

**LAPORAN AKHIR TAHUN II (2020)**

**PENELITIAN TERAPAN**



**3D EVALUASI KEMAMPUAN LAHAN, KESESUAIAN LAHAN DAN SURVEI  
SOSEKLIK KEBUN GAMBIR RAKYAT DI LANSKEP DAS MAHAT SERTA  
APLIKASINYA PADA PERTANIAN TERPADU (AGROEKOLOGI)**

**Oleh:**

**AFLIZAR, SP.,MP.,Ph.D                    ID SINTA: 6197409**

**AMRIZAL S.Kom, M.Kom                ID SINTA: 6175391**

**JAMALUDDIN. S.Si, M.Si                ID SINTA: 6007241**

**Dibiayai oleh:**

**Direktorat Riset dan Pengabdian Masyarakat  
Kementerian Riset dan Teknologi / Badan Riset dan Inovasi Nasional  
Sesuai dengan Amandemen Kontrak Penelitian Tahun 2019  
Nomor: 160/SP2H/AMD/LT/DRPM/2020**

**PUSAT PENELITIAN DAN PENGABDIAN KEPADA MASYARAKAT**

**POLITEKNIK PERTANIAN NEGERI PAYAKUMBUH**

**2020**

## LEMBAR PENGESAHAN LAPORAN AKHIR TAHUN II

3D EVALUASI KEMAMPUAN LAHAN, KESESUAIAN LAHAN DAN SURVEI SOSEKLIK KEBUN  
GAMBIR RAKYAT DI LANSKEP DAS MAHAT SERTA APLIKASINYA PADA PERTANIAN  
TERPADU (AGROEKOLOGI) TAHUN 2020

<b>Ketua Peneliti</b>	:	<b>Aflizar,SP.,MP.,Ph.D</b>
<b>Anggota</b>	:	<b>Jamaluddin, S.Si.,M.Si; Amrizal. S.Kom,M.Kom</b>
<b>Alamat</b>	:	<b>Jalan Raya Negara KM 7 Tanjung Pati 26271 Kec. Harau Kab. Limapuluh Kota Sumbar</b>
<b>Telepon/HP</b>	:	<b>(0752)77 54192/ 081339163925</b>
<b>Email</b>	:	<b>lembagapenelitiandanpengabdian@gmail.com aflizar_melafu@yahoo.com</b>
<b>Keterangan Penanggung Jawab Calon PPBT</b>		
<b>Nama Penanggung Jawab</b>	:	<b>Aflizar,SP.,MP.,Ph.D</b>
<b>Alamat</b>	:	<b>Komp.Griya Sumatra D7. Kandang Lamo. Tanjung Pati 26271 Kec. Harau Kab. Limapuluh Kota Sumbar</b>
<b>Telepon/HP</b>	:	<b>(0752)77 54192/ 081339163925</b>
<b>Email</b>	:	<b>aflizar_melafu@yahoo.com</b>
<b>Tanjungpati, 30 November 2020</b>		
<b>Ketua Peneliti</b>		
<b>(Aflizar, SP.,MP.,Ph.D)</b> <b>NIP.197407062003121003</b>		
<b>Menyetujui</b> <b>Kepala P3M</b>		
<b>(Aflizar, SP.,MP.,Ph.D)</b> <b>NIP.197407062003121003</b>		
<b>Mengetahui,</b>		
<b>Direktur</b> <b>Politeknik Pertanian Negeri Payakumbuh</b>		
<b>(Ir. Elvin Hasman, MP)</b> <b>NIP.196306291992031002</b>		

## DAFTAR ISI

	<b>Halaman</b>
<b>HALAMAN SAMPUL.....</b>	<b>i</b>
<b>HALAMAN PENGESAHAN.....</b>	<b>ii</b>
<b>BAB A &amp; B. PENDAHULUAN.....</b>	<b>1</b>
<b>BAB C. HASIL PELAKSANAAN PENELITIAN.....</b>	<b>1</b>
<b>BAB D. STATUS LUARAN .....</b>	<b>53</b>
<b>BAB E. PERAN MITRA .....</b>	<b>77</b>
<b>BAB F. KENDALA PELAKSANAAN PENELITIAN .....</b>	<b>82</b>
<b>BAB G. RENCANA TAHAPAN SELANJUTNYA .....</b>	<b>83</b>
<b>BAB H. DAFTAR PUSTAKA .....</b>	<b>91</b>
<b>LAMPIRAN.....</b>	<b>98</b>
1. JURNAL INTERNASIONAL .....	105
2. SEMINAR INTERNASIONAL .....	106
3. HAK CIPTA .....	110
4. FOTO DI LAPANGAN DENGAN MITRA DAN DESIMINASI .....	123
5. TUGAS PENELITI.....	138

## RINGKASAN

Fakta Banjir, Tanah Longsor dan Erosi Tanah tinggi serta Sedimen di sungai tinggi setelah hujan di DAS Mahat di Kab. Limapuluh Kota-Sumbar, sebagai indikator terjadinya lahan kritis yang luas dan sangat penting dibuat rekomendasi penggunaan lahan baru untuk menyehatkan DAS Mahat yang telah terdegradasi ini sebagai sentra Produksi Gambir (*Uncaria gambir* Roxb.) yang memproduksi 80% kebutuhan Dunia. Dengan pendekatan evaluasi kemampuan lahan, kesesuaian lahan dan soseklik. Penelitian Terapan ini sangat penting dalam mendukung Renstra Politani yang nantinya akan menjadi sentra pelayanan dalam solusi Lahan Kritis dan pengelolaan DAS berkelanjutan dan Home Doktor dalam scanning pemetaan 3 Dimensi dan Mitigasi SDA dan manusia di Sumatera Barat. Bagi Petani Gambir direkomendasikan pada mencapai target mutu Katekin SNI 01-3391-200: Untuk menemukan sistim perencanaan yang tepat demi menggunakan tanah dan lahan juga investigasi forensik soseklik untuk menemukan tanaman spesifik yang cocok dikombinasikan dengan kebun Gambir Rakyat di DAS Mahat berdasarkan metode FAO dan rekomendasi mitigasi bencana serta mengangkat kesejahteraan petani Gambir dengan pemilihan tanaman spesifik lokal dan rekomendasi pupuk juga pilihan teknologi pascapanen yang tepat. Target khusus Tim ini menyajikan penelitian detail dan belum ada dilakukan di DAS Mahat dan Indonesia. Mampu publikasi di Jurnal Nasional Terakreditasi dan Internasional, mendapat HKI Hak Cipta Peta 3 dimensi (3D) bersifat mobil dan dapat dibuka di laptop yang menggambarkan untuk setiap nagari potensi Kemampuan Lahan tanaman Gambir dan 101 tanaman pertanian lainnya, juga tindakan konservasi dan mitigasi serta pola Pertanian Gambir dan spesifik lokal berkelanjutan. Tujuan Penelitian 2020: d) 3D evaluasi kesesuaian lahan S1, S2, S3 dan N untuk Gambir dan tanaman spesifik di DAS Mahat untuk pertanian terpadu. e) Karakteristik lahan DAS Mahat dalam peta digital 3D.

Diperoleh Hasil Penelitian terapan 2020 yaitu. Analisis kesesuaian tanah berdasarkan Surfer tool untuk Gambir mengungkapkan Di Das Mahat, Analisis wilayah menunjukkan bahwa ditemukan ada lahan yang tidak sesuai (N) untuk tanaman Gambir. Kurang sesuai (S3) untuk Gambir juga ditemukan. . begitupun ada lahan yang agak sesuai (S2) untuk Gambir dan ada juga lahan sesuai (S1) untuk budidaya Gambir karena faktor-faktor yang berbiaya tinggi untuk dapat diperbaiki yaitu iklim, sifat fisika dan kimia tanah. Tanah, yang “agak sesuai (S2) ’dan‘ ‘kurang sesuai (S3),’ disebabkan oleh faktor pembatas Banjir, erosi, kelerengan dan fisika- kimia tanah. Studi ini menunjukkan bahwa pembuatan basis data tentang parameter tanah dalam Surfer tool dan analisis multikriteria dan overlay peta ternyata sangat membantu dalam analisis terintegrasi parameter tanah untuk rekomendasi kesesuaian tanah untuk Gambir. Potensi dan keterbatasan lahan dinilai dengan mempelajari berbagai parameter tematik untuk mengelola sumber daya alam dan untuk mengadopsi rencana penggunaan lahan alternatif, terutama di mana lokasi penanaman Gambir tidak layak di daerah aliran sungai. Peta tiga dimensi (3D) cetak biru kesesuaian lahan Gambir dapat sisipi dengan batas administrasi desa dan dapat digunakan untuk menunjukkan lokasi atau sub lokasi tertentu, di mana Gambir cocok. Peta 3D berbasis Surfer tool yang dihasilkan dapat digunakan oleh para ilmuwan, petani dan penyuluh untuk memilih lokasi penanaman gambir

untuk area tertentu agar meningkatkan produktivitas gambir dan menguntungkan secara ekonomi bagi petani lokal dan lingkungan tetap terjaga.

Simpulan Pembuatan Visual Das Mahat dari Peta kontur dan Peta 3D distribusi Kadar air tanah ( $Q_m$  dan  $Q_v$ ) secara otomatis bisa dilakukan dengan bantuan Surfer tool. Mengingat banyaknya pekerjaan untuk mengedit dan mengolah data digital maka bagi pengguna Surfer Tool, Google Earth dan TCX converter harus selalu berlatih menggunakannya. Pengalaman berlatih memberitahukan bahwa perlu waktu 1 jam untuk membuat 3 buah peta. Visual DAS mahat mengungkapkan bahwa bentuknya seperti kuali yang dikelilingi oleh bukit yang terjal sehingga praktek konservasi tanah dan air dalam pertanian sangat diperlukan. Kebun gambir rakyat ditanam pada lahan berlereng terungkap karena Gambir perlu kontrol kadar air tanah berkisar Kadar air %  $Q_m$  kebun gambir 25-53% dan Kadar air %  $Q_v$  kebun Gambir 28-32%.

Dengan bantuan aplikasi Surfer Tool berhasil dibuat peta 3D DAS Mahat dan peta 3D sebaran komposisi tanah ideal ( $V_w$ ,  $V_g$ ,  $V_s$ ). Berdasarkan kearifan lokal, petani di DAS Mahat Gambir pada lahan miring dan sawah pada lembah datar terkait dengan pengelolaan komposisi fase cair alam ( $V_w$ ) dan fase gas ( $V_g$ ) secara topografi. Ilmu pengetahuan modern yang digunakan dalam penelitian ini yaitu komposisi tanah ideal dan peta kontur 3 D terbukti bahwa petani di DAS Mahat dengan kearifan lokalnya sudah benar dalam menempatkan posisinya dalam menanam gambir, sawah dan hutan, ditemukan bahwa budidaya Gambir (ditemukan pada ketinggian 250 - 1150 mdpl) dan kebun campur (ditemukan pada ketinggian 250). - 1150 m ASL) dan kondisi alam di hutan (ditemukan pada ketinggian 400 - 1600 m dpl) yang mempengaruhi penemuan komposisi ideal untuk% air ( $V_w$ ) dan% gas atau udara ( $V_g$ ), ditemukan pada topografi miring di ketinggian. sawah (ditemukan pada ketinggian 200 - 450 m ASL) memiliki% air ( $V_w$ ) yang 1,5 kali lebih banyak dari komposisi tanah ideal. Tidak ditemukan komposisi tanah yang ideal untuk  $V_w$ ,  $V_g$  dan  $V_s$  yang dimiliki oleh satu penggunaan lahan di DAS Mahat.

Pengisian poin C sampai dengan poin H mengikuti template berikut dan tidak dibatasi jumlah kata atau halaman namun disarankan sesingkat mungkin. Dilarang menghapus/memodifikasi template ataupun menghapus penjelasan di setiap poin.

**C. HASIL PELAKSANAAN PENELITIAN:** Tuliskan secara ringkas hasil pelaksanaan penelitian yang telah dicapai sesuai tahun pelaksanaan penelitian. Penyajian meliputi data, hasil analisis, dan capaian luaran (wajib dan atau tambahan). Seluruh hasil atau capaian yang dilaporkan harus berkaitan dengan tahapan pelaksanaan penelitian sebagaimana direncanakan pada proposal. Penyajian data dapat berupa gambar, tabel, grafik, dan sejenisnya, serta analisis didukung dengan sumber pustaka primer yang relevan dan terkini.

#### **Hasil 1.**

### **EVALUASI KESESUAIAN LAHAN KEBUN GAMBIR RAKYAT DI LANSKEP DAS MAHAT SERTA APLIKASINYA PADA PERTANIAN TERPADU (AGROEKOLOGI)**

Aflizar<sup>1,\*</sup> Amrizal<sup>1</sup> Jamaluddin<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Politeknik Pertanian Negeri Payakumbuh.:Payakumbuh State Polytechnic of Agriculture, Payakumbuh, Indonesia 26271.FAX (0752) 7750220.

\*correspondence author E-mail:aflizar\_melafu@yahoo.com.

#### **1. Pendahuluan**

Pengetahuan tentang tanah, sifat-sifatnya, dan distribusi spasial sangat diperlukan untuk pengembangan pertanian di wilayah Indonesia karena membuka peluang untuk pengelolaan sumber daya lahan yang lebih rasional [1, 2]. Informasi tentang karakteristik lokasi, bentuk lahan, dan kualitas tanah telah diakui sebagai persyaratan penting dalam proses perencanaan untuk evaluasi kesesuaian lahan untuk Tanaman Gambir(*Uncaria Gambir. Roob*). Evaluasi lahan menggunakan prosedur ilmiah sangat penting dalam menilai potensi dan kendala dari sifat tanah untuk tujuan pertanian [3,2] Kebun Gambir. Berbagai pendekatan evaluasi lahan telah dikembangkan dan masing-masing memiliki prosedur metodologis yang spesifik [4, 2]. Tujuan utama dari evaluasi Kesesuaian lahan untuk tanaman Gambir adalah untuk menilai potensi lahan untuk penggunaan lahan menjadi Kebun tanaman Gambir dengan perbandingan persyaratan sistematis untuk kebun Gambir dengan sumber daya yang dimiliki oleh lahan [5,2]. Software program komputer (seperti: Surfer tools) kemudian digunakan untuk menilai dan memetakan satuan lahan dan menyajikan hasilnya sebagai peta kesesuaian lahan untuk kebun Gambir. Dalam dekade terakhir evaluasi multikriteria telah banyak digunakan untuk pengambilan keputusan memakai Surfer tool [2] yang dapat berguna dalam menyelesaikan konflik bagi individu atau kelompok yang tertarik pada konteks spasial, dengan kemajuan dalam teknologi informasi dan komunikasi, pemodelan komputer dalam pengambilan keputusan telah dikembangkan untuk evaluasi lahan [6, 2], kesesuaian lahan untuk tanaman spesifik. Database tanah dikembangkan secara sistematis berbasis Surfer tool sangat penting dalam menilai dan analisis kesesuaian tanaman untuk ditanami pada tanah agar sumber daya yang tersedia dimanfaatkan secara optimal [7,8,9]. Karakteristik topografi, kondisi iklim, dan kualitas tanah dari suatu daerah adalah parameter terpenting untuk penentuan dari evaluasi kesesuaian lahan untuk Gambir. Evaluasi lahan Gambir dengan teknik analisis peta dapat dilakukan dengan Surfer tool [10,2], karena telah berhasil mengembangkan kerangka teori berbasis Surfer tool untuk karakteristik erosi tanah, merekomendasikan penggunaan lahan dan menilai Kesesuaian lahan untuk sawah di DAS Sumani [7].

Pada kenyataannya, Praktik pertanian sangat bervariasi di bawah kondisi agroekologi yang berbeda. Indonesia saat ini sebagai pemasok 80% kebutuhan Gambir Dunia dan lokasi produksi gambir tertua di Indonesia sudah dimulai tahun 1833 adalah Nagari Mahat di Kab. Lima puluh kota (29). Tanaman Gambir di Mahat telah lama menopang kehidupan petani lokal dan meningkatkan perekonomian petani sampai saat ini, namun sekarang isu tanaman telah menyebabkan degradasi lingkungan karena di tanam di lahan berlereng dan hal ini perlu dibuktikan secara ilmiah. Untuk itu Kesesuaian lahan kebun tanaman Gambir yang sudah lama ada di Das Mahat saat ini sangat penting untuk dinilai agar tidak memberikan kerugian bagi petani dan Lingkungan. [11] menyatakan, dalam konteks ini, evaluasi lingkungan fisik dan dampaknya terhadap produksi tanaman menjadi penting, ini membantu untuk menentukan potensi penggunaan lahan yang efektif dan pada akhirnya untuk mengoptimalkan hasil pertanian untuk kepentingan petani lokal.

Gambir adalah genus tanaman rubiaceae. berguna untuk penyamak kulit dan pewarna dan obat-obatan. mengandung katekin (catechin), juga merupakan bahan alami yang bersifat antioksidan.[12]. Isolat katekin adalah senyawa aktif yang berasal dari tanaman uncaria yang memiliki fungsi utama sebagai antioksidan. Isolat katekin diperoleh dari bahan tanaman uncaria, yaitu gambir. Gambir kemudian akan diekstraksi dan diambil bahan aktifnya, yaitu isolat katekin.(alioes Y, 2019).Uncaria gambir Roxb. adalah salah satu komoditas di Sumatera Barat yang digunakan sebagai bahan untuk kayu lapis. Ini juga digunakan sebagai obat tradisional untuk diare, sakit gigi, dan demam karena kandungan katekin yang dapat bertindak sebagai antioksidan alami [8].

Gambir (*Uncaria gambir* (hunt.) Roxb) adalah Gambir merupakan komoditas unggulan Propinsi Sumatera Barat darisub sektor perkebunandan berkontribusi terhadap ekspor gambir di Indonesia sebesar 80%. Menurut luas tanaman gambir di sumatra barat adalah 21412 hektar dengan produksi 14220 ton / tahun, 6% di antaranya adalah hasil gambir yang diekspor dan 94% atau 168087,67 ton tersisa adalah limbah ekstraksi gambir [6]. Ini berarti bahwa 168087,67 ton limbah tidak dimanfaatkan dan menjadi limbah, sedangkan limbah gambir seperti daun mengandung antioksidan dan nutrisi yang baik jika diumpungkan ke ternak. Selain itu, jumlah unit pengolahan gambir di Sumatera Barat sebanyak 3.571 unit oleh 6.908 pekerja. Oleh karena itu, pemanfaatan substitusi gambir pada ternak akan meningkatkan ekonomi masyarakat (Nurdin E, et al 2017).

Gambir telah digunakan oleh masyarakat sebagai obat penyembuhan luka, anti-nematoda, stimulator saraf otonom, dan antioksidan. Gambir mengandung katekin yang merupakan zat antioksidan, kandungan fitokimia flavonoid meliputi katekin 50%, pirokatekol 20% -30%, gambirin 1% -3%, red kateku 3% -5%, quersetin 2% -4%, lilin 1% -2% dan alkaloid 2% -5%. Kandungan katekin dalam daun adalah 40% -50% (7). Berdasarkan hasil analisis kualitatif menunjukkan bahwa gambir mengandung kuinon, terpenoid, alkaloid, tanin, flavonoid dan saponin (8) dan aktivitas antioksidan dari ekstrak gambir adalah 172,62 ppm (21). Sedangkan hasil analisis langsung dilakukan oleh (9) limbah ekstraksi gambir mengandung bahan kering 56,43%, protein kasar 10,66%, lemak cride 4,90%, serat kasar 29,35%, BETN 35,73% dan tannin 5%. (Nurdin E, et al 2017).

Meskipun gambir merupakan komoditas ekspor dari Propinsi Sumatera Barat namun komoditas ini menghadapi berbagai kendala dalam proses produksinya. Beberapa kendala tersebut antara lain: 1) gambir ditanam umumnya pada kawasan non budidaya sehingga berpotensi merusak lingkungan; 2) lokasi penanaman gambir yang jauh dari jangkauan pembinaan dibarengi dengan rendahnya kemampuan petani, baik dari segi pengetahuan maupun modal menyebabkan teknologi budidaya relatif tertinggal; 3) harga komoditas gambir yang berfluktuasi dimana harga sering anjlok di pasaran menyebabkan perawatan kebun dilakukan secara tradisional[30].

DAS Mahat telah digunakan untuk produksi Gambir sejak tahun 1830 sampai sekarang. Lahannya berlereng curam dan datar dengan dan saat ini telah menamakkan tanda-tanda degradasi DAS. Tanah marginal yang ditumbuhi oleh alang-alang dan semak sudah banyak ditemukan di DAS Mahat.

Dalam penelitian ini dilakukan upaya untuk mengevaluasi sumber daya tanah pertanian saat ini di DAS Mahat, Sumatra Barat Indonesia, dalam evaluasi kesesuaian tanah pertanian tanaman Gambir dan mengkaji potensinya untuk ditanami dengan Gambir yang baru agar mudah dan efisien maka digunakan teknik analisis overlay multikriteria dengan Surfer tool yang dikombinasikan dengan metode FAO.

Upaya ini melibatkan analisis bentuk lahan, karakterisasi sifat fisiko-kimia tanah, pembuatan basis data spasial dan teknik overlay dan analisis multikriteria dengan alat Surfer menggunakan evaluasi kriteria kesesuaian lahan yang dimodifikasi untuk Gambir.

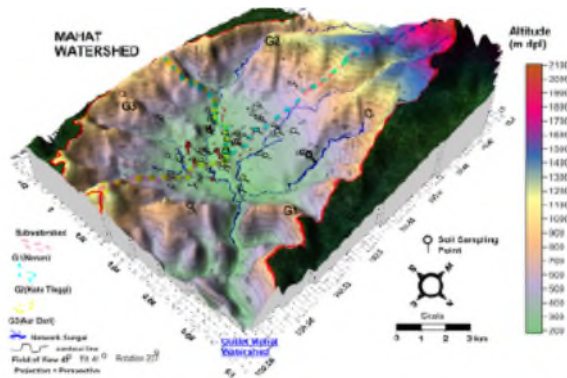
## **2. Bahan dan Metoda**

### *2.1. Lokasi Penelitian*

DAS Mahat, luasnya 17849,66 ha, terletak di Kabupaten Lima Puluh Kota, Sumatera Barat (lintang 00° 02'42" - 0°09'98" S, bujur 100° 40'2" - 100° 55' E), memiliki kisaran ketinggian dari 100 m hingga 2.200 m di atas permukaan laut (Gbr 1). Outlet DAS Mahat adalah sungai Mahat yang airnya digunakan untuk PLTA Koto Panjang untuk kebutuhan listrik di Provinsi Riau. Rata-rata curah hujan tahunan berkisar antara 1859 mm hingga 3096 mm dengan rata-rata hujan tahunan 2936 mm dengan rata-rata jumlah hari hujan 187 hari/tahun. Rata-rata Suhu tahunan adalah 24°C hingga 32 °C, dari daerah lokasi tertinggi hingga lokasi rendah. Luas hutan Lindung di Nagari Mahat 15011 ha [31]. bervariasi Rata-rata Kelembaban udara adalah 91% hingga 95%. Rata-rata kecepatan angin bervariasi dari 2 hingga 8 km h<sup>-1</sup>. Terletak di zona tropis dengan iklim yang sangat lembab. Terletak di zona tropis dengan iklim yang sangat lembab. DAS Mahat memiliki pola penggunaan lahan seperti

Kebun Gambir, hutan primer, kebun tanaman pepohonan (kebun campuran, kebun kelapa, kebun karet), sawah (padi), semak (semak, rumput, dan alang-alang (tanah yang ditumbuhi *Imperata cylindrica*))

## 2.2. Survei Lapangan dan metoda analisa



Gambar 1. Lokasi penelitian dan distribusi titik pengambilan sampel dalam peta kontur3D DAS Mahat di Kab. Lima Puluh Kota Sumatra Barat, Indonesia.

dan pemukiman penduduk. Istilah sawah mengacu pada padi yang tumbuh dilahan yang diratakan dan dibatasi pematang dengan saluran air masuk dan saluran air keluar untuk irigasi dan drainase (Wakatsuki et al. 1998; Aflizar et al....). Kebun campuran mengacu pada tanah di mana tanaman tahunan, kebanyakan pohon seperti kelapa, cengkeh, kopi, jati, mahoni, sawo (*Achras zapota* L), alpukat, melinjo (*Gnetum gnemon*), karet, kayu manis, ditanam dengan kombinasi dengan tanaman tahunan (Karyono, 1990). Cabai (*Capsicum annum*. L), jagung (*Zea mays*.L) dan ubi jalar (*Ipomea batatas*. L) adalah tanaman utama di kebun sayur. dan pemukiman penduduk. Ada 3 Subdas yaitu (g1) Nenan, (g2)Koto tinggi, (g3) Aur Duri (Gambar 1)

Diambil 68 lokasi sampel tanah diambil berdasarkan berbagai penggunaan lahan dan posisi topografi di daerah aliran sungai (Gambar 1). Diambil sampel tanah dengan ring sampel dan Bor tanah belgia untuk karakteristik sifat kimia dan fisika tanah. Sampel Tanah diambil dengan bor tanah pada kedalaman 0-20 cm dan hingga 110 cm. Sampel tanah dikeringkan anginkan tidak terkena sinar matahari langsung kemudian di tumbuk halus dan diayak dan lolos saringan mesh 2 mm untuk analisis fisika-kimia. Tekstur tanah ditentukan oleh metode pipet [16].

Untuk mengetahui kondisi fisik Tanah Pertanian yang sudah ada saat ini meliputi tentang: drainase, banjir, batu di permukaan tanah, fragmen kasar, kedalaman tanah, kedalaman tanah gambut, kematangan tanah gambut dan kedalaman lapisan sulfida adalah pengamatan lapangan dan wawancara petani pada waktu pengambilan sampel. Estimasi tingkat erosi tanah pertanian di DAS Mahat menggunakan USLE [17] dilaporkan oleh [7,8,9] dan % kemiringan lahan diukur dari data kontur digital menggunakan Surfer Tool.

Parameter untuk menilai Kesesuaian Lahan Gambir di DAS Mahat yaitu Data 1.Suhu, 2.Curah hujan, 3.lama masa kering dan 4. kelembaban udara yang dikumpulkan dari stasiun klimatologi di Suliki Kab. 50 Kota. 5. Altitude diambil dari peta Kontur 3D das Mahat (Gambar 1). 6. Drainase dari metode pembuatan peta Tata Guna Lahan. 7. Tekstur tanah dari Metode survei pengambilan sampel tanah di analisa dengan metode Feel Method (Gambar 1). 8. Bahan kasar dari metode Survei tanah dan peta tata guna lahan. 9.Effective soil depth dari metode pengeboran tanah saat survei tanah. 10. Peat soil depth dan 12. Peat soil maturity dari Metode survei tanah dan peta tanah. 12. Kapasitas pertukaran kation (KTK) dianalisa dengan metoda amonium asetat ( $\text{NH}_4\text{Oac}$ ). 13. Base saturation (BS) menghitung dari total base cation dibagi dengan CEC dan kalikan dengan 100%.14. Nilai pH tanah dan 15. EC/salinitas diukur menggunakan metode elektroda gelas dengan perbandingan tanah: air 1: 2,5. 16. C-organik ditentukan dengan metode Walkley and Black(.....). 17. Slope (%) dari Metode calculus koordinat dan altitude dalam Surfer tool. 18. Erosi tanah dari metode USLE. 19. Flood risk dari metode Peta tata guna lahan dan network sungai dengan mengati sawah yang selalu banjir sepanjang tahun. 20. Stoniness in surface soil and 21. Rock in surface soil data dikumpulkan dari peta tata guna lahan dengan mengamati jalan, pemukiman dan sungai.



2.3. Gambir-farming systems di DAS Mahat(DM)

Pada DAS Mahat (DM), Gambir (*Uncaria gambir Roxb*) sebagai tanaman yang sudah menyatu dengan kearifan lokal di penduduk lokal DAS Mahat. Umumnya dibudidayakan di daerah berlereng tidak didaerah datar sesuai dengan kearifan lokal bertujuan untuk mengontrol air tanah. Sedangkan untuk daerah datar di tanami dengan Sawah dan kebun Campuran. Umumnya petani Gambir memberikan pupuk organik dari sisa perebusan daun gambir dengan menebarkannya disekeliling tanaman gambir. Untuk Gambir yang sudah berumur puluhan tahun dan tanahnya tidak subur lagi Petani Lokal Gambir memberikan pupuk kimia (urea, SP-36, dan KCl) atau pupuk majemuk dengan kisaran antara 46–184 kg N ha-1, 36–72 kg P2O5 ha-1, dan 6,3–63 kg K2O ha-1 (informasi dari petani yang disurvei di lokasi penelitian). Harga katekin Gambir di Tingkat petani di Indonesia selalu bervariasi setiap tahun. Harga terendah Rp. 20.000/ kg sedangkan harga tertinggi Rp. 100.000/kg. Pemasaran Katekin Gambir di Indonesia di kuasai oleh pedagang keturunan India. Katekin Gambir di ekspor ke India, Jepang, Singapura dan Amerika (*personal comm. 2019*). DAS Mahat ini memproduksi 80% gambir yang ada di Indonesia, karena itu kebun gambir ini sudah menjadi kearifan lokal masyarakat lokal di DAS Mahat, karena proses produksinya lama dan pekerjaannya berat serta butuh ketelatenan dan kesabaran tinggi, membuat masyarakat di daerah lain tidak mau membudidayakan Gambir (Gambar 2).



**Figure. 2.** Gambir garden in Mahat Watershed:(a) Gambir garden in different topography, (b)Traditional method to boiling leave Gambir to be catechin

2.3. Prosedur evaluasi kesesuaian lahan untuk Gambir di DAS Mahat

Studi ini mengadopsi metode evaluasi kesesuaian lahan yang dikembangkan oleh FAO [3] yang dimodifikasi. Mempertimbangkan faktor pembatas yang paling kritis, metode ini membandingkan persyaratan tanah untuk tanaman Gambir dan karakteristik sumber daya lahan (Tabel 1; Tabel 2; Tabel 3). Proses analisis data secara singkat ditampilkan dalam bentuk skema pada Gambar. 2.

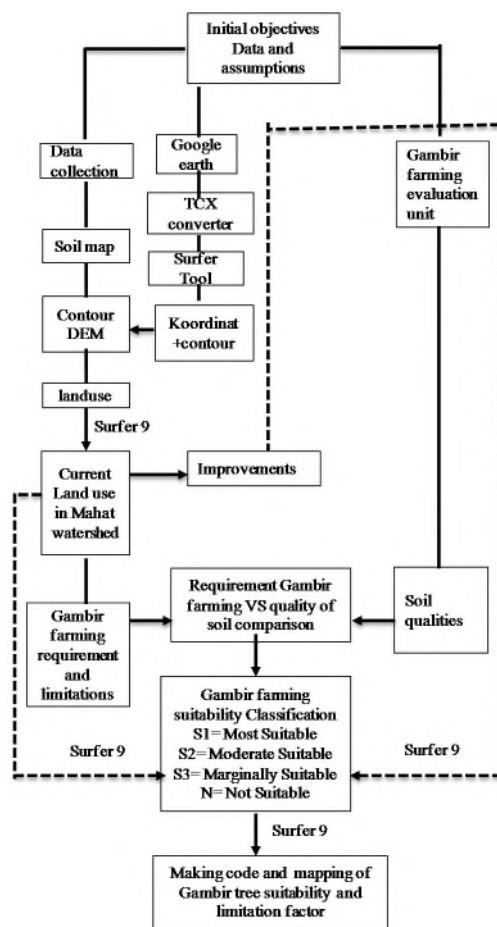
Tabel 1. Kriteria kesesuaian iklim dan sifat tanah untuk Tanaman Gambir di DAS Mahat

Soil-Site Characteristic	Gambir Tree suitability criteria			
	S1	S2	S3	N

Soil-Site Characteristic	Gambir Tree suitability criteria			
	S1	S2	S3	N
<b>Climatic characteristics(c)</b>				
1.Mean temperature ( <sup>o</sup> C) (tc)	24-32	-	-	-
<b>Water availability (wa)</b>				
2.annual rainfall (mm) (ar)	3000- 3350	-	-	-
3.Humidity (%) (h)	70-95	-	-	-
4. Altitude (mdpl) (alt)	100-500	-	-	-
5.Lama masa kering (bln)	2-3	-	-	-
<b>Oxygen availability (oa)</b>				
6.Drainage (D)	baik	sedang	Agak terhambat, agak cepat	Sangat terhambat, terhambat, cepat
<b>Media for Root (rc)</b>				
7.Texture (t) (PD)	Halus, agak halus, edang	-	Agak kasar (sl,ls,fs)	Kasar (s)
8.Bahan Kasar (%)	<15	15-35	35-60	>60
9.Efective Soil Depth (cm)(SD)	>100	75-100	50-75	<50
<b>Peat soil (Gambut)</b>				
10.Peat soil depth(cm) (PS)	<60	60-140	140-200	>200
11.Peat soil maturity	Sapric+	sapric, hemic+	hemic, fibric+	fibric
<b>Nutrient retention (nr)</b>				
12.Soil fertility CEC (cmol(+)/kg)	>16	< 16	-	-
13.Base saturation(%) (BS)	>50	35-50	≤35	-
14.pH H <sub>2</sub> O(p) (pH)	4,8 – 5,5	-	-	-
15.C-organik (c) (%)	>0,4	≤0,4	-	-
<b>Toxistas (xc)</b>				
16.ECe(e)(Salinity) (dS/m)	<5	5-8	8-10	>10
<b>Site characteristic</b>				
<b>Erosion Hazard(eh)</b>				
17.Slope (%) (S)	< 8	8-15	15-30	>30
18.Soil Erosion (ton/ha/y) (A)	<15 Sangat rendah	15-60,(Rendah) 60-80(sedang)	180-480 berat	>480Sangat berat
<b>Bahaya Banjir (eh)</b>				
19.Flood risk (Fh) (F)	F0	F0	F1	>F1
<b>Land preparation (lp)</b>				
20.Stoniness in soil surface (%) (SS)	< 5	5-15	15-40	> 40
21.Rock in surface soil (%) (rs)	< 5	5-15	15-25	> 25

P=Poor; W=Well; RS=Rather slow; E=excess. cl=clay; silcl=silty clay loam; sc=sandy clay; sic=silty clay; l=loam; s=sandy; csi=clay silty; sl=silty loam; ls=loam sandy; fs=fine sand.; F=flooding

Proses penilaian kesesuaian lahan untuk Gambir melibatkan pencocokan persyaratan Gambir dengan sifat-sifat unit tanah tertentu. Untuk Gambir, satuan lahan dibuat dari proses pelapisan lapisan tema yang ditentukan atau kualitas lahan yang menjadi dasar kesesuaian. Tanah yang digolongkan sebagai Sesuai(S1) adalah tanah terbaik untuk pertanian kebun Gambir; agak sesuai (S2) untuk Gambir



Gambar 3. Prosedur Kesesuaian Lahan (FAO, 1976) telah dimodifikasi untuk tanaman Gambir (*Uncaria gambir* Roob) dan pemetaan 3D menggunakan Surfer Tool

yang jelas cocok penggunaannya untuk Gambir tetapi memiliki keterbatasan, dan kurang sesuai (S3) untuk Gambir dimana dekat dengan batas kesesuaian. Tanah yang tidak sesuai (N) jelas tidak praktis untuk lahan gambir karena faktor pembatas sulit diatasi atau tidak pada bentuk yang dapat diterima. Peta kesesuaian lahan telah dihasilkan dari overlay faktor spasial di wilayah studi. Kualitas tanah disesuaikan dengan persyaratan Gambir dan diklasifikasikan ke dalam kelas kesesuaian lahan yang berbeda, dan peta kesesuaian lahan untuk Gambir dapat disiapkan.

Kriteria kesesuaian iklim dan lokasi tanah untuk lahan pertanian Gambir berdasarkan perbandingan yang cocok antara syarat tumbuh Gambir dengan karakteristik lahan yang ada. (Tabel 1). Penyesuaian atribut tanah dengan persyaratan pertumbuhan Gambir spesifik dan definisi kelas kesesuaian awal telah dilakukan. Proses analisis kesesuaian tanah dirancang dalam Surfer tool untuk mengintegrasikan informasi tematik yang berbeda. Dalam model analisis overlay multi kriteria dalam Surfer tool [18], dua puluh satu parameter efektif digunakan.

### 2.3. Estimasi erosi tanah dan Prosedur pemetaan 3D

Erosi tanah dihitung menggunakan Universal Soil Loss Equation (USLE) [17]. Enam faktor erosi diperlukan untuk mengukur kehilangan tanah tahunan pada skala DAS:

$$E = R \times K \times L \times S \times C \times P \quad (1)$$

Di mana: A adalah taksiran kehilangan tanah dalam Mg / ha / y; R adalah faktor erosivitas Curah Hujan (.....tidak berdimensi); K adalah erodibilitas tanah yang melekat (.....tidak berdimensi); L adalah panjang faktor kemiringan (.....tanpa dimensi); S adalah faktor kemiringan (.....tanpa dimensi); C adalah faktor tutupan tanaman (.....tanpa dimensi); dan P adalah faktor yang menjelaskan dampak praktik konservasi tanah (.....tanpa dimensi). Langkah awal dalam membuat peta 3 dimensi erosi dan distribusi evaluasi kesesuaian Gambir setelah analisis laboratorium adalah membagi daerah aliran sungai menjadi kisi berukuran 125 mx 125 m.

Data dasar kemudian dialokasikan dan diperkirakan di setiap kisi koordinat dan diisi data dasar. Data diperoleh dengan membaca peta, menilai gambar Landsat/google earth untuk tipe penggunaan lahan, dan untuk pemetaan penggunaan metode kriging dalam Surfer Tool [19]. Distribusi kuantitatif erosi tanah, sifat fisikokimia tanah dan distribusi kesesuaian gambir dipetakan dengan bantuan Surfer tool.

### 2.4. Data processing for 3D mapping

Pemrosesan data secara keseluruhan yang melibatkan estimasi erosi metode USLE dan Fisika kimi tanah untuk memetakan kelas dan sub kelas Kemampuan lahan dilakukan dengan menggunakan Surfer® 9 (Golden software 2010) yang berurusan dengan faktor-faktor yang diperoleh dari survei tanah terperinci, model elevasi digital, dan peta penggunaan lahan. Peta sifat fisika kimia tanah, erosi tanah, dan penggunaan lahan dihitung kemudian menggunakan blok kriging dengan memperhitungkan data dalam kisaran tersebut.

Block kriging digunakan sebagai pengganti kriging tepat waktu karena memungkinkan evaluasi pola variasi regional daripada detail lokal karena pembangunan peta yang lebih halus dengan varians estimasi yang lebih kecil (Aflizar et al. 2010). Surfer® 9, diproduksi oleh Golden Software, Inc. (Golden Colorado), adalah perangkat lunak pemetaan permukaan tiga dimensi yang relatif murah dan mudah digunakan oleh para ilmuwan dan insinyur. Kemahiran dasar dengan Surfer® 8 dapat dicapai dengan beberapa jam belajar mandiri. Berbagai edisi Surfer® 9 telah diterapkan pada pemodelan dan evaluasi kontaminasi logam berat tanah dan data lingkungan lainnya (Pazmandi dan Tuba 2003). Aplikasi yang dilaporkan biasanya menggunakan Surfer tool sebagai antarmuka dengan perangkat lunak lain daripada sebagai alat analitik yang berdiri sendiri (Aflizar et al. 2010). Perangkat lunak surfer banyak digunakan tetapi tidak terdokumentasi dengan baik, dengan hanya rujukan terbatas pada aplikasinya pada data lingkungan yang ada dalam literatur ilmiah.

Dalam penelitian ini, kami menggunakan kriging universal yang diasumsikan konstan dan tidak diketahui rata-rata. Seperti yang ditunjukkan pada Gambar. 1. Dengan demikian, poligon dengan batas yang membatasi area pengambilan sampel digunakan, dan perkiraan hanya dihasilkan untuk area di dalamnya. Kami menggunakan validasi silang untuk memperkirakan kepadatan kriging melalui berbagai pendekatan.

## 3. Hasil

### 3.1. General soil physicochemical properties and climate in Mahat Watershed

Karakteristik kimia tanah menunjukkan bahwa nilai pH keseluruhan dari tanah yang diteliti berkisar antara 4,18 hingga 7,3, menunjukkan bahwa tanah sangat asam hingga netral.

Tabel 1. Kriteria kesesuaian iklim dan sifat tanah untuk Tanaman Gambir di DAS Mahat

Tabel 2. Pedoman untuk menentukan Kelas dan Subkelas kemampuan lahan dengan Kreteria Penilaian Menurut (FAO, 1978).

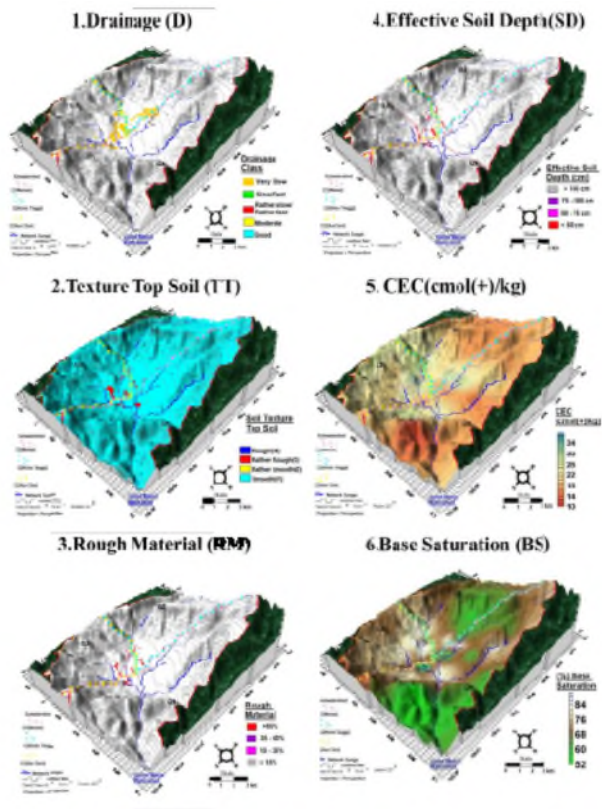
Table 2. General soil physicochemical properties for parameter Land capability in Mahat Watershed

Soil-Site Characteristic				
	Mean	Max	Min	SD

Soil-Site Characteristic				
	Mean	Max	Min	SD
<b>Climatic characteristics(c)</b>				
1.Mean temperature ( <sup>0</sup> C) (tc)	27.9	32	24	4
<b>Water availability (wa)</b>				
2.annual rainfall (mm) (ar)	2468.8	3096	1859	622.8
3.Humidity (%) (h)	93	95	91	2
4. Altitude (mdpl) (alt)	617.8	1600	433	423.6
5.Lama masa kering (bln)	2.5	3	2	0.5
<b>Oxygen availability (oa)</b>				
6.Drainage (D)	good	Not good	good	-
<b>Media for Root (rc)</b>				
7.Texture (t) (PD)	halus	kasar	halus	
8.Bahan Kasar (%)	6.9	70	0	21
9.Efective Soil Depth (cm)(SD)	109.1	110	95	3.4
<b>Peat soil (Gambut)</b>				
10.Peat soil depth(cm) (PS)	0	0	0	0
11.Peat soil maturity	0	0	0	0
<b>Nutrient retention (nr)</b>				
12.Soil fertility CEC (cmol+)/kg)	22.2	41.5	9.2	6
13.Base saturation(%) (BS)	72	89.9	49.5	10.1
14.pH H <sub>2</sub> O(p) (pH)	5.8	6.3	5.2	0.3
15.C-organik (c) (%)	5.5	7.2	4.2	0.5
<b>Toxistas (xc)</b>				
16.EC <sub>e</sub> (e)(Salinity) (dS/m)	0.6	1.2	0.1	0.2
<b>Erosion Hazard(eh)</b>				
17.Slope (%) (S)	24.1	75	3	20.5
18.Soil Erosion (ton/ha/y) (A)	99.3	717.6	1	162.5
<b>Bahaya Banjir (eh)</b>				
19.Flood risk (Fh) (F)	never	Flooding	never	
<b>Land preparation (lp)</b>				
20.Stoniness in soil surface (%) (SS)	5.4	80	0	16.6
21.Rock in surface soil (%) (rs)	3.7	80	0	12.4

Tabel 2. menunjukkan data umum dan 11 parameter tanah yang digunakan untuk menilai kelas kemampuan lahan. DAS Mahat umumnya adalah daerah Mountainuos dengan kemiringan bervariasi dari 4% sampai 80% Tingkat erosi dalam kriteria tinggi. Dengan 11 (sebelas) parameter tanah, topografi dan lingkungan maka menjadi dasar penentuan kelas tanah dan sub kelas kemampuan lahan di DAS Mahat.

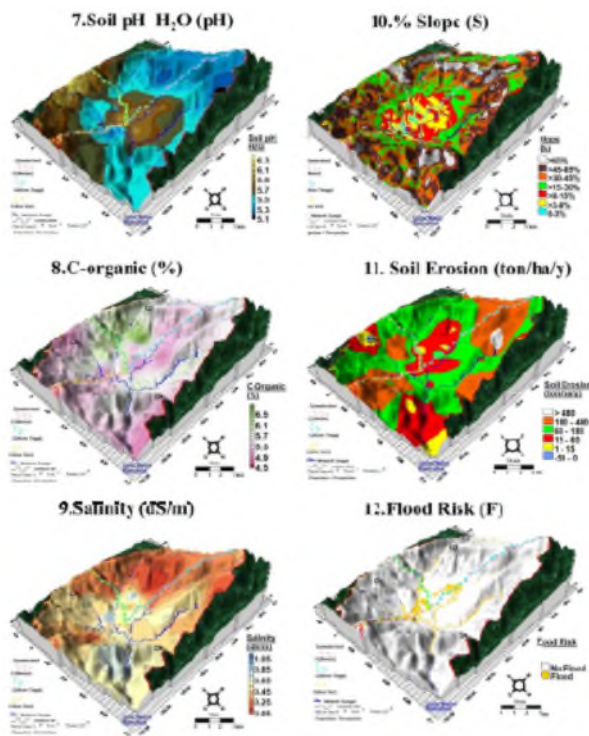
### 3.2. Karakteristik bentuk lahan DAS Mahat dan distribusi Parameter Kesesuaian Lahan



Gambar 4. Peta 3D Distribusi Parameter 1 sampai 6 untuk Kesesuaian Lahan di DAS Mahat:

Bentuk lahan DAS Mahat adalah seperti kuali dimana bentuk melingkar dari dataran tinggi yang dikelilingi oleh bukit dari 4 arah mata angin dimana berbentuk melingkar dan menurun ketengah-tengah kuali yang merupakan dataran rendah. . DAS Mahat terdiri dari tiga sub-DAS yaitu Nenan, Aur duri dan Ketinggian (Gbr.1). Berdasarkan morfologi, survei lapangan dan karakterisasi laboratorium, lahan Kebun gambir dan pertanian lainnya dibudidayakan di dua ordo tanah, yaitu Inceptisol (Humitropepts) dan Ultisol (Hapludults)[20] yang teridentifikasi di DAS Mahat. Distribusi kelompok tanah tergantung pada jenis bahan induk dan posisi Topografi (Gbr. 1), iklim, biologi dan waktu (Bardy dan Neil,2007).

Gambar 4 Pada DAS Mahat wilayahnya didominasi kelas kelerengan menunjukkan distribusi peta kemiringan 3D. Kelerengan > 60% umumnya masih ditumbuhi oleh hutan , namun ada juga ditemukan kebun gambir.



Gambar 5. Peta 3D Distribusi Parameter 7 sampai 12 untuk Kesesuaian Lahan di DAS Mahat:

#### 4. Discussion

##### 4.1. Kelas Kesesuaian Lahan di DAS Mahat

Tabel 3. Tabulation to determine class and subclass of land suitability for Gambir Tree in Mahat Watershed

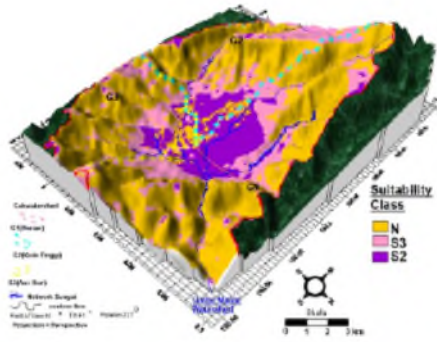
Soil-Site Characteristic	Criteria	Land Suitability Class criteria			
		S1	S2	S3	N
<b>Climatic characteristics</b>	24-32	X			
1. Mean temperature ( $^{\circ}$ C) (tc)	<24;>32		X		
<b>Water availability (wa)</b>	70-95	X			
2. Humidity (%) (h)	<70; >95		X		
3. annual rainfall (mm) (ar)	2.500-3.300	X			
	<2500;>3300		X		
4. altitude (mdpl) (alt)	50-1.100	X			
	<50;>1.100		X		
<b>5. Lama bulan kering (bln)</b>	2-3	X			
	<2; >3		X		

Soil-Site Characteristic	Criteria	Land Suitability Class criteria			
		S1	S2	S3	N
<b>Oxygen availability (oa)</b>	Very Well	X			
6.Drainage (D)	Very Poor; Excess				X
<b>Media for Root (rc)</b>	Halus, agak halus, sedang	X			
7.Texture (t) (PD)	Kasar				X
<b>8.Bahan Kasar(%)</b>	<15%	X			
	>60%				X
9.Efective Soil Depth (cm)	>100	X			
	75-100		X		
<b>Peat soil (Gambut)</b>	no	X			
10.Peat soil depth(cm) (PS)					
11.Peat soil maturity	no	X			
<b>Nutrient retention (nr)</b>	>16	X			
12.Soil fertility CEC (cmol(+)/kg)					
13.Base saturation(%) (BS)	>50	X			
14.pH H <sub>2</sub> O(p) (pH)	4,8 – 5,5	X			
	<4,8; >5,5		X		
15.C-organik (c) (%)	> 0,4	X			
	≤ 0,4		X		
<b>Toxisitas (xc)</b>	<5	X			
16.ECe(e)(Salinity) (dS/m)					
<b>Erosion Hazard (eh)</b>	<15	X			
	15-60;60-180		X		
17.Soil Erosion (ton/ha/y) (A)	180-480			X	
	>480				X
18.Slope (%) (S)	< 8	X			
	8-15		X		
	15-30			X	
	>30				X
<b>Bahaya Banjir</b>	F0	X			
19.Flood risk (Fh) (F)	>F1				X
<b>Land preparation (lp)</b>	< 5	X			
20.Stoniness in soil surface (%) (SS)	>40				X
21.Rock in surface soil (%) (rs)	< 5	X			
	>40				X
<b>General Conclusion</b>		S1	S2	S3	N

NF= not found ; F0=no flooding; F1 = Flooding



Tabel 2. menunjukkan data umum dan 11 parameter tanah yang digunakan untuk menilai kelas kemampuan lahan. DAS Mahat umumnya adalah daerah Mountainius dengan kemiringan bervariasi dari 4% sampai 80% Tingkat erosi dalam kriteria tinggi. Dengan 11 (sebelas) parameter tanah, topografi dan lingkungan maka menjadi dasar penentuan kelas tanah dan sub kelas kemampuan lahan di DAS Mahat.



Gambar 5. Distribusi Kelas Kesesuaian Lahan dalam 3Dimensi di DAS Mahat

#### 4.2. Subkelas Kesesuaian Lahan di DAS Mahat

1 Tabel 4. Determination of Land Suitability classes and subclasses for Gambir farming in Mahat Watershed

Long (N)	Lat (E)	Soil code	Parametre of Land Suitability for Gambir											
			(c) 1. tc	(wa) 2. h	(wa) 3. ar	(wa) 4. alt	(wa) 5. dm	(oa) 6. D	(rc) 7. t	(rc) 8. cm	(rc) 9. esd	(rc) 10. pd	(rc) 11. pm	(nr) 12. cec
100,481	0,055	HEG1	S1	S1	S1	S1	S1	S1	S1	S1	S1	S1	S1	S1
100,482	0,055	HEG2	S1	S1	S1	S1	S1	S1	S1	S1	S1	S1	S1	S2
100,482	0,054	HEG3	S1	S1	S1	S1	S1	S1	S1	S1	S1	S1	S1	S1
100,481	0,058	HEG4	S1	S1	S1	S1	S1	S1	S1	S1	S1	S1	S1	S1
100,481	0,058	HEG5	S1	S1	S1	S1	S1	S1	S1	S1	S1	S1	S1	S1
100,511	-0,013	HUF2	S1	S1	S1	S1	S1	S1	S1	S1	S1	S1	S1	S1
100,508	0,019	HEM1	S1	S1	S1	S1	S1	S1	S1	S1	S1	S1	S1	S1
100,476	0,019	HES3	S1	S1	S1	S2	S1	N	S1	S1	S1	S1	S1	S1
100,477	0,035	HEM4	S1	S1	S1	S1	S1	S1	S1	S1	S1	S1	S1	S1
100,495	0,012	HEM2	S1	S1	S1	S1	S1	S1	S1	S1	S1	S1	S1	S1
100,493	0,028	HEM3	S1	S1	S1	S1	S1	S1	S1	S1	S1	S1	S1	S2
100,492	0,040	HEP	S1	S1	S1	S2	S1	N	S1	N	S1	S1	S1	S1
100,491	0,009	HEM5	S1	S1	S1	S1	S1	S1	S1	S1	S1	S1	S1	S1

2 H=.....; E=.....; U=.....; G = Gambir Farming; H = Forest; M = Mixed Garden; F=forest; S=Sawah ; P=settlement

3  
4  
5  
6  
7

8

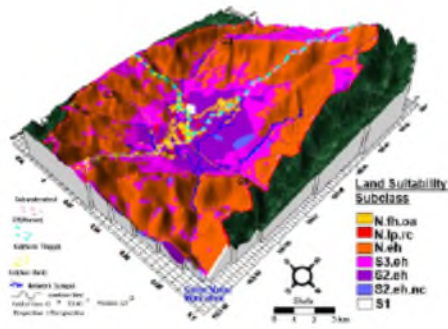
9

10 Tabel 4. Continued

		Soil code	Parametre of Land Suitability for Gambir											
			(nr) 13. bs	(nr) 14. ph	(nr) 15. c	(xc) 16. e	(eh) 17. a	(eh) 18. s	(fh) 19. f	(lp) 20. ss	(lp) 21. rs	Clas- sses	Sub classes	
100,481	0,055	HEG1	S1	S1	S1	S1	S1	S1	S1	S1	S1	S1	S1	S1
100,482	0,055	HEG2	S1	S1	S1	S1	S2	S2	S1	S1	S1	S2	S2.eh.nc	
100,482	0,054	HEG3	S1	S1	S1	S1	S2	S2	S1	S1	S1	S2	S2.eh	
100,481	0,058	HEG4	S1	S1	S1	S1	S3	S3	S1	S1	S1	S3	S3.eh	
100,481	0,058	HEG5	S1	S1	S1	S1	N	N	S1	S1	S1	N	N.eh	
100,511	-0,013	HUF2	S1	S1	S1	S1	S2	S2	S1	S1	S1	S2	<b>S2.eh</b>	
100,508	0,019	HEM1	S1	S1	S1	S1	N	N	S1	S1	S1	N	N.eh	
100,476	0,019	HES3	S1	S1	S1	S2	S1	S1	N	S1	S1	N	N.fh.oa	
100,477	0,035	HEM4	S1	S1	S1	S1	S3	S3	S1	S1	S1	S3	<b>S3.eh</b>	
100,495	0,012	HEM2	S1	S1	S1	S1	S2	S2	S1	S1	S1	S2	<b>S2.eh</b>	
100,493	0,028	HEM3	S1	S1	S1	S1	S2	S2	S1	S1	S1	<b>S2</b>	<b>S2.eh.nr</b>	
100,492	0,040	HEP	N	N	N	S2	S1	S1	S1	N	N	N	N.fh.oa.nr	
100,491	0,009	HEM5	S1	S1	S1	S1	S1	S1	S1	S1	S1	S1	S1	
100,465	0,063	HEF3	S1	S1	S1	S1	S3	S3	S1	S1	S1	S3	<b>S3.eh</b>	

11 H=.....; E=.....; U=.....; G = Gambir Farming; H = Forest; M = Mixed Garden; F=forest; S=Sawah ; P=settlement

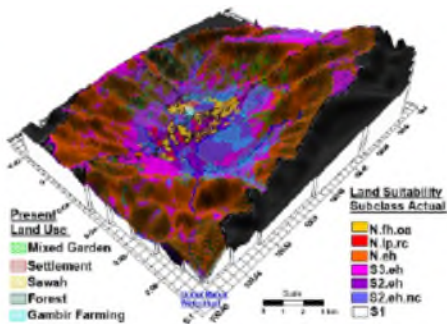
12



Gambar 6. Distribusi Subkelas Kesesuaian Lahan dalam 3Dimensi di DAS Mahat

2.5. Validasi Kelas dan Subkelas Kesesuaian Lahan Gambir di DAS Mahat

Validasi dilakukan dengan overlay tata guna lahan Gambir dan Tanaman lainnya dan topografi saat ini yang diambil dari digitasi peta tata guna lahan di google earth diatas peta Kelas dan Subkelas Kesesuaian lahan yang sudah berhasil dibuat.



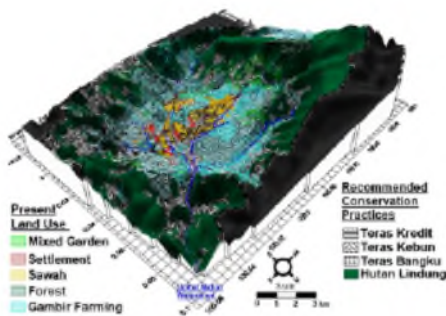
Gambar 7. Overlay Present Land use dan peta topografi diatas peta Kelas dan Subkelas Kesesuaian Lahan di DAS Mahat untuk Validasi

Tabel 5. Subklas Kesesuaian Lahan aktual dan potensial Gambir gambir farming di Mahat Watershed

Tata Guna Lahan Sekarang	Luas % and (ha)	Aktual Kesesuaian lahan Kelas dan Subkelas	Input teknologi	Subkelas Kesesuaian Lahan potensial	Luas % and (ha)
Hutan		N.eh S3.eh S2.eh	Teras & Hutan Linudng	N.eh S3.eh S2.eh	..... .....
Kebun Campuran		N.eh S3.eh	Teras	N.eh S3.eh	

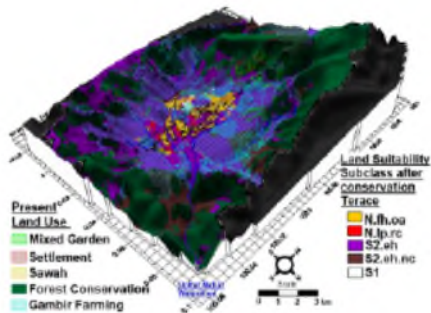
		S2.eh S1		S2.eh S1	
Sawah		N.fh.oa	-	N.fh.oa	
Pemukiman		N.lp.rc.nr.	-	N.lp.rc.nr.	
Gambir Farming		N.eh S3.eh S2.eh S2.eh.nr. S1	Teras & Pemupukan	N.eh S3.eh S2.eh S2.eh.nr. S1	
Total					

2.6. Rekomendasi Teknik Konservasi Teras pada Gambir Farming untuk merubah Kelas S3 menjadi S2 di DAS Mahat



Gambar 8. Rekomendasi Teknik Konservasi Teras dan Hutan Lindung pada Gambir Farming untuk Memperbaiki Kelas dan Subkelas Kesesuaian Lahan di DAS Mahat

P faktor berubah dari 0,5 (bertanam menurut kontur) menjadi 0,15 – 0,04 (Teras bangku) sehingga erosi tanah menurun drastis dan kelas kesesuaian lahan berubah dari S3 menjadi S2



*Gambar 9. Subkelas Kesesuaian Lahan di DAS Mahat setelah Rekomendasi Teknik Konservasi Teras dan Hutan Lindung*

Analisis kesesuaian lahan Gambir berbasis Surfer tool menunjukkan bahwa dalam penelitian ini, sebagian besar wilayah tersebut kurang sesuai (S3) dan tidak sesuai (N) untuk budidaya Gambir dan kesesuaian lahan untuk Gambir tidak dapat ditingkatkan dengan mengadopsi teknologi seperti menggunakan pupuk dan teknik konservasi untuk menjadi S1 karena biaya sangat mahal dan tidak menguntungkan bagi budidaya gambir ditambah faktor iklim tidak mungkin untuk diroboh dan jika dapat tentu memerlukan biaya besar sekali.

Studi ini menunjukkan bahwa DAS pertanian ditemukan Gambir tidak sesuai (N) untuk budidaya tanaman Gambir di DAS Mahat. Kurang sesuai (S3) untuk Gambir juga ditemukan. ditemukan agak sesuai (S2) untuk Gambir dan sesuai (S1) untuk budidaya Gabir juga ditemukan. Model berbasis Surfer tool yang terintegrasi memberikan lebih dari sekadar peta kesesuaian lahan gambir secara spesifik lokasi dan eksplisit untuk Gambir di DAS Mahat

## 2.7. Kesimpulan

Analisis kesesuaian tanah berdasarkan Surfer tool untuk Gambir mengungkapkan Di Das Mahat, Analisis wilayah menunjukkan bahwa ditemukan ada lahan yang tidak sesuai (N) untuk tanaman Gambir. Kurang sesuai (S3) untuk Gambir juga ditemukan. . begitupun ada lahan yang agak sesuai (S2) untuk Gambir dan ada juga lahan sesuai (S1) untuk budidaya Gambir karena faktor-faktor yang berbiaya tinggi untuk dapat diperbaiki yaitu iklim, sifat fisika dan kimia tanah. Tanah, yang ‘‘ agak sesuai (S2) ’ dan ‘ kurang sesuai (S3),’ disebabkan oleh faktor pembatas Banjir, erosi, kelerengan dan fisika- kimia tanah. Studi ini menunjukkan bahwa pembuatan basis data tentang parameter tanah dalam Surfer tool dan analisis multikriteria dan overlay peta ternyata sangat membantu dalam analisis terintegrasi parameter tanah untuk rekomendasi kesesuaian tanah untuk Gambir. Potensi dan keterbatasan lahan dinilai dengan mempelajari berbagai parameter tematik untuk mengelola sumber daya alam dan untuk mengadopsi rencana penggunaan lahan alternatif, terutama di mana lokasi penanaman Gambir tidak layak di daerah aliran sungai. Peta tiga dimensi (3D) cetak biru kesesuaian lahan Gambir dapat sisipi dengan batas administrasi desa dan dapat digunakan untuk menunjukkan lokasi atau sub lokasi tertentu, di mana Gambir cocok. Peta 3D berbasis Surfer tool yang dihasilkan dapat digunakan oleh para ilmuwan, petani dan penyuluh untuk memilih lokasi penanaman gambir untuk area tertentu agar meningkatkan produktivitas gambir dan menguntungkan secara ekonomi bagi petani lokal dan lingkungan tetap terjaga.

## Ucapan terima kasih

Kami berterima kasih kepada editor dan pengulas atas komentar, saran, dan revisi mereka yang berharga pada naskah ini. Karya ini didukung oleh RISTEK BRIN Republik Indonesia untuk pendanaan yang besar untuk itu kami mengucapkan Ribuan Terima Kasih

## Hasil 2

### **Geochemical methods for mapping available-Si distribution in soils in West Sumatra, Indonesia**

Aflizar<sup>1\*</sup>, Edi Syafri<sup>1</sup>, Jamaluddin<sup>1</sup>, Husnain<sup>2</sup> Ahmad Fudholi<sup>3</sup>

<sup>1</sup>Department of Agricultural Technology, Agricultural Polytechnic, Payakumbuh, West Sumatra 26271, Indonesia

<sup>2</sup>Indonesian Agency for Agricultural Reserach and Development, Jakarta 12540-Indonesia

## Abstract

Silicon (Si) is an important element for rice plant, and its availability in soil is an important factor affecting sustainable rice production. Herein, the distribution of available Si and its correlation with land-use type and soil-erosion status were investigated and discussed using the universal soil loss equation (USLE) in the Sumani watershed (SW). This watershed is the main rice-production area in Sumatra, Indonesia. Results showed that the available Si levels in sawah soil were less than 300 mg SiO<sub>2</sub> kg<sup>-1</sup> on average. Sawah means a leveled and bounded rice field with an inlet and an outlet for irrigation and drainage, respectively. Available Si content in river sediments was also studied and determined to be higher than those in sawah or other land-use types. This finding may indicate that available Si or soil rich in Si was redistributed through soil erosion. Soil-erosion rate was negatively correlated with the concentration of available Si in soils. Land-use types with smaller values of crop factor in USLE calculation and soil with lower pH showed relatively lower available Si in the soils. Overall, our findings indicated that soil erosion and land-use types affected the distribution of available Si in the watershed.

**Keywords:** Spatial analysis, land-use type, soil-erosion map, sawah, watershed, physicochemical properties

## 1. Introduction

Silicon (Si) is an important element for rice production (Imaizumi and Yoshida 1958). However, it is not a concern and has never been applied in sawah in Indonesia. In the field, blast diseases affect local rice varieties, which may be due to the deficiency of available Si, and several studies regarding the Si effect on rice production has been published in Indonesia. Darmawan et al. (2006) reported that about 11%–20% of available Si decreases in sawah soil owing to intensive rice cultivation over the last three decades. In addition, Husnain et al. (2008) reported that in West Java, the supply of Si in lowland sawah through irrigation has decreased because dissolved Si (DSi) is trapped by diatoms (phytoplankton) in dams. However, few studies have focused on the influence of Si availability on rice production and improving Si management.

To mitigate the above problems and thus improve the land-management planning of the watershed, soil erosion must be reduced. To realize this, the present status of soil erosion in relation to land-use pattern in the watershed needs to be evaluated. However, directly determining the soil erosion of the entire watershed is impractical as the necessary measurements are too broad ranging and time consuming. Estimating soil erosion using models is more common and practical. Several types of models for the estimation of soil erosion have been developed, and they include the universal soil-loss equation (Ahmadi et al. 2006; Amore et al. 2004; Mochansyah et al. 2004; Walling et al. 2003; Kusumandari et al. 1997). In general, no single best model exists for all applications. Thus, the most appropriate model depends on the purpose of the study and the characteristic of the watershed (Shamshad et al. 2008). In the present study, the application of USLE was evaluated to be sufficient for estimating soil-erosion rates as it can exhibit a relative ranking of soil-loss risk in watersheds when accurate parameter values are used. The USLE has also been used as a conservation-evaluation tool in Indonesia as aforementioned, although few studies have focused on measuring or estimation soil erosion.

The distribution of silica (silicon dioxide, SiO<sub>2</sub>) in soils is influenced by parent material, climate, vegetation, texture, pedogenesis, intensity of weathering (Hallmark & Wilding 1982), and soil-erosion factor. The SiO<sub>2</sub> source for rice plant was derived from soil, irrigation water, and plant residue such as straw and rice husk if they are incorporated into the soil after harvesting. Soils derived from ash volcanic parent material contain more SiO<sub>2</sub> (Imaizumi & Yoshida 1958) than do soils derived from alluvium material, particularly those in lowlands. Many rice fields or sawah located in lowlands has parent materials that are mostly river sediment or alluvium, so the original SiO<sub>2</sub> availability is generally low. Rice is a typical Si-accumulator plant that takes up Si from soil solution through an active mechanism (Ma et al. 2001; Ma et al. 2007). Menurut Wu et al. (2009) bahwa kelarutan Si dipengaruhi oleh pH dan Fe.

Untuk the sustainable of land management of agriculture di perlukan indikator tanah berupa sifat fisika tanah (texture or percentage clay, silt and sand) dan sifat kimia tanah (pH, TC, TN, Ca, Mg, K dan Na) (Hartemink. 1998). Wang et al. (2009) melaporkan bahwa pola distribusi TN, TP dan hara lainnya berubah

secara nyata karena berubahnya tata guna lahan dan peta distribusinya dapat digunakan untuk pembagunan pertanian berkelanjutan dan memperbaiki lingkungan. Aflizar et al. (2018) melaporkan bahwa distribusi Trace metal Cd dalam skala DAS dipengaruhi oleh sifat tanah yaitu pH, texture, TC, faktor erosi dan topografi.

Pemerintah Indonesia belum meyakini dan tidak mengakui telah terjadi defisiensi silika (Si) tersedia di tanah sawah di Indonesia (Husnain et al. 2018; Darmawan et al. 2006) sedangkan kami berhipotesis sekarang telah terjadi defisiensi silika tanah tersedia khususnya di DAS Sumani yang bisa menjadi gambaran untuk kondisi tanah sawah di Indonesia

Erosi tanah dianggap selama ini hanya sebagai pembawa efek buruk semata pada lingkungan karena menyebabkan degradasi tanah dan bencana bagi lingkungan dan pertanian (Aflizar et al. 2010) kami berhipotesa bahwa erosi tanah juga memberikan Efek baik bagi lingkungan karena membawa sedimen tanah yang kaya nutrisi dan mengendapkannya di tanah sawah didataran rendah.

Banyak petani dan praktisi pertanian di Indonesia beranggapan Si tanah itu tidak perlu bagi tanaman sawah jadi tidak penting untuk diberikan dalam bentuk pupuk buatan dan tanah sudah cukup menyediakan secara alami silika (Husnain et al. 2018; Darmawan et al. 2006), kami berhipotesis bahwa silika di tanah sudah tidak cukup lagi bagi sawah saat ini tetapi ada sumbangan besar silika (Si) dari air irigasi, air sungai (Somura et al. 2016) dan sedimen yang menambah untuk padi secara alamiah untuk menutupi kekurangan Si dari Tanah. Namun sekarang tidak cukup lagi dan perlu direkomendasikan menambahkan silika (Si) dalam bentuk pupuk ke tanah sawah.

The present study aimed to determine the factors influencing the distribution of available Si in SW where volcanic ash and Si fertilizer of irrigation water can be natural sources. Our hypothesis, In sawah soil, pH and total carbon (TC), total nitrogen (TN), base cation (Ca, K, Na) and trace metal iron (Fe) can be the factors controlling Si availability. Accordingly, we conducted a study on the distribution of available Si in relation to land-use types and soil-erosion status in the SW, a main rice-production area in West Sumatra, Indonesia. We have already previously observed that severe erosion occurred in the highlands of the watershed because of the land-use change from forest to agricultural field. Accordingly, we expected that these factors may influence available-Si distribution in the watershed. Soil erosion is generally regarded as a type of soil degradation. However, it may contribute to nutrient replenishment in sawah, especially in the lowlands, through the deposition of fine soil particles eroded from the highlands, as we discuss in this paper. In the present study, Surfer® 8 was applied as a stand-alone tool to develop a 3D map of soil erosion, available Si, and Land-use pattern distribution from a very large dataset through geostatistical method. In geostatistical methods, the dependence among samples is incorporated into the estimation process.

## **2. Material and methods**

### *2.1. Study area and soil sampling*

This research was conducted in the SW in the Solok regency of West Sumatra (latitude 00° 36' 08" to 10° 44' 08" S, longitude 100° 24' 11" to 101° 15' 48" E). SW has an active volcano, Mount Talang (2500 m asl). Further information about the study area and sample locations are shown in Figs. 1 and 2. On the east side of Mount Talang, we found a lake from which water flows through the lowlands and into lake Singkarak located at an altitude of 300 m asl. All the water of rivers and tributaries that flow into the SW also drain into lake Singkarak. According to data of climatological stations from 1996 to 2000. The SW has a humid tropical climate. The rainfall rate hovers at around 1669 and 3230 mm between altitudes of 300 and 2500 m. Annual temperatures range from 19 °C to 30 °C varying from highlands to lowlands. The average annual humidity also varies from 78.1% to 89.4% (Farida et al. 2005). We selected the SW for our research because of three reasons. First, we already have a database of its soil erosion. Second, the SW has various land-use types (rice fields, forests, mixed garden, garden vegetables, weeds, and bush) suitable for our research (Fig. 2b). Third, this watershed is the central of rice-production area in West Sumatra. Fig. 2a shows the soil sampling in the blue circle. The red circle represents the river-sediment sampling point. We present available Si in soil and collected soil samples from all land-use and soil types and topographical position of the various positions. A total of 23 soil samples were collected from stream sediments from the highlands to the lowlands. Soil samples were taken at depths of 0–20 cm and 20–40 cm. To view the distribution of soil vertically on highlands and lowland areas, soil samples were taken at a representative area to a depth of 100 cm.

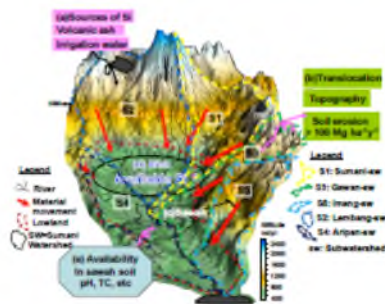
The watershed is divided into eight geology types, i.e., breccia andesit of Mt. Talang, alluvium of andesit volcano, lava, colluvial deposit, welded tuff, quartz, slate shale part of tuff, and lava andesit to basalt



(Farida et al. 2005). SW consists of five subwatersheds, namely, Sumani (S1), Lembang (S2), Gawan (S3), Aripan (S4), and Imang (S5) (Aflizar et al. 2018).

Located in the SW is the active volcano Mount Talang. Farmers believe that this volcano enriches the soil through its frequent small eruptions and volcanic ash spread on agricultural land throughout the SW. According to Fiantis et al. (2010), the element contents of volcanic ash are  $\text{SiO}_2$  (57.61%),  $\text{Al}_2\text{O}_3$  (16.16%),  $\text{H}_2\text{O}^+$  (6.92%),  $\text{Fe}_2\text{O}_3$  (5.39%),  $\text{CaO}$  (4.79%),  $\text{Na}_2\text{O}$  (2.51%),  $\text{MgO}$  (1.88%),  $\text{K}_2\text{O}$  (1.84%),  $\text{H}_2\text{O}^-$  (1.62%),  $\text{TiO}_2$  (0.67%),  $\text{P}_2\text{O}_5$  (0.18%), and  $\text{MnO}$  (0.08%).

On 12 April 2005, Mount Talang erupted and ejected ash into the air that then fell and spread throughout the SW. The volcanic ash covered the summit and slopes of Mount Talang with a thickness of 5 and 0.1 cm, respectively, around the foot of Mount Talang. Fiantis et al. (2010) reported that the chemical characteristics of volcanic ash from Mount Talang are as follows: pH  $\text{H}_2\text{O}$  (1:5) (7.26), pH KCl (1:5) (7.12), P Bray 2 (68.02  $\text{mg kg}^{-1}$ ), P HCl 25% (498.12  $\text{mg kg}^{-1}$ ), CEC (5.75  $\text{cmol}(+) \text{ kg}^{-1}$ ), Ca (11.14  $\text{cmol}(+) \text{ kg}^{-1}$ ), Mg (2.18  $\text{cmol}(+) \text{ kg}^{-1}$ ), K (0.09  $\text{cmol}(+) \text{ kg}^{-1}$ ), Na (0.12  $\text{cmol}(+) \text{ kg}^{-1}$ ), base saturation (23.5%), P retention (52.84%), Si in allophane (11.50%), active Al (0.60%), and active Fe (1.99%). Volcanic ash containing 57%  $\text{SiO}_2$  is regarded as basaltic andesite. The mineralogy of volcanic ash is dominated by volcanic glass and labradorite.



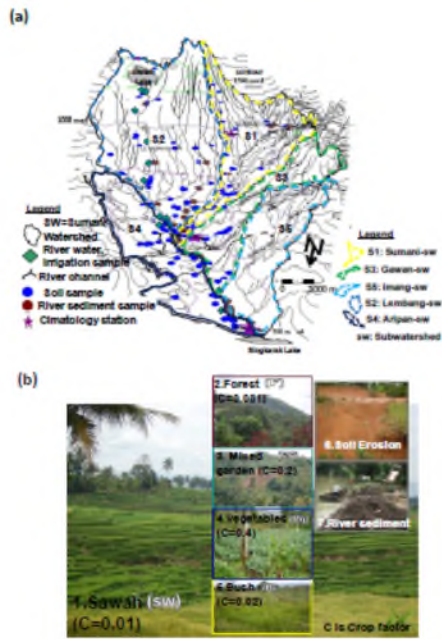
**Fig. 1.** Possible factors influencing the distribution of silicon available in the Sumani watershed. (a) Natural Source of Si by Volcanic ash, irrigation water and Top soil; (b) Translocation of Si by Topography and Soil erosion; (c) Low and deficiency of Si in Sawah soil; (d) Rich available Si in Lowland; (e) available Si in sawah soil controlling by pH, TC, etc.

## 2.2. Rice farming systems

In the SW, rice is mostly cultivated three times a year as long as irrigation water is available in lowland areas and two times a year in highland areas shifted with vegetables. Irrigation water is usually supplied through irrigation canals and river tributaries. Nitrogen, phosphorus, and potassium are applied in the form of a single nutrient fertilizer (urea, SP-36, and KCl) or compound fertilizer with rates ranging within 46–184  $\text{kg N ha}^{-1}$ , 36–72  $\text{kg P}_2\text{O}_5 \text{ ha}^{-1}$ , and 16.3–63  $\text{kg K}_2\text{O ha}^{-1}$  (information from surveyed farmers in study sites). However, KCl is rarely or even not applied in most sawah in the SW because farmers think KCl strengthens only the stalk of rice and farmers only need the rice grains. Chemical  $\text{SiO}_2$  fertilizer has been never applied to the soil, and  $\text{SiO}_2$  has been supplied only from straw returned after harvesting. In terms of straw management in the SW, farmers preferred to burn the straw to shorten the time for the next planting season and thus prevent disease spread in some sites (personal comm. 2009).

## 2.3. Soil, Plant and Water Sampling

We collected 146 soil samples based on land-use types and position in the watershed. River sediments were also collected from 23 points to determine available Si. The samples were air-dried, ground, and passed through a 2 mm sieve. Plant samples (rice flag leaf) were collected from several sites where soils were sampled. We collected water samples at five points along main rivers and determined the concentration of Si in water every month from August 2006 to February along the SW (Fig. 2) under collaboration with local farmers and staff of Andalas University. A total of 11 water sampling points in the SW were collected from the upper to lower streams of the rivers.



**Fig. 2.**Sampling point (a) and land use type (b) in Sumani watershed: Field survey picture from: 1.Sawah; 2.Forest; 3.Mixed garden; 4.Vegetables; 5. Bush; 6. Soil erosion; 7.River sediment

#### 2.4. Soil analyses and estimation of soil erosion rate

We collected 146 soil samples based on land-use types and position in the watershed. River sediments were also collected from 23 points to determine available Si. The samples were air dried, ground, and passed through a 2 mm sieve. Available Si was extracted using 1 mol L<sup>-1</sup> acetate buffer (pH 4.0) at a mixing ratio of 1:10 for 5 h at 40 °C with occasional shaking (Imaizumi and Yoshida 1958). Then, the concentration of Si in the filtrate was measured by molybdenum-blue method at 810 nm. TC was determined by the dry combustion method using a Yanaco CN Corder Model MT-700. Soil pH was measured using the glass-electrode method with a soil/water ratio of 1:2.5 (IITA 1979; McLean 1982). Exchangeable base cations (Na, Ca, and K) were extracted using 1 mol L<sup>-1</sup> neutral ammonium acetate (Thomas 1982), and exchangeable Ca was determined using inductively coupled plasma-atomic emission spectroscopy (Shimadzu ICPS2000, Kyoto, Japan). Exchangeable K and Na were determined using an atomic absorption spectrophotometer (Shimadzu AS 680). Percentage sand and clay were determined by pipette method (Gee and Bauder 1986). Extractable Fe was extracted by 0.1M HCl and measured with ICP (SSSA 1996). Rice plant was ground into powder, using a tungsten carbide vibrating mixer mill and digested with HNO<sub>3</sub> in a high-pressure Teflon vessel (Koyama & Sutoh 1987). DSI concentration in water samples was determined with an atomic absorption spectrophotometer (Hitachi Z-5000). Soil-erosion rate in the SW was estimated by USLE (Wischmeier and Smith 1978).

#### 2.5. Calculation soil erosion by USLE model

We estimated the soil-erosion rate in the SW using USLE (Aflizar et al., 2013), which expressed as:

$$E = R \times K \times L \times S \times C \times P \quad (1)$$

Where P is a factor that accounts for the effects of soil-conservation practices (dimensionless), C is the crop cover factor (dimensionless), S is slope factor (dimensionless), L is length of the slope factor (dimensionless), K is the inherent soil erodibility (dimensionless), R is the rainfall erosivity factor (dimensionless), and E is the estimated soil loss (Mg ha<sup>-1</sup>y<sup>-1</sup>). The watershed was divided by 39 312 grids with 125 m × 125 m mesh size, and

basic data were allocated or estimated in each grid by reading maps and a Landsat image for land-use types and altitude or the kriging method for precipitation and soil properties. Based on these data, respective USLE factors were calculated in each grid unit. To calculate average soil erosion, we excluded the negative value of soil erosion. We used the USLE model because other models require difficult collection of data of detailed rainfall and technical constraint. Detailed calculations of each USLE factor in the SW were have been described by Aflizar et al. (2010).

#### 2.5.1. Rainfall erosivity factor (R)

R-factor represents the potential ability of the rain to cause soil erosion. To compute the monthly value of the R-factor (Aflizar et al., 2013):

$$R = 6.19(R_f)^{1.21}(R_n)^{0.47}(R_m)^{0.53} \quad (2)$$

Where  $R_m$  is the maximum rainfall for a 24 h period in the observed month,  $R_n$  is number of rainy days per month,  $R_f$  is total monthly rainfall, and  $R$  is monthly erosivity. Table 1 shows the general monthly rainfall data and monthly values of the R-factor calculated with the above equation for two study periods. No clear dry season appeared in the study area, and the monthly rainfall and R-factor showed no clear seasonal pattern, highly fluctuating year by year. The R-factor and soil erodibility (K)-factor are generally the most important factors requiring evaluation based on local conditions for the successful application of the model. Not all grids possessed their own data of precipitation or soil analyses to calculate R- and K-factors. In this case, interpolation by the nearest-neighbor kriging method (Golden software 2002) assigned the value of the nearest grid possessing soil-analysis data. This method is useful and yields good results as reported by Aflizar et al., (2013) and Goovaerts (2000). The value for K-factor was computed using by Aflizar et al., (2013):

$$100K = 2.713 M^{1.14}(10^{-4})(12-a) + 3.25(b-2) + 2.5(c-3) \quad (3)$$

where  $M$  is given by  $[(St - Svf)/100] - Cf$ ;  $a$  is the percentage of soil organic matter content;  $b$  is the structural code;  $c$  is the permeability class code of the soil; and  $St$ ,  $Svf$ , and  $Cf$  are the percentage of silt, very fine sand, and clay fractions, respectively. Details are found in the study of Aflizar et al. (2010).

#### 2.5.2. Slope length and steepness factor (LS)

Each grid was considered as a single slope plane. The LS-factor was calculated using so called power form of equation (Wischmeier and Smith 1978). Aflizar et al. (2010) reported that the exponent of slope length in the equation did not change with an increase of the slope gradient from 20 to 60%, while it changed in the condition with that less than 20%. Therefore, in the present study two equations, i.e. (4) for slope gradient less than 20% and (5) for slope gradient >20%, were separately used.

$$LS = (L/22)^m (65.41 \sin^2 X - 4.56 \sin X + 0.065) \quad (4)$$

$$LS = (L/22)^{0.7} (6.432 \sin(X/0.79) \cos(X)) \quad (5)$$

where  $L$  is the slope length in m,  $S$  is percentage of slope,  $X$  is the slope in degrees,  $m$  is exponent that varies with slope gradients as in 0.2 for < 1%, 0.3 for 1 – 3%, 0.4 for 3.5 – 4.5% and 0.5 for > 5% (Table 1)

#### 2.5.3. Cover crop (C) and conservation practices (P) factors

Land-use types in the SW were investigated by interpreting image photos of Landsat TM

2002 confirmed with a field survey in August 2007 and land-use map 1992 based on air photos to have C- and P-factors (Table 1). Different land-use types had respective C-factors. Forest had the smallest and vegetable gardens had the highest C-factor, except for settlement. Major soil conservation practices used in the SW were ground coverage by grass or shrub in vegetable, mixed and coconut gardens, and terrace in Sawah.

## 2.6. Data processing for 3D mapping

Overall data processing involving USLE was conducted using Surfer® 8 (Golden software 2010) dealing with factors gained from a detailed soil survey, digital elevation model, and land-use map. The map of available Si, soil erosion, and land use were computed subsequently using block kriging by taking account of the data within the range. Block kriging was used instead of punctual kriging because it enables the evaluation of the regional pattern of variation rather than local details owing to the construction of smoother maps with smaller estimation variance (Aflizar et al. 2010). Surfer® 8, produced by Golden Software, Inc. (Golden Colorado), is a relatively inexpensive and user-friendly contouring and three-dimensional surface mapping software for scientists and engineers. Basic proficiency with Surfer® 8 can be achieved with a few hours of self-tutoring. Various editions of Surfer® 8 have been applied to the modelling and evaluation of soil heavy-metal contamination and other environmental data (Aflizar et al. 2018). Reported applications typically use Surfer tools as an interface with other software rather than as a stand-alone analytical tool (Aflizar et al. 2010). Surfer software is extensively used but not well documented, with only limited reference

to its application to environmental data existing in scientific literature.

In this study, we used universal kriging that assumed a constant and unknown mean. As shown in Fig. 1, samples were collected throughout the study area, with the exception of the area at the very steep slope and common land-use forest at the west side of SW because of lack of access to the area. Thus, a polygon with boundaries limiting the area of sampling was used, and estimates were generated only for the area inside it. We used cross-validation to estimate the kriging density through different approaches.

## 3. Result

### 4.3. General soil physico-chemical properties

Tables 1 and 2 show general soil physicochemical properties in the SW. The soil had high silt and clay contents and organic matter content of about 5%. Soil permeability and erodibility were high. According to Wischmeier and Smith (1978), soils with K-factor > 0.04 are generally susceptible to soil erosion. Soil susceptibility to erosion is highly influenced by different climatic, physical, hydrological, chemical, mineralogical, and biological properties (Aflizar et al. 2010). Total nitrogen and available Si are low, whereas TC, extractable Fe and Zn are high. Exchangeable base cations (Ca, Mg, K, and Na) were relatively high. Soil physicochemical properties had some correlation with available Si in the SW (Table 2).

Table 1. Available SiO<sub>2</sub> (mg/kg) and erosion-factor analyses in sampling sites in the Sumani watershed

No	Location	Sub watershed	Land use	GPS Reading					Erosion Mg/ha/yr	SiO2 (0-20) mg SiO2/kg	SiO2 Status in soil		
				East	South	R	K	LS				C	P
1	jawi-jawi 1	Sumani	Sawah	681009	9898946	2452,0	0,1	0,0640	0,010	0,4	5,0	204,64	d
2	jawi-jawi 2	Sumani	Sawah	681007	9898924	2452,0	0,1	0,0640	0,010	0,4	5,0	559,71	l
3	jawi-jawi 3	Sumani	Sawah	680846	9899016	2452,0	0,1	0,0640	0,010	0,4	10,0	138,86	d
4	Gantung ciri 1	Sumani	Sawah	679766	9900725	2452,0	0,3	0,0010	0,010	0,4	0,1	258,86	d
5	Gantung ciri 2	Sumani	Sawah	679906	9900722	2452,0	0,3	0,0010	0,010	0,4	0,1	308,79	l
6	Gantung ciri 3	Sumani	Sawah	679994	9900676	2452,0	0,30	0,0010	0,010	0,4	5,0	271,93	d
7	Kelok Duri	Sumani	Sawah	682301	9909213	2452,0	0,10	0,0640	0,010	0,4	2,0	207,86	d
8	Selayo	Sumani	Sawah	682677	9909496	2452,0	0,10	0,0640	0,010	0,4	2,5	127,07	d
9	Sawah sudut 1	Sumani	Sawah	682689	9909403	2452,0	0,10	0,0640	0,010	0,4	2,0	201,64	d
10	Sawah sudut2	Sumani	Sawah	682753	9909451	2452,0	0,10	0,0640	0,010	0,4	2,0	200,79	d
11	Gawan-sungai 1	Sumani	Sawah	682988	9911695	2452,0	0,30	0,0010	0,010	0,4	15,0	145,50	d
12	Gawan-sungai 2	Sumani	Sawah	683204	9911613	2452,0	0,30	0,0010	0,010	0,4	10,0	148,29	d
13	Gawan-sungai 3	Sumani	Sawah	683159	9911560	2452,0	0,30	0,0010	0,010	0,4	15,0	250,71	d
14	Batu Banyak 1	Lembang	Sawah	690240	9894285	1665,0	0,01	0,6110	0,010	0,4	5,0	157,07	d
15	Bukik Sileh 2	Lembang	Sawah	690168	9894089	1665,0	0,01	0,6110	0,010	0,4	5,0	168,00	d
16	Anau kadok 4	Lembang	Sawah	690190	9894077	1665,0	0,01	0,6110	0,010	0,4	5,0	331,07	l
17	Bukik Sileh 4	Lembang	Sawah	690146	9894586	1665,0	0,01	0,6110	0,010	0,4	7,5	230,14	d
18	Koto Lawas 1	Lembang	Sawah	690485	9898085	2452,0	0,01	1,7440	0,010	0,4	0,2	148,07	d
19	Koto Lawas 2	Lembang	Sawah	690385	9898220	2452,0	0,01	1,7440	0,010	0,4	0,2	308,14	l
20	Koto Lawas 3	Lembang	Sawah	690391	9898224	2452,0	0,01	1,7440	0,010	0,4	10,0	241,71	d
21	Batu banyak	Lembang	Sawah	689859	9899180	2452,0	0,05	0,0640	0,010	0,4	15,0	203,57	d
22	Koto Anau	Lembang	Sawah	687948	9902605	2452,0	0,48	0,0640	0,010	0,4	5,0	124,29	d
23	Sawah Durian 2	Lembang	Sawah	687963	9902709	2452,0	0,48	0,0680	0,010	0,4	5,0	192,64	d
24	Sawah Durian 3	Lembang	Sawah	688040	9902988	2452,0	0,30	0,0640	0,010	0,4	5,0	165,21	d
25	Pandan Putih 1	Aripan	Sawah	684981	9909986	2452,0	0,30	0,0640	0,010	0,4	5,0	339,86	l
26	Pandan Putih 2	Aripan	Sawah	684868	9910153	2452,0	0,30	0,0640	0,010	0,4	5,0	249,64	d
27	Sawah sari	Aripan	Sawah	684560	9910295	2452,0	0,30	0,0640	0,010	0,4	5,0	427,07	l
28	Pandan ujung 1	Aripan	Sawah	685806	9912702	2452,0	0,10	0,0010	0,010	0,4	5,0	89,36	d
29	Pandan ujung 2	Aripan	Sawah	685820	9912612	2452,0	0,10	0,0010	0,010	0,4	5,0	164,79	d
30	Pandan ujung 3	Aripan	Sawah	685664	9912492	2452,0	0,10	0,0010	0,010	0,4	5,0	192,00	d
31	Pandan ujung 6	Aripan	Sawah	685437	9912538	2452,0	0,10	0,0010	0,010	0,4	5,0	184,71	d
32	Parambahan 1	Aripan	Sawah	690900	9902399	2452,0	0,30	0,6110	0,010	0,4	1,8	306,43	l
33	Parambahan 2	Lembang	Sawah	690786	9902411	2452,0	0,30	0,6110	0,010	0,4	1,8	280,50	d
34	Parambahan 3	Lembang	Sawah	690734	9902391	2452,0	0,30	0,0640	0,010	0,4	0,2	227,14	d
35	Sungai janih	Lembang	Sawah	686383	9898559	2452,0	0,05	0,0640	0,010	0,4	15,0	113,36	d
36	Gunung Talang	Lembang	Sawah	686155	9898931	2452,0	0,05	0,0640	0,010	0,4	10,0	162,64	d
37	Batu Bajaranjang	Lembang	Sawah	686201	9898830	2452,0	0,05	0,0640	0,010	0,4	10,0	120,86	d
38	Air angek 1	Lembang	Sawah	684168	9898356	2452,0	0,30	0,0640	0,010	0,4	5,0	500,57	l
39	Anau Kadok 2	Lembang	Sawah	684089	9898413	2452,0	0,30	0,0640	0,010	0,4	5,0	139,50	d
40	Anau Kadok 3	Lembang	Sawah	684138	9898260	2452,0	0,30	0,0640	0,010	0,4	10,0	243,21	d
41	Pasar usang	Lembang	Sawah	684550	9903109	2452,0	0,30	0,0640	0,010	0,4	5,0	374,57	l
42	Panyalaian Cupak	Lembang	Sawah	684404	9903287	2452,0	0,30	0,0640	0,010	0,4	0,2	364,71	l
43	Kubu	Gawan	Mixed Garden	679336	9910716	2452,0	0,30	2,5120	0,200	0,5	640,0	534,86	l
44	Parak gadang	Gawan	Mixed Garden	680767	9911154	2452,0	0,30	0,0640	0,200	0,5	45,0	445,29	l
45	Gunung Talang	Sumani	Mixed Garden	681796	9902683	2452,0	0,10	0,0640	0,200	0,5	30,0	476,79	l
46	Gantung Ciri	Sumani	Mixed Garden	679878	9903305	2452,0	0,20	0,0640	0,200	0,5	5,0	211,71	d
47	Curang gadang sasak	Sumani	Sawah	677000	9902000	2452,0	0,09	2,5120	0,010	0,4	115,0	262,29	d
48	Kayu aro	Sumani	Tea	680022	9890308	1665,0	0,07	0,0640	0,001	1,0	20,0	326,79	l
49	Pasar usang guguk	Sumani	Mixed Garden	682500	9898000	2452,0	6,10	0,0640	0,200	0,5	45,0	679,07	h
50	Koto baru	Lembang	Sawah	683508	9905910	2452,0	0,20	0,0640	0,010	0,4	3,0	508,07	h
51	Lembang	Aripan	Bush	681302	9914208	2452,0	0,20	0,0010	0,950	0,4	1,0	543,00	h
52	Jawi-jawi	Sumani	Mixed Garden	679878	9903305	2452,0	0,20	0,0640	0,200	0,5	5,0	955,71	h
53	Sukarami BPTP	Sumani	Bush	680390	9895606	1665,0	0,10	0,0640	0,290	1,0	15,0	447,86	l
54	Danau kambar	Sumani	Tea	680586	9890624	1665,0	0,07	0,0640	0,001	1,0	15,0	217,93	d
55	Air batumbuk	Lembang	Bush	685164	9886435	1665,0	0,20	0,0640	0,290	1,0	85,0	260,79	d
56	Bungo tanjung	Lembang	Mixed Garden	693126	9883658	1665,0	0,10	1,7440	0,200	0,5	5,0	382,71	l
57	Air tawar	Lembang	Mixed Garden	691000	9887152	1665,0	0,10	2,5120	0,200	0,5	30,0	497,79	l
58	Bukik sileh	Lembang	Sawah	688906	9894277	1665,0	0,00	2,1380	0,010	0,4	5,0	509,14	l
59	Koto anau	Lembang	Sawah	687977	9902100	2452,0	0,20	0,0010	0,010	0,4	5,0	245,79	d
60	Air Mati	Aripan	Bush	684848	9912166	2452,0	0,30	2,1380	0,950	0,4	1,0	616,29	h
61	Bukik gompong	Sumani	Mixed Garden	681722	9895558	1665,0	0,10	2,1380	0,200	0,5	85,0	576,64	l
62	Kampung jawa 1	Sumani	Mixed Garden	682165	9894832	1665,0	0,10	2,1380	0,200	0,5	65,0	857,14	h
63	Kampung jawa 2	Sumani	Mixed Garden	682148	9894165	1665,0	0,02	3,6130	0,200	0,5	10,0	227,36	d
64	Tower TVRI 2	Sumani	Forest	682440	9893752	1665,0	0,02	2,8770	0,001	1,0	40,0	316,50	l
65	Tower bukik gompong	Sumani	Forest	683120	9893547	1665,0	0,06	2,8770	0,001	1,0	5,0	358,29	l
66	Laing 1	Aripan	Grass	680718	9915222	2452,0	0,10	0,0010	0,290	1,0	2,5	89,36	d

67	Laing 2	Aripan	Forest	685090	9917469	2452,0	0,48	2,1380	0,001	1,0	3,5	560,79	l
68	Laing 3	Aripan	Grass	685251	9917230	2452,0	0,48	2,1380	0,290	1,0	285,0	243,86	d
69	Laing 4	Aripan	Mixed Garden	685283	9917147	2452,0	0,48	2,1380	0,200	0,5	270,0	98,57	d
70	Sack laweh	Aripan	Sawah	686353	9912829	2452,0	0,10	0,0010	0,010	0,4	5,0	261,00	d
71	Ganangan	Lembang	Mixed Garden	684733	9906341	2452,0	0,20	0,0640	0,200	0,5	10,0	437,36	l
72	Balai pinang	Lembang	Sawah	685276	9905296	2452,0	0,30	0,0640	0,010	0,4	0,2	289,29	d
73	Guguk rantau	Lembang	Bush	682703	9906436	2452,0	0,20	0,0640	0,290	1,0	5,0	372,00	l
74	Koto baru	Lembang	Forest	682595	9906283	2452,0	0,20	0,0010	0,001	1,0	5,0	791,14	h
75	Sawah suduk	Sumani	Bush	682276	9908944	2452,0	0,10	0,0640	0,290	1,0	5,0	313,29	l
76	Pakan senayan	Sumani	Mixed Garden	680780	9906663	2452,0	0,10	0,0640	0,200	0,5	1,6	201,21	d
77	Selayo	Gawan	Sawah	679843	9907068	2452,0	0,30	0,0640	0,010	0,4	5,0	264,43	d
78	Durian X koto	Gawan	Forest	680026	9914546	2452,0	0,10	0,0010	0,001	1,0	0,0	153,64	d
79	Koto sani	Imang	Bush	678451	9916455	2452,0	0,30	0,0010	0,290	1,0	0,2	309,00	l
80	Aie angek	Imang	Mixed Garden	678169	9915663	2452,0	0,20	2,5120	0,200	0,5	123,2	355,71	l
81	Sumani 1	Imang	Sawah	677426	9921191	1288,0	0,10	0,0010	0,010	0,4	5,0	292,50	d
82	Panyaiian Cupak	Lembang	Sawah	684275	9903267	2452,0	0,30	0,0640	0,010	0,4	5,0	299,36	d
83	Sumani 2	Aripan	Sawah	677681	9921448	1288,0	0,10	0,0010	0,010	0,4	5,0	128,36	d
84	Anr Duri	Imang	Sawah	678648	9919152	1288,0	0,10	0,0640	0,010	0,4	25,0	392,14	l
85	Beimbing	Imang	Sawah	678905	9916775	2452,0	0,30	0,0010	0,010	0,4	3,0	313,50	l
86	Durian	Aripan	Sawah	680453	9914773	2452,0	0,10	0,0010	0,010	0,4	4,0	295,93	d
87	Sawah Parit	Aripan	Sawah	685480	9910916	2452,0	0,30	0,0640	0,010	0,4	10,0	182,36	d
88	Guguk Dama	Aripan	Sawah	685080	9909609	2452,0	0,30	0,0640	0,010	0,4	5,0	228,64	d
89	Batu Jurang	Aripan	Sawah	686098	9908995	2452,0	0,20	0,064	0,010	0,4	10,0	288,86	d
90	Muaro Paneh	Aripan	Sawah	687639	9906755	2452,0	0,20	0,064	0,010	0,4	4,0	120,64	d
91	Koto Gadang Koto Anu	Lembang	Sawah	687895	9903389	2452,0	0,30	0,064	0,010	0,4	5,0	200,57	d
92	Koto Anau	Lembang	Sawah	688034	9902271	2452,0	0,20	0,064	0,010	0,4	5,0	235,93	d
93	Koto Laweh	Lembang	Sawah	690464	9898410	1665,0	0,01	1,744	0,010	0,4	3,0	200,79	d
94	Bukit Sileh	Lembang	Sawah	691249	9895502	1665,0	0,10	0,064	0,010	0,4	20,0	196,70	d
95	Bukit Sileh 2	Lembang	Vegetable	691275	9895481	1665,0	0,10	0,064	0,400	0,5	20,0	203,79	d
96	Kampung Batu	Lembang	Sawah	691024	9893027	1665,0	0,10	0,064	0,010	0,4	5,0	310,29	l
97	Kampung Batu 2	Lembang	Vegetable	691156	9891364	1665,0	0,10	0,064	0,400	0,5	50,0	102,43	d
98	Dilam 1	Lembang	Sawah	692432	9900886	1665,0	0,30	3,399	0,010	0,4	10,0	157,50	d
99	Dilam 2	Lembang	Sawah	692462	9900828	1665,0	0,30	3,399	0,010	0,4	10,0	152,79	d
100	Dilam 3	Lembang	Sawah	692483	9900815	1665,0	0,30	3,399	0,010	0,4	10,0	189,43	d
101	Sumani 3	Aripan	Mixed Garden	677030	9921312	1288,0	0,10	0,001	0,010	0,4	0,0	412,07	l
102	Aripan 1	Aripan	Mixed Garden	676813	9922182	1288,0	0,10	0,001	0,200	0,5	0,0	355,29	l
103	Aripan 2	Aripan	Mixed Garden	678613	9919968	1288,0	0,10	0,064	0,200	0,5	1,0	1115,36	h
104	Aripan Pompa	Aripan	Mixed Garden	679004	9919123	1288,0	0,10	0,064	0,200	0,5	1,0	756,43	h
105	Tanjung Bungkung	Aripan	Mixed Garden	680785	9916791	2452,0	0,30	0,611	0,200	0,5	56,0	427,93	l
106	Bbanda pandan	Aripan	Mixed Garden	681581	9913781	2452,0	0,20	0,001	0,200	0,5	1,0	633,00	h
107	Kota Solok	Aripan	Mixed Garden	684026	9911713	2452,0	0,30	0,064	0,010	0,4	1,0	634,50	h
108	Batu kualo	Lembang	Mixed Garden	684727	9909217	2452,0	0,20	0,064	0,200	0,5	5,0	296,36	d
109	Muaro paneh	Lembang	Mixed Garden	686990	9906478	2452,0	0,20	0,064	0,200	0,5	5,0	200,79	d
110	Lembang atas	Lembang	Mixed Garden	688122	9900659	2452,0	0,05	0,611	0,200	0,5	28,0	391,50	l
111	Bukit sileh	Lembang	Mixed Garden	690986	9894498	1665,0	0,20	3,400	0,200	0,5	200,0	389,79	l
112	Batu banyak	Lembang	Mixed Garden	691380	9891131	1665,0	0,10	0,611	0,200	0,5	14,0	794,14	h
113	Kubung	Lembang	Mixed Garden	684313	9907711	2452,0	0,20	0,064	0,200	0,5	5,0	166,93	d
114	Bukit kili 1	Lembang	Mixed Garden	684276	9906492	2452,0	0,20	0,064	0,200	0,5	5,0	375,00	l
115	Bukit Kili 2	Lembang	Mixed Garden	683659	9905507	2452,0	0,30	0,064	0,200	0,5	0,0	329,14	l
116	Cupak sungai	Lembang	Mixed Garden	683030	9903030	2452,0	0,30	0,064	0,200	0,5	5,0	308,57	l
117	Talang	Lembang	Mixed Garden	683500	9900067	2452,0	0,20	0,064	0,200	0,5	5,0	334,71	l
118	Lubuk silasih	Sumani	Mixed Garden	677332	9893200	1665,0	0,05	1,740	0,200	0,5	56,0	216,21	d
119	Lubuk silasih 2	Sumani	Mixed Garden	677090	9893546	1665,0	0,05	0,610	0,200	0,5	5,0	391,07	l
120	Lubuk selasih 3	Sumani	Forest	675194	9893700	1665,0	0,05	0,001	0,200	0,5	1,0	106,29	d
121	Kapalo banda	Sumani	Mixed Garden	680662	9901560	2452,0	0,30	0,001	0,01	0,4	0,0	289,29	d
122	Kota Solok 2	Lembang	Mixed Garden	683872	9910003	2452,0	0,30	0,064	0,20	0,5	5,0	229,07	d
123	Kota Solok 3	Lembang	Mixed Garden	683981	9909967	2452,0	0,30	0,001	0,20	0,5	1,0	343,29	l
124	Aripan 3	Aripan	Mixed Garden	681485	9920988	1288,0	0,09	0,001	0,20	0,5	1,0	101,57	d
125	Kubung 1	Sumani	Sawah	683541	9910512	2452,0	0,30	0,001	0,01	0,4	1,0	209,57	d
126	Kubung 2	Sumani	Sawah	682817	9910800	2452,0	0,30	0,064	0,01	0,4	1,0	179,14	d
127	Batu palano	Gawan	sawah	680861	9911165	2452,0	0,30	0,064	0,20	0,5	5,0	220,07	d
128	Ketaping 1	Gawan	Sawah	680081	9910640	2452,0	0,30	0,611	0,01	0,4	1,0	201,86	d
129	Ketaping 2	Gawan	Mixed Garden	679815	9910540	2452,0	0,30	0,611	0,20	0,5	100,0	282,86	d
130	Ketaping 3	Gawan	Sawah	679659	9910488	2452,0	0,30	0,611	0,01	0,4	1,0	220,07	d
131	Ketaping 4	Gawan	Mixed Garden	679437	9910599	2452,0	0,30	0,064	0,20	0,5	5,0	137,57	d
132	Gawan 1	Gawan	Forest	679098	9910622	2452,0	0,30	2,510	0,00	1,0	1,0	136,29	d
133	Bukit kili 1	Gawan	Forest	678850	9910573	2452,0	0,09	2,510	0,00	1,0	1,0	130,29	d
134	Bukit Kili 2	Gawan	Sawah	682115	9911144	2452,0	0,30	0,064	0,01	0,4	1,0	255,86	d
135	Aripan 4	Aripan	Sawah	682803	9913171	2452,0	0,20	0,001	0,01	0,4	5,0	127,29	d
136	Aripan 5	Aripan	Mixed Garden	682701	9914550	2452,0	0,20	0,001	0,20	0,5	0,0	150,21	d
137	Destamar 1	Aripan	Mixed Garden	682863	9916064	2452,0	0,10	0,001	0,20	0,5	0,0	94,07	d
138	Destamar 2	Aripan	Mixed Garden	682652	9917803	2452,0	0,40	0,064	0,20	0,5	100,0	113,36	d
139	Destamar 3	Aripan	Mixed Garden	682652	9917803	2452,0	0,40	2,140	0,20	0,5	100,0	263,57	d
140	Gantung Ciri 1	Sumani	Sawah	680501	9903987	2452,0	0,10	0,064	0,01	0,4	1,0	309,86	l
141	Gantung Ciri 2	Sumani	Sawah	679916	8904372	2452,0	0,20	0,001	0,01	0,4	1,0	292,00	d
142	Puhan 1	Sumani	Mixed Garden	679772	9904605	2452,0	0,20	0,064	0,20	0,5	1,0	421,93	l
143	Puhan 2	Sumani	Sawah	679503	9904591	2452,0	0,20	0,064	0,01	0,4	1,0	313,50	l
144	Puhan 3	Sumani	Mixed Garden	679278	9904592	2452,0	0,20	0,611	0,20	0,4	14,0	194,36	d
145	Bukik Singo-singo	Sumani	Mixed Garden	679032	9904638	2452,0	0,20	0,611	0,40	0,5	56,0	178,71	d
146	Bukik Singo-singo 2	Sumani	Mixed Garden	680264	9904469	2452,0	0,20	0,611	0,01	0,4	28,0	274,07	d
					Mean							299,80	
					Median							259,83	
					Max							1115,36	
					Min							89,36	
					SD							177,21	

d=deficiency concentration of Si; l=low concentration of Si; h= high concentration of Si

Tabel 1 menunjukkan bahwa faktor alamiah penyebab utama erosi di DAS Sumani (SW) yaitu karena besarnya nilai R, K, LS dari faktor USLE. Erosi Tanah di SW bisa dikontrol dengan memperkecil parameter dari C dan P faktor USLE. Secara umum Si tersedia di tanah sawah pada level defisiensi pada sawah dan status erosi nya juga rendah ditemukan si tersedia juga rendah sampai defisiensi bermakna pada tanah sawah, erosi yang rendah tidak mempengaruhi berarti pada penyebab rendahnya Si tersedia di tanah sawah saat ini ( $< 262,4 \text{ mg SiO}_2\text{kg}^{-1}$ ). Menurut Matichenkov (2002) dan Sumida (1992) Si tersedia pada level  $< 600 \text{ mg SiO}_2\text{kg}^{-1}$  itu dianggap pada level rendah dan  $< 300 \text{ mg SiO}_2\text{kg}^{-1}$  maka pada level defisiensi untuk pertumbuhan dan produksi Padi. Tabel 1 juga menunjukkan fakta bahwa C faktor USLE pada sawah nilainya paling kecil dibandingkan tanaman lainnya dan estimasi erosi tanah nya juga lebih kecil.

Konsentrasi Si tersedia di tanah secara umum pada level rendah sampai defisiensi. Dari 77 sampel tanah sawah pada kedalaman 0 - 20 cm telah ditemukan 83% konsentrasi Si tersedia tanah pada level defisiensi dan 17% pada level rendah dan 0% pada level tinggi. Fakta bahwa Si tersedia di tanah pada level defisiensi ditemukan pada sub Das Lembang(S2) Sumani(S1), Aripan (S4) imang(S5) dan Gawan(S3) bermakna telah terjadi endemik defisiensi Silika tersedia tanah di DAS Sumani (SW) (Tabel 1). Maknanya, sangat diperlukan rekomendasi pemupukan Silika (Si) untuk sawah agar produksi padi menjadi lebih dari 5 ton/ha dan penyakit blast pada padi tidak ditemukan serta produksi padi tidak stagnan atau cenderung menurun lagi (Aflizar et al. 2019).

Table 2. General soil physicochemical properties in Sumani watershed

	Mean	Cri- teria	(Range)	SD	r <sup>a</sup>
Sand (%)	9.0		(0.4-58.0)	11	0.08
Very fine sand(%)	2.0		(0.4-9.0)	2	0.01
Silt(%)	55.0		(0.0-85.0)	20	0.02
Clay (%)	33.0		(9.0-95.0)	20	-0.05
Organic matter (g kg <sup>-1</sup> )	54.0	h	(21.0-111.0)	24	0.01
Soil permeability (cm h <sup>-1</sup> )	93.0		(0.0-1506.0)	286	0.01
Soil erodibility (K)	0.22	h	(0.0-0.5)	0.1	0.17*
Bulk density (g cm <sup>-3</sup> )	0.9		(0.5-1.3)	0.2	0.01
Soil pH H2O 1:2.5	5.5	a	(4.2-7.2)	0.5	0.32**
Total Carbon (g kg <sup>-1</sup> )	34.6	h	(7.2-151.4)	27.6	0.01
Total Nitrogen (g kg <sup>-1</sup> )	3	m	(0.4-9)	0.17	0.01
Exchangeable Ca (cmolc(+) kg <sup>-1</sup> )	10.6	m	(0.023-29.7)	6.1	0.45**
Exchangeable K (cmolc(+) kg <sup>-1</sup> )	0.4	m	(0.1-1.9)	0.4	0.38**
Exchangeable Na (cmolc(+) kg <sup>-1</sup> )	0.9	h	(0.002-3.7)	0.7	-0.28**
Extractable Fe (mg kg <sup>-1</sup> )	204.2	h	(0.02-1500.6)	289	-0.17*
Available Si 0-20 cm (mg SiO <sub>2</sub> kg <sup>-1</sup> )	300.0	l	(89.4-1115.4)	177	

\*\* , P Value  $< 0.01$  and \* , P value  $< 0,05$ ; SD=standar deviation; r=correlation; h=high; m=medium; l=low; a=acid

Tabel 1. Mengungkapkan bahwa Konsentrasi Si tersedia tanah  $> 600 \text{ mg SiO}_2\text{kg}^{-1}$  ditemukan pada lahan Kebun campuran, hutan dan semak belukar pada sub-das Lembang (S2), Sumani(S1) dan Aripan (S4) karena



tanaman ini tidak membutuhkan banyak Si tanah tersedia untuk produksinya sedangkan pada sawah, menurut Ma et al (2007) sangat membutuhkan Si tersedia tanah untuk pertumbuhan dan mempertahankan dirinya dari serangan penyakit.

Terjadi defisiensi konsentrasi Si tersedia tanah sampai rendah di tanah sawah saat ini karena terjadinya intensif pertanian sawah 3 kali setahun dan pembakaran jerami serta tidak adanya pengembalian Si berupa pupuk ke tanah sawah (Darmawan et al. 2006)

Pada Tabel 2 mengungkapkan bahwa sifat fisika tanah berupa kandungan liat 32% dan debu 55% cukup tinggi sebagai indikator kondisi fisik tanah yang baik untuk pertanian sawah. Bahwa indikator kimia tanah dalam level sedang sampai tinggi untuk TC, TN, Ca, K, Na sebagai unsur hara makro untuk sawah ini menyokong baik untuk sawah berkelanjutan. Namun setelah dianalisa Si tersedia di tanah sawah di SW ditemukan konsentrasinya  $80\% < 300 \text{ mg SiO}_2/\text{kg}$ . Berarti Si tersedia di tanah Sawah pada level defisiensi berarti juga telah ditemukan titik lemah untuk pertanian sawah berkelanjutan dan untuk manajemen Si dalam skala DAS Sumani (SW) adalah terjadinya konsentrasi defisiensi sampai rendah Si tersedia tanah.

Hal ini terjadi karena sejak mulai dikenalkannya Revolusi Hijau (Green Revolution) di Indonesia pada tahun 1974, pemerintah Indonesia hanya merekomendasikan pemberian pupuk nitrogen, fosfat, kalium, pestisida dan irigasi kepada petani sawah sampai sekarang ini (Aflizar et al. 2018), maka dengan temuan sekarang ini, tanah sawah di SW dan di Indonesia umumnya menunjukkan tanda penting bahwa sudah sangat memerlukan pemupukan Si (silikat) karena levelnya sudah defisiensi sampai rendah. Sesuai hukum minimum Liebig menyatakan bahwa pertumbuhan tidak dikendalikan oleh total sumberdaya yang tersedia, tetapi dikendalikan oleh sumberdaya atau unsur hara yang paling sedikit (Faktor pembatas) (Warsi dan Dykhuizen. 2019). Maka untuk sawah di DAS Sumani (SW) maka pertumbuhan dan produksi sawah pada saat ini ditentukan oleh Si tersedia tanah pada level defisiensi (Table 1). Namun sayangnya saat ini pemerintahannya hanya merekomendasikan pemberian pupuk nitrogen, fosfor, kalium saja (Aflizat et al. 2019).

Lalu pertanyaan dasarnya, mengapa sawah di DAS Sumani (SW) saat ini masih bisa berproduksi. Padahal level Si tersedia tanah dalam kondisi defisiensi sampai rendah (Tabel 1). Semestinya sawah saat ini dengan kondisi Si defisiensi tidak bisa berproduksi normal atau berproduksipun tetapi akan sangat rendah sekali namun faktanya saat ini sawah masih bisa berproduksi stagnan 5 ton/ha bahkan cenderung menurun walaupun sudah diberikan pupuk nitrogen fosfat dan kalium lebih banyak.

Jawabannya adalah karena adanya sumbangan atau pasokan Si tersedia dari Air irigasi, Air Sungai dan sedimen dari produk erosi tanah (Table 3, 4 dan 5). Jadi walaupun Si tersedia di tanah dalam kondisi defisiensi bisa ditutupi kekurangannya dengan adanya sumbangan yang besar dari Sumber alami yang tanpa disadari oleh petani dan hal ini akan dijelaskan pada bab berikutnya.

### 3.2. Available Si and other general soil properties

Table 3 shows the mean soil properties of the land-use types. According to Bollich and Matichenkov (2002) and Sumida (1992), available Si levels less than 600 and 300  $\text{mg SiO}_2/\text{kg}^{-1}$  are considered to be "low" and "deficient" for rice plant growth. Based on these criteria, most of the sites were grouped into the categories of "low" and "deficient," indicating that soil in the SW was generally low in available Si. This finding may explain the blast diseases frequently observed in this watershed. Tea plantation showed a high TC, and vegetable garden showed low pH. In the SW, the low Si availability may be associated with the intensive agricultural practices and the absence of additional Si fertilizer by farmers, in addition to the high rainfall that transports Si from the surface soil through erosion and runoff. This region has the annual contribution of volcanic ash from Mt. Talang to the agricultural area on the island of Java as mentioned by Kawaguchi and Kyuma (1977). However, the high activities of rice farming and vegetable and tea planting have resulted in the mining and transport of Si through the process of harvesting (Darmawan et al. 2006).

Tabel 3. menunjukkan rata-rata konsentrasi Si tersedia di tanah sawah  $262,4 \text{ mg SiO}_2/\text{kg}^{-1}$  dalam level defisiensi. Agar sawah berproduksi baik maka Si tersedia di tanah harus  $> 600 \text{ mg SiO}_2/\text{kg}^{-1}$ . Lalu dari mana kekurangan pasokan  $337,6 \text{ mg SiO}_2/\text{kg}^{-1}$  sehingga sawah di SW masih bisa berproduksi stagnan 5 ton/ha<sup>1</sup>. Maka Tabel 2, Tabel 3, Tabel 4 dan Gambar 4 mengungkapkan bahwa penyumbang Si tersedia bagi sawah adalah dari Si dari tanah kedalaman 0-20 cm ( $262,4 \text{ mg SiO}_2/\text{kg}^{-1}$ ), dari air sungai dan Irigasi ( $34,7 \text{ mg SiO}_2/\text{kg}^{-1}$ ) dan sedimen sungai dari produk erosi ( $393,7 \text{ mg SiO}_2/\text{kg}^{-1}$ ).



Table 3. Mean of available Si and other general soil properties in the SW

	pH	TC	Availa- ble Si	Exchang- eable Ca	Exchange- able Na	Exchang- eable K	Extracta- ble Fe
		(g kg <sup>-1</sup> )	(mg SiO <sub>2</sub> kg <sup>-1</sup> )		(cmolc kg <sup>-1</sup> )		(mg kg <sup>-1</sup> )
Sawah (n=78)	5.5	34.6	262.4	9.88	1.14	0.26	298
Mixed garden (n=48)	5.6	45.2	375.9	13.89	0.31	0.72	114
Vegetables (n=2)	4.6	26.7	153.1	7.32	0.29	1.28	104
Tea (n=2)	5.3	123.9	272.4	6.07	0.25	0.22	16.3
Forest (n=8)	5.8	57.3	319.5	13.24	0.38	0.31	19.2
Bush (n=7)	5.6	38.2	290.9	10.57	0.40	0.30	18.7
River Sediment (n=23)	5.5	34.6	393.7	9.88	1.14	0.26	298

Criteria of available Si level in sawah soil

Deficiency level*	300.0
Low level**	600.0

\*Matichenkov (2002)

\*\* Sumida (1992)

Dari data Tabel 2, Tabel 3, Tabel 4 dan dan Gambar 4 dapat dihitung sumbangan hara Si 1 ha Sawah dalam satuan tonha<sup>-1</sup>. Dari tanah 0-20 cm dengan BD tanah 0.9 g cm<sup>-3</sup> yaitu 262.4 mg SiO<sub>2</sub>kg<sup>-1</sup> x 2 x 106 kgha<sup>-1</sup> x 0.9 0.9 g cm<sup>-3</sup>= 472.32 kg SiO<sub>2</sub>ha<sup>-1</sup>. Dari sedimen dari produk erosi diendapkan di sawah 14 tonha<sup>-1</sup>(Gambar 4)= 393.7 mg SiO<sub>2</sub>kg<sup>-1</sup> x 14 tonha<sup>-1</sup> = 5.52 kg SiO<sub>2</sub>ha<sup>-1</sup>. Dari Air sungai dan irigasi untuk menghasilkan padi 5 tonha<sup>-1</sup> dimana untuk 1 kg padi memerlukan 2500 liter air =34,7 mg SiO<sub>2</sub>kg<sup>-1</sup> x 2500 liter x 5000 kgha<sup>-1</sup>= 437.5 kg SiO<sub>2</sub>ha<sup>-1</sup>.

Sawah untuk berproduksi tinggi > 5 tonha<sup>-1</sup> maka tanah sawah harus memiliki kandungan Si 600 mg SiO<sub>2</sub>kg<sup>-1</sup>maka kandungan Si dalam 1 ha =600 mg SiO<sub>2</sub>kg<sup>-1</sup>x 2 x 106 kgha<sup>-1</sup> x 0.9 gcm<sup>-3</sup>=1080kg SiO<sub>2</sub>ha<sup>-1</sup>.

Jadi kekurangan silicon(Si) di tanah sawah dalam 1 ha yaitu= 1080 kg SiO<sub>2</sub>ha<sup>-1</sup>- 437.5 kg SiO<sub>2</sub>ha<sup>-1</sup>-5.52 kg SiO<sub>2</sub>ha<sup>-1</sup>-472.32 kg SiO<sub>2</sub>ha<sup>-1</sup>= 164.66 kg SiO<sub>2</sub>ha<sup>-1</sup>. jadi angka 165 kg SiO<sub>2</sub>ha<sup>-1</sup>menjadi rekomendasi pupuk Si yang harus ditambahkan ke tanah sawah agar sawah itu berproduksi meningkat karena tercapainya konsentrasi Si tersedia di tanah sawah 600 kg SiO<sub>2</sub>ha<sup>-1</sup>. Sumber utama Si di tanah sawah ini dapat diambil dari Abu terbang batubara kemudian juga dari bahan organik (Darmawan et al. 2006) atau diberikan pupuk silika langsung.

Table 4 shows the average Si available in soil at 0–20 cm depth in the SW and 5 subwatershed (S1, S2, S3, S4, and S5). The Si concentration was lower than that in the Citarumwatershed, Kaligarang Watershed on Java Island, and Seedfarm and Non-Seedfarm sawah on Java Island. This finding may be due to the different numbers of growing seasons of sawah and the soil geology. The intensive rice cultivation has led to Si mining and exportation throughharvesting processes (Darmawan et al. 2006). Differences in the parent material also appeared to be the major factor influencing Si in soils at the watershed scale (Darmawan et al. 2006; Husnainet al. 2008).

Table 4. Average available Si in 0–20 cm soil depth of some selected sawah in the SW and other watersheds in Indonesia

Location		Area (km <sup>2</sup> )	n soil sample	Available Si in Soil (0-20 cm) depth (mg SiO <sub>2</sub> kg <sup>-1</sup> )
Sumani subwatershed (S1)	Sumatera Island	176.70	19	241.63
Lembang subwatershed (S2)	Sumatera Island	191.80	34	261.01
Gawan subwatershed (S3)	Sumatera Island	80.40	6	219.32
Aripan subwatershed (S4)	Sumatera Island	70.40	16	210.57
Imang subwatershed (S5)	Sumatera Island	64.00	3	332.71
Sumani Watershed (SW)	Sumatera Island	583.3	78	253.05
Citarum Watershed <sup>a</sup>	Java Island	6949	6	504.83
Kaligarang Watershed <sup>a</sup>	Java Island	210	6	460.33
Sededfarm <sup>b</sup>	Java Island		18	1283.00
Non-Sededfarm <sup>b</sup>	Java Island		22	1202.00
Sededfarm lowland <sup>b</sup>	Java Island		12	1804.00
Sededfarm upland <sup>b</sup>	Java Island		6	1005.00
Non-Sededfarm lowland <sup>b</sup>	Java Island		13	1187.00
Non-Sededfarm upland <sup>b</sup>	Java Island		6	1226.00

<sup>a</sup>Husnain et al.2008 et al. 2008; <sup>b</sup>Darmawan et al.2006

### 3.3. Relationships between soil chemical properties and availability of SiO<sub>2</sub> in the SW.

pH showed a positive relationship with the availability of Si, i.e., Si availability increased with increased pH. This phenomenon may be due to the high availability of Si in high-pH soil possibly because of the influence of volcanic ash from Mount Talang. According to Fiantis et al. (2010), Mount Talang volcanic ash contains CaO (4.79%), exchangeable Ca (11.14 cmol(+) kg<sup>-1</sup>), and pH H<sub>2</sub>O 1:5 (7:26).

Volcanic ash very rapidly decays and releases nutrients compared with primary minerals. The weathering process of volcanic ash releases Ca and other elements, including available Si and K as indicated by an increase in pH (Fig. 3). Ca, K, and Si from volcanic ash are released into the soil, where the nutrients become available to the plants through the process of exchange with free hydrogen protons in the soil.

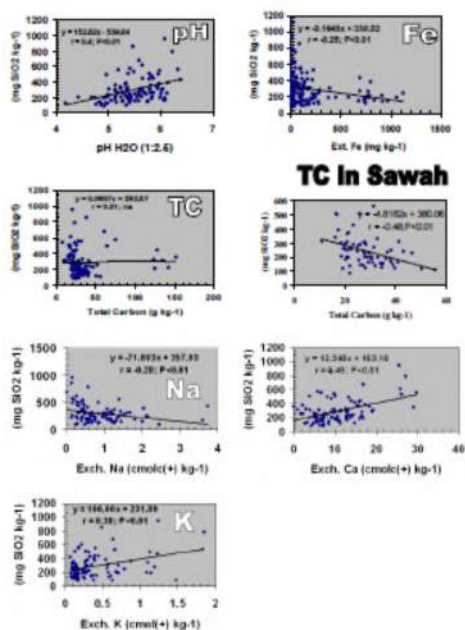


Fig. 3. Relationship between available Si and soil chemical properties of soils.

Conversely, the concentration of hydrogen protons from soil decreased with increased concentrations of Ca, K, and available Si, resulting in increased pH. This process may have occurred throughout the entire SW. To enable the process of release of nutrients needed by plants from volcanic ash, sourcing a substantial amount of hydrogen protons is necessary. In the SW can originate from inorganic acids released from the eruption of Mount Talang which always occurs in small and medium scale in the past until now. In addition, organic acids derived from the exudates of biota can be a source of hydrogen protons (Fiantis et al. 2010; Dahlgren et al. 1999). The weathering of volcanic ash occurs through surface exchange with aqueous hydrogen ions (Shoji et al. 1993). The main sources of protons for the weathering of volcanic ash include acidic aerosols, carbonic and organic acids. Acidic aerosols comprise sulphuric acid ( $H_2SO_4$ ), hydrochloric acid (HCl), fluoric acid (HF), and nitric acid ( $HNO_3$ ), which originate from the eruption plume, whereas carbonic and organic acids originate from biota (Dahlgren et al. 1999).

Besides an increase in the concentration of silicon in the soil because it deals with pH, Ca and K, extractable Fe and Exchangeable Na is the opposite effect, namely reducing the availability of Si concentration in the soil. The highly extractable Fe showed a negative correlation with Si availability. This finding may have been due to the indirect effect of soil pH, where Fe solubility was high at low pH and the low pH was related to the solubility of Ca, K, and Si. Jansen et al. (2003) reported that the solubility of Fe (III) was higher at pH 4 and 5. Conversely, the solubility of Fe (II) and Al was high at pH 3.5.

Exchangeable Na led to increased concentrations and thus to the low availability of Si. This finding was most likely due to the Na in the form of sodium carbonate ( $Na_2CO_3$ ) reacting with  $SiO_2$  and the liquid form of sodium silicate ( $Na_2SiO_3$ ) and  $CO_2$  (Greenwood et al., 1997). We suspected that  $Na_2SiO_3$  was a form of Si unavailable to plants. Si is available for plants in the form of  $Si(OH)_4$  (Saccone et al. 2009),  $H_4SiO_4$  (Tian et al. 2008). The solubility of Si in soil solution ranged from pH 2 to 9, and Si typically comes in the form of orthosilicate. We speculated that  $Na_2CO_3$  formed from the reaction of Na ions with carbonate ions.

Regarding TC, we found no significant correlation for all land-use types. However, when we extracted sawah soil, a negative correlation was found between TC and Si availability. This finding was due to the high TC in sawah soil because of the high rice production. Darmawan et al. (2006) reported that the TC of sawah soil has increased by 13.7% during the 30 years of intensive cultivation of rice in Java, Indonesia. The high production of rice meant that Si was highly consumed. They changed from Si in a form available for plants to biogenic Si in the form of Si which is not available for plants. Si in the remaining plants so that

decomposes organic material is a form of Si which is generally in the form of biogenic Si, which in form is not available as plants (Imaizumi and Yoshida 1958). Changes in the form of available Si as biogenic Si may explain why soil with high TC had decreased available Si. Darmawan et al.(2006) reported that intensive rice without Si fertilizer and mining Si has resulted in the soil through the process of harvesting. Thus, the availability of Si in sawah in Java soil decreased by 11%–21% within 30 years.

### 3.4. Soil-erosion map and distribution of Si availability

The soil-erosion map in the SW in 3D is presented in Fig. 4. The average rate of erosion in the SW was 58.91 Mg ha<sup>-1</sup>y<sup>-1</sup>. However, soil erosion was much greater than the average erosion in the highlands where the lands sloped. In the hilly area adjacent to Mount Talang (highland areas S1 and S2), soil erosion ranged within 100–200 Mg ha<sup>-1</sup>y<sup>-1</sup>. Meanwhile, in the hilly area that lies on the west side (upper position of S2, S3 and S5), soil erosion exceeded 200 Mg ha<sup>-1</sup>y<sup>-1</sup>. Conversely, in the lowlands (particularly S1, S2, S3, S4, and S5) soil erosion was very low. According to Aflizar et al. (2010), the highest soil erosion occurs in hilly areas in the SW highlands caused by land-use change from forest to agriculture and by natural factors such as erodibility added soil and high rainfall. Meanwhile, soil erosion in the lowlands was low because a sawah generally had a band to prevent erosion. The average annual erosion in the SW is 58.91 Mg ha<sup>-1</sup>y<sup>-1</sup>, which has produced as much sediment in the SW is 6.18 Mg ha<sup>-1</sup>y<sup>-1</sup> with an average of SDR is 10.5%. This finding indicated the accumulation of eroded soil particles in the flat bottom of the watershed area where the land is sawah. The 3D soil-erosion map in the SW is shown in Fig. 4.

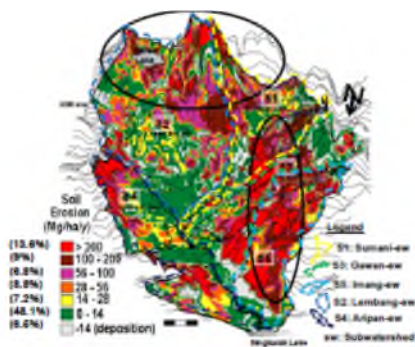


Fig. 4. 3D soil-erosion map in the Sumani watershed

Fig. 5 shows the 3D distribution of Si availability in the SW. In the highlands S1 and S2 (located near Mount Talang), Si availability was relatively higher than those in the western side of the SW, which includes the areas on the upper positions (S1, S3, and S5). We compared Figs. 3 with 4 and found high soil erosion on both sides. However, in the hilly area near the Mount Talang (the highlands S1 and S2), Si availability was relatively higher than those in the west areas. This finding may be due to the fact that the area around Mount Talang received fresh volcanic ash from its eruption, and the surrounding soil type is andisol derived from basalt andesite. Fiantis et al. (2010) reported that the eruption of Mount Talang on April 12, 2005 belched 5 cm-thick volcanic ash into the air before falling over the surrounding areas.

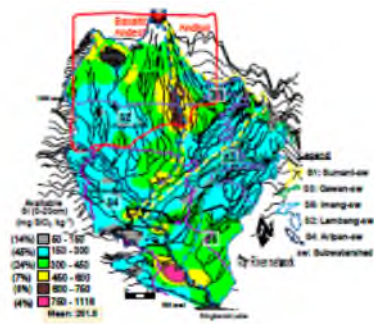
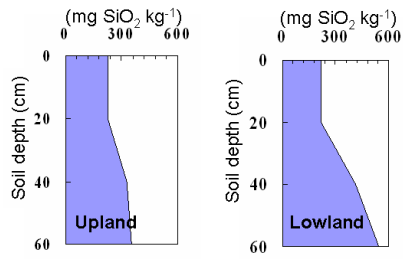


Fig. 5. Distribution of available Si in soil.

Volcanic ash contains approximately 57.61% SiO<sub>2</sub>, and the main mineral is volcanic glass and labradorite. Qafoku et al. (2004) reported that volcanic glass is more brittle and elements are more easily released to the soil solution compared with primary minerals. For the hilly areas far from Mount Talang, Figs. 4 and 5 illustrate high soil erosion with low content of Si (upper positions of S2, S3, S4, and S5) and low erosion with relatively high availability of Si (lowlands S1, S2, S3, S4, and S5). Vegetable land mostly had low Si availability (Table 2 and Fig. 3), where the show is located at the highest regional rate of erosions. Severe soil erosion can carry away available Si on the soil surface. Conversely, the availability of Si was relatively high at sawah and generally distributed in the lowlands (Figs. 3 and 4), where most sediment accumulation occurs (Fig. 3). Afiziar et al. (2010) reported the results of the estimation method for the location kringing deposition of eroded in sawah. They found numerous eroded soil particles on the topography of the watershed that were transported and accumulated at sawah in the lowlands. At lowland soil layers deeper than the Upland area.

We believe that this finding may be due to the accumulation of particles eroded from highlands in the lowlands. Local farmers also believe that the lowlands originated from the eroded soil of the highlands (Personal communication, 2009). Lowland areas of geology data showed that soil derived from basaltic andesite colluvial deposit from Mount Talang in the highlands was transported in large quantities through soil erosion a hundred years ago. Fig. 6 shows the vertical distribution of Si availability in the highlands and lowlands. We found lower availability of Si on the soil surface than in the subsoil because more Si was consumed by plants or leached into the subsoil. This result also indicated the influence of soil erosion on the distribution of Si. To examine the effect between the Si consumption by plants or Si loss by soil erosion, we attempted a simple calculation and found that the total annual production of vegetable crops, mixed gardens, and rice in the SW was 27 Gg y<sup>-1</sup>, whereas the total erosion and total river sediment each year were 3436 Ggy<sup>-1</sup> and 360 Ggy<sup>-1</sup>, respectively. The average Si in rice leaves in Java was 120350 mg SiO<sub>2</sub> kg<sup>-1</sup> (Husnain et al. 2008), and Si in the soil in the SW was 300 mg SiO<sub>2</sub> kg<sup>-1</sup>. Thus, the SiO<sub>2</sub> lost each year through plant consumption was 3252 Mg y<sup>-1</sup>, whereas the SiO<sub>2</sub> lost through soil erosion was 1031 Mg y<sup>-1</sup>. Thus, these data illustrated that erosion greatly influenced soil Si loss, and we expected to lose ground in SiO<sub>2</sub> from the watershed scale, we expect the transfer layer of topsoil is eroded by erosion. Consistent with the increased erosion every year owing to changes in land use (Afiziar et al. 2010), the loss of SiO<sub>2</sub> in the watershed scale continued to increase every year.



**Fig. 6.** Vertical distribution of available Si.

Fig. 7 explains the direction of material movement due to soil erosion in the watershed, where the direction of movement of material is indicated by blue arrows. The arrow was made based on altitude and slope degree in the SW simulation by using a vector in Surfer® 9. The material apparently moved from highlands S1 and S2 and then accumulated sediment in the lowland S2. Material from the upper position while S2, S3, S4 and S5 collected in lowland S3, S4, and S5. Benefits received by the lowland area is the discovery of the availability of high Si at lower positions. This fact, probably due to the transport surface soils containing high SiO<sub>2</sub> through soil erosion. We also suspected that erosion increased the content of Si in river water and irrigation because the soil contained particles in the form of sediment. We subsequently observed SiO<sub>2</sub> in river and irrigation water.

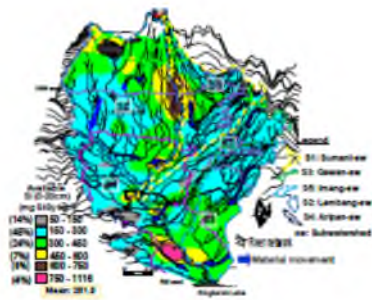


Fig. 7. Direction of material movement in Sumani watershed

### 3.5. Concentration of Dissolved silicon (DSi) in river water and irrigation

High soil erosion in highland watershed and the effect on the increase of sediment in river water and irrigation. This phenomenon can affect the DSi concentration in river water and irrigation (Fig. 8). DSi in rivers and irrigation water on average ranged from 5–54 mg kg<sup>-1</sup> SiO<sub>2</sub> in the interval of observation from August 2006 until February 2007. DSi was higher in the lowlands than in the SW highlands. In the SW, DSi concentrations in water were higher than those in the DSi in the Citarum watershed, Indonesia (12.6–36.6 mg SiO<sub>2</sub> kg<sup>-1</sup>) (Husnain et al. 2006). DSi in the second watershed was generally low because no SiO<sub>2</sub> fertilizer was present in the SW. Thus, DSi from rivers and irrigation water can be a source of SiO<sub>2</sub> fertilizer. As reported by Imaizumi and Yoshida (1958), the 30% SiO<sub>2</sub> sources for rice is derived from river water and irrigation water. Fiantis et al. (2010) performed laboratory experiments and found that phosphorus and other elements including Si in volcanic ash of Mount Talang are leached out within 3000 days through water as leaching agent and within less than 2000 days by using organic acids (citrate and oxalic acid). In summary, available-Si distribution was influenced by

various factors, as shown in Fig. 9.

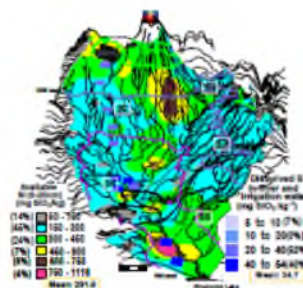


Fig. 8. Dissolved Si in river and irrigation water in Sumani watershed

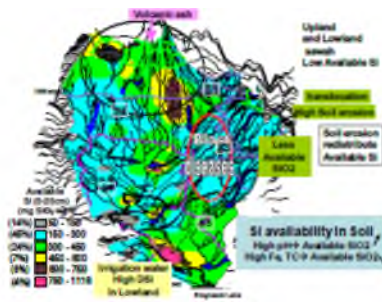


Fig. 9. Diagram of available-Si distribution influenced by various factors

Table 5 shows that the average Si concentration in the river at SW was greater than those in the rivers in the Citarum and Kaligarang watersheds, as well as other Asian countries (Thailand, Malaysia, Sri Lanka, and Japan). The average Si in irrigation water in the SW was also greater than that in Java Island and irrigation water in Japan. This finding may be due to the fact that SW has a natural Si source in the highlands of Mount Talang, which greatly contributes Si to springs and rivers and irrigation. High Si concentrations in river water and irrigation in the SW are the largest contributors of Si to sawah as a counterweight to Si in the soil. The contribution of natural SiO<sub>2</sub> resources as irrigation water reportedly play important roles in maintaining the available-Si concentration in soil (Darmawan et al. 2006). Kawaguchi and Kawaguchi and Kyuma (1977) found moderate Si concentration in river water, which are the dominant sources of irrigation in Java Island, Indonesia.

Table 5. Average Si concentration (mg SiO<sub>2</sub> L<sup>-1</sup>) in irrigation and river water from Sumani Watershed, Java Island, and other Asian countries

Location		Area (km <sup>2</sup> )	SiO <sub>2</sub> concentration (mg SiO <sub>2</sub> L <sup>-1</sup> )
<b>Irrigation water in Sumani Watershed (SW)</b>	Sumatera Island, Indonesia	583.3	32.65
<b>River water in Sumani Watershed (SW)</b>	Sumatera Island, Indonesia	583.3	40.94
<b>Lake Dibawah in Sumani Watershed</b>	Sumatera Island, Indonesia		5.96
Irrigation water in Java <sup>1</sup>	Java Island, Indonesia		14.00
River water in Java <sup>2</sup>	Java Island, Indonesia		29.82
River water Citarum Watershed <sup>3</sup>	Java Island, Indonesia	6949	24.05
River water Kaligarang Watershed <sup>3</sup>	Java Island, Indonesia	210	37.28
River water in Thailand <sup>2</sup>	Thailand		17.19
River water in West Malaysia <sup>2</sup>	Malaysia		13.01
River water in Sri Lanka <sup>2</sup>	Sri Lanka		13.07
River water in Japan <sup>2</sup>	Japan		19.00
Irrigation water in Japan <sup>4</sup>	Japan		10.20

<sup>1</sup>Darmawan et al.2006 ;<sup>2</sup>Kawaguchi and Kyuma. 1977; <sup>3</sup>Husnain et al.2008; <sup>4</sup>Kumagai et al. 2002



### 3.6. Cross validation of field measurement

Before using a simulation map and optimizing a mathematical model, the accuracy of the simulation map or the model with the original data should be verified (Theodossiou et al. 2006). The verification is not intended to prove the model accuracy but to ensure the absence of systematic errors, which play important roles in bias estimation (Kitanidis 1983). The verification procedures were implemented as follows. The concentration of available Si from 146 soil-sample points were analysed in the laboratory through the same methods and equipment. With the help of kriging method in Surfer @ 8, the estimated distribution map of available Si was created. Then matched back with the result of analysis of available Si in the laboratory. The differences between the results of analyses available Si in the laboratory and the estimated values were recorded. The distribution map is considered unbiased in the sense that if the basic assumptions made were true, then the difference between the analyses of available Si map would be zero. In any other case, the estimated value would be conditionally biased. An example of this is found in the greater estimation value or smaller value measured in laboratory. Fig. 10 shows the correlation of the concentration of available Si measured with the estimation map of available Si.

The result can easily be observed that the available Si was distributed around a straight line at 45°. This finding showed that the estimation map of available Si was unbiased. The isolated points were located below 45°, indicating that the estimated value was incorrect or soil samples in locations required more soil samples. This fact explains the observation on that area needs to be a lot of soil sample, especially in the area have different in geology, land use and topography. Theodossiou et al. (2006) reported when using kriging, the occurrence of a large difference between the laboratory and estimated values should not depend on the actual value but only on the location of soil sample, which was representative area that can be simulated (or not) by measuring the actual value. Fig. 11 shows the distribution diagram of the correlation between the estimation error (the difference between available Si and estimated value) and estimates of available Si. Again, this can be seen easily that the value is distributed around the horizontal straight line which demonstrates that the estimated error value is almost zero. The estimated value of the large error did not depend on the actual estimated values.

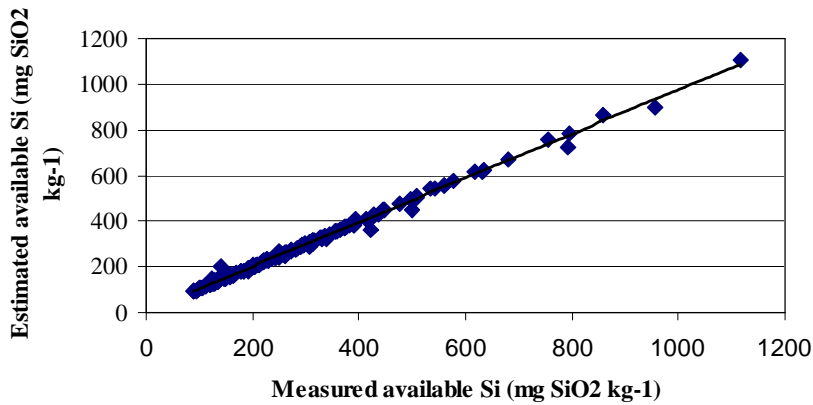


Fig. 10. Correlation between measured available Si in laboratory and estimated value

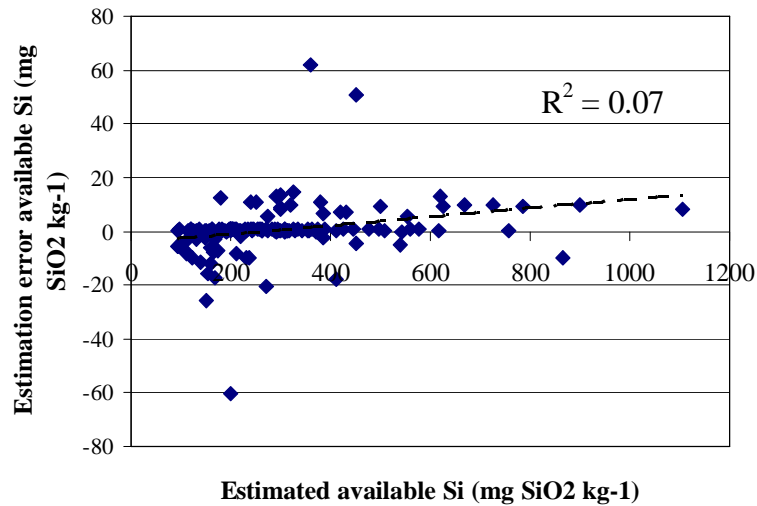


Fig.11. Correlation between estimated of available Si and estimated error

#### 4. Discussion

Konsentrasi silika (Si) tersedia di tanah sawah, sayuran dan semak < 300 mg SiO<sub>2</sub>kg<sup>-1</sup> berarti levelnya defisiensi karena sawah sebagai tanaman pertanian yang akumulator Si (Ma et al. 1007) makanya pada tanah sawah ada di lapangan ditemukan penyakit blast sebagai indikator kekurangan Si tersedia di tanah dan produksi sawah stagnan 5 ton ha<sup>-1</sup>. Alasan mengapa pada tanah sawah terjadi defisiensi berpengaruh pada produksi dan penyakit blast (Aflizar et al. 2009) sedangkan pada kebun campuran, hutan, sayuran, tea tidak memperlihatkan pengaruh berarti karena Sawah akumulator Si sedangkan tanaman pertanian lainnya tidak.

Pada kebun campuran, Sayuran ditemukan erosi tanah sangat tinggi sekali sehingga erosi tanah menjadi dominan penyebab kekurangan Si tersedia (Table 1). sedangkan pada Sawah, erosi tanah sangat rendah, jadi defisiensi Si lebih dominan disebabkan oleh aktivitas pertanian sawah 3x setahun yang sudah berlangsung lama. Dimana karena sawah itu akumulator silika dan sawah tidak ada diberikan pupuk Si buatan yang ditambahkan sejak dikenalkannya revolusi hijau 1979 di Indonesia sampai sekarang (Aflizar et al. 2009) telah terjadi penambangan silika di tanah sawah sebab 3 kali panen dalam setahun. Ditambah tanpa pengembalian bahan organik karena jerami sisa panen dibakar untuk mempercepat pengolahan tanah dan akibatnya menjadi silika yang tidak tersedia bagi tanah (Darmawan et al. 2006).

Semestinya sawah di DAS Sumani yang terjadi defisiensi Si tersedia di tanah tidak bisa berproduksi lagi tetapi kenyataannya masih bisa berproduksi stagnan 5 ton ha<sup>-1</sup>. Hal ini terjadi masih bisa sawah berproduksi karena disokong oleh sifat fisika tanah di daerah DAS Sumani yang baik karena tinggi kandungan liat dan debu serta sifat kimia tanahnya baik TC, TN, Kation basa (Ca, K, Na) (Tabel 2) pada konsentrasi level sedang sampai tinggi dan walaupun ada kekurangan atau defisiensi Si tersedia di tanah sawah itu yang mana secara alamiah dipasok dari Si yang berasal dari Air irigasi, air sungai (Somura et al. 2017) dan sedimen hasil produk erosi yang selalu tersedia sepanjang tahun yang mana cukup tinggi konsentrasinya (Tabel 5 dan Gambar 4). Si tersedia pada air sungai di DAS Sumani (SW) dibandingkan air sungai di pulau Jawa dan negara ASEAN lainnya ternyata lebih tinggi konsentrasinya karena pada SW ada tambahan Si dari abu vulkanik Gunung Talang yang terletak di dataran tinggi SW (Somura et al. 2017; Fiantis et al. 2010).

Oleh karena itu, untuk meningkatkan produksi beras di DAS Sumani lebih besar 5 tonha<sup>-1</sup> sampai 9 tonha<sup>-1</sup> dan menghilangkan penyakit blast di sawah saat ini yang sudah banyak ditemukan. Berdasarkan data Tabel 2 dan 5 diperlukan manajemen hara Silika (Si) di tanah berupa pemberian pupuk silika karena tidak cukup sumbangan Si alami dari tanah topsoil dan air irigasi, air sungai dan sedimen untuk mencapai silika tersedia di tanah pada konsentrasi > 600 mg SiO<sub>2</sub>kg<sup>-1</sup>. Untuk mencapai manajemen Si berkelanjutan di sawah diperlukan penambahan rata-rata pupuk Si sebesar 165 kg SiO<sub>2</sub>ha<sup>-1</sup>.

Faktanya sekarang, secara alamiah saja defisiensi Si tersedia di tanah sawah tidak bisa lagi diperbaiki dari pupuk alami yang bersumber dari air irigasi, air sungai dan sedimen saja. Masalah defisiensi Si tersedia di Tanah sawah ini sangat urgen (tabel 1 dan Gambar 5) mengingat penduduk Indonesia bertambah setiap tahunnya, kehilangan sawah menjadi penggunaan non pertanian tinggi di tambah pencetakan sawah baru di Indonesia belum berhasil berproduksi baik (Aflizar et al. 2013)

Untuk membantu membuat rekomendasi pemupukan silika (Si) di DAS Sumani (SW) maka berdasarkan peta 3D distribusi Si tersedia tanah (Gambar 7) yang telah dibuat petanya dapat diberikan dasar pembuatan rekomendasi pupuk Si secara spesifik. Pada Gambar 7. ditemukan ada 10% daerah sawah di SW tidak memerlukan pupuk silika (Si) sama sekali dan 90% tanahnya di situ membutuhkan pupuk Si karena pada level defisiensi dan rendah.

Berdasarkan perhitungan dari data Tabel 3 dan Gambar 5, maka dasar pembuatan rekomendasi pemupukan silika ini berdasarkan mencapai konsentrasi Si tersedia di tanah itu harus  $> 600 \text{ mg SiO}_2\text{kg}^{-1}$ . Maka perhitungan Pupuk Si yang diberikan berdasarkan  $600 \text{ mg SiO}_2\text{kg}^{-1}$  dikurangi dengan konsentrasi silika dari Si input dari air irigasi, air sungai dan sedimen. Hasil pengurangannya itulah nanti akan menjadi rekomendasi pupuk Si yang dibutuhkan oleh tanah agar bisa mencapai konsentrasi  $600 \text{ mg SiO}_2\text{kg}^{-1}$  dan agar berproduksi  $> 5 \text{ ton ha}^{-1}$  sampai  $9 \text{ ton ha}^{-1}$ . maka didapatkan rekomendasi pemupukan Si berdasarkan peta 3D distribusi Si tanah tersedia (Gambar 5) yang telah dibuat petanya yaitu:

Tanah sawah dengan konsentrasi Si tersedia tanah (Si): Si=50-150  $\text{mgSiO}_2\text{kg}^{-1}$  maka Rekomendasi Pupuk Si= 299-236  $\text{kg SiO}_2\text{ha}^{-1}$ , Si=150 - 300  $\text{mgSiO}_2\text{kg}^{-1}$  maka Rekomendasi Pupuk Si= 236 - 141  $\text{kg SiO}_2\text{ha}^{-1}$ , Si=300-450  $\text{mgSiO}_2\text{kg}^{-1}$  maka Rekomendasi Pupuk Si=141-47  $\text{kg SiO}_2\text{ha}^{-1}$ , Si=450- 600  $\text{mgSiO}_2\text{kg}^{-1}$  maka Rekomendasi Pupuk Si=47 - 0  $\text{kg SiO}_2\text{ha}^{-1}$  dan Si=  $>600 \text{ mgSiO}_2\text{kg}^{-1}$  maka Rekomendasi Pupuk Si= 0  $\text{kg SiO}_2\text{ha}^{-1}$ .

Perlu diingat bahwa manajemen Si tanah berkelanjutan di DAS Sumani (SW) dengan rekomendasi pemupukan silika (Si) berimbang akan berhasil dengan memperhatikan status erosi tanah yang tinggi di SW (Gambar 4) sehingga erosi harus dikontrol karena pada dataran tinggi SW di lahan sayuran dan kebun campuran ditemukan erosi yang tinggi yang dapat berakibat mencuci pupuk silika (Si) yang diberikan pada sawah. Oleh karena itu agar terjadi manajemen silika yang baik maka peta distribusi erosi tanah pada Gambar 4 itu sangat bermanfaat dan bisa dijadikan petunjuk untuk menentukan tindakan konservasi tanah dan air yang akan diberikan ke DAS Sumani (SW). Aflizar et al. (2013) melaporkan dimana daerah yang memiliki erosi tanah yang tinggi wajib diberikan konservasi tanah dan air berupa tindakan penanaman tanaman dalam kontur dan juga pembuatan teras.

Dengan tersedianya peta distribusi visual 3D distribusi Si tersedia tanah, distribusi erosi tanah, distribusi silika pada air irigasi dan distribusi silika pada air sungai serta distribusi silika pada sedimen secara sangat nyata dan signifikan membantu untuk pembangunan pertanian berkelanjutan dan manajemen Si di tanah sawah serta untuk memperbaiki lingkungan dalam skala DAS di Indonesia.

## 5. Conclusions

Soil depth (0-20 cm), Si from irrigation and sediment was a major source of Si in the SW. Soil erosion transported soil surface rich in SiO<sub>2</sub>, making it available to lowlands sawah. Meanwhile, the river water in the surrounding highlands had high erosion and low SiO<sub>2</sub> availability. Low pH, high extractable Fe, and high exchangeable Na showed relatively low availability of SiO<sub>2</sub>. Given these factors, the availability of Si distribution in the SW. When Si availability in sawah soil was deficiency, We found rice blast disease. Generally, Si availability in the SW was low. However, in areas close to Mount Talang, is the height of the addition of SiO<sub>2</sub> from volcanic ash, also in the lowland areas through irrigation water. However, on the west side of the SW, the area we found the availability of SiO<sub>2</sub> sawah deficiency especially at high topography on the west side of the SW, which is now found in many diseases according to the results of interviews with farmers. Blast disease occurred based on our observations but not in the area surrounding Mount Talang. This finding may be due to the contribution of SiO<sub>2</sub> from volcanic ash Mount Talang.

Secara umum terjadi endemik defisiensi silika tersedia di tanah sawah di Das Sumani dan sudah bisa menjadi gambaran umum status Si tersedia tanah skala DAS di Indonesia. Peta distribusi Si tersedia tanah di DAS Sumani mengungkapkan secara spesifik lokasi sawah yang terjadi defisiensi Si tersedia yang bermanfaat untuk rekomendasi pupuk Silika tepat sasaran menurut lokasi spesifik. Spasial 3 dimensi distribusi Si tersedia di tanah, air irigasi, air sungai dan sedimen telah dapat meningkatkan keakuratan dalam pemodelan dan prediksi status hara silika (Si) di tanah dan berpotensi untuk dapat mengungkapkan perpindahan Hara dan perbaikan

lingkungan dalam skala Das Sumani. Sumber alami pupuk silika dari topsoil 0-20 cm tanah dan air irigasi air sungai dan sedimen di Sumani dah sudah tidak cukup untuk menutupi defisiensi silika di tanah sawah sehinggadiperlukan rekomendasi pemupukan silika 165 kg SiO<sub>2</sub>ha<sup>-1</sup>.

### Hasil 3

[SENTRINOV 2020] Congratulation Your paper #1570668831 ('Visual Peta Kontur dan Distribusi Kadar Air Tanah di DAS Mahat') - Accepted

#### **VISUAL PETA KONTUR DAN DISTRIBUSI KADAR AIR TANAH UNTUK PENGELOLAAN PERTANIAN DI DAS MAHAT**

**Aflizar<sup>1)</sup>, Edi Joniarta<sup>1)</sup>, Amrizal<sup>2)</sup> dan Jamaluddin<sup>2)</sup>**

<sup>1)</sup>Prodi Tata Air Pertanian, Jurusan Teknologi Pertanian, Politeknik Pertanian Negeri Payakumbuh, Jl. Raya Negera KM 7, Tanjung Pati, Kec. Harau, Kab. Lima puluh Kota, Sarilamak, 26271

<sup>2)</sup> Prodi Tata Air Pertanian, Jurusan Teknologi Pertanian, Politeknik Pertanian Negeri Payakumbuh, Jl. Raya Negera KM 7, Tanjung Pati, Kec. Harau, Kab. Lima puluh Kota, Sarilamak, 26271

E-mail: aflizar.melafu@gmail.com

#### **VISUAL CONTURE MAP AND DISTRIBUTION SOIL WATER CONTENT FOR AGRICULTURE MANAGEMENT IN MAHAT WATERSHED**

##### **Abstract**

To get a more accurate interpretation of watershed management then Extensive software applications have been developed for mapping analysis and research data processing. The quality and efficiency of the Visual Contour Map are very useful in helping to analyze the distribution of soil water content. In fact, comparing between distributions of soil characteristics. In this research, Visual contour maps and 3-dimensional (3D) maps of soil water content in the Mahat watershed are processed with the Surfer tool. The results of this study revealed that the Surfer tool is able to create visuals 3D Mahat watershed from contour maps and distribution soil water content maps which have significantly improved efficiency in analyzing data and mapping in a time, energy and cost savings for researchers and practitioners. It was found that the soil water content % massa (Qm) of gambier gardens 25-53%. The soil water content % volume (Qv) of Gambier garden is 28-32%.

**Keywords:** *Visual, Kontur, 3 Dimensi, DAS Mahat, Surfer tool*

##### **Abstrak**

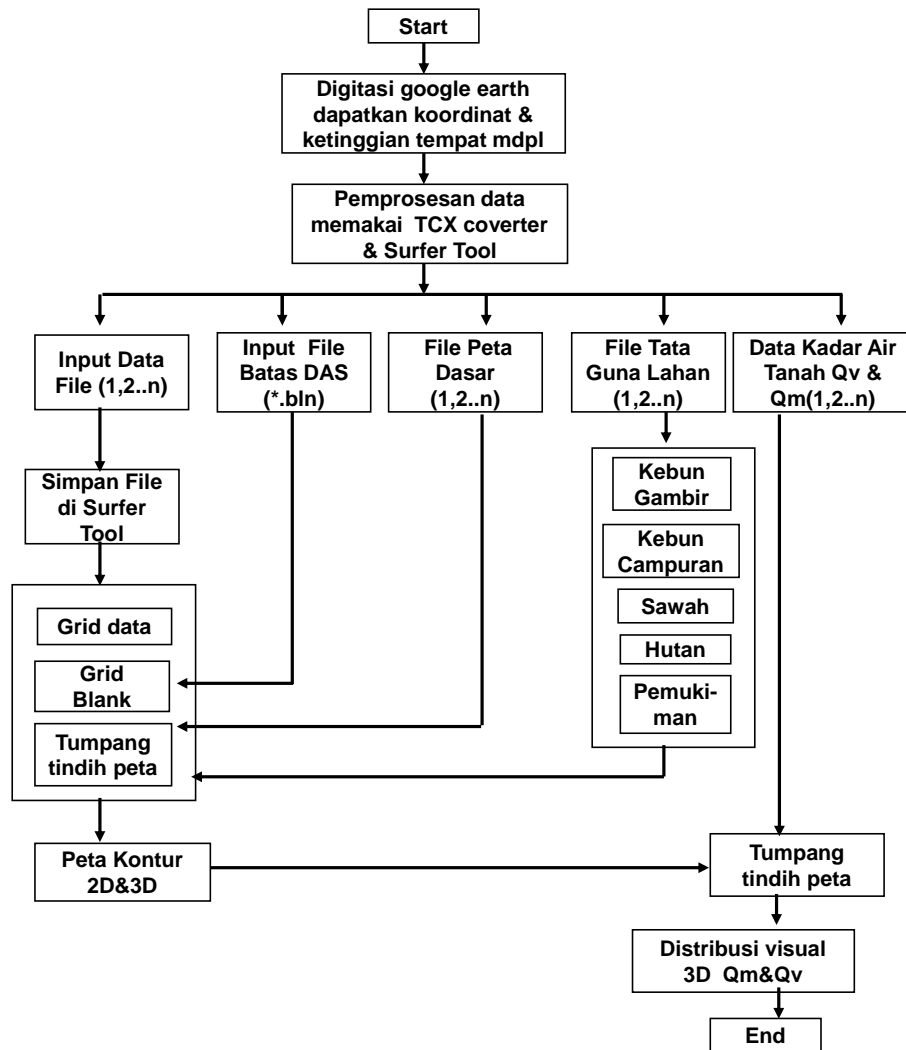
Sudah berkembang dengan luas aplikasi perangkat lunak untuk analisa pemetaan dan pemrosesan dari data penelitian agar memperoleh penafsiran yang lebih akurat dalam pengelolaan Daerah Aliran Sungai (DAS). Kualitas dan efisiensi dari Visual Peta Kontur sangat berguna dalam membantu menganalisis distribusi Kadar Air tanah. Selanjutnya membandingkan antara distribusi dari karakteristik tanah. Dalam penelitian ini, Visual peta kontur dan peta 3 Dimensi (3D) kadar air tanah di DAS Mahat di proses dengan Surfer tool. Hasil dari penelitian ini mengungkapkan bahwa Surfer tool mampu membuat visual 3D DAS Mahat dari peta kontur dan peta 3D kadar air tanah dimana secara signifikan telah dapat meningkatkan efisiensi dalam menganalisa data dan memetakan secara hemat waktu, tenaga dan biaya bagi peneliti dan praktisi. Ditemukan bahwa Kadar air % masa (Qm) di kebun gambir 25-53%. Kadar air % volume (Qv) di kebun Gambir 28-32%.

**Kata Kunci:** *Visual, Kontur, 3 Dimensi, DAS Mahat, Surfer tool*

### **PENDAHULUAN**

Distribusi titik yang sama tinggi tempatnya di permukaan bumi dan dihubungkan oleh serangkaian garis ekuivalen dinamakan Peta Kontur. Peta kontur merupakan alat umum yang digunakan oleh peneliti dan praktisi pertanian dan bidang lainnya untuk mengevaluasi secara kuantitas karakteristik spasial dari fisik DAS. Berguna agar peneliti dan praktisi lebih mudah memahami karakteristik variasi spasial dari objek DAS yang diteliti (Zeng et al. 2010). Bidang ilmu pengetahuan yang banyak menggunakan peta kontur diantaranya yaitu Geografi, hidrologi, meteorologi (Guo Junli, 2010), ilmu tanah, geologi dan lingkungan (Aflizar et al, 2018). Dalam





Gambar 2. Alur Kerja pemrosesan data untuk Visualisasi kontur dan pemetaan 3 Dimensi

Peta kontur dibuat dari digitasi google earth. Hasil digitasi di proses dengan TCX converter dan Surfer toll. Pemrosesan data secara keseluruhan yang melibatkan dilakukan dengan menggunakan Surfer® 9 (Golden software 2010) yang berurusan dengan faktor-faktor yang diperoleh dari survei tanah terperinci, model elevasi digital (Gambar 2). Block kriging digunakan sebagai pengganti kriging tepat waktu karena memungkinkan evaluasi pola variasi regional daripada detail lokal karena pembangunan peta yang lebih halus dengan varians estimasi yang lebih kecil (Aflizar et al. 2010). Surfer® 9, diproduksi oleh Golden Software, Inc. (Golden Colorado), adalah perangkat lunak pemetaan permukaan tiga dimensi yang relatif murah dan mudah digunakan oleh para ilmuwan dan insinyur. Kemahiran dasar dengan Surfer® 9 dapat dicapai dengan beberapa jam belajar mandiri. Dalam penelitian ini, kami menggunakan kriging universal yang diasumsikan konstan dan tidak diketahui rata-rata. Seperti yang ditunjukkan pada Gambar. 1. Dengan demikian, poligon dengan batas yang membatasi area pengambilan sampel digunakan, dan perkiraan hanya dihasilkan untuk area di dalamnya. Kami menggunakan validasi silang untuk memperkirakan kepadatan kriging melalui berbagai pendekatan.

## Validasi

Validasi silang melibatkan nilai dari pengamatan dari titik sampel dan membandingkan nilai prediksi yang diukur (Shi et al. 2009). Prosedur ini cepat, murah untuk membandingkan nilai yang diprediksi dan diukur (Mueller et al. 2004). Jumlah pengambilan sampel untuk validasi adalah 66 sampel dari hasil interpolasi. Tiga indeks dihitung dimana data dasarnya diambil dari nilai yang diukur dan diinterpolasi di setiap titik. Karena ada n titik sampel yang termasuk dalam kumpulan data validasi, kesalahan rata-rata (ME), kesalahan absolut rata-rata (MAE) dan kesalahan rata-rata akar kuadrat (RMSE) ditentukan dari nilai yang diukur  $z(x_i)$  dan nilai prediksi  $z^*(x_i)$  (Shi et al. 2009). Formulasnya yaitu:

$$ME = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n \{z^*(X_i) - z(X_i)\} \quad (1)$$

$$MAE = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n \{|z^*(X_i) - z(X_i)|\} \quad (2)$$

$$RMSE = \sqrt{\frac{1}{n} \sum_{i=1}^n \{z^*(X_i) - z(X_i)\}^2} \quad (3)$$

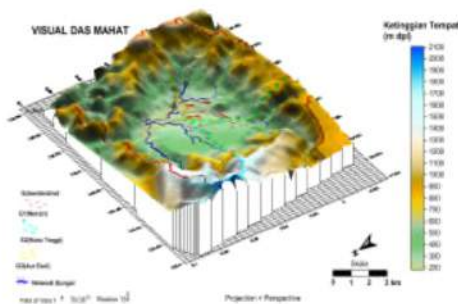
Memaknai nilai dari hasil 3 metode validasi sebagai berikut: ME adalah ukuran nilai bias dari interpolasi yang harus mendekati nol maka maknanya metode interpolasi itu bagus dan tidak bias, dan MAE dan RMSE adalah ukuran akurasi interpolasi yang nilainya harus sekecil mungkin untuk menunjukkan makna bahwa interpolasi yang dipakai itu akurat dan valid. Nilai ME, MAE dan RMSE juga dihitung untuk setiap set validasi sampel, setelah itu dibuat rata-rata dari ME, MAE dan RMSEs untuk 66 data validasi, berguna untuk menemukan tingkat keakuratan peta distribusi karakteristik tanah dan kinerja metode interpolator terbaik Untuk melihat tingkat keerratan hubungan oarameter yang diukur dengan nilai estimasi dibuat persamaan Regresi linear dan Determinasi  $R^2$ .

## HASIL DAN PEMBAHASAN

### Visual DAS Mahat dari Peta Kontur

Bentuk visual DAS Mahat setelah di proses dari peta kontur Gambar 1 maka ditemukan bentuknya menyerupai kuali dimana bentuk melingkar dari dataran tinggi yang dikelilingi oleh bukit dari 4 arah mata angin dimana berbentuk melingkar dan menurun ketengah-tengah kuali yang merupakan dataran rendah. DAS Mahat terdiri dari tiga sub-DAS yaitu Nenan, Aur duri dan Ketinggian (Gbr.1). Berdasarkan morfologi, survei lapangan dan karakteristik laboratorium, lahan Kebun gambar dan pertanian lainnya dibudidayakan di dua ordo tanah, yaitu Inceptisol (Humitropepts) dan Ultisol (Hapludults).

Dengan melihat kontur dari gambar 1 masih sulit untuk membayangkan visual DAS mahat . Namun setelah dirobah dalam bentuk Visual Das Mahat (Gambar 3) maka pengambil keputusan sangat terbantu dalam memahami visual DAS Mahat yang dikelilingi oleh perbukitan terjal yang berarti DAS Mahat harus di perhatikan konservasi tanah dan air dalam praktek pertaniannya.



Gambar 3. Visual DAS Mahat dari peta kontur

Untuk membuat peta 3 dimensi DAS Mahat diperlukan 15015 titik koordinat dan elevasi. Diperlukan waktu 35 jam untuk input dan ekstrak data dari Google Earth ke TCX converter dan ke Surfer Tool untuk membuat Base Map. Kenyataanya Membuat Base Map membutuhkan waktu yang lama. Sedangkan pekerjaan untuk membuat distribusi 3D kadar air tanah membutuhkan waktu 100 detik. Untuk validasi data measured dan estimated di peta membutuhkan waktu 30 menit.

### Distribusi 3 Dimensi Kadar Air Tanah di DAS Mahat

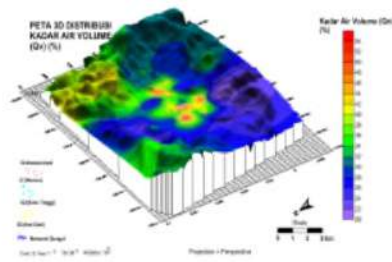
Tabel 1. Menyajikan sifat umum kadar air tanah di DAS Mahat pada Tata guna lahan yang berbeda yaitu dari Kebun Gambir, Sawah, Kebun Campuran dan Pemukiman. Kadar air Qm dan Qv tertinggi ditemukan pada tanah sawah karena sawah selalu tergenang air. Kadar air Qv tertinggi setelah sawah adalah kebun campuran. lokasi sawah dan kebun campuran ini terletak di lembah dataran dimana semua air terkumpul. Sedangkan hutan terletak di dataran tinggi berlereng dan dibawah hutan di temukan kebun gambir petani lokal di DAS Mahat sehingga kadar air tanah bagus dan stabil karena drainase yang baik (Gambar 4). Ditemukan dilapangan bahwa Kadar air Qm kebun gambir 25-53%. Kadar air Qv kebun Gambir 28-32%.

Tabel 1  
Gambaran umum Kadar air tanah % masa (Qm) dan kadar air % volume (Qv) pada berbagai penggunaan lahan

Penggunaan Lahan	Tanah	
	Kadar Air masa (Qm)(%)	Kadar Air Volume (Qv) (%)
Kebun Gambir 1	25.74	28.13
Kebun Gambir 2	53.38	32.04
Sawah (Siap Panen 1)	49.71	45.25
Sawah (Siap panen 2)	60.89	54.15
Hutan 1	34.88	30.73
Hutan 2	22.89	22.03
Kebun Campuran 1	44.32	37.12
Kebun Campuran 2	35.71	37.83
Pemukiman 1	33.50	33.44
Pemukiman 2	25.99	26.85
<b>Rata-rata (n=71)</b>	<b>36,60</b>	<b>34,76</b>

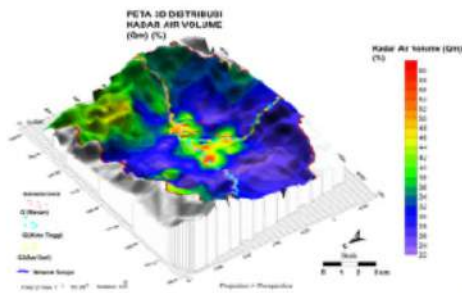
Berdasarkan data Tabel 1 dan Gambar 4 maka petani di DAS Mahat secara kearifan lokal menam Tanaman Gambir di lereng bukit karena secara ilmu indigenus petani lokal memahami topografi lereng secara alamiah mengontrol kebutuhan air Gambir sehingga





Gambar 4. Peta 3D Kadar Air Tanah % volume (Qv) di DAS Mahat

akar tanaman Gambir tidak busuk karena tergenag oleh air dan Tabel 1 mengungkapkan bahwa dilapangan gambir baik tumbuh pada %Qv (28-32%). Sawah di tanam di lembah atau di tengah DAS mahat karena sawah membutuhkan air banyak dan secara alamiah semua air berkumpul di tengah DAS Mahat karena faktor Topografinya. Untuk selanjutnya perlu diperhatikan pemberian praktek konservasi pada lahan Gambir karena ditanam di daerah berlereng dimana sudah ditemukan jejak erosi alur. Hal ini mengindikasikan bahwa erosi telah melebihi erosi toleransi (Aflizar et al. 2018).



Gambar 5. Peta 3D Kadar Air Tanah % masa (Qm) di DAS Mahat

### Hasil Validasi

Kami menghitung nilai rata-rata ME, MAE dan RMSEs dari 71 data set validasi seperti yang ditunjukkan pada Tabel 2. ME dari % Qv dan %Qm adalah mulai dari 0.161 hingga 0,677. Nilai ini semuanya mendekati 0 untuk semua kasus, yang menunjukkan bahwa mereka semua valid dalam interpolasi nilai % Qv dan %Qm tanah.

Tabel 2. the means of ME, MAE and RMES and R2 and Model linear of 71 validation sets based Measured and estimated value for %Qv and % Qm

n=71	Water contents in the Field (%)	
	Water content % volume (Qv)	Water content % massa (Qm)
ME	0.161	0.677
MAE	2.664	4.065
RMES	3.885	5.700
R <sup>2</sup>	0.860	0.832
Model Linear	y=0.660x+11.65	y = 0.581x + 14.65

y= estimated value; x=measured value

Metode Interpolasi dalam Surfer tool memakai Gridding dari Kriging memiliki nilai MAE (2,664-4,065). Demikian pula, nilai RMSE berkisar (3.885-5,700). Nilai MAE dan RMSE relatif kecil dibandingkan nilai Rata % Qv dan % Qm (34,76-36,60) berarti peta yang dihasilkan dengan metode Kriging dalam Surfer Tool valid dan bagus kinerjanya dalam prediksi % Qv dan % Qm tanah di DAS Mahat. Hal ini diperkuat oleh Model linear dengan nilai determinasi R<sup>2</sup> (0.832-0.860) berarti tingkat kebenaran mendekati 83% -86%.

## SIMPULAN

Simpulan Pembuatan Visual Das Mahat dari Peta kontur dan Peta 3D distribusi Kadar air tanah (Qm dan Qv) secara otomatis bisa dilakukan dengan bantuan Surfer tool. Mengingat banyaknya pekerjaan untuk mengedit dan mengolah data digital maka bagi pengguna Surfer Tool, Google Earth dn TCX converter harus selalu berlatih menggunakannya. Pengalaman berlatih memberitahukan bahwa perlu waktu 1 jam untuk membuat 3 buah peta. Visual DAS mahat mengungkapkan bahwa bentuknya seperti kuali yang dikelilingi oleh bukit yang terjal sehingga praktek konservasi tanah dan air dalam pertanian sangat diperlukan. Kebun gambir rakyat ditanam pada lahan berlereng terungkap karena Gambir perlu kontrol kadar air tanah berkisar Kadar air % Qm kebun gambir 25-53% dan Kadar air % Qv kebun Gambir 28-32%.

## Hasil 4

[ICAST 2020] Congratulation Your paper #1570668575 ('Distribution of ideal Soil Composition combined with 3 Dimensional Contour of Mahat Watershed for sustainable Gambir farming') - Conditional Accepted

Dear Dr. Aflizar Aflizar:

Congratulations - We are pleased to inform you that your manuscript #1570668575 ('Distribution of ideal Soil Composition combined with 3 Dimensional Contour of Mahat Watershed for sustainable Gambir farming') has now been CONDITIONAL ACCEPTED by 2020 International Conference on Applied Science and Technology (ICAST).

The evaluation of your paper and all comments from reviewers of your paper are enclosed with this message.

The reviews are below or can be found at <https://edas.info/showPaper.php?m=1570668575> using your EDAS login name aflizar.melafu@gmail.com.

Please follow the accepted procedures here <https://icast.isas.or.id/2020/>

## **Distribution of ideal Soil Composition combined with 3 Dimensional Contour of Mahat Watershed for sustainable Gambir farming**

Aflizar, Amrizal, Edi Joniarta, Jamaluddin

### *Abstract*

Quantitative soil composition in general is important data for nutrient management for Gambir (Uncaria gambir Robx) farming and other tropical crops. To obtain mapping analysis, data processing, and a more accurate interpretation of watershed management, the Surfer Tool application is used. The quality and efficiency of the 3-dimensional contour map of the Mahat watershed are very useful in helping to analyze the distribution of the ideal soil composition (Vw, Vg, Vs). Furthermore, the distribution of soil characteristics is compared with the topography to help integrate and sustainable Gambir farming in the Mahat watershed, which plays an important role in supplying 80% of the world's demand for catechins. It has been proven that the Surfer tool is able to create 3D maps of the contours of the Mahat watershed and 3D maps of the ideal soil composition after being compared with the realities in the field where there has been a significant increase in efficiency in data analysis, saving time, effort and cost in mapping for researchers and practitioners. It was found that the soil composition close to ideal for the % water volume (Vw) was found in Gambir farming (at altitude 250 - 1150 m ASL) and forest (at altitude 400 - 1600 m asl). The % gas or air volume (Vg) in Gambir farming, mixed garden, and forest are also close to the ideal soil composition. For % solid volume (Vs) it is found close to ideal in the mixed garden (at altitudes 250 - 1600 m ASL) and forests. The Sawah in the valley on the flat topography has the highest value Vw and the lowest value Vg. No ideal soil composition was found for Vw, Vg, and Vs owned by one land use in the Mahat watershed.

Keywords Soil composition, Gambir farming, Nutrient, Sustainable, 3D Map

## Introduction

The Mahat watershed is located in the tropics, Indonesia, which has an annual rainfall of 3000 mm where the area is hilly which has the potential to erode the fertile layers of the soil. It is a Gambir agricultural production center (Uncaria Gambir. Robx) as a catechin producer to meet 80% of the world's needs[1]. Soil is a valuable natural resource which affects the ecosystems on planet earth in various ways as it is a component of life on earth. In the soil there are many important natural processes that occur for gas exchange, carbon storage, nutrient cycling, plant growth, and waste decomposition and waste disposal. In this world, soil is formed from parent material, namely rock or organic material. Mineral soils are formed from weathered rock consisting of a mixture of rock, nutrients, living organisms, organic matter, water and air [2].

In agricultural production on tropical soils, in principle, it is very important to pay attention to nutrient management in order to maximize the production of crops cultivated by farmers. Therefore, it is mandatory to understand some of the basic principles of tropical soil. Matters that need to be discussed are soil composition, soil minerals, soil organic matter, ground water, soil air, soil profile. While the factors that influence soil characteristics are the process of soil formation, soil texture, soil structure and soil mineralogy. Now, this paper focuses on discussing soil composition as soil physical properties[2][3].

Discussing the soil nutrient management, there is an important role of Soil Composition (Vs, Vw, Vg). The role of Vs (soil minerals and organic matter volume) to store and hold soil nutrients. The role of Vw (soil volume water) to dissolve and provide soil nutrients for absorption by plants. The role of Vg (soil, air or gas in the soil volume) is no less important because it provides air for microorganism in the soil to carry out its biological processes in order to be able to release soil nutrients from molecular form to ion form which can be absorbed by plants through root hairs [2] [3] .

The basic components of the ideal soil composition are the water phase, the gas phase and the solid phase (minerals and organic matter). The percentage ideal soil composition consists of the solid phase, namely 45% minerals, 5% organic matter, the liquid phase, which is 20-30% is water, the gas phase is 20-30% is air in volume percent units. This percentage is a generalization and it is very difficult to find this condition in the field. Due to the fact that soil is very complex and dynamic. The ideal soil composition can fluctuate every day. As for the influencing factors, namely the supply of rainwater or surface water, cultivation practices, topography and/or soil types [4].

Soil solid phase (Vs) which consists of minerals and organic matter contained in the soil where generally the percentage is stable and stable. However, if the organic matter is not managed properly, it may run out of the soil. The liquid phase and soil gas, namely water and air, are the most dynamic properties of soil. The amount of the relative percentage of water (Vw) and air (Vg) in the soil often changes because the soil dries out or becomes muddy [2] [4]. The size, shape, and clumping of soil particles determine the percentage volume of the soil composition, especially the volume of air and water in the soil. For example, soil that has a larger volume of pore space tends to contain more air and is more permeable to pass water, which can affect the types of crops a farmer can grow. In general, soil quality has different properties which determine the land suitability for a particular crop[5][6].

Mapping the distribution of soil composition from many sample points collected will make it easier to understand to help researchers and policy makers [1]. In research that aims to quantitatively evaluate the spatial characteristics of a watershed, then Contour maps are the most important tool for scientists or practitioners who must exist. It is useful for researchers and practitioners to more easily understand the characteristics of the spatial variation of the watershed object under study [7]. Fields of science which include hydrology, meteorology, geography, [8], geology, environment, soil science are the most widely used contour maps [1] [3]. The process of making maps requires a lot of time, costs and high labor. Therefore, researchers make savings and efficiency by using mapping software, namely the Surfer Tool [1] [3]. Researchers and practitioners have been using the Surfer Tool a lot in the past decade because it displays a three-dimensional (3D) visual contour map. Also, it's easy and fast to use.

To obtain a more accurate determination analysis, data processing and interpretation in watershed management, the Surfer Tool application is used. The quality and efficiency of the 3-dimensional contour map of the Mahat watershed is very useful in helping to analyze the distribution of the ideal soil composition (Vw, Vg, Vs). This research is useful to provide basic data to assist integrated Gambir plantation management. Help define specific areas for which appropriate conservation measures are provided. At present, it is seen that in the downstream area there have been frequent flooding because the upstream area in the Mahat watershed on the

slope has changed its function to become gambier and there has been a conflict of interest in one land and research is trying to find a solution.

Therefore, a faster technology is needed to describe maps that have integrated and well-connected functions, so the Surfer Tool is used because it has scientific, engineering advances, is more visual and fast data processing[8]. Because the composition of the soil, which consists of a percentage of solid, water and air are important aspects of nutrient management and watershed sustainability. In addition, there is no detailed soil composition reported for the Mahat watershed. The hypothesis is that the distribution of soil composition in Das Mahat is influenced by land use and topography in Das Mahat. Based on this background, the Mahat watershed case study aims to make the distribution and characteristics of the soil composition Associated with land use and 3D visual contours to assist integrated Gambir farming management.

#### *material and methods*

##### **Study site**

The area owned by the Mahat watershed is 20068.38 ha. Its administrative area is in the District of Limapuluh Kota, West Sumatra. (Latitude 00° 02'42" - 0°09'98" S, longitude 100° 40'2" - 100° 55' E), has an altitude range of 100 m to 1700 m above sea level (m ASL) (Figure 1). The average annual rainfall ranges from 1859 mm to 3096 mm with an average annual rainfall of 2936 mm with an average number of rainy days 187 days / year. There are 3 Subdas, namely (g1) Nenang, (g2) Koto high, (g3) Aur Duri (Figure 1). Ultisols and Inceptisols were found in the Mahat watershed.

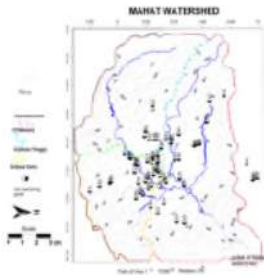


Fig. 1. Distribution of 66 soil sample points and contour map of the Mahat watershed

The land use pattern in the Mahat watershed has namely Gambir farm, primary forest, Mixed garden refers to the land where annual crops, mostly trees such as coconut, cloves, coffee, rubber, cinnamon, cocoa are planted in combination with annual crops. Sawah, and settlement areas (Fig 2). The term sawah refers to the rice growing on leveled land and bounded by bonds with water inlets and outlets for irrigation and drainage[1][3][9]. The Gambier garden has been cultivated for generations and is attached to the local community in the Mahat watershed.

##### **Fields survey and analytical methods**

The 68 locations of soil samples were taken based on various land uses and topographic positions in the watershed (Figure 1). Soil samples were taken with ring samples to analyze the ideal soil composition and brought to the laboratory. The % solid volume (Vs), The % water volume (Vw) and The % gas or air volume (Vg) was analyzed by gravimetric method and ring samples [1][3]. The formula for Total volume of Soil composition is (Vt) is  $V_t = V_s + V_w + V_g$ .



Fig. 2. The Gambir farming, catechin, river condition and other land use type in Mahat Watershed.

This is the formula explain how the percentage of soil composition computed:

$$V_t = V_s + V_w + V_g \dots\dots\dots(1)$$

Where:

$$V_t = \text{Volume Total (Volume Ring Sampel= 100 cm}^3\text{)}$$

$$V_s = \text{Volume solid (cm}^3\text{)}$$

$$V_w = \text{Volume water (cm}^3\text{)}$$

$$V_g = \text{Volume gas or air (cm}^3\text{)}$$

Continued

$$V_w = B_w / B_j \text{.water} \dots\dots\dots(2)$$

Where:  $V_w$ =volume of water ( $\text{cm}^3$ );  $B_w$ =weigh of water;

$B_j$  water=Density of water= $1 \text{ g/cm}^3$ )

Continued

$$\%V_w = V_w / V_t * 100\% \dots\dots\dots(3)$$

Where:  $\%V_w$ =% water volume;  $V_t$ =volume ring 100  $\text{cm}^3$ )

Continued

$$V_s = B_s / B_j \text{.soil (2.65 g/cm}^3\text{)} \dots\dots\dots(4)$$

Where:  $V_s$ = solid volume ( $\text{cm}^3$ );  $B_s$ =weigh of dry soil (g);  $B_j$  soil= density of soil ( $2.65 \text{ g/cm}^3$ )

Continued

$$\%V_s = V_s / V_t * 100\% \dots\dots\dots(5)$$

Where:  $\%V_s$ =% solid volume;  $V_t$ =volume ring =100  $\text{cm}^3$ )

Continued

$$V_g = V_t - (V_w + V_s) \dots\dots\dots(6)$$

Where:  $V_g$ = gas or air volume ( $\text{cm}^3$ );  $V_t$ =volume ring =100  $\text{cm}^3$ );  $V_s$ = solid volume ( $\text{cm}^3$ )

Continued

$$\%V_g = V_g / V_t * 100\% \dots\dots\dots(5)$$

Where:  $\%V_g$ =% gas or air volume;  $V_t$ =volume ring =100  $\text{cm}^3$ )

**Data processing for 3D contour mapping and Soil Composition distribution**

Contour map created from digitizing google earth. The digitization results are processed with a TCX converter and Surfer toll (Figure 3). The overall data processing involved was carried out using the Surfer® 9 [10] based on the parameters obtained from the soil survey and soil samples, digital elevation models. Block kriging is used to obtain coordinate points, elevation and soil data due to the construction of a smoother map with a smaller estimated variance[1][3].

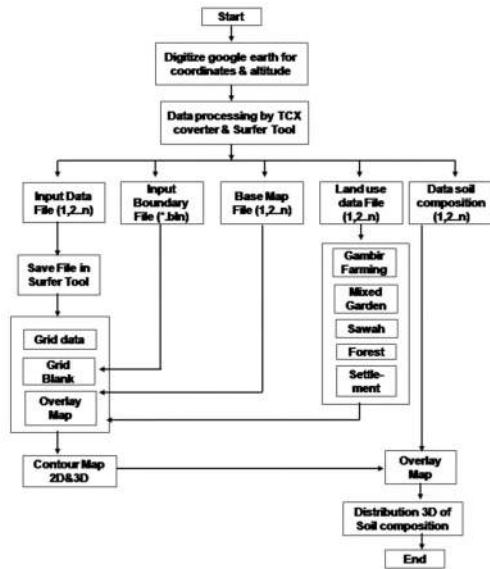


Fig 3. Logical frame work of processing visual 3D contour map and Distribution Soil composition in Mahat Watershed

Surfer® 9, manufactured by Golden Software, Inc. (Golden, Colorado), is a three-dimensional surface mapping software that is relatively inexpensive and easy to use by scientists and engineers. Basic proficiency with Surfer® 9 can be achieved with a few hours of self-study. In this study, we used universal kriging. As shown in Fig. 1 and Fig 3. Accordingly, polygons with boundaries that limit the sampling area are used, and estimates are only generated for the area within them. We use cross validation to estimate kriging density through various approaches.

### Validation

Cross validation involves values from observations from sample points and comparing the predicted values on the measured map [11]. This procedure is fast, inexpensive to compare predicted and measured values on maps [11]. The number of samples taken for validation was 66 samples from the interpolation results. Three indices are computed wherein the basic data is taken from the measured values and interpolated at each point. Since there are  $n$  sample points included in the validation data set, the mean error (ME), mean absolute error (MAE) and mean square root error (RMSE) are determined from the measured values  $z(x_i)$  and the predicted values.  $z^*(x_i)$  [11]. The formula is:

$$ME = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n \{z^*(X_i) - z(X_i)\} \quad (6)$$

$$MAE = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n \{z^*(X_i) - z(X_i)\} \quad (7)$$

$$RMSE = \sqrt{\frac{1}{n} \sum_{i=1}^n \{z^*(X_i) - z(X_i)\}^2} \quad (8)$$

Interpreting the value of the results of the 3 validation methods as follows: ME is a measure of the bias value of the interpolation which must be close to zero, so the meaning of the interpolation method is good and unbiased, and MAE and RMSE are measures of interpolation accuracy whose values must be as small as possible to show the meaning that the interpolation is used is accurate and valid. ME, MAE and RMSE values were also

calculated for each sample validation set, after which the average of the ME, MAE and RMSEs was made for 66 validation data, which is useful for finding the accuracy of the soil characteristic distribution map and the performance of the best interpolator method.

### Results and Discussion

#### General soil composition according to land use type in the Mahat watershed

Table 1. shows general soil composition characteristics according to different land uses in the Mahat watershed. It was found that the soil composition close to ideal for the % water volume (Vw) was found in Gambir farming (at altitude 250 - 1150 mASL).

Based on data from Table 1 and (Fig. 4, Fig. 5, Fig. 6 and Fig. 8), farmers in the Mahat watershed have local wisdom planted Gambir plants on the hillside because scientifically local farmers understand slope topography naturally controls water availability (Qw) and gas (Qg) Land of Gambir Garden so that the roots of the Gambir plant do not rot because they are flooded by water.

Table 1 reveals that in the gambier field, both grew at Qw (20-33%) and Qg (29-48%). Sawah are planted in valleys or in the middle of the Mahat watershed because sawah require a lot of water (Qw = 45-54%) and little soil gases (Qg = 12-20%). Naturally, all the water collects in the middle of the Mahat watershed because of its topography (Fig 4). Henceforth, it is necessary to pay attention to the provision of conservation practices on Gambir land because it is planted in sloping areas where traces of furrow erosion have been found. This indicates that erosion has exceeded tolerable erosion [3]and forest (at altitude 400 - 1600 m ASL). The % gas or airvolume (Vg) in Gambir farming, mixed garden and forest are also close to the ideal soil composition. For% solid

TABLE I. GENERAL CHARACTERISTIC OF SOIL COMPOSITION IN RESPECTIVE LAND USE IN MAHAT WATERSHED

Land Use Type	Soil Composition			
	% Water volume (Vw)(%)	% Solid volume (Vs) (%)	%Air volume (Vg)(%)	Total volume (%)
Gambir Farming 1	<b>33</b>	38	<b>29</b>	100
Gambir Farming 2	<b>20</b>	32	48	100
Mixed garden 1	38	<b>40</b>	<b>22</b>	100
Mixed garden 2	36	33	<b>31</b>	100
Forest 1	<b>28</b>	<b>39</b>	<b>33</b>	100
Forest 2	<b>34</b>	30	<b>36</b>	100
Sawah 1	<b>54</b>	34	<b>12</b>	100
Sawah 2	<b>45</b>	34	<b>20</b>	100
Average (n=66)	35	37	29	100
Soil composition ideal level <sup>a</sup>	20-30	45-50	20-30	100

<sup>a</sup> Brady and Weil (2019). 1= maximum value; 2=minimum value

volume (Vs) it is found close to ideal in mixed garden (at altitudes 250 - 1600 m ASL) and forests. No ideal soil composition was found for Vw, Vg and Vs owned by one land use in the Mahat watershed (Fig 4, Fig 5, Fig 6 and Fig 8).

#### Visual map of the 3 D Mahat watershed from the contour map

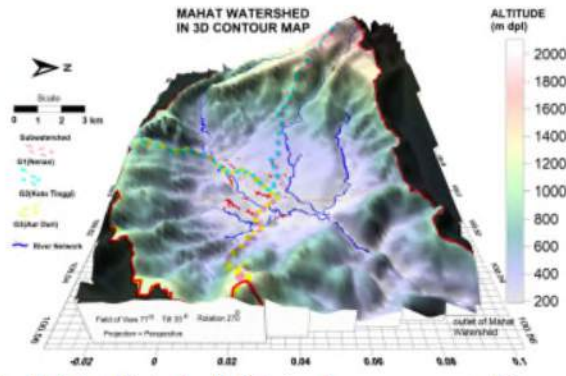


Fig. 4. Mahat Watershed's 3D visual map was created from contour maps. Figure 3 reveals that Mahat Watershed's 3D visuals made from Google Earth, TCX converter and Surfer tool turned out to be in the shape of a cauldron, where surrounded by steep hills and in the middle of the plains. Based on the evidence from the comparison of Figure 2 and Figure 4, with 3D visuals, it is easier to understand the morphology of the Mahat watershed.

To make a 3-dimensional map of the Mahat watershed, 15015 coordinates and elevation points are required. It took 35 hours to input and extract data from Google Earth to the TCX converter and to the Surfer Tool to create a Base Map. In fact, making a base map takes a long time. Meanwhile, the work to make a 3D distribution of soil water content (Qv) took 100 seconds. To validate measured and estimated data on a map it takes 30 minutes.

#### Distribution of Soil Composition combined with topography of Mahat Watershed

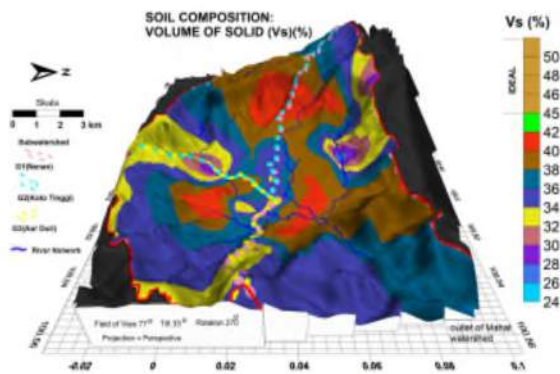


Fig. 5. Distribution of Soil Composition of the % Solid volume (Vs) combined with topography of Mahat Watershed.



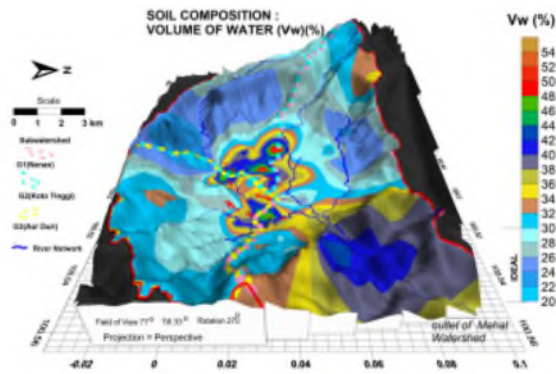


Fig. 6. Distribution of Soil Composition of the % water volume (Vw) combined with topography of Mahat Watershed.

Figure 5, reveals there is found Vs close to ideal (45-50% by volume) [11] with a brownish color. The location is not in the middle or valley, but on the west and east sides of the Mahat watershed and on the north and south sides of the Mahat watershed. Generally overgrown by forests, Gambir farming, mixed gardens (comparison of Figure 5 and Figure 8). Figure 6, reveals where Vw which is close to ideal conditions (20-30% by volume) [11] is scattered almost around the Mahat watershed, which is covered by Gambir farming, mixed garden and forest, except in the middle, which is covered with rice fields and the eastern side of the watershed is overgrown with forest (Figure 8).

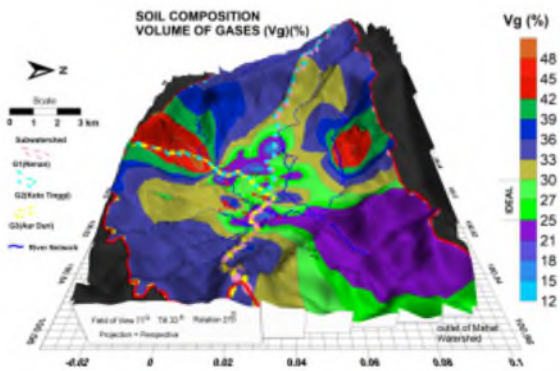


Fig. 7. Distribution of Soil Composition of % gas or air volume (Vg) combined with a 3-dimensional map of the Mahat watershed

Figure 7 shows that Vg is close to ideal conditions (20-30% by volume) [10] found mostly in the middle of the watershed and slightly scattered on the west, east, south and north of the Mahat watershed. The controlling factors for in ideal soil composition are topography, soil, water supply [2] [8]. Generally overgrown by forests, Gambier farming and mixed gardens (Figure 8).

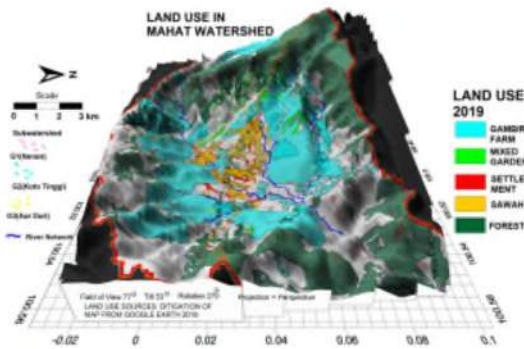


Fig. 8. Distribution of land use type (Gambir farming, mixed garden, Sawah, Forest and settlement) combined with topography of Mahat Watershed

Figure 8, combined with Figure 5,6,7 found that the quantitative ideal soil composition is generally influenced by land use and topography in the Mahat watershed. The minimum tillage is carried out by farmers in the land use of Gambir farming and mixed garden and natural conditions in the forest which influences the finding of ideal compositions for (Vw) and the (Vg), found in sloped topography at altitudes. Sawah (found at an altitude of 200 - 450 m ASL) have the (Vw) which is 1.5 times more than the ideal soil composition. Settlements inhabited by residents while maintaining local wisdom (found at an altitude of 200 - 350 m ASL) indirectly play a role in minimizing tillage in cultivation which keeps the ideal soil composition unchanged.

The facts obtained from this research are that the 3D map of the distribution of soil composition combined with the topographic map of the Mahat Manpu watershed was made by the Surfer Tool. Topographic 3D visual maps are made from contour maps from digitizing google earth maps and TCX converter as free software. The results of this study have been able to significantly save energy, time and money. The 6 maps from this study can be made in 1 hour. at the beginning of the job was difficult. However, continue to practice will be more using the Surfer tool.

#### Validation Result

We calculated the mean values of ME, MAE and RMSEs from 71 validation data sets as shown in Table 2. The ME of Vw, Vs and Vg ranged from 0.413 to 1.022. These values are all close to 0 for all cases, which indicates that they are all valid in the interpolation of the values of Vw, Vs and Vg of the soil.

TABLE II. THE MEANS OF ME, MAE AND RMES AND R2 AND MODEL LINEAR OF 71 VALIDATION SETS BASED MEASURED AND ESTIMATED VALUE FOR % Vw, % Vu AND % Vs

n=71	Soil Composition		
	% Water volume (Vw)(%)	% Solid volume (Vs) (%)	% Air volume (Vg)(%)
ME	1.022	0.413	0.422
MAE	2.999	1.818	2.563
RMES	4.302	2.388	3.759
R2	0.837	0.744	0.859
Model Linear	y = 0.6268x + 11.953	y = 0.5319x + 16.712	y = 0.6878x + 9.3657

y= estimated value; x=measured value

The Interpolation method in the Surfer tool using Kriging's Gridding has a MAE value (1.818-2.999). Likewise, the RMSE values ranged from (2,388-4,302). The MAE and RMSE values are relatively small compared to the Average Vw, Vs and Vg values (29-37), which means that the map produced by the Kriging method in the Surfer Tool is valid and has good performance in predicting soil Vw, Vs and Vg in the Mahat watershed. This is

reinforced by the linear model with a value of R<sup>2</sup> (0.744-0.859) which means the level of truth is close to 74% - 86%.

#### Conclusion

With the help of the Surfer Tool application, a 3D map of the Mahat watershed was successfully created and a 3D map of the distribution of the ideal soil composition (Vw, Vg, Vs).Based on local wisdom, farmers in the Mahat watershed plant Gambir on sloping land and sawah in flat valleys related to the management composition of the natural liquid phase (Vw) and gas phase (Vg) by topography. The modern science used in this study, namely ideal soil composition and 3 D contour maps, proved that farmers in the Mahat watershed, with their local wisdom, were correct in placing their position in planting Gambir, sawah and forests. It was found that the Gambir farming (found at altitude 250 - 1150 m ASL) and mixed garden (found at altitude 250 - 1150 m ASL) and natural conditions in the forest (found at altitude 400 - 1600 m asl) which influences the finding of ideal compositions for the % water (Vw) and the % gaseous or air (Vg), found on sloped topography at altitudes. sawah (found at an altitude of 200 - 450 m ASL) have the % water (Vw) which is 1.5 times more than the ideal soil composition. No ideal soil composition was found for Vw, Vg and Vs owned by one land use in the Mahat watershed.

#### ACKNOWLEDGMENT

The Research Team sincerely thanks the Laboratory Team and Student of Prodi Tata Air Pertanian in Politeknik Pertanian Negeri Payakumbuh for conducting an extensive analysis of soil composition. Financial support from Ristek BRIN with No. Contract: 160 / SP2H / LT / DRPM / 2020 is very much appreciated and many thanks.

.....  
.....  
.....  
.....

**D. STATUS LUARAN:** Tuliskan jenis, identitas dan status ketercapaian setiap luaran wajib dan luaran tambahan (jika ada) yang dijanjikan. Jenis luaran dapat berupa publikasi, perolehan kekayaan intelektual, hasil pengujian atau luaran lainnya yang telah dijanjikan pada proposal. Uraian status luaran harus didukung dengan bukti kemajuan ketercapaian luaran sesuai dengan luaran yang dijanjikan. Lengkapi isian jenis luaran yang dijanjikan serta unggah bukti dokumen ketercapaian luaran wajib dan luaran tambahan melalui Simlitabmas.

.....  
Luaran Wajib Dokumen Uji Produk: dengan Nama Produk:

#### **EVALUASI KESesuaian LAHAN KEBUN GAMBIR RAKYAT DI LANSKAP DAS MAHAT SERTA APLIKASINYA PADA PERTANIAN TERPADU (AGROEKOLOGI)**

Aflizar<sup>1,\*</sup> Amrizal<sup>1</sup> Jamaluddin<sup>1</sup>

Analisis kesesuaian tanah berdasarkan Surfer tool untuk Gambir mengungkapkan Di Das Mahat, Analisis wilayah menunjukkan bahwa ditemukan ada lahan yang tidak sesuai (N) untuk tanaman Gambir. Kurang sesuai (S3) untuk Gambir juga ditemukan. . begitupun ada lahan yang agak sesuai (S2) untuk Gambir dan ada juga lahan sesuai (S1) untuk budidaya Gambir karena faktor-faktor yang berbiaya tinggi untuk dapat diperbaiki yaitu iklim, sifat fisika dan kimia tanah. Tanah, yang “agak sesuai (S2) ” dan “kurang sesuai (S3),” disebabkan oleh faktor pembatas Banjir, erosi, kelerengan dan fisika- kimia tanah. Studi ini menunjukkan bahwa pembuatan basis data tentang parameter tanah dalam Surfer tool dan analisis multikriteria dan overlay peta ternyata sangat membantu dalam analisis terintegrasi parameter tanah untuk rekomendasi kesesuaian tanah

untuk Gambar. Potensi dan keterbatasan lahan dinilai dengan mempelajari berbagai parameter tematik untuk mengelola sumber daya alam dan untuk mengadopsi rencana penggunaan lahan alternatif, terutama di mana lokasi penanaman Gambir tidak layak di daerah aliran sungai. Peta tiga dimensi (3D) cetak biru kesesuaian lahan Gambir dapat sisipi dengan batas administrasi desa dan dapat digunakan untuk menunjukkan lokasi atau sub lokasi tertentu, di mana Gambir cocok. Peta 3D berbasis Surfer tool yang dihasilkan dapat digunakan oleh para ilmuwan, petani dan penyuluh untuk memilih lokasi penanaman gambir untuk area tertentu agar meningkatkan produktivitas gambir dan menguntungkan secara ekonomi bagi petani lokal dan lingkungan tetap terjaga.

\*correspondence author E-mail: aflizar\_melafu@yahoo.com.

Uraian Lengkap sudah dijelaskan diatas pada HASIL 1

Status dokumen :Granted

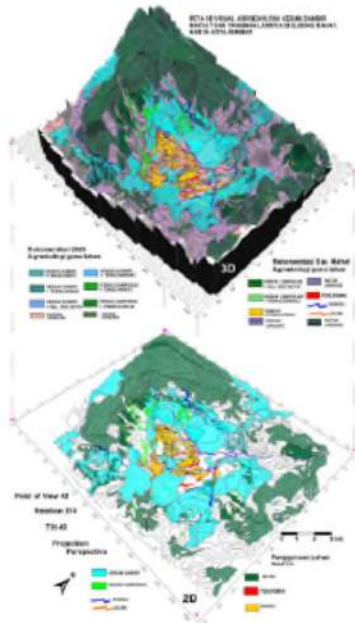
Nama Produk: Peta 3D Visual Agroekologi Kebun Gambir Rakyat Dan TanamanLainnya Di Subdas Mahat, Kab. 50 Kota Sumbar



**LUARAN WAJIB DOKUMEN HASIL UJI COBA PRODUK:**

**EVALUASI KESESUAIAN LAHAN KEBUN GAMBIR RAKYAT DI LANSKEP DAS MAHAT  
SERTA APLIKASINYA PADA PERTANIAN TERPADU (AGROEKOLOGI)**

**NAMA PRODUK**



**VISUAL PETA KONTUR DAN DISTRIBUSI KADAR AIR TANAH UNTUK PENGELOLAAN  
PERTANIAN DI DAS MAHAT**

**Aflizar<sup>1)</sup>, Edi Joniarta<sup>1)</sup>, Amrizal<sup>2)</sup> dan Jamaluddin<sup>2)</sup>**

**Abstrak**

Sudah berkembang dengan luas aplikasi perangkat lunak untuk analisa pemetaan dan pemrosesan dari data penelitian agar memperoleh penafsiran yang lebih akurat dalam pengelolaan Daerah Aliran Sungai (DAS). Kualitas dan efisiensi dari Visual Peta Kontur sangat berguna dalam membantu menganalisis distribusi Kadar Air tanah. Selanjutnya membandingkan antara distribusi dari karakteristik tanah. Dalam penelitian ini, Visual peta kontur dan peta 3 Dimensi (3D) kadar air tanah di DAS Mahat di proses dengan Surfer tool. Hasil dari penelitian ini mengungkapkan bahwa Surfer tool mampu membuat visual 3D DAS Mahat dari peta kontur dan peta 3D kadar air tanah dimana secara signifikan telah dapat meningkatkan efisiensi dalam menganalisa data dan memetakan secara hemat waktu, tenaga dan biaya bagi peneliti dan praktisi.



URAIAN LENGKAP PADA HASIL 4 DIATAS

  
**REPUBLIK INDONESIA**  
**KEMENTERIAN KEBUDAYAAN DAN HAKEKAT MANUSIA**

## SURAT PENCATATAN CIPTAAN

Dalam rangka pelaksanaan Undang-Undang tentang Hak Cipta, dengan ini menerangkan:

**Nama dan tanggal permohonan:** EKOVIDYUTAMA, 7 Juni 2010

**Penulis:** Assoc.Prof. Dr.Iwan SP, Ph.D., Sumbadinda, M.S., S.H.

**Nama:** 2 Insan Bangun No. 10 Bangun ST (1076) 02, Pajajaran 11, Kota, Sumatera Barat 26113, Pekanbaru, Sumatera Barat, 28213

**Kewarganegaraan:** Indonesia

**Pemegang Hak Cipta:** **PIHM Politeknik Perikanan Negeri Pekanbaru**

**Nama:** Jl. Raya Kampar Km. 11 Tanjung Piai, Kota, Pekanbaru, Sumatera Barat, 28211

**Kewarganegaraan:** Indonesia

**Jenis Ciptaan:** **Patent**

**Judul Ciptaan:** **Patent 3D Model Karamponan Lahan KAKI KULIT Dan Lahan Kuda Di Bawah Dengan Model Sederhana Dengan Sistem Lantai Di Suhu Manis, Kaki, 3D Kota Sumbang**

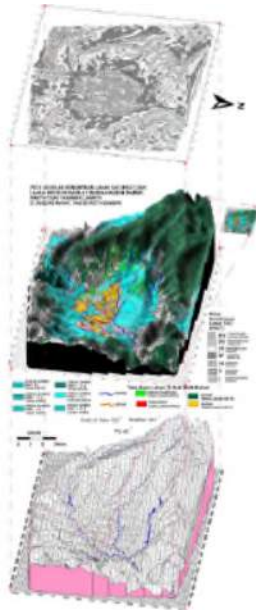
**Tanggal dan tempat diterbitkan untuk pertama kali di Republik Indonesia atau di luar negeri Indonesia:** 7 Juni 2010, di Tanjung Piai, Indonesia

**Jangka waktu perlindungan:** Selama adanya 20 (dua puluh) tahun sejak dipatenkan pertama kali di Republik Indonesia

**Nama pencatatan:** 282100001

Untuk Nomor Pendaftaran Kewarganegaraan yang diterbitkan oleh Pemerintah:  
Surat Pendaftaran Hak Cipta atau surat lain sesuai ketentuan dengan Pasal 71 Undang-Undang Nomor 19 Tahun 2014 tentang Hak Cipta.

s.d. **NIKIENI HOSMADINAH AGAS MANUDA**  
**DIREKTUR JENDERAL KEKAWAJIAN INTELEKTUAL**  
  
 Di Pekanbaru, Riau, L.L.M., AGAS  
 NIP. 19831119704030001





**EVALUASI KESESUAIAN LAHAN KEBUN GAMBIR RAKYAT DI LANSKEP DAS MAHAT SERTA  
LUARAN WAJIB DOKUMENTASI FOTO PENGUJIAN PRODUK:  
NAMA PRODUK**

**APLIKASINYA PADA PERTANIAN TERPADU (AGROEKOLOGI)**

**LAHAN GAMBIR DI DAERAH DATAR STATUS KESESUAIAN LAHANNYA S1 (SESUAI)  
DIAMANA DIUSAHAN MENGUNTUNGKAN DAN TIDAK MENYEBABKAN DEGRADASI TANAH**



**Figure. 2.**Gambir garden in Mahat Watershed:(a) Gambir garden in different topography, (b)Traditional method to boiling leave Gambir to be catechin.*Subkelas Kesesuaian Lahan di DAS Mahat*

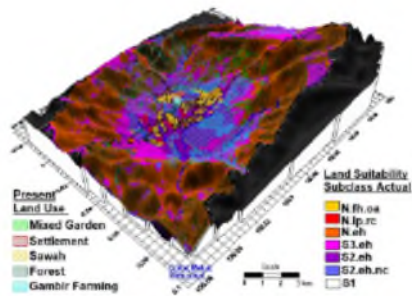


**LAHAN GAMBIR DI DAERAH LERENG > 50% DI DAS MAHAT DIMANA KESESUAIAN LAHANNYA SAAT INI (N) TIDAK SESUAI. DAN DIREKOMENDASIKAN DIBERIKAN KONSERVASI TERAS DAN DIHUTANKAN SAJA**





2.8. Validasi Kelas dan Subkelas Kesesuaian Lahan Gambir di DAS Mahat



Gambar 7. Overlay Present Land use dan peta topografi diatas peta Kelas dan Subkelas Kesesuaian Lahan di DAS Mahat untuk Validasi

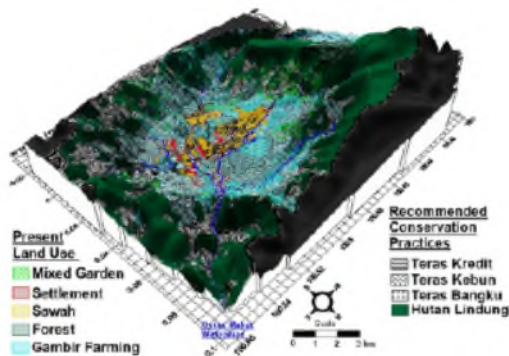


Gambir di lahan curam dalam kelas N (tidak sesuai dan harus diberikan teras atau di hutankan



Hutan alam di DAS Mahat pada daerah berlereng > 50% dan memberikan dampak baik mencegah erosi dan kerusakan DAS Mahat

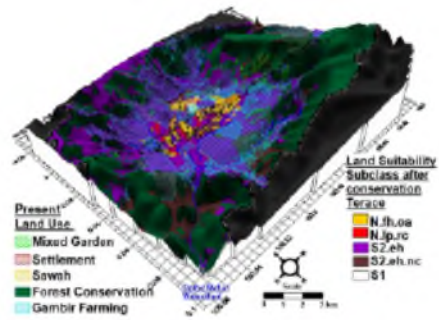
2.9. Rekomendasi Teknik Konservasi Teras pada Gambir Farming untuk merubah Kelas S3 menjadi S2 di DAS Mahat



Gambar 8. Rekomendasi Teknik Konservasi Teras dan Hutan Lindung pada Gambir Farming untuk Memperbaiki Kelas dan Subkelas Kesesuaian Lahan di DAS Mahat

Petani Gambir Lokal di DAS Mahat menerapkan indigeneus konservasi dimana sebagian petani ada yang mengkombinasikan Pertanian Gambir dengan kebun campuran atau dengan tanaman lainnya tetapi jumlahnya sangat sedikit, umumnya monokultur gambir saja di lahan berlereng





Gambar 9. Subkelas Kesesuaian Lahan di DAS Mahat setelah Rekomendasi Teknik Konservasi Teras dan Hutan Lindung

Bila dikenalkan teknologi Konservasi Teras pada lahan gambir di DAS Mahat maka Lahan yang semula N (tidak sesuai) dan S3(kurang sesuai) akan berubah menjadi kesesuaian lahan S2 (agak sesuai).



Fig. 2. The Gambir farming, catechin, river condition and other land use type in Mahat Watershed.

#### ANALISA TANAH DI LABORATORIUM POLITEKNIK PERTANIAN NEGERI PAYAKUMBUH

Mengukur kadar air tanah dan mengeringkahn sampel tanah



Survei Pengambilan sampel tanah

Mengukur kadar air tanah dan mengeringkan sampel tanah



Menarikkan sampel tanah



Mengeringkan sampel dan Gambir



**PENGOLAHAN GAMBIR SECARA TRADISIONAL SAAT INI JUGA MENJADI PENYEBAB RENDAHNYA KWALITAS GAMBIR KARENA KADANG 2 GAMBIR DI CAMPUR DENGAN TANAH LIAT DAN PUPUKI SESUAI DENGAN PERMINTAAN TOKE/ PEDAGANG PENGUMPUL GAMBIR YANG BERKAITAN DENGAN POLITIK DAGANG DARI INDIA**



Teknologi sederhana untuk mendeteksi Kualitas gambir itu murni atau banyak di campur dengan tanah liat atau pupuk dan lain sebagainya yang tujuannya untuk menambah berat . dimana awalnya menguntungkan tetapi kemudian Pedagang besar dari india menolak dan terjadilah penurunan harga Gambir dari Rp 100.000. kg menjadi Rp. 20.000/ kg. akibatnya petani gambir menjerit



**3 Hak Cipta terdaftar di Dirjen Haki Menkumham RI**

**PABRIK GAMBIR MODERN MILIKI ORANG INDIA DI KABUPATEN LIMA PULUH KOTA YANG HANYA MEMBELI DAUN GAMBIR DARI PETANI TERNYATA MENGANCAM KEBERLANGSUNGAN HIDUP PETANI GAMBIR DAN KERIFAN LOKAL SERTA PENCEMARAN LINGKUNGAN DARI LIMBAH.**







.....  
 .....  
 .....

E. **PERAN MITRA:** Tuliskan realisasi kerjasama dan kontribusi Mitra baik *in-kind* maupun *in-cash* (untuk Penelitian Terapan, Penelitian Pengembangan, PTUPT, PPUPT serta KRUPPT). Bukti pendukung realisasi kerjasama dan realisasi kontribusi mitra dilaporkan sesuai dengan kondisi yang sebenarnya. Bukti dokumen realisasi kerjasama dengan Mitra diunggah melalui Simlitabmas.

#### REALISASI KETERLIBATAN MITRA

Mitra dalam Penelitian Terapan II tahun 2020 ini terdiri dari :

1. Pemerintahan Kabupaten Lima Puluh Kota; DINAS PANGAN
2. Pemerintah Kabupaten Lima Puluh Kota; Sekretariat Daerah
3. Pemerintah Kabupaten Lima Puluh Kota; Dinas Tanaman Pangan Hortikultura dan Perkebunan
4. Pemerintah Kabupaten Lima Puluh Kota; Dinas Lingkungan Hidup Perumahan Rakyat dan Pemukiman
5. Pemerintah Kota Payakumbuh; Dinas Lingkungan Hidup
6. Pemerintah Kota Payakumbuh; Dinas Ketahanan Pangan

REALISASI KETERLIBATAN MITRA dalam Bentuk Inkind dan In Cash

1. Pendampingan dalam Survei lapangan dan Validasi lapangan Kesesuaian Lahan Gambir
2. Bersama dalam melakukan sosialisasi kepada petani gambir tentang perlunya Konservasi Teras pada lahan gambir berlereng
3. Ikut serta dalam Survei Tanah dan Air dan pengambilan Sampel di Lapangan di DAS Mahat mencari data Primer
4. Berperan aktif dalam pemakaian software dan operasional peta Kesesuaian Lahan di Laptop desk top dan cara pengoperasian di lapangan dalam membantu mencari teknik konservasi teras bagi kebun Gambir Rakyat

FOTO FOTO KEGIATAN DISAJIKAN PADA LAMPIRAN DI BAWAH INI





**SURAT DARI MITRA BERSEDIADAN TELAH MENERIMA TEKNOLOGI KEMAMPUAN LAHAN DAN KESESUAIAN LAHAN VISUAL 3 DIMENSI**



**KUNJUNGAN KE KANTOR MITRA DAN SOSIALISASI DAN ADAPTASI TEKNOLOGI**



**VALIDASI KONDISI KESESUAIAN LAHAN DI KOMPUTER DENGAN DI LAPANGAN**



JEJAK DAS MAHAT TERDEGRADAI DAN EROSI TINGGI DARI BUKTI SEDIMEN DI HULU SUNGAI SETELAH HUJAN



BUKTI LAHAN GAMBIR DI KELERENGAN > 60% wajib diberikan konservasi TERAS DATAU DIHUTANKAN KEMBALI



MITRA BERPERAN DALAM SURVEI LAPANGAN



MITRA MENDAMPINGI DALAM SOSIALISSI KEPADA PEDAGANG GAMBIR UNTUK MENDETEKSI KWALITAS GAMBIR



MITRA MEMBERIKAN AKSES UNTUK MENGUNJUNGI PABRIK GAMBIR MODERN DARI MILIKI ORANG INDIA DI LOKASI PENELITIAN



MITRA MENDEMONSTRASIKAN DAN BERBAGI TEKNIK MENDETEKSI KUALITAS GAMBIR YANG BAIK DAN DICAMPUR



MITRA PRAKTEK PEMAKAIAN GPS DI LAPANGAN UNTUK MENCOCOK LOKASI LAPANGAN DAN MEMASUKAN KOORDINAT DI PETA DIGITAL DI LAPTOP



MITRA MENDAMPINGI DALAM MELIHAT EMBUNG SUMBER AIR IRIGASI DI DAS MAHAT



MITRA DI LATIH MENGAMBIL SAMPEL TANAH DAN SAMPEL AIR

.....  
.....  
.....  
.....

F. **KENDALA PELAKSANAAN PENELITIAN:** Tuliskan kesulitan atau hambatan yang dihadapi selama melakukan penelitian dan mencapai luaran yang dijanjikan, termasuk penjelasan jika pelaksanaan penelitian dan luaran penelitian tidak sesuai dengan yang direncanakan atau dijanjikan.

Kesulitan dan Hambatan yang berarti banyak sekali namun tim peneliti dengan ketulusan hati dan kerja keras dengan penuh rasa tanggung jawab berhasil melalui diantara kendala itu adalah:

1. Kator Mitra dari Dispenda sering tutup karena sosial distancing di masa Pandemi Covid 19.
2. Kelompok tani gambir tidak bisa berkumpul banyak orang hanya ketua kelompok tani saja dan beberapa orang untuk mendampingi dilapangan

Kesulitan dan Hambatan dalam mencapai Luaran yang dijanjikan sangat banyak. Namun tim peneliti berhasil melalui diantara:

1. 5 kali artikel di tolak oleh jurnal internasional, namun pada sumit yag ke-5 bisa diterima dengan major revisi pada Jurnal GEODERMA
2. Seminar internasional pada ICAST 2020 di Politeknik Engginering Padang juga sudah diterima untuk oral presentasi, namun saat ini belum dilaksanakan karean di lakukan padan bulan oktober
3. Seminar Nasional Sentrinov online di politeknik Banyuwangi baru akan dilaksakan pada 28 September 2020 ini.

.....  
.....  
.....  
.....

**G. RENCANA TAHAPAN SELANJUTNYA:** Tuliskan dan uraikan rencana penelitian di tahun berikutnya berdasarkan indikator luaran yang telah dicapai, rencana realisasi luaran wajib yang dijanjikan dan tambahan (jika ada) di tahun berikutnya serta *roadmap* penelitian keseluruhan. Pada bagian ini diperbolehkan untuk melengkapi penjelasan dari setiap tahapan dalam metoda yang akan direncanakan termasuk jadwal berkaitan dengan strategi untuk mencapai luaran seperti yang telah dijanjikan dalam proposal. Jika diperlukan, penjelasan dapat juga dilengkapi dengan gambar, tabel, diagram, serta pustaka yang relevan. Jika laporan kemajuan merupakan laporan pelaksanaan tahun terakhir, pada bagian ini dapat dituliskan rencana penyelesaian target yang belum tercapai.

### **3D EVALUASI KEMAMPUAN LAHAN, KESESUAIAN LAHAN DAN SURVEI SOSEKLIK KEBUN GAMBIR RAKYAT DI LANSKEP DAS MAHAT SERTA APLIKASINYA PADA PERTANIAN TERPADU (AGROEKOLOGI) TAHUN III**

1. Tuliskan dan uraikan rencana penelitian di tahun berikutnya berdasarkan indikator luaran yang telah dicapai

Fakta Banjir, Tanah Longsor dan Erosi Tanah tinggi serta Sedimen di sungai tinggi setelah hujan di DAS Mahat di Kab. Limapuluh Kota-Sumbar, sebagai indikator terjadinya lahan kritis yang luas dan sangat penting dibuat rekomendasi penggunaan lahan baru untuk menyehatkan DAS Mahat yang telah terdegradasi ini sebagai sentra Produksi Gambir (*Uncaria gambir Roxb.*) yang memproduksi 80% kebutuhan Dunia. Dengan pendekatan evaluasi kemampuan lahan, kesesuaian lahan dan soseklik. Penelitian PTUPT ini sangat penting dalam mendukung Renstra Politani yang nantinya akan menjadi sentra pelayanan dalam solusi Lahan Kritis dan pengelolaan DAS berkelanjutan dan Home Doktor dalam scanning pemetaan 3 Dimensi dan Mitigasi SDA dan manusia di Sumatera Barat. Bagi Petani Gambir direkomendasikan pada mencapai target mutu Katekin SNI 01-3391-200: Untuk menemukan sistim perencanaan yang tepat demi menggunakan tanah dan lahan juga investigasi forensik soseklik untuk menemukan tanaman spesifik yang cocok dikombinasikan dengan kebun Gambir Rakyat di DAS Mahat berdasarkan metode FAO dan rekomendasi mitigasi bencana serta mengangkat kesejahteraan petani Gambir dengan pemilihan tanaman spesifik lokal dan rekomendasi pupuk juga pilihan teknologi pascapanen yang tepat. Target khusus Tim ini menyajikan penelitian detail dan belum ada dilakukan di DAS Mahat dan Indonesia. Mampu publikasi di Jurnal Nasional Terakreditasi dan Internasional, mendapat HKI Hak Cipta Peta 3 dimensi (3D) bersifat mobil dan dapat dibuka di laptop yang menggambarkan untuk setiap nagari potensi kesesuaian lahan tanaman Gambir dan 101 tanaman pertanian lainnya, juga tindakan konservasi dan mitigasi serta pola Pertanian Gambir dan spesifik lokal berkelanjutan. Metode penelitian yang dipakai untuk mencapai tujuan yaitu Survei lapangan untuk mengecek kebenaran jenis tanah dan geologi di DAS Mahat, diambil contoh tanah dan batu serta air sungai dan irigasi secara detail dengan metoda stratifikasi random sampling untuk analisa fisika dan kimia tanah sekitar 150-200 sampel tanah. Informasi pertanian, kwisioner sosial ekonomi, dampak lingkungan pada 150-200 kwisioner sampel. Penelitian PTUPT yang diajukan ini sejalan dengan Renstra RIP Politani 2015-2019 dengan topik unggulan yaitu : 1. Teknologi Pertanian dan Teknik Lingkungan, Untuk pemecahan masalah di bidang: 2. Pengembangan produk/ alat untuk rehabilitasi lahan dan lingkungan serta penanggulangan bencana.

Tujuan Khusus Penelitian Terapan Tahun I (2019) yang telah di capai yaitu

- a) 3D Distribusi Kemampuan Lahan dari I,II,III,IV,V,VI,VII dan VIII di DAS Mahat dan aplikasinya pada agroekologi Gambir (Tercatat Hak Cipta 1 buah di Dirjend HAKI Kemenkumham RI) Tahun 1
- b) evaluasi soseklik Gambir dan polusi di sungai DAS Mahat di masyarakat lokal dengan kwisioner dan uji labor.

Tujuan Khusus Penelitian Terapan Tahun II (2020) yang telah di capai yaitu

- c) 3D evaluasi kesesuaian lahan S1, S2, S3 dan N untuk Gambir di DAS Mahat untuk pertanian terpadu. (Tercatat Hak Cipta 2 buah di Dirjend HAKI Kemenkumham RI) Tahun 2
- d) Karakteristik erosi tanah, erosi toleransi, DAS Mahat dalam peta digital 3D untuk dasar pengendalian Dampak Lingkungan dalam adaptasi dan mitigasi dampak pembangunan dan perubahan iklim dunia.
- e) Model real DAS Mahat dengan aplikasi agroekologi berkelanjutan dibandingkan model komputer 3 dimensi agroekologi (Tercatat Hak Cipta 1 buah di Dirjend HAKI Kemenkumham RI) Tahun 2

2. rencana realisasi luaran wajib yang dijanjikan dan tambahan (jika ada) di tahun berikutnya

Tujuan Khusus Penelitian Terapan Tahun III (2021) yang akan di capai yaitu

1. Distribusi Lahan Kritis, potensi Kritis dan Tidak Kritis DAS Mahat serta aplikasinya untuk pertanian Gambir terpadu dan tanaman lainnya
2. 3D evaluasi kesesuaian lahan S1, S2, S3 dan N untuk dan 105 tanaman spesifik pertanian di Indonesia untuk kelayakan di tanam di DAS Mahat dan DAS 50 kota untuk pengembangan industri Agroekoteknologi
3. Inteligen pemasaran Gambir dari rantai agen besar di Padang, Medan, Singapura dan India serta membangun Gambir Mart online di Politani dengan mencari peluang berkolaborasi dengan Agen besar Internasional untuk meningkatkan inkam petani gambir.
4. Mitigasi dan Zonasi wilayah berpeluang terdampak banjir dan tanah longsor dan lahan kritis di DAS 50 Kota

Tabel 1. Target Luaran

No	Jenis Luaran		Luaran		
			Tahun ke-1	Tahun ke-2	Tahun ke-3
1	Publikasi Ilmiah	Internasional/bereputasi Internasional	submitted	reviewed	accepted
		Nasional terakreditasi	submitted	reviewed	accepted
2.	Kekayaan Intelektual (KI)	Paten			
		Paten sederhana	-	-	-
		Hak Cipta	Granted	Granted	Granted
		Merek Dagang	-	-	-
		Rahasia dagang	-	-	-
		Desain produk industri	-	-	-
		Indikasi geografis	-	-	-
		Perlindungan varietas tanaman	-	-	-
		Perlindungan topografi sirkuit terpadu	-	-	-
3.	Teknologi Tepat Guna		produk	produk	penerapan
4.	Model/Purwarupa(prototype)/Desain		produk	produk	penerapan
5.	Tingkat Kesiapan Teknologi		4	5	6-7

dengan luaran yang dijanjikan ini berdasarkan tim ini telah mendapatkan hak cipta dari kemenkumham RI. HAKI sudah didapatkan a.Hak cipta Peta kantor menkumham nomor EC00201500341. Dan publikasi di : <http://www.jstage.jst.go.jp/browse/tropics> dan <http://www.tropicalsoiljournal.net> dan <http://www.j-sustain.com> dengan search aflizar.

Dalam penelitian terapan ini akan dihasilkan luaran sebagaimana disajikan dalam tabel diatas

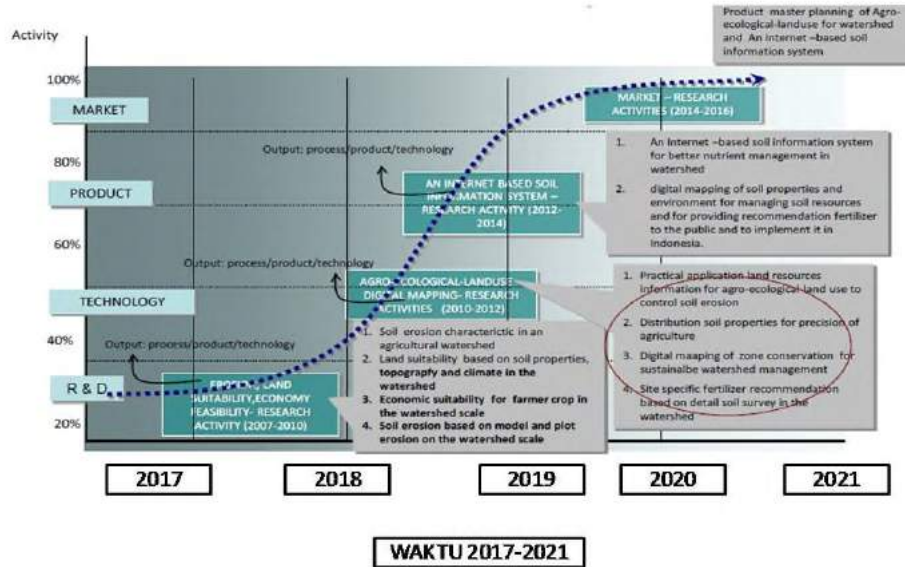
3. *roadmap* penelitian keseluruhan. Pada bagian ini diperbolehkan untuk melengkapi penjelasan dari setiap tahapan dalam metoda yang akan direncanakan

DAS Mahat di Kab. 50 Kota saat ini telah terjadi kerusakan yang parah dimana terindikasi dari seringnya terjadi banjir dan tanah longsor terjadi di Kecamatan Pangkalan dan Kec. Taram yang telah merusak pertanian rakyat dan kebun Gambir dan memakan korban jiwa selain itu juga telah mengganggu kinerja PLTA Koto Panjang. Sehingga sangat diperlukan zonasi daerah pertanian, zonasi daerah konservasi di DAS Mahat untuk menyelesaikan konflik kepentingan pada DAS dengan konsep Agro-ekologi-gunalahan Gambir dan tanaman pertanian lainnya dimana di tekankan lebih mengutamakan mitigasi sumberdaya alam dan manusia daripada mencari keuntungan sekelompok investor dan penguasa. Kondisi degradasi DAS Mahat di Kab 50 Kota karena kebun Gambir rakyat telah disampaikan pada Pendahuluan. Dimana Renstra Politani menjadi kampus berkelas Nasional dan Internasional, maka wajib ada memiliki tulisan di Jurnal berkelas Nasional

sampai Internasional, saat ini baru memiliki Jurnal Lokal namun dapat diakses online di internet.

Peta Jalan penelitian yang diajukan ini mengacu pada renstra penelitian Politani Payakumbuh untuk menciptakan pengelolaan DAS Mahat berkelanjutan dan menjaga kebun Gambir rakyat lestari berkesinambungan dengan tetap mempertahankan inkam petani dan harmoni dengan alam. Research tentang Lahan Kritis, agroekologi berkelanjutan di Politani Sudah dimulai sejak tahun 2007, dimana dilakukan identifikasi degradasi DAS yang telah mengalami titik lahan kritis karena adanya alih fungsi hutan menjadi agroindustri. Setelah ditemukan fakta degradasi maka dilakukan langkah upaya penyehatan DAS Mahat di Sumbar dalam bentuk pemodelan. Langkah ini perlu dilanjutkan dengan aplikasi dilapangan dengan pilot proyek. Telah dipublikasikan degradasi DAS dan teknik konservasi dengan Agroekologigunalahan di jurnal Nasional dan jurnal internasional dimana dapat dilihat dengan mengetik pada mesin search "afilzar" pada website. <http://www.j-sustain.com>, <http://www.jstage.jst.go.jp/browse/tropics>, <http://www.tropicalsoiljournal.net>, <http://www.goldensoftware.com/product/surfer/#gallery>, [http://www.pertanika.upm.edu.my/\[1,2,3\]](http://www.pertanika.upm.edu.my/[1,2,3])

## Peta Jalan Penelitian Forensik Lahan Kritis dan Kebun Gambir di SubDAS subDAS Kab. 50 Kota









No	Nama Kegiatan	Bulan											
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
	50 kota												
25	45.Digital Masterplan Agroekologi/pertanian terpadu dan untuk 105 tanaman spesifik pertanian di das mahat dan das kab 50 kota												
26	46.Digital Masterplan Perlindungan dan untuk 105 tanaman spesifik pertanian di das mahat dan das kab 50 kota												
27	47.Digital Masterplan Perlindungan GAMBIR dan untuk 105 tanaman spesifik pertanian di das mahat dan das kab 50 kota												
28	48.Input data raster, peta, tabulasi grafik dalam authorware dan untuk 105 tanaman spesifik pertanian di das mahat dan das kab 50 kota												
29	49.Pembuatan model SIM untuk Agroekologi guna lahan dan untuk 105 tanaman spesifik pertanian di das mahat dan das kab 50 kota												
30	50.Desiminasi model dan untuk 105 tanaman spesifik pertanian di das mahat dan das kab 50 kota pada penyukuh pertanian agar berguna untuk ketahanan pangan nasional dan DAS												
32	Karakteristik bahan organik tanah dan untuk 105 tanaman spesifik pertanian di das mahat dan das kab 50 kota												
35	51. Zonasi kawasan banjir untuk mitigasi dan untuk das kab 50 kota												
36	52. Zonasi kawasan longsor untuk mitigasi untuk das kab 50 kota												
	Intelligen pemasaran Gambir dari rantai agen besar di Padang, Medan, Singapura dan India serta membangun Gambir Mart online di Politani dengan mencari peluang berkolaborasi dengan Agen besar Internasional untuk meningkatkan inkam petani gambir.												
	Mitigasi dan Zonasi wilayah berpeluang terdampak banjir dan tanah longsor dan lahan kritis di DAS 50 Kota												
37	C. Penulisan Laporan												
38	51.Pengetikan laporan dan penjilid												
39	52.pengiriman artikel ke jurnal akreditasi dikti												
40	53.Pembuatan draft Hak Cipta Peta digital dan pendaftaran di menkumhan Padang sumbar												
41	54.Pembuatan draft paten dan pendaftaran nomor di menkumhan Padang sumbar												
42	55.Pengiriman draft Seminar Nasional dan Internasi												
43	56. Oral presentasi pada seminar nasional/internasional												

5. penjelasan dapat juga dilengkapi dengan gambar, tabel, diagram, serta pustaka yang relevan

6. pada bagian ini dapat dituliskan rencana penyelesaian target yang belum tercapai

Memperbanyak mengirikan artikel ke Jurnal internasional Q1, Q2, Q3 dan Q4 scopus. Serta mengirimkan artikel ke Jurnal Nasioanal Sinta.

Memperbanyak penyuluhan kepada petani Gambir tradisonal tentang pentingnya melakukan konservasi di lahan gambir

Sosialisasi kepada Penrik Gambir Modern untuk mengolah limbah cair lebih baik dan tidak membuang langsung ke sungai limbah cairnya dalam keadaan kotor berwarna hitan .

Mengenalkan zonasi kesesuaina lahan kepada pemda dan mengembankan ada 105 lagi tanamam yang masih bisa dikembangkan di DAS kab 50 Kota

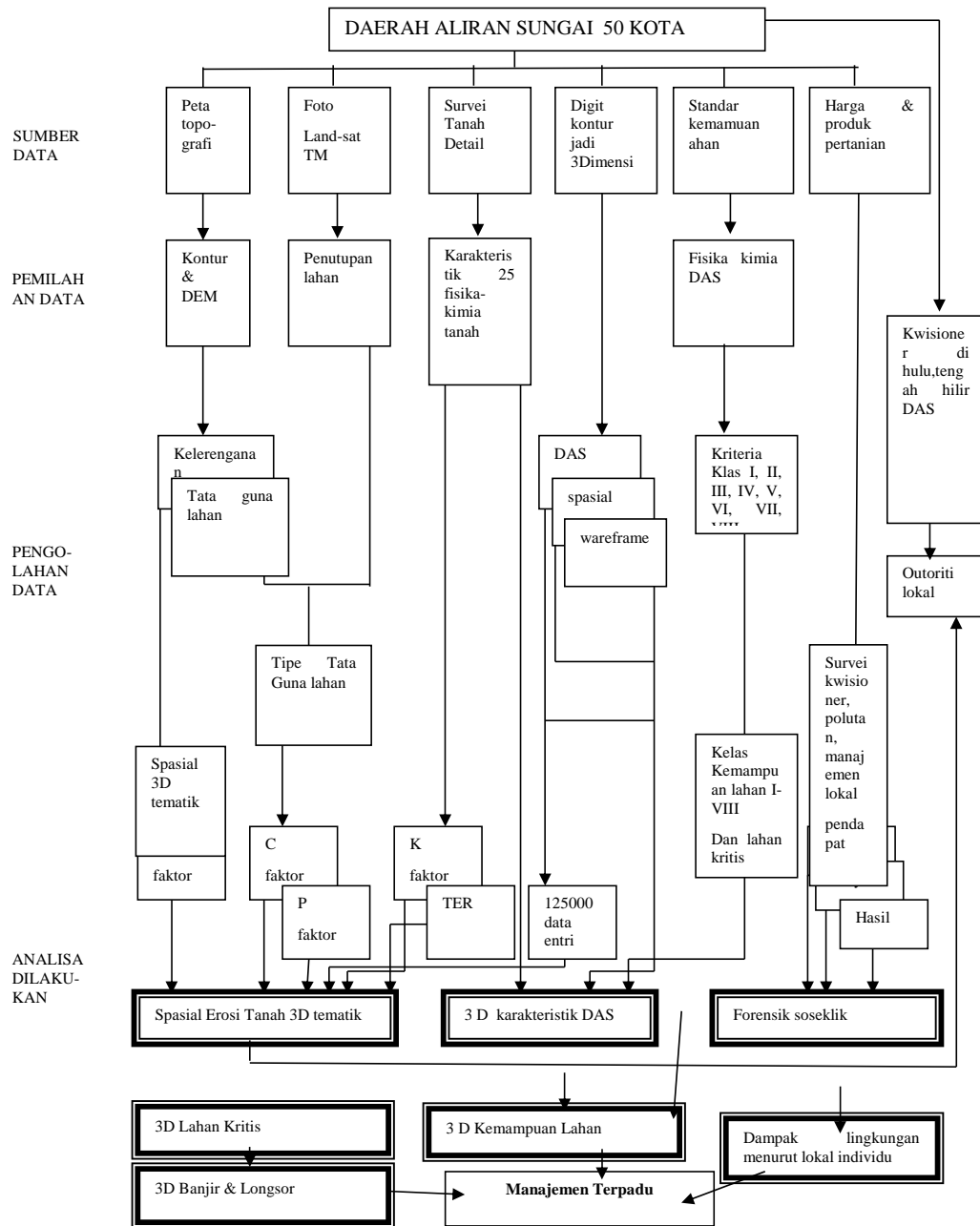
Menerapkan konsep 1 nagari 1 produk pertanian unggulan berdasarakan peta kesesuaian lahan S1, S2, S3 dan N

.....

Tabel 1 . Proses Penentuan evaluasi Kemampuan Lahan dan Lahan Kritis

Pola Ruang RTRW Provinsi		KEMAMPUAN LAHAN							
		I	II	III	IV	V	VI	VII	VII
1.Kawasan Lindung									
1.1	Hutan Lindung	TK	TK	TK	TK	TK	TK	TK	TK
1.2	Perlindungan Setempat(Sepadana sungai, danau,pantai)	TK	TK	TK	TK	TK	TK	TK	TK
1.3	Kawasan Konservasi	TK	TK	TK	TK	TK	TK	TK	TK
1.4	Perlindungan Geologi								
	Perlindungan Bencana	TK	TK	TK	TK	TK	TK	TK	TK
	Karst	TK	TK	TK	TK	TK	TK	TK	TK
2.Kawasan Budidaya									
2.1	Hutan Produksi	TK	TK	TK	TK	TK	K	K	K
2.2	Pertanian								
	Lahan Kering	TK	TK	TK	TK	PK	PK	K	K
	Sawah	TK	TK	PK	PK	K	K	K	K
2.3	Perikanan	TK	TK	TK	TK	TK	TK	K	K
2.4	Pemukiman	TK	TK	TK	TK	K	K	K	K
2.5	Industri	TK	TK	TK	TK	K	K	K	K

TK=Tidak Kritis; PK= Potensi Kritis, K= Kritis; Sumber: Dr. Baba Barus (2012)



Gambar 5. Data sumber dan pemilahan data dan proses analisa. (Sumber: Aflizar, 2010, 2013)

Memakai metode FAO (1976) dengan mengumpulkan data Metode Analisa data untuk Kesesuaian lahan untuk agroekologi yaitu (kelerengan-metode grid kontur dan calculus, kepekaan erosi-metode K-faktor USLE, tingkat erosi metode A-USLE, keladalaman tanah-metode profil tanah, visual, tekstur, permeabilitas, drainase-metode profil tanah, kerekel-metode visual, ancaman banjir-metode interview dan run off, salinitas-metode elektrik pH meter). Kemudian data di cocockkan dengan penilaian kesesuaian lahan untuk das 50 kota bagi 105 tanaman spesifik lainnya di indoneisa

Semua data base akan dirobah dalam bentuk spasial 3 dimensi peta tematik yang bersifat mobil bisa dibuka di laptop dan mudah dibawa kelapangan bentuk penampilan seperti gambar 2. Akan lahir 3 dimensi kemampuan lahan Pekerjaan ini selama 4 tahun karena akan dibuat untuk setiap subDAS sehingga terungkap potensi untuk 1 Nagari 1 Produk

.....  
.....  
.....  
.....

**H. DAFTAR PUSTAKA:** Penyusunan Daftar Pustaka berdasarkan sistem nomor sesuai dengan urutan pengutipan. Hanya pustaka yang disitasi pada laporan kemajuan yang dicantumkan dalam Daftar Pustaka.

**References**

**EVALUASI KESESUAIAN LAHAN KEBUN GAMBIR RAKYAT DI LANSKEP DAS MAHAT SERTA APLIKASINYA PADA PERTANIAN TERPADU (AGROEKOLOGI)**

1. E .Van Ranst. "Modelling land production potentials—a new wave in land suitability assessment" .In :New Waves in Soil Science. Refresher Course for Alumni of the International Training Centre for Post-graduate Soil Scientists of the Ghent University, Harare, University of Zimbabwe, Publications series 7, ITC, Ghent, 1994.
2. N .Walke, GP .Obi Reddy, AK .Maji and S .Thayalan." GIS-based multicriteria overlay analysis in soil-suitability evaluation for cotton (*Gossypium spp.*): A case study in the black soil region of Central India". Computers & Geosciences 41. 108–118, 2012.
3. DG .Rossiter. "A theoretical frame work for land evaluation". Goederma 72. 165–190, 1996.
4. FAO. "A Framework for Land Evaluation". Soils Bulletin 32. FAO. Rome. p.72, 1976.
5. D .Dent and A .Young. "Soil Survey and Land Evaluation". George Allen and Unwin Ltd., London, p. 278, 1981b.
6. CJI .Barredo. "Sistemas de Informacion Geografica y evaluacion multicriterio en la ordenacion del territorio". RA-MA Editorial, Madrid, Espana, 1996.
7. Aflizar, A .Roni and T . Masunaga. "Assessment Erosion 3D hazard with USLE and Surfer Tool: A Case study of Sumani Watershed in West Sumatra Indonesia". J. Tropical Soils . vol. 18, no. 1, pp. 81–92, 2012.
8. Aflizar, S. Amrizal, Husnain, I. Rudy , Darmawan, Harmailis, S. Hiroaki, W. Toshiyuki and M. Tsugiyuki. "Soil erosion characterization in an agricultural watershed in West Sumatra, Indonesia".Tropics 19.29-42, 2010a.
9. Aflizar, S. Amrizal, Husnain, Ismawardi, I. Bambang, Harmailis, S. Hiroaki, W. Toshiyuki and M. Tsugiyuki. "A land use planning recommendation for the Sumani watershed, West Sumatera, Indonesia". Tropics 19. 43-51, 2010b.
10. S .Baja, DM .Chapman and D .Dragovich. "A conceptual model for defining and assessing land management units using a fuzzy modeling approach in GIS environment". Environmental Management 29. 647–661, 2002.
11. T .Yizengaw and W .Verheye. "Application of computer captured knowledge in land evaluation, using ALES in central Ethiopia". Geoderma 66. 297-311, 1995.
12. T .Wakatsuki, Y .Shinmura, E .Otoo and GO .Olaniyan. "African-based sawah system for the integrated

- watershed management of the small inland valley of West Africa". FAO Water Report no. 17. p. 5-79, 1998.
13. DK .Mandal, C .Mandal and MV .Venugopalan. "Suitability of cotton cultivation in shrink–swell soils in central India". *Agricultural Systems* 84. 55–75, 2005.
  14. Husnain, Wakatsuki T, Setyorini D, Hermansah, Sato K and Masunaga T. "Silica availability in soils and river water in two watersheds on Java Island, Indonesia". *Soil Sci. Plant Nutr* 54. 916-927, 2008.
  15. Hiroaki Somura, Darmawan, Kuniaki Sato, Makoto Ueno, Husnain, Aflizar. "Tsugiyuki Masunaga Characteristics and potential usage of dissolved silica in rice cultivation in Sumani Watershed, Sumatra, Indonesia". *Pertanika Journal Tropical Agricultural Science*. 39. (4). 601 – 615, 2016.
  16. JW .Bauder. "Particle-size Analysis. In: *Methods of Soil Analysis, Part 5*". *Physical and Mineralogical Methods*, (eds. Klute, A.), American Society of Agronomy and Soil Science Society of America, Madison, Wisconsin, p. 399-404, 1986.
  17. WH .Wischmeier and DD .Smith . "Predicting rainfall erosion losses": a guide to conservation farming, *USDA Handbook: No. 537 US Department of Agriculture, Washington, DC* pp 1-58, 1978.
  18. Golden Software. "SURFER 9 for windows. Golden, Colorado". 2010. Available from URL: <http://www.goldensoftware.com/products/surfer/surfer.shtml>.
  19. Aflizar, Alarima Cornelius Idowu, Roni Afrizal, Jamaluddin, Husnain, Toshiyuki Wakatsuki, Edi Syafri. "3D Agro-Ecological Land Use Planning Using Surfer Tool for Sustainable Land Management in Sumani Watershed, West Sumatra Indonesia". *Journal of Tropical Soils*. 18 (3).57-68. 2014
  20. Soil Survey Staff. "Keys to Soil Taxonomy". Washington, DC: USDA Natural Resources Conservation Service. Available online. [ftp://ftp-fc.sc.egov.usda.gov/NSSC/Soil\\_Taxonomy/keys/1990\\_Keys\\_to\\_Soil\\_Taxonomy.pdf](ftp://ftp-fc.sc.egov.usda.gov/NSSC/Soil_Taxonomy/keys/1990_Keys_to_Soil_Taxonomy.pdf), 1990.
  21. Coughlan KJ, McGarry D and Smith GD. "The physical and mechanical characterization of Vertisols". In: *Proceedings of the First Regional Seminar on Management of Vertisols under Semi-arid Conditions, IBSRAM Proceedings No. 6, Nairobi, Kenya*, pp. 89–106, 1986.
  22. NC .Brady and RR .Weil. "The Nature and Properties of Soils. Fourteenth edition revised". Pearson International edition. Pearson education Japan.p. 121-171, 2008.
  23. LA .Richards . "Diagnosis and improvements of saline and alkaline soils". *Agril. Handbook*, 60. , USDA, Washington, D.C, p. 160, 1954.
  24. Imaizumi K and Yoshida S. "Edaphological studies on silicon supplying power of paddy field". *Bull. Natl. Inst. Agric. Sci*. B8. 261-304 (in Japanese with English summary), 1958.
  25. Darmawan, Kyuma K, Saleh A, Subagyo A, Masunaga T and Wakatsuki T. "Effect of long-term intensive rice cultivation on teh available silica content of sawah soils: Java Island, Indonesia". *Soil Sci. Plant Nutr* 52. 745-753., 2006.
  26. PK .Bollich and VV .Matichenkov. "Silicon status of selected Louisiana rice and sugarcane soils". *Proceedings of the Second Silicon in Agriculture Conference*, 2–26 August 2002, Tsuruoka, Yamagata, Japan, pp. 50–53, 2002.
  27. H .Sumida. "Silicon supplying capacity of paddy soils and characteristics of silicon uptake by rice plants in cool regions in Japan". *Bull. Tohoku, Agric. Exp. Stn* 85. 1-46 (in Japanese with English summary), 1992.
  28. Fiantis D, Nelson .M, Shamsuddin J, Goh TB, Van Ranst E.. "Determination of the Geochemical Weathering Indices and Trace Element Content of new Volcanic Ash deposits from mt. Talang west Sumatra) Indonesia". *Euroasian Soil Science* 43(13\_. 1477-1485, 2010

#### Reference

#### **Geochemical methods for mapping available-Si distribution in soils in West Sumatra, Indonesia**

29. Aflizar, Afrizal R., Masunaga T. 2013. Assessment erosion 3D Hazard with LISLE and surfer tool: a case study of Sumani Watershed in West Sumatra Indonesia, *J. Trop Soils*, 18 (1). p. 81-92.
30. Aflizar, Aprisal, Alarima C.I, Masunaga, T. 2018. Effect of soil erosion and topography on distribution of cadmium (Cd) in Sumani watershed, West Sumatra, Indonesia. *Matec Web of Conferences* 229. 03001.

31. Aflizar, Hasman, E, Agustamar, Irwan, A, Gusmalini, Susena, W, Ismawardi, Erprabawayudha, Idowu C.A. 2019. Soil Suitability Evaluation for Sawah in Sumani Watershed in West Sumatra Indonesia using Surfer Tool. IEEE. Doi:10.1109/iCAST1.2018.8751621.
32. Aflizar, Saidi, A., Husnain, Hermansah, Darmawan, Harmailis, Soumura, H., Wakatsuki, T. & Masunaga, T. 2010. Characterization of soil erosion status in an agricultural watershed in West Sumatra, Indonesia. *Tropics*, vol 19. accepted on March 25, 2010
33. Ahmadi, S.H., Amin, S., Keshavarzi, A.R. & Mirzamosafa, N. 2006. Simulating watershed outlet sediment concentration using the ANSWERS Model by applying two sediment transport capacity equations. *Biosystems Engineering*, 94: 615-626
34. Amore, E., Modica, C., Mark, A., Nearing, N.A. & Santoro, V.C. 2004. Scale effect in USLE and WEPP Application for soil erosion computation from three Sicilian basins. *Journal of Hydrology*, 293: 100-114.
35. Bischoff, J.L., Rosenbaver, R.J. 1996. The alteration of rhyolite in CO<sub>2</sub> charge water at 200 and 350 oC: the unreactivity of CO<sub>2</sub> at higher temperature, *Geochemica et cosmochimica acta*. 60. 3859-3867.
36. Bollich ,P.K, Matichenkov, V.V. 2002.Silicon status of selected Louisiana rice and Sugarcane soils. Proceedings of the second Silicon in Agriculture Conference,22-26 August 2002, Tsuruoka, Yamagata, Japan, pp.50-53.
37. Dahlgren, R.A., Ugolini, F.C. & Casey, W.H. 1999. Field weathering rates of Mt.St. Helens tephra. *Geochemica et cosmochimica. Adv.* 63. 587-598.
38. Darmawan, Kyuma, K., Saleh, A., Subagjo, H., Masunaga, T., &Wakatsuki, T. 2006. Effect of long-term intensive rice cultivation on the available silica content of sawah soils: Java Island, Indonesia, *Soil Sci. Plant Nutr*, 52, 745-753.
39. Farida, Jeanes, K., Kurniasari, D., Widayati, A., Ekadinata, A., Hadi, D.P., Joshi, L., Deshi. & Suyamto, M.V.N. 2005. Rapid hydrological appraisal (RHA) of Singkarak Lake in the context of Rewarding Upland Poor for Environmental services (RUPES). Available online. :[http://www.worldagroforestry.org/sea/Networks/RUPES/download/Annual\\_Reports/Appendices2005/Appendix4-2\\_RHA\\_Singkarak\\_Report.pdf](http://www.worldagroforestry.org/sea/Networks/RUPES/download/Annual_Reports/Appendices2005/Appendix4-2_RHA_Singkarak_Report.pdf).
40. Fiantis, D, Nelson, M, Shamshuddin, J, Goh T.B. & Ranst E.V. 2010. Leaching experiments in tephra deposits from Talang volcano (West Sumatra), Indonesia. *Geoderma*. Doi:10.1016/j.geoderma.2010.02.013
41. Gee, G.W. & Bauder, J.W. 1986. Particle-size Analysis. In: *Methods of Soil Analysis, Part 1. Physical and Mineralogical Methods*, (eds. Klute, A.), American Society of Agronomy and Soil Science Society of America, Madison, Wisconsin, p. 399-404.
42. Golden software. 2002. Surfer® 8 for windows. Golden, Colorado. Available online. <http://www.goldensoftware.com/products/surfer/surfer.shtml>.
43. Goovaerts, P. 2000. Geostatistical in soil science: state-of-the-art and perspectives. *Geoderma*, 89: 1-45.
44. Greenwood, D. J., & Karpinets, T. V. (1997). Dynamic model for the effects of K fertilizer on crop growth, K- uptake and soil- K in arable cropping. 2. Field test of the model. *Soil use and management*, 13(4), 184-189.
45. Hallmark CT, Wilding LP 1982: Silicon.In *Methods of Soil Analyses, Part 2*, 2nd edn, Agronomy monographs 9, pp 263-273. American Society of Agronomy, Madison, USA.
46. Hartemink AE. 1998. Soil chemical and physical properties as indicators of sustainable land management under sugar cane in Papua New Guinea. *Geoderma* 85. 283-306.
47. Husnain, wakatsuki, T., Styorini, D., Hermansah, Sato, K. & Masunaga, T. 2008. Silica availability in soils and river water in two watershed on Java Island, Indonesia. *Soil. Sci. Plant. Nutr.* 54. 916-927.
48. IITA 1979: Selected Methods for Soils and Plant Analysis, Manual Series No. 1, IITA, Ibadan, Nigeria, pp. 70.
49. Imaizumi, K. & Yoshida, S. 1958. Edaphological studies on Silicon supplying power of paddy field. *Bull. Nah. Inst. Agric. Sci.* B8. 261-304.
50. Irvem, A., Topaglu, F. & Uygur, V. 2007. Estimating spatial distribution of soil loss over Seyhan River Basin in Turkey. *Journal of Hydrology*, 336: 30-37.
51. Jansen, B., Mulder, J., & Verstraten, J. M. (2003). Organic complexation of Al and Fe in acidic soil

- solutions. *Analytica Chimica Acta*, 498(1-2), 105–117. doi:10.1016/j.aca.2003.08.054
52. Keckler, D. (1994). *Surfer for Windows, Contouring and 3D Surface Mapping: User's Guide*. Golden Software.
  53. Kitanidis, P. K., 1983, "Statistical Estimation of Polynomial Generalized Covariance Functions and Hydrologic Method," *Journal of Hydrology Science*, Vol. 36, No. 3, pp. 223-240.
  54. Koyama T, Sutoh M 1987: Simultaneous multi element determination of soils, plant and animal samples by inductively coupled plasma emission spectrophotometry. *Jpn. J. Soil Sci. Plant. Nutr.*, 58(5), 578-585. (in Japanese)
  55. Kravchenko, A. & Bullock, D.G. 1999. A comparative study of interpolation method for mapping soil properties. *Agronomy Journal*, 91: 393-400.
  56. Kusumandari, A. & Mitchell, B.R. 1997. Soil erosion and sediment yield in forest and agroforestry areas in West Java, Indonesia. *Journal of Soil and Water Conservation*, 52: 376-380.
  57. Kutigai K, Nakagawa F, Morioka M, Nagasawa K, Sato Y, Konno Y and Ueno M 2002. The Concentration of Silica in Rice Plant with Reference to the Silica Status in Paddy Field and River Water in Yamagata Prefecture. In: *Second Conference Silicon in Agriculture*. Tsuruoka, Yamagata, pp. 72-75.
  58. Kawaguchi, K & Kyuma, K. 1977. *Paddy soils in Tropical Asia, their material Nature and Fertility*. University Press of Hawaii, Honolulu.
  59. Matichenkov VV, Calvert DV 2002: Silicon as a beneficial element for sugarcane. *J. Am. Soc. Sugarcane Tech.*, 22, 21–30.
  60. Ma JF, Miyake Y, Takahashi E 2001: Silicon as a beneficial element for crop plants. In *Silicon in Agriculture*. Eds L.E Datnoff, G.H Snyder and G.H. Korndörfer, pp. 17-39. Elsevier, Amsterdam.
  61. Ma JF, Naoki Y, Namiki M, Kazunori T, Saeko K, Toru F, Maki K, Masahiro Y 2007: An efflux transporter of silicon in rice. *Nature*, 448, 209-212.
  62. McLean EO 1982: Soils pH and lime requirement. In *Methods of Soils Analysis*, No 9, Part 2. Eds AI Page, H Miller and DR Keeney, pp. 199–209. American Society of Agronomy, Incorporation, Soil Science Society of America, Incorporation Publisher, Madison.
  63. Moehansyah, H., Maheshwari, B.L. & Armstrong, J. 2004. Field Evaluation of Selected Soil Erosion Models for Catchment Management in Indonesia. *Biosystems Engineering*, 88: 491-506.
  64. Qafoku, N.P., Van Ranst, E., Noble, A. & Baert, G. 2004. Variable charge Soils: Their Mineralogy, Chemistry and Management advances in Agronomy. 84. 159-315.
  65. Shamshad, A., Leow, C.S., Ramlah, A., Hussin, W.M.A.W., Sanusi, S.A.M., 2008. Applications of Ann AGNPS model for soil loss estimation and nutrient loading for Malaysian condition. *International Journal of Applied Earth observation and Geoinformation* 10, 239-252.
  - 66.
  67. Shoji, S., Narzyo, M. & Dahlgren, R.A. 1993. *Volcanic ash soil genesis, properties and utilization*. Elsevier. Amsterdam, the Netherlands. 288 pp.
  68. Soil Science Society of America, 1997. *Glossary of Soil Science Terms*. Soil Science Society of America, Madison, WI.
  69. Somura, H, Darmawan, Sato, K, Ueno M, Husnain, Aflizar and Masunaga T. 2006. Characteristics and Potential Usage of Dissolved Silica in Rice Cultivation in Sumani Watershed, Sumatra, Indonesia. *Pertanika J. Trop. Agric. Sci.* 39 (4). 601-615.
  70. Sumida, H. 1992. Silicon supplying capacity of paddy soils and characteristics of silicon uptake by rice plants in cool regions in Japan. *Tohoku. Agric. Exp. Stn.* 85: 1-46
  71. Thomas, G.W. 1982. Exchangeable cation. In *methods of soils analysis*, number 9, part 2. ed all page, pp. 159-165. ASA, SSSA, Madison.
  72. THEODOSSIOU, N., & LATINOPOULOS, P. (2007). Corrigendum to "Evaluation and optimisation of groundwater observation networks using the Kriging methodology" [*Environ. Model. Softw.* (2006) 991–1000]. *Environmental Modelling & Software*, 22(3), 414–414. doi:10.1016/j.envsoft.2006.07.001
  73. Veihe, A. (2002). The spatial variability of erodibility and its relation to soil types: a study from northern



Ghana. *Geoderma*, 106(1-2), 101-120.

74. Wakatsuki, T., Shimura, Y., Otoo, E. & Olaniyan, G.O. 1998. African-based sawah system for the integrated watershed management of the small inland valley of West Africa. *FAO Water Report no. 17*. p. 5-79.
75. Walling, DE., He, Q. & Whelan, P.A. 2003. Using <sup>137</sup>Cs measurement to validate the application of the AGNPS and ANSWERS erosion and sediment yield models in two small Devon catchments. *Soil & Tillage Research*, 69: 27-43.
76. Wang, Y, Zhang, X, Huang, C. 2009. Spatial variability of soil total nitrogen and soil total phosphorus under different land uses in a small watershed on the Loess Plateau, China. *Geoderma*. 150. 141-149.
77. Warsi, O.M and Dykhuizen, D.E. 2017. Evolutionary implications of Liebig's law of the minimum: selection under low concentration of two nonsubstitutable nutrients. *Ecology and evolution*. 7. 5296-5309.
78. Wischmeier, W.H. & Smith, D.D. 1978. Predicting rainfall erosion losses: a guide to conservation farming, *USDA Handbook: No. 537* US Department of Agriculture, Washington, DC. p 1-58.
79. Wu, L, Beard, B.L, Roden, E.E, Johnson, C.M. 2009. Influence of pH and dissolved Si on Fe isotope fractionation during dissimilatory microbial reduction of hematite. *Geochimica et Cosmochimica Acta*, 73. 5584-5599.

#### VISUAL PETA KONTUR DAN DISTRIBUSI KADAR AIR TANAH UNTUK PENGELOLAAN PERTANIAN DI DAS MAHAT

#### 80. DAFTAR PUSTAKA

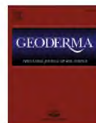
81. Si, Z., Li, S., Huang L., dan Chen Y. 2005. Pemrograman visualisasi untuk pemrosesan batch peta kontur berdasarkan VB dan perangkat lunak Surfer. *Advanced in engineering Software*.
82. Guo Junli. 2003. Data processing software design of radon measurement. *Taiyuan Univ Technol* 2003;4:20-9
83. Aflizar, Aprisal, Alarima C.I, Masunaga, T. 2018. Effect of soil erosion and topography on distribution of cadmium (Cd) in Sumani watershed, West Sumatra, Indonesia. *Matec Web of Conferences* 229. 03001.
84. Aflizar, Hasman, E, Agustamar, Irwan, A, Gusmalini, Susena, W, Ismawardi, Erprabawayudha, Idowu C.A. 2019. Soil Suitability Evaluation for Sawah in Sumani Watershed in West Sumatra Indonesia using Surfer Tool. *IEEE*. Doi:10.1109/iCAST1.2018.8751621.
85. Golden software., 2010. Surfer® 9 for windows. Golden, Colorado. Available online. <http://www.goldensoftware.com/products/surfer/surfer.shtml>.

#### References

Distribution of ideal Soil Composition combined with 3 Dimensional Contour of Mahat Watershed for sustainable Gambir farming

86. Aflizar, Hasman, E, Agustamar, Irwan, A, Gusmalini, Susena, W, Ismawardi, Erprabawayudha, Idowu C.A.. "Soil Suitability Evaluation for Sawah in Sumani Watershed in West Sumatra Indonesia using Surfer Tool". *IEEE*. Doi:10.1109/iCAST1.2018.8751621.2019
87. Soil ncsu. "Physic composition". 2019. <http://courses.soil.ncsu.edu/resources/physics/composition/compo3b.png>
88. Aflizar, Aprisal, Alarima C.I, Masunaga, T. "Effect of soil erosion and topography on distribution of cadmium (Cd) in Sumani watershed, West Sumatra, Indonesia".2018.*Matec Web of Conferences* 229. 03001.
89. Kalev, S. D., & Toor, G. S. "The Composition of Soils and Sediments". *Green Chemistry*, 339-357. 2018. doi:10.1016/b978-0-12-809270-5.00014-5
90. National Geographic."Composition and Physical Properties of Soils". *Developments in Soil Science*, 1-36.1983. doi:10.1016/s0166-2481(08)70048-5

91. <https://www.nationalgeographic.org/encyclopedia/soil-composition/>
92. Zeng, S., Li, S., Huang L., dan Chen Y. "Pemrograman visualisasi untuk pemrosesan batch peta kontur berdasarkan VB dn perangkat lunak Surfer". 2005. *Advanced in engineering Software*.
93. Guo Junli. "Data processing software design of radon measurement". *Taiyuan Univ Technol*. 2003;4:20-9
94. Somura, H, Darmawan, Sato, K, Ueno M, Husnain, Aflizar and Masunaga T. "Characteristics and Potential Usage of Dissolved Silica in Rice Cultivation in Sumani Watershed, Sumatra, Indonesia". 2016 *Pertanika J. Trop. Agric. Sci.* 39 (4). 601-615
95. Golden software. "Surfer® 9 for windows". 2010. Golden, Colorado. Available online. <http://www.goldensoftware.com/products/surfer/surfer.shtml>
96. Brady. NC and Weil. RR. "The nature and properties of soils .Fifteenth edition. Columbus" : Pearson, United States of America. 2016. LCCN 2016008568. ISBN 9780133254488 LC record available at <http://lccn.loc.gov/2016008568>
97. Shi, W., Liu, J., Du, Z., Song, Y., Chen , C., Yue, T.." Surface modelling of soil pH". 2009. *Geoderma* 150, 113-119
- 98.



## Geochemical methods for mapping available-Si distribution in soils in West Sumatra, Indonesia

Aflizar<sup>a,b,\*</sup>, Edi Syafri<sup>a</sup>, Jamaluddin<sup>a</sup>, Husnain<sup>b</sup>, Ahmad Fudholi<sup>c</sup>

<sup>a</sup> Department of Agricultural Technology, Agricultural Polytechnic, Payakumbuh, West Sumatra 26271, Indonesia

<sup>b</sup> Indonesian Agency for Agricultural Research and Development, Jakarta 12540, Indonesia

<sup>c</sup> Solar Energy Research Institute, Universiti Kebangsaan Malaysia, 43600 Bangi, Selangor, Malaysia

### ARTICLE INFO

Handling Editor: Alberto Agnelli

#### Keywords:

Spatial analysis  
Land-use type  
Soil-erosion map  
Sawah  
Watershed  
Physicochemical properties

### ABSTRACT

Silicon (Si) is an important element for rice plant, and its availability in soil is an important factor affecting sustainable rice production. Herein, the distribution of available Si and its correlation with land-use type and soil-erosion status were investigated and discussed using the universal soil loss equation (USLE) in the Sumani watershed (SW). This watershed is the main rice-production area in Sumatra, Indonesia. Results showed that the available Si levels in sawah soil were less than 300 mg SiO<sub>2</sub> kg<sup>-1</sup> on average. Sawah means a leveled and bounded rice field with an inlet and an outlet for irrigation and drainage, respectively. Available Si content in river sediments was also studied and determined to be higher than those in sawah or other land-use types. This finding may indicate that available Si or soil rich in Si was redistributed through soil erosion. Soil-erosion rate was negatively correlated with the concentration of available Si in soils. Land-use types with smaller values of crop factor in USLE calculation and soil with lower pH showed relatively lower available Si in the soils. Overall, our findings indicated that soil erosion and land-use types affected the distribution of available Si in the watershed.

### 1. Introduction

Silicon (Si) is an important element for rice production (Imaizumi and Yoshida, 1958). However, it is not a concern and has never been applied in sawah in Indonesia. In the field, blast diseases affect local rice varieties, which may be due to the deficiency of available Si, and several studies regarding the Si effect on rice production has been published in Indonesia. Darmawan et al. (2006) reported that about 11%–20% of available Si decreases in sawah soil owing to intensive rice cultivation over the last three decades. In addition, Husnain et al. (2008) reported that in West Java, the supply of Si in lowland sawah through irrigation has decreased because dissolved Si (DSi) is trapped by diatoms (phytoplankton) in dams. However, few studies have focused on the influence of Si availability on rice production and improving Si management.

To mitigate the above problems and thus improve the land-management planning of the watershed, soil erosion must be reduced. To realize this, the present status of soil erosion in relation to land-use pattern in the watershed needs to be evaluated. However, directly determining the soil erosion of the entire watershed is impractical as the necessary measurements are too broad ranging and time consuming.

Estimating soil erosion using models is more common and practical. Several types of models for the estimation of soil erosion have been developed, and they include the universal soil-loss equation (Ahmadi et al., 2006; Amore et al., 2004; Moehansyah et al., 2004; Walling et al., 2003; Kusumandari and Mitchell, 1997). In general, no single best model exists for all applications. Thus, the most appropriate model depends on the purpose of the study and the characteristic of the watershed (Shamshad et al., 2008). The application of USLE was evaluated to be sufficient for estimating soil-erosion rates as it can exhibit a relative ranking of soil-loss risk in watersheds when accurate parameter values are used. The USLE has also been used as a conservation-evaluation tool in Indonesia as aforementioned, although few studies have focused on measuring or estimation soil erosion (Aflizar and Masunaga, 2013).

The distribution of silica (silicon dioxide, SiO<sub>2</sub>) in soils is influenced by parent material, climate, vegetation, texture, pedogenesis, intensity of weathering (Hallmark and Wilding, 1982), and soil-erosion factor (Aflizar et al., 2018). The SiO<sub>2</sub> source for rice plant was derived from soil, irrigation water, and plant residue such as straw and rice husk if they are incorporated into the soil after harvesting. Soils derived from ash volcanic parent material contain more SiO<sub>2</sub> (Imaizumi & Yoshida,

\* Corresponding author.

E-mail addresses: [aflizar\\_melafu@yahoo.com](mailto:aflizar_melafu@yahoo.com), [aflizar@poltitanipk.ac.id](mailto:aflizar@poltitanipk.ac.id) (Aflizar).

<https://doi.org/10.1016/j.geoderma.2020.114833>

Received 21 March 2020; Received in revised form 4 November 2020; Accepted 7 November 2020  
0016-7061/© 2020 Published by Elsevier B.V.



Bagi bpk/ibu yg menulis paper tentang soil science paper kami yg baru online bisa di download gratis full paper kami sebagai referensi selama 50 hari kedepan di

[https://authors.elsevier.com/c/1c6fW\\_OJuF9nC](https://authors.elsevier.com/c/1c6fW_OJuF9nC)

terima kasih

1950) than do soils derived from alluvium material, particularly those in lowlands. Many rice fields or sawah located in lowlands has parent materials that are usually river sediment or alluvium, so the original SiO<sub>2</sub> availability is generally low (Alfian et al., 2019). Rice is a typical Si-accumulator plant that takes up Si from soil solution through an active mechanism (Ma et al., 2001, 2007).

According to Idris et al. (2009), the solubility of Si is influenced by pH and iron (Fe). Soil physical properties (texture, clay percentage, till and sand) and soil chemical properties (pH, total carbon (TC), total nitrogen (TN), calcium (Ca), magnesium, potassium (K) and sodium (Na)) served for sustainable land management in agriculture (Hutomo, 1997). Wang et al. (2009) reported that the distribution pattern of TN, total phosphorus (TP) and other nutrients significantly change with changes in land use, and distribution maps can be used to develop sustainable agriculture and improve the environment. Alfian et al. (2018) reported that the distribution of trace metal cadmium on a watershed is influenced by soil properties including pH, texture, TC, erosion and topographic factors.

The Indonesian government does not believe and does not acknowledge that silica (Si) deficiency has occurred in paddy soils in the country (Hutamin et al., 2018; Hutamin et al., 2006). However, we hypothesize that there is an Si deficiency in the soil, especially in the Sumatra watershed (SW). Thus, the conditions of rice fields in Indonesia should be evaluated, soil erosion is considered only as a cause of adverse effects on the environment because it causes soil degradation and disasters for the environment and agriculture (Alfian et al., 2010). We hypothesize that soil erosion also has a good effect on the environment because it causes nutrient-rich soil sediments and precipitates them in lowland rice fields.

Many farmers and agricultural practitioners in Indonesia assume that soil Si is not necessary for paddy sawah, so they believe that adding Si in artificial fertiliser is not necessary (Hutamin et al., 2018; Hutamin et al., 2006). Moreover, the soil can sufficiently provide natural Si. We hypothesize that Si in the soil is no longer sufficient for paddy sawah and that Si is contributed from irrigation water, river water (Sutanto et al., 2006) and sediments, which is then naturally distributed to the sawah.

However, the content of Si is no longer sufficient; therefore, Si should be added in the form of fertiliser to the sawah soil.

The present study aimed to determine the factors influencing the distribution of available Si in the SW, where volcanic ash and Si fertiliser of irrigation water can be natural sources. We hypothesize that the pH, TC, TN, base cation (Ca, K, Na) and trace metal Fe are factors controlling Si availability in sawah soil. Accordingly, we conducted a study on the distribution of available Si in relation to land use types and soil erosion status in the SW, a main rice-production area in West Sumatra, Indonesia. We have already previously observed that severe erosion occurred in the highlands of the watershed because of the land-use change from forest to agricultural field. Accordingly, we expected that these factors may influence available-Si distribution in the watershed. Soil erosion is generally regarded as a type of soil degradation. However, it may contribute to nutrient replenishment in sawah, especially in the lowlands, through the deposition of fine soil particles eroded from the highlands, as we discuss in this study.

2. Material and methods

2.1. Study area and soil sampling

This research was conducted in the SW in the Solok regency of West Sumatra (Latitude: 09° 20' 00" to 10° 44' 00" S, Longitude 100° 24' 11" to 101° 15' 40" E). SW has an active volcano, Mount Talang (2500 m asl). Further information about the study area and sample locations are shown in Figs. 1 and 2. On the east side of Mount Talang, we found a lake from which water flows through the lowlands and into lake Singkarak located at an altitude of 300 m asl. All the water of rivers and tributaries that flow into the SW also drain into lake Singkarak. According to data of climatological stations from 1996 to 2000, the SW has a humid tropical climate. The rainfall rate lowers at around 1609 and 3230 mm between altitudes of 300 and 2500 m. Annual temperatures range from 19 °C to 30 °C varying from highlands to lowlands. The average annual humidity also varies from 75.1% to 69.4% (Firda et al., 2005).

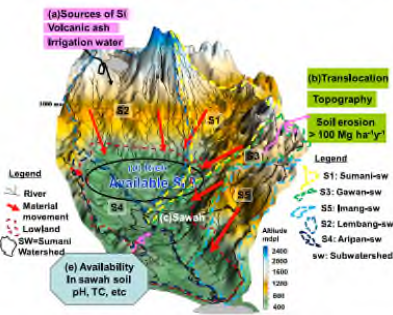


Fig. 1. Possible factors influencing the distribution of available Si in the SW. (a) Natural source of Si by volcanic ash, irrigation water and top soil. (b) Translocation of Si by topography and soil erosion. (c) Deficiency of Si in sawah soil. (d) Rich available Si in lowland. (e) Available Si in sawah soil controlled by pH, TC, etc.

**Table 1**  
Available SO<sub>2</sub> (mg/kg) and erosion-factor analyses in sampling sites in the Sumani watershed.

Location	Sub watershed	Land use	GPS reading		Erosion Mg/ha/yr						SiO <sub>2</sub> (0-20) mg SiO <sub>2</sub> /kg	SiO <sub>2</sub> status in soil
			East	South	R	K	Ls	C	P			
Jawi jawi 1	Sumani	Sawah	601,009	9,890,946	2452	0.1	0.064	0.01	0.4	5	204.64	d
Jawi jawi 2	Sumani	Sawah	601,007	9,890,824	2452	0.1	0.064	0.01	0.4	5	350.71	l
Jawi jawi 3	Sumani	Sawah	600,946	9,890,016	2452	0.1	0.064	0.01	0.4	10	130.06	d
Gunung ciri 1	Sumani	Sawah	679,766	9,900,725	2452	0.3	0.001	0.01	0.4	0.1	250.06	d
Gunung ciri 2	Sumani	Sawah	679,906	9,900,722	2452	0.3	0.001	0.01	0.4	0.1	308.79	l
Gunung ciri 3	Sumani	Sawah	679,904	9,900,676	2452	0.3	0.001	0.01	0.4	5	271.93	d
Bukik Durri	Sumani	Sawah	602,301	9,900,213	2452	0.1	0.064	0.01	0.4	2	207.06	d
Selayo	Sumani	Sawah	602,677	9,900,486	2452	0.1	0.064	0.01	0.4	2.5	127.07	d
Sawah subur 1	Sumani	Sawah	602,689	9,900,403	2452	0.1	0.064	0.01	0.4	2	201.64	d
Sawah subur 2	Sumani	Sawah	602,753	9,900,451	2452	0.1	0.064	0.01	0.4	2	200.79	d
Gawan-sungai 1	Sumani	Sawah	602,900	9,911,695	2452	0.3	0.001	0.01	0.4	15	145.5	d
Gawan-sungai 2	Sumani	Sawah	603,204	9,911,613	2452	0.3	0.001	0.01	0.4	10	140.29	d
Gawan-sungai 3	Sumani	Sawah	603,159	9,911,560	2452	0.3	0.001	0.01	0.4	15	250.71	d
Baru Banyak 1	Lembang	Sawah	690,240	9,894,205	1605	0	0.611	0.01	0.4	5	107.07	d
Bukik iliah 2	Lembang	Sawah	690,160	9,894,009	1605	0	0.611	0.01	0.4	5	168	l
Anau kakuk 4	Lembang	Sawah	690,190	9,894,077	1605	0	0.611	0.01	0.4	5	331.07	l
Bukik iliah 4	Lembang	Sawah	690,146	9,894,506	1605	0	0.611	0.01	0.4	7.5	230.14	d
Koto Lawas 1	Lembang	Sawah	690,405	9,890,005	2452	0	1.744	0.01	0.4	0.2	140.07	d
Koto Lawas 2	Lembang	Sawah	690,305	9,890,220	2452	0	1.744	0.01	0.4	0.2	300.14	l
Koto Lawas 3	Lembang	Sawah	690,391	9,890,224	2452	0	1.744	0.01	0.4	10	241.71	d
Baru Banyak	Lembang	Sawah	608,039	9,899,100	2452	0.1	0.064	0.01	0.4	15	209.57	d
Koto Anau	Lembang	Sawah	607,940	9,902,605	2452	0.5	0.064	0.01	0.4	5	124.29	d
Sawah Durian 2	Lembang	Sawah	607,903	9,902,709	2452	0.5	0.064	0.01	0.4	5	192.64	d
Sawah Durian 3	Lembang	Sawah	608,040	9,902,900	2452	0.3	0.064	0.01	0.4	5	165.21	d
Pandan Putih 1	Aripan	Sawah	604,901	9,909,906	2452	0.3	0.064	0.01	0.4	5	339.06	l
Pandan Putih 2	Aripan	Sawah	604,060	9,910,153	2452	0.3	0.064	0.01	0.4	5	249.84	d
Rawang curi	Aripan	Sawah	604,500	9,910,205	2452	0.3	0.064	0.01	0.4	5	457.07	l
Pandan ulung 1	Aripan	Sawah	605,006	9,912,702	2452	0.1	0.001	0.01	0.4	5	09.36	d
Pandan ulung 2	Aripan	Sawah	605,020	9,912,612	2452	0.1	0.001	0.01	0.4	5	164.79	d
Pandan ulung 3	Aripan	Sawah	605,064	9,912,492	2452	0.1	0.001	0.01	0.4	5	192	d
Pandan ulung 4	Aripan	Sawah	605,437	9,912,530	2452	0.1	0.001	0.01	0.4	5	104.71	d
Paranbahan 1	Aripan	Sawah	600,000	9,902,300	2452	0.3	0.611	0.01	0.4	1.8	306.43	d
Paranbahan 2	Lembang	Sawah	690,706	9,902,411	2452	0.3	0.611	0.01	0.4	1.8	290.5	d
Paranbahan 3	Lembang	Sawah	690,734	9,902,391	2452	0.3	0.611	0.01	0.4	0.2	227.14	d
Sungai jauh	Lembang	Sawah	606,303	9,890,559	2452	0.1	0.064	0.01	0.4	15	113.36	d
Gunung Takang	Lembang	Sawah	606,155	9,890,931	2452	0.1	0.064	0.01	0.4	10	102.64	d
Baru Bajaujung	Lembang	Sawah	606,201	9,890,830	2452	0.1	0.064	0.01	0.4	10	120.06	d
Air zengk 1	Lembang	Sawah	604,100	9,890,356	2452	0.3	0.064	0.01	0.4	5	500.57	l
Anau kakuk 2	Lembang	Sawah	604,009	9,890,413	2452	0.3	0.064	0.01	0.4	5	139.5	d
Anau Kakuk 3	Lembang	Sawah	604,100	9,890,280	2452	0.3	0.064	0.01	0.4	10	243.21	d
Pasar usang	Lembang	Sawah	604,550	9,903,100	2452	0.3	0.064	0.01	0.4	5	374.57	l
Panyaliran Cepak	Lembang	Sawah	604,404	9,903,257	2452	0.3	0.064	0.01	0.4	0.2	364.71	l
Kubu	Mixed	Garden	679,336	9,910,716	2452	0.3	2.512	0.2	0.5	640	534.06	l
Parak gadang	Gawan	Mixed	600,767	9,911,154	2452	0.3	0.064	0.2	0.5	45	445.29	l
Gunung Takang	Sumani	Mixed	601,796	9,902,603	2452	0.1	0.064	0.2	0.5	30	476.79	l
Gunung Ciri	Sumani	Mixed	679,070	9,903,305	2452	0.2	0.064	0.2	0.5	5	211.71	d
Curug gadang anak	Sumani	Sawah	677,000	9,902,000	2452	0.1	2.512	0.01	0.4	115	263.29	d
Eyri aro	Sumani	Tea	600,022	9,890,308	1605	0.1	0.064	0	1	20	326.79	l
Pasar usang guguk	Lembang	Mixed	602,500	9,900,000	2452	0.1	0.064	0.2	0.5	45	670.07	h
Koto baru	Lembang	Garden	603,500	9,905,910	2452	0.2	0.064	0.01	0.4	3	500.07	h
Lembang	Aripan	Bush	601,302	9,914,500	2452	0.2	0.001	0.95	0.4	1	543	h
Jawi jawi	Sumani	Mixed	679,070	9,903,305	2452	0.2	0.064	0.2	0.5	5	055.71	h
Bukarasel RPTP	Sumani	Bush	600,390	9,895,696	1605	0.1	0.064	0.29	1	15	447.06	l
Dusun kumbuh	Sumani	Tea	600,006	9,890,624	1605	0.1	0.064	0	1	15	317.93	d
Air tarumbuk	Lembang	Bush	605,164	9,906,435	1605	0.2	0.064	0.29	1	05	260.79	d
Bongso tanjung	Lembang	Mixed	603,126	9,903,650	1605	0.1	1.744	0.2	0.5	5	303.71	l
Air zawar	Lembang	Mixed	601,000	9,897,152	1605	0.1	2.512	0.2	0.5	30	497.79	l
Bukik iliah	Lembang	Sawah	600,006	9,894,277	1605	0	2.130	0.01	0.4	5	500.14	l
Koto anau	Lembang	Sawah	607,977	9,902,100	2452	0.2	0.001	0.01	0.4	5	245.79	d
Air Madi	Aripan	Bush	604,040	9,912,168	2452	0.3	2.130	0.95	0.4	1	616.29	h
Bukik gunung	Sumani	Mixed	601,722	9,895,530	1605	0.1	2.130	0.2	0.5	05	576.64	l
Kampung jawa 1	Sumani	Mixed	602,105	9,894,032	1605	0.1	2.130	0.2	0.5	05	057.14	h

(continued on next page)



2.6. Data processing for 3D mapping

Overall data processing involving USLE was conducted using Surfer 8 (Golden software 2010) dealing with factors gained from a detailed soil survey, digital elevation model, and land-use map. The map of available Si, soil erosion, and land use were computed subsequently using block kriging by taking account of the data within the range. Block kriging was used instead of universal kriging because it enables the evaluation of the regional pattern of variation rather than local details owing to the construction of smoother maps with smaller estimation variance (Allison et al., 2010). Surfer 8, produced by Golden Software, Inc. (Golden Colorado), is a relatively inexpensive and user-friendly contouring and three-dimensional surface mapping software for scientists and engineers. Basic proficiency with Surfer 8 can be achieved with a few hours of self-tutoring. Various editions of Surfer 8 have been applied to the modelling and evaluation of soil heavy-metal contamination and other environmental data (Pezomandi and Taha 2003). Reported applications typically use Surfer tool as an interface with other software rather than as a stand-alone analytical tool (Allison et al., 2010). Surfer software is extensively used but not well documented, with only limited reference to its application to environmental data existing in scientific literature.

In this study, we used universal kriging that assumed a constant and unknown mean. As shown in Fig. 1, samples were collected throughout the study area, with the exception of the area at the very steep slope and common land-use forest at the west side of SW because of lack of access to the area. Thus, a polygon with boundaries limiting the area of sampling was used, and estimates were generated only for the area inside it. We used cross-validation to estimate the kriging density through different approaches.

3. Result

3.1. General soil physicochemical properties

Tables 1 and 2 show general soil physicochemical properties in the SW. The soil had high silt and clay contents (values of silt and clay contents) and organic matter content of about 5%, which high value (Dasil Pucotungan, Tanaul, 2009). Soil permeability and wettability were high. According to Wischmeier and Smith (1970), soils with K-factor >

Table 2 General soil physicochemical properties in the Sumani watershed.

	Mean	Cl. (range)	SD	r <sup>2</sup>
Sand (%)	0.0	(0.4-50.0)	11	0.00
Very fine sand (%)	2.0	(0.4-9.0)	2	0.01
Silt (%)	55.0	(0.0-85.0)	20	0.02
Clay (%)	33.0	(0.0-95.0)	30	-0.05
Organic matter (g kg <sup>-1</sup> )	34.0	(1.0-111.0)	24	0.01
Soil permeability (cm K <sup>-1</sup> )	93.0	(0.0-1500.0)	250	0.01
Soil wettability (S)	0.22	(0.0-6.5)	0.1	0.17*
Bulk density (g cm <sup>-3</sup> )	0.9	(0.5-1.3)	0.2	0.01
Soil pH (H <sub>2</sub> O 1:2.5)	5.3	(4.2-7.2)	0.8	0.20**
Total Carbon (g kg <sup>-1</sup> )	34.0	(1.7-151.4)	27.0	0.01
Total Nitrogen (g kg <sup>-1</sup> )	3	(0.4-9)	0.17	0.01
Exchangeable Ca (cmolc (-) kg <sup>-1</sup> )	10.6	(0.033-29.7)	5.1	0.45**
Exchangeable K (cmolc (-) kg <sup>-1</sup> )	0.4	(0.1-1.5)	0.4	0.30**
Exchangeable Na (cmolc (-) kg <sup>-1</sup> )	0.9	(0.002-3.7)	0.7	-0.20**
Extractable P <sub>o</sub> (mg kg <sup>-1</sup> )	394.2	(0.02-1500.6)	289	-0.17*
Available Si 0-20 cm (mg SiO <sub>2</sub> kg <sup>-1</sup> )	300.0	(0.4-1115.4)	177	

\*\* P Value < 0.01 and \*, P value < 0.05, SD is standard deviation; r is correlation; h is high; m is medium; l is low; < is acid.

0.04 are generally susceptible to soil erosion. Soil susceptibility to erosion is highly influenced by different climatic, physical, hydrological, chemical, mineralogical, and biological properties (Veebis, 2002). Total nitrogen and available Si are low, whereas TC, extractable Fe and Zn are high. Exchangeable base cations (Ca, Mg, K, and Na) were relatively high. Soil physicochemical properties had some correlation with available Si in the SW (Table 2). Table 2 reveals that the physical properties of the soil in the form of 32% clay content and 55% silt are quite high as an indicator of good soil physical condition for sawah. Medium to high levels of TC, TN, Ca, K and Na as macronutrients for sawah are good for supporting sustainable management of sawah. However, after analyzing available Si in the soil in SW, the concentration of Si was 50% (<200 mg SiO<sub>2</sub> kg<sup>-1</sup>), indicating deficiency.

This occurred because since the introduction of the Green Revolution in Indonesia in 1974, the Indonesian government only recommended the use of N, phosphate and K fertilizers, pesticides, and irrigation in sawah. This practice is still being continued to date (Allison et al., 2010). Hence, with our current findings, the sawah in the SW and Indonesia requires Si (silicate) fertilization because the Si levels are already deficient to low. In accordance with the minimum law, Liebig states that growth is not controlled by the total available resources but is controlled by the fewest resources or nutrient (limiting factors) (Vogel and Cythantoon, 2017). In the SW, the current growth and production of paddy sawah is determined by available Si in the soil at the deficiency level (Table 1). Unfortunately, the Indonesian government has not recommended the use of Si fertilizer, only N, P and K (Allison et al., 2010).

3.2. Available Si and other general soil properties

Table 3 shows the average Si concentrations available in sawah soil (262.4 mg SiO<sub>2</sub> kg<sup>-1</sup> in deficiency levels). For sawah to produce well, available Si in the soil must be > 600 mg SiO<sub>2</sub> kg<sup>-1</sup>. Then, where did the supply of 327.6 mg SiO<sub>2</sub> kg<sup>-1</sup> come from so that sawah in the SW could still produce 5 t ha<sup>-1</sup>. Tables 2-4 and Fig. 4 reveal that the contribute of available Si to rice fields is from Si from the soil depth of 0-20 cm (262.4 mg SiO<sub>2</sub> kg<sup>-1</sup>), river water and irrigation (34.7 mg SiO<sub>2</sub> kg<sup>-1</sup>) and river sediments from erosion products (393.7 mg SiO<sub>2</sub> kg<sup>-1</sup>). To obtain a high production of Sawah (1-5 t ha<sup>-1</sup> to 9 t ha<sup>-1</sup>), the paddy soil must have an Si content of 600 mg SiO<sub>2</sub> kg<sup>-1</sup>, equivalent to an Si content in 1 ha = 600 mg SiO<sub>2</sub> kg<sup>-1</sup> × 2 = 106 kg ha<sup>-1</sup> × 0.9 g cm<sup>-3</sup> = 1090 kg SiO<sub>2</sub> ha<sup>-1</sup>. Thus, the lack of Si in sawah in 1 ha is = 1090 kg SiO<sub>2</sub> ha<sup>-1</sup> - 437.5 kg SiO<sub>2</sub> ha<sup>-1</sup> = 552 kg SiO<sub>2</sub> ha<sup>-1</sup> - 472.32 kg SiO<sub>2</sub> ha<sup>-1</sup> = 164.66 kg SiO<sub>2</sub> ha<sup>-1</sup>. Therefore, the figure of 165 kg SiO<sub>2</sub> ha<sup>-1</sup> is a recommendation for Si fertilizer that must be added to the sawah, so that its production increases due to the achievement of Si concentration available in 600 mg SiO<sub>2</sub> kg<sup>-1</sup> in sawah soil. The main source of Si in this paddy soil can be taken from coal fly ash and organic matter (Darmawan et al., 2006) or from Si fertilizer directly.

Table 4 shows the average Si available in soil at 0-20 cm depth in the SW and 5 subwatershed (S1, S2, S3, S4, and S5). The Si concentration was lowest than that in the Citimau watershed, Edilparang Watershed on Java Island, and Seedfarm and Non Seedfarm sawah on Java Island (Darmawan et al., 2006; Husain et al., 2009). This finding may be due to the different numbers of growing seasons of sawah and the soil geology. The intensive rice cultivation has led to Si mining and exportation through harvesting processes (Suhastanto et al., 2006). Differences in the parent material also appeared to be the major factor influencing Si in soils at the watershed scale (Darmawan et al., 2006; Husain et al., 2009).

3.3. Relationships between soil chemical properties and availability of SiO<sub>2</sub> in the SW

pH showed a positive relationship with the availability of Si, i.e., Si availability increased with increased pH. This phenomenon may be due to the high availability of Si in high-pH soil possibly because of the

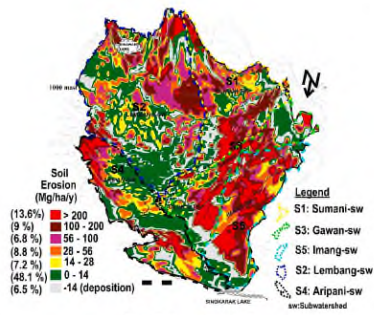


Fig. 4. 3D soil-erosion map in the SW.

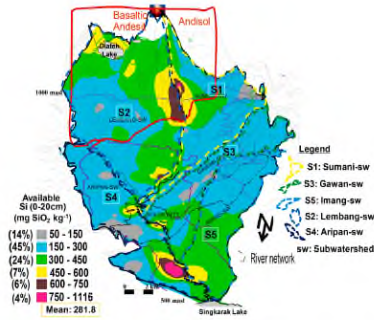


Fig. 5. Distribution of available Si in soil.

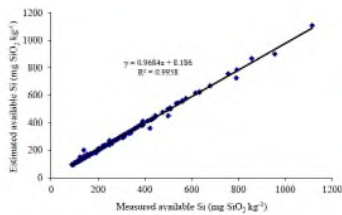
2006 until February 2007. DSI was higher in the lowlands than in the SW highlands. In the SW, DSI concentrations in water were higher than those in the DSI in the Citimau watershed, Indonesia (12.6–36.6  $\mu\text{g SiO}_2$

$\text{kg}^{-1}$ ) (Husain et al., 2006). DSI in the second watershed was generally low because no  $\text{SiO}_2$  fertilizer was present in the SW. Thus, DSI from river and irrigation water can be a source of  $\text{SiO}_2$  fertilizers. As reported



**Table 5**  
Average Si concentration ( $\text{mg SiO}_2 \text{ L}^{-1}$ ) in irrigation and river water from Sumani Watershed, Java Island, and other Asian countries.

Study (reference)	Location	Awa ( $\text{km}^2$ )	$\text{SiO}_2$ concentration ( $\text{mg SiO}_2 \text{ L}^{-1}$ )
Irrigation water in Sumani Watershed (SW)	Sumatera Island, Indonesia	503.3	32.65
River water in Sumani Watershed (SW)	Sumatera Island, Indonesia	503.3	40.94
Lake Dibawah in Sumani Watershed	Sumatera Island, Indonesia		5.96
Irrigation water in Java (Darmawan et al., 2006)	Java Island, Indonesia		14.00
River water in Java (Kawaguchi and Kyuma, 1977)	Java Island, Indonesia		29.02
River water Citarum Watershed (Husnadi et al., 2009)	Java Island, Indonesia	6949	24.05
River water Kaligaynes Watershed (Husnadi et al., 2008)	Java Island, Indonesia	210	37.20
River water in Thailand (Kawaguchi and Kyuma, 1977)	Thailand		17.19
River water in West Malaysia (Kawaguchi and Kyuma, 1977)	Malaysia		13.01
River water in Sri Lanka (Kawaguchi and Kyuma, 1977)	Sri Lanka		13.07
River water in Japan (Kawaguchi and Kyuma, 1977)	Japan		19.00
Irrigation water in Japan (Kawaguchi et al., 2002)	Japan		10.20

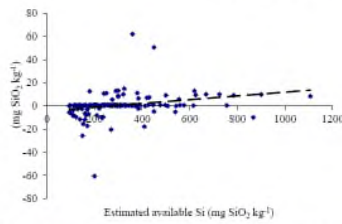


**Fig. 10.** Correlation between measured available Si in the Laboratory and estimated value.

available Si and estimated value) and estimates of available Si. Again, this can be seen easily that the value is distributed around the horizontal straight line which demonstrates that the estimated error value is almost zero. The estimated value of the large error did not depend on the actual estimated values.

**4. Discussion**

According to Matichenkov and Calvert (2002) and Sumida (1992), available Si at  $<600 \text{ mg SiO}_2 \text{ kg}^{-1}$  and  $<300 \text{ mg SiO}_2 \text{ kg}^{-1}$  is considered to be low and deficient, respectively, for growth and rice production. As shown in Table 1, the USLE C factor in the paddy field is the smallest



**Fig. 11.** Correlation between the estimated available Si and estimated error.

value compared with other plants, and the estimated soil erosion is also small. Table 1 shows that the natural causes of erosion in the SW are due to the large R, E and LS values of the USLE factor. Soil erosion in the SW can be controlled by reducing the parameters of USLE C and P factors. In general, Si is available in sawah soils at deficient levels. The erosion status is also low. The available Si in soils ranges from deficient to low levels, indicating that the status of soil erosion in sawah is so low that it does not have a significant effect on the cause of available Si in sawah soils at the level of definition ( $<262.4 \text{ mg SiO}_2 \text{ kg}^{-1}$ ). This means that the available Si is more influenced by the practice of rice management.

Si concentrations are generally available in the SW at low to deficient levels. From 77 samples of sawah soil at a depth of 0-20 cm, 93% concentration of available Si in soils was found at a deficient level, 17% at a low level and 0% at a high level. Deficient levels of available Si in the soil are found in subwatershed Lembang (S2), Sumani (S1), Aripun (S4), Imang (S5) and Garwan (S3). Significant Si deficiency has occurred in the sawah in the SW (Table 1). Thus, adding Si in the form of fertilisers is needed in sawah. The aim is to increase sawah production by more than 5 tons  $\text{ha}^{-1}$  to 9 tons  $\text{ha}^{-1}$  (Afizhar et al., 2019).

Table 1 shows that the available Si concentrations in soil  $> 600 \text{ mg SiO}_2 \text{ kg}^{-1}$  are found in mixed gardens, forests and shrubs in sub-watershed Lembang (S2), Sumani (S1) and Aripun (S4) because these plants do not need much Si for production. According to Ma et al. (2007), sawah desperately needs available Si in the soil for growth, production and protection against diseases. Sawah has deficient levels of Si due to intensive rice farming (3 times a year), burning of straw and the absence of Si return in the form of fertiliser to rice fields (Darmawan et al., 2006).

The available Si concentration in sawah, vegetables and shrubs is less than  $900 \text{ mg SiO}_2 \text{ kg}^{-1}$ , indicating that the sawah level is deficient. This is a sign why in sawah soils Si deficiency affects production and blast disease (Afizhar et al., 2009), whereas in mixed gardens and forests, vegetables and tea do not show a significant effect because sawah are Si accumulator, whereas other agricultural crops are not.

The concentration of DSi in water in the SW is higher because in SW there is additional Si from volcanic ash of Mount Talang (Fiantis et al., 2010) and warm springs that have high DSi water content, which are located in the highlands of SW (Somura et al., 2017). Therefore, to increase rice production in SW, the Si should be more than 5 tons  $\text{ha}^{-1}$  to 9 tons  $\text{ha}^{-1}$ , and blast disease in rice fields should be eliminated. Based on the data in Tables 2 and 3, Si management is needed in sawah soil in the form of Si fertiliser because there is not enough natural contribution of Si from topsoil and DSi from irrigation water, river water and sediments to reach available Si at concentrations of  $> 600 \text{ mg SiO}_2 \text{ kg}^{-1}$ . To achieve sustainable Si management in sawah, an average addition of Si fertiliser of  $165 \text{ kg SiO}_2 \text{ ha}^{-1}$  is required.

At present, the Si deficiency in sawah soils can no longer be improved from natural fertilisers sourced from irrigation water, river water and

SiO<sub>2</sub> making it available to lowlands sawah. Meanwhile, the river water in the surrounding highlands had high erosion and low SiO<sub>2</sub> availability. Low pH, high extractable Fe, and high exchangeable Na showed relatively low availability of SiO<sub>2</sub>. Given these factors, the availability of Si distribution in the SW. When Si availability in sawah soil was low, we found rice blast disease. Generally, Si availability in the SW was low. However, in areas close to Mount Talang, is the height of the addition of SiO<sub>2</sub> from volcanic ash, also in the lowland areas through irrigation water. However, on the west side of the SW, the area we found the availability of SiO<sub>2</sub> sawah deficiency especially at high topography on the west side of the NW, which is now found in many ditches according to the results of interviews with farmers. Blast diseases occurred based on our observations but not in the area surrounding Mount Talang. This finding may be due to the contribution of SiO<sub>2</sub> from volcanic ash Mount Talang. For the sake of a sustainable management of watershed, we recommended the addition of SiO<sub>2</sub> to rice fields with doses 250 kg/ha. Possible sources of SiO<sub>2</sub> include coal fly ash because it is so widely available in Indonesia.

**Declaration of Competing Interest**

The authors declare that they have no known competing financial interests or personal relationships that could have appeared to influence the work reported in this paper.

**Acknowledgements**

We thank Professor Tsugiyuki Matsunaga of Shimane University, Japan, for their invaluable help during XRF analysis, and many helpful suggestions. We are also grateful to DIKTI-RISTEK Indonesia for their support in this research.

**References**

Afflar, A.R., Mulyono, T., 2013. Assessment status 3D Hazard with USLE soil water loss a case study of Sunan Watershed in West Sumatra Indonesia. *J. Trop. Soil* 10 (1), 21–30.

Afflar, A., Mulyono, T., Mulyono, T., 2016. Effect of soil erosion and topography on distribution of cadmium (Cd) in Sunan watershed, West Sumatra, Indonesia. *Water* 8(10), 1–10.

Afflar, A., Mulyono, T., Mulyono, T., 2016. Soil fertility evaluation for sawah in Sunan watershed in West Sumatra Indonesia using Surfer Tool. *IEEE. Doi:10.1109/ICASTI.2016.7716121*.

Afflar, A., Mulyono, T., Mulyono, T., 2016. Characterization of soil erosion rate in an agricultural watershed in West Sumatra, Indonesia. *Tropics* 46(1), 1–10.

Afflar, A., Mulyono, T., Mulyono, T., 2016. Simulating watershed soil erosion assessment using the ANSWERS model by applying two sediment transport capacity equations. *Soil Use. Rep.* 94, 615–626.

Amore, E., Modica, C., Maki, A., Avering, N.A., Santoro, V.C., 2004. Soil water in USLE and WEPP Application for soil erosion computation from three Sicilian basins. *J. Hydrol.* 293, 100–114.

Buku Prosiding Tanah, 2009. *Teknologi peddaaan dan identifikasi analisis, piana, wawa, and fertilita* (In Indonesian). Balai Analisa Tanah Tasik, Tasikmalaya, Jawa Barat.

Bollich, P.K., Matczakowski, V.V., 2002. Silicon status of selected Louisiana rice and sugarcane soils. *Proceedings of the second Silicon in Agriculture Conference*, 22–26 August 2002, Troy, New York, USA, pp. 39–53.

Dalrymple, R.A., Gifford, F.C., Casey, W.H., 1958. Flood warning rates of Mt. St. Helens. *Hydro. Geograph.* 10(1), 1–10.

Darmawan, Kusuma K., Sidiq, A., Subagio H., Manuaga, T., & Wikanardi, T., 2006. Effect of long-term intensive rice cultivation on the available silica content of sawah soils: Java Island, Indonesia. *Soil Sci. Plant Nutr.* 52, 745–753.

Ferdin, Jensen, E., Kumbant, D., Wikayati, A., Kuslaman, A., Haki, D.P., Jothi, L., Dendi, L., Sugianto, M.V.M., 2005. Rapid hydrological appraisal (RHA) of Singkarak Lake in the context of Resolving Upland Forest for Environmental Services (RUFES). Available online: [http://www.wetlandobservancy.org/sea/Networks/RUFES/download/Annual\\_Reports/Appraisal/2005/Appendix-4-3\\_RHA\\_Singkarak\\_Report.pdf](http://www.wetlandobservancy.org/sea/Networks/RUFES/download/Annual_Reports/Appraisal/2005/Appendix-4-3_RHA_Singkarak_Report.pdf)

Flandin, D., Nelson, M., Shattuckville, J., Goh, T.B., Ruan, E.V., 2010. Leaching experiment in tepala deposits from Talang volcano (West Sumatra), Indonesia. *Geoderma*. <https://doi.org/10.1016/j.geoderma.2010.02.013>.

Geo, G.W., & Bauler, J.W., 1966. Particle-size Analysis. In: *Methods of Soil Analysis, Part 1. Physical and Mineralogical Methods*. (eds. Klute, A.), American Society of Agronomy and Soil Science Society of America, Madison, Wisconsin, p. 399–404. Golden software. <http://www.goldensoftware.com/products/marker/marker.html>.

Govarts, F., 2000. Geochemical soil science: state-of-the-art and perspectives. *Geoderma* 99, 1–45.

Groenwald, D.L., Kuykendall, T.V., 1997. Erosion model for the effects of a fertilizer on crop growth, E uptake and soil E in stable cropping. 3. Field test of the model. *Soil Use Manage.* 13 (4), 184–192.

Hallmark, C.T., Whiteley, P.F., 1982. Silicon. In: *Methods of Soil Analysis, Part 2, 2nd edn.* Agronomy monograph 9, pp. 265–273. American Society of Agronomy, Madison, USA.

Hermawan, A.Z., 1978. Soil chemical and physical properties in relation to rice yield and nitrogen-use under irrigated rice in Papua New Guinea. *Foodcrops* 25, 283–305.

Husniah, Wikanardi, T., Riyadi, D., Hemanah, Sani, K. & Matsunaga, T., 2006. Silica availability in soil and river water in two watershed on Java Island, Indonesia. *Soil Sci. Plant Nutr.* 54, 918–927.

ITA 1978. Selected Methods for Soils and Plant Analysis. Manual Series No. 1. IITA, Ibadan, Nigeria, pp. 76.

Isaacs, R., Forbes, S., 1957. Edaphological studies on silicon supplying power of soils. *Soil Bull. Soil. Sci. Soc. Agr. Sci. Ind.* 261–304.

Jansen, R., Mulder, J., Verbeek, J.M., 2003. Organic complexation of Al and Fe in acidic soil solutions. *Anal. Chim. Acta* 486 (1–2), 105–117. <https://doi.org/10.1016/j.aca.2003.06.028>.

Kendall, P.K., 1969. Statistical estimation of population generalized covariance functions and kriging method. *J. Hydrol.* 9, 123–150.

Koyama, T., Saito, M., 1957. Simultaneous multi-element determination of soils plus and mineral complex by inductively coupled plasma emission spectrometry. *Soil Sci. Soc. Jpn.* 21(1), 278–282 (in Japanese).

Kusnandar, A., Mulyono, T.R., 1997. Soil erosion and sediment yield in forest and agricultural areas in West Java, Indonesia. *J. Soil Water Conserv.* 52, 376–380.

Kusnandar, A., Mulyono, T., Mulyono, T., Mulyono, T., Mulyono, T., Mulyono, T., 2002. The Contribution of Silica in Rice Plant with Reference to the Silica Status in Paddy Field and River Water in Yangon Province. In: *Second Conference Silicon in Agriculture*. Yogyakarta, Yogyakarta, pp. 72–75.

Kusnandar, A., Mulyono, T., 1977. Paddy soils in Tropical Asia, their material Nature and Fertility. University Press of Hawaii, Honolulu.

Matsunaga, T., & Gifford, F.C., 2002. Silicon as a beneficial element for sugarcane. *J. Agr. Sci. Singapore* 32(1), 21–30.

Ma, J.F., Miyake, Y., Takahashi, E., 2001. Silicon as a beneficial element for crop plants. In: *Silicon in Agriculture*. Eds L.B. Dunwell, G.H. Snyder and G.M. Bondaric, pp. 17–39. Elsevier, Amsterdam.

Mu, J.P., Sakai, Y., Nishii, M., Eschmeyer, T., Saito, H., Tani, F., Miki, E., Murohara, Y., 2007. An silica transporter in rice. *Nature* 446, 208–212.

McLain EO 1002. Soil pH and lime requirement. In: *Methods of Soil Analysis*, No 9, Part 2. Eds AI Page, H Miller and DE Keeney, pp. 198–209. American Society of Agronomy, Incorpation, Soil Science Society of America, Incorpation Publisher, Madison.

Medeiros, H., Mabelezi, B.L., Armstrong, J., 2004. Field evaluation of selected soil erosion models for erosion management in Indonesia. *Entropy* 6(4), 491–506.

Ortiz, R.P., Von Roon, E., Heine, A., Baer, G., 2004. X-ray charge state distribution. *Chem. Manage. Adv. Agronomy* 04, 159–185.

Ortiz, R., Goffey, J.J., Sauer, D., 2006. Microanalysis for absorption silica analysis. *J. Geophys. Eng.* 9(4), 223–230.

Shanahan, A., Leow, C.S., Ramiah, A., Pinnau, W.M.A.W., Saito, S.H.M., 2001. Application of the AGNPS model for soil loss estimation and sediment loading for Malaysian conditions. *Int. J. Appl. Earth Obs. Geoinf.* 10, 237–252.

Shoji, S., Naito, M., Dabigoso, R.A., 1958. Volcanic Ash Soil Genesis, Properties and Utilization. Elsevier, Amsterdam, the Netherlands, p. 285.

Suzana, H., Darmawan, Sani, K., Imani M., Husniah, Afflar and Matsunaga T., 2006. Characteristics and Potential Usage of Dissolved Silicon in Rice Cultivation in Sunan Watershed, Sumatra, Indonesia. *Tropika* 36 (4), 601–615.

Suzana, H., 1992. Silicon supplying capacity of paddy soils and characteristics of silicon uptake by rice plants in cool region in Japan. *Talanta* 39(1), 1–16.

Thomas, G.W., 1982. Exchangeable cation. In: *Methods of soil analysis*, number 9, part 2. ed ed page, pp. 159–165. ASA, SSSA, Madison.

THEODOSIOU, M., & LATINOPOULOS, P. (2007). Orthogonal to "Evaluation and optimization of groundwater observation networks using the Kriging methodology" [Erosion, Model. Softw. (2006) 991–1000]. *Environmental Modelling & Software*, 22(5), 414–414. <https://doi.org/10.1016/j.envsoft.2006.07.001>.

Velze, A., 2002. The special versatility of erodibility and its relation to soil types: a study from northern China. *Geoderma* 106 (1–2), 101–130.

Ward, D.E., & Wilson, P.A., 2005. Using 137 Cs measurements to validate the applicability of the AGNPS and ANSWERS erosion and sediment yield models in two small forest watersheds. *Soil Tillage Res.* 89, 37–44.

Ward, Y., Zhang, X., Huang, L., 2005. Spatial variability of soil total nitrogen and soil total phosphorus under different land use in a small watershed on the Loess Plateau, China. *Geoderma* 121, 141–149.

No. 2 Konferensi Internasional Icast 2020 di politeknik negeri padang

# Distribution of Ideal Soil Composition combined with 3 Dimension contour of Mahat Watershed for Sustainable Gambir Farming.

Kontrask penelitian Terapan. Pangan Pertanian No. 885/PL.25/PT.00.02/2020. (60% x 15)=9. Disampaikan pada Intl. Cpnf. Icast 2020 di PNP padang online

Link youtube conferensi internasional

<https://www.youtube.com/watch?v=M6FSA0VecYU&t=16s>

atau

<http://repository.pnp.ac.id/cgi/users/home?screen=EPrint::View&eprintid=442#t>



# Distribution of ideal Soil Composition combined with 3 Dimensional Contour of Mahat Watershed for sustainable Gambir farming

Aflizar  
Tata Air Pertanian-  
Teknologi Pertanian  
(Politeknik Pertanian Negeri Payakumbuh)  
Tanjung pati, Indonesia  
aflizar.aflizar@gmail.com

Amrinal  
Teknik Mekanisasi Pertanian-Teknologi  
Pertanian  
(Politeknik Pertanian Negeri Payakumbuh)  
Tanjung pati, Indonesia  
amrinalch@gmail.com

Edi Joniarta  
Tata Air Pertanian-  
Teknologi Pertanian  
(Politeknik Pertanian Negeri Payakumbuh)  
Tanjung pati, Indonesia  
edonak@gmail.com

Jamaluddin  
Teknik Mekanisasi Pertanian-Teknologi  
Pertanian  
(Politeknik Pertanian Negeri Payakumbuh)  
Tanjung pati, Indonesia  
jamaluddin@hotmail.com

**Abstract** Quantitative soil composition in general is important data for nutrient management for Gambir (Uncaria gambir Roxb) farming and other tropical crops. To obtain mapping analysis, data processing, and a more accurate interpretation of watershed management, the Surfer Tool application is used. The quality and efficiency of the 3-dimensional contour map of the Mahat watershed are very useful in helping to analyze the distribution of the ideal soil composition (Vw, Vg, Vs). Furthermore, the distribution of soil characteristics is compared with the topography to help integrate and sustainable Gambir farming in the Mahat watershed, which plays an important role in supplying 80% of the world's demand for catechins. It has been proven that the Surfer tool is able to create 3D maps of the contours of the Mahat watershed and 3D maps of the ideal soil composition after being compared with the realities in the field where there has been a significant increase in efficiency in data analysis, saving time, effort and cost in mapping for researchers and practitioners. It was found that the soil composition close to ideal for the % water volume (Vw) was found in Gambir farming (at altitude 250 - 1150 m ASL) and forest (at altitude 400 - 1600 m asl). The % gas or air volume (Vg) in Gambir farming, mixed garden, and forest are also close to the ideal soil composition. For % solid volume (Vs) it is found close to ideal in the mixed garden (at altitudes 250 - 1600 m ASL) and forests. The Sawah in the valley on the flat topography has the highest value Vw and the lowest value Vg. No ideal soil composition was found for Vw, Vg, and Vs owned by one land use in the Mahat watershed.

**Keywords** Soil composition, Gambir farming, Nutrient, Sustainable, 3D Map

## I. INTRODUCTION

The Mahat watershed is located in the tropics, Indonesia, which has an annual rainfall of 3000 mm where the area is hilly which has the potential to erode the fertile layers of the soil. It is a Gambir agricultural production center (Uncaria Gambir, Roxb) as a catechin producer to meet 80% of the world's needs[1]. Soil is a valuable natural resource which affects the ecosystems on planet earth in various ways as it is a component of life on earth. In the soil there are many important natural processes that occur for gas exchange, carbon storage, nutrient cycling, plant growth, and waste decomposition and waste disposal. In this world, soil is formed from parent material, namely rock or organic material. Mineral soils are formed from weathered rock consisting of a mixture of rock, nutrients, living organisms, organic matter, water and air [2].

In agricultural production on tropical soils, in principle, it is very important to pay attention to nutrient management in order to maximize the production of crops cultivated by farmers. Therefore, it is mandatory to understand some of the basic principles of tropical soil. Matters that need to be discussed are soil composition, soil minerals, soil organic matter, ground water, soil air, soil profile. While the factors that influence soil characteristics are the process of soil formation, soil texture, soil structure and soil mineralogy. Now, this paper focuses on discussing soil composition as soil physical properties-[2][3].

Discussing the soil nutrient management, there is an important role of Soil Composition (Vs, Vw, Vg). The role of Vs (soil minerals and organic matter volume) to store and hold soil nutrients. The role of Vw (soil volume water) to





The land use type in the Mahat watershed has namely Gambir farm, primary forest, Mixed garden refers to the land where annual crops, mostly trees such as coconut, cloves, coffee, rubber, cinnamon, cocoa are planted in combination with annual crops, Sawah, and settlement areas (Fig 2). The term sawah refers to the rice growing on leveled land and bounded by bonds with water inlets and outlets for irrigation and drainage[1][3][9]. The Gambier garden has been cultivated for generations and is attached to the local wisdom in the Mahat watershed.

### B. Fields survey and analytical methods

The 68 locations of soil samples were taken based on various land uses and topographic positions in the watershed (Figure 1). Soil samples were taken with ring samples to analyze the ideal soil composition and brought to the laboratory. The % solid volume ( $V_s$ ), The % water volume ( $V_w$ ) and The % gas or air volume ( $V_g$ ) was analyzed by gravimetric method and ring samples [1][3]. The formula for Total volume of Soil composition is ( $V_t$ ) is  $V_t = V_s + V_w + V_g$ .



Fig. 2. The Gambir farming, catechin, river condition and other land use type in Mahat Watershed.

This is the formula explain how the percentage of soil composition computed:

$$V_t = V_s + V_w + V_g \quad (1)$$

Where:

$V_t$ =Volume Total (Volume Ring Sampel= 100  $\text{cm}^3$ )

$V_s$ =Volume solid ( $\text{cm}^3$ )

$V_w$ =Volume water( $\text{cm}^3$ )

$V_g$ =Volume gas or air ( $\text{cm}^3$ )

Continued

$$V_w = B_w / B_j \cdot \text{water} \quad (2)$$

Where:  $V_w$ =volume of water ( $\text{cm}^3$ );  $B_w$ =weigh of water;

$B_j$  water=Density of water=1  $\text{g} / \text{cm}^3$ )

Continued

$$\%V_w = V_w / V_t * 100\% \quad (3)$$

Where:  $\%V_w$ =% water volume;  $V_t$ =volume ring 100  $\text{cm}^3$ )

Continued

$$V_s = B_s / B_j \cdot \text{soil} (2.65 \text{ g} / \text{cm}^3) \quad (4)$$

Where:  $V_s$ = solid volume ( $\text{cm}^3$ );  $B_s$ =weigh of dry soil ( $\text{g}$ );  $B_j$  soil= density of soil (2.65  $\text{g} / \text{cm}^3$ )

Continued

$$\%V_s = V_s / V_t * 100\% \quad (5)$$

Where:  $\%V_s$ =% solid volume;  $V_t$ =volume ring =100  $\text{cm}^3$ )

Continued

$$V_g = V_t - (V_w + V_s) \quad (6)$$

Where:  $V_g$ = gas or air volume ( $\text{cm}^3$ );  $V_t$ =volume ring =100  $\text{cm}^3$ );  $V_s$ = solid volume ( $\text{cm}^3$ )

Continued

$$\%V_g = V_g / V_t * 100\% \quad (5)$$

Where:  $\%V_g$ =% gas or air volume;  $V_t$ =volume ring =100  $\text{cm}^3$ )

### C. Data processing for 3D contour mapping and Soil Composition distribution

Contour map created from digitizing google earth. The digitization results are processed with a TCX converter and Surfer toll (Figure 3). The overall data processing involved was carried out using the Surfer® 9 [10] based on the parameters obtained from the soil survey and soil samples, digital elevation models. Block kriging is used to obtain coordinate points, elevation and soil data due to the construction of a smoother map with a smaller estimated variance[1][3].

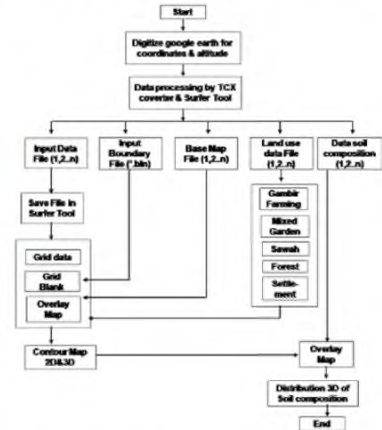


Fig 3. Logical frame work of processing visual 3D contour map and Distribution Soil composition in Mahat Watershed

Surfer® 9, manufactured by Golden Software, Inc. (Golden, Colorado), is a three-dimensional surface mapping software that is relatively inexpensive and easy to use by scientists and engineers. Basic proficiency with Surfer® 9 can be achieved with a few hours of self-study. In this study, we used universal kriging. As shown in Fig. 1 and Fig 3. Accordingly, polygons with boundaries that limit the sampling area are used, and estimates are only generated for the area within them. We use cross validation to estimate kriging density through various approaches.

hills and in the middle of the plains. Based on the evidence from the comparison of Figure 2 and Figure 4, with 3D visuals, it is easier to understand the morphology of the Mahat watershed.

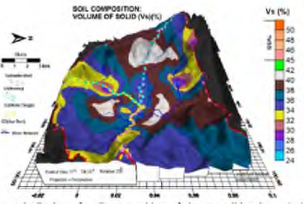


Fig 5 Distribution of Soil Composition of the % Solid volume (Vs) combined with topography of Mahat Watershed.

To make a 3-dimensional map of the Mahat watershed, 15015 coordinates and elevation points are required. It took 35 hours to input and extract data from Google Earth to the TCX converter and to the Surfer Tool to create a Base Map. In fact, making a base map takes a long time. Meanwhile, the work to make a 3D distribution of soil water content (Qv) took 100 seconds. To validate measured and estimated data on a map it takes 30 minutes. Distribution of Soil Composition combined with topography of Mahat Watershed

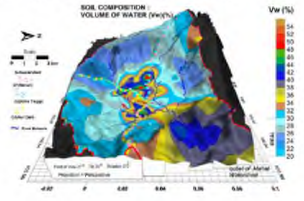


Fig 6 Distribution of Soil Composition of the % water volume (Vw) combined with topography of Mahat Watershed.

Figure 5, reveals none founded % solid volume (Vs) close to ideal (45-50% by volume)[11] with an orange color. Soil in the watershed mahat is easily eroded or there has been high erosion, which can be seen from the color of the river water after the rain occurs brownish yellow. Figure 6, reveals where Vw which is close to ideal conditions (20-30% by volume) [11] is scattered almost around the Mahat watershed, which is covered by Gambir farming, mixed garden and forest, except in the middle, which is covered with rice fields and the eastern side of the watershed is overgrown with forest ( Figure 8).

Figure 7 shows that Vg is close to ideal conditions (20-30% by volume) [10] found mostly in the middle of the watershed and slightly scattered on the west, east, south and north of the Mahat watershed. The controlling factors for ideal soil composition are topography, soil, water supply [2] [8]. Generally overgrown by forests, Gambier farming and mixed gardens (Figure 8).

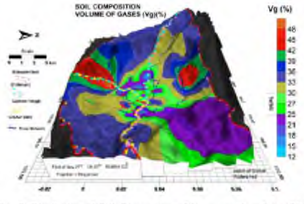


Fig 7 Distribution of Soil Composition of % gas or air volume (Vg) combined with a 3-dimensional map of the Mahat watershed

Figure 8, combined with Figure 5,6,7 found that the quantitative ideal soil composition is generally influenced by land use and topography in the Mahat watershed. Method of cultivated Gambir farming, mixed garden and natural conditions in the forest which influences the finding of ideal compositions for (Vw) and the (Vg), found in sloped topography at altitudes. Sawah (found at an altitude of 200 - 450 m ASL) have the (Vw) which is 1.5 times more than the ideal soil composition. Settlements inhabited by residents while maintaining local wisdom (found at an altitude of 200 - 350 m ASL) indirectly play a role in cultivation of Gambir farming which have contribution to change the ideal soil composition.

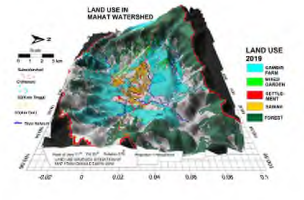


Fig 8 Distribution of land use type (Gambir farming, mixed garden, Sawah, Forest and settlement) combined with topography of Mahat Watershed

The facts obtained from this research are that the 3D map of the distribution of soil composition combined with the





REPUBLIK INDONESIA  
KEMENTERIAN HUKUM DAN HAK ASASI MANUSIA

# SURAT PENCATATAN CIPTAAN

Dalam rangka perlindungan ciptaan di bidang ilmu pengetahuan, seni dan sastra berdasarkan Undang-Undang Nomor 28 Tahun 2014 tentang Hak Cipta, dengan ini menerangkan:

Nomor dan tanggal permohonan : EC00202017060, 5 Juni 2020

## Pencipta

Nama : **Assoc.Prof. Aflizar, SP.,MP.,Ph.D, Jamaluddin, M.Si, , dkk**  
Alamat : Jl.Imam Bonjol No.10 Napar RT 01/RW 03, Payakumbuh Utara, Sumatera Barat 26213, Payakumbuh, Sumatera Barat, 26213  
Kewarganegaraan : Indonesia

## Pemegang Hak Cipta

Nama : **P3M Politeknik Pertanian Negeri Payakumbuh**  
Alamat : Jl.Raya Negara KM 7 Tanjung Pati, Kec. Harau Kab. Lima Puluh Kota Sumatera Barat 26271, Sarilamak, Sumatera Barat, 26271  
Kewarganegaraan : Indonesia  
Jenis Ciptaan : **Peta**  
Judul Ciptaan : **Peta 3D Kelas Kemampuan Lahan FAO(KKLF) Dan Lahan Kritis Di Overlay Dengan Kebun Gambir Rakyat Dan Tanaman Lainnya Di Subdas Mahat, Kab. 50 Kota Sumbar**

Tanggal dan tempat diumumkan untuk pertama kali di wilayah Indonesia atau di luar wilayah Indonesia : 5 Juni 2020, di Tanjung Pati, Indonesia

Jangka waktu perlindungan : Berlaku selama 50 (lima puluh) tahun sejak Ciptaan tersebut pertama kali dilakukan Pengumuman.

Nomor pencatatan : 000189307

adalah benar berdasarkan keterangan yang diberikan oleh Pemohon.

Surat Pencatatan Hak Cipta atau produk Hak terkait ini sesuai dengan Pasal 72 Undang-Undang Nomor 28 Tahun 2014 tentang Hak Cipta.



a.n. MENTERI HUKUM DAN HAK ASASI MANUSIA  
DIREKTUR JENDERAL KEKAYAAN INTELEKTUAL

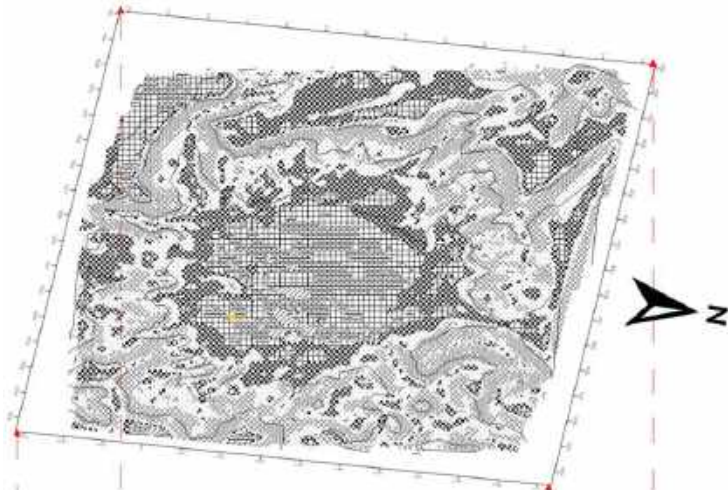
Dr. Freddy Harris, S.H., LL.M., ACCS.  
NIP. 196611181994031001

**LAMPIRAN PENCIPTA**

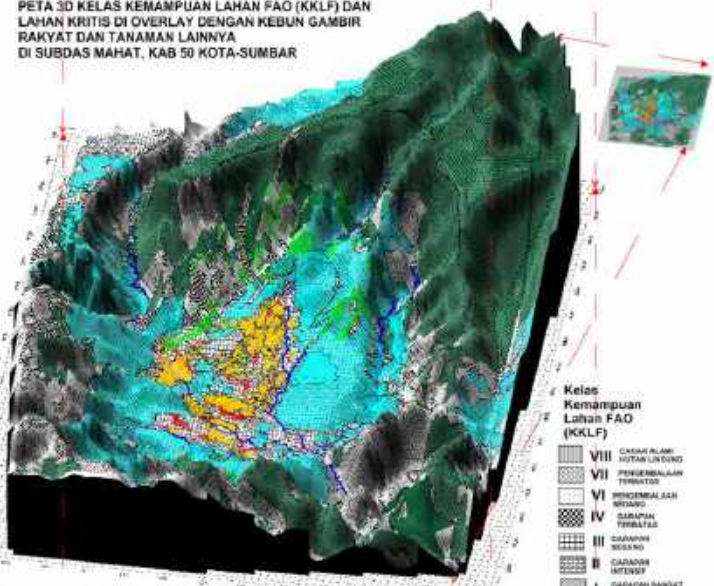
No	Nama	Alamat
1	Assoc.Prof. Afizar, SP.,MP.,Ph.D	Jl.Imam Bonjol No.10 Napar RT 01/RW 03, Payakumbuh Utara, Sumatera Barat 26213
2	Jamaluddin, M.Si	Jl.Sudirman No.8 RT 002/ RW 002 Koto Baru, Payakumbuh Utara, Sumatera Barat 26213
3	Amrizal, M.Kom	Purwajaya RT 000/ RW 000 Sarilamak, Kec. Harau, Kab. 50 Kota Sumatera Barat 26271





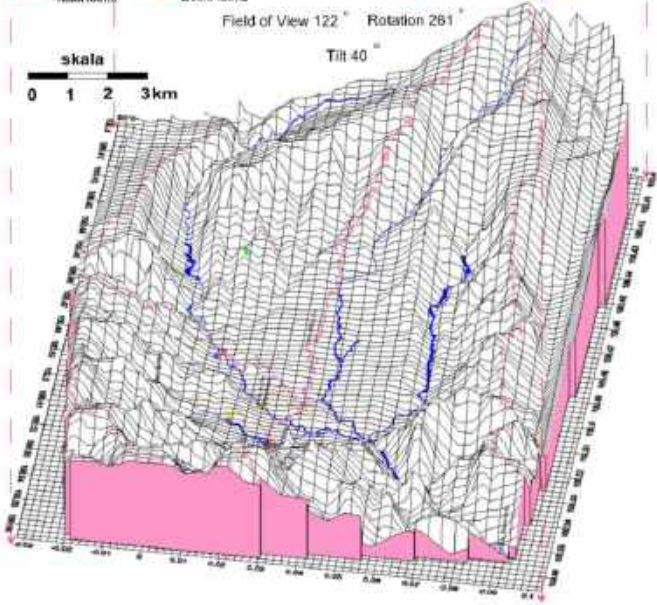


PETA 3D KELAS KEMAMPUAN LAHAN FAO (KKLF) DAN LAHAN KRITIS DI OVERLAY DENGAN KEBUN GAMBIR RAKYAT DAN TANAMAN LAINNYA DI SUBDAS MAHAT, KAB 50 KOTA-SUMBAR



- Kelas Kemampuan Lahan FAO (KKLF)**
- VIII CAGAH RUMAH HUTAN LINDUNG
  - VII PERSEKALAHAN TERESTOR
  - VI PERSEMALAJAH BERAS
  - IV SEMPUN TERBALEK
  - III DAMPAK BELUKA
  - II CAGAH INTENSIF
  - I DARIFAH BANGKIT INTENSIF

- Tata Gula Lahan di Sub DAS Mahat**
- KEBUN GAMBIR KKLF ( I ) TIDAK KRITIS
  - KEBUN GAMBIR KKLF ( II ) TIDAK KRITIS
  - KEBUN GAMBIR KKLF ( III ) TIDAK KRITIS
  - KEBUN GAMBIR KKLF ( IV ) POTENSI KRITIS
  - KEBUN GAMBIR KKLF ( V ) LAHAN KRITIS
  - KEBUN GAMBIR KKLF ( VI ) TIDAK KRITIS
  - KEBUN GAMBIR KKLF ( VII ) TIDAK KRITIS
  - KEBUN GAMBIR KKLF ( VIII ) LAHAN KRITIS
  - SUNGAI
  - JALAN
  - KEBUN CAMPURAN TIDAK LAHAN KRITIS
  - PERMUKAAN TIDAK LAHAN KRITIS
  - HUTAN TIDAK LAHAN KRITIS
  - SAWAH TIDAK LAHAN KRITIS





REPUBLIK INDONESIA  
KEMENTERIAN HUKUM DAN HAK ASASI MANUSIA

# SURAT PENCATATAN CIPTAAN

Dalam rangka perlindungan ciptaan di bidang ilmu pengetahuan, seni dan sastra berdasarkan Undang-Undang Nomor 28 Tahun 2014 tentang Hak Cipta, dengan ini menerangkan:

Nomor dan tanggal permohonan : EC00202021953, 9 Juli 2020

## Pencipta

Nama : **Aflizar, Ph.D, Jamaluddin, M.Si dkk**  
Alamat : Jl. Imam Bonjol No. 10 Napar RT 005, RW 003, Kelurahan Napar, Kec. Payakumbuh Utara, Payakumbuh, Sumatera Barat, 26218  
Kewarganegaraan : Indonesia

## Pemegang Hak Cipta

Nama : **P3M Politeknik Pertanian Negeri Payakumbuh**  
Alamat : Jl. Raya Negara KM 7 Tanjungpati, Kec. Harau, Kab. Limapuluh Kota, Sumatera Barat 26271, Sarilamak, Sumatera Barat, 26271  
Kewarganegaraan : Indonesia  
Jenis Ciptaan : **Peta**  
Judul Ciptaan : **Peta 3D Visual Agroekologi Kebun Gambir Rakyat Dan Tanaman Lainnya Di Subdas Mahat, Kab. 50 Kota Sumbar**

Tanggal dan tempat diumumkan untuk pertama kali di wilayah Indonesia atau di luar wilayah Indonesia : 9 Juli 2020, di Tanjung Pati, Indonesia

Jangka waktu perlindungan : Berlaku selama 50 (lima puluh) tahun sejak Ciptaan tersebut pertama kali dilakukan Pengumuman.

Nomor pencatatan : 000194656

adalah benar berdasarkan keterangan yang diberikan oleh Pemohon.  
Surat Pencatatan Hak Cipta atau produk Hak terkait ini sesuai dengan Pasal 72 Undang-Undang Nomor 28 Tahun 2014 tentang Hak Cipta.



a.n. MENTERI HUKUM DAN HAK ASASI MANUSIA  
DIREKTUR JENDERAL KEKAYAAN INTELEKTUAL

Dr. Freddy Harris, S.H., LL.M., ACCS.  
NIP. 196611181994031001

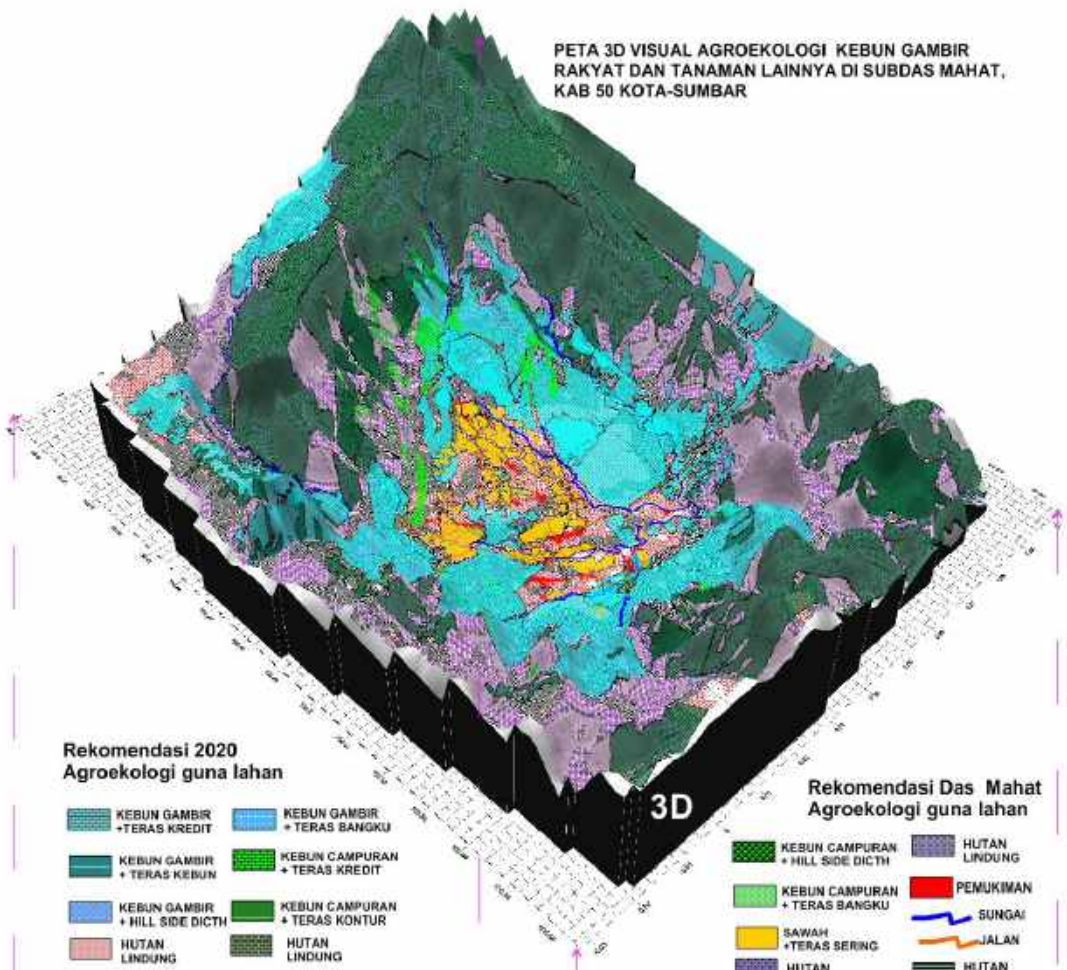


**LAMPIRAN PENCIPTA**

No	Nama	Alamat
1	Aflizar, Ph.D	Jl. Imam Bonjol No. 10 Napar RT 005, RW 003, Kelurahan Napar, Kec. Payakumbuh Utara
2	Jamaluddin, M.Si	Jl. Sudirman No.8 RT 002 RW 002, Kelurahan Koto Baru, Kecamatan Payakumbuh Utara
3	Amrizal, M.Kom	Purwajaya, Tanjung Pati, RT 00, RW 00, Desa Sarilamak ,Kec. Harau, Kab. Limapuluh Kota
4	Ir. Edi Joniarta, M.Si	Jl. Balai Polam Gang 1 No 07, Kelurahan Tanjung Godang, Kec. Payakumbuh Barat,
5	Saifullah Putra Melafu	Jl. Imam Bonjol No.10 Napar, RT 001 RW 003, Kec. Payakumbuh Utara
6	Farez Zaid Melafu	Jl. Imam Bonjol No. 10 Napar, RT 001 RW 003, Kec. Payakumbuh Utara



**PETA 3D VISUAL AGROEKOLOGI KEBUN GAMBIR RAKYAT DAN TANAMAN LAINNYA DI SUBDAS MAHAT, KAB 50 KOTA-SUMBAR**

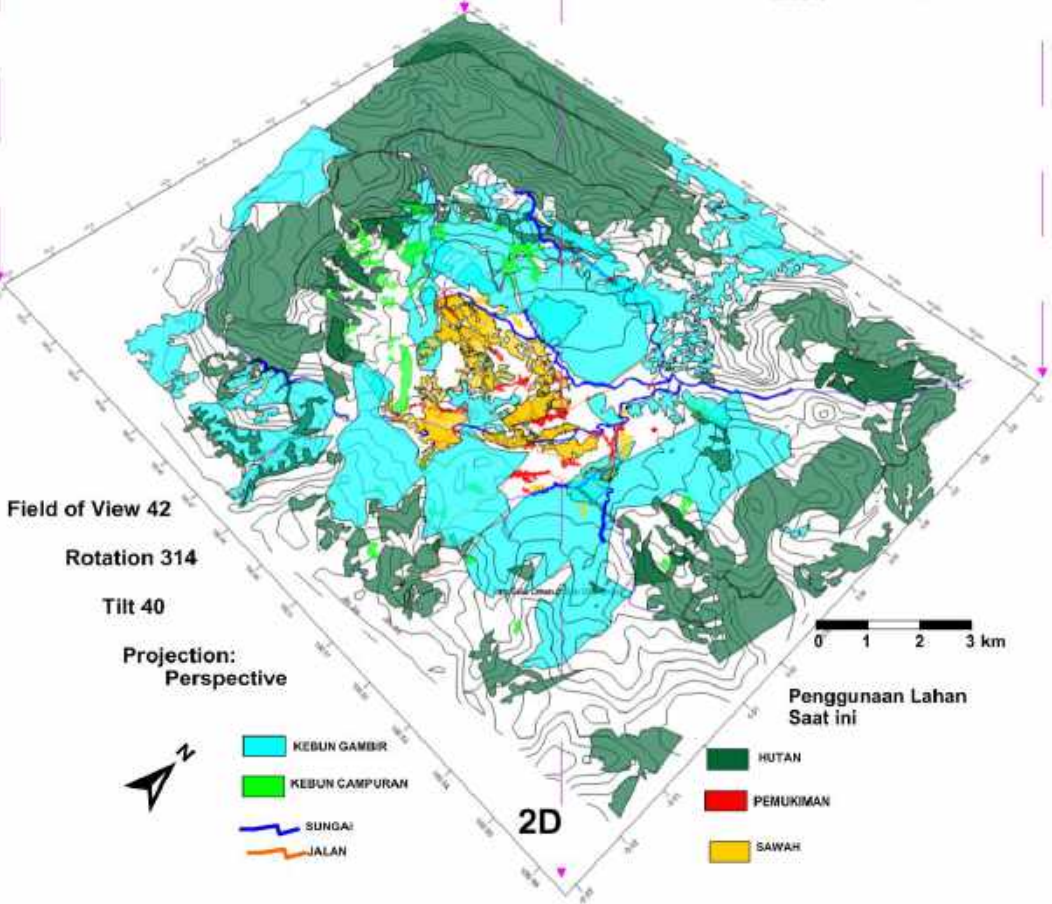


**Rekomendasi 2020  
Agroekologi guna lahan**

- |                                |                               |
|--------------------------------|-------------------------------|
| KEBUN GAMBIR + TERAS KREDIT    | KEBUN GAMBIR + TERAS BANGKU   |
| KEBUN GAMBIR + TERAS KEBUN     | KEBUN CAMPURAN + TERAS KREDIT |
| KEBUN GAMBIR + HILL SIDE DICTH | KEBUN CAMPURAN + TERAS KONTUR |
| HUTAN LINDUNG                  | HUTAN LINDUNG                 |

**Rekomendasi Das Mahat  
Agroekologi guna lahan**

- |                                  |               |
|----------------------------------|---------------|
| KEBUN CAMPURAN + HILL SIDE DICTH | HUTAN LINDUNG |
| KEBUN CAMPURAN + TERAS BANGKU    | PEMUKIMAN     |
| SAWAH + TERAS SERING             | SUNGAI        |
| HUTAN LINDUNG                    | JALAN         |
| HUTAN LINDUNG                    | HUTAN LINDUNG |



Field of View 42

Rotation 314

Tilt 40

Projection:  
Perspective

0 1 2 3 km

**Penggunaan Lahan  
Saat ini**

- |                |           |
|----------------|-----------|
| KEBUN GAMBIR   | HUTAN     |
| KEBUN CAMPURAN | PEMUKIMAN |
| SUNGAI         | SAWAH     |
| JALAN          |           |





REPUBLIK INDONESIA  
KEMENTERIAN HUKUM DAN HAK ASASI MANUSIA

# SURAT PENCATATAN CIPTAAN

Dalam rangka perlindungan ciptaan di bidang ilmu pengetahuan, seni dan sastra berdasarkan Undang-Undang Nomor 28 Tahun 2014 tentang Hak Cipta, dengan ini menerangkan:

Nomor dan tanggal permohonan : EC00202016815, 3 Juni 2020

## Pencipta

Nama : **Assoc.Prof. Aflizar, SP.,MP.,Ph.D, Jamaluddin, M.Si, , dkk**  
Alamat : Jl.Imam Bonjol No.10 Napar RT 01/RW 03, Payakumbuh Utara Sumatera Barat 26213, Payakumbuh, Sumatera Barat, 26213  
Kewarganegaraan : Indonesia

## Pemegang Hak Cipta

Nama : **P3M Politeknik Pertanian Negeri Payakumbuh**  
Alamat : Jalan Raya Negara KM 7 Tanjung Pati Kec. Harau, Kab. Limapuluh Kota, Sumatera Barat 26271, Sarilamak, Sumatera Barat, 26271  
Kewarganegaraan : Indonesia  
Jenis Ciptaan : **Peta**  
Judul Ciptaan : **Peta Kelerengan DAS Mahat Dalam Visual Tiga Dimensi (3D) Di Kab. 50 Kota**

Tanggal dan tempat diumumkan untuk pertama kali di wilayah Indonesia atau di luar wilayah Indonesia : 3 Juni 2020, di Tanjung Pati

Jangka waktu perlindungan : Berlaku selama 50 (lima puluh) tahun sejak Ciptaan tersebut pertama kali dilakukan Pengumuman.

Nomor pencatatan : 000188975

adalah benar berdasarkan keterangan yang diberikan oleh Pemohon.

Surat Pencatatan Hak Cipta atau produk Hak terkait ini sesuai dengan Pasal 72 Undang-Undang Nomor 28 Tahun 2014 tentang Hak Cipta.



a.n. MENTERI HUKUM DAN HAK ASASI MANUSIA  
DIREKTUR JENDERAL KEKAYAAN INTELEKTUAL

Dr. Freddy Harris, S.H., LL.M., ACCS.  
NIP. 196611181994031001

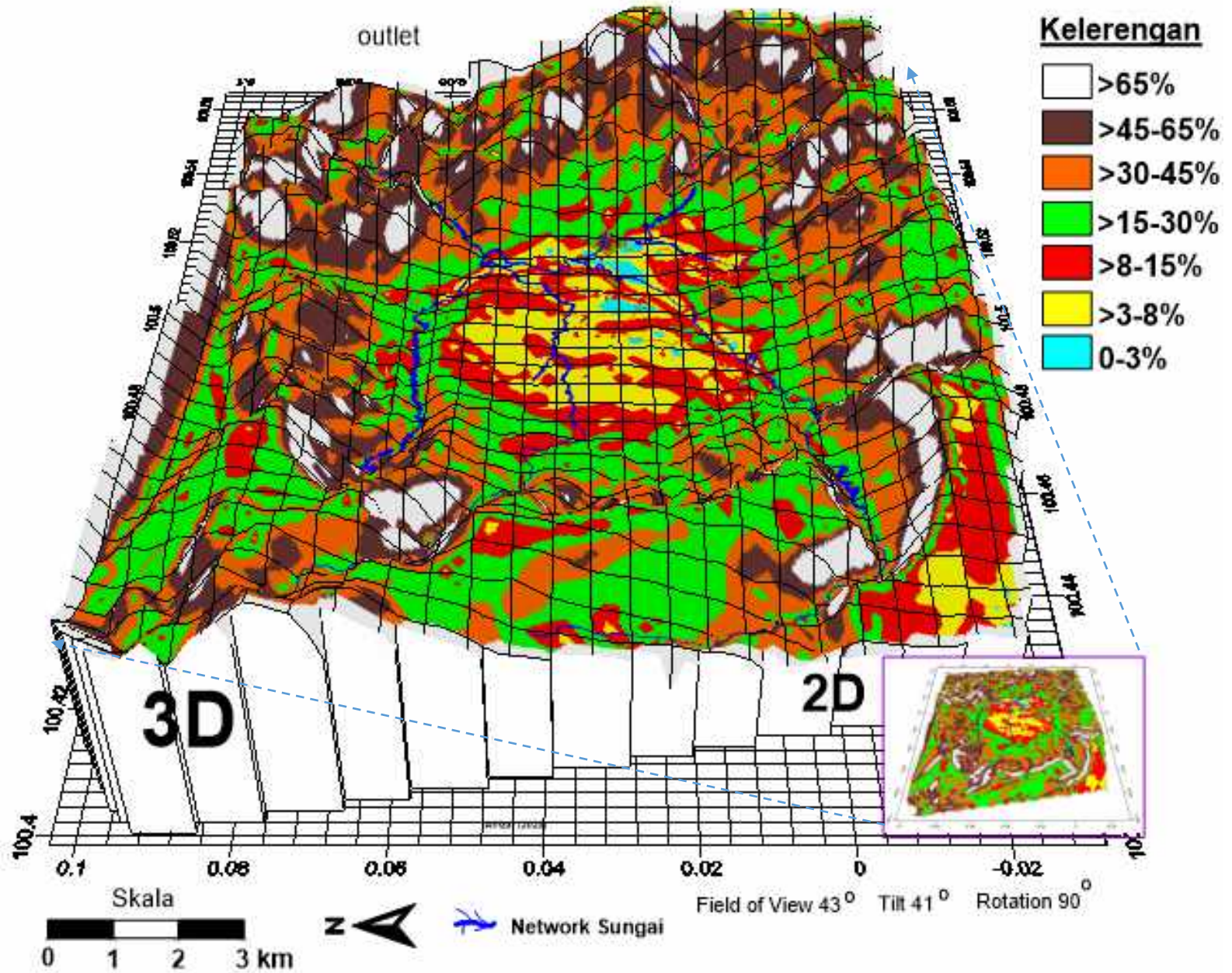
**LAMPIRAN PENCIPTA**

No	Nama	Alamat
1	Assoc.Prof. Aflizar, SP.,MP.,Ph.D	Jl.Imam Bonjol No.10 Napar RT 01/RW 03, Payakumbuh Utara Sumatera Barat 26213
2	Jamaluddin, M.Si	Jl.Sudirman No.8 RT002/RW002 Koto Baru, Payakumbuh Utara
3	Amrizal, M.Kom	Purwajaya RT000/RW000 Sarilamak, Kec. Harau, Kab. 50 Kota





# Peta Kelerengan DAS Mahat dalam Visual Tiga Dimensi (3D) di Kab. 50 Kota-Sumbar



1. PUBLISH JURNAL INTERNASIONAL Geoderma terindek SCOPUS Q1 dan WOS

agi bpk/ibu yg menulis paper tentang soil science paper kami yg baru online bisa di download gratis full paper kami sebagai referensi selama 50 hari kedepan di

[https://authors.elsevier.com/c/1c6fW\\_OJuF9nC](https://authors.elsevier.com/c/1c6fW_OJuF9nC)

terima kasih

<https://www.journals.elsevier.com/geoderma>

<https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S001670612032588X>

No. 2 Konferensi internasional Icast 2020 di politeknik negeri padang

## Distribution of Ideal Soil Composition combined with 3 Dimension contour of Mahat Watershed for Sustainable Gambir Farming.

Kontrask peneloitian Terapan. Pangan Pertanian No. 885/PL.25/PT.00.02/2020. (60% x 15)=9. Disampaikan pada Intl. Cpnf. Icast 2020 di PNP padang online

Link youtube conferesi internasional

<https://www.youtube.com/watch?v=M6FSA0VecYU&t=16>

[S](#)

atau

<http://repository.pppnp.ac.id/cgi/users/home?screen=EPrint::View&eprintid=442#t>





## NO.3 VISUAL PETA KONTUR DAN DISTRIBUSI KADAR AIR TANAH UNTUK PENGELOLAAN PERTANIAN DI DAS MAHAT

Seminar nasional online Sentrinow di Politeknik Banyuwangi **SEMINAR NASIONAL TERAPAN RISET INOVATIF – SENTRINOV 6th** POLITEKNIK NEGERI BANYUWANGI, 26 SEPTEMBER 2020

:<https://drive.poliwangi.ac.id/index.php/s/E2DPGigqYDkUkTG/authenticate>  
Password :sentrinov6

pada website

<https://sentrinov.isas.or.id/2020/virtual-conference/>. Jadwal dan panduan presentasi akan kami perbaharui melalui laman website <https://sentrinov.isas.or.id/2020/program-technicals/>.

Kontak panitia kegiatan ini adalah Nuraini Lusi, S.Pd., M.T. dengan nomor 0823 3169 9542 atau email [nurainilusi@poliwangi.ac.id](mailto:nurainilusi@poliwangi.ac.id); [sentrinov6@poliwangi.ac.id](mailto:sentrinov6@poliwangi.ac.id).



VISUAL PETA KONTUR DAN DISTRIBUSI KADAR AIR TANAH UNTUK PENGELOLAAN PERTANIAN DI DAS MAHAT .Kontsrak peneloitian Terapan. Pangan Pertanian No.No. 885/PL.25/PT.00.02/2020. (60% x 15)=9. . (60% x 15)=9. Disampaikan pada Intl. Webinar nasional Sentrinov 2020 di banyuwangi

<https://www.youtube.com/watch?v=rkezsizgZ1ew&feature=youtu.be>

<http://repository.pnpn.ac.id/cgi/users/home?screen=EPrint::View&eprintid=443#>

## No.4. PETA 3 DIMENSI DISTRIBUSI pH TANAH UNTUK PERTANIAN BERKELANJUTAN DI DAS SUMANI, SUMATERA BARAT

**POSTER PRESENTASI  
SEMINAR NASIONAL GEOMATIKA 2020  
“Informasi Geospasial untuk Inovasi Percepatan Pembangunan Berkelanjutan”**

**SEMINAR NASIONAL GEOMATIKA BADAN INFORMASI GEOSPASIAL (BIG)** Jl. Raya Jakarta-Bogor  
KM. 46. Cibinong 16911 Telepon. (021) 875 2062-2063. Faksimile. (021) 875 2064 PO. Box. 46 CBI  
<http://semnas.big.go.id/geomatka>

Berdasarkan hasil seleksi Panitia Seminar, Makalah berjudul **“PETA 3 DIMENSI DISTRIBUSI pH TANAH UNTUK PERTANIAN BERKELANJUTAN DI DAS SUMANI, SUMATERA BARAT”** terpilih untuk dipresentasikan (*Poster Presentation*) dalam sesi paralel sub tema **2. Pembangunan Berkelanjutan (SDGs)** pada Seminar Nasional Geomatika 2020 dengan tema **“Informasi Geospasial untuk Inovasi Percepatan Pembangunan Berkelanjutan”**. Sehubungan dengan hal tersebut, kami mengharapkan kehadiran Bapak/Ibu pada: hari/tanggal : **Kamis - Jumat /15-16 Oktober 2020** waktu : **Pukul 08.00-16.00 WIB** tempat : **Zoom Meeting Room dan IPB International Convention Center** Botani Square Building Lt. 2, Jl. Pajajaran Raya, Bogor Tengah, Tegallega, Bogor Tengah, Kota Bogor, Jawa Barat 16127

link

<https://www.youtube.com/watch?v=IOk1BmBHvY8&feature=youtu.be>

<https://www.instagram.com/p/CGCnij0F3a/>









KEMENTERIAN PERTANIAN DAN KEHUTANAN  
**PAJALENAN PERTANIAN NEGERI PAVAKUMBI II**  
 JALAN RAYA PEDEGAAN NO. 71 SURABAYA 60174  
 KOTA SURABAYA KABUPATEN SURABAYA SURABAYA 60174  
 Telp. (031) 7191011, 7191012, 7191013, 7191014  
 Fax. (031) 7191015, 7191016, 7191017, 7191018  
 www.kemtan.go.id, www.pajalenan.go.id, www.pajalenan.go.id

**SURAT PANGGILAN**  
 Nomor: P.21/17/2020/0200

Ditunjuk Publikasi Pemasaran Negeri Persewaan dengan dan menggunakan logo dan Trademark yang memiliki di bawah ini:

No	Nama	UM	UM	UM
1.	UM	UM	UM	UM
2.	UM	UM	UM	UM

Untuk melaksanakan kegiatan Pemasaran Negeri Persewaan dengan logo "Kawarna" dalam Persewaan dengan di Surab dan Kota Lain yang tertera" yang dilaksanakan pada:  
 Hari/Tanggal : Senin, 30 Oktober 2020  
 Jam : 08.00 - 15.00 WIB  
 Tempat : Ruang Pemasaran, Kom. Negeri Kabupaten Lima Puluh Kota

Ditandatangani oleh kepala di bawah ini dan ditandatangani dengan nama berikut:

Surabaya, 30 Oktober 2020



PEMERINTAH KABUPATEN LIMA PULUH KOTA  
**DIKAS PERPUSTAKAAN DAN KEARSIPAN**  
 Jalan. Jember Raya No. 100, Kota Singaperbangsa, Kabupaten Lima Puluh Kota, Sumatera Barat  
 Telp. (075) 8121111, 8121112, 8121113, 8121114  
 Fax. (075) 8121115, 8121116, 8121117, 8121118  
 www.kab.lpk.go.id

**SURAT KETERANGAN**  
 No. SP/UM/2020/0200

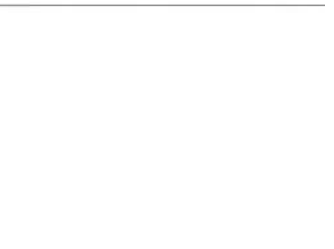
Kami menerangkan bahwa berdasarkan dan dalam rangka pelaksanaan Negeri Persewaan Persewaan dengan Persewaan dan Trademark dengan dan menggunakan logo dan Trademark yang memiliki di bawah ini:

No	Nama	Kategori
1.	UM	UM
2.	UM	UM
3.	UM	UM
4.	UM	UM
5.	UM	UM
6.	UM	UM
7.	UM	UM

Sebelum melakukan dan setelah proses akan dipublikasikan maka kami berinisiatif untuk melakukan kegiatan Persewaan dan Trademark yang tertera" yang dilaksanakan pada dan menggunakan Persewaan Negeri Persewaan.

Ditentukan pada kegiatan ini akan ada logo dan menggunakan dengan nama berikut:

Surabaya, 30 Oktober 2020



**BADAN PUSAT STATISTIK**  
**KABUPATEN LIMA PULUH KOTA**  
 Jl. Jember Raya No. 100, Kota Singaperbangsa, Kabupaten Lima Puluh Kota, Sumatera Barat  
 Telp. (075) 8121111, 8121112, 8121113, 8121114  
 Fax. (075) 8121115, 8121116, 8121117, 8121118  
 www.bps.lpk.go.id

**SURAT KETERANGAN**  
 Nomor: BPS/UM/2020/0200

Kami menerangkan bahwa berdasarkan dan dalam rangka pelaksanaan Negeri Persewaan Persewaan dengan Persewaan dan Trademark dengan dan menggunakan logo dan Trademark yang memiliki di bawah ini:

No	Nama	Kategori
1.	UM	UM
2.	UM	UM
3.	UM	UM
4.	UM	UM
5.	UM	UM
6.	UM	UM
7.	UM	UM

Sebelum melakukan dan setelah proses akan dipublikasikan maka kami berinisiatif untuk melakukan kegiatan Persewaan dan Trademark yang tertera" yang dilaksanakan pada dan menggunakan Persewaan Negeri Persewaan.

Ditentukan pada kegiatan ini akan ada logo dan menggunakan dengan nama berikut:

Surabaya, 30 Oktober 2020





## REALISASI KETERLIBATAN MITRA

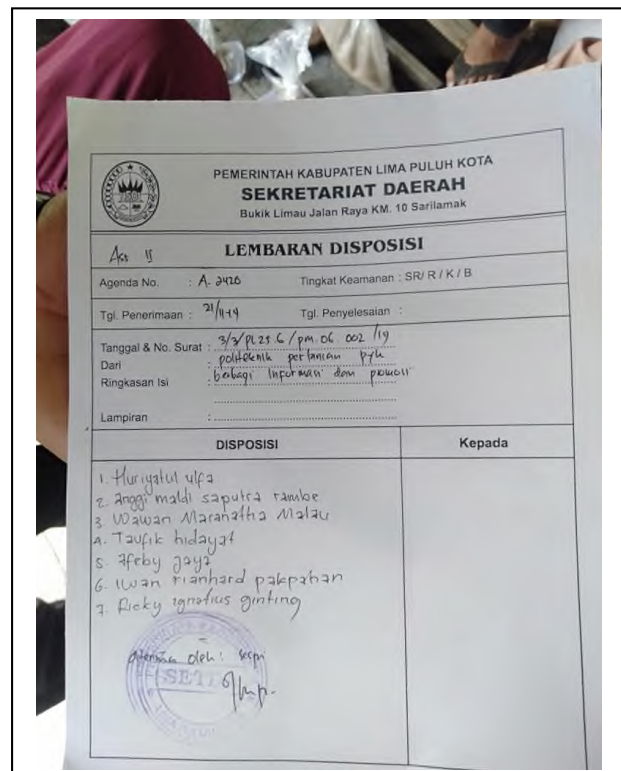
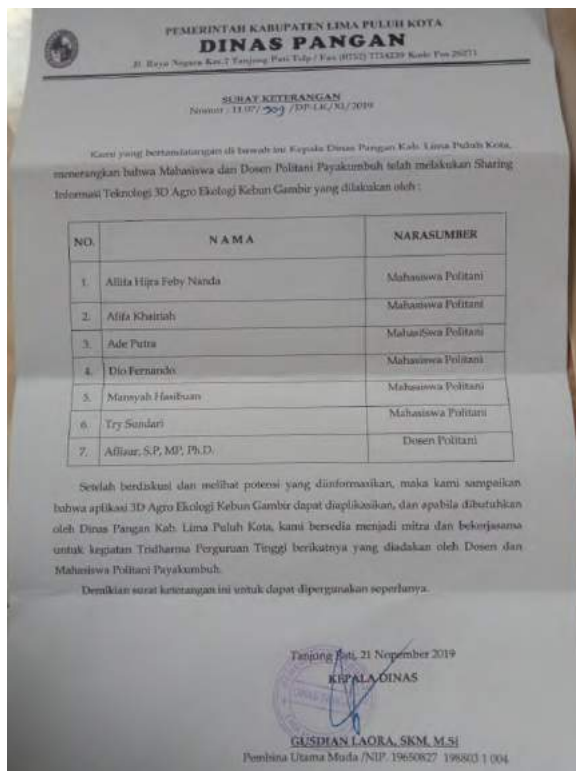
Mitra dalam Penelitian Terapan II tahun 2020 ini terdiri dari :

1. Pemerintahan Kabupaten Lima Puluh Kota; DINAS PANGAN
2. Pemerintah Kabupaten Lima Puluh Kota: Sekretariat Daerah
3. Pemerintah Kabupaten Lima Puluh Kota: Dinas Tanaman Pangan Hortikultura dan Perkebunan
4. Pemerintah Kabupaten Lima Puluh Kota: Dinas Lingkungan Hidup Perumahan Rakyat dan Pemukiman
5. Pemerintah Kota Payakumbuh: Dinas Lingkungan Hidup
6. Pemerintah Kota Payakumbuh: Dinas Ketahanan Pangan

REALISASI KETERLIBATAN MITRA dalam Bentuk Inkind dan In Cash

1. Pendampingan dalam Survei lapangan dan Validasi lapangan Kesesuaian Lahan Gambir
2. Bersama dalam melakukan sosialisasi kepada petani gambir tentang perlunya Konservasi Teras pada lahan gambir berlereng
3. Ikut serta dalam Survei Tanah dan Air dan pengambilan Sampel di Lapangan di DAS Mahat mencari data Primer
4. Berperan aktif dalam pemakaian software dan operasional peta Kesesuaian Lahan di Laptop desk top dan cara pengoperasian di lapangan dalam membantu mencari teknik konservasi teras bagi kebun Gambir Rakyat

FOTO FOTO KEGIATAN DISAJIKAN PADA LAMPIRAN DI BAWAH INI





**PEMERINTAH KABUPATEN LIMA PULUH KOTA  
DINAS TANAMAN PANGAN HORTIKULTURA DAN PERKEBUNAN**

Komplek Kantor Bupati Sarimarak 2, P.O. K. Aji Kalyan, KM. 10 Sarimarak Telp/Fax (0752) 7470715

**SURAT KETERANGAN**

Nomor : 521/SJ.4/7 Ditanhorbun.4-LK/VI/2019

Kami menerangkan bahwa Mahasiswa dan Dosen Politan Payakumbuh melakukan Sharing Informasi Teknologi Pemurnian Polutan Limbah Cair dengan IPAL STBM (Sistem Tanah Berlapas Melalu) tipe STBM atas tanah dan STBM bawah tanah yang dilaksanakan oleh :

NO	NAMA	NARASUMBER
1.	Rizal Samud Oultom	Mahasiswa Politan
2.	Muhammad Fikri	Mahasiswa Politan
3.	Fachrul Akmal Tanjung	Mahasiswa Politan
4.	Arif Rahman	Mahasiswa Politan
5.	Yolanda Servia	Mahasiswa Politan
6.	Mia Sonia	Mahasiswa Politan
7.	Aflizar, Ph.D	Dosen Politan

Setelah berdiskusi dan melihat potensi dapat di aplikasikan maka kami bersedia menjadi Mitra dan bekerjasama untuk kegiatan Tridharma Perguruan Tinggi berikutnya yang diadakan oleh Dosen dan Mahasiswa Politan.

Demikianlah surat keterangan ini dibuat untuk dapat dipergunakan sebagaimana mestinya.

Tanjung Pati, 18 Juni 2019  
Kepala Dinas Tanaman Pangan Hortikultura Dan Perkebunan Kabupaten Lima Puluh Kota  
Ata Kepala Bidang Pengawasan, Sarana, Perbiyasan dan Pemukiman  
  
**M. YULIANTO, S.P., M.Si**  
NIP. 19721025-199803 2 005



**PEMERINTAH KABUPATEN LIMA PULUH KOTA  
DINAS LINGKUNGAN HIDUP  
PERUMAHAN RAKYAT DAN PERMUKIMAN**

Jl. NIGARA KM1 SARILAMAK KECAMATAN BAKAU 2027343 0752 7768777/77687

**SURAT KETERANGAN**


Nomor : 41 / DLHPP-LK/ W 2019

Kami menerangkan bahwa Mahasiswa dan Dosen Politan Payakumbuh melakukan Sharing Informasi Teknologi Pemurnian Polutan Limbah Cair dengan IPAL STBM (Sistem Tanah Berlapas Melalu) tipe STBM at dan STBM bt yang dilaksanakan oleh :

No	Nama	Rasa Sumber
1	Leni Kurniati	Mahasiswa Politan
2	Maya Febrianti	Mahasiswa Politan
3	Yoli Setiawati	Mahasiswa Politan
4	M. Iqbal	Mahasiswa Politan
5	Oktavianus Candra Sijahat	Mahasiswa Politan
6	Miki Aulia	Mahasiswa Politan
7	Aflizar, Ph.D	Dosen Politan

Setelah berdiskusi dan melihat potensi dapat diaplikasikan maka kami bersedia menjadi Mitra dan bekerjasama untuk kegiatan Tridharma Perguruan Tinggi berikutnya yang diadakan oleh Dosen dan Mahasiswa Politan.

Demikian surat keterangan ini dibuat untuk dapat dipergunakan sebagaimana mestinya.

Tanjung Pati, 18 Juni 2019  
An. KEPALA DINAS LINGKUNGAN HIDUP PERUMAHAN RAKYAT DAN PERMUKIMAN KASIH PENGHAYUAN PENGEMUKHAN  
  
**ADIL WARMAN, SP., S.Sos., MM**  
Nip. 19720316 199303 1 005



**PEMERINTAH KOTA PAYAKUMBUH  
DINAS LINGKUNGAN HIDUP**

Jl. Angkek 1 No.24 Komplek Terminal Kota Nan IV Payakumbuh Telp/Fax (0752) 94496

**SURAT KETERANGAN**

Nomor : 660/2# /Perp/DLH-PYK/VI-2019

Yang bertanda tangan di bawah ini Kepala Dinas Lingkungan Hidup Kota Payakumbuh, menerangkan bahwa :

Nama	Narasumber
1. Pras Anggi Utama	Mahasiswa Politan
2. Indra Hermawan	Mahasiswa Politan
3. Teguh Ramadhani	Mahasiswa Politan
4. Rahmadilla Kurnia	Mahasiswa Politan
5. Efti Fionika	Mahasiswa Politan
6. Anggun Lestari Putri	Mahasiswa Politan
7. Anggi Anggani	Mahasiswa Politan
8. Pino Eka Putra	Mahasiswa Politan
9. Aflizar, Ph. D	Dosen Politan

Nama-nama tersebut diatas adalah Mahasiswa dan Dosen Politan Payakumbuh yang telah melakukan Sharing Informasi Teknologi Pemurnian Polutan Limbah Cair dengan IPAL STBM (Sistem Tanah Berlapas Melalu) tipe STBM Atas Tanah dan STBM Bawah Tanah di Dinas Lingkungan Hidup Kota Payakumbuh.

Demikianlah Surat Keterangan ini dibuat untuk dapat digunakan sebagaimana mestinya.

Payakumbuh, 21 Juni 2019  
KEPALA DINAS LINGKUNGAN HIDUP  
KOTA PAYAKUMBUH

  
**DAFIDUL FASI, S.P., M.M**  
Pejabat Utama Muda  
NIP. 19740315 199111 1 001



**PEMERINTAH KOTA PAYAKUMBUH  
DINAS KETAHANAN PANGAN**

Jln. Imam Bonjol Kabupaten Padang Tinggi // 0752 94805 PAYAKUMBUH

**SURAT KETERANGAN**

NO 660/2# /Perp/DLH-PYK/VI-2019

Kami menerangkan bahwa mahasiswa dan dosen Politeknik Pertanian Negeri Payakumbuh melaksanakan Sharing Informasi Teknologi Pemurnian Polutan Limbah Cair dengan IPAL STBM (Sistem tanah berlapis melalu) tipe STBM at dan STBM bt yang dilaksanakan oleh :

No.	Nama	Narasumber
1.	Maulana Al-amori	Mahasiswa POLITANI Payakumbuh
2.	Hernando	Mahasiswa POLITANI Payakumbuh
3.	Afrazal Palungan	Mahasiswa POLITANI Payakumbuh
4.	M. Arby Sidqi	Mahasiswa POLITANI Payakumbuh
5.	Eliasa Puspa Sari	Mahasiswa POLITANI Payakumbuh
6.	Rafika	Mahasiswa POLITANI Payakumbuh
7.	Aflizar, Ph.D	Dosen POLITANI Payakumbuh

Setelah berdiskusi dan melihat potensi dapat diaplikasikan maka kami bersedia menjadi mitra dan bekerja sama untuk kegiatan Tridharma Perguruan Tinggi berikutnya yang diadakan oleh dosen dan mahasiswa POLITANI.

Demikianlah surat keterangan ini dibuat untuk dapat dipergunakan sebagaimana mestinya.

Payakumbuh, 18 Juni 2019  
Kepala Dinas Ketahanan Pangan  
  
**SOLIKHAH, S.P., M.Si**  
NIP. 19640521 198703 1 004



**SURAT DARI MITRA BERSEDIA DAN TELAH MENERIMA TEKNOLOGI KEMAMPUAN LAHAN DAN KESESUAIAN LAHAN VISUAL 3 DIMENSI**



**KUNJUNGAN KE KANTOR MITRA DAN SOSIALISASI DAN ADAPTASI TEKNOLOGI**



**VALIDASI KONDISI KESESUAIAN LAHAN DI KOMPUTER DENGAN DI LAPANGAN**



**JEJAK DAS MAHAT TERDEGRADAI DAN EROSI TINGGI DARI BUKTI SEDIMEN DI HULU SUNGAI SETELAH HUJAN**



**BUKTI LAHAN GAMBIR DI KELERENGAN > 60% wajib diberikan konservasi TERAS DATAU DIHUTANKAN KEMBALI**



**MITRA BERPERAN DALAM SURVEI LAPANGAN**





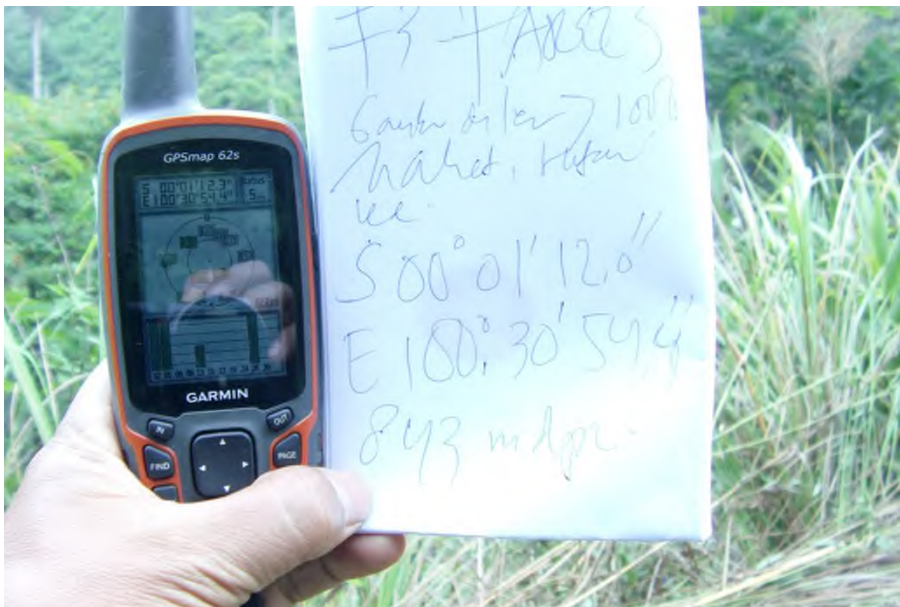
MITRA MENDAMPINGI DALAM SOSIALISSI KEPADA PEDAGANG GAMBIR UNTUK MENDETEKSI KWALITAS GAMBIR



MITRA MEMBERIKAN AKSES UNTUK MENGUNJUNGI PABRIK GAMBIR MODERN DARI MILIKI ORANG INDIA DI LOKASI PENELITIAN



MITRA MENDEMONSTRASIKAN DAB BERBAGI TEKNIK MENDETEKSI KWALITAS GAMBIR YANG BAIK DAN DICAMPUR



MITRA PRAKTEK PEMAKAIAN GPS DI LAPANGAN UNTUK MENCOCOK LOKASI LAPANGAN DAN MEMASUKAN KOORDINAT DI PETA DIGITAL DI LAPTOP



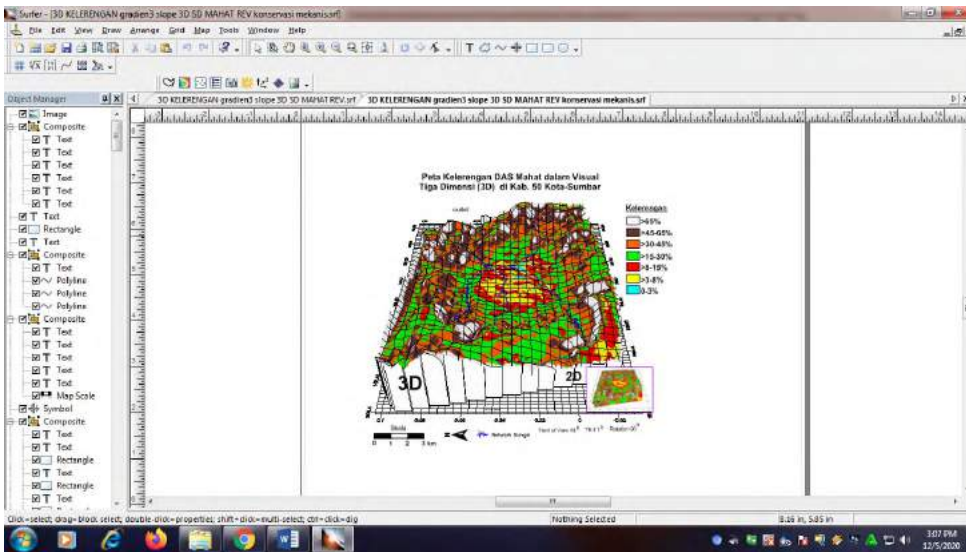
MITRA MENDAMPINGI DALAM MELIHAT EMBUNG SUMBER AIR IRIGASI DI DAS MAHAT



MITRA DI LATIH MENGAMBIL SAMPEL TANAH DAN SAMPEL AIR



Realisasi Keterlibatan mitra dalam sosialisasi dan penggunaan hasil penelitian di Kab 50 kota.











KEMENTERIAN PENDIDIKAN DAN KEBUDAYAAN  
**POLITEKNIK PERTANIAN NEGERI PAYAKUMBUH**  
 JALAN RAYA NEGARA KM 7 TANJUNG PATI 26271  
 KECAMATAN HARAU KABUPATEN LIMAPULUH KOTA - SUMBAR  
 Telepon (0752) 7754192 - Faksimili (0752) 7750220  
 surel sekretariat@politanpyk.ac.id@gmail.com Laman: http://politanpyk.ac.id

**SURAT TUGAS**

Nomor : 829 /PL.25/PMA.02/2020

Direktur Politeknik Pertanian Negeri Payakumbuh dengan ini menugaskan kepada Staf Pengajar yang namanya tersebut di bawah ini :

No	Nama	NIP	Gol	Jabatan
1	Affizar, SP,MP, PhD	197407062003121003	IV/b	Staf Pengajar

Untuk melaksanakan kegiatan Pengabdian Kepada Masyarakat dengan judul "Konservasi Lahan Pertanian Gambir di DAS Mahat dan Ilmu Lain yang terkait" yang dilaksanakan pada:

Hari/Tanggal : Senin / 26 Oktober 2020

Jam : 08.00 - 15.00 WIB

Tempat : Dinas Perpustakaan: Kec. Harau Kabupaten Lima Puluh Kota

Demikian surat tugas ini dibuat untuk dapat dilaksanakan dengan sebaik-baiknya.

Tanjung Pati, 23 Oktober 2020  
 Direktur

H. Hidayat, M.Pd.  
 NIP.196206201990201002



PEMERINTAH KABUPATEN LIMA PULUH KOTA  
**DINAS PERPUSTAKAAN DAN KEARSIPAN**

Jalan Protokol Hologora Km 2 Tanjung Pk, Phone (0752) 7754020  
 Website : www.kabupatirlima-puluhkota.com | Fax : (0752) 7754005

**SURAT KETERANGAN**

NO. 679 /PP /DPK-LK/X-2020

Kami menerangkan bahwa mahasiswa dan dosen Politeknik Pertanian Negeri Payakumbuh melaksanakan Sharing Penelitian dan Praktis dosen dan mahasiswa tentang Desainasi dan sosialisasi hasil penelitian terapan, yang dilaksanakan oleh:

No	Nama	Keterangan
1	Arunisa Arifina	Mahasiswa
2	Hosna Faniha	Mahasiswa
3	Andri Sinayantika	Mahasiswa
4	M. Izzati	Mahasiswa
5	Zilka Pratama	Mahasiswa
6	Zikwan Fandi	Mahasiswa
7	Affizar, Ph.D	Dosen

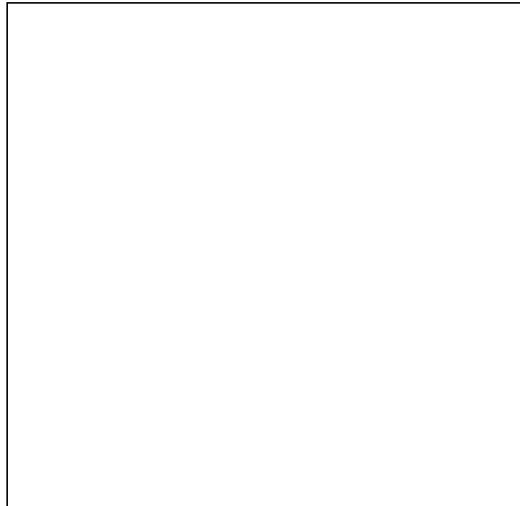
Setelah berdiskusi dan melihat potensi yang dapat dipelajari maka kami bersedia menjadi mitra dan bekerjasama untuk kegiatan Tri Dharma Perguruan Tinggi yang diadakan oleh dosen dan mahasiswa Politeknik Pertanian Negeri Payakumbuh.

Demikian Surat keterangan ini dibuat untuk dapat dipergunakan sebagaimana mestinya.

Tanjung Pati, 26 Oktober 2020

A.n. Kepala  
 Sekretaris,

Israr M. S.Pd.  
 NIP.196412291987031006





**SURAT KETERANGAN**  
Nomor : B-488/BPS/1308/9281/10/2020

Kami menerangkan bahwa mahasiswa dan dosen Politeknik Pertanian Negeri Payakumbuh melaksanakan Sharing Penelitian dan Praktek dosen dan mahasiswa tentang Desiminasi dan sosialisasi hasil penelitian terapan, yang dilaksanakan oleh :

No.	Nama	Keterangan
1.	Febriana Yulande	Mahasiswa
2.	Try Sundari	Mahasiswa
3.	Suci Agustina	Mahasiswa
4.	Perilla Resti	Mahasiswa
5.	Alfizar, Ph. D	Dosen

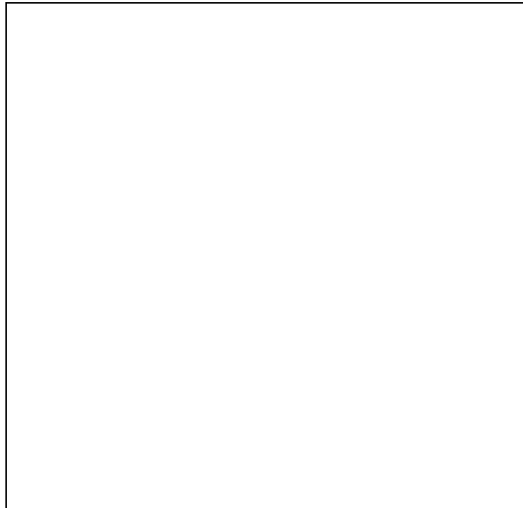
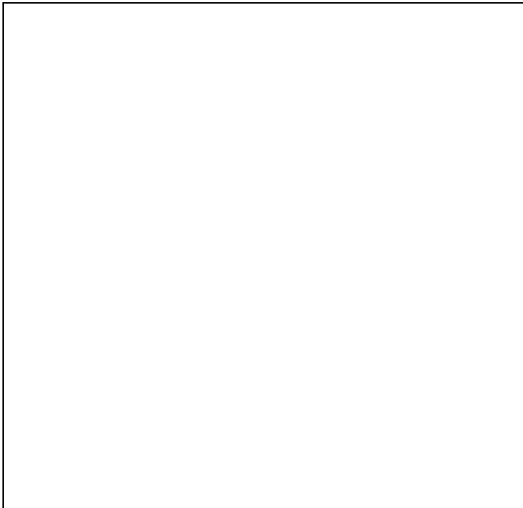
Setelah berdiskusi dan melihat potensi dapat diaplikasikan maka kami bersedia menjadi mitra dan bekerjasama untuk kegiatan Tri Dharma Perguruan Tinggi yang diadakan oleh dosen dan mahasiswa Politeknik Pertanian Negeri Payakumbuh.

Demikianlah surat keterangan ini dibuat untuk dapat dipergunakan sebagaimana mestinya.

Salamak, 26 Oktober 2020  
An. Kepala BPS Kabupaten Lima Puluh Kota  
dan Kepala BPS Kecamatan Produksi



**HOCHSITI, SE**  
NIP.198809211994012001





**KONTRAK PENELITIAN**  
**Penelitian Terapan**  
**( Pangan dan Pertanian)**  
**TAHUN ANGGARAN 2020**  
**Nomor: 685 /PL25/PT.00.02/2020**

Pada hari ini Rabu Tanggal Dua Puluh bulan Mai tahun Dua Ribu Dua Puluh, kami yang bertandatangan dibawah ini:

1. Nama : **Afizar,SP,MP,Ph.D**  
Jabatan : Kepala Pusat Penelitian dan Pengabdian kepada Masyarakat, Politeknik Pertanian Negeri Payakumbuh , di dalam hal ini bertindak untuk dan tas nama, Politeknik Pertanian Negeri Payakumbuh yang berkedudukan di Jln Raya Negara Km 7 Tanjung Pati Kecamatan Harau Kabupaten Limapuluh Kota-Sumatera Barat , untuk selanjutnya disebut **PIHAK PERTAMA**
2. Nama : **Afizar,SP,MP,Ph.D**  
Jabatan : Staf Pengajar Pada Politeknik Pertanian Negeri Payakumbuh ,dalam hal ini bertindak sebagai pengusul dan Ketua Pelaksana Penelitian Tahun Anggaran 2020 dan Program Penelitian mewakili anggota tim lain (**Jamaluddin, S.Si, M.Si dan Amrizal,SKom. M.Kom** ) untuk selanjutnya disebut **PIHAK KEDUA**.

**PIHAK PERTAMA** dan **PIHAK KEDUA**, secara bersama-sama sepakat mengikatkan diri dalam suatu Kontrak " **Penelitian** " Tahun Anggaran 2020 dengan ketentuan dan syarat-syarat sebagai berikut:

**Pasal 1.**

**Ruang Lingkup Kontrak**

**PIHAK PERTAMA** memberi pekerjaan kepada **PIHAK KEDUA** dan **PIHAK KEDUA** menerima pekerjaan tersebut dari **PIHAK PERTAMA**, untuk melaksanakan dan menyelesaikan (**Penelitian** ) Tahun Anggaran 2020 dengan judul (**3d Evaluasi Kemampuan Lahan, Kesesuaian Lahan Dan Survei Soseklik Kebun Gambir Rakyat Di Lanskep Das Mahat Serta Aplikasinya Pada Pertanian Terpadu (Agroekologi)**)"

**Pasal 2**

**Dana Penelitian**

- (1) Besarnya dana untuk melaksanakan penelitian dengan judul sebagaimana dimaksud pada Pasal 1 adalah sebesar **Rp 169.537.000 -( Seratus Enam Puluh Sembilan Juta Lima Ratus Tiga Puluh Tujuh Ribu Rupiah.)** sudah termasuk pajak.
- (2) Dana Penelitian sebagaimana dimaksud pada ayat (1) dibebankan pada Daftar Isian Pelaksanaan Anggaran (DIPA) Direktorat Riset dan Pengabdian Masyarakat, Kementerian



### Pasal 3

#### Tata Cara Pembayaran Dana Penelitian

- (1) **PIHAK PERTAMA** akan membayarkan Dana Penelitian kepada **PIHAK KEDUA** dengan pembayaran penuh 100 % sebesar Rp 169.537.000 -( Seratus Enam Puluh Sembilan Juta Lima Ratus Tiga Puluh Tujuh Ribu Rupiah.) ketentuan sebagai berikut:
  - a. **PIHAK PERTAMA** kepada **PIHAK KEDUA** setelah **PARA PIHAK** membuat dan melengkapi rancangan pelaksanaan penelitian yang memuat judul penelitian, pendekatan dan metode penelitian yang digunakan, data yang akan diperoleh, anggaran yang akan digunakan, dan tujuan penelitian berupa luaran yang akan dicapai.
  - b. **PIHAK PERTAMA** kepada **PIHAK KEDUA** setelah **PIHAK KEDUA** mengunggah ke SIMLITABMAS yaitu Laporan Kemajuan Pelaksanaan Penelitian dan Catatan Harian.
- (2) Dana Penelitian akan disalurkan oleh **PIHAK PERTAMA** kepada **PIHAK KEDUA** ke rekening sebagai berikut:

Nama	: Aflizar,SP,MP,Ph.D
NomorRekening	: 5500.01.009453.53.6
Nama Bank	: BRI Cab. Payakumbuh
- (3) **PIHAK PERTAMA** tidak bertanggung jawab atas keterlambatan dan/atau tidak terbayarnya sejumlah dana sebagaimana dimaksud pada ayat (1) yang disebabkan karena kesalahan **PIHAK KEDUA** dalam menyampaikan data peneliti, nama bank, nomor rekening, dan persyaratan lainnya yang tidak sesuai dengan ketentuan.

### Pasal 4

#### Jangka Waktu

Jangka waktu pelaksanaan penelitian sebagaimana dimaksud dalam Pasal 1 sampai selesai 100%, adalah dihitung sejak 20 Mei 2020 dan berakhir pada 15 Desember 2020

### Pasal 5

#### Target Luaran

- (1) **PIHAK KEDUA** berkewajiban untuk mencapai target luaran wajib penelitian berupa (Sesuai Proposal, Skema Masing-masing)
- (2) **PIHAK KEDUA** berkewajiban untuk melaporkan perkembangan pencapaian target luaran sebagaimana dimaksud pada ayat (1) kepada **PIHAK PERTAMA**.

### Pasal 6

#### Hak dan Kewajiban Para Pihak

- (1) Hak dan Kewajiban **PIHAK PERTAMA**:
  - a. **PIHAK PERTAMA** berhak untuk mendapatkan dari **PIHAK KEDUA** luaran penelitian sebagaimana dimaksud dalam Pasal 7;
  - b. **PIHAK PERTAMA** berkewajiban untuk memberikan dana penelitian kepada **PIHAK KEDUA** dengan jumlah sebagaimana dimaksud dalam Pasal 2 ayat (1) dan dengan tata cara pembayaran sebagaimana dimaksud dalam Pasal 3.

(2) Hak dan Kewajiban **PIHAK KEDUA**:

- a. **PIHAK KEDUA** berhak menerima dana penelitian dari **PIHAK PERTAMA** dengan jumlah sebagaimana dimaksud dalam Pasal 2 ayat (1);
- b. **PIHAK KEDUA** berkewajiban menyerahkan kepada **PIHAK PERTAMA** luaran Penelitian dengan judul “(3d Evaluasi Kemampuan Lahan, Kesesuaian Lahan Dan Survei Soseklik Kebun Gambir Rakyat Di Lanskep Das Mahat Serta Aplikasinya Pada Pertanian Terpadu (Agroekologi)” dan catatan harian pelaksanaan penelitian;
- c. **PIHAK KEDUA** berkewajiban untuk bertanggungjawab dalam penggunaan dana penelitian yang diterimanya sesuai dengan proposal kegiatan yang telah disetujui;
- d. **PIHAK KEDUA** berkewajiban untuk menyampaikan kepada **PIHAK PERTAMA** laporan penggunaan dana sebagaimana dimaksud dalam Pasal 7.

**Pasal 7**

**Laporan Pelaksanaan Penelitian**

- (1) **PIHAK KEDUA** berkewajiban untuk menyampaikan kepada **PIHAK PERTAMA** berupa laporan kemajuan dan laporan akhir mengenai luaran penelitian dan rekapitulasi penggunaan anggaran sesuai dengan jumlah dana yang diberikan oleh **PIHAK PERTAMA** yang tersusun secara sistematis sesuai pedoman yang ditentukan oleh **PIHAK PERTAMA**.
- (2) **PIHAK KEDUA** berkewajiban mengunggah ke laman SIMLITABMAS, sesuai dengan Pengumuman dan dokumen sebagai berikut:
  1. Revisi proposal penelitian
  2. Catatan harian pelaksanaan penelitian
  3. Laporan kemajuan pelaksanaan penelitian
  4. Surat Pernyataan Tanggungjawab Belanja (SPTB)
  5. Laporan Akhir Penelitian
  6. Luaran Penelitian
- (3) **PIHAK KEDUA** berkewajiban Menyerahkan *Hardcopy* ke **P3M** paling Lambat tanggal **30 November 2020** dengan Dokumen dibawah ini :
  1. Catatan harian pelaksanaan penelitian
  2. Laporan Kemajuan pelaksanaan penelitian
  3. Surat Pernyataan Tanggungjawab Belanja (SPTB) dan **Kwitansi Asli** atas dana penelitian yang telah dilaporkan 1 eksemplar
  4. Artikel ilmiah 1 eksemplar
  5. Laporan Akhir Penelitian
  6. Foto dokumentasi kegiatan sebanyak 1 set
  7. Softcopy Laporan Akhir dan artikel ilmiah dalam format “pdf” dan Poster
  8. Poster ukuran 70 x 80 cm 1 set.
- (4) Laporan hasil Penelitian sebagaimana tersebut pada ayat (4) harus memenuhi ketentuan sebagai berikut:
  - a. Bentuk/ukuran kertas A4;
  - b. Di bawah bagian cover ditulis:



Dibiayai oleh:  
Direktorat Riset dan Pengabdian Masyarakat  
Kementerian Riset dan Teknologi / Badan Riset dan Inovasi Nasional  
Sesuai dengan Amandemen Kontrak Penelitian Tahun 2019  
Tahun Jamak 2020-2021  
Nomor: 160/SP2H/AMD/LT/DRPM/2020

#### **Pasal 8**

##### **Monitoring dan Evaluasi**

**PIHAK PERTAMA** dalam rangka pengawasan akan melakukan Monitoring dan Evaluasi internal terhadap kemajuan pelaksanaan Penelitian Tahun Anggaran 2020 ini sebelum pelaksanaan Monitoring dan Evaluasi eksternal oleh Direktorat Riset dan Pengabdian Masyarakat, Kementerian Riset dan Teknologi / Badan Riset dan Inovasi Nasional.

#### **Pasal 9**

##### **Penilaian Luaran**

1. Penilaian luaran penelitian dilakukan oleh Komite Penilai/*Reviewer* Luaran sesuai dengan ketentuan yang berlaku.
2. Apabila dalam penilaian luaran terdapat luaran tambahan yang tidak tercapai maka dana tambahan yang sudah diterima oleh peneliti harus disetorkan kembali ke kas negara.

#### **Pasal 10**

##### **Perubahan Susunan Tim Pelaksana dan Substansi Pelaksanaan**

Perubahan terhadap susunan tim pelaksana dan substansi pelaksanaan Penelitian ini dapat dibenarkan apabila telah mendapat persetujuan tertulis dari Direktorat Riset dan Pengabdian Masyarakat, Kementerian Riset dan Teknologi / Badan Riset dan Inovasi Nasional

#### **Pasal 11**

##### **Penggantian Ketua Pelaksana**

- (1) Apabila **PIHAK KEDUA** selaku ketua pelaksana tidak dapat melaksanakan Penelitian ini, maka **PIHAK KEDUA** wajib mengusulkan pengganti ketua pelaksana yang merupakan salah satu anggota tim kepada **PIHAK PERTAMA**.
- (2) Apabila **PIHAK KEDUA** tidak dapat melaksanakan tugas dan tidak ada pengganti ketua sebagaimana dimaksud pada ayat(1), maka **PIHAK KEDUA** harus mengembalikan dana penelitian kepada **PIHAK PERTAMA** yang selanjutnya disetor ke Kas Negara.
- (3) Bukti setor sebagaimana dimaksud pada ayat (2) disimpan oleh **PIHAK PERTAMA**.

#### **Pasal 12**

##### **Sanksi**

- (1) Apabila sampai dengan batas waktu yang telah ditetapkan untuk melaksanakan Kontrak Penelitian telah berakhir, **PIHAK KEDUA** tidak melaksanakan kewajibannya, Maka **PIHAK KEDUA** dikenakan sanksi administratif
- (2) Sanksi administratif berupa penghentian dan tidak dapat mengajukan proposal penelitian dalam kurun waktu dua tahun berturut-turut.

#### **Pasal 13**

##### **Pembatalan Perjanjian**

- (1) Apabila dikemudian hari terhadap judul Penelitian sebagaimana dimaksud dalam Pasal 1 ditemukan adanya duplikasi dengan Penelitian lain dan/atau ditemukan adanya ketidakjujuran, itikad tidak baik, dan/atau perbuatan yang tidak sesuai dengan kaidah ilmiah dari atau dilakukan oleh **PIHAK KEDUA**, maka perjanjian Penelitian ini



- dinyatakan batal dan **PIHAK KEDUA** wajib mengembalikan dana penelitian yang telah diterima kepada **PIHAK PERTAMA** yang selanjutnya akan disetor ke Kas Negara.
- (2) Bukti setor sebagaimana dimaksud pada ayat (1) disimpan oleh **PIHAK PERTAMA**.

**Pasal 14**  
**Pajak-Pajak**

Hal-hal dan/atau segala sesuatu yang berkenaan dengan kewajiban pajak berupa PPN dan/atau PPh menjaditanggungjawab **PIHAK KEDUA** dan harus dibayarkan oleh **PIHAK KEDUA** ke kantor pelayanan pajak setempat sesuai ketentuan yang berlaku.

- (1) Pembelian barang dan /atau jasa yang dikenakan pajak Pertambahan Nilai ( PPN) sebesar 10 ( sepuluh persen ) dan pajak penghasilan ( PPh) Pasal 22 sebesar 1,5 ( satu koma lima persen )
- (2) Belanja honorarium dikenakan PPh Psl 21 dengan ketentuan :
- a. 5 % ( lima persen ) bagi yang memiliki NPWP Golongan III, dan 6 % ( enam persen ) yang tidak memiliki NPWP
  - b. Untuk golongan IV sebesar 15 % ( lima belas persen )

**Pasal 15**  
**Peralatan dan/alat Hasil Penelitian**

Hasil Pelaksanaan Penelitian ini yang berupaperalatandan/atau alat yang dibelidari pelaksanaan Penelitian ini adalah milik Negara yang dapat dihibahkan kepada **Politeknik Pertanian Negeri Payakumbuh** sesuai dengan ketentuan peraturan perundang-undangan.

**Pasal 16**  
**Penyelesaian Sengketa**

Apabila terjadi perselisihan antara **PIHAK PERTAMA** dan **PIHAK KEDUA** dalam pelaksanaan perjanjian ini akan dilakukan penyelesaian secara musyawarah dan mufakat, dan apabila tidak tercapai penyelesaian secara musyawarah dan mufakat maka penyelesaian dilakukan melalui proses hukum.

**Pasal 17**  
**Lain-lain**

- (1) **PIHAK KEDUA** menjamin bahwa penelitian dengan judul tersebut di atas belum pernah dibiayai dan/atau diikutsertakan pada Pendanaan Penelitian lainnya, baik yang diselenggarakan oleh instansi, lembaga, perusahaan atau yayasan, baik di dalam maupun di luar negeri.
- (2) Segala sesuatu yang belum cukup diatur dalam Perjanjian ini dan dipandang perlu diatur lebih lanjut dan dilakukan perubahan oleh **PARA PIHAK**, maka perubahan-perubahannya akan diatur dalam perjanjian tambahan atau perubahan yang merupakan satu kesatuan dan bagian yang tidak terpisahkan dari Perjanjian ini.

Perjanjian ini dibuat dan ditandatangani oleh PARA PIHAK pada hari dan tanggal tersebut di atas, dibuat dalam rangkap 2 (dua) dan bermeterai cukup yang dibebankan kepada PIHAK KEDUA sesuai dengan ketentuan yang berlaku, yang masing-masing mempunyai kekuatan hukum yang sama.

**PIHAK PERTAMA**

Kepala Pusat Penelitian dan  
Pengabdian Kepada Masyarakat



Aflizar, SP, MP, Ph.D  
NIP. 197407062003121003

**PIHAK KEDUA**

Ketua Program Penelitian



6000  
RUPIAH

Aflizar, SP, MP, h.D  
NIP. 197407062003121003

Mengetahui,  
Direktur



Ir. Elvin Hasman, MP  
NIP. 196306291992031002