

**LAPORAN AKHIR
KELOMPOK RISET AGRISHED
(AGRICULTURE WATERSHED IMPROVEMENT)**



**INDEKS KUALITAS TANAH PADA LAHAN PASIRAN
DI KECAMATAN ASEMBAGUS SITUBONDO**

Oleh :
Subhan Arif Budiman, SP., MP.
NIDN. 0007027704

**KeRis AGRISHED
FAKULTAS PERTANIAN UNIVERSITAS JEMBER
KEMENTERIAN PENDIDIKAN DAN KEBUDAYAAN
Desember, 2020**

HALAMAN PENGESAHAN HIBAH KERIS

Judul Penelitian/ Pengabdian : Indeks Kualitas Tanah Pada Lahan Pasiran Di Kecamatan Asembagus Situbondo

Nama KeRis : Agrished (Agricultural Watershed Improvement)

Ketua Peneliti :

a. Nama Lengkap : Subhan Arif Budiman, SP., MP.

b. NIP./NRP. : 197702072005011002

c. Jabatan Fungsional : Asisten Ahli

d. Program Studi : Fak. Pertanian/Ilmu Tanah

e. Nomor HP : 085228097255

f. Alamat surel (e-mail) : sabudiman@gmail.com

Anggota (1) :

a. Nama Lengkap : Dr. Ir. Bambang Hermiyanto, MP.

b. NIP./NRP. : 196111101988021001

c. Perguruan Tinggi : Universitas Jember

Anggota (2) :

a. Nama Lengkap : Ir. Niken Sulistyaningsih, MS.

b. NIP./NRP. : 195608221984032001

c. Perguruan Tinggi : Universitas Jember

Jenis Penelitian : Penelitian Dasar

TKT : 1

Kesesuaian dengan RIP UNEJ : Teknologi Maju untuk Pertanian dan Kesehatan

Usulan Tahun ke - : 1

Biaya Keseluruhan : Rp. 29.975.000

Biaya usulan tahun berjalan :

- Dana UNEJ : Rp. 29.975.000

- Dana institusi lain : Rp. 0 / In Kind tuliskan :

Biaya Yang Disetujui : Rp. 20.000.000



Mengetahui,
Dekan

Prof. Dr. Ir. Soetriono, MP.
NIP. 196403041989021001

Jember, 10-12-2020
Ketua Peneliti

Subhan Arif Budiman, SP., MP.
NIP. 197702072005011002

Mengetahui,
Ketua LP2M

Prof. Ir. Achmad Subagio, M.Agr., Ph.D.
NIP. 196905171992011001

Abstrak

Lahan pasir pantai merupakan lahan marginal yang dapat dikembangkan untuk lahan pertanian akan tetapi tanah-tanah pada lahan tersebut memiliki permasalahan utama terkait dengan tingginya nilai DHL (Daya hantar listrik) dan nilai SAR (Sodium Adsorption Ratio) akibat pengaruh pasang-surut air laut. Penelitian ini sangat berkaitan dengan aktivitas dan tujuan KeRis Watershed dimana fokus penelitian ini adalah perbaikan pengelolaan lahan pasiran yang berada pada hilir DAS Deluwang. Tujuan dari penelitian ini adalah untuk menilai tingkat dan variasi kesuburan tanah dengan menggunakan metode penentuan indeks kualitas tanah. Survey lokasi dan pengambilan contoh tanah dilakukan berdasarkan tingkat variabilitas satuan peta tanah yang disusun dengan cara mengoverlay peta geologi, peta jenis tanah, peta kelas kemiringan lereng, dan peta penggunaan lahan (tutupan lahan dan jenis komoditas yang diusahakan). Contoh tanah diambil pada kedalaman 0-25 cm dari 27 titik dan dianalisis di laboratorium untuk mendapat nilai kuantitatif dari Kadar air tanah lapangan, pH H₂O, pH KCl, DHL, kadar C-organik, N-total, P-tersedia, K-total, Ca-tertukar, Na-tertukar, Mg-tertukar, separasi ukuran partikel (kadar pasir, debu dan clay), batas cair, batas plastis, batas lekat dan batas berubah warna. Data hasil analisis laboratorium dianalisis menggunakan metode multivariat-PCA (*Principle Component Analysis*) untuk melihat variabel-variabel kunci penentu kualitas tanah yang dan mendapatkan tujuh variabel yaitu Batas Cair (36.09%), Batas Lekat (35,24%), Indek plastisitas (1.18%), KA lapangan (7.17%), N-total (6.01%), P-tersedia (11.19%) dan Ca-tertukar (13.25%). Nilai indek kualitas tanah berkisar antara 0.1989 (Petak 28) sampai 1.3778 (Petak 16) dengan nilai rerata 0.9307. Perbaikan dapat dilakukan dengan dua cara yaitu pemilihan tanaman yang toleran terhadap kadar garam tinggi atau dengan menurunkan kadar garam yang dapat dilakukan dua cara yaitu membuat juringan hingga kedalaman di bawah zona perakaran di sekeliling petak dan penjuhan petak dengan air sehingga garam-garam konsentrasi tinggi dapat terusir dari zona perakaran.

Kata kunci : Indeks kualitas tanah, PCA, Sistem Informasi Geografi, jenis komoditas dan produksi tanaman.

I. PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Salah satu tantangan pertanian di Indonesia adalah besarnya keragaman karakteristik lahan. Indonesia bagian barat yang memiliki banyak Gunung berapi aktif memiliki tanah yang lebih subur, lebih masam dan curah hujan yang tegas. Sebaliknya, Indonesia bagian timur dibentuk dari lithologi yang lebih basa dengan curah hujan kecil tapi merata sepanjang tahun. Hal ini menyebabkan tidak semua tanaman dapat tumbuh dan berkembang di semua jenis lahan di Indonesia sehingga diperlukan manajemen spesifik lokasi untuk dapat menghasilkan produksi maksimum dan margin keuntungan sebesar-besarnya.

Tanah yang sehat dan subur sangat menentukan dalam keberhasilan usahatani untuk mendapatkan produktivitas yang tinggi dengan input usahatani yang relatif rendah. Peran penting tanah sebagai faktor produksi diantaranya sebagai media tumbuh perakaran dan penyedia unsur hara bagi tanaman. Selain berfungsi sebagai faktor produksi, tanah juga berperan penting dalam meningkatkan dan menjaga kualitas lingkungan baik di tingkat lokal maupun di tingkat global melalui kemampuan tanah menyaring bahan-bahan pencemar sehingga sumber air tidak tercemar, mengontrol pelepasan air ke badan-badan air seperti sungai atau danau, dan menyimpan karbon untuk mengurangi emisi gas rumah kaca. Dengan fungsinya yang sangat kompleks dan multi dimensi tersebut, maka berbagai bentuk kerusakan tanah/lahan sebagai akibat dari pengelolaan yang kurang bijaksana akan berdampak pada merosotnya kualitas tanah dan hilangnya sebagian besar fungsi tersebut.

Tanah pasiran merupakan tanah marginal (bukan tanah utama untuk kegiatan budidaya tanaman). Tanah pasiran banyak ditemukan di pesisir pantai utara Pulau Jawa termasuk di Desa Banongan Kecamatan Arjasa Kab. Situbondo. Potensi margin lahan-lahan pasiran sangat tinggi seiring dengan tingginya permintaan Melon dan Semangka terutama pada musim kemarau. Dua komoditas ini, meskipun memerlukan modal yang besar tetapi potensi marginnya juga tinggi (dua sampai tiga kali lipat dibanding Padi). Pengembangan komoditi pertanian (melon dan jagung) dan perkebunan (tebu dan kelapa) di Indonesia saat ini terbentur pada tantangan internal dan eksternal. Tantangan internal komoditi-komoditi tersebut terkait dengan rendahnya dan beragamnya kuantitas dan kualitas produksi yang sesuai dengan permintaan pasar akibat perbedaan kondisi lokasi spesifik lahan, varietas, teknologi budidaya, dan kualitas sumber daya petani regional.

Berasumsi bahwa kondisi lokasi spesifik suatu komoditas yang tetap, varietas juga telah dipilih varietas unggul dan kualitas sumberdaya petani juga tetap, maka perbaikan yang mungkin dapat ditempuh adalah melalui perbaikan teknik budidaya tanaman, yakni dengan peningkatan kualitas tanahnya. Tentunya, setiap varietas memiliki syarat spesifik untuk dapat menghasilkan produksi sesuai dengan yang

diinginkan. Sehingga pemetaan Kualitas Tanah dan bagaimana kualitas tersebut berpengaruh terhadap kualitas produk tanaman perlu dilakukan.

Mutu dan hasil tanaman sangat ditentukan salah satunya oleh kondisi lahan. Demikian pula, kondisi lahan ditentukan salah satunya oleh kualitas tanah. Jadi ketika kualitas tanah baik maka diharapkan dapat sebagai modal awal untuk mendapatkan mutu produk yang baik. Untuk itu perlu diketahui kualitas tanah masing-masing lokasi pertanaman. Mengingat untuk menentukan kualitas tanah harus melibatkan banyak parameter tanah yang satu dengan lainnya dapat tidak paralel, maka perlu dibuat indeks kualitas tanah, dengan menggunakan *principal component analysis* (PCA), yang berupa nilai tunggal antara 0-1 yang berguna untuk mempermudah penilaiannya. Melalui teknik tersebut juga akan diketahui indikator-indikator penentu kualitas tanah dan seberapa besar kontribusi masing-masing parameter pada indeks kualitas tanah. Sehingga dengan demikian akan dapat diketahui faktor apa yang dapat diperbaiki untuk meningkatkan kualitas tanahnya.

Hasil nilai indeks kualitas tanah tersebut selanjutnya akan dihubungkan dengan hasil mutu produk tanaman di daerah tersebut. Melalui evaluasi hubungan tersebut maka akan diketahui seberapa jauh keeratan hubungan nilai indeks kualitas tanah dengan mutu produk tanaman. Akhirnya berdasarkan hasil-hasil analisis statistik tersebut, rekomendasi perbaikan kualitas tanah demi peningkatan produksi dapat dibuat.

1.2 Tujuan

Adapun tujuan dari penelitian ini antara lain adalah :

1. Mendapat informasi faktor-faktor penting penentu indeks kualitas tanah
2. Mengidentifikasi sumbangan efektif PC
3. Mengidentifikasi sumbangan relatif masing-masing variabel.

1.3 Manfaat

Manfaat dari penelitian ini antara lain adalah :

1. Mendapat variabel kunci penentu kesuburan tanah
2. Dapat melakukan perbaikan kualitas tanah berdasar variabel kunci sehingga tingkat efisiensi dan efektifitas tertinggi dapat dicapai.

II. TINJAUAN PUSTAKA

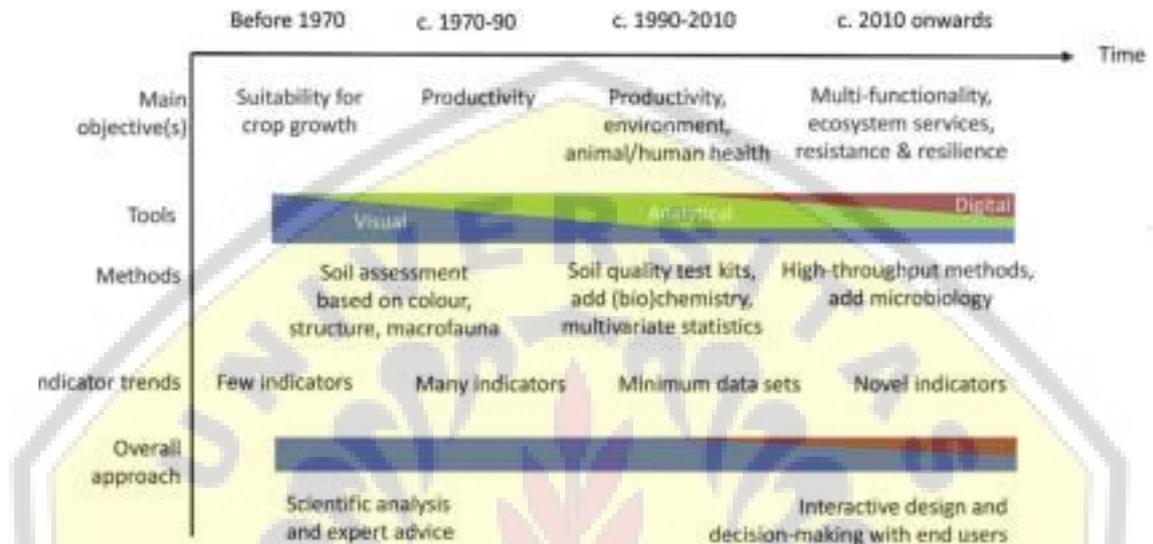
2.1. Index kualitas Tanah

Kualitas tanah merupakan salah satu komponen utama kualitas lingkungan selain udara dan air (Andrews, Karlen, and Mitchell 2002). Sedikit berbeda dengan udara dan air dimana kualitasnya ditentukan oleh kadar polutan dan dampaknya terhadap kesehatan, kualitas tanah tidak hanya ditentukan oleh tingkat polutan tetapi memiliki makna lebih luas sebagai “kapasitas tanah sebagai salah satu fungsi ekosistem dalam menjaga keberlanjutan produktivitas biologi, kualitas lingkungan dan kesehatan hewan serta tanaman” (Doran and Parkin 1994). Definisi ini merefleksikan kompleksitas bagian bawah tanah masing-masing lokasi dari ekosistem terestrial dan beragamnya hubungan fungsi tanah dan tanah sebagai dasar ekosistem. Kompleksitas ini tidak hanya berkaitan dengan fase tanah (udara, air, padatan) tetapi juga keberagaman tujuan. Definisi lebih luas dari kualitas tanah bila ditinjau dari sisi lingkungan merujuk pada perspektif “kapasitas tanah untuk mendorong pertumbuhan tanaman, melindungi daerah aliran sungai dengan mengatur infiltrasi dan partisi curah hujan, dan mencegah pencemaran air dan udara dengan menyangga polutan potensial seperti bahan kimia pertanian, limbah organik, dan bahan kimia industri”

Bünemann et al. (2018) mereview perkembangan penilaian kualitas tanah telah berubah selama lima dekade terakhir yang disajikan secara lengkap dalam Gambar. 5 terkait dengan tujuan, alat dan metode, dan pendekatan keseluruhan. Beberapa prosedur harus diambil dalam penilaian kualitas tanah dimana elemen-elemennya ditunjukkan pada derajat yang sangat berbeda dalam sejumlah pendekatan yang telah dikembangkan. Permulaan awal adalah definisi yang jelas tentang tujuan, yaitu apakah penilaian tanah dimaksudkan sebagai dasar untuk rekomendasi pengelolaan, dilihat sebagai alat pendidikan, atau sebagai bagian dari program pemantauan. Demikian pula, pengguna sasaran harus disebutkan dan dilibatkan sejak awal untuk meningkatkan adopsi pendekatan penilaian yang dikembangkan.

Pemilihan indikator kualitas tanah perlu didasarkan pada hubungan mekanistik antara indikator dan fungsi tanah atau layanan ekosistem yang kadang-kadang telah diusulkan (Creamer et al., 2016) tetapi jarang ditetapkan secara tegas melalui validasi eksperimental. Definisi yang jelas tentang fungsi tanah yang ditargetkan akan menentukan kedalaman tanah yang akan dievaluasi, karena beberapa fungsi tanah terutama terkait dengan lapisan tanah atas, sedangkan yang lainnya terkait dengan keseluruhan profil tanah. Aset dari kerangka kualitas tanah yang baru adalah kemungkinan untuk memilih indikator berdasarkan ancaman tanah yang ditargetkan, fungsi tanah dan jasa ekosistem, yang dianggap mungkin dengan menggunakan metode saringan logis (Stone et al., 2016a). Secara konseptual, ancaman tanah, fungsi dan jasa ekosistem semuanya terkait dan konsep yang berfokus pada salah satu dari ini dengan demikian dapat direkonsiliasi, jika diketahui bahwa fungsi tanah yang ditargetkan atau jasa ekosistem dan pilihan indikator terkait adalah tergantung

skala (Norton et al., 2016; Schulte et al., 2015). Multi fungsionalitas harus diintegrasikan dengan jelas dalam pendekatan kualitas tanah di masa mendatang, seperti fungsi pengelolaan lahan yang dilakukan oleh Schulte et al., (2015) dalam proyek LANDMARK.

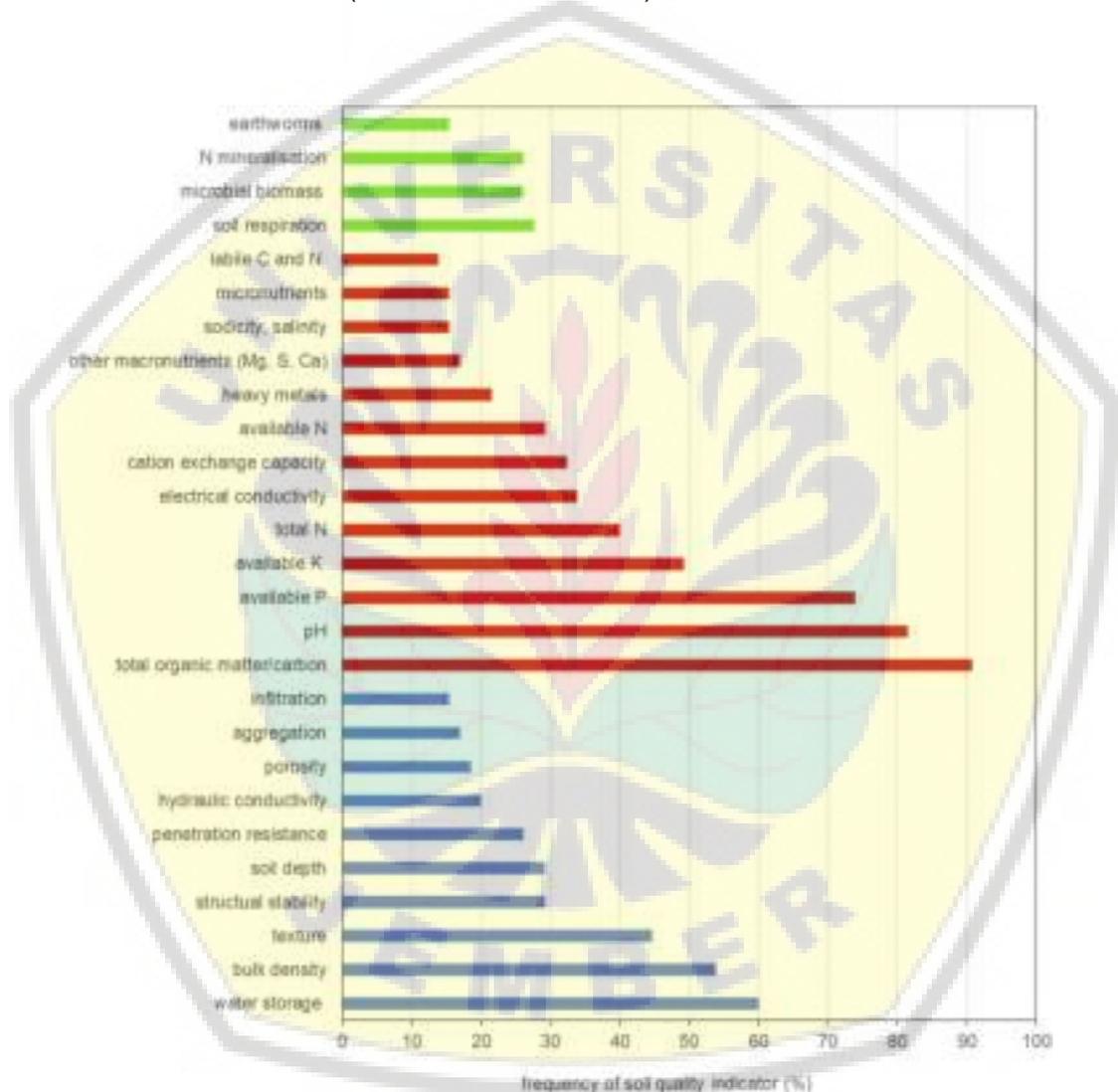


Gambar 5. Sejarah berdasar tujuan, alat dan pendekatan yang digunakan dalam penilaian kualitas tanah. Sumber : Bünemann et al. (2018).

Sebelum tahun 1970-an, tujuan utama dari kualitas tanah adalah keberlanjutan pertumbuhan tanaman dengan tool sebagian besar berupa pengamatan visual. Kemudian pada periode 1970-1990, tujuan lebih ditekankan pada produktivitas dan pengamatan visual mulai berkurang dan penggunaan analisis statistik perlahan-lahan mulai banyak digunakan. Metode pada dua era ini tidak banyak berubah yaitu didasarkan pada warna tanah, struktur dan makrofauna. Era ketiga adalah era 1990-2010 seiring dengan perkembangan teknologi digital, penggunaan sistem informasi geografi mulai diperkenalkan meskipun masih dalam tahap visualisasi. Era terakhir adalah periode 2010 hingga sekarang dimana tujuan asesment tidak hanya ditekankan pada produktivitas, lingkungan dan kesehatan tetapi juga multi-fungsi, jasa ekosistem, resistensi dan ketahanan lingkungan.

2.2. Indikator-indikator penentu kualitas tanah

Beberapa indikator kualitas tanah ditentukan berdasarkan analisis faktor dalam statistik inferensial. Pada analisis faktor, akan diperoleh faktor-faktor dominan penentu kualitas tanah dengan menggunakan metode Principle Component Analysis. Nilai variabel dalam PC terbesar teridentifikasi sebagai faktor dominan dalam PC tersebut. Gambar 6 merupakan contoh penggunaan PCA untuk mendapatkan indikator kualitas tanah (Bünemann et al. 2018).



Gambar 6. Frekuensi dari berbagai indikator yang digunakan dalam penilaian kualitas tanah. Indikator biologi, kimia and fisika tanah ditunjukkan dalam warna hijau, merah dan biru. Sumber : (Bünemann et al. 2018)

2.3. Sistem informasi Geografi

Sistem informasi geografi merupakan alat yang umum digunakan dalam mendeskripsikan, menganalisis, dan menyajikan informasi spasial. Seringkali GIS

tidak digunakan sebagai tools analisis tunggal tetapi dapat dipakai bersama-sama dengan tools analisis lain. Sebagai contoh, Perveen et al. (2007), yang bertujuan untuk menentukan kesesuaian fisik untuk tanaman padi, Integrasi Sistem Informasi Geografis (SIG) dengan pendekatan Evaluasi Multi-Kriteria dan menggunakan metode Analytical Hierarchy Process (AHP) dalam aplikasi analisisnya. Pada studi lain di mana metode GIS dan AHP terintegrasi, Mustafa et al. (2011) menilai kesesuaian lahan pertanian di daerah Kheragarh Tehsil di India untuk beberapa tanaman yang dapat dibudidayakan baik di musim panen maupun musim dingin. Demikian pula, dalam studi oleh Feizizadeh dan Blaschke (2012), yang menyelidiki penggunaan optimal sumber daya lahan untuk produksi pertanian, penulis melakukan analisis kesesuaian lahan berbasis GIS menggunakan metode AHP. Selain itu, Mokarram dan Aminzadeh (2010) mempresentasikan evaluasi kesesuaian lahan multi-sIA yang berbasis GIS menggunakan Ordered Weight Averaging (OWA) dengan pendekatan kuantifikasi fuzzy untuk pertanian.



III. METODE PENELITIAN

3.1 Waktu dan tempat

Waktu penelitian adalah bulan Oktober sd. Desember 2020. Lokasi penelitian terletak pada lahan pada $7^{\circ}42'0.98''\text{S}$ - $7^{\circ}43'2.11''\text{S}$ dan $114^{\circ}13'16.66''\text{E}$ - $114^{\circ}15'1.76''\text{E}$ dengan luas kurang lebih 300 ha. Lokasi penelitian merupakan tanjung yang menjorok ke arah Laut Jawa dengan dimana sebelah barat dan timur berbatasan dengan Laut Jawa, sedangkan utara berbatasan dengan properties milik TNI AL yang biasa digunakan untuk latihan tempur bersama. Berdasarkan peta Batimetri pada Gambar 1, dapat dilihat bahwa pantai di sekitarnya memiliki kedalaman yang cukup dangkal (< 5 m) sehingga potensi terjadinya banjir rob hingga masuk ke lahan bagian dalam sangat besar.

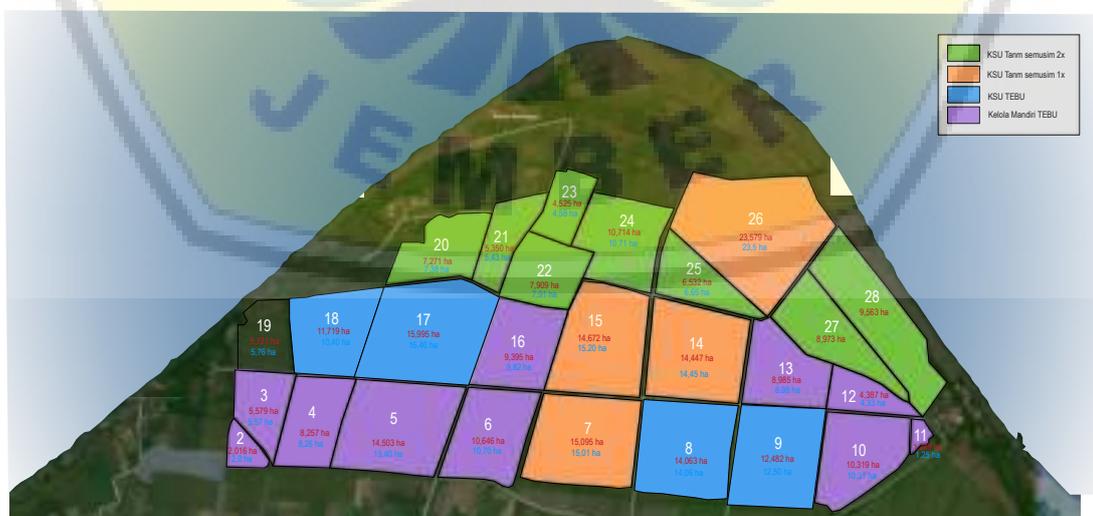


Gambar 2. Peta batimetri lokasi penelitian

Terdapat 28 petak lahan lokus penelitian dengan rincian 2 petak untuk penggunaan lahan bukan tanaman (kantor, pariwisata, pendaratan nelayan, dll) dan 26 petak lainnya untuk lahan pertanian. Jenis penggunaan lahan untuk musim tanam 2019-2020 dideskripsikan pada Gambar 2. Secara umum jenis penggunaan lahan terbagi menjadi 3 yaitu tanaman semusim dua kali setahun, tanaman semusim 1 kali setahun, dan tanaman Tebu.

Tabel 1. Luas lahan, komoditas dan status pengelolaan lokasi penelitian

Petak	Luas Baku (ha)	Luas Produktif (ha)	Luas lahan 2019	Komoditas	Status pengelolaan
2	2,016	2,016	2,016	Tebu Giling	Kelola mandiri
3	5,578	5,578	5,578	Tebu Giling	Kelola mandiri
4	8,257	8,257	8,257	Tebu Giling	Kelola mandiri
5	14,503	14,503	14,503	Tebu Giling	Kelola mandiri
6	10,646	10,646	10,646	Tebu Giling	Kelola mandiri
7	15,095	15,095	-	1 kali setahun	Kerjasama usaha
8	14,063	14,063	14,063	Tebu Giling	Kerjasama usaha
9	12,482	12,482	12,482	Tebu Giling	Kerjasama usaha
10	10,319	10,319	10,319	Tebu Giling	Kelola mandiri
11	1,249	1,249	1,249	Tebu Giling	Kelola mandiri
12	4,387	4,387	4,387	Tebu Giling	Kelola mandiri
13	8,958	8,958	8,958	Tebu Giling	Kelola mandiri
14	14,447	12,447	2,000	1 kali setahun	Kerjasama usaha
15	14,672	10,672	4,000	1 kali setahun	Kerjasama usaha
16	9,393	9,393	9,393	Tebu Giling	Kelola mandiri
17	15,995	15,995	15,995	Tebu Giling	Kerjasama usaha
19	9,878	9,878	9,878	Tebu Giling	Kerjasama usaha
20	7,271	7,271		dua kali setahun	Kerjasama usaha
21	5,350	5,000	350	dua kali setahun	Kerjasama usaha
22	7,809	7,809		dua kali setahun	Kerjasama usaha
23	4,525	3,300	1,225	dua kali setahun	Kerjasama usaha
24	10,714	9,714	1,000	dua kali setahun	Kerjasama usaha
25	6,532	6,532		dua kali setahun	Kerjasama usaha
26	23,579	23,579		dua kali setahun	Kerjasama usaha
27	8,973	6,327		dua kali setahun	Kerjasama usaha
28	9,563	9,563		dua kali setahun	Kerjasama usaha
JUMLAH	256,254	245,033	136,299		



Gambar 2. Petak lahan lokasi penelitian

Berdasarkan status pengelolaannya, terdapat dua kategori pengelolaan yaitu pengelolaan mandiri dan kerjasama usaha (KSU). Jenis komoditas pengelolaan mandiri adalah Tebu dan Kelapa, sedangkan pengelolaan KSU dikategorikan menjadi 3 berdasar komoditasnya yaitu KSU Tanaman Semusim satu kali tanam setahun, KSU Tanaman Semusim dua kali tanam setahun dan KSU Tebu. Luas petak produktif untuk Pengelolaan Mandiri, KSU Tebu, Semusim sekali dan Semusim dua kali setahun masing-masing adalah 101.581 ha, 120.211 ha, 67.793 ha dan 69.737 ha. Sedangkan luas lahan efektif dari masing-masing pengelolaan adalah 75.306 ha, 52.418 ha, 61.793 ha dan 55.516 ha (Tabel 1).

3.2 Alat dan bahan

Bahan dan alat yang digunakan disajikan secara lengkap dalam Tabel 2 di bawah. Tabel 2 juga mendeskripsikan fungsi dari masing-masing alat dan bahan yang digunakan dalam penelitian ini.

Tabel 2. Daftar alat dan bahan yang digunakan

No.	Nama Alat	Merek/tipe	Fungsi
1	GPS Garmin	Garmin 68x	Menentukan posisi geografi
2	Pisau lapang	Krisbow	Identifikasi similarity horizon tanah
3	Alumunium foil		Tempat sampel untuk pengukuran kadar lengas
4	Peta kerja		Penentuan titik sampling
5	Altimeter	Suunto	Mengukur ketinggian tempat
6	Abney level	Suunto	Mengukur kemiringan lereng
7	Plastik clip		Tempat sampel tanah terusik
8	Karung goni		Tempat sampel tanah terusik
9	Kamera digital		Dokumentasi horizon
10	Ring sampel	Eijkelkamp	Tempat sampel tanah tak terusik
11.	Atterberg set	Eijkelkamp	Mengukur batas cair
12.	pH meter	Hana	Mengukur pH dan EC tanah
13.	AAS		Mengukur K, Ca, Na, Mg, S tanah
14.	Spektrofotometer		Mengukur P tanah
15.	Kemikalia untuk analisis kimia dan hara dalam tanah	NaOH	
		H ₂ SO ₄	
		HCl	
		Asam askorbat	
		H ₂ O ₂	
		H ₂ O	
		Na ₂ Cr ₂ O ₇	

3.3 Metode penelitian

Penelitian dilakukan dengan metode survei dimana penilaian visual secara kualitatif ditetapkan dan pengambilan sampel tanah dilakukan. Pengambilan contoh tanah dilakukan secara komposit pada lapis olah (0-25 cm) dari tiga titik dalam satu areal areal. Contoh tanah kemudian dibawa ke laboratorium untuk dilakukan preparasi sampel sebelum analisis kimia dilakukan. Sampel dikering-anginkan selama satu minggu kemudian ditumbuk dan diayak menggunakan ayakan dengan diameter lubang 2 mm untuk keperluan analisis kimia. Analisis tanah di laboratorium diperlukan untuk mengetahui sifat-sifat fisika dan kimia tanah, meliputi Kadar lengas tanah, Berat Volume (BV) tanah, Berat Jenis partikel (BJ), Porositas total, Tekstur, pH H₂O dan pH KCl, Nitrogen total, P tersedia tanah, Kalium tertukar, C-organik, dan rasio C/N.

a. Penentuan Indeks Kualitas Tanah

Berdasarkan pada kelerengan, tipe tanah dan penggunaan lahan, unit-unit lahan akan ditentukan. Profil tanah dibuat pada setiap unit lahan dan diambil sample tanah bagian atas (kedalaman 0-20 cm) sebanyak tergantung jumlah unit lahan yang ada (3 sample tanah per unit lahan). Sample tanah dikering-anginkan, disaring (diameter saringan 2-mm), dan dianalisis sifat-sifat fisika dan kimia tanahnya menggunakan metode yang digunakan oleh Westerman (1990). Sifat-sifat fisika tanah tersebut antara lain distribusi ukuran partikel (pipette method), konduktivitas hidrolis jenuh (double Haube permeameter), stabilitas agregat (dry dan wet sieving method), berat volume (core method), Berat Jenis (BJ) tanah dan porositas tanah. Sifat-sifat kimia tanah yang dianalisis adalah: pH (1:2.5 soil/water), karbon organik tanah (Walkley-Black method), total N, C/N, available-P (Bray-I method), kation-kation tertukar K, Ca, Mg and Na (ammonium acetate extraction at pH 7), CEC (ammonium acetate extraction at pH 7), dan kejenuhan basa.

Indeks kualitas tanah merupakan metode penilaian kesuburan yang dikembangkan oleh Mausbach dan Seybold (1998) menggunakan analisis Minimum Data Set (MDS) dengan beberapa penyesuaian sesuai dengan karakteristik sifat tanah. Kualitas tanah dapat diuji melalui penggunaan indikator-indikator utama tanah yang mencerminkan proses-proses tanah yang penting (Ditzler and Tugel, 2002). Principal component analysis (PCA) digunakan untuk memilih suatu data set minimum (MDS) dari indikator-indikator yang paling mewakili fungsi-fungsi tanah tersebut (Doran and Parkin 1994). Skoring dari indikator-indikator MDS dilakukan berdasarkan penampilannya dalam fungsi-fungsi tanah menggunakan dua persamaan yang diusulkan oleh Diack and Stott (2001). Persamaan-persamaan tersebut adalah:

$$y = \frac{(x - s)}{[1.1 (t - s)]} \quad [1]$$

untuk “lebih adalah lebih baik”

dan,

$$y = 1 - \left\{ \frac{(x - s)}{[1.1(t - s)]} \right\} \quad [2]$$

untuk “kurang adalah lebih baik”,

dimana, y adalah skor dari data tanah; x adalah nilai dari sifat tanah yang dikonversikan ke dalam nilai skala 0 to 1; s adalah nilai terendah yang mungkin terjadi dari sifat tanah (s = 0); dan t adalah nilai tertinggi dari sifat tanah tersebut. Persamaan [1], fungsi scoring “lebih adalah lebih baik” digunakan untuk parameter-parameter kandungan clay, available P, exchangeable K, C-organik tanah, konduktivitas hidrolis dan stabilitas agregat tanah karena pengaruh positifnya pada kesuburan tanah, penyebaran air, dan stabilitas struktur (Andrews et al. 2002). Persamaan [2], fungsi scoring “kurang adalah lebih baik” digunakan untuk parameter berat volume karena pengaruh nyata pada porositas tanah (Lal 1988). Penggabungan skor-skor indikator ke dalam suatu indeks kualitas tanah dilakukan menggunakan rumus yang digambarkan oleh Andrews et al. (2002):

$$SQI = \sum_{i=1}^n W_i \times X_i \quad [3]$$

dimana W adalah faktor pembobot dari komponen utama (PC) dan S adalah skor indikator (y pada persamaan [2]).

Terdapat tiga variabel yang diturunkan dari variabel lain, yaitu Pori total, Indeks plastisitas, aktivitas clay dan jenis clay dominan. Indeks plastisitas yang didapat dari persamaan [4], [5], [6] dan Tabel 3.

$$TP = 1 - \left(\frac{BD}{PD} \right) \quad [4]$$

$$PI = LL - PL \quad [5]$$

$$Clay \ activity = \frac{PI}{\% \ Clay} \quad [6]$$

dimana TP adalah Pori total (%), BD adalah bulk density (g.cm⁻²), PD adalah berat jenis partikel (*particle density*, g.cm⁻²), PI adalah indeks plastisitas (%), LL merupakan batas cair (*liquid limit*), PL adalah batas plastis (*plastic limit*), dan % Clay adalah kadar lempung yang didapat dari analisis separasi ukuran (kelas

tekstur). Hubungan antara nilai aktivitas Clay dan estimasi Clay dominan dideksripsikan dalam Tabel 3 di bawah.

Tabel 3. Hubungan antara jenis Clay dominan dan Aktivitas Clay

Nilai aktivitas Clay	Estimasi jenis Clay dominan	References
0.00	Quartz	Skempton (1952)
0.18	Calcite	Skempton (1952)
0.20	Calcite	Fratta et al. (2007)
0.20	Mica (muscovite)	Fratta et al. (2007)
0.23	Mica (muscovite)	Skempton (1952)
0.30 – 0.50	Kaolinite	Kaliakin (2017)
0.33	Kaolinite	Skempton (1952)
0.46	Kaolinite	Skempton (1952)
0.50 – 1.20	Attapulgite, Allophane	Fratta et al. (2007), Das (2019)
0.50 – 1.00	Illite, bentonite	Fratta et al. (2007)
0.50 – 1.30	Illite	Kaliakin (2017)
0.50	Kaolinite	Das (2019)
0.50	Halloycite (4H ₂ O)	Das (2019)
0.50	Halloycite (2H ₂ O)	Fratta et al. (2007), Das (2019)
0.63 – 1.33	Bentonite	Skempton (1952)
0.90	Illite	Skempton (1952)
1.50	Ca-montmorillonite	Skempton (1952), Fratta et al. (2007)
1.50 – 7.00	Montmorillonite	Kaliakin (2017)
7.20	Na-montmorillonite	Skempton (1952)
7.20 – 44.00	Na-montmorillonite	Fratta et al. (2007)

Sumber : SA. Budiman et al., 2020

b. Analisa data dan pembuatan peta status hara untuk menentukan Zona Potensi Pengembangan Tanaman

Data dari variabel yang ada selanjutnya dianalisa dengan menggunakan uji regresi untuk mengetahui korelasi antar variabel. Pembuatan peta status hara didasarkan pada hasil analisa sifat fisik dan kimia tanah, yang dilakukan dengan GIS (*Geographic Information System*) untuk setiap karakteristik tanah. Zona ini didasarkan pada kelompok tanaman yang memiliki persyaratan tumbuh yang kurang lebih sama serta didasarkan aktualnya.

IV. HASIL DAN PEMBAHASAN

4.1 Sifat fisika tanah

Sifat fisika tanah terkait dengan dinamika air, udara dan suhu tanah. Ketiga karakteristik ini sangat mempengaruhi pertumbuhan dan perkembangan akar, ketersediaan hara, dan kecepatan transpirasi. Akar dapat tumbuh dan berkembang dengan baik bila pori tanah sesuai dengan kondisi vigor akar. Salah satu contoh adalah tanaman cabe. Varietas cabe dengan merk dagang Imola memiliki akar utama dengan ukuran besar dan berjumlah banyak sehingga dapat pertumbuhan dan perkembangan dapat mencapai 100% dari potensi vigornya pada tanah-tanah dengan dominasi pori makro dan meso seperti tanah-tanah dengan tekstur pasir. Sementara varietas cabe dengan merk dagang Arimbi yang memiliki akar serabut lebih dominan akan tumbuh dan berkembang dengan baik pada tanah-tanah dengan tekstur loam (geluh).

Kecepatan evaporasi tanah dan transpirasi tanaman sangat ditentukan oleh perbedaan suhu tanah dan suhu atmosfer. Semakin besar gradien suhu tanah-atmosfer, maka evapotranspirasi juga akan semakin cepat. Suhu dalam tanah sangat tergantung pada tingkat kelembaban tanah. Dengan kata lain, suhu berbanding lurus dengan ketersediaan air pada zona perakaran. Semakin tinggi kadar air, semakin dingin suhu tanah maka gradien dengan atmosfer juga semakin besar sehingga kecepatan Evapotranspirasi semakin tinggi. Akan tetapi bila air menutupi lebih dari 60% pori selama beberapa hari (kondisi tergenang), tanaman yang memiliki vigor akar serabut lebih banyak akan mengalami gangguan karena akar serabut tersebut akan mengalami kerusakan bila terendam lebih dari 24 jam.

Beberapa sifat fisika tanah yang terkait dengan kesuburan tanah antara lain adalah kadar air tanah, tekstur tanah, pori total (tergantung dari bulk density dan particle density), dan angka atterberg (batas plastis, batas cair, batas lekat, batas berubah warna). Beberapa karakteristik lain seperti struktur tanah, konduktivitas hidraulik, dan distribusi pori memberikan pengaruh yang cukup besar terutama pada tanah-tanah dengan tingkat heterogenitas spasial baik vertikal maupun horizontal yang tinggi. Pada penelitian ini, sifat fisika tanah yang diamati adalah kadar air tanah lapangan, tekstur tanah (kadar pasir, debu, clay dan kelas tekstur), serta beberapa angka atterberg seperti kadar air pada batas cair, batas plastis, batas lekat, dan batas berubah warna. Statistik deskriptif masing-masing variabel sifat fisika tanah disajikan dalam Tabel 4 di bawah sedangkan data numerik setiap variabel pada masing-masing petak disajikan dalam Tabel 5 di bawah.

Satu hal yang menarik adalah karakteristik bulk density dimana terdapat petak dengan nilai bulk density kurang dari 1 g.cm^{-2} . Sebagaimana diketahui bahwa bulk density tanah-tanah mineral di daerah tropika berkisar antara $1.10 \text{ sd } 1.28 \text{ g.cm}^{-2}$ dan tanah-tanah organik memiliki $BV < 1 \text{ g.cm}^{-2}$. Dengan demikian adanya lahan tanah

mineral yang memiliki BV 0.44 g.cm⁻² merupakan satu hal baru terlepas dari kemungkinan kesalahan analisis laboratorium. Rendahnya nilai BV akan berdampak pada besarnya nilai pori total karena nilai partikel density tidak banyak mengalami perubahan.

Tabel 4. Statistik deskriptif sifat fisika tanah

No	Variabel	Rerata	StDev	Min	Max
1	KA lapangan	0.35	0.13	0.09	0.64
2	%BTKA	6.17	2.81	1.11	12.23
3	BJP (g/cm ³)	2.39	0.17	2.04	2.84
4	BV (g/cm ³)	0.97	0.26	0.44	1.52
5	% Pori	0.60	0.09	0.41	0.81
6	% Pasir	62.38	14.66	38.14	96.71
7	% Debu	17.61	8.98	0.23	39.24
8	% Clay	20.01	7.45	0.14	35.54

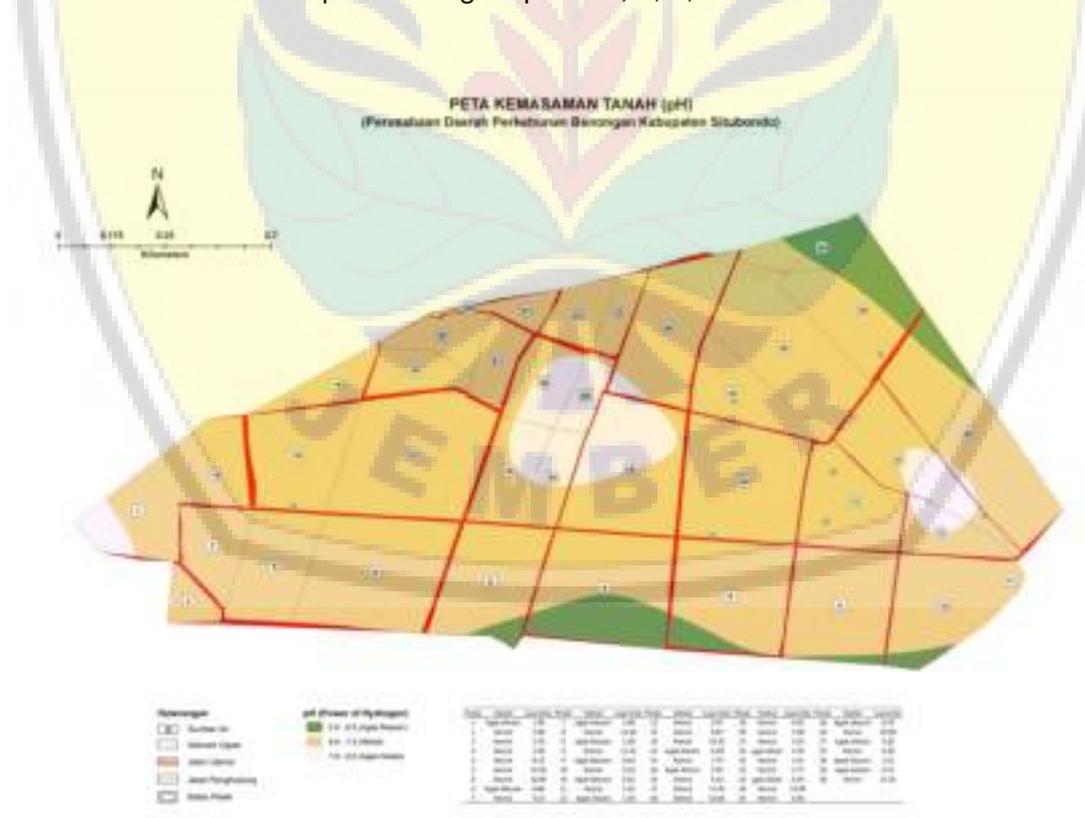
Tabel 5. Sifat fisika tanah lokasi studi

Petak	KA lapangan	%BTKA	BJP (g/cm ³)	BV (g/cm ³)	% Pori	% Pasir	% Debu	% Clay	Kelas Tekstur
2	0.29	3.84	2.44	0.98	0.60	63.57	23.23	13.20	sandy loam
3	0.28	2.93	2.51	1.23	0.51	72.78	12.91	14.31	Sandy loam
4	0.59	10.76	2.22	0.47	0.79	45.87	27.02	27.11	sandy clay loam
5	0.47	8.12	2.19	0.52	0.76	44.80	25.88	29.32	sandy clay loam
6	0.48	9.06	2.23	0.67	0.70	47.02	27.69	25.29	sandy clay loam
7	0.43	6.55	2.22	0.77	0.65	61.27	15.26	23.48	sandy clay loam
8	0.44	9.29	2.31	0.83	0.64	52.42	24.12	23.47	sandy clay loam
9	0.43	7.87	2.07	0.95	0.54	63.10	16.18	20.72	sandy loam
10	0.51	7.53	2.32	0.71	0.69	58.20	22.82	18.98	sandy loam
11	0.38	8.05	2.28	0.92	0.59	47.03	28.02	24.95	sandy clay loam
12	0.38	8.11	2.37	1.08	0.54	52.36	23.30	24.34	sandy clay loam
13	0.31	9.54	2.30	1.20	0.48	46.42	28.90	24.68	sandy clay loam
14	0.47	6.89	2.43	0.86	0.64	51.48	24.63	23.89	sandy clay loam
15	0.49	7.53	2.39	0.90	0.62	54.60	16.90	28.50	sandy clay loam
16	0.34	10.19	2.30	0.65	0.72	51.88	27.15	20.96	sandy clay loam
17	0.35	9.35	2.34	0.73	0.69	38.24	32.78	28.98	clay loam
18	0.18	3.90	2.51	1.21	0.52	78.18	9.58	12.24	sandy loam
19	0.18	2.12	2.60	1.45	0.44	78.16	7.12	14.73	loamy sand
20	0.33	4.39	2.55	0.97	0.62	71.29	12.82	15.90	loamy sand
21	0.36	4.56	2.31	0.94	0.59	70.33	11.60	18.07	sandy loam
22	0.23	4.82	2.37	1.13	0.52	73.05	9.22	17.73	sandy loam
23	0.33	5.26	2.61	1.06	0.59	67.20	12.60	20.19	sandy loam
24	0.28	6.43	2.33	0.90	0.61	57.45	18.81	23.74	sandy clay loam
25	0.26	5.54	2.28	1.06	0.54	73.01	10.78	16.21	loamy sand
26	0.17	1.27	2.68	1.27	0.52	90.09	1.36	8.55	sand
27	0.50	5.27	2.39	1.01	0.57	66.35	13.02	20.63	sandy clay loam
28	0.10	1.37	2.69	1.29	0.52	92.41	2.25	5.34	sand

4.2 Sifat kimia tanah

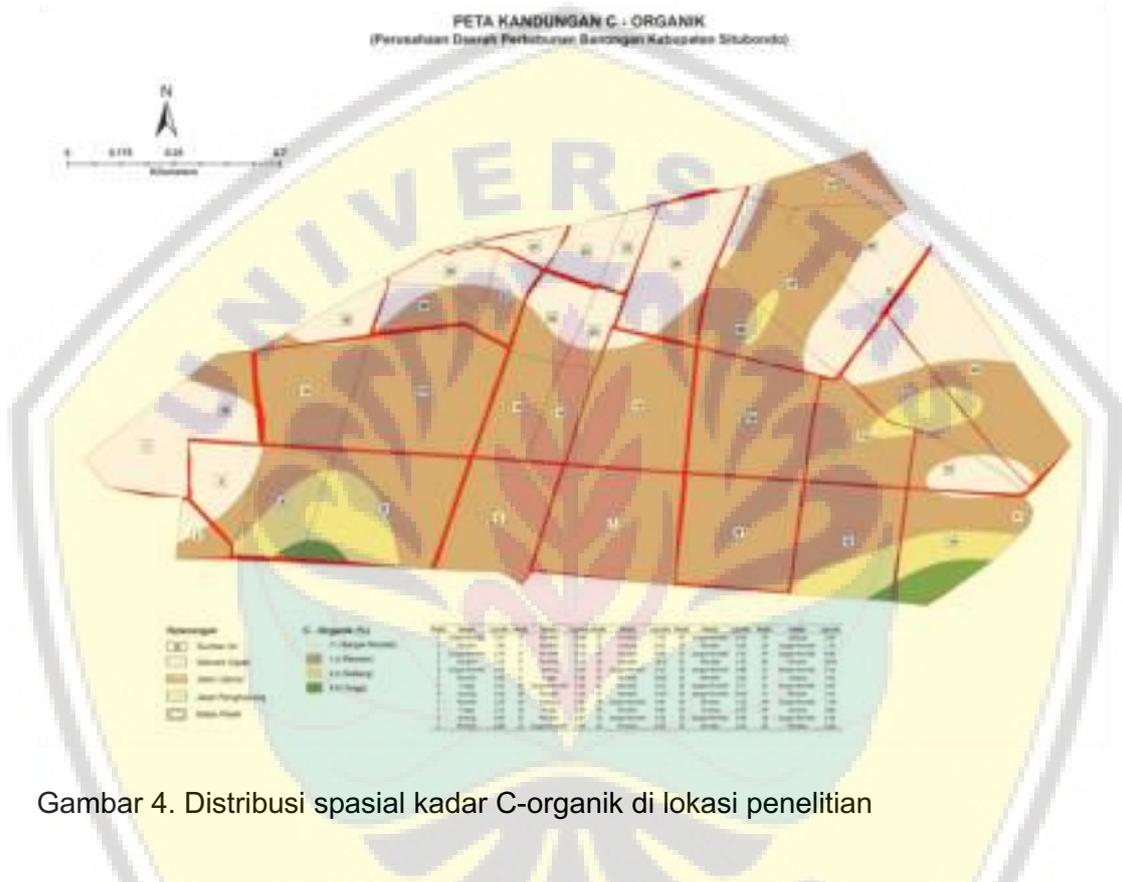
Sifat kimia tanah merupakan karakteristik tanah esensial kedua yang menentukan tingkat kesuburan tanah. Sifat kimia tanah berhubungan dengan ketersediaan unsur hara, kapasitas tanah dalam melakukan pertukaran ion dan konsentrasi ion dalam tanah. Ketersediaan unsur hara selain dipengaruhi oleh tingkat keberadaan unsur hara tersebut dalam tanah juga dipengaruhi oleh pH tanah. Nilai pH tanah antara agak masam hingga netral menunjukkan bahwa tingkat ketersediaan P, K, Ca, Na, Mg dan unsur mikro semakin besar (Blanchard et al. 2020), tetapi N hanya tersedia pada pH masam hingga agak masam. Proses pertukaran ion sangat dipengaruhi oleh ketersediaan air, kadar bahan organik, Kapasitas Tukar Kation (KTK) dan tingkat kejenuhan basa. Sedangkan konsentrasi ion dipengaruhi oleh Daya Hantar Listrik (DHL). Semakin tinggi nilai KTK tanah maka semakin besar pula potensi ion yang dapat ditukarkan oleh tanah dan tanaman. Dengan kata lain, semakin besar nilai KTK jumlah ion yang dapat diambil oleh tanaman semakin besar.

Gambar 3 menunjukkan distribusi spasial pH H₂O di lokasi penelitian. Hasil analisis menunjukkan pH H₂O pada 28 petak berkisar pada kategori “agak masam” hingga “agak alkalis” dengan dominasi “netral”. Lahan dengan nilai pH “agak alkalis” teridentifikasi pada petak 15, 16, 22, 12 dan 27, sedangkan lahan dengan pH “agak masam” teridentifikasi pada sebagian petak 7, 8, 9, 10 dan 26.



Gambar 3. Distribusi spasial pH H₂O di lokasi penelitian

Distribusi spasial kandungan C-organik pada lokasi penelitian dideskripsikan secara lengkap pada Gambar 5 di bawah. Kadar C-organik berkisar antara “sangat rendah” hingga “tinggi”. Terdapat 11 petak yang memiliki kandungan C-organik “sangat rendah”, 5 petak termasuk dalam kategori “sedang” dan 3 petak memiliki sebagian kecil lahan dengan kategori C-organik “tinggi”. Sedangkan sisanya masuk dalam kategori “rendah”.



Gambar 4. Distribusi spasial kadar C-organik di lokasi penelitian

Nilai KTK lahan di lokasi penelitian memiliki range yang sangat lebar, mulai dari kelas “sangat rendah” hingga “sangat tinggi”. Petak lahan dengan KTK “sangat rendah” dan “rendah” dapat dijumpai pada petak lahan yang berbatasan dengan pantai atau petak lahan dengan posisi semakin menjorok ke laut, di sisi lain petak lahan dengan nilai KTK “tinggi” dan “sangat tinggi” dapat ditemukan pada lahan-lahan yang semakin menjauh dari pantai dan semakin ke arah selatan (Gambar 5). Untuk status hara N-total, ke-27 petak lahan memiliki N-total antara 0.03 – 0.21% dimana nilai tersebut masuk dalam kategori sangat rendah hingga sedang. Kondisi ini dapat dimaklumi karena sebagian besar N yang ditambahkan melalui pupuk Urea, NPK maupun Phonska diambil oleh tanaman atau mengalami proses amonifikasi dan menguap ke udara ketika berada dalam kondisi oksidatif. Terdapat 2 petak yang memiliki kandungan N-total “sedang” yaitu petak 16 dan 13 dan 15 petak masuk dalam kategori “sangat rendah”. Sedangkan 10 petak lainnya masuk dalam kategori “rendah” (Gambar 6).



Gambar 5. Distribusi spasial KTK tanah di lokasi penelitian

Gambar 6. Distribusi spasial Kandungan Nitrogen total tanah di lokasi penelitian

4.3 Analisis statistik

Analisis statistik merupakan metode untuk melihat perbedaan antar perlakuan dan memilih atau meringkas variabel-variabel yang ada dalam jumlah yang lebih kecil secara matematis. Terdapat tiga metode statistik yang biasa dipakai dalam penelitian ilmu bumi yaitu Uji F, Uji T, bivariat dan Multivariat tergantung dari tujuan analisis. Pada penelitian ini uji F digunakan untuk melihat ada tidaknya perbedaan satu variabel pada keseluruhan populasi. Kemudian, analisis multivariat berupa Principle Component Analysis (PCA) digunakan untuk mengidentifikasi variabel-variabel kunci atau dominan dalam Index kualitas tanah suatu daerah seperti yang disajikan dalam Sub Bab 4.3.1 dan 4.3.2 di bawah.

4.3.1 Analysis of Variance (ANOVA)

Sejumlah 24 variabel sifat fisika dan kimia tanah digunakan dalam uji Anova. Hasil analisis statistik disajikan dalam Tabel 3 dibawah dimana sebagian besar variabel menunjukkan adanya beda nyata dan hanya C-organik saja yang menunjukkan hasil berbeda tidak nyata. Pada uji anova kedua dimana replikasi digunakan sebagai faktor menunjukkan hasil berkebalikan dari analisis sebelumnya dimana hanya terdapat 2 variabel yang menunjukkan hasil berbeda nyata, yaitu variabel Berat Partikel dan C-organik.

Tabel 3. Nilai p-value dari hasil uji Anova 24 variabel

No.	Variabel	p-value petak	Sig.	p-value replikasi	Sig.
1	KA_lapangan	0.000	*	0.802	ns
2	KA_BTKA	0.000	*	0.740	ns
3	Berat partikel	0.000	*	0.023	*
4	Bulk densuty	0.000	*	0.598	ns
5	Pori_total	0.000	*	0.169	ns
6	Pasir	0.000	*	0.996	ns
7	Debu	0.000	*	0.646	ns
8	Clay	0.000	*	0.498	ns
9	BC	0.000	*	0.929	ns
10	BP	0.001	*	0.300	ns
11	BL	0.000	*	0.981	ns
12	BBW	0.000	*	0.524	ns
13	IP	0.016	*	0.444	ns
14	AC	0.007	*	0.567	ns
15	pH_H2O	0.000	*	0.511	ns
16	pH_KCl	0.000	*	0.859	ns
17	C_Org	0.060	ns	0.004	*
18	DHL	0.000	*	0.631	ns
19	N_total	0.000	*	0.585	ns
20	P_tersedia	0.000	*	0.511	ns
21	K_total	0.000	*	0.957	ns
22	Ca	0.000	*	0.982	ns
23	Na	0.000	*	0.918	ns
24	Mg	0.000	*	0.429	ns

4.3.2 Principle Component Analysis

Setelah didapatkan hasil uji Anova, uji statistik berikutnya digunakan untuk menentukan variabel-variabel kunci penentu Index Kualitas Tanah di lokasi penelitian. Metode yang digunakan adalah PCA yang diharapkan akan mereduksi jumlah variabel dari 23 variabel yang lolos uji Anova. Seleksi variabel dilakukan dengan menggunakan Anti-image correlation dimana nilai cross correlation masing-masing variabel harus lebih dari 0.55. Seleksi variabel tidak dilakukan bersamaan tetapi dilakukan satu per satu dengan mempertimbangkan nilai terkecil yang didapat dari anti-image correlation. Pada tahap ini terseleksi lima variabel yaitu pH H₂O, DHL, Na, K-total, dan Berat partikel dengan nilai anti-image correlation masing-masing sebesar 0.229, 0.187, 0.360, 0.471 dan 0.482. Pada akhir tahap ini, terdapat 18 variabel yang lolos uji.

Berikutnya, Metode PCA layak digunakan bila nilai Kaiser-Meyer-Olkin Measure of Sampling Adequacy (KMO-MSA) menunjukkan nilai lebih dari 0.55 dan Sig. Bartlett's Test of Sphericity kurang dari 0.05. Pada set data penelitian ini, nilai KMO-MSA menunjukkan nilai 0.678 (≥ 0.55) dan Sig. Bartlett's Test of Sphericity memiliki nilai 0.000 (≤ 0.05) sehingga set data yang digunakan layak untuk dilakukan uji PCA (Tabel 4).

Tabel 4. Uji KMO-MSA dan Bartlett's Test

KMO and Bartlett's Test		
Kaiser-Meyer-Olkin Measure of Sampling Adequacy.		0.678
Bartlett's Test of Sphericity	Approx. Chi-Square	1373.041
	df	153
	Sig.	0.000

Terdapat lima tabel output yang dihasilkan oleh uji PCA, yaitu Communalities (Tabel 5), Rotated Component Matrix menggunakan Varimax (Tabel 6), Component Transformation Matrix (Tabel 7) dan Total Variance Explained (Tabel 8). Tabel Communalities menunjukkan hasil ekstraksi nilai eigen masing-masing variabel. Hasil ekstraksi dianggap bagus bila nilai Extraction lebih dari 0.50, Tabel 5 menunjukkan dari 18 variabel yang diuji, hanya satu variabel yang memiliki nilai ekstraksi kurang dari 0.5 yaitu Batas plastis. Tujuh belas variabel yang lain memiliki nilai Communalities antara 0.553 - 0.947 dimana nilai terendah terdapat pada variabel P tersedia dan tertinggi pada Indeks Plastisitas.

Filter terakhir untuk menentukan variabel dominan dilakukan berdasar nilai korelasi tertinggi dan 10% dari nilai tertinggi pada masing-masing komponen matrix (PC) pada Tabel 6. Pada PC-1, nilai korelasi tertinggi didapat pada variabel Debu dengan nilai korelasi 0.731. Nilai 10% dari nilai tertinggi PC-1 adalah sebesar 0.658 sehingga variabel dominan lain pada PC-1 adalah variabel dengan nilai korelasi > 0.658 yaitu Kadar air, Batas Cair, Batas Lekat, Batas Berubah Warna, dan pH KCl. Hal ini juga dilakukan pada PC-PC yang lain dan didapat 12 variabel kunci penentu Index Kualitas

Tanah seperti yang disajikan dalam Gambar 2. Kedua belas variabel tersebut adalah 12 variabel kunci yaitu KA BTKA, Bulk density, pori total, % debu, batas cair, batas lekat, batas berubah warna, index plastisitas, aktivitas clay, pH KCl, kadar Ca dan Mg. Hasil ini mirip dengan hasil analisis (Juhos et al. 2019) untuk tanah-tanah pasiran di Eropa tengah.

Tabel 5. Communalities

Communalities		
Variabel	Initial	Extraction
S_KA_lapangan	1	0.836
S_KA_BTKA	1	0.849
S_Bulk density	1	0.945
S_Pori_total	1	0.915
S_Pasir	1	0.795
S_Debu	1	0.635
S_Clay	1	0.708
S_Batas Cair	1	0.887
S_Batas Plastis	1	0.423
S_Batas Lekat	1	0.839
S_Batas Berubah Warna	1	0.821
S_Indek Plastisitas	1	0.947
S_Aktivitas Clay	1	0.952
S_pH_KCl	1	0.550
S_N_total	1	0.679
S_P_tersedia	1	0.553
S_Ca	1	0.722
S_Mg	1	0.707

Extraction Method: Principal Component Analysis.

Tabel 6. Rotated Component Matrix

Rotated Component Matrix					
Variabel	Component				
	1	2	3	4	5
	Sifat fisika dan pH	Kepadatan	Mg	Angka atterberg	Ca
S_KA_lapangan	-0.098	0.741	0.468	0.224	0.094
S_KA_BTKA	0.662	0.332	0.470	0.041	0.280
S_BV	-0.296	-0.902	-0.109	0.172	-0.041
S_Pori_total	0.270	0.896	0.012	-0.196	-0.021
S_Pasir	-0.687	-0.260	-0.445	-0.033	-0.237
S_Debu	0.731	0.212	0.009	0.129	0.197
S_Clay	-0.350	-0.200	-0.712	0.082	-0.178
S_BC	0.726	0.385	0.458	0.044	0.019
S_BP	0.488	0.237	-0.038	0.321	0.156
S_BL	0.707	0.436	0.377	-0.026	0.079
S_BBW	0.682	-0.101	0.531	-0.035	-0.249
S_IP	0.202	-0.047	0.110	0.943	0.048
S_AC	0.048	-0.155	-0.157	0.947	-0.057
S_pH_KCl	0.719	-0.015	0.026	0.145	-0.108
S_N_total	0.567	-0.183	0.032	-0.120	0.555
S_P_tersedia	-0.038	0.114	0.437	-0.195	0.557
S_Ca	0.079	0.052	0.132	0.146	0.821
S_Mg	0.120	0.081	0.811	0.011	0.170

Extraction Method: PCA. Rotation Method: Varimax with Kaiser Normalization (7 iterations).

Tabel 7. Component Transformation Matrix

Component Transformation Matrix					
Component	1	2	3	4	5
1	0.708	0.449	0.495	0.035	0.225
2	0.359	-0.481	-0.132	0.789	-0.005
3	0.033	-0.687	0.375	-0.368	0.501
4	-0.577	0.264	0.318	0.48	0.515
5	0.188	0.159	-0.704	-0.102	0.658

Extraction Method: Principal Component Analysis.

Rotation Method: Varimax with Kaiser Normalization.

Nilai total variance explained digunakan sebagai pembobot masing-masing variabel dominan pada masing-masing PC. Tabel 8 menunjukkan bahwa nilai kumulatif eigen values dengan nilai >1.0 adalah sebesar 76.47%. ini berarti bahwa model yang terbentuk dapat menjelaskan 76.47% varian data. Secara umum, model dianggap bagus bila nilai kumulatif eigen value di atas 70% sehingga model yang terbentuk pada set data penelitian ini dapat dikatakan bagus secara statistik.

Tabel 8. Total Variance Explained

Total Variance Explained									
Component	Initial Eigenvalues			Extraction Sums of Squared Loadings			Rotation Sums of Squared Loadings		
	Total	% of Variance	Cumulative %	Total	% of Variance	Cumulative %	Total	% of Variance	Cumulative %
1	7.019	38.997	38.997	7.019	38.997	38.997	4.372	24.290	24.290
2	2.479	13.77	52.767	2.479	13.77	52.767	2.915	16.196	40.486
3	1.686	9.368	62.135	1.686	9.368	62.135	2.697	14.983	55.468
4	1.481	8.227	70.362	1.481	8.227	70.362	2.133	11.849	67.317
5	1.099	6.105	76.467	1.099	6.105	76.467	1.647	9.149	76.467
6	0.817	4.540	81.007						
7	0.746	4.143	85.150						
8	0.678	3.768	88.918						
9	0.513	2.847	91.766						
10	0.466	2.586	94.352						
11	0.373	2.071	96.423						
12	0.302	1.675	98.098						
13	0.210	1.165	99.263						
14	0.077	0.430	99.693						
15	0.029	0.161	99.854						
16	0.016	0.089	99.944						
17	0.010	0.056	100						
18	3.50E-08	1.94E-07	100						

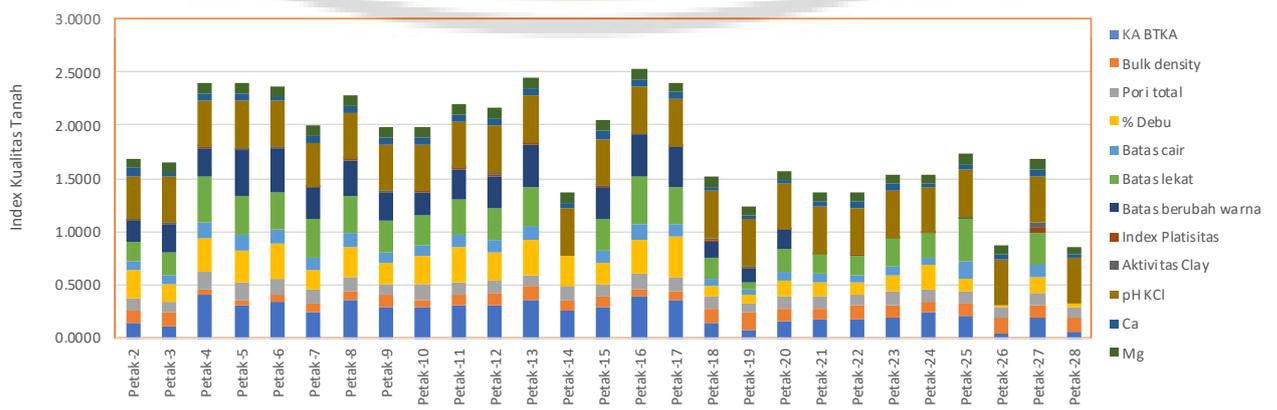
Extraction Method: Principal Component Analysis.

Berdasarkan persamaan [3] didapat hasil Indeks kualitas tanah (IKT) antara 0.8563 (Petak 28) hingga 2.5280 (Petak 16) dengan rerata IKT 1,8201. Berdasarkan hasil clustering dengan menggunakan metode k-mean, hasil terbaik didapat pada 6 kluster dengan nilai variance decomposition sebesar 94.56%. dengan kata lain, model yang terbentuk dapat menjelaskan 94.56% dari seluruh variance yang ada. Berdasarkan jumlah kelas yang terbentuk, kelas dengan nilai IKT di atas nilai rata-rata ada dua yaitu (kelas 2 dan 3) dengan jumlah petak masing-masing 9 dan 4 petak. Sedangkan 4 kelas lainnya (kelas 1, 4, 5 dan 6) memiliki nilai IKT di bawah nilai IKT rata-rata dengan jumlah petak total 14 petak.

Tabel 9. K-mean clusters IKT

Class	1	2	3	4	5	6
Number of Objects	4	9	4	6	3	1
Class Centroids (IKT)	1.685	2.352	2.001	1.456	0.986	1.539
Harkat	Sedang	Sangat tinggi	Tinggi	Rendah	Sangat rendah	Agak rendah
Within-class variance	0.001	0.014	0.001	0.009	0.047	0.000
Minimum distance to centroid	0.004	0.008	0.007	0.059	0.119	0.000
Average distance to centroid	0.025	0.095	0.024	0.086	0.166	0.000
Maximum distance to centroid	0.046	0.194	0.049	0.118	0.249	0.000
	Petak-2	Petak-4	Petak-7	Petak-14	Petak-19	Petak-24
	Petak-3	Petak-5	Petak-9	Petak-18	Petak-26	
	Petak-25	Petak-6	Petak-10	Petak-20	Petak-28	
	Petak-27	Petak-8	Petak-15	Petak-21		
		Petak-11		Petak-22		
		Petak-12		Petak-23		
		Petak-13				
		Petak-16				
		Petak-17				

Sumbangan masing-masing variabel pada setiap petak dideskripsikan dalam Gambar 2 di bawah. Secara umum, pH KCl memberikan sumbangan yang cukup besar pada semua petak, diikuti oleh ketersediaan Mg. Pada kluster dengan nilai IKT > nilai IKT rata-rata, selain dua variabel di atas juga dipengaruhi oleh kadar air tanah (KA BTKA). Bila dilihat dari masing-masing variabel, sumbangan relatif terbesar pada nilai IKT diperoleh dari pH KCl yaitu 23.94% diikuti oleh batas lekat, kadar air, kadar debu dan batas berubah warna dengan nilai masing-masing sebesar 14.17%, 13.15%, 11.68% dan 10.62% (Gambar 3).



Gambar 2. Indek kualitas tanah dan sumbangan masing-masing variabel



Gambar 3. Sumbangan relatif masing-masing variabel terhadap nilai Indek kualitas tanah

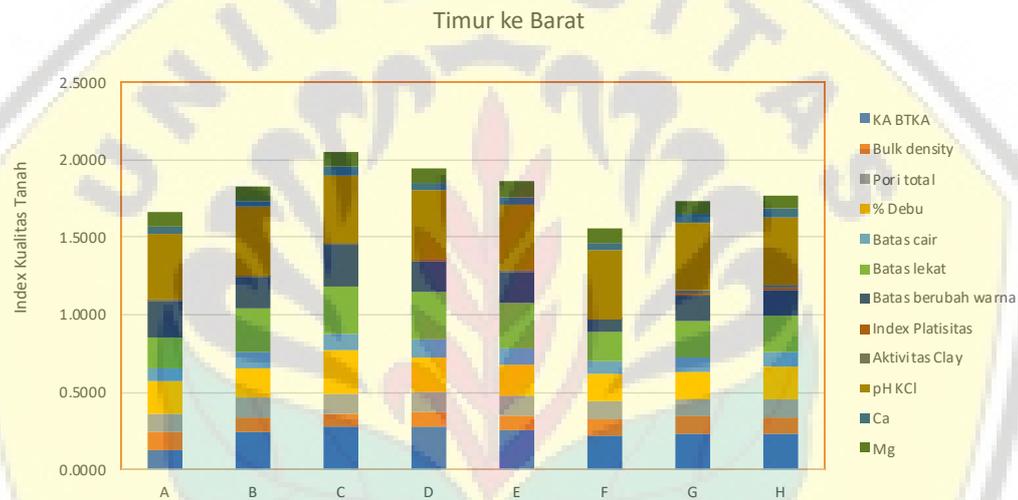
Lebih lanjut untuk memudahkan interpretasi, IKT dapat ditampilkan berdasarkan arah angin (aspect) dari bentang lahan (Gambar 4). Bila dilihat dari arah timur ke barat, IKT menunjukkan nilai “sedang” hingga “tinggi” (berdasar harkat pada Tabel 9) dengan nilai IKT 1.5018 – 2.0561 dimana nilai terendah di dapat pada lahan-lahan yang dekat dengan lokasi wisata (Kolom A) dan petak-petak yang mengalami banjir rob tahunan (kolom F). Lahan dengan IKT “tinggi” didapat pada kolom C yaitu pada petak 5, petak 17 dan petak 21. Berdasarkan sumbangan setiap variabel, Gambar 2 juga menunjukkan bahwa Mg, Ca, pori total, dan pH KCl tidak banyak berubah. Dinamika terbesar terjadi pada kadar air tanah, persentase debu, batas lekat dan batas berubah warna.

			Petak 23		Petak 26	Petak 28	Petak 28	W
	Petak 20	Petak 21	Petak 22	Petak 24	Petak 25	Petak 27	Petak 27	X
Petak 19	Petak 18	Petak 17	Petak 16	Petak 15	Petak 14	Petak 13	Petak 12	Y
Petak 2+3	Petak 4	Petak 5	Petak 6	Petak 7	Petak 8	Petak 9	Petak 10+11	Z
A	B	C	D	E	F	G	H	

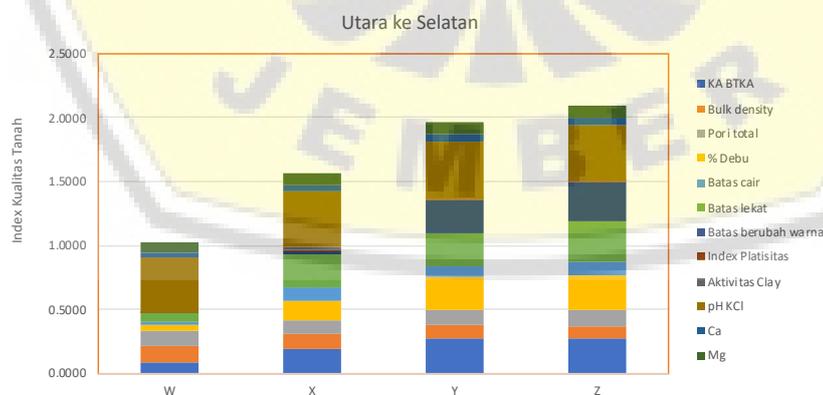
Gambar 4. Ilustrasi sederhana posisi petak lahan

Di sisi lain, pada arah Utara ke Selatan nilai IKT berkisar antara 1.0290 – 2.0912 dengan kategori “sangat rendah” hingga “tinggi”. Hasil menunjukkan bahwa lahan yang memiliki posisi semakin mendekati pantai maka nilai IKT nya semakin rendah dan sebaliknya, semakin jauh dari pantai nilai IKT nya semakin tinggi (Gambar 6). Bahkan IKT pada kolom W (petak 23, petak 26 dan petak 28) mencapai titik terendah.

Beberapa sifat fisika tanah seperti pori total, Ca tertukar dan Mg tertukar tidak banyak berubah pada kolom W, X, Y, Z. Hal ini menunjukkan bahwa keempat karakteristik tanah dari arah Utara ke Selatan menunjukkan tingkat homogenitas tinggi. Perubahan banyak terjadi pada bulk density, Kadar air tanah, Debu, Batas lekat, Batas berubah warna. Nilai bulk density semakin ke selatan semakin kecil. Berarti semakin ke selatan, tingkat kepadatan tanah semakin rendah sehingga porositas juga semakin besar. Tetapi nilai pori total tidak banyak berubah sehingga dapat diasumsikan bahwa perubahan terjadi pada distribusi pori (sebaran pori makro, pori meso dan pori mikro). Karena tekstur tanah didominasi oleh pasir, maka kemungkinan besar peningkatan terjadi pada pori meso. Hal ini diperkuat dengan peningkatan presentase debu yang semakin besar ke arah selatan. Dengan kata lain bahwa lahan pasiran di lokasi penelitian semakin ke selatan, pilihan komoditasnya juga akan semakin banyak.



Gambar 5. IKT dari Timur ke Barat (kolom A – H)



Gambar 6. IKT dari Utara ke Selatan (kolom W – Z)

V. KESIMPULAN DAN REKOMENDASI

5.1. Kesimpulan

Berdasarkan hasil dan pembahasan, dapat diambil kesimpulan sebagai berikut :

1. Faktor-faktor penentu indek kualitas tanah antara lain adalah Sifat fisika dan kemasaman tanah, Kepadatan tanah, kadar Mg, Angka Atterberg dan kadar Ca.
2. Sumbangan efektif dari variabel sifat fisika dan kemasaman adalah 51,00%, kepadatan sebesar 18,01%, kadar Mg sebesar 12,25%, angka atterberg sebesar 10,76% dan kadar Ca sebesar 7,98%.
3. Sumbangan relatif variabel pH KCl sebesar 23.94% diikuti oleh batas lekat sebesar 14.17%, kadar air sebesar 13.15%, kadar debu sebesar 11.68% dan batas berubah warna sebesar 10.62%.

5.2. Rekomendasi

Beberapa rekomendasi yang dapat diberikan antara lain adalah sebagai berikut :

1. Perlu perbaikan untuk sifat fisika tanah dan kepadatan dengan cara menambahkan bahan organik dalam bentuk kompos hingga kedalaman zona parakaran
2. Saluran drainase perlu diperdalam hingga 2 m mengingat kenaikan air tanah harian dapat mencapai kedalaman 20-30 cm sehingga intrusi air laut yang membawa garam dapat diminimalisir dampaknya
3. Penambahan pupuk amina selama bertahun-tahun secara nyata meningkatkan kadar Na sehingga perlu dilakukan pencucian dari daerah perakaran menggunakan air dengan kadar garam rendah

Daftar Pustaka

- Andrews. S.S. Mitchell. J.P. Mancinelli. R. Karlen. D.L. Hartz. T.K. Howarth. W.R. Pettygrove. G.S. Scow. K.M. and Munk. D.S. (2002). On-farm assessment of soil quality in California's Central Valley. *Agron. J.* 94:12-23.
- Andrews, SS, DL Karlen, and JP Mitchell. 2002. "A Comparison of Soil Quality Indexing Methods for Vegetable Production Systems in Northern California." *Agriculture, Ecosystems and Environment* 90: 25–45.
- Black. C.A. (1965a). *Methods of soil analysis. Part 1*. Madison. Wisconsin. USA: American Society of Agronomy.
- Black. C.A. (1965b). *Methods of soil analysis. Part 2*. Madison. Wisconsin. USA: American Society of Agronomy.
- Blanchard, C. *et al.* (2020) 'Effect of pH on Cucumber Growth and Nutrient Availability in a Decoupled Aquaponic System with Minimal Solids Removal', *Horticulturae*, (3), pp. 1–12. doi: doi:10.3390/horticulturae6010010.
- Blanchard, Caroline, Daniel E Wells, Jeremy M Pickens, and David M Blersch. 2020. "Effect of PH on Cucumber Growth and Nutrient Availability in a Decoupled Aquaponic System with Minimal Solids Removal." *Horticulturae* (3): 1–12.
- Doran, J.W., and T.B. Parkin. 1994. "Defining Soil Quality for a Sustainable Environment,." In Madison, 3-21.: Soil Science Society of America Journal, 1–21.
- Bünemann, E. K. *et al.* (2018) 'Soil quality – A critical review', *Soil Biology and Biochemistry*, 120. doi: 10.1016/j.soilbio.2018.01.030.
- Brejda. J.J.. Moorman. T.B.. Karlen. D.L. and Dao. Thanh H. (2000). Identification of regional soil quality factors and indicators: I. Central and Southern High Plains. *Soil Sci. Soc. Am. J.* 64:2115-2124.
- Cakir, R.; Raimonet, M.; Sauvage, S.; Paredes-Arquiola, J.; Grusson, Y.; Roset, L.; Meaurio, M.; Navarro, E.; Sevilla-Callejo, M.; Lechuga-Crespo, J.L.; Gomiz Pascual, J.J.; Bodoque, J.M.; Sánchez-Pérez, J.M. (2020). Hydrological Alteration Index as an Indicator of the Calibration Complexity of Water Quantity and Quality Modeling in the Context of Global Change. *Water*, 12, 115. <https://doi.org/10.3390/w12010115>.
- Diack. M. and Stott. D.E. (2001). Development of a soil quality index for the Chalmers Silty Clay Loam from the Midwest USA. In *The Global Farm*. Stott. D.E.. Mohtar. R.H. and Steinhardt. G.C. (eds.). Selected papers from the 10th International Soil Conservation Organization Meeting held May 24-29. 1999 at Purdue University and the USDA-ARS National Soil Erosion Research Laboratory. <http://topsoil.nserl.purdue.edu/nserlweb/isco99/pdf/ISCOdisc/SustainingTheGlobalFarm/P024-Diack.pdf>.
- Ditzler. C.A. and Tugel. A.J. (2002). Soil quality field tools: experiences of USDA-NRCS Soil Quality Institute. *Agron. J.* 94:33-38.
- Doran. J.W. and Parkin. T.B. (1994). Defining and assessing soil quality. In *Defining soil quality for a sustainable environment*. Doran. J.W.. Coleman. D.C.. Bezdicek. D.F. and Stewart. B.A.(eds.) Madison. Wisconsin. USA: SSSA Spec. Publ. 35. SSSA and ASA. pp.3-21.
- Feizizadeh, B., Blaschke, T. (2012) Land suitability analysis for Tabriz County, Iran: a multi-criteria evaluation approach using GIS. *Journal of Environmental Planning and Management* 1–23.

- Huo, Z.; Tian, J.; Wu, Y.; Ma, F. (2020). A Soil Environmental Quality Assessment Model Based on Data Fusion and Its Application in Hebei Province. *Sustainability*, 12, 6804. <https://doi.org/10.3390/su12176804>.
- Juhos, K., Czigány, S., Madarász, B., & Ladányi, M. (2019). Interpretation of soil quality indicators for land suitability assessment – A multivariate approach for Central European arable soils. *Ecological Indicators*, 99(June 2018), 261–272. <https://doi.org/10.1016/j.ecolind.2018.11.063>
- Juhos, Katalin, Szabolcs Czigány, Balázs Madarász, and Márta Ladányi. 2019. "Interpretation of Soil Quality Indicators for Land Suitability Assessment – A Multivariate Approach for Central European Arable Soils." *Ecological Indicators* 99(June 2018): 261–72. <https://doi.org/10.1016/j.ecolind.2018.11.063>.
- Kirkby, M.J. and Morgan, R.P.C. (1980). *Soil erosion*. New York: John Wiley and Sons.
- Lal, R. (1988). Erodibility and erosivity. In *Soil erosion research methods*. Lal, R. (ed.) Northeast Ankeny Road. Ankeny, Iowa: Soil and Water Conservation Society. pp.141-160.
- Li, P., Shi, K., Wang, Y., Kong, D., Liu, T., Jiao, J., & Liu, M. (2019). Soil & Tillage Research Soil quality assessment of wheat-maize cropping system with different productivities in China : Establishing a minimum data set. *Soil & Tillage Research*, 190(1), 31–40. <https://doi.org/10.1016/j.still.2019.02.019>
- Mei, N., Yang, B., Tian, P., Jiang, Y., Sui, P., Sun, D., ... Qi, H. (2019). Using a modified soil quality index to evaluate densely tilled soils with different yields in Northeast China.
- Mokarram, M., Aminzadeh, F. (2010) GIS-based multicriteria land suitability evaluation using ordered weight averaging with fuzzy quantifier: a case study in Shavur Plain, Iran. *The International Archives of the Photogrammetry, Remote Sensing and Spatial Information Sciences* 38 (II): 508–512.
- Mustafa, A.A., Singh, M., Sahoo, R.N., Ahmed, N., Khanna, M., Sarangi, A., Mishra, A.K. (2011) Land suitability analysis for different crops: a multi criteria decision making approach using remote sensing and GIS. *Researcher* 3 (12): 61–84.
- MSEC (Management of Soil Erosion Consortium) Project in Indonesia. (2000). *Progress and technical report as of April 2000*. Prepared for the Steering Committee Meeting Bangkok. 13-15 June 2000. Bogor.
- Obade, V. D. P., & Lal, R. (2016). Science of the Total Environment A standardized soil quality index for diverse field conditions. *Science of the Total Environment*, 541, 424–434. <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2015.09.096>
- Ortiz, J.; Dube, F.; Neira, P.; Panichini, M.; Stolpe, N.B.; Zagal, E.; Martínez-Hernández, P.A. (2020). Soil Quality Changes within a (*Nothofagus obliqua*) Forest Under Silvopastoral Management in the Andes Mountain Range, South Central Chile. *Sustainability*, 12, 6815. <https://doi.org/10.3390/su12176815>.
- Perveen, M.F., Nagasawa, R., Uddin, M.I., Delowar, H.K.M. (2007) Crop-land suitability analysis using a multicriteria evaluation & GIS approach. In: 5th International Symposium on Digital Earth (ISDE5), June 5–9, University of California, Berkeley, USA.
- Ren, X.; Chen, F.; Ma, T.; Hu, Y. (2020). Soil Quality Characteristics as Affected by Continuous Rice Cultivation and Changes in Cropping Systems in South China. *Agriculture*, 10, 443. <https://doi.org/10.3390/agriculture10100443>
- Soil Survey Staff. (1996). *Keys to soil taxonomy*. SMSS Technical Monograph. No.19. USDA.
- Westerman, R.L. (Ed.). (1990). *Soil testing and plant analysis*. SSSA Book Series Number 3. 3rd Ed.. Madison, Wisconsin, USA: Soil Science Society of America.

Yu, P., Liu, S., Zhang, L., Li, Q., & Zhou, D. (2018). Science of the Total Environment Selecting the minimum data set and quantitative soil quality indexing of alkaline soils under different land uses in northeastern China. *Science of the Total Environment*, 616–617, 564–571. <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2017.10.301>



**SURAT PERNYATAAN TANGGUNGJAWAB BELANJA (SPTB)
KELOMPOK RISET BATCH-2 KeRis AGRICULTURE WATERSHED IMPROVEMENT
(AGRISHED) TAHUN ANGGARAN 2020**

Yang bertanda tangan di bawah ini :

1. Nama : Subhan Arif Budiman
2. NIP/NIDN : 197702072005011002/0007027704
3. Fakultas : Pertanian
4. Anggota : dua (2) orang

Mendapat anggaran Hibah Kelompok Riset Batch-2 Tahun Anggaran 2020 dengan judul **“Indeks Kualitas Tanah Pada Lahan Pasiran Di Kecamatan Asembagus Situbondo”** dengan sumber dana Penerimaan Negara Bukan Pajak (PNBP) Universitas Jember sebesar Rp. 20.000.000,-

Dengan ini menyatakan bahwa :

1. Biaya kegiatan Hibah Kelompok Riset Batch-2 Tahun Anggaran 2020 meliputi:

No.	Uraian	Jumlah (Rp)
1	PEMBELIAN BAHAN HABIS PAKAI	6,900,000
2	BELANJA OPERASIONAL LAIN	2,000,000
3	PERJALANAN NON LN	8,200,000
4	SEWA	2,900,000
	TOTAL Biaya	20,000,000

*sesuai Standar Biaya Universitas Jember Tahun 2020

2. Jumlah uang tersebut pada angka 1, benar-benar dikeluarkan untuk pelaksanaan kegiatan Hibah Kelompok Riset Batch-2 Tahun Anggaran 2020 dimaksud;
3. Bersedia menyimpan dengan baik seluruh bukti pengeluaran belanja yang telah dilaksanakan;
4. Bersedia untuk dilakukan pemeriksaan terhadap bukti-bukti pengeluaran oleh aparat pengawas fungsional Pemerintah;
5. Apabila di kemudian hari, pernyataan yang saya buat ini mengakibatkan kerugian Negara maka saya bersedia dituntut penggantian kerugian negara dimaksud sesuai dengan ketentuan peraturan perundang-undangan.

Demikian surat pernyataan ini dibuat dengan sebenarnya.

Jember, 10 Desember 2020
Penerima hibah,

Subhan Arif Budiman
NIP. 197702072005011002