

PEDOLOGI REGIONAL

Karakteristik, Potensi, Kendala dan Pengelolaan
untuk Pembangunan Pertanian
di Kalimantan Timur

deepublish / publisher

UU No 28 tahun 2014 tentang Hak Cipta

Fungsi dan sifat hak cipta Pasal 4

Hak Cipta sebagaimana dimaksud dalam Pasal 3 huruf a merupakan hak eksklusif yang terdiri atas hak moral dan hak ekonomi.

Pembatasan Pelindungan Pasal 26

Ketentuan sebagaimana dimaksud dalam Pasal 23, Pasal 24, dan Pasal 25 tidak berlaku terhadap:

- i. Penggunaan kutipan singkat Ciptaan dan/atau produk Hak Terkait untuk pelaporan peristiwa aktual yang ditujukan hanya untuk keperluan penyediaan informasi aktual;
- ii. Penggandaan Ciptaan dan/atau produk Hak Terkait hanya untuk kepentingan penelitian ilmu pengetahuan;
- iii. Penggandaan Ciptaan dan/atau produk Hak Terkait hanya untuk keperluan pengajaran, kecuali pertunjukan dan Fonogram yang telah dilakukan Pengumuman sebagai bahan ajar; dan
- iv. Penggunaan untuk kepentingan pendidikan dan pengembangan ilmu pengetahuan yang memungkinkan suatu Ciptaan dan/atau produk Hak Terkait dapat digunakan tanpa izin Pelaku Pertunjukan, Produser Fonogram, atau Lembaga Penyiaran.

Sanksi Pelanggaran Pasal 113

1. Setiap Orang yang dengan tanpa hak melakukan pelanggaran hak ekonomi sebagaimana dimaksud dalam Pasal 9 ayat (1) huruf i untuk Penggunaan Secara Komersial dipidana dengan pidana penjara paling lama 1 (satu) tahun dan/atau pidana denda paling banyak Rp100.000.000 (seratus juta rupiah).
2. Setiap Orang yang dengan tanpa hak dan/atau tanpa izin Pencipta atau pemegang Hak Cipta melakukan pelanggaran hak ekonomi Pencipta sebagaimana dimaksud dalam Pasal 9 ayat (1) huruf c, huruf d, huruf f, dan/atau huruf h untuk Penggunaan Secara Komersial dipidana dengan pidana penjara paling lama 3 (tiga) tahun dan/atau pidana denda paling banyak Rp500.000.000,00 (lima ratus juta rupiah).

PEDOLOGI REGIONAL

Karakteristik, Potensi, Kendala dan
Pengelolaan untuk Pembangunan
Pertanian di Kalimantan Timur

Dr. Ir. H. Mulyadi, M.Sc.

 deepublish

Cerdas, Bahagia, Mulia, Lintas Generasi.

**PEDOLOGI REGIONAL KARAKTERISTIK, POTENSI, KENDALA DAN
PENGELOLAAN UNTUK PEMBANGUNAN PERTANIAN DI KALIMANTAN
TIMUR**

Mulyadi

Desain Cover :
Ali Hasan Zein

Sumber :
Penulis

Tata Letak :
Penulis

Ukuran :
x, 87 hlm, Uk: 15.5x23 cm

ISBN :
No ISBN

Cetakan Pertama :
Bulan 2022

Hak Cipta 2022, Pada Penulis

Isi diluar tanggung jawab percetakan

Copyright © 2022 by Deepublish Publisher
All Right Reserved

Hak cipta dilindungi undang-undang
Dilarang keras menerjemahkan, memfotokopi, atau
memperbanyak sebagian atau seluruh isi buku ini
tanpa izin tertulis dari Penerbit.

PENERBIT DEEPUBLISH
(Grup Penerbitan CV BUDI UTAMA)
Anggota IKAPI (076/DIY/2012)

Jl.Rajawali, G. Elang 6, No 3, Drono, Sardonoharjo, Ngaglik, Sleman
Jl.Kaliurang Km.9,3 – Yogyakarta 55581
Telp/Faks: (0274) 4533427
Website: www.deepublish.co.id
www.penerbitdeepublish.com
E-mail: cs@deepublish.co.id

KATA PENGANTAR

Secara umum ilmu tanah terbagi menjadi dua bagian utama yaitu yang dikenal dengan istilah Pedologi dan Edapologi. Pedologi lebih fokus ke bidang yang berhubungan dengan proses-proses pembentukan tanah (genesis), batuan dan mineral (kartografi dan mineralogi), pelapukan (weathering)/pemetaan dan klassifikasi tanah, sementara Edapologi lebih menekankan ke bidang ilmu pengetahuan tentang pengaruh tanah terhadap kehidupan tanaman/budidaya pertanian secara luas.

Buku ini disusun dengan segala keterbatasan sehingga nasehat, arahan, koreksi sangat diharapkan agar tulisan buku ini bisa lebih baik. Materi yang disampaikan lebih banyak berupa pengalaman, pengetahuan, pemikiran dan renungan pribadi selama bertugas sebagai pengajar di Fakultas Pertanian Universitas Mulawarman sejak tahun 1984 hingga sekarang, sebagai peneliti Ilmu tanah (surveyor) serta referensi-referensi yang sangat mendukung materi dari isi buku ini. Umumnya materi yang ditulis berlatar belakang buku ilmu tanah seperti faktor-faktor genesis yang berhubungan dengan pembentuk tanah (iklim, bahan induk, topografi, makhluk hidup dan waktu), klassifikasi tanah, kesuburan tanah dan kesesuaiannya untuk pembangunan pertanian yang difokuskan pada iklim hutan hujan tropis (tropika humida) berupa hasil penelitian/referensi yang dimiliki penulis selama bertugas selama ini.

Pada kesempatan ini, penulis ingin menyampaikan ucapan terima kasih yang tulus kepada semua pihak yang telah memberikan dorongan dan semangat kepada Pimpinan Universitas Mulawarman, Pimpinan Fakultas Pertanian Universitas Mulawarman dan Pimpinan beserta staff *Berau Forest Management Project* yang telah memberikan hibah penelitian melalui “*Competitive award scheme*” serta data yang tentunya banyak digunakan dalam penulisan buku ini. Pembimbing/rekan-rekan yang tidak dapat disebut satu persatu juga banyak membantu dan menginspirasi penulis. Ucapan yang sama penulis haturkan kepada Istri tercinta H. Nelly Kusmiani yang selalu mendorong penulis agar berprestasi lebih baik lagi, juga kepada anak, menantu dan cucu-cucu yang sangat

kami cintai yang dengan sabar mendorong semangat dan dukungan hingga buku ini dapat terselesaikan. Harapan penulis semoga buku ini bermanfaat untuk masyarakat umum dan akademisi yang ingin mengetahui lebih dalam tentang Regional Pedologi Kalimantan Timur, Allahumma Sholli Wa Sallim'alla Muhammad, Aamien.

Samarinda, 14 September 2022

Penulis,
Dr. Ir. H. Mulyadi, M.Sc.

DAFTAR ISI

KATA PENGANTAR	v
DAFTAR ISI	vii
BAB I PENDAHULUAN	1
BAB II FAKTOR PEMBENTUK TANAH	3
2.1. Sejarah dan faktor pembentuk tanah	3
2.2. Iklim	7
2.3. Geologi	11
2.4. Pelapukan batuan dan mineral	12
2.5. Klasifikasi proses pelapukan	12
2.5.1. Pelapukan fisik	12
2.5.2. Pelapukan kimia	13
2.5.3. Pelapukan biologi	14
2.6. Litologi dan bentuk wilayah (landform)	14
2.6.1. Labanan	15
2.6.2. Talisayan	15
2.6.3. Tabalar	16
2.6.4. Sangatta	17
2.7. Vegetasi dan Tata Guna Lahan	17
BAB III KONSEP PEDOLOGI	20
3.1. Profile Tanah	20
3.2. Proses Pedogenik	20
3.3. Proses Pedogenik Spesifik	21
3.3.1. Proses Pembentukan Tanah Zonal	21
3.3.2. Proses Pembentukan Tanah Intrazonal	23
3.4. Horison Penciri (pedogenesis) dan Lapisan tanah	24
3.4.1. Horison Utama	24
3.4.2. Horison Transisi dan Kombinasi	26

BAB IV	KLASSIFIKASI TANAH.....	28
4.1.	Sistem Klasifikasi Tanah: Prinsip dan Tujuan Klasifikasi Tanah	28
4.2.	Horison penciri dan penentu untuk tanah mineral	30
	4.2.1. Horison penciri Permukaan (Epipedon)	30
	4.2.2. Horison Penciri bawah permukaan (endopedon).....	33
	4.2.3. Karakteristik Diagnostik Lain dan horison Tanah.....	39
4.3.	Rejim suhu dan kelembaban tanah	40
	4.2.4. Rejim suhu tanah	40
	4.2.5. Rejim kelembaban tanah	41
BAB V	HUBUNGAN TANAH DENGAN BENTUK LAHAN TROPIKA HUMID	43
5.1.	Bentuk wilayah dan geologi Labanan.....	43
5.2.	Tanah yang terbentuk di Labanan.....	46
5.3.	Deskripsi tanah dan bentuk wilayah /terrain.....	47
	5.3.1. Kelompok Lahan Datar	47
	5.3.2. Kelompok Lahan Miring	48
	5.3.3. Lahan Curam	50
	5.3.4. Perbukitan di atasnya batuan metamorf (schist).....	52
	5.3.5. Batuan sedemen (Konglomerate) dengan sisi sejajar.....	53
	5.3.6. Perbukitan gradien tinggi di atas batulanau.....	54
	5.3.7. Bentuk Wilayah Kompleks.....	54
	5.3.8. Sistem lahan karst berbukit.....	56
	5.3.9. Dataran agak bergelombang di atas sedimen campuran	56
5.4.	Sifat-sifat fisik dan kimia tanah	58
	5.4.1. Batu pasir, Tanah masam, berdrainase baik (upland).....	58
	5.4.2. Batu pasir, Tanah masam, Dasar lembah.....	58
	5.4.3. Metamorfik, Tanah masam, berdrainase baik (upland).....	58
	5.4.4. Batuan kapur, Tanah netral, berdrainase baik (upland).....	58

5.4.5. Tanah rawa, berdrainase jelek.....	59
5.4.6. Konglomerat, Agak curam dan curam	59
5.5. Pembentukan tanah Talisayan	61
5.5.1. Satuan lahan	62
5.5.2. Fisiografi dan tanah.....	65
5.6. Pembentukan tanah di daerah Tabalar.....	67
5.6.1. Tanah dari batuan sedimen berdrainase baik	67
5.6.2. Tanah dengan drainase agak baik.....	68
5.6.3. Tanah dari batuan kapur dengan solum agak tebal	69
5.6.4. Tanah dari batuan kapur dengan solum tipis.....	70
5.6.5. Tanah dengan oksida besi	70
5.7. Karakteristik Lahan Sangatta.....	71
5.7.1. Kelompok lahan bergelombang.....	71
5.7.2. Kelompok lahan berbukit hingga berbukit curam	73
BAB VI TANAH FERRALITIK	77
6.1. Tata guna lahan dan kesesuaiannya.....	78
6.2. Karakteristik dan manajemen pertanian	78
6.3. Karakteristik Kimia	81
6.4. Aluminium dan Tanah masam.....	82
6.5. Memperbaiki status Al di dalam tanah	83
DAFTAR PUSTAKA	85

deepublish / publisher

BAB I

PENDAHULUAN

Iklm hutan hujan tropis (Tropika Humida) merupakan sumber daya alam yang spesifik dipermukaan bumi, terletak disekitar garis katulistiwa, berfungsi sebagai paru-paru dunia yang hanya ada di Indonesia (Kalimantan Timur, Kalimantan Barat, Sulawesi Tengah, Sumatra Barat/Riau dan sekitarnya) sebagian Halmahera/Maluku Utara dan Papua, benua Amerika (lembah Amazone hulu) dan sentral Afrika (cekungan Kongo). Perbedaan antara siang dan malam hari di wilayah Tropika humida relatif tetap yaitu masing-masing sekitar 12 jam dibanding daerah kutub yang siang harinya dapat mencapai sekitar 23,5 jam saat musim panas dan malam harinya juga sekitar 23,5 jam di musim dingin, begitu pula di daerah subtropis yang siang dan malam harinya mencapai 18 jam tergantung musim.

Tipikal iklim tropika humida Kalimantan Timur adalah hujan sepanjang tahun tanpa adanya musim kemarau. Kondisi iklim tersebut berpengaruh terhadap kehidupan sosial-ekonomi dan budaya masyarakat karena besarnya plasma nutfah yang tersedia/ditemukan baik flora maupun fauna sehingga jika ada perubahan bentang alam akibat pembangunan maka akan menimbulkan reaksi, khususnya masyarakat setempat akibat ancaman terhadap anggapan akan berkurangnya sumber plasma nutfah. Akhir-akhir ini kekayaan sumber daya alam (plasma nutfah) terus semakin berkurang seiring dengan bertambahnya penduduk, sementara eksploitasi sumber daya alam bertujuan untuk meningkatkan kemampuan ekonomi masyarakat serta devisa negara, dan bahkan akhir-akhir ini Pemerintah Pusat/Daerah memberikan izin Perusahaan (korporate)/masyarakat) untuk membuka perkebunan dengan merubah lahan hutan tropika humida menjadi lahan perkebunan kelapa sawit dan pertambangan.

Sumber daya alam seperti iklim (curah Hujan dan suhu) cenderung rekatif tetap kecuali iklim mikro. Pemulihan kembali iklim mikro tersebut akibat eksploitasi lahan hutan perlu waktu yang relatif panjang. Curah

hujan yang mencapai 2000 mm/tahun, tanpa musim kering (kemarau) dengan suhu rata-rata lebih dari 26⁰C mengakibatkan lahannya sangat cocok untuk pengembangan tanaman perkebunan, tetapi iklim tersebut juga menyebabkan zona pelapukan yang paling intensif terhadap kebutuhan masyarakat berupa sandang, papan dan juga pangan termasuk bahan/batuan induk tanah jika dibanding lahan yang beriklim lainnya seperti Arid, subtropis dan kutub. Karena tidak adanya periode kering (kemarau) maka berdasarkan FAO musim tanam terjadi sepanjang tahun yaitu curah hujan selalu melebihi separuh Potential Epavotranspirasi ($R > 1/2$ PET). Produktivitas pertanian tanaman pangan umumnya rendah meskipun musim tanam sepanjang tahun. Awal tanam pada musim tanam dapat dilakukan pada bulan Januari, Februari hingga Desember, berarti dalam setahun memiliki tiga kali musim tanam (umur tanaman 3-4 bulan), tentu harapan masa panen juga tiga kali. Kendala utama budi daya tanaman semusim yang menyebabkan produktivitas rendah adalah menetapkan awal musim tanam (waktu menebar benih) karena kapanpun memulai tanam, panen pasti terjadi pada musim hujan. Kesuburan alami tanah saat awal musim tanam hingga pertumbuhan generatif yang sangat membutuhkan unsur hara esensial dan tidak tersedia dengan baik karena unsur haranya telah hilang bersama air infiltrasi dan perkolasi akibat hujan.

Tanah-tanah yang terbentuk dengan kondisi iklim tersebut umumnya dikenal sebagai tanah feralitik yaitu tanah yang banyak mengandung residu oksida-oksida besi dan aluminium sebagai hasil pelapukan mineral-mineral utama. Intensifnya pelapukan menyebabkan tanah kurang subur untuk tanaman pangan dibanding tanaman perkebunan. Tanaman hutan dapat hidup subur dengan memanfaatkan kesuburan alami (natural fertility) dari pelapukan bahan induk dan siklus hara untuk pertumbuhannya.

BAB II FAKTOR PEMBENTUK TANAH

Faktor-faktor pembentuk tanah di daerah tropika humida tidak jauh berbeda dengan tempat lainnya di muka bumi ini, tetapi akan lebih intensif jika dibanding daerah yang beriklim sedang atau arid. Agresifnya tingkat pelapukan disebabkan oleh suhu dan curah hujan yang cukup tinggi dan berlangsung sepanjang tahun dimana proses-proses pelapukan fisik, kimia dan biologi juga berjalan terus sepanjang tahun. Daerah yang terletak di pegunungan tinggi, meskipun di daerah tropika humida, proses pelapukan tanah bisa seperti daerah beriklim sedang ataupun kutub tergantung pada ketinggiannya.

2.1. Sejarah dan faktor pembentuk tanah

Faktor pembentuk tanah akan sangat mempengaruhi tanah di suatu wilayah, khususnya karakteristik yang berhubungan erat dengan prosesnya terjadinya, akan tetapi hubungan langsung antar pembentuk tanah tersebut sangat sulit untuk ditetapkan karena semua faktor bekerja secara bersamaan. Dokuchaev (1889) adalah orang pertama yang menunjukkan bahwa tanah membentuk pola tertentu pada sebuah lanskap yang ada dan menggambarkan bahwa tanah menunjukkan perkembangan horison yang berbeda satu sama lain di bawah pengaruh bahan induk, iklim dan organism, kemudian menyusun rumus $S=f(p,cl,o)$ dimana p adalah bahan induk, cl adalah iklim dan o adalah organisme. Jenny (1941) menambahkan dua faktor lagi yaitu lereng dan waktu. Kelima faktor pembentuk tanah tersebut bertindak secara bersamaan dan pada waktunya akan menghasilkan tanah. Selanjutnya faktor pembentuk tanah diklasifikasikan menjadi dua kelompok besar yaitu faktor pembentuk tanah aktif dan faktor pembentuk tanah pasif (Joffe, 1949). Rumus faktor pembentukan tanah (Jenny (1941) yang digunakan para pakar pedologi sebagai dasar mempelajari genesis dan klasifikasi tanah dengan menggunakan persamaan berikut : $S = f(cl, b, r, p, t, \dots)$

di mana, S = Tanah

Faktor F = fungsi dari atau bergantung pada

Pementuk cl = iklim

Aktif b = biosfer (flora dan fauna)

Faktor r = Relif atau waktu

Pembentuk p = Bahan induk

Pasif t = waktu

Faktor pembentuk aktif adalah energi yang bekerja pada bahan induk untuk menghasilkan tanah yang terbentuk. Faktor tersebut mampu mengubah efek faktor pasif, sejak awal tahap perkembangan tanah, iklim dan biosfer telah memberikan efek yang jelas terhadap faktor pasif. Pada iklim kutub, air cukup tersedia tetapi memiliki suhu rendah, maka biosfer lebih berperan dengan tumbuhan lumutnya serta membeku dan mencairnya es akibat perubahan suhu, sementara di daerah arid yang kurang tersedia air, peranan suhu menjadi aktif. Perkembangan tanah yang paling dominan adalah iklim tropika humida dimana iklim (suhu dan curah hujan), vegetasi yang tumbuh dan menghasilkan sejumlah besar bahan organik. Faktor pembentuk pasif adalah mengkondisikan massa terhadap faktor pembentuk tanah lainnya agar faktor pembentuk tanah aktif dapat bekerja dengan efisien.

Penjelasan singkat tentang pengaruh faktor pembentuk tanah terhadap karakteristik tanah adalah sebagai berikut: Faktor pembentuk tanah aktif yang diklasifikasikan oleh Joffe (1949) yaitu Iklim (curah hujan dan suhu) yang perannya sangat berpengaruh terhadap pembentukan tanah dimana air dan suhu membantu dekomposisi mineral utama dan mengangkut hasil pelapukan tersebut kelapisan yang lebih dalam untuk membentuk horison tanah, juga mengontrol flora dan fauna untuk suplai energi bahan organik.

Flora dan fauna akan menghasilkan bahan organik yang berfungsi sebagai sumber makanan organisme tanah dan merupakan salah satu indikator terpenting kesehatan tanah. Dekomposisi bahan organik menghasilkan asam organik terlarut yang membantu dalam pemecahan mineral yang ada dalam batuan induk, mengakibatkan pelepasan nutrisi penting yang dibutuhkan tanaman. Hal ini juga mempengaruhi sifat-sifat tanah dengan cara meningkatkan kapasitas menahan air dan hara, sifat koloid tanah, reduksi dan erosi tanah oleh angin dan air.

Makro-organisme seperti tikus, siput, cacing tanah, rayap, kaki seribu, lipan dan lainnya memiliki kebiasaan membuat lubang/menggali, akan menyebabkan bercampurnya bahan tanah sehingga diferensiasi horison tanah terhambat yang juga berarti menghambat proses perkembangan tanah.

Mikroorganisme seperti bakteri, jamur, actinomycetes, protozoa dan nematoda menghuni dalam jumlah besar di tanah dan memainkan peran penting dalam dekomposisi bahan organik dan secara tidak langsung juga membantu dalam dekomposisi mineral melalui produksi asam organik. Cepatnya dekomposisi bahan tanah (mineral dan organik) membantu pergerakan dan pengendapan hasil pelapukan di lapisan yang berbeda, yang mengarah ke pengembangan tanah.

Faktor pembentuk tanah pasif seperti Relief atau topografi, bahan induk dan waktu berupa konfigurasi permukaan tanah. Relief menunjukkan variasi kemiringan setempat, sedangkan topografi menyatakan elevasi permukaan tanah secara luas. Bahan organik tanah dan liat bergerak dalam bentuk suspensi dalam profil tanah dengan mengalir bersama air dari permukaan tanah ke bagian yang lebih dalam, kemudian diendapkan, sehingga berpengaruh terhadap pembentukan tanah. Umumnya, tanah dataran rendah (letaknya lebih rendah pada suatu landsekap) berwarna lebih gelap, pH lebih tinggi, begitu pula kandungan Kation dapat tukar, kandungan liat dan bahan organik. Pembentukan tanah sangat buruk pada lereng yang curam karena erosi, sementara tanah datar yang landai sangat ideal untuk pengembangan tanah. Karena tingkat perkolasi air yang lebih tinggi dan pencucian hasil pelapukan pada tanah dengan topografi datar, maka diferensiasi horison semakin cepat dan solum tanah lebih dalam dibandingkan dengan posisi (topografi) dengan tingkat yang lebih curam (sloping area) dan lembahnya (valley). Di cekungan dataran rendah (valley), air sangat tersedia akan tetapi perkolasi sangat buruk berakibat proses pengendapan partikel tanah liat dan bahan organik menjadi penyumbat pori-pori tanah, sehingga perkembangan tanah menjadi terhambat.

Jenny (1941) mendefinisikan bahan induk sebagai “tahap awal sistem tanah diwaktu nol pembentukan tanah” atau dapat didefinisikan sebagai bahan lepas (loose) yang tidak terkonsolidasi oleh sejumlah bahan

mineral yang terbentuk akibat pelapukan batuan yang berfungsi sebagai bahan baku pembentukan tanah. Bahan induk dapat diklasifikasikan berdasarkan agen pengendapan yaitu: 1) alluvium di tepi sungai, lacustrine di tepi laut, 2) bukit pasir/loesses dan aeolian oleh angin, coluvium oleh aksi gravitasi dan moraine oleh es.

Peran bahan induk dalam pembentukan tanah bersifat pasif, hal ini disebabkan karena berbagai jenis bahan induk dapat menghasilkan tanah yang sama apabila faktor aktif (iklim dan biosfer) di daerah tersebut sama. Meskipun demikian, di awal pembentukan tanah, sifat-sifat tanah hampir sama dengan sifat bahan induknya tetapi seiring berjalannya waktu pengaruh bahan induk terhadap sifat-sifat tanah semakin berkurang secara bertahap. Hal ini terjadi pada tanah yang berkembang dari batuan beku (Barong Tongkok) dan batuan sedimen masam yang menyusun sebagian besar bahan induk tanah di Kalimantan Timur yang pada akhirnya membentuk jenis tanah Ultisols/Oxisols, meskipun diawal pembentukannya menghasilkan jenis tanah yang berbeda.

Bahan induk menentukan sifat-sifat tanah seperti tekstur, struktur, kapasitas menahan air dan kandungan liat. Sifat-sifat tersebut dapat terbawa kelapisan dibawahnya karena ada pergerakan air (infiltrasi, perkolasi) sehingga menjadi penting dalam proses pengembangan profil tanah. Tanah (kalsimorfik dan hidromorfik) yang mana komposisi bahan induknya tahan terhadap pengaruh iklim dan vegetasi disebut sebagai Tanah Endodinamorfik. Keberadaan tanah-tanah tersebut bersifat sementara sampai dekomposisi kimia menjadi aktif akibat pengaruh iklim dan vegetasi. Tanah Ectodynamorphic (podzol, laterit) berkembang normal pada profil tanah karena adanya pengaruh faktor pembentuk tanah aktif (iklim dan biosfer).

Pembentukan tanah merupakan proses alami yang membutuhkan waktu ribuan tahun agar pedon berkembang hingga menjadi matang. Jangka waktu yang dibutuhkan dari tahap perombakan (dekomposisi dan/atau desintegrasi) bahan induk sampai tahap pembentukan tanah matang (horison A, B, C) dianggap sebagai waktu pedologis. Laju perkembangan tanah (penuaan) bervariasi antar tanah. Iklim hangat lembab, topografi datar sampai landai, bahan induk berpasir adalah kondisi yang menguntungkan untuk pembentukan tanah, sedangkan, iklim dingin

dan gersang, bahan induk berliat, lereng curam, dataran banjir dan aktivitas hewan penggali menghambat kecepatan perkembangan profil tanah.

2.2. Iklim

Secara umum iklim di daerah tropika humida menurut Koppen's termasuk Hutan hujan tropis (Af), tanpa musim kering dengan suhu lebih dari 22°C. Berdasarkan data iklim di Kalimantan Timur curah hujan mencapai 2000 mm/tahun dengan tanpa memiliki bulan basah ($P > 200$ mm) dan bulan kering ($P < 100$) yang berarti hujan berkisar antara 100-200 mm disepanjang tahun. Iklim daerah pesisir Kalimantan Timur cenderung lebih kering jika dibandingkan Kalimantan Timur bagian barat. Pegunungan Karstik (outcrop) yang melintang dari barat disepanjang semenanjung Sangkulirang (Sangkulirang Peninsula) mempengaruhi iklim yang ada disekitar, khususnya di selatan semenanjung Sangkulirang dimana curah hujan lebih rendah saat musim hujan. Pegunungan batuan kapur tersebut cukup efektif mempengaruhi iklim sehingga tetap basah (hujan) di sebelah Timur jauh (Northwest monsoon), sedang di Tenggara (Southeast monsoon) kekeringan juga kurang berpengaruh karena adanya laut dan blokade Pulau Sulawesi.

Meskipun Hujan terjadi sepanjang tahun, periode kekeringan pernah terjadi di Kalimantan Timur khususnya yang berhubungan dengan El Nino. Periode kekeringan ini pernah terjadi pada tahun 1982-1983 dan terulang kembali pada tahun 1997-1998, tetapi setelah itu tidak pernah terjadi lagi hingga tahun 2022, dimana saat periode kemarau tersebut terjadi kebakaran hutan dan intrusi air laut masuk ke sungai-sungai yang menyebabkan air sungai asin hingga beberapa kilometer ke daerah pedalaman sungai.

Curah hujan yang tinggi tersebut sebagian besar (60-80%) masuk ke dalam tanah lewat infiltrasi dan berperan terhadap pembentukan tanah. Hujan yang terjadi di daerah tropis umumnya berlangsung tidak begitu lama, tetapi sangat intensif dan pucaknya dapat mencapai lebih dari 100 mm. Besarnya butiran hujan dapat menghancurkan butiran agregat tanah, menyebarkan butiran partikel tanah, memasuki lubang-lubang tanah dan juga mengurangi persediaan air permukaan. Pada kondisi permukaan yang terlindungi oleh tajuk pohon/hutan, energi kinetik butiran curah hujan

masih berperan sebagai penghancur dan semua air hujan akan terinfiltrasi dalam profil tanah akan meningkatkan pencucian basa-basa terlarut dari hasil pelapukan bahan induk sehingga meningkatkan konsentrasi ion H^+ dan Al^{3+} yang menyebabkan tanah menjadi masam.

Tingginya curah hujan yang juga diikuti tingginya Potensial Evapotranspirasi (PET) sepanjang tahun (sekitar 1000 mm/tahun) yang menghasilkan curah hujan efektif tahunan (R-PET) sekitar 1000 mm/tahun mengakibatkan proses pencucian (leaching rain) lebih meningkat lagi secara signifikan. Pencucian hasil pelapukan bahan induk dalam profil tanah sudah terjadi apabila Hujan Efektif Tahunan lebih dari 150 mm/tahun dan akan meningkat secara signifikan apabila Hujan Efektif Tahunan lebih dari 400 mm/tahun.

Rata-rata suhu udara di daerah tropika humida sekitar 22-28⁰C dan selalu diselimuti awan yang mendung menyebabkan variasi suhu udara tersebut tidak berbeda jauh. Pada saat terjadinya musim kering (kemarau) harian atau musiman serta berkurangnya selaput awan diudara berakibat variasi suhu udara menjadi lebih lebar. Pengaruh suhu udara terhadap faktor pembentuk tanah di daerah tropika humida menjadi penting karena tingginya kelembaban udara dibawah tajuk hutan yang lebat. Suhu udara berpengaruh terhadap proses-proses kimia dan fisik tanah berupa dampak dari Evapotranspirasi, bahan organik yang melapuk dan aktivitas biotik lainnya.

Tabel 1. Data Iklim Kalimantan Timur Periode 2001 – 2010

Month	Suhu Rata-rata (°C)			Curah Hujan (mm)		Sunshine (hours)		Radiation	PET (mm/day)		Kelembaban Relatif (%)
	Bulanan		Rata-rata	Harian	Total	N	n/N	Gr.Cal/Cm ² /day	Bulanan	Harian	Bulanan
	Min.	Max.									
January	26,7	27,6	27,2	15	211,7	4,60	0,383	292,0	112,8	3,64	81,8
February	26,9	28,7	27,6	11	149,8	5,74	0,478	352,2	89,6	3,20	80,8
March	26,7	28,6	27,5	16	206,3	5,21	0,434	349,9	84,6	2,73	82,3
April	27,0	28,3	27,5	15	187,8	5,53	0,461	545,5	90,1	3,00	83,7
May	27,3	28,5	27,7	15	168,3	5,62	0,468	297,2	81,0	2,94	83,8
June	26,8	27,7	27,2	12	133,6	5,01	0,417	300,5	84,3	2,81	82,9
July	26,3	27,8	27,1	12	139,7	5,78	0,482	307,4	86,0	2,77	82,4
August	26,5	27,9	27,2	11	105,1	6,37	0,531	336,1	98,9	3,19	80,1
September	26,8	28,5	27,4	10	94,9	5,32	0,443	310,0	85,7	2,86	81,0
October	27,4	28,5	27,7	10	147,3	5,42	0,452	366,4	97,3	3,14	81,1
November	26,9	27,8	27,5	14	178,8	5,03	0,419	353,8	102,6	3,42	82,7

Month	Suhu Rata-rata (°C)			Curah Hujan (mm)		Sunshine (hours)		Radiation	PET (mm/day)		Kelembaban Relatif (%)
	Bulanan			Harian	Total	N	n/N	Gr.Cal/Cm ² /day	Bulanan	Harian	Bulanan
	Min.	Max.	Rataan								
December	27,0	28,3	27,8	16	172,2	5,34	0,404	300,6	84,1	2,71	82,9
Rata-rata/bln	26,8	28,2	27,2	13	157,9	5,41	0,448	342,63	91,42	2,87	82,2

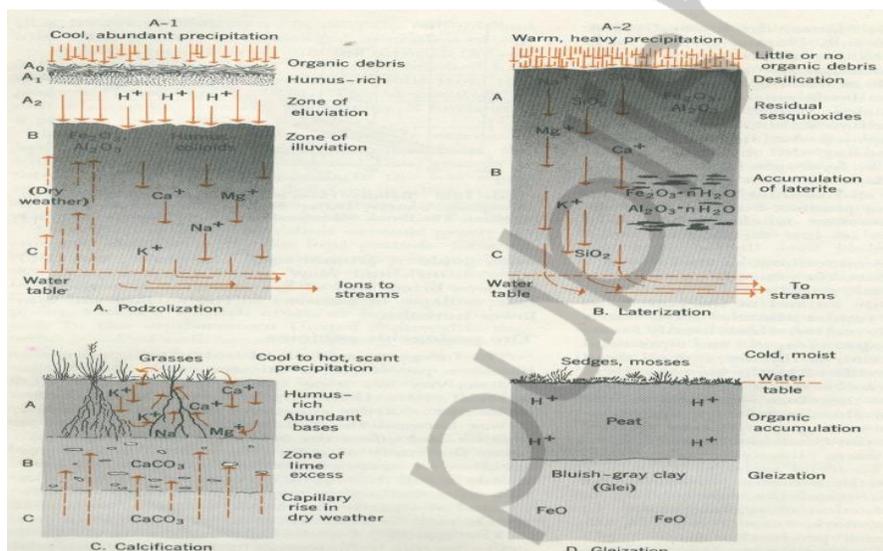
Sumber : Data iklim diolah dari stasiun iklim Temindung dan Kalimantan.

Hasil pembentukan tanah seperti disintegrasikan terjadi sangat signifikan pada mineral batuan utama, akan melarutkan sejumlah hasil pelapukan sehingga basa-basa hasil pelapukan tereliminasi dari zona pelapukan dan di dalam tanah tertinggal hanya residu-residu seperti mineral Quartz, Oksida besi dan aluminium, atau mineral-mineral sekunder baru yang relatif stabil seperti Kaolinit,

Goetit-hematit dan gibbsite sebagai produk akhir dari pelapukan, dimana hal ini sepadan dengan pengaruh suhu terhadap pembentukan tanah menurut hukum "t Hoff" tentang temperatur yaitu setiap terjadinya peningkatan suhu 10⁰ C akan mempercepat reaksi kimia di dalam batuan sebanyak 2-3 kali lipat, yang menyebabkan mineral batuan lebih cepat lagi tersintegrasikan dan dissolasi, berakibat hasil pelapukan akan mudah kehilangan basa-basa yang dikandungnya, meninggalkan sejumlah material-material yang sukar lapuk seperti quartz, oksida-oksida besi dan aluminium.

Sebagai ilustrasi peranan iklim (curah hujan dan suhu) terhadap proses pembentuk tanah dalam penampang tanah, dimana faktor iklim dibagi menjadi empat kelompok besar yaitu suhu udara dingin dengan curah hujan yang relatif rendah, suhu panas dengan curah hujan yang tinggi, suhu panas dan dingin dengan curah hujan sedikit dan suhu dingin tetapi lembab.

Gambar 1. Proses pencucian yang terjadi pada profil tanah



Sumber : Gambar dari buku Geografi

Pada daerah yang beriklim sedang (temperate) yaitu bersuhu dingin dengan sejumlah curah hujan maupun daerah beriklim tropis yang memiliki musim kemarau dengan disertai musim hujan, menunjukkan bahwa pencucian hasil pelapukan mineral utama yang mudah lapuk di dalam tanah akan tercuci ke lapisan yang lebih dalam saat terjadi hujan dan terlarut bersama air infiltrasi ke dalam tanah hingga ke zone air tanah (water table). Hanya sebagian hasil pelapukan terlarut ke perairan umum melalui perkolasi saat musim dingin atau curah hujan berkurang signifikan. Selama berlangsungnya musim kemarau, air tanah yang mengandung sejumlah unsur hara akan naik kepermukaan akibat terjadinya evaporasi. Evaporasi hanya menguapkan air (H₂O) sehingga hara makro akan tetap tinggal dipermukaan tanah yang menyebabkan kesuburan tanah meningkat saat awal hingga akhir periode kemarau. Di daerah yang lebih kering lagi seperti semi arid dan arid, karena evaporasi berlangsung terus selama musim panas, menyebabkan air tanah (ground water) yang mengandung sejumlah unsur hara terlarut hasil pelapukan, menguap dan terakumulasi dipermukaan tanah berakibat tanah-tanah arid dan semi arid selalu bersifat salin dan bahkan sebagian bersifat alkalin.

Sebaliknya daerah dengan suhu dan curah hujan tinggi seperti Kalimantan Timur dengan iklim tropika humida, curah hujan berlangsung sepanjang tahun tanpa adanya musim kemarau sehingga tidak ada bulan dimana terjadi penguapan ($R < PET$), hasil pelapukan bahan induk terus tercuci kelapisan dibawahnya dan bahkan semakin dalam yang pada akhirnya akan hilang bersama mata air dan terlarut keperairan umum (Sungai dan laut). Proses-proses tersebut jadi penyebab rendahnya kesuburan tanah Kalimantan Timur meskipun tanah berkembang dari batuan kapur (Sangkulirang) atau batuan beku seperti di Barong Tongkok. Daerah yang letaknya rendah (valley), akan selalu tergenang (rawa) yang menyebabkan bahan organik sukar melapuk dan terbentuk gambut dipermukaan, melapisi tanah tanah mineral yang tergenang (reduksi) yang berwarna kelabu (gleisasi). Begitu pula halnya di daerah dingin (kutub dan temperate) atau dipegungan yang tinggi, bahan organik dipermukaan tanah juga sukar melapuk dan membentuk tanah organik dengan alas tanah organik tersebut masih berupa batuan atau tanah yang tipis.

2.3. Geologi

Geologi Kalimantan Timur (Van Bemmelen, 1949) dengan skala 1 : 1 000 000 yang diperbaharui dari peta sebelumnya oleh Ubahgs dan kawan-kawan dengan skala 1 : 250 000 tahun 1932, diperoleh bahwa geologi Kalimantan Timur didominasi oleh batuan sedimen tersier akhir yang stratanya cenderung dari Barat daya (South West) ke arah Timur laut (North East). Batu-batuannya agak lemah dan menunjukkan variasi tekstur yang agak lekat, yaitu dari batuan pasir hingga batuan lumpur (mudstone) dan batuan liat (clay stone). Strata batuan konglomerat terlihat dari beberapa batuan yang nampak dipermukaan (rock outcrop) maupun yang terlihat di tepi sungai akibat erosi permukaan. Batuan sedimen dan timbunan alluvial yang kasar mengandung sedikit dan bahkan sangat sedikit mineral yang dapat lapuk sehingga tanah yang terbentuk dari batuan ini juga mengandung unsur hara yang sangat rendah untuk tanaman.

Batuan sedimen merupakan bebatuan yang terbentuk dari proses konsolidasi (pemadatan) endapan-endapan partikel yang terbawa oleh angin atau air dipermukaan bumi. Apabila bebatuan ini terbentuk melalui

konsolidasi yang dipicu oleh mekanistik disebut *destik*, sedangkan jika terbentuk dari endapan termasuk larutan yang konsolidasinya dipacu oleh proses-proses kimia disebut *non-elastik*. Jenis batuan seperti batuan kapur, batuan pasir, batuan lumpur, batuan pasir berkapur, shale, dan konglomerate termasuk batuan noneklastik.

Batuan beku (Ignoous rock) yang terdapat di dataran tinggi tunjung (Barong Tongkok) merupakan bebatuan yang terbentuk dari proses solidifikasi (pembekuan magma cair) yang keberadaannya mungkin disebabkan oleh desakan dasar bumi (plutonik) atau hasil letusan gunung berapi dizaman purba.

2.4. Pelapukan batuan dan mineral

Pelapukan batuan dan mineral sebagian besar disebabkan oleh iklim, paling utama terjadi dekat dengan permukaan bumi. Pelapukan batuan induk (Bedrock) adalah diawali oleh pecahnya batuan dan mineral secara fisik dan kimia menjadi bentuk yang lepas-lepas (loose), dalam bentuk material yang tidak padat lagi (unconsolidated) yang disebut bahan induk. Tanah terbentuk akibat dari kombinasi yang terjadi antar faktor-faktor pembentuk tanah itu sendiri maupun bersamaan. Pelapukan tanah berhubungan dengan pelapukan fisik yang disebut desintegrasi dan pelapukan kimia (dekomposisi) terhadap batuan induk yang menghasilkan bahan induk. Pada dasarnya proses pembentukan tanah ini adalah kombinasi antara proses transformasi dan sintesa atau proses desintegrasi dan/atau dekomposisi batuan dan mineral akibat terjadinya pelapukan fisik, kimia dan biologi untuk membentuk bahan induk

2.5. Klasifikasi proses pelapukan.

2.5.1. Pelapukan fisik

Proses-proses mekanik menyebabkan desintegrasi dari material batuan yang masif dan padat menjadi butiran yang lebih kecil akibat kondisi iklim yang memungkinkan melalui bermacam-macam penyebab (agents) seperti suhu air, es dan angin. Proses pelapukan fisik terutama dipicu oleh perubahan suhu secara drastis dan oleh hantaman air hujan, penetrasi akar dan aktivitas mahluk hidup lainnya.

Proses pelapukan fisik yang dipicu air dapat terjadi lewat bebatuan yang telah retak, air masuk ke celah-celahnya yang kemudian membeku dan menyebabkan rekahan-rekahan bertambah besar akibat perubahan volume dari air menjadi es. Selain itu dapat juga melalui proses hidrothermal yaitu melalui proses air yang membeku dan mencair (swelling and shringking) dan berlangsung berulang-ulang maka batuan akan pecah menjadi partikel yang lebih kecil. Hantaman butir air hujan dan aliran air juga menjadi penyebab retaknya batuan dan pecah atau terkikis sehingga batuan juga berubah menjadi partikel yang lebih kecil.

2.5.2. Pelapukan kimia

Pelapukan atau transformasi kimia umumnya merupakan proses yang menyertai proses pelapukan fisik, mengakibatkan terjadinya perubahan komposisi kimia maupun komposisi mineral dari fragmen-fragmen penyusun batuan. Proses tersebut mengakibatkan batuan kehilangan sejumlah kandungan kimia yang terlarut bersama air. Pada kondisi (lingkungan) tertentu mineral-mineral terlarut tersebut akan berpadu kembali untuk membentuk mineral/batuan baru yang dikenal sebagai batuan sedimen melalui proses hidratisasi, hidrolisis, reduksi, karbonasi dan asidifikasi. Proses pelapukan kimia tersebut meliputi :

- a. Solubilisasi adalah proses pelarutan secara ilmiah disebabkan oleh air yang memiliki daya pelarut tinggi dan akan meningkatkan proses kimianya apabila mengandung senyawa-senyawa terlarut seperti CO_2 , asam-asam organik maupun senyawa-senyawa organik tertentu.
- b. Hidrolisis adalah proses hidrolisis batuan diprantai oleh hasil ionisasi air yang berfungsi selaku asam lemah menjadi ion (H^+) bereaksi masam dan ion OH^- (basa), namun terhadap mineral silika yang aktif adalah ion H^+ .
- c. Hidratisasi adalah proses terbentuknya mantel hidrat pada permukaan batuan, yaitu terjadi saat mineral terendam dalam air, maka bidang-bidang permukaan, rusuk dan sudut kristalnya akan dijenuhi molekul-molekul air dan membentuk lapisan air.
- d. Oksidasi merupakan reaksi kimia yang menyebabkan berkurangnya elektron baik melalui peningkatan oksigen maupun tanpa oksigen.

- e. Reduksi adalah reaksi bolak-balik dengan oksidasi yaitu saat senyawa yang teroksidasi mengalami pengurangan elektron akibat penambahan atau tanpa oksigen.
- f. Karbonasi merupakan proses yang menyebabkan bereaksinya asam karbonat dengan basa-basa membentuk basa karbonat.
- g. Asidifikasi adalah proses pengasaman batuan yang membantu mempercepat pelapukan batuan.

2.5.3. Pelapukan biologi

Pelapukan biologi lebih ditekankan ke kehidupan makhluk hidup (manusia, hewan, tanaman tingkat tinggi berupa perkembangan akarnya dan mikro-organisme) tergantung pada kondisi lingkungan, baik terhadap pelapukan fisik maupun kimia. Pada saat batuan permukaan ditumbuhi lumut, batuan akan mulai hancur dan berangsur-angsur berubah menjadi debu yang menyebabkan tanaman tingkat tinggi dapat hidup dan tumbuh pada kondisi tersebut. Selanjutnya akar tanaman terus berkembang dan tumbuh dicelah atau void yang terdapat dalam batuan, berakibat rekahan batuan semakin lebar dan panjang karena desakan akar dan akhirnya pecah-pecah menjadi bagian yang lebih halus (pelapukan fisik). Lumut yang tumbuh dipermukaan batuan juga mengeluarkan unsur kimia yang juga mempengaruhi kandungan kimia mineral batuan yang cenderung membentuk mineral baru (sekunder). Hewan-hewan penggali, aktivitas pergerakan manusia berupa pengolahan tanah, perataan lahan (levelling), konstruksi jalan, pembangunan gedung, rel kereta api juga termasuk pelapukan fisik.

2.6. Litologi dan bentuk wilayah (landform)

Akibat berinteraksinya proses-proses tersebut diatas, khususnya iklim (suhu dan curah hujan), aktivitas geologi (tektonik) berakibat terjadinya angkatan, patahan dan lipatan menyebabkan terbentuknya litologi dan bentuk wilayah Kalimantan Timur saat ini. Kondisi alam tersebut kemudian dibagi lagi menjadi beberapa golongan yang menunjukkan kombinasi unik antara litologi dan fisiografi yang dikenal sebagai Fisiografik wilayah. Pembahasan lebih lanjut dalam buku

Pedologi Regional ini akan lebih banyak ke daerah Labanan, Tabalar, Lempake hingga Sangatta karena data yang tersedia cukup memadai dan penulis juga punya pengalaman penelitian di daerah tersebut sehingga diharapkan pembahasan di wilayah tersebut dapat mewakili wilayah Kalimantan Timur.

2.6.1. Labanan

Menurut proses tersebut diatas, Labanan termasuk golongan dataran rendah. Dataran rendah disebelah utara ini adalah bagian dari sub wilayah yang ditemukan di pedalaman rawa-rawa pesisir yang terdiri dari dataran bergunung intensif, diselingi oleh kumpulan bukit tinggi yang terisolasi dengan inti tengah pegunungan, yang disebut "*Perbukitan dan Dataran Simenggaris-Kelai*" (The Simenggaris-Kelai Hills and Plains). Sub wilayah ini terdiri dari tiga sistem lahan utama yaitu topografi berbukit, dataran dan wilayah dipengaruhi oleh proses lipatan dan patahan yang sangat kuat, terutama pada strata tersier. Hal ini tampaknya bercampur dengan sedimentasi klastik kelas halus dan kelas kasar mengarah ke Utara-Selatan tetapi dimulai dari Barat laut- Barat daya, dan umumnya meningkat ke barat. Dataran yang letaknya lebih jauh dari pantai, terbentuk perbukitan dan pegunungan yang relatif lebih tinggi, tersusun oleh batuan sedimen awal tersier dan pra tersier, juga kelas campuran, dan mungkin dengan sistem lahan karst, semakin dominan ke arah timur Semenanjung Sambaliung.

2.6.2. Talisayan

Pada hakekatnya seluruh permukaan tanah daerah Talisayan terdiri dari batuan kapur yang keras. Strata dari alur Pamaluan dan Pulubalang pada zaman Miocene (Geological survey of East Kalimantan). Tetapi di sebelah selatan terdapat juga sedikit alur batuan liat pada zaman Palaeogene. Pembagian dari alur-alur tersebut sampai sempit dan berbentuk delta. Alluvium baru berbentuk teras-teras sempit yang terdapat pada daerah batuan liat di sungai Tabalar dan sungai Lempake. Geomorfologi lanskap berasal dari sedimen zaman Palaeogene dan Miocene hasil erosi pada zaman Pleistocene. Kemiringan sedimen ke arah

timur dari dataran yang tinggi di barat daya dan hulu dari sungai Tabalar dan sungai Lempake, dimana mungkin dulunya bergabung dengan Tabalar sebelum terbentuk pantai.

2.6.3. Tabalar

Topografi dan Konfigurasi areal Tabalar merupakan daerah tanah kering (upland) dengan ketinggian dari permukaan laut antara 50 m – 250 m. Bentuk lahan bervariasi antara datar hingga curam, yaitu dengan kelas lereng 0 – 15%, 15 – 25% dan 25 – 45%. Sungai-sungai di dalam areal Tabalar umumnya merupakan anak-anak sungai yang bermuara di S. Tabalar yang mengalir ke arah Timur dan bermuara di Laut Sulawesi. Berdasarkan Peta Geologi Kalimantan Timur (Direktorat Geologi) dalam areal Tabalar terdapat tujuh formasi geologi dan mempunyai patahan di bagian tengah areal seperti :

- a. Paleogene Marly Claystone Stage. Formasi ini terdapat di sebelah Selatan patahan dengan antiklin membujur arah Utara-Selatan, tersusun dari bahan induk batu liat dengan sisipan batuan marl ataupun napal. Diduga terbentuk pada jaman tersier.
- b. Paleogen Marly Limestone Facies. Formasi ini terletak di bagian Selatan patahan, tersusun dari bahan induk batu gamping dengan sisipan baru marl. Diduga terbentuk pada jaman tersier (berumur Paleogen).
- c. Pamaluan Limestone Facies. Formasi ini terletak di bagian Selatan patahan dan sebagian berada dalam formasi Paleogen Marly Claystone Stage, tersusun dari bahan induk batu gamping, batu liat, batu pasir dan serpih. Formasi ini terbentuk pada jaman tersier dan diduga berumur Miosen bawah-Oligosen.
- d. Pulubalang Limestone Facies. Formasi ini terletak di sebelah Tenggara daerah survey dengan luasan kecil, tersusun dari bahan induk batu gamping. Diduga berumur Miosen.
- e. Pretertiary, Possibly Cretaceous. Formasi ini terletak di bagian Utara patahan, tersusun dari bahan induk batu kapur dan diduga terbentuk pada jaman Kapur-Pretersier.
- f. Pretertiary, Possible Inferred. Formasi ini terletak di bagian Utara patahan, tersusun dari bahan induk campuran batu pasir, batu liat

dan serpih. Di beberapa tempat dijumpai batuan phylit akibat proses metamorfosis hidrotermal dari batuan serpih. Diduga terbentuk antara jaman Kapur-Pretercier.

- g. Sandstone bed in Paleogene. Formasi ini terletak di sebelah patahan dan bersebelahan dengan formasi Pretertiary Possibly Inferred, tersusun dari bahan induk batu pasir dengan endapan liat dan sedikit endapan bahan organik. Diduga terbentuk pada jaman Tersier.

Atas dasar informasi geologi dan batuan penyusunannya yang umumnya berupa batuan sedimen kapur atau berkapur dapat diharapkan bahwa tanah yang terbentuk banyak mengandung unsur Kalsium (Ca) Magnesium (Mg) dan Fosfor (P), bahkan Kalium (K). Namun dengan iklim yang bercurah hujan tinggi dan sifat suatu kation yang mudah tercuci maka dapat saja terjadi kandungan kation-kation tersebut dalam tanah menjadi rendah. Sedangkan fosfor yang terikat kuat oleh tanah dan tidak mudah tercuci dapat diharapkan kandungan unsur tersebut masih didalam tanah.

2.6.4. Sangatta

Fisiografi Sangatta didominasi oleh sistem dataran yang merupakan daerah peneplain (bukit angkatan) dengan bentuk wilayah bergelombang dengan lereng berkisar antara 0 -15 dan fisiografi sistem perbukitan hingga berbukit curam dengan lereng 15-30% dan bahkan sampai 60%. Tanah umumnya berasal dari batuan sedimen dengan bahan induk mudstone (shale), clay stone dan sandstone yang bersifat masam. Batuan induk berkapur banyak terdapat disepanjang garis pantai Kabupaten Kutai timur bagian utara yang berbatasan dengan Kabupaten Berau.

2.7. Vegetasi dan Tata Guna Lahan

Kalimantan timur didominasi oleh vegetasi hutan hujan tropis dataran rendah yang didominasi oleh vegetasi Dipterokarpa Campuran dataran rendah. Spesies dipterocarpaceae adalah Shorea spp, Dipterocarpus spp, dan Dryobalanops spp. Sebagian besar hutan alam tersebut telah ditebang (logging) baik oleh perusahaan maupun masyarakat. Di beberapa tempat, wilayah hutan telah dikonversi menjadi perkebunan sawit,

perkebunan karet dan sebagian lagi dieksploitas oleh Perusahaan Tambang, khususnya tambang batubara.

Pemanfaatan sumberdaya lahan (tanah dan iklim) oleh Pemerintah/swasta dan masyarakat, khususnya potensi iklim untuk tujuan budidaya pertanian atau perkebunan seyogyanya “Potensi Sumberdaya Iklim”, disamping lahan (tanah dan topografi) harus dicermati dengan bijak agar tataguna lahan yang ditetapkan dapat memberikan manfaat maksimal. Pakar yang memformulasikan hubungan iklim dengan tanaman tertentu tidak begitu banyak, salah satunya adalah sistem Klasifikasi iklim Papadakis (1970) yaitu suatu sistem klasifikasi yang menetapkan iklim tertentu hanya cocok untuk tanaman tertentu pula yang disusun berdasarkan referensi khusus untuk potensi pertanian/perkebunan. Klassifikasi tersebut didasari atas dasar data iklim seperti unsur rata-rata harian maksimum, rata-rata harian minimum, dan rata-rata suhu terendah, tekanan udara dan curah hujan, yang selanjutnya setiap bulan, diagnostik iklim dihitung dan kemudian iklim diklasifikasikan. Setiap unit klasifikasi sesuai dengan potensi tanaman/pertanian tertentu, klasifikasi secara otomatis menunjukkan kemungkinan dan keterbatasan iklim untuk setiap tanaman, dan/atau jenis pertanian tertentu.

Berdasarkan data iklim Kalimantan Timur yang memiliki curah hujan total sekitar 2000 mm/tahun dan Potensi Penguapan (PET) sekitar 1000 mm/tahun, sebagian besar bulan memiliki indeks kelembaban lebih besar dari 1,0 yang berarti bahwa bulan disepanjang tahun tidak pernah mengalami cekaman kekeringan maupun musim dingin (Frost free season), memiliki total surplus atau hujan perlindian (Leaching rain) sekitar 1000 mm/tahun. Berdasarkan klasifikasi iklim Papadakis, iklim sangat cocok untuk budidaya tanaman tropis katulistiwa seperti tanaman Kelapa, Kelapa Sawit dan Karet, tetapi terlalu lembab untuk budidaya tanaman Kakao. FAO mendefinisikan bahwa musim tanam adalah dimana curah hujan (R) lebih besar dari separuh Potensial Evapotranspirasi (PET) pada bulan/tahun yang berjalan. Menurut definisi tersebut, musim tanam di Kalimantan Timur terjadi sepanjang tahun (Januari-Desember), tetapi dengan konsekuensi hujan sepanjang pertumbuhannya termasuk saat tanaman matang (akhir pertumbuhan generatif), panen dan pasca panen sehingga menyebabkan hasil pertanian memiliki kandungan air tinggi.

Apabila sumber daya lahan (iklim) dimanfaatkan untuk budidaya tanaman pangan seperti padi, jagung dan kedelai perlu menetapkan musim tanam berbasis dengan penyinaran (Insolasi) yang efektifnya hanya berkisar 4-7 jam dibanding dengan daerah beriklim sedang yang dapat mencapai dua kali lipat. Penyinaran/insolasi terbaik terjadi pada bulan Mei, Juni, Juli dan Agustus, tetapi masih dengan beberapa kendala seperti waktu malam hari yang relatif panjang (12 jam) dan hangat berakibat pertumbuhan daun (leaf-shot growth) lebih dominan, mempercepat respirasi, dan menghasilkan pertumbuhan daun lebih tinggi dibanding pertumbuhan generatifnya sehingga hasil biji-bijiannya rendah. Kesulitan menetapkan waktu panen pada siklus hidup tanaman pangan (sekitar 120 hari) pada musim tanamnya, karena panen selalu terjadi hujan (lembab), sehingga hasil budidaya (yield) sulit dikeringkan baik pada proses pengeringan maupun penyimpanan (storage). Kesuburan tanah aktual rendah selama musim hujan (lembab) akibat pencucian hara makro kelapisan yang lebih dalam melalui leaching, sementara waktu tersebut adalah waktu terbaik untuk menabur benih. Sumber daya lahan (iklim) tersebut memberikan hasil yang rendah baik kualitas maupun kuantitas, dan jika ingin membudidayakan tanaman pangan (biji-bijian) akan lebih bijak ditanam pada iklim yang memiliki sedikit musim kering/kemarau atau dengan rekayasa iklim.

BAB III

KONSEP PEDOLOGI

3.1. Profile Tanah

Profil tanah adalah bagian vertikal tanah dimana sebagai lapisan individu (horizontal) di dalam lapisan tanah disebut horizon tanah. Profil tanah adalah catatan sejarah dari semua faktor pembentukan tanah dan semua proses yang terjadi dalam perkembangannya. Secara vertikal tanah terdiferensiasi membentuk horizon tanah yang berbeda-beda pada setiap lapisan seperti ketebalan, warna maupun karakteristik fisik, kimia dan biologis sebagai konsekuensi logis akibat berinteraksinya faktor-faktor lingkungan terhadap Bahan induk, iklim, makhluk hidup, topografi dan waktu. Hal tersebut memberikan gambaran profil tanah dengan berbagai karakteristiknya dan sangat diperlukan untuk pengamatan/penyelidikan pedologi dan merupakan hal penting untuk klasifikasi tanah.

3.2. Proses Pedogenik

Sebagian besar proses geologis (gunung/pulau menjadi lebih tinggi) berlangsung sangat lambat di alam, tetapi proses pedogenik, meskipun lambat dalam kehidupan manusia, tetapi berproses lebih cepat daripada proses geologis, yaitu proses berubahnya bahan induk menjadi tanah yang berkembang sehingga menghasilkan horizon yang berbeda (A,B,C) dan dapat teridentifikasi. Proses pedogenik sangat kompleks dan dinamis, yang melibatkan banyak reaksi kimia dan biologi. Proses-proses yang terjadi dalam pembentukan tanah adalah penambahan/meningkatnya kandungan air pada bahan induk (mineral dan bahan organik di dalam tanah), hilangnya bahan-bahan di lapisan permukaan tanah, transformasi mineral dan bahan organik di dalam tanah, Transfer atau translokasi energi dan materi (mineral dan organik)

Proses-proses tersebut mendorong terjadinya diferensiasi horizon melalui transformasi bahan tanah (mineral dan bahan organik) yang

mengakibatkan pelepasan sejumlah garam terlarut, karbonat, sesquioxide, silika, mineral lempung dan asam organik, dan translokasi berikutnya larut bersama air perkolasi dan kemudian diendapkan pada berbagai kedalaman. Horison yang terbentuk oleh proses ini disebut sebagai horison iluvial.

3.3. Proses Pedogenik Spesifik

Proses yang mendasar dari pedogenik spesifik adalah ditemukan sejumlah tanah di permukaan bumi, akibat dari proses-prosesnya yang spesifik yaitu berinteraksinya faktor-faktor pembentuk tanah, khususnya diakibatkan oleh proses pengendapan atau pemindahan material tanah oleh air. Proses pedogenik yang spesifik tersebut dapat dikategorikan menjadi dua bagian yaitu kelompok:

3.3.1. Proses Pembentukan Tanah Zonal

Proses pembentukan tanah yang terjadi di bawah kondisi iklim dan biosfer (faktor aktif), pada waktunya akan mencapai keseimbangan dengan lingkungannya. Proses pembentukan tanah zonal meliputi :

- a. Kalsifikasi. Proses ini terjadi di iklim kering dan semi kering (arid dan semi arid). Proses terjadi akibat pengendapan dan akumulasi kalsium karbonat (CaCO_3) setelah mengalami mobilisasi dari lapisan tanah atas, di beberapa bagian profil. Kalsifikasi menghasilkan pembentukan horizon kalsik (k). Senyawa kalsium yang dimobilisasi terjadi oleh pengasaman, khususnya air, kemudian disimpan dalam solusi/larutan sampai pasokan CO_2 berlanjut hingga ketinggian kritis. Pada kondisi ini, karbonat diendapkan berupa bubuk putih yang mengisi pori-pori tanah. Kemudian matriks tanah mengalami pengerasan/cementasi dan berubah menjadi keras (pan) yang dikenal dengan istilah Calsipan dengan nodul CaCO_3 seperti duri.
- b. Dekalsifikasi. Kebalikan dari kalsifikasi adalah dekalsifikasi, yaitu proses hilangnya CaCO_3 atau ion Ca dari tanah akibat proses pencucian kalsium karbonat oleh air. Hal ini umumnya terjadi Kalimantan Timur pada tanah dengan bahan induk berkapur (karst).

- c. Podzolisasi. Istilah podzol berasal dari kata Rusia Pod berarti di bawah, zola artinya seperti abu. Podzolisasi adalah proses hidrolisis asam. Faktor yang menguntungkan terjadinya proses podsolisasi adalah lingkungan yang beriklim dingin–lembab, vegetasi yang berjenis konifera (berdaun jarum) dan berbahan induk bersilika (sandy). Curah hujan tinggi ditambah dengan bahan induk berpasir menyebabkan proses pencucian hasil pelapukan seperti aluminium, besi, dan bahan organik ke lapisan dibawahnya. Awal prosesnya adalah pelepasan kation dasar seperti Na, Ca, K, Mg selama pelapukan sehingga berkurang dalam profil tanah. pH tanah tetap di bawah 5,0 karena pencucian basa. Pada kondisi tanah masam yang beriklim dingin, polimerisasi sederhana asam organik sangat lambat karena aktivitas bakteri yang lamban pula. Sehingga asam organik baik sendiri atau dalam kombinasi dengan sesquioxides (chelates) pindah ke lapisan bawah dan diendapkan di horizon B (Bh) karena untuk meningkatkan aktivitas bakteri. Silika tidak larut pada pH rendah tetap berada di lapisan atas (horison E) dan sesquioxides karena kelarutan dalam kondisi pH rendah, bergerak ke bawah dan disimpan/terendapkan dilapisan B (Bs) akibat pH tanah lebih tinggi dibanding tempat asal sesquioxida tersebut (diatasnya). Jadi, podzolisasi adalah proses pembentukan tanah di mana humus dan sesquioxides menjadi mobile, larut dari horison atas dan terendapkan ke lapisan yang lebih dalam sementara silika tetap terakumulasi di horison atas.
- d. Laterisasi. Istilah laterit berasal dari kata latin later yang berarti batu bata atau genteng. Faktor yang mendukung terjadinya laterisasi adalah daerah yang beriklim hangat dan lembab, bervegetasi tropis berdaun lebar, bahan induk mengandung zat besi tinggi seperti mineral magnesian (piroksin, amfibol, biotit, klorit). Curah hujan yang tinggi menyebabkan pencucian kation basa (Na, K, Ca) intensif, tetapi karena sifat bahan induk dan vegetasi, pH tanah tetap basa hingga netral. Silika larut dalam kondisi basa, terlepas dari profil tanah, sedangkan oksida besi dan aluminium dilepaskan selama pelapukan. Saat pH menurun, besi dan aluminium terendap/tidak larut, sehingga melapisi matriks tanah dan

menyebabkan tanah berwarna merah (Bs-horizon). Dalam proses ini sebagian besar silika terlepas dari tanah, sementara proporsi besi dan aluminium oksida (sesquioxides) tinggi dalam solum tanah. Laterit (Oxisols) dan laterit (Ultisols) banyak digunakan pada sistem pertanian ladang berpindah, pada penggembalaan ternak dengan intensitas rendah dan perkebunan dengan pemupukan.

3.3.2. Proses Pembentukan Tanah Intrazonal

Proses pedogenik ini lebih dipengaruhi oleh kondisi tertentu/setempat seperti relief atau bahan induk selain iklim dan vegetasi misalnya proses hidromorfik, halomorfik dan kalsimorfik. Sementara proses Pembentukan Tanah Intrazonal meliputi :

- a. Gleis (kata Rusia) mengacu pada tanah liat biru, abu-abu, hijau. Gleisasi menghasilkan proses pembentukan lapisan gley (g) di beberapa bagian profil tanah karena kondisi drainase yang buruk (depresi tanah), bahan induk tanah kedap air, kurangnya aerasi dan lain lain. Pada kondisi kehabisan oksigen, senyawa Fe direduksi menjadi bentuk besi yang larut. Sebagian besar besi dalam larutan berbentuk organo metalik kompleks (Fe^{2+}) atau sebagai endapan campuran besi atau besi hidroksida, yang memberikan warna kebiruan atau keabu-abuan yang khas untuk horison (g). Bintik-bintik yang jelas berwarna kuning hingga coklat karat pada matriks gley horison sering ditemukan didalam tanah akibat besi teroksidasi dan tereduksi. Kondisi tersebut terjadi karena fluktuasi permukaan air tanah yang menyebabkan bercak belang-belang kemerahan (mottling) yang mengandung sejumlah zat besi lebih tinggi daripada matriks biru atau abu-abu di sekitarnya.
- b. Pedoturbasi. Proses pencampuran bahan tanah bukan dengan iluminasi. Pencampuran terjadi pada lapisan tertentu dan terlihat jelas pada profil tanah. Jenis pedoturbasi yang paling umum adalah Pedoturbasi fauna (pencampuran tanah oleh hewan), Pedoturbasi bunga (pencampuran tanah oleh tanaman), Agrillipedoturbation (pencampuran oleh proses pengadukan yang disebabkan oleh pembengkakan dan penyusutan lempung/terlihat pada tanah

Vertisols) dan Cryopedoturbation (pencampuran karena pembekuan dan pencairan tanah).

Proses pedogenik spesifik seperti Salinisasi dan Alkalinisasi tidak dibahas lebih lanjut dalam buku ini karena lebih banyak terjadi pada iklim Semi Arid dan Arid, yang proses pedogeniknya berbanding terbalik dengan proses laterisasi iklim tropika humida.

3.4. Horison Penciri (pedogenesis) dan Lapisan tanah

Profil tanah merupakan irisan vertikal tanah dari lapisan paling atas hingga batuan/bahan induk (regolit) yang tersusun dari beberapa lapisan tanah. Horison (lapisan) tanah terdiri dari dua jenis: Horison genetik dan Horison diagnostik. Pembahasan dalam bab ini lebih menekankan ke horison diagnostik. Profil tanah adalah catatan sejarah dari semua faktor pembentuk tanah dan proses yang mempengaruhi perkembangan tanah. Hal ini menjadi dasar dalam penyelidikan pedologi dan merupakan alat penting untuk klasifikasi tanah. Differensiasi Genetic Horizons (*O, A, E dan seterusnya*) hanya mengungkapkan penilaian kualitatif tentang perubahan yang telah terjadi di dalam tanah sedangkan horison diagnostik (Mollic, Umbric, Ochric...dll.) adalah fitur yang didefinisikan secara kuantitatif yang digunakan untuk membedakan antara kategori yang berbeda dari Taksonomi Tanah.

Horison genetik dapat secara luas diklasifikasikan menjadi tiga kategori yaitu sebagai horison Utama (Master horizon), transisi dan kombinasi horison dan perbedaan yang lebih rendah dalam horison utama.

3.4.1. Horison Utama

Huruf kapital digunakan untuk mewakili master horison. Sebelumnya hanya ada enam Master horison (O,A,E,B,C,R) dimana empat lapisan teratas yang masih dipengaruhi oleh faktor iklim disebut solum tanah; kemudian Soil Survey Staff menambah tiga lagi master horison (L,M,W). Deskripsi singkat tentang master horison adalah sebagai berikut :

- a. Horison atau lapisan O yaitu lapisan yang didominasi oleh bahan organik. Lapisan O mungkin ada di permukaan tanah mineral atau

- mungkin pada kedalaman berapa pun di bawah permukaan, jika terkubur. Horison A yang terbentuk oleh illuviasi bahan organik ke dalam lapisan tanah mineral bukan termasuk lapisan O, meskipun beberapa horison yang terbentuk mengandung sejumlah besar bahan organik.
- b. Horison A. Horison mineral A adalah lapisan yang terbentuk di permukaan atau di bawah horizon O. Lapisan ini menunjukkan akumulasi bahan organik yang telah lapuk (terdekomposisi), bercampur dengan fraksi tanah atau bahan dihasilkan akibat proses pertanian, penggembalaan maupun jenis-jenis aktivitas lainnya yang menyebabkan terbentuknya lapisan A. Endapan aeolian atau aluvial baru-baru ini tidak dianggap sebagai horison A kecuali tanah-tanah tersebut telah dilakukan budidaya pertanian. Meskipun tanah terdiri dari beberapa lapisan, tapi yang terpenting untuk pertumbuhan tanaman pangan adalah kedua horison tersebut diatas yaitu horison O dan A (Top soil) yang biasanya hanya memiliki ketebalan tidak lebih dari 30 cm, bahkan keperluannya lebih tipis lagi (< 20 cm) pada tanaman berakar dangkal seperti padi dan palawija. Oleh karena itu istilah kesuburan tanah lebih menekankan ketersediaan hara pada ketebalan lapisan tersebut yang lebih dikenal dengan istilah Tanah olah (Topsoils).
 - c. Horison E. Horizon mineral dimana tanah dalam proses pedogenesisnya adalah kehilangan sejumlah besar lempung silikat, besi, aluminium dan bahan organik atau beberapa kombinasi dari proses tersebut dan meninggalkan konsentrasi pasir dan partikel-partikel bahan induk. Horizon E paling sering dibedakan dari horizon B yang mendasarinya dengan warna yang bernilai tinggi atau kroma yang lebih rendah, atau keduanya, dengan tekstur yang lebih kasar atau kombinasi dari keduanya. Horison ini berwarna lebih terang dan memiliki lebih sedikit bahan organik dari pada horison A. Horizon ini juga disebut sebagai horizon eluviasi.
 - d. Horison B. Horison B adalah lapisan tanah yang terbentuk di bawah horison A, E atau O. Lapisan ini menunjukkan satu atau lebih karakteristik tanah seperti: akumulasi tanah liat, humus, besi, aluminium, karbonat, gipsum, gleying kuat, bintik-bintik kroma

- rendah dan perubahan yang terkait dengan pembentukan struktur granular, gempal atau prismatic. Lapisan ini secara umum dapat dianggap sebagai lapisan akumulasi atau iluminasi.
- e. Horizon C atau layer. Horizon C adalah horizon yang idealnya mewakili bahan induk dari mana tanah di atas terbentuk. Karena banyak tanah yang tertranslokasi atau diangkut oleh air, es atau udara, tanah ini mungkin tidak memiliki warisan bahan induknya dengan lapisan di atas.
 - f. Horizon R. Lapisan ini mengalami semenisasi yang kuat untuk mengendurkan batuan dasar seperti granit, basal, kuarsit, batu kapur, batu pasir.
 - g. Horizon L atau lapisan Limnik. Lapisan ini mencakup bahan liminik organik dan mineral yang diendapkan dalam air oleh presipitasi atau melalui aksi alga dan diatom. Itu termasuk tanah koprogen atau gambut sedimen (co), tanah diatom (di) dan napal (m). Lapisan ini hanya ditemukan pada tanah Histosols.
 - h. Horizon M. Lapisan bawah tanah pembatas akar yang terdiri dari hampir menerus, mendatar berorientasi, bahan buatan manusia. Contoh Lapisan M ini adalah material yang berasal dari pelapis geotekstil, aspal, beton, karet dan plastik.
 - i. Horizon W. Simbol W menunjukkan lapisan air di dalam atau di bawah tanah. Lapisan air ditetapkan sebagai Wf, jika dibekukan secara permanen. Penetapan lapisan w (atau Wf) tidak digunakan untuk air dangkal, es atau salju di atas permukaan tanah.

3.4.2. Horizon Transisi dan Kombinasi

Horison yang didominasi oleh satu karakteristik horison utama, juga memiliki sifat lapisan dibawahnya misalnya AB, EB, BE dll disebut horison transisi. Misalnya, horison AB memiliki karakteristik horison A dan B, tetapi lebih mirip horison A daripada horison B. horison kombinasi terdiri dari dua bagian berbeda yang dapat dikenali sifat dari dua jenis master horison mis. A/B, B/E, B/C dll. Simbol pertama menunjukkan horison dengan volume yang lebih besar dari yang lain.

Perbedaan horison Bawah permukaan pada Horison Utama

Huruf kecil digunakan sebagai sufiks untuk menunjuk jenis master horison tertentu dan lapisan. Istilah "akumulasi" digunakan dalam banyak definisi horison tersebut untuk menunjukkan bahwa horison ini harus mengandung lebih banyak materi yang bermasalah dari bahan induk. Simbol sufiks dan artinya seperti tabel 2 di bawah ini.

Tabel 2. Horison bawah permukaan

a : bahan organik yang sangat terdekomposisi	n : akumulasi natrium
b : horison genetik terkubur	p : pengolahan tanah atau gangguan lainnya
c : konkresi dan nodul	r : batuan dasar lapuk atau lunak
d : pembatasan akar fisik	s : akumulasi iluvial dari sesquioxide dan bahan organik
e : bahan organik dari dekomposisi menengah	ss : adanya slickensides
f : tanah beku atau air	t : akumulasi lempung silikat
ff : permafrost kering	v : plintit
g: gleying kuat	w : perkembangan warna dan struktur
h : akumulasi iluvial bahan organik dan sesquioxide	x : karakteristik fragipan
i : bahan organik yang sedikit terurai	y : akumulasi gipsum
j : akumulasi jarosit	z : akumulasi garam lebih larut dari gipsum
jj : bukti krioturisasi	
k : akumulasi karbonat	

(Sumber : Staf Survei Tanah (2014) Kunci Taksonomi).

BAB IV

KLASIFIKASI TANAH

4.1. Sistem Klasifikasi Tanah: Prinsip dan Tujuan Klasifikasi Tanah

Prinsip-prinsip yang menjadi dasar klasifikasi tanah (Buol et al. 1998) adalah prinsip garis Genetik: Teori genesis tanah memberikan kerangka untuk membantu dalam menentukan signifikansi dan relevansi sifat-sifat tanah untuk digunakan sebagai pembeda karakteristik.

Prinsip Akumulasi Diferensiasi: Dalam sistem klasifikasi kategori ganda, karakteristik pembeda terakumulasi dari tingkat generalisasi yang lebih tinggi ke tingkat yang lebih rendah. Oleh karena itu, kelas di kategori yang lebih rendah mengumpulkan sejumlah besar diferensial dan oleh karena itu, sepenuhnya didefinisikan. Semua individu harus diklasifikasikan dalam setiap kategori, sesuai dengan karakteristik yang dipilih sebagai pembeda pada tingkat itu. Prinsip yang digunakan sebagai karakteristik pembeda (plafon) dalam suatu kategori tidak boleh memisahkan individu yang sejenis dalam kategori yang lebih rendah.

Tujuan dari setiap sistem klasifikasi adalah untuk mengatur pengetahuan kita, mengingat sifat-sifat benda, memunculkan dan memahami hubungan antar individu dan kelas populasi, mempelajari hubungan baru di antara kelompok dan membangun kelompok objek dengan cara yang berguna untuk tujuan praktis dan terapan

Taksonomi merupakan gabungan 2 kata yaitu taxis dan nomos yang berasal dari Bahasa Yunani. Taxis berarti susunan sedangkan nomos adalah hukum atau aturan. Departemen Pertanian Amerika Serikat (United States Department of Agriculture = USDA) telah menyusun suatu sistem klasifikasi yang dinamakan Taksonomi Tanah (Soil Taxonomy). Sistem ini merupakan penyempurnaan dari the Comprehensive System of Soil Classification 7th Approximation yang diperkenalkan oleh Guy D. Smith pada tahun 1960. Setelah melalui berbagai perbaikan dan penyempurnaan akhirnya pada tahun 1975 diterbitkanlah buku Soil Taxonomy, A Basic System of Soil Classification for Making and Interpreting Soil Surveys

oleh sekelompok ahli ilmu tanah Amerika Serikat yang dinamakan Soil Survey Staff. Para surveyor dan ahli ilmu tanah terus menerus melakukan survey terutama di daerah tropis untuk meneliti, mengkorelasi, memperbaiki dan menyempurnakan sistem Taksonomi Tanah supaya lebih dapat diterima di seluruh dunia sehingga dibentuklah International committee. Prof. Moorman (Utrecht University) dari International committee on low activity clay (ICOMLAC) mengusulkan Kandik horison dan setelah melalui diskusi panjang, kemudian ditetapkan sebagai kriteria horison kandik pada buku "Key to Taxonomy, 1987". Horison ini berperan sebagai perantara antara tanah Ultisols dengan Oxisols (Udult dan Udox) yang banyak didiskusikan/dikritik oleh pakar ilmu tanah karena kisarannya (range) antara Ultisols dan Oxisols terlalu lebar. Para pakar ilmu tanah vulkanik (Jepang dan Selandia baru) termasuk pakar tanah di kepulauan Hawaii (ICOMAND) mengusulkan horison Andik sehingga tanah-tanah Andepts menjadi Order Andisols, begitu pula para pakar di daerah dingin yang menghasilkan Order Geleisols.

Klasifikasikan suatu tanah dapat dilakukan dengan mengelompokkan seluruh data yang diperoleh sesuai dengan kriteria dan petunjuk. Data dari pengamatan di lapangan di buat dalam dua kelompok yaitu pengamatan lingkungan tempat pengambilan contoh tanah dan pengamatan morfologi tanah baik yang melalui pembuatan lubang profil atau pemboran tanah. Kedua data ini amat diperlukan dan sangat menunjang untuk menginterpretasikan hasil analisis tanah di laboratorium. Contoh tanah yang akan dianalisis di laboratorium harus diambil secara hati-hati dan mewakili tanah yang ada di areal pengambil sampel. Pengambilan contoh tanah untuk tujuan klasifikasi ada dua macam yaitu contoh tanah tak terganggu (undisturbed soil samples) dengan menggunakan ring sample dan contoh tanah terganggu (disturbed soil sample). Contoh tanah tak terganggu digunakan untuk analisis sifat fisika sedangkan contoh tanah terganggu untuk analisis sifat kimia dan mineral tanah. Setelah semua data terkumpul barulah disusun data yang ada menurut kriteria yang diperlukan guna menamakan atau mengklasifikasikan suatu tanah pada nama atau kelas tanah tertentu. Sistem Taksonomi Tanah menggunakan dua kategori yaitu kategori tertinggi dan terendah. Urutan kategori adalah: Ordo, Subordo, Great

Group, Subgroup, Famili dan Serie. Setiap kategori mempunyai kriteria pembeda yang harus dipahami dan dilalui secara sistematis sampai akhirnya tanah yang disurvei dapat diklasifikasikan sesuai dengan keadaan morfologi tanah di lapangan dan dari hasil analisis tanah di laboratorium.

Dalam buku Soil Taxonomy tahun 1975, baru dikenal 10 ordo tanah dan pada tahun 1990 melalui Keys to Soil Taxonomy edisi keempat ditambahkan satu ordo baru. Tanah vulkanis yang sebelumnya berada pada subordo Andept dipisahkan dari ordo Inceptisols menjadi ordo sendiri yaitu Andisols. Setelah itu pada Keys to Soil Taxonomy edisi kedelapan, tanah pada daerah yang selalu dingin dan dengan suhu dibawah titik beku (permafrost) diklasifikasikan tersendiri dalam ordo yang baru yaitu Gelisols. Tahap-tahap yang harus dilakukan untuk mengklasifikasikan tanah (Taxonomy) adalah penentuan horison permukaan (epipedon), horison bawah permukaan (Subsurface horizon), diagnostik lainnya (other diagnostic) termasuk rejim kelembaban dan suhu tanah yang banyak digunakan pada penetapan subordo tanah. Ketiga karakteristik tersebut menjadi acuan untuk penetapan ordo, subordo, great group dan subgroup.

4.2. Horison penciri dan penentu untuk tanah mineral

Epipedon adalah horison diagnostik yang terbentuk dipermukaan tanah (Gr. Epidermis, skin, dan pedon) yang struktur batuanannya telah hancur. Epipedon berwarna cukup gelap akibat dekomposisi bahan organik ataupun telah mengalami eluviasi. Epipedon penciri tidak selalu hanya horison A saja, tetapi dapat juga meliputi horizon B-iluvial jika tanah masih berwarna gelap oleh kandungan bahan organik. Epipedon penciri yang dapat dijumpai pada tanah dapat berupa epipedon antropik, folistik, histik, melanik, mollik, okrik, plaggen dan umbrik (Soil Survey Staff, 2014).

4.2.1. Horison penciri Permukaan (Epipedon)

Epipedon adalah penentu horison permukaan, termasuk dapat bagian atas dari tanah yang berwarna gelap, karena bahan organik (umumnya hor A1 atau Ap) atau dapat bagian atas horison pencucian (A2. A3). Sehingga dengan demikian Epipedon bukan sinonim horison A, karena dapat/boleh

mencakup horison B jika bahan organik terdapat cukup dan merata dari horison A ke B. Aluvial muda, koluvial atau endapan eolian yang tersusun rapi bukanlah epipedon, karena ciri pedogenetik belum cukup berkembang. Horison Ap yang terletak di atas Aluvial muda, Koluvial dan endapan eolian juga tidak termasuk epipedon. Pada tanah-tanah muda, penentu ciri-ciri epipedon dilakukan pada kedalaman 18 cm setelah dicampur, hal ini untuk menghindari perubahan klasifikasi tanah akibat pengolahan.

- a. Epipedon antropik (Yn. Anthropikos, manusia). Epipedon Antropik adalah horison permukaan yang terbentuk karena pengaruh pengolahan tanah oleh manusia (petani) atau pemukim. Mempunyai kemiripan dengan epipedon Mollic, kecuali kandungan P_2O_5 , kejenuhan basa dan periode musim kering.
 - Warna sama dengan Mollic/Umbric.
 - Dikembangkan oleh manusia yang diubah atau diangkut material dengan artefak dan kotoran manusia. Parameter sebelumnya kandungan $P_2O_5 > 250$ ppm terdapat di India tempat bangkai sapi dibuang sehingga kandungan fosfornya tinggi.
 - < 25 cm tebal.
 - nilai n adalah $< 0,7$.
- b. Epipedon folistik (Yn. folia - daun)
 - Lapisan dengan bahan organik tinggi jenuh dengan air selama < 30 hari dan
 - $BD < 0,1$ Mg m⁻³ atau karbon organik 8 sampai 16% tergantung kandungan liat.
- c. Epipedon histik (Gr. histos - jaringan). Epipedon Histik adalah horison permukaan yang mengandung lapisan tipis bahan organik (jika masih perawan) atau horison yang mengandung bahan organik relatif tinggi (jika telah diolah/di bajak dan gambutnya telah tercampur dengan mineral tanah), jenuh air > 30 hari berturut-turut (setidak-tidaknya dikeringkan). Epipedon Histik terbentuk dari hasil akumulasi bahan organik di atau pada permukaan tanah dalam keadaan lembab/basah dengan ciri :
 - $> 20-30\%$ bahan organik tergantung pada lempung dan jenuh air > 30 hari.

- Tebal <30 cm jika ditiriskan dan 45 cm jika tidak ditiriskan.
- d. Epipedon melanik (Yn. melas, melan – hitam)
- Horizon hitam tebal dengan karbon organik tinggi (>6%).
 - Terkait dengan sifat andik.
 - Indeks melanik <1,7
- Epipedon folistik, histik dan melanik yang umumnya menyusun tanah Histosol/tanah mineral dengan karakteristik histik.
- e. Epipedon mollic (L. mollis - lunak). Epipedon Molik adalah horison permukaan, tebal, berwarna gelap, kaya akan humus, kejenuhan basa tinggi (Kation dominan adalah Ca⁺⁺, Mg⁺⁺), berstruktur lunak. Epipedon Molik terbentuk dari hasil dekomposisi bahan organik pada dan di dalam tanah, bermineral liat type 2 : 1. Distribusi bahan organik ke dalam tanah dilakukan oleh jasad renik atau hewan dengan ciri-ciri
- Permukaan 18 cm mengandung >1% bahan organik.
 - Berwarna gelap (nilai < 5 dan kroma < 3).
 - Struktur tidak masif dan tidak keras.
 - Saturasi basa >50%.
 - Lembab >3 bulan
 - nilai n <0,7
- f. Epipedon okhrik (Gr. ochros, pucat). Epipedon Okrik adalah horison permukaan, umumnya tipis, berwarna cerah dan miskin hara dan bukan menjadi epipedon Molik, Umbrik, Antropik, Plaggen, Folistik, Melanik atau Histik dengan ciri
- Berwarna terang (nilai >5 lembab >3 kering).
 - <1% bahan organik.
 - Keras atau sangat keras saat kering.
 - Tidak memenuhi syarat untuk horison lainnya.
- g. Epipedon Plaggen (Ger. plaggen, sod). Epipedon Plaggen adalah lapisan permukaan, kaya humus, tebal sebagai hasil pengaruh kegiatan manusia. Epipedon Plaggen terbentuk dari sisa tumbuhan dan bahan – bahan lain yang berupa sisa/bekas dipakai sebagai pupuk hijau (manure) dalam areal pertanaman atau rumput makanan ternak, yang kemudian menghasilkan horison Ap yang sangat tebal (teknik Plaggen). Sisa tanaman dari vegetasi heath akan

menghasilkan epipedon Plaggen berwarna kelabu gelap. Sedangkan sisa tanaman dari hutan akan menghasilkan epipedon Plaggen berwarna kecoklatan dengan ciri-ciri :

- lapisan buatan manusia dengan tebal > 50 cm.
 - >0,6% karbon organik.
 - Lembab >3 bulan.
- h. Epipedon Umbrik. Epipedon Umbrik adalah horison permukaan yang sangat mirip dengan epipedon Molik, kecuali kejenuhan biasanya rendah, dengan ciri-ciri
- Sama dengan Mollik, tetapi Kejenuhan basa < 50% (NH₄OAc pH 7)
 - Kelembaban > 9 bulan/tahun.

4.2.2. Horison Penciri bawah permukaan (endopedon)

Horizon diagnostik bawah permukaan terbentuk di bawah permukaan tanah, yang meliputi horison agrik, argillik, kalsik, kandik, kambik, duripan, fragipan, glossik, gipsik, natrik, oksik, petrokalsik, petrogipsik, plasic, salik, sombrik, spodik, dan sulfurik.

- a. Horison Agrik (Lapisan, bidang). Horison Agrik adalah horison yang mengandung liat hasil iluviasi dan humus cukup nyata (banyak), terbentuk di bawah lahan pertanian (pertanian). Horison Agrik terbentuk di bawah lahan pertanian yang telah diusahakan terus menerus dalam kurun waktu lama, sehingga vegetasi, fauna tanah, sifat kimia dan fisika tanah telah berubah sehingga terbentuklah siklus pembentukan tanah baru. Horison permukaan berubah menjadi epipedon antropik dan demikian pula horison di bawahnya menjadi tebal, mempunyai kutan liat-humus berwarna gelap terbentuk lapisan tipis pada lubang-lubang cacing dan bekas perakaran dan pada permukaan ped. Dan kadang-kadang penimbunan liat-humus dalam bentuk serabut dengan ciri
- Dibentuk di bawah lapisan bajak sebagai lamela gelap.
 - Horison Andritik. Horison Andritik (sebelumnya Sulfurik) adalah horison mineral atau organik dengan jorosite dengan pH tanah sangat rendah (cat clay). Horison Sulfurik terbentuk sebagai proses pembentukan cat clay (acid sulfate soils) dengan

- pH (1 : 1 air) = < 3,5 dan terdapat motling jorosite (hue 2,5 Y atau lebih kuning, Chroma > 6). Rumus kimia jarosit = $KFe_3(SO_4)_2(OH)_6$ dengan ciri
- Horizon tebal >15 cm dengan 5% atau lebih $CaSO_4$ anhidrit.
 - Rona Hue 5Y, chroma 1 atau 2 dan value 7 atau 8.
- b. Horizon Kalsik (L Kalsik, kapur). Horizon atau bahan yang ada di atasnya harus mempunyai kandungan $CaCO_3$ lebih kecil dari pada horizon Kalsik, maka horizon Kalsik harus Mempunyai ketebalan > 15 cm, mengandung equivalen $CaCO_3 + MgCO_3$ yang dinyatakan dalam % $CaCO_3$ harus > 15 %, harus > 5 % dari horizon yang ada di bawahnya. Jika horizon atau bahan yang ada di bawahnya mengandung lebih banyak $CaCO_3$ daripada horizon Kalsik, maka horizon Kalsik harus berketebalan > 15 cm, harus mengandung $CaCO_3$ equivalen > 15 % dan > 5 % dari volume karbohidrat sekunder dengan ciri
- Horizon iluvial akumulasi $CaCO_3$.
 - Tebal > 15 cm dan tidak sementasi.
 - 15% atau lebih $CaCO_3$ dalam tanah
 - $CaCO_3 > 5%$ dari lapisan di bawahnya.
- c. d. Duripan (L durus, keras). Duripan adalah sebuah horizon bawah permukaan sementasi oleh SiO_2 dengan ciri
- Ped (bongkahan) saat kering udara tidak terkelupas dalam air tetapi dalam kalium hidroksida (KOH) panas.
- d. Horizon glossik (Gr. glossa, lidah)
- Sisa dari horizon argilik atau kandik dari mana liat dan oksida besi bebas berasal.
 - >5 cm tebal.
- e. Horizon Kandik (dimodifikasi dari kandite)
- Horizon argilik dengan atau tanpa Selaput liat.
 - Tanah didominasi oleh liat aktivitas rendah (LAC).
 - Kandungan liat lebih besar (4%, 20%, atau 8%) dari kandungan liat di atasnya
 - KTK <16 dan ECEC >12 $cmol(+)kg^{-1}$ tanah liat.
- f. Horizon Oksik (F. oksida). Horizon Oksik adalah bagian dari horizon permukaan yang telah mengalami pelapukan lanjut

- (intensif), berketebalan lebih dari 30 cm, percampuran Fe dan atau Al hidrasi oksida + liat 1/1 + mineral-mineral tak lapuk (Quartz, Zircon dll), mempunyai kapasitas tukar kation rendah. Horison Oksik terbentuk pada geomorfologi sangat tua dengan permukaan yang stabil (pertengahan Fleistocene atau lebih tua) dari batuan sedimen atau endapan biologis, dengan slope hampir datar atau agak bergelombang. Pelapukan telah berjalan lanjut, tak dijumpai struktur batuan dalam tanah, tak ada mineral dapat lapuk lagi, berkejuanan basa rendah dengan ciri
- Tebal > 30 cm, kandungan tinggi mineral muatan rendah.
 - KTK dan ECEC <16 dan 12 cmol(p+)kg⁻¹ tanah liat.
 - Tidak ada horizon argilik.
 - <10% mineral tahan lapuk pada pasir halus.
- g. Horison Petrogipsik (Yn. *petra*, rock, dan gipsi). Horison Petrokalsik adalah horison Kalsik yang mengalami penyemenan dan pengerasan. Horison petrogipsik terbentuk pada kondisi iklim arid dengan bahan induk kaya akan gipsum (CaSO₄) dengan ciri
- Semen kuat, horizon gipsum tebal >5 mm.
- h. Horison Sombrik. Horison Sombrik adalah horison penimbunan humus (berbeda dengan horison Spodik). Terbentuk di bawah pengaruh iklim dingin dan tanah yang lembab pada daerah dataran tinggi (Plateu) dan pegunungan di subtropik-tropik dengan ciri
- Horison humus iluvial dengan warna dan saturasi dasar epipedon Umbrik.
- i. Horison Albik (L-*albus*, putih). Horison Albik adalah horison di mana pencucian berjalan intensif sehingga berwarna keputihan atau pucat. Horison Albik disebut juga horison A₂. Pemindahan liat atau senyawa besi oksida bebas di dalam tanah ke horison Argilik atau Spodik dengan ciri
- Horizon Eluvial, tebal >1 cm yang dibentuk oleh pasir dan lanau berwarna terang.
- j. Horison Argillik (L *argilla*, tanah liat putih). Horison Argilik dapat juga disebut sebagai horison liat atau horison penimbun (illuviasi). Terbentuk dibawah horison tercuci (eluvial), namun dapat juga dipermukaan jika tanah telah mengalami pembalikan (oleh alam

- atau manusia). Horison Argilik (Bt) terbentuk sebagai akibat adanya perpindahan liat secara vertikal dari bagian atas ke bawah yang dibawa oleh air kemudian mengendap dipermukaan gumpal tanah (ped) yang kering dan di dalam pori – pori. Pembentukan liat dapat terjadi dalam waktu beberapa ribu tahun dalam keadaan iklim yang berkondisi basah dan kering dengan tidak dipengaruhi oleh vegetasi dengan ciri
- Horison B dengan selaput liat (Clay skin) atau lapisan liat (Clay film).
 - Kandungan liat bervariasi (3%, 1,2, dan 8%) lebih besar dari lapisan liat di atasnya.
 - Tebal >15 cm atau setidaknya 1/10 dari horizon atas tergantung tekstur.
- k. Horison Kambik (L cambiae, untuk bertukar). Horison Kambik adalah horison alterasi atau horison yang sedang melapuk dan bukan atau setidak-tidaknya iluviasi lemah, bertekstur berlempung berpasir halus. Disebut juga struktural horison B (Bw). Pelapukan fisik dihasilkan oleh perpindahan partikel tanah oleh pergerakan “Frost”, perakaran dan hewan-hewan sehingga mengakibatkan rusaknya struktur batuan serta agregasi partikel tanah menjadi ped (agregat) atau gumpal. Pelapukan kimiawi dihasilkan oleh hidrolisis dari beberapa mineral primer membentuk liat dengan membebaskan Sesquioksida dalam jumlah sedikit, larutan dan pendistribusian dari beberapa senyawa karbonat serta reduksi dan segregasi, atau pelepasan oksida-oksida bebas disertai oleh dekomposisi biologis dari bahan organik. Horison Kambik terletak di permukaan atau di bawah epipedon atau tidak di bawah atau di atas horison Argilik atau Spodik, dengan demikian posisi dan pelapukan (tanpa adanya indikasi iluviasi penting) adalah sifat dan ciri penting dari horison Kambik tetapi dengan ciri
- Sebuah warna atau horison B struktural terbentuk karena gerakan fisik atau pelapukan kimia.
 - > tebal 15 cm.
- l. Horison Fragipan (L fragilis, getas dan pan). Fragipan adalah bagian horison permukaan dengan tekstur lempung, biasanya

- terletak di bawah horison Kambik, Spodik, Argilik atau Albik. Mempunyai kerapatan massa tinggi, mudah lepas bila lembab, bermotling, berstruktur lempung, tebal dengan ciri
- Lapisan setebal >15 cm, rapuh saat lembab dan keras saat kering.
 - Serpihan serpihan kering udara dalam air.
- m. Horison Gipsik (L gipsum). Horison Gipsik adalah horison yang mengalami pengerasan (sementasi) yang harus tidak hancur di dalam air dengan catatan kandungan gipsum biasanya > 60% dengan ciri
- Tebal horizon pengayaan gipsum >15 cm.
 - >5% gipsum dari horizon lainnya.
- n. Horison Natrik (L natrium, natrium). Horison Natrik adalah sama dengan horison Argilik kecuali bentuk struktur dan kandungan Na yang dapat dipertukarkan dengan ciri
- Horison argilik dengan struktur prismatic atau kolumnar.
 - Persen natrium yang dapat ditukar (ESP) >15.
 - Na dan Mg yang lebih dapat dipertukarkan daripada Ca ditambah keasaman yang dapat ditukar pada pH 8,2.
- o. Horison Petrokalsik (Gr. Petra, Batuan dan klasik). Horison Petrokalsik adalah horison Kalsik yang mengalami penyemenan atau pengerasan oleh CaCO_3 atau MgCO_3 disertai silika. Terjadinya horison Petroklasik adalah akibat adanya penambahan secara teratur dan terus-menerus dari CaCO_3 pada horison Kalsik. Terbentuk pada permukaan bentang lahan tua dengan ciri
- Horizon kalsik tebal >10 cm yang keras.
 - Akar tidak dapat menembus.
- p. Horison Salik. Horison Salik adalah horison yang terbentuk oleh adanya perkayaan garam-garam sekunder yang bersifat lebih mudah larut dalam air dingin daripada Gypsum dengan ciri
- Horizon yang kaya garam dengan ketebalan >15 cm.
 - Konduktivitas listrik ekstrak jenuh (ECe) >30 dS m⁻¹. • Produk ECe dan ketebalan dalam cm >900.
- q. Horison Spodik. Horison Spodik adalah horison dimana bahan-bahan amorfus aktif seperti bahan organik, aluminium dan besi diendapkan. Amorfus aktif adalah bahan-bahan yang mempunyai

kapasitas tukar kation tinggi, permukaan luas, dan kemampuan yang tinggi untuk mengikat air. Horison Spodik terbentuk pada daerah beriklim humid (basah), umumnya bersuhu dingin atau bermusim tegas atau bahkan kadang-kadang panas. Vegetasi dominan yang berkaitan dengan pembentukan horison Spodik adalah Calluna, Erica (heath) hutan, kadang-kadang Savana, Palm. Bertekstur berpasir-pasir masam dan bahkan lebih halus, berdrainase baik atau setidaknya mempunyai permukaan air tanah yang berfluktuasi. Terbentuk dalam beberapa ratus tahun dari hasil penimbunan senyawa-senyawa organik terlarut yang diikat oleh mineral Sesquioksida (Al dan Fe) kemudian membentuk lapisan-lapisan tipis (chelate) dengan ketebalan beberapa cm, yang kemudian akan melarut bila konsentrasi Sesquioksida turun dan mengendap bila konsentrasinya mencapai titik kritis. Sesquioksida dapat juga mengendap karena chelate mengalami hidrolisis karena pengaruh perubahan pH atau oleh perusakan secara biologis oleh muatan-muatan senyawa organik. Kemungkinan lain adalah terjadinya flokulasi Sesquioksida (+ koloid) dan humus (- koloid) secara timbal balik. Flokulasi ini terjadi karena berubahnya kemampuan untuk bereduksi dan beroksidasi (redox) atau berubahnya pH. Morfologi tanah bertekstur berpasir (pada umumnya), batas horison bagian atas umumnya berubah seketika, (abrupt), warna bagian atas horison berwarna dengan hue lebih merah, value rendah dan chroma tinggi, bagian bawah horison atau horison yang ada di bawahnya berhue lebih kuning atau umumnya lebih merah dari 10 YR dan chroma lebih rendah. Value/chroma (lembab) 5/6, 4/4, 3/2, 2/1 atau value ini lebih tinggi dari chroma. Umumnya tak berstruktur pelet bahan organik berukuran 20 – 50 μ , gelap, terutama dibagian atas horison, Kutannya berupa bahan metalik organik, pecah-pecah, pada permukaan butiran pasir, sementara biasanya berupa Ortstein dengan demikian horison Spodik dapat terletak di bawah horison Albik (A_2), mempunyai horison A_2 lebih tebal dari 2 m, terutama di daerah subtropik dan tropik, mempunyai horison A_2 bercampur dengan horison A_1 atau B akibat pengolahan, tertimpa pohon rebah, hewan-

hewan, mempunyai bahan karbon organik lebih rendah dari pada di dalam epipedon dengan ciri

- Horizon iluvial sesquioxides bebas dan bahan organik.
- >85% bahan spodik dan tebal >2,5 cm.

4.2.3. Karakteristik Diagnostik Lain dan horison Tanah

- a. Sifat-sifat tanah Andik
 - Kehadiran kompleks allphone, imogolite, ferihidrit atau aluminium humus dalam jumlah yang signifikan.
- b. Karbonat sekunder
 - Kalsium karbonat yang terbentuk di dalam tanah bukan dari bahan induk.
- c. Diskontinuitas litologi
 - Perubahan signifikan dalam ukuran partikel atau mineralogi dalam tanah.
- d. d. Plintit
 - Horison merah yang miskin humus, kaya sesquioxide, yang mengeras secara ireversibel menjadi batu besi.
- e. Mineral tahan pelapukan
 - Semua jenis mineral 2:1 (kecuali klorit berlapis Al) dan mineral berukuran pasir dan lanau.
- f. Rejim kelembaban Aquik
 - Tanah yang mengalami kejenuhan dan reduksi terus menerus atau periodik yang ditunjukkan oleh kondisi redoksimorfik.
- g. Permafrost
 - Material tanah tetap di bawah 0 C° selama > 2 tahun.
- h. Koefisien perpanjangan linier (COLE)
 - Perbandingan selisih panjang lembab (Lm) pada 33 kPa (kelembaban pada kapasitas lapang) dan panjang kering (Ld) terhadap panjang keringnya yaitu (Lm-Ld)/Ld
- i. Ekstensibilitas linier (LE)
 - Ini adalah akibat ketebalan dan COLE pada horison tertentu dan jumlahnya hingga 100 cm atau lebih dangkal.
- j. nilai-n
 - Digunakan untuk memprediksi derajat subsidence (terhentak).

- Ini adalah $(A-0.2R) / (L+3H)$; A = % air pada kondisi lapangan; R = (lumpur + pasir) %, L = liat %, H = bahan organik %
- k. Slickensides (lidah kersai)
 - Permukaan yang dipoles dan beralur dikembangkan oleh satu massa tanah yang meluncur di atas yang lain.
 - Umum pada tanah lempung yang membengkak.
- l. Krioturbasi
 - Pencampuran tanah dengan pengadukan es.
- m. Kontak litik
 - Batas antara tanah dan material terkonsolidasi (batuan) di bawahnya.
- n. Horison sulfat
- o. Tanah mineral atau organik dengan pH <3,5 karena adanya bintik kuning Jarosit [$KFe_3(OH)_6(SO_4)_2$]

4.3. Rejim suhu dan kelembaban tanah

4.2.4. Rejim suhu tanah

Rata-rata temperatur tanah musiman hampir sama disetiap horison, disemua kedalaman di dalam tanah, atau di bawah tanah tidak termasuk bahan induk dan temperatur tersebut sangat erat sekali hubungannya dengan temperatur udara musiman. Fluktuasi dari temperatur tanah dapat terjadi harian dan dalam siklus musiman. Temperatur menurun dengan kedalaman dan temperatur akan konstan bila mencapai bagian terdalam dari tanah dan sama dengan rata-rata temperatur tanah musiman. Perubahan temperatur harian mempunyai pengaruh yang nyata pada kedalaman ± 50 cm. Kedalam tanah mengurangi fluktuasi temperatur di permukaan. Fluktuasi temperatur musiman didaerah tropis (Capricorn – Cancer) umumnya kecil yakni kurang dari 5°C . ($MSST - MWST = < 5^\circ\text{C}$).

Fluktuasi dan derajat temperatur tanah musiman di daerah berketinggian sedang adalah jelas, pada kedalaman 10 – 20 m, temperatur tanah adalah konstan = MAST. Bila terdapat air tanah maka temperatur tanah konstan dicapai pada kedalaman 9 m dengan $MSST - MWST = > 5^\circ\text{C}$ beberapa meter di atasnya. Fluktuasi temperatur tanah di daerah

berketinggian baik pada musim dingin atau panas temperatur tanah lebih rendah dari temperatur udara.

Pengukuran dari temperatur tanah di Amerika Serikat pengukuran MAST = rata-rata temperatur udara musiman + 1°C. MAST (di atas satu meter) = rata-rata temperatur tanah musim panas – 0,6°C. Pengukuran langsung dilakukan dengan termometer : Pada kedalaman 13 m : MAST 1) Pada kedalaman 10 m : MAST error 0,1°C, 2) Pada kedalaman 6 m : MAST error 1°C. Pengukuran temperatur untuk air bersih antara 9 -18 m = MAST error < 1°C. Pembacaan pada kedalaman 50 cm di dalam tanah akan memberikan MAST dengan error 0,3°C. Pengukuran pada bulan-bulan kering pada kedalaman 50 cm = MAST dengan error 0,6°C.

4.2.5. Rejim kelembaban tanah

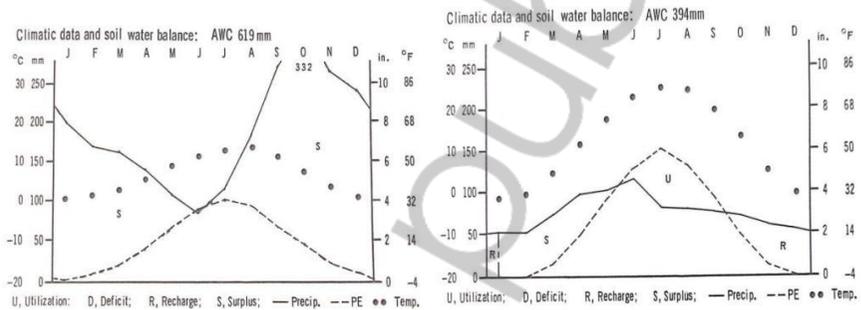
Rejim kelembaban tanah dilihat untuk menggambarkan keberadaan (Control section) dari air tanah dan pengikatan air oleh tanah pada tekanan < 15 bar dalam waktu setahun. Hal ini berhubungan dengan ada tidaknya air didalam tanah untuk pertumbuhan tanaman. Bagian kontrol kelembaban tanah (Soil Moisture Control Section/SMCS) ditentukan oleh batas atas yang sama dengan kedalaman di mana tanah kering akan dibasahi oleh 2,5 cm air dalam waktu 24 jam dan batas bawah sama dengan kedalaman tanah kering yang akan dibasahi oleh 7,5 cm air dalam waktu 48 jam.

Rejim kelembaban tanah umumnya ditentukan dengan menggunakan data iklim setempat yang meliputi unsur iklim seperti suhu rata-rata, suhu maksimum, suhu minimum, curah hujan dan unsur iklim lainnya yang kemudian data-data iklim tersebut diolah menggunakan New Hall simulation Model untuk mendapatkan rejim kelembaban tanah. Rejim kelembaban Aquik adalah rejim tanah yang sering tergenang dengan memiliki drainase sangat jelek (very poorly drained) hingga agak jelek (Imperfectly drained).

Rejim suhu dan kelembaban tanah di Kalimantan Timur umumnya memiliki rejim suhu Isohyperthermik yaitu suhu selalu diatas 22°C dan tidak pernah terjadi perbedaan suhu sampai mencapai 5° C sepanjang tahun. Rejim kelembaban tanah pernah disusun penulis berdasarkan data

iklim (tahun 1991) yaitu di wilayah pedalaman Pulau Kalimantan tergolong rejim kelembaban Perudik dan di pesisir lebih condong ke rejim kelembaban tanah Udik. Karena kurang cukup data, bagian selatan Kabupaten pasir terindikasi rejim kelembaban Ustik.

Gambar 2. Analisis rejim suhu Isohyperthermik, kelembaban tanah Udik dan Perudik



Rejim kelembaban udik

Rejim kelembaban Perudik

Sumber : Buku Taksomi Tanah, 1975.

BAB V

HUBUNGAN TANAH DENGAN BENTUK LAHAN TROPIKA HUMID

Katena tanah (Soil catena) seperti yang dipresentasikan oleh Milne (1936) beranggapan bahwa tanah saling terkait dengan keberadaannya pada suatu lansekap (bentuk lahan). Konsep Katena telah dimodifikasi (Bushnell, 1942) dan sekarang istilah itu digunakan hampir bergantian dengan toposequence oleh banyak orang, khususnya di Amerika Serikat. Tanah yang terdapat pada bentuk lahan di daerah tropik humid dapat terwakili oleh wilayah Labanan, Talisayan dan Tabalar Kabupaten Berau serta Sangatta Kabupaten Kutai Timur. Tanah-tanah tersebut sebagian besar diamati berdasarkan toposequence (katena) dan diharapkan dapat mewakili tanah-tanah hasil pelapukan batuan sedimen dan metamorfik yang terdapat di wilayah Kalimantan Timur, kecuali dataran tinggi Tunjung yang berasal hasil pelapukan batuan plutonik.

5.1. Bentuk wilayah dan geologi Labanan

Akibat proses internal (geologi) maupun eksternal (iklim) terhadap bentang lahan sehingga terbentuk wilayah Simenggaris-Kelai dan dataran lainnya di Kalimantan Timur. Kelompok bentang alam wilayah Simenggaris-Kelai yang disajikan dalam buku ini dibedakan sebagai berikut :

Tabel 3. Bentuk Wilayah Simenggaris-Kelai

	Bentuk Wilayah	Topografi
A	Lahan dasar Dataran tergenang	Datar
B	Lahan yang bergelombang Dataran berbukit	Bergelombang hingga berbukit(agak miring)
C	Lahan curam Bukit dan lembah berukuran sedang	Berbukit (agak miring hingga agak curam)

	Bentuk Wilayah	Topografi
	hingga tinggi	
D	Bentuk lahan kompleks dataran Karstik yang bergelombang hingga berbukit dengan batuan muncul dipermukaan/hums (rock outcrops)	Agak bergelombang hingga sangat curam

Parameter-parameter seperti bentuk lahan (landform), bahan induk (parent materials) dan posisi lereng digunakan untuk penetapan satuan lahan (terrain component). Bentuk lahan di Labanan sangat terkait dengan bahan induk dimana lima strata lithologi utama terbentuk :

Tabel. 4. Satuan Lahan Labanan

A	Batuan sedimen Sedimen klastik Batuan kapur (Kalkareus)	- Batuan pasir, batuan lumpur, batuan debu - konglomerate - Batuan kapur, dolomit
B	Batuan Malihan (metamorf)	- Metamorfik masam (schist)
C	Sedimen tanpa terkonsolidas	- Fluvial

Batu pasir adalah satuan litologi yang dominan sehingga terbentuk dataran perbukitan. Dataran perbukitan ini dari agak bergelombang-bergelombang hingga agak berbukit-berbukit. Di bagian timur terdapat pegunungan curam dan sejajar yang dilandasi oleh batuan sedimen jenis konglomerat. Kemiringan dan kerusakan lapisan akibat proses tektonik yang menyebabkan terjadi lipatan dan patahan, kemudian mengalami proses degradasi dan aggradasi terhadap batuan konglomerat sehingga terbentuk punggung/lereng yang kita dapati sekarang ini. Bentuk wilayah yang terbentuk pada batuan metamorf asam (schist) terdapat di selatan Simenggaris-Kelai. Lahan perbukitan disusun oleh batuan metamorf asam (schist) yang terjal dengan lereng bagian atas cembung, sedang lereng bawah membentuk lereng cembung sangat curam umumnya ditemukan di wilayah ini. Lapisan batuan kapur ditemukan di arah timur ke barat-barat laut. Singkapan batuan kapur di sebelah timur adalah dataran agak bergelombang, sedang dibagian barat dataran agak bergelombang semakin lebih dominan atas singkapan batu kapur.

Ditemukan beberapa punggungan batuan kapur yang panjang dan sangat sempit serta terjal, yang merupakan sisa-sisa lapisan batuan kapur yang terangkat dan pecah. Sedang daerah-daerah yang datar dengan sedimen fluvial, yang letaknya berdekatan dengan sungai, umumnya didominasi oleh topografi dataran rendah.

Variasi pada setiap sistem lahan (terrain units) dapat dicirikan berdasarkan bentuk permukaan, kemiringan lereng dan lain-lain. Atas dasar, sistem lahan dibagi menjadi subbagian yaitu satuan lahan (terrain components). Pada setiap satuan lahan diidentifikasi jenis tanahnya, mungkin saja satuan lahan disusun oleh satu atau lebih jenis tanah. Dalam penetapan jenis tanah menggunakan Taxonomy Tanah yang meliputi pengamatan profil tanah, analisa contoh tanah (routine analysis and clay mineralogy tipe), penetapan rejim suhu dan kelembaban tanah, epipedon, endopedon dan karakteristik lainnya. Penetapan Order, Suborder, Great group, Subgroup menggunakan kunci Taxonomy tanah (Key to Soil Taxonomy).

Tabel 5. Deskripsi unit tanah dan medan (terrain) dan korelasinya

No	Bentuk Lahan	Bahan induk	Sistem Lahan
1.	Dataran bergelombang hingga berbukit	Batuan Pasir	Lawanguang (LWW)
2.	Dasar lembah yang minor	Sedimen Fluvial	Bakunan (BKN)
3.		Batuan Pasir	Teweh (TWH)
4.	Dataran berbukit	Batuan Kapur	Kapor (KPR)
5.	Dataran bergelombang dengan hums	Batuan Pasir dan	Maput (MPT)
6.	Perbukitan	Batuan Lumpur	
7.	Punggungan curam dengan puncak sempit	Batuan Konglomerat	Tewai Baru (TWB)
8.	Perbukitan dengan punggung yang curam	Batuan Metamorf (schist)	Maput Metamorfik (MPM)
9.	Dataran Karst berbukit		Gunung Baju (GBJ)
10.	Perbukitan dengan punggung yang curam	Batuan Kapur	Maput Steep (MPS)
11.	Dataran agak bergelombang	Batuan pasir/lumpur	Dataran Kapor (KPP)
	Perbukitan curam dengan punggung asimetris	Campuran organik/sedimen klastik	Pendreh (PDH)
		Batuan liat/debu	

5.2. Tanah yang terbentuk di Labanan

Suhu dan curah hujan yang tinggi dan konstan tanpa adanya musim kemarau merupakan typical iklim khatulistiwa tropika humida Kalimantan Timur yang menjadi penyebab erosi dan pelapukan tinggi, bahkan hasil pelapukan kimia dari bahan induk tercuci hingga kelapisan yang lebih dalam, dan pada akhirnya menghasilkan tanah yang miskin. Tanah-tanah yang terbentuk cukup bervariasi tetapi umumnya kesuburan tanah rendah, tergantung dari batuan induk penyusun tanah tersebut berasal. Bentuk lahan, bahan induk dan posisi lereng merupakan indikator jenis tanah yang akan dijumpai. Dalam suatu wilayah yang bentuk lahan dan bahan induknya homogen, Perbedaan jenis tanah lebih disebabkan oleh perbedaan sudut lereng, panjang dan bentuk lereng, dan posisi lereng. Hal tersebut didefinisikan sebagai land facet yaitu pengelompokkan lahan kedalam bentuk lahan utama menghasilkan jenis tanah yang berbeda diantara komponen terrain (satuan tanah), dan bahkan ditemukan lebih dari satu jenis tanah dalam komponen terrainnya.

Tanah podsolik merah-kuning, atau Ultisols umumnya mendominasi tanah berdrainase baik di Kalimantan Timur (Dresden dan Soeprapto Hardjo, 1974; FAO, 1993). Hasil survei juga mengkonfirmasi bahwa asumsi tersebut relatif benar seperti yang ditemukan, tetapi variasi tanah yang ditemukan cukup berbeda dengan kondisi medan (terrain) dan tanah. Variasi tersebut berasosiasi dengan pembatas yang berbeda terhadap potensi pengelolaan dan pemanfaatan, serta kerentanan terhadap erosi. Tanah-tanah Ultisol dominan berdrainase baik, sangat dalam, kurang subur dan beracun aluminium. Tanah jenis ini ditemukan pada lereng dan puncak bukit yang disusun oleh batuan sedimen. Unit tanah lainnya berhubungan dengan material bahan Induk, topografi. (bagian lereng yang sangat curam, erosi merupakan ciri utama dan tanah yang tererosi solumnya lebih dangkal), dan Kondisi drainase (daerah datar berbatasan dengan meander sungai), tanah yang berdrainase jelek hingga sangat jelek akan ditemukan.

Peranan topografi menjadi faktor yang sangat penting untuk mengakses dan mendeterminasi sifat-sifat tanah, khususnya di daerah dengan iklim tropika humida akibat berinterkasinya sifat-sifat pembentuk tanah aktif (iklim, topografi) disamping faktor pembentuk tanah pasif seperti bahan induk, vegetasi dan waktu (Buol dkk., 2011). Posisi lereng

juga mempengaruhi proses-proses pelapukan, perkembangan tanah dan leaching. Toposekuen merupakan konsep perkembangan tanah yang berhubungan dengan topografi dan berperan aktif terhadap pengaruh sifat-sifat tanah, khususnya pada unit-unit lereng yang berurutan, dimana toposekuen adalah pendekatan konsep dalam perubahan sifat-sifat tanah yang diakibatkan oleh perbedaan elevasi, topografi, bahan induk yang menyusun sistem lahan.

5.3. Deskripsi tanah dan bentuk wilayah /terrain

5.3.1. Kelompok Lahan Datar

Lahan yang digolongkan pada kelas datar terdapat di Kalimantan Timur adalah lahan-lahan yang tergenang dari pengendapan alluvial yang salah satunya adalah sistem lahan Bakunan (BKN), selain KJP, KHY dstnya. sungai-sungai yang lebih besar membentuk dasar lembah aluvial kecil di lembah perbukitan yang lebih rendah. Lebarnya mungkin sampai beberapa kilometer dan yang paling besar adalah di sepanjang arah hantaman geologis. Dipersimpangan arus sungai, alluvium biasanya menyempit dan sistem lahan berubah-ubah (discontinuous). Teras rendah dan cukup tinggi adalah umum dan dataran banjir berkelok-kelok yang sebenarnya mungkin memiliki lebar kurang dari 200 m.

Sistem lahan di daerah Labanan (BKN) terdapat di sepanjang liku-liku sungai Kelai dan sungai Seduung. Sistem lahan ini terdiri dari empat aspek daratan atau komponen medan : 1) dataran banjir aluvial, suatu daerah datar yang memanjang dari batas sungai yang menerima aluvium segar pada saat sungai memanjang melewati batas biasanya, 2) tanggul (levee), unit di tepi sungai, biasanya beberapa meter lebih tinggi dari permukaan sungai dan agak lebih tinggi dari dataran banjir yang berdekatan, 3) Saluran (Channel), bagian yang lebih tinggi dalam sistem sungai, yang mungkin kering untuk beberapa bagian musim, 4) rawa, bagian dari sistem lahan yang sebagian besar musimnya tergenang air atau memiliki air tanah dangkal, hal ini mungkin disebabkan oleh posisi topografi (depresi).

Fitur mikro-topografi (perbedaan relief rendah) dan kedekatan dengan sungai terutama menentukan sifat tanah di dataran banjir. Profil

tanah perwakilan yang dijelaskan untuk dataran banjir adalah Typic Haplaquox. Tanah ini jenuh dengan air dalam 100 cm teratas dari profil, tetapi tidak memiliki karakteristik morfologi yang khas dari tanah jenuh. Hal ini dapat dijelaskan dengan fakta bahwa air tanah (dangkal) tidak tergenang tetapi memiliki pergerakan. mengalir ke arah sungai (sehingga kaya akan oksigen) yang profilnya terletak sekitar 350 m dari sungai Tumbit. Ini adalah tanah yang melapuk sangat kuat, memiliki solum dalam dan berdrainase buruk. Tanah diklasifikasikan sebagai Oxisols (Haplaquox), tetapi ini mungkin anomali. Tanah tanggul (levee) merupakan tanah dalam dengan tekstur lempung (berlanau). Tanah-tanah tersebut mengandung basa-basa yang dapat dipertukarkan rendah dan kandungan Aluminium yang dapat dipertukarkan tinggi. Tanah ini diklasifikasikan sebagai Aquic Dystropepts. Tanah saluran bertekstur sangat kasar dan berdrainase sangat buruk-hampir jenuh secara permanen. Tekstur umumnya pasir (kasar), diselingi dengan lanau tipis, dan kadang-kadang gambut, berlapis-lapis. Tanah ini rendah nutrisi yang dapat dipertukarkan dan diklasifikasikan sebagai Typic Fluvent. Tanah rawa-rawa adalah tanah yang sangat buruk drainasenya, dengan menerima alluvium saat banjir dan hampir jenuh secara permanen. Tanah ini bertekstur halus (clayey) dan tinggi bahan organiknya dan tergolong Tropic Fluvent. Jenis tanah ini bukan hanya terjadi pada sistem lahan BKN, tetapi juga dapat ditemukan pada sistem lahan Lawanguang (LWW).

Tabel 6. Komponen terrain, tanah dan kondisi drainase

Komponen Terrain	Komponen Tanah	Kondisi drainase
Dataran banjir	Typic Haplaquox	Jelek
Tanggul (levee)	Aquic Dystropepts	Agak terhambat
Saluran (channel)	Tropic Dystropepts	Sangat jelek
Rawa	Tropic Fluvaquents	Sangat jelek

5.3.2. Kelompok Lahan Miring

Dataran bergelombang hingga berbukit melapisi batuan pasir dan batuan lumpur (mudstone) terdiri dari beberapa sistem lahan yang antara lain :

a. System Lahan Lawanguang (LWW)

Sistem lahan Lawanguang Sistem terdiri dari dataran bergelombang sampai berbukit yang melapisi batuan sedimen, terutama batupasir dan (mungkin) serpih berbutir halus (schist) dan batu lempung. Relief lokal berkisar antara 10 dan 130 m. Sebagian besar dari sistem lahan ini adalah tanah datar. Dataran ini sedikit lebih rendah dan kurang landai dibandingkan dataran TEWEH dan mengandung banyak daerah aluvium. Aspek Tanah (atau komponen medan) adalah : 1) Puncak, 2) Kemiringan landai (2-8%), 3) lereng landai sampai agak curam (8-20%), dan 4) Dasar lembah.

Tanah pada posisi stabil (puncak) sangat basah dan berkembang kuat. Tekstur umumnya lempung sampai lempung berpasir (Horison atas) di atas lapisan tanah lempung. Warna tanah umumnya 10 YR 5/8-6/6 dan dalam beberapa kasus lapisan tanah lebih merah 7,5 YR. Tanah di lereng atas lebih kasar (berpasir) dengan lapisan atas lempung di atas tanah liat berpasir (lempung). Tanah di lereng tengah adalah tanah yang sangat berkembang dan sangat lapuk. Bercak tanah (mottling) terjadi di lapisan tanah yang lebih dalam (>100 cm). Teksturnya adalah tanah liat (loam) di atas tanah liat. Tanah dengan kemiringan lebih rendah memiliki lapisan tanah dasar berbintik-bintik (sedikit 50-100 cm, sedikit yang umum > 100 cm), teksturnya lempung (lempung) di atas lempung (berpasir).

Tabel 7. Komponen terrain, tanah dan kondisi drainase lahan miring

Komponen Terrain	Komponen Tanah	Kondisi drainase
Puncak (0-2%)	Typic Paleudults	Baik
Landai hingga agak curam (8-20%)	Typic Paleudults	Baik
Landai	Aquic Paleudults	Agak terhambat
Dasar lembah	Tropic Fluvaquents	Sangat jelek

Dataran berbukit di atas batuan sedimen campuran (sandstone, mudstone)

b. Sistem lahan Teweh (TWH)

Bentuk wilayah sistem lahan Teweh terlihat mengelilingi dan menembus barisan perbukitan di selatan Tanjung Redeb adalah dataran berbukit yang luas dari sistem lahan ini. Ini terdiri dari punggung

pendek, sempit dan agak curam tanpa orientasi yang lebih umum daripada batuan sedimen klastik campuran, terutama batu pasir. Lembah sempit dengan perkembangan aluvial minimal. TWH terdiri dari empat faset atau komponen medan : 1) Puncak, 2) Lereng agak curam (16-25%), 3) Lereng landai (8-15%) dan 4) Dasar lembah.

Tanah pada posisi stabil Teweh (TWH) dan sistemnya mengalami pelapukan dalam dan Typic Paleudult berkembang kuat dengan tekstur lempung berberpasir. Tanah yang sangat lapuk pada lereng agak curam (16-25%) berdrainase baik dengan tekstur lempung di atas lempung. Tanah yang sangat berkembang di lereng yang lebih landai (8-15%) mengalami pelapukan kuat dan berdrainase baik. Kerikil batu besi membatasi kedalaman tanah di beberapa lokasi. Plinthite (campuran lempung dan kuarsa yang kaya besi dan miskin humus) dan lapisan kerikil telah diamati di beberapa lokasi (di pinggir jalan dan lereng curam) dan sering terjadi di bawah 2 m dari permukaan tanah. Di beberapa lokasi, plinthite lebih dangkal dan membatasi kedalaman tanah. Plinthite dan batu besi sering terjadi di lereng yang lebih rendah di kaki lereng colluvial, yang dipengaruhi oleh rembesan air kaya besi, atau di sepanjang tepi sungai di mana plinthite menjadi terbuka dan mengeras menjadi batu besi. Ini adalah hasil pengamatan tanah yang dilakukan di sepanjang transek, terutama pada posisi lereng tengah dan bawah, tempat ditemukan kerikil batu besi pada kedalaman yang bervariasi dari permukaan tanah.

Tabel 8. Komponen terrain, tanah dan kondisi drainase lahan berbukit

Komponen Terrain	Komponen Tanah	Kondisi drainase
Puncak (0-2%)	Typic Paleudults	Agak baik
Kemiringan curam sedang (16-25%)	Typic Paleudults	Baik
Lereng yang landai (8-15%)	Typic Paleudults	Baik
Dasar lembah (0-2%)	Tropic Tropaquepts	Agak jelek

5.3.3. Lahan Curam

Kelompok lahan curam dengan bentuk wilayah Perbukitan yang melapisi sedimen campuran (batu pasir, batulumpur) terdiri dari :

- a. Sistem Lahan Maput (MPT)

Lahan ini tersusun dari perbukitan yang tidak beraturan dan sedang, di atasnya terdapat campuran batu pasir dan batu lumpur, sebagian dengan endapan batubara. Ini terdiri dari punggung bukit yang panjang, sangat curam dan sempit, yang berorientasi lemah sehingga pola drainase keseluruhan adalah dendritik. Lembah sempit dan sedikit perkembangan lantai aluvial. Aspek Tanah : 1) Puncak (0-2%), 2) Lereng curam sampai sangat curam (40-60%), 3) Lereng curam (25-40%), 4) Dasar lembah (0-2%).

Tanah puncak dari sistem lahan ini adalah Typic Kandiudult, Jenis tanah ini adalah tanah yang sangat lapuk dan dalam dengan tekstur lempung berpasir (lempung) di atas lempung berpasir (lempung). Horison penciri Kandik dalam dan memanjang di bawah 150 cm. Pada lereng yang landai sampai cukup curam ditemukan Paleudults.

Tabel 9. Komponen terrain, tanah dan kondisi drainase lahan curam

Komponen Terrain	Komponen Tanah	Kondisi drainase
Puncak (0-2%)	Typic Kandiudults	Baik
Kemiringan sangat curam (40-60%)	Typic Paleudults	Baik
Lereng curam (25-40%)	Typic Paleudults	Baik
Dasar lembah (0-2%)	Oxyaquic Eutropepts	Agak jelek

b. Sistem Lahan Maput curam (MPS)

Bentuk wilayah lahan ini menyerupai sistem lahan MPT tetapi memiliki perbukitan yang lebih curam. Faset untuk MPS berbeda dari MPT dalam hal untuk faset lereng curam dan sedang, lereng lebih curam dan lebih panjang dari pada MPT.

Tanah dataran tinggi dari sistem lahan ini semuanya tergolong Typic Kandiudult. Tanah-tanah Typic Kandiudults ini adalah tanah yang sangat lapuk dan dalam dengan tekstur lempung berpasir (lempung) di atas tanah liat berpasir (lempung). Horison Kandik dalam dan memanjang di bawah 150 cm pada posisi puncak. Kedalaman tanah mungkin terbatas pada lereng (90-100 cm).

Tabel 10. Komponen terrain, tanah dan kondisi drainase lahan curam

Komponen Terrain	Komponen Tanah	Kondisi drainase
Puncak (0-2%)	Typic Kandiudults	Baik
Kemiringan sangat curam (40-60%)	Typic Kandiudults	Baik
Lereng curam (25-40%)	Typic Kandiudults	Baik
Dasar lembah (0-2%)	Oxyaquic Eutropepts	Agak jelek

5.3.4. Perbukitan di atasnya batuan metamorf (schist)

a. Sistem Lahan Maput metamorfik (MPM)

Sistem Lahan ini menyerupai sistem lahan MPT tetapi memiliki perbukitan yang lebih curam dan lebih tinggi, di atasnya terdapat batuan metamorf (schist). Terdiri dari punggung panjang, sangat curam dan jambul sempit, yang orientasinya hanya lemah sehingga pola drainase keseluruhan adalah dendritik). Lereng yang lebih rendah sangat curam sampai sangat curam (40-70%) dan dominan cembung. Lembah sangat sempit dan praktis tidak ada perkembangan lantai aluvial, aliran sungai dan sungai mengalir di atas batuan schist yang muncul/terbuka. Sebagai konsekuensi dari topografi, tanah umumnya lebih dangkal dan kurang berkembang dibandingkan tanah pada system lahan MPT.

Tanah di puncak Maput Metamorphic (cukup) dangkal. Erosi adalah ciri umum pada puncak yang sempit ini dan relatif kering. Tanah ini diklasifikasikan sebagai Typic Dystropepts. Tanah dengan kemiringan curam sampai sangat curam (26-40%) ini merupakan tanah yang sangat lapuk dan berdrainase cukup baik. Subsoil dapat berbintik-bintik dengan banyak konkresi besi kasar. Tanah ini diklasifikasikan sebagai Typic Hapludult. Ciri khas migrasi lempung yang merupakan ciri khas tanah dari klasifikasi ini di atas sedimen klastik (sistem tanah MPT, TWH, LWW) kurang menonjol di Metamorf Maput. Tidak ada selaput liat tanah (clay skin) yang jelas dapat teramati di lapangan. Tanah dari lereng yang sangat curam sampai sangat curam (40-60%, >60%) adalah tanah yang dangkal sampai agak dangkal. Tanah ini sering terjadi pada lereng-lereng bawah yang cembung dan curam dari sistem lahan ini. Tanah diklasifikasikan sebagai Typic Dystropepts. Ada sedikit atau tidak ada pengembangan dasar lembah. Saluran sungai sangat sempit, lereng yang

lebih rendah sangat curam dan sungai mengalir di atas batu schist yang gundul.

Tabel 11. Komponen terrain, tanah dan kondisi drainase lahan curam metamorf

Komponen Terrain	Komponen Tanah	Kondisi drainase
Puncak (2-8%)	Typic Dystropepts	Baik
Lereng curam (25-40%)	Typic Hapludults	Baik
Kemiringan ekstrim curam (40-75%)	Typic Dystropepts	Baik

5.3.5. Batuan sedemen (Konglomerate) dengan sisi sejajar

a. Sistem Lahan Tewai Baru

Sistem Lahan ini ditemukan sebagai satu kesatuan yang homogen. Hal ini terkait dengan sistem lahan Maput, umumnya membentuk jari-jari dalam unit MPT. Terdiri dari pegunungan paralel yang curam dengan puncak yang sangat sempit dan lembah-lembah kecil dengan pola drainase teralis. Litologi yang dominan pada sistem lahan TWB adalah konglomerat. Sebagian besar lereng curam hingga sangat curam berbentuk cembung. Lereng cekung jarang terjadi. Ciri-ciri erosi yang diamati meliputi sedikit selokan, kemerosotan ringan hingga sedang, dan erosi lembaran ringan hingga sedang. Bentuk lahan meliputi : 1) Punggungan, Curam, 2) Punggungan, Agak curam sampai curam, 3) dasar lembah.

Tanah yang terbentuk dengan lereng yang sangat curam dan puncak sempit adalah Typic Eutropept. Karena topografi yang curam, tanah yang sangat lapuk dan masam dari punggungan bukit yang curam dan sejajar di atas konglomerat cukup dangkal hingga dalam dan (sedikit) berbatu di beberapa lereng pegunungan yang lebih curam. Tanah-tanah tersebut diklasifikasikan sebagai Typic Eutropepts (lereng sangat curam) dan sebagai Typic Hapludults (lereng curam). Di dasar lembah, tanah telah berkembang di atas material aluvial terutama disebabkan oleh kondisi hidrologis. Tanah-tanah tersebut diklasifikasikan sebagai Oxyaquic Eutropepts.

Tabel 12. Komponen terrain, tanah dan kondisi drainase lahan curam konglomerat

Komponen Terrain	Komponen Tanah	Kondisi drainase
Puncak sempit/lereng sangat curam (40-60%)	Typic Eutropepts	Baik
Lereng curam (25-40%)	Typic Hapludults	Baik
Dasar lembah (0-2%)	Oxiaquic Eutropepts	Agak baik

5.3.6. Perbukitan gradien tinggi di atas batulanau

a. Sistem Lahan Pendreh (PDH)

Sistem lahan ini terdiri dari punggung dan pegunungan yang sangat curam dan tidak simetris. Pola drainase berbentuk persegi panjang. Ketinggian berkisar antara 75 – 200 m. Sistem lahan ini memiliki unit-unit yang besar di daerah Labanan. Survei pendahuluan di unit ini mengungkapkan bahwa bahan induk dominan PDH di wilayah barat Labanan adalah batuan sampling klastik: lempung/batulanau. Lereng sangat curam.

Tanah berdrainase cukup baik dan umumnya dangkal hingga sangat dangkal. Tanah dikondisikan oleh erosi dan dalam pendahuluan Typic Dystropepts (tanah yang relatif tidak subur dan dangkal) dijelaskan pada lereng yang lebih rendah (kemiringan 65%).

5.3.7. Bentuk Wilayah Kompleks

a. Sistem Lahan Kapor.

Bentuk wilayah datar sampai bergelombang dengan hum (singkapan batu gamping). Termasuk sedimen berkapur laut dan alluvium tak berdiferensiasi lainnya. Sistem lahan ini berisi hums rendah yang tersebar pada lahan yang agak bergelombang, mungkin di atasnya napal. Di daerah tersebut, lahan yang agak bergelombang dominan di atas hums. Ini menyerupai sistem tanah Gunung Bayan (GB), tetapi memiliki proporsi lebih besar dari lahan yang agak bergelombang (sekitar 80% dengan hanya 20% hum). Kemiringannya landai, agak curam. Sistem lahan Kapor terdiri

dari komponen faset/medan berikut: 1) Puncak, 2) kemiringan cukup curam, 3) Lereng landai, dan 4) dasar lembah.

Tanah pada Sistem lahan Kapur berupa dataran kapur dan Gunung Bayan yang terkait erat berasal dari sedimen laut berkapur dan oleh karena itu tanahnya relatif kaya unsur hara makro bersifat basa. Di dataran bergelombang lembut pada lereng (sangat) landai (2-8% dan 9-15%) dan cukup curam (16-25%), ditemukan tanah yang dalam hingga sangat dalam. Tanah-tanah ini (cukup) berdrainase baik dan memiliki tekstur lempung liat. Subsoil memiliki kandungan liat yang tinggi (>60%) dan memiliki elemen struktur berbentuk baji dan slickensides. Khas untuk tanah ini adalah karakteristik pembengkakan dan penyusutan karena kandungan liat yang tinggi dan sifat lempung, dan perkembangan retakan pada saat kering. Tanah dasar memiliki kejenuhan basa yang sangat tinggi dan kapasitas penyangga hara yang tinggi (KTK pH7). Mereka diklasifikasikan sebagai Chromic Hapluderts. Tanah pada posisi lereng yang lebih rendah (lereng landai) memiliki lapisan tanah dasar berbintik-bintik (>80%) dan diklasifikasikan sebagai Oxyaquic Hapluderts. Tanah puncak yang cukup dangkal hingga dalam dan berdrainase baik memiliki tekstur lempung (lempung) di atas tanah dan terdapat kerikil di lapisan tanah bawah (>50 cm, pecahan batu kapur). Tanah ini bersifat basa dan subur (kejenuhan basa adalah 100%). Perpindahan bahan organik melalui pori-pori makro dan retakan diamati dan merupakan ciri umum di tanah ini. Tanah ini diklasifikasikan sebagai Typic Eutropept. Tanah di dasar lembah dalam dan tidak berdrainase tidak sempurna hingga buruk, dan telah berkembang di atas material aluvial dan sebagian kluvial. Tekstur bervariasi. Lempung lempung berdebu sampai lempung cay berpasir. Tanah di bawahnya sangat berbintik-bintik. Tanah yang lebih kasar memiliki CEC pH7 rendah hingga sedang dan kejenuhan basa yang tinggi (100%). Tanah ini diklasifikasikan sebagai Fluvaquentic Eutropepts.

Tabel 13. Komponen terrain, tanah dan kondisi drainase lahan datar batu kapur

Komponen Terrain	Komponen Tanah	Kondisi drainase
Puncak (0-2%)	Typic Eutropepts	Baik

Lereng curam yang landai hingga sedang Lereng landai (2-8%) Dasar lembah (0-2%)	Chromic Hapluderts Oxiaquic Hapludert Fluvaquents Eutropepts	Baik Agak baik Agak jelek-jelek
---	---	---------------------------------------

5.3.8. Sistem lahan karst berbukit

a. Sistem lahan Gunung Baju (GBJ)

Bentuk wilayah Sistem lahan karst berbukit memiliki bentuk wilayah dataran rendah dan bergelombang sampai datar dengan platform karst atau teras yang ditandai dengan banyaknya singkapan batugamping atau hums. Fitur karst tidak terlalu menonjol, tetapi singkapan batu kapur besar (hums) dan gua-gua teramati. Mirip dengan Kapor, memiliki hums rendah yang tersebar (singkapan batu gamping) dan tanah agak bergelombang lembut, tetapi humus dominan (80% atau lebih) di atas tanah bergelombang rendah (20% atau lebih). Bentuk lahan : 1) Rendah, sangat curam lereng di kaki hums, 2) Lereng agak landai di dataran bergelombang.

Tabel 14. Komponen terrain, tanah dan kondisi drainase berbukit batu kapur

Komponen Terrain	Komponen Tanah	Kondisi drainase
Agak landai (2-8%)	Leptic Hapluderts	Baik
Kemiringan ekstrim curam (40-75%)	Lithic Eutropepts	Baik

5.3.9. Dataran agak bergelombang di atas sedimen campuran

a. Sistem lahan kapor (KPP)

Bentuk wilayah sistem lahan kapor berupa dataran dengan topografi datar sampai bergelombang lembut dengan singkapan batu gamping yang tersebar. Di daerah tersebut, tanah bergelombang lebih dominan di atas hums. Proporsi singkapan batuan bervariasi dari 5% -50% dalam cakupan sistem lahan ini, tetapi diperkirakan rata-rata 30%-40%. Meskipun terkait dengan mereka, sistem tanah ini berbeda dengan sistem tanah Gunung Baju dan Kapor. Topografinya lebih datar dan tanahnya berbeda. Unit KPP ini merupakan kepanjangan dari unit KPR yang berdekatan. Karena topografinya yang lebih rendah dan datar, kemungkinan besar telah

dipengaruhi oleh material koluviyal dan aluvial dari sistem lahan sekitarnya. Variabilitas tinggi dalam kondisi tanah ditemukan pada jarak pendek. Sistem pertanahan ini terdiri dari komponen faset/medan berikut: 1) Puncak, 2) Lereng lembut, dan 3) Depresi dan dasar lembah.

Tanah pada sistem ini adalah dataran bergelombang lembut di atas sedimen campuran ini, ditemukan tanah dengan karakteristik yang kontras. Dimana ada batu gamping di dekat permukaan dan singkapan ditemukan, tanah kaya dasar, tanah clay berat mendominasi. Tanah tidak memiliki karakteristik retak dan mengembang dan menyusut seperti tanah Vertisol pada sistem lahan GBJ dan KPR. Pada lekukan di perbukitan dan di lereng yang landai, tanah (cukup) berdrainase baik dan memiliki kandungan konkresi besi/mangan sedang hingga melimpah (hingga 40% volume). Tanah ini diklasifikasikan sebagai Typic Eutropept. Di puncak bukit, tanah dengan drainase baik (cukup) ini dalam dan memiliki kandungan besi/mangan yang sangat tinggi (hingga 80% volume keseluruhan). Tanah-tanah tersebut pelapukannya jauh lebih berkembang (lanjut) dan tanahnya diklasifikasikan sebagai Typic Hapludalfs yaitu tanah yang memiliki horison argillik pada lapisan B tetapi juga mempunyai kejenuhan basa yang tinggi. Beberapa tanah, khususnya yang terletak pada lereng landai mengandung batuan kapur dan batu kapur yang besar. Tanah yang sangat lapuk ditemukan dalam sistem tanah pada lereng yang landai dan juga puncak bukit yang sedikit lebih tinggi. Tidak jelas pada tahap ini apakah hanya perbedaan dalam tahap pengembangan yang disebabkan oleh posisi topografi dan kurangnya bongkahan batu gamping atau hum (yang membentuk sumber batu kapur yang konstan dan dengan demikian peremajaan tanah) atau hanya perbedaan lokal dalam bahan induk. (batu lempung). Sangat mungkin bahwa tanah pada awalnya berkembang di atas batu gamping, tetapi batu gamping itu sekarang berada pada kedalaman di bawah permukaan sehingga tidak secara langsung mempengaruhi pembentukan tanah lagi dan dengan tidak adanya singkapan, tanah telah mengalami pelapukan secara progresif hingga tahap saat ini. Tanah berwarna coklat tua sampai merah kekuningan yang sangat lapuk ini memiliki kandungan liat yang tinggi (sekitar 60%) dan memiliki kandungan konkresi besi yang sama hingga melimpah di lapisan tanah

yang lebih dalam (hingga 70%). Tanah-tanah tersebut diklasifikasikan sebagai Typic Paleudult.

Tabel 15. Komponen terrain, tanah dan kondisi drainase bergelombang batu kapur

Komponen Terrain	Komponen Tanah	Kondisi drainase
Puncak (0-2%)	Typic Hapludalfs	Baik
Lereng yang landai hingga cukup curam (2-20%)	Typic Paleudults	Agak baik-sedang
Depresi (0-2%)	Typic Eutropepts	Agak baik
	Typic Paleudults	Sedang-Agak jelek
	Typic Eutropepts	Sedang

5.4. Sifat-sifat fisik dan kimia tanah

Berdasarkan bentuk lahan, bahan induk dan sistem lahan, maka tanah dengan karakteristik serupa dikelompokkan, sehingga pembuatan profil tanah dikelompokkan menurut bahan induk dan kemiringannya, .

5.4.1. Batu pasir, Tanah masam, berdrainase baik (upland).

Kelompok ini adalah tanah yang bahan induknya sangat lapuk, (sedang) tanah berdrainase baik dengan telah berkembang di atas sedimen klastik (lempung/lanau/batu pasir).

5.4.2. Batu pasir, Tanah masam, Dasar lembah.

Tanah berdrainase sangat jelek hingga buruk yang terbentuk di dasar lembah di atas material aluvial yang berasal dari sedimen klastik.

5.4.3. Metamorfik, Tanah masam, berdrainase baik (upland).

Drainase tanah agak baik pada topografi curam hingga sangat curam yang tanahnya berkembang dari batuan metamorfik (schist).

5.4.4. Batuan kapur, Tanah netral, berdrainase baik (upland)

Tanah dengan mengandung liat yang sangat tinggi, berkembang dari batuan kapur berupa dataran Karst bergelombang.

5.4.5. Tanah rawa, berdrainase jelek.

Tanah berupa rawa yang mewakili sistem lahan Bakunan (BKN) dan Lawanguang (LWW). Tanah-tanah ini memiliki drainase tanah jelek dengan kandungan liat dan bahan organik tinggi yang sifat-sifatnya sangat berbeda dari tanah-tanah di dasar lembah (valley bottoms), walaupun terwakili secara terpisah.

5.4.6. Konglomerat, Agak curam dan curam

Berdasarkan hasil analisis laboratorium pada dua profil tanah dengan batuan induk konglomerat berlereng agak curam hingga curam, sifat kimia tanahnya memiliki CEC yang tinggi, kandungan basa dan aluminiumnya tinggi dibanding tanah-tanah pada yang berkembang dari batuan pasir, masam dan berdrainase baik (upland).

Kuatnya pelapukan tanah dari tanah-tanah batuan pasir yang masam yang berdrainase baik (well drained soils over sandstone) memiliki tekstur berlempung tanah halus hingga sedang melapisi lempung liat (pasir), sangat masam, memiliki basa-basa tertukar yang rendah dengan kandungan CEC yang sangat rendah. Kandungan Aluminium cukup tinggi ($> 3 \text{ cmol}(+)\cdot\text{kg}^{-1}$ pada subsoil) dan kandungan fosfor tergolong sedang. Pada Suborder (Taxonomy), tanah-tanah ini diklasifikasikan kedalam jenis Udult (Ultisols dengan kelembaban Udik).

Tanah-tanah dasar lembah (valley bottoms) pada topografi bergelombang hingga berbukit dari batuan pasir, memiliki drainase jelek hingga sangat jelek, bertekstur sedang (dominan lempung liat berdebu, tetapi memiliki perbedaan yang tinggi). Tanah-tanah ini sangat masam (pH 4,6-4,8). Kandungan kalsium tertukar cukup (medium), magnesium tertukar tinggi, Kalium tersedia rendah dan tingkat Aluminium tertukar pada subsoil tinggi ($4,2 \text{ cmol}(+)\cdot\text{kg}^{-1}$): Kandungan Kejenuhan basa tergolong sedang dengan kandungan bahan organik rendah dan kandungan fosfor total sangat tinggi.

Tanah-tanah yang berasal dari perbukitan tinggi di atas batuan metamorf mengandung clay yang tinggi dan tekstur sedang hingga halus (lempung berliat hingga liat) adalah sangat masam. Kandungan Kalsium yang tertukar adalah sedang (subsoil) hingga tinggi (topsoil) dan

kandungan Magnesium cukup tinggi. Tingkat ketertukaran Kalium rendah hingga sangat rendah. Kejenuhan basa sedang dan CEC rendah ($11 \text{ cmol}(+)\text{.kg}^{-1}$), kandungan bahan organik juga rendah dan fosfor total sangat tinggi.

Tanah-tanah berdrainase sedang di atas batuan kapur memiliki tekstur liat yang sangat tinggi. Tanahnya tergolong agak alkalin yang memiliki kandungan basa-basa tertukar sangat tinggi, khususnya kalsium. Kapasitas Tukar Kation (CEC) tinggi dengan kandungan bahan organik rendah. Kandungan fosfor total juga sangat tinggi.

Tanah rawa (swamp soil) mengandung tekstur yang halus, dengan kandungan liat tinggi. Tanah memiliki kandungan pH terlalu masam dan memiliki basa yang dapat dipertukarkan tergolong sedang hingga tinggi. Kandungan bahan organik tinggi, Kation Dapat Tukar (CEC) sedang dan kejenuhan basa rendah. Aluminium dapat tukar sangat tinggi, begitu pula kandungan fosfor total juga sangat tinggi.

Tanah lereng curam pegunungan paralel melapisi batuan konglomerat bertekstur sedang-halus (liat/lempung berliat). Tanahnya terlalu asam hingga sangat masam ($\text{pH H}_2\text{O}$ 4,4-4,6). Kandungan kalsiumnya sedang, Kandungan Magnesium tinggi dan kandungan Kalium dapat tukar rendah. Aluminium dapat tukar pada subsoil sangat ekstrim ($>7 \text{ cmol}(+)\text{.kg}^{-1}$). Kejenuhan basa dan CEC rendah. Organik karbon pada lapisan atas (topsoil) sangat rendah dengan fosfor total sangat tinggi.

Tanah dengan lereng yang sangat curam dan puncak pegunungan paralel yang sempit dari batuan konglomerat memiliki tekstur sedang hingga halus (liat berpasir/lempung liat berpasir). Tanah sangat masam ($\text{pH H}_2\text{O}$ 4,9-5,4). Kandungan Kalsium yang dapat tukar sedang, Magensiumnya ekstrim tinggi (anomaly atau pengukuran yang salah) dan kalium dapat tukar tergolong rendah. Aluminium tertukar pada subsoil termasuk sangat tinggi ($>4 \text{ cmol}(+)\text{.kg}^{-1}$). Kejenuhan basa tinggi (70%) dan CEC rendah ($<18 \text{ cmol}(+)\text{.kg}^{-1}$). Organik Karbon pada topsoil sangat rendah dengan fosfor total sangat tinggi.

Pada salah satu profil dari dataran berbukit di atas batuan kapur ditemukan horizon asam ($\text{pH H}_2\text{O}=5$) di bawah dan di atasnya horizon basa hingga netral. Menurut analisis dari horison-horison tersebut mengandung CaCO_3 (sekitar 2%) yang diharapkan tanah basa atau netral pada saat

CaCO_3 hilang pada kondisi masam. Analisis tambahan (X-ray diffraction) di Laboratorium ISRIC mengungkapkan bahwa sampel tidak mengandung CaCO_3 , tetapi analisisnya terganggu oleh tanah liat (khususnya smektit dalam sampel ini). Penentuan dengan equivalent Kalsium Karbonat, sampel direaksikan dengan asam encer, ternyata sampel bereaksi dengan CaCO_3 . Asam sisa (tidak dikonsumsi oleh CaCO_3) dititrasi. Asam yang dikonsumsi kemudian secara keliru dilaporkan sebagai ekuivalen CaCO_3 .

5.5. Pembentukan tanah Talisayan

Tanah daerah ini berasal dari sedimen zaman Palaeogene dan Miocene hasil erosi pada zaman Pleistocene. Tanah yang terangkat dari dasar laut melalui proses tektonik selama periode Pleistocene menghasilkan patahan-patahan teras sepanjang 4 - 5 km didaratan Lempake, dan di seberang lembah Tabalar dan Lempake. Permukaan tanah diantara dua sungai dengan batu-batuannya adalah bekas tumbuhan laut dan teras aluvial bersambung dan membentuk lembah Tabalar dan Lempake.

Fluktuasi dari tanah hasil proses tektonik tersebut, selanjutnya membentuk pantai yang rendah ke arah utara dan timur, dan berakibat terjadinya erosi dan patahan teras.

Bentuk lahan erat berhubungan dengan erosi dan litologi, tingkatannya sangat tergantung antara lapisan dasar setempat dengan erosivitas dari batuan. Penghancuran dengan pengendapan oleh drainase permukaan lebih banyak terjadi di daerah batuan kapur, dan ini menghasilkan karstik; dan yang disebabkan oleh aliran permukaan dan sungai kecil biasanya terjadi pada daerah batuan liat dan teras aluvial.

Lapisan dasar pada daerah yang rendah adalah daerah pertama yang mengalami erosi dan paling parah dengan bentuk yang kasar. Erosi yang besar dalam waktu yang lama pada daerah yang tinggi terdapat dipatahan teras atau di daerah batuan yang dekat dengan sungai Tabalar dan sungai Lempake. Di Tabalar kikisannya sudah sangat dalam dan erosi pada lapisan dasarnya sangat luas dan beberapa lebih besar dari sungai Lempake.

5.5.1. Satuan lahan

Definisi dan desain dari satuan lahan mengikuti sistem Desaunettes (1977), kecuali untuk kategori-kategori tertentu digunakan untuk teras karstik tanpa hum. Beberapa satuan lahan lainnya dibagi dalam kelompok-kelompok sebagai indikasi dari macam-macam batuan, kedalaman tanah dan tingkatan bahaya banjir.

Satuan lahan disini dibagi dalam empat sistem fisiografi yang utama, aluvial, dataran perbukitan dan karstik. Di daerah ini juga terdapat patahan dan batuan yang menyebabkan terjadinya sistem campuran.

Sistem dataran dan perbukitan sudah berkembang pada batuan liat, sementara itu sistem karstik juga sudah berkembang secara perlahan-lahan pada patahan teras dan batuan kapur. Sistem aluvial perkembangannya sangat terbatas dan terjadi pada teras sungai Tabalar dan sungai Lempake.

a. Kelompok tanah datar hingga berombak (teras aluvial)

Satuan lahan ini merupakan teras aluvial yang tua dari datar sampai berombak dan terdapat di lembah Tabalar dan Lempake. Teras ini letaknya beberapa meter di atas permukaan normal air sungai, tetapi areal yang berarti mungkin juga terendam dalam waktu singkat pada waktu banjir besar.

Tanahnya dalam, bertekstur sedang dan halus, drainase sedang. Areal ini bervegetasi hutan dengan sedikit ladang di beberapa tempat (ladang dan belukar).

b. Kelompok tanah berombak (dataran berombak)

Satuan lahan ini sedikit berlereng yang terletak diantara patahan batuan liat dan patahan-patahan teras karstik yang curam.

Terasnya banyak yang berombak dan bergelombang dengan amplitudo relief yang kurang dari 10 m, berlereng konveks dan daerah antara dua sungainya selalu mempunyai luas antara 50 – 200 m. Tanahnya dalam, bertekstur halus dan berdrainase baik. Vegetasinya hutan kering, tetapi sudah terdapat daerah penebangan dan ladang berpindah khususnya di selatan desa Lempake.

c. Kelompok tanah berbukit curam (hillocks)

Satuan lahan perbukitan ini terdapat di barat daya, kemiringannya diawali dari yang ringan pada permukaan batuan liat, dan terbagi-bagi

dalam kompleks dengan bentuk hillocks dengan puncak berombak yang sempit dan tebing yang curam.

Ketinggian hillocks antara 10 sampai 30 m, dan 60% dari kemiringannya dari sedang sampai sangat curam. Puncaknya sempit, jarang yang melebihi 20 m dan lerengnya berbentuk konveks.

Tanah pada lereng curam yang dalam, bertekstur halus dan drainasinya baik. Vegetasinya hutan kering tapi perlu juga diperhatikan sudah banyak daerah penebangan disini, dan untuk ladang berpindah hanya sedikit saja disini.

d. Kelompok tanah datar karts (teras karstik yang bergelombang)

Satuan lahan ini terdapat di tenggara Talisayan dengan bentuk datar dan teras yang bergelombang tanpa hums. Permukaan karstik selalu tanpa ada drainase permukaan dan rendah, bentuk dan penyebaran batuan kapur tidak teratur dan terdapat batuan besar dengan micro relief dari batuan kecil.

Luas daerah batuan sebesar 20% - 50% dari satuannya tetapi tidak dapat dipetakan secara tersendiri. Frekuensi rawa depressi yang kecil berada diantara daerah batuan.

Kedalaman tanah umumnya sedang sampai dangkal, bertekstur halus dan drainasinya baik. Vegetasinya berupa hutan kering, aktifitas penebangan dan ladang berpindah sudah tidak terdapat disini.

e. Kelompok tanah bergelombang (teras karstik yang datar sampai berombak dengan hum)

Satuan lahan terdapat pada jalur timur laut Talisayan dengan bentuk lahan utama datar dan teras yang bergelombang dengan sedikit drainase permukaan dan kerapatan dari hums yang bervariasi.

Satuan lahan ini dibagi dalam beberapa bagian berdasarkan kerapatan hum dan bahaya banjir seperti terlihat pada tabel 15 dibawah ini.

Tabel 15. Hubungan Kerapatan Hum dengan Banjir

Satuan Lahan	Kerapatan hum	Kondisi drainase
1	Kurang dari 5 hum/ha	Tidak ada banjir
1a	Lebih dari 5 hum/ha	Tidak ada banjir
1b	Kurang dari 5 hum/ha	Banjir berkala
1c	Lebih dari 5 hum/ha	Banjir berkala

Hum merupakan residu dari hasil penghancuran oleh iklim dan erosi dari patahan teras batuan kapur, dan ini dapat dibedakan dari batuan lainnya dengan melihat bentuk yang teratur dari conical termasuk juga batuan besar dengan mikro relief dari lapili pada tanahnya.

Umumnya mempunyai tinggi 2 sampai 5 m, dan diameter batumannya jarang yang lebih dari 10 m. Kerabatannya sangat bervariasi dan untuk ini tidak dapat dipetakan dengan tepat. Dekat dengan sungai Lempake terdapat hum sejumlah kira-kira 15 per hektar dan yang lainnya 2 sampai 5 per hektar, tetapi di daerah tertentu pula kerapatan yang tinggi.

Disekitar desa lempake dan karangan muka air tanahnya 120 cm dan kondisi tanah diobservasi dan indikasi penyelidikan lokal, bahwa daerah genangan dengan periode yang singkat setelah hujan besar.

Tanah disini bertekstur halus, dan kedalaman tanahnya bervariasi, tetapi jarang yang melebihi 120 cm dengan drainase yang baik sampai tidak sempurna.

Vegetasi disini hutan kering atau hutan basah dan daerah ini secara periodik selalu tergenang. Disekitar desa Lempake, Bepinang dan Kerangan terdapat perladangan yang luas. Kerapatan dari hum dan bahaya banjir disini tidak mempengaruhi pembukaan hutan untuk ladang.

f. Kelompok Tanah berbukit curam (karstik yang curam)

Tanah berbukit karstik curam ini sebagian besar terdapat di utara dan sedikit di selatan dan barat Talisayan. Dalam bentuknya satuan lahan ini mewakili bagian dari teras karstik yang sudah terbagi akibat erosi sampai ketinggian dasar di Tabalar. Di barat dan selatan, merupakan bagian dari batuan kapur yang tua. Tetapi kedua daerah tersebut 60% dari kemiringannya adalah curam, sangat curam atau kasar. Amplitudo reliefnya dapat mencapai 40 m dan sangat berbatu. Diantara bukit-bukit batu banyak terdapat gua-gua, bongkah-bongkah batuan dan tanah dan batuan besar dengan microrelief dari lapilinya, serta belahan-belahannya.

Kedalaman tanah selalu dangkal, tetapi tanah diantara dua bukit ada juga yang dalam. Vegetasi disini hutan kering, tetapi jumlah areal penebangan disini sangat luas.

- g. Kelompok tanah berbukit yang sangat curam (bukit karstik yang curam)

Tiga daerah curam yang terisolasi dan sangat curam terdapat pada bukit batuan kapur, walaupun hanya satu yang cukup besar.

Di timur laut dan barat, satuan lahan ini didisolasi batuan kapur tepi dari kelompok batuan. Amplitudo dari reliefnya antara 20 – 75 m, dan 75% dari kemiringannya curam, sangat curam atau kasar. Kedalaman tanah sangat dangkal, vegetasinya hutan kering yang heterogen dengan jarak kanopi yang lebar.

Satuan lahan yang terdapat di tenggara pada dasarnya merupakan lanjutan dari datar dan teras karstik yang bergelombang dengan kelompok batuan, tetapi jumlah batuan disini melebihi 50% dari areal dan akibatnya topografi disini sangat tidak beraturan. Terdapat tepi batuan kapur yang rendah, hums dan batuan besar dengan microrelief dari lapilinya. Batuan besar dengan bongkahan-bongkahan juga terdapat disini dan dibawah hamparan batuan kapur terdapat sinkhoks dan fissures. Tidak terdapat drainase permukaan, tanah umumnya dangkal sampai sangat dangkal, bertekstur halus dan drainasenya baik. Vegetasinya hutan kering.

5.5.2. Fisiografi dan tanah

Tanah secara umum dapat dibagi dalam sistem alluvial, sistem dataran, perbukitan dan sistem karstik.

- a. Tanah sistem aluvial

Tanahnya dalam, drainase dari sedang sampai tidak sempurna, tekstur dari sedang sampai halus, warna tanah coklat kekuningan dengan sedikit concresi dan argillic horizon.

Gambaran umum yang dominan untuk seluruh profil terdiri dari pasir yang halus dengan warna kuning kecokelatan, coklat tua dengan bercak dibawah 40 sampai 50 cm dan berwarna coklat kelabu. Pada top soil bertekstur halus, lempung berpasir sampai lempung berdebu. Pada profil tidak terdapat tanda-tanda bekas banjir (terendam), dan muka air tanahnya dibawah 120 cm.

- b. Tanah sistem dataran dan perbukitan

Tanahnya dalam, bertekstur halus, drainase baik yang dapat dibedakan dari tanah yang dalam pada sistem karstik yang umumnya

memiliki nilai yang tinggi dan berchroma, pada daerah yang mempunyai concretion dan clays hums, berpasir sangat halus dan berdebu pada profilnya dan kedalaman subsoilnya bervariasi antara 50 cm.

Top soilnya berwarna kuning tua sampai coklat keabu-abuan, lempung pasir halus lempung liat berpasir atau liat.

Sub soil kuning kecokelatan tetapi dengan kelabu yang muda dengan bercak merah atau merah kekuningan, dan kedalamannya dimulai dari 40 sampai 80 cm, dengan tekstur liat berdebu atau liat.

Deskripsi profil menunjukkan konsistensi dari teguh sampai sangat teguh dengan struktur gumpalan subangulir yang halus dari lemah sampai sedang dan perakaran dibawah 1 m.

c. Tanah sistem karstik

Gambaran tanah yang umum terbentuk dari batuan kapur adalah mempunyai kedalaman yang bervariasi dan tidak teratur, dan permukaannya sangat berbatu.

Variasi kedalaman tanahnya mempunyai jarak yang sangat pendek dan tidak dapat diduga. Sebagai contoh, daerah yang dekat dengan hum kedalaman tanahnya mungkin lebih dari 1 m, dan pada daerah lainnya yang bebatuan kedalaman tanahnya mungkin kurang dari 50 cm. Keadaan tersebut sangat menyulitkan pemetaan kedalaman tanah yang akurat untuk satuan lahan pada sistem karst dengan skala survai. Berdasarkan pengeboran tanah sepanjang rintisan, dapat dilihat indikasi dari jumlah variasi kedalaman tanah yang ada pada tiap satuan lahan.

Tanah dari batuan kapur (diluar lithosol dan phase lithic) mempunyai karakteristik hitam sampai abu-abu gelap adalah liat berlempung coklat pada top soilnya. Coklat kekuningan yang gelap disini melebihi coklat kekuningan liat.

Dengan ketebalan antara 2 sampai 5 mm umumnya tampak lapisan keras berupa kongresi besi dan/atau mangan, khususnya dibawah top soil.

Ketebalan sedang, patahan clay skins umumnya pada subsoil. Tanahnya dari teguh sampai sangat teguh dan bentukan dari struktur gumpalan subangulirnya dari lemah sampai sedang. Dalam analisa yang sama, nilai pH pada topsoil sekitar 6,7 pada hutan kering, dan untuk daerah perladangan sampai 5,3.

Kesimpulan tanah dengan sistem karstik mempunyai kapasitas tukaran kation yang tinggi, jumlah unsur hara yang tinggi dan titik jenuh yang tinggi dibandingkan dengan jenis tanah lainnya.

Tanah dengan sistem karstik umumnya mempunyai drainase yang baik, tetapi disekitar Lempake dan Kerangan muka air tanahnya 100 cm, dan tanah ini secara periodik tergenang dalam waktu yang singkat dengan drainase yang sedang sampai buruk. Warna sangat olive, profil bercak-bercak dan pada topsoilnya bergambut dengan tekstur berdebu, dan disini terdapat areal gambut.

5.6. Pembentukan tanah di daerah Tabalar

Jenis tanah dalam areal Unit Tabalar adalah Hapludults, Paleudults dan Hapludalfs yang setara dengan Podsolik dan Latosol. Informasi mengenai macam tanah serta penyebarannya diperoleh dari hasil survai dan pemetaan tingkat tinjau dengan menggunakan peta Kontur skala 1 : 50.000. Lokasi pembuatan profil tanah ditentukan secara purposive berdasarkan keadaan geologi, bentuk wilayah serta keadaan geologi, bentuk wilayah serta keadaan vegetasi. Dari hasil survei tanah diperoleh gambaran umum tentang sifat-sifat tanah, baik fisik maupun kimia, yang dapat digunakan sebagai landasan penelitian.

5.6.1. Tanah dari batuan sedimen berdrainase baik

Tanah ini mempunyai solum yang tebal dengan drainase sedang sampai baik, berkembang dari bahan induk batu liat napalan. Sebagai tanah yang telah mengalami perkembangan lanjut, ciri yang sangat menonjol adalah terjadinya endapan liat pada horizon B dan rendahnya kejenuhan basa, serta bereaksi masam sampai sangat masam.

Lapisan atas berwarna coklat tua (7,5 YR 3/4) sampai coklat pekat (7,5 YR 5/6-4/6). Tekstur liat, struktur kubus agak bersudut lemah medium, konsistensi gembur bila lembab, agak lekat dan agak Plastis bila basah. Kejenuhan basa rendah dan reaksi tanah sangat masam. Kandungan N dan P total berturut-turut sedang dan sangat tinggi. Kandungan P-tersedia tinggi dan K-dapat tukar sangat tinggi. Kation Ca dan Mg-dapat tukar adalah rendah dan sangat tinggi.

Lapisan bawah berwarna merah kekuningan (5 YR 5/6-5/8). Tekstur liat, struktur kubus agak bersudut sedang medium, konsistensi teguh bila lembab, dan lekat serta plastis bila basah. Kejenuhan basa rendah dan reaksi tanah tergolong masam. Kandungan N dan P total berturut-turut rendah dan sangat rendah. Tanah ini menyebar di bagian Barat daya areal pada bentuk wilayah datar berombak, bergelombang dan berbukit. Faktor penghambat yang perlu diperhatikan adalah reaksi tanah yang sangat masam dan tekstur tanah yang berat. Tanah dengan karakteristik tersebut diatas tergolong jenis Tanah Typic Hapludults.

5.6.2. Tanah dengan drainase agak baik

Secara umum tanah ini mirip dengan Typic Hapludults kecuali bahwa warna lapisan 75 cm teratas lebih kuning akibat pengaruh air pada lapisan tanah permukaan. Drainase tanah ini tergolong baik. Bahan induk pembentuk tanah ini adalah batu liat Napalan serta konglomerat atau batu pasir.

Lapisan atas berwarna coklat sangat tua kekelabuan (10 YR 3/2) dan coklat sampai coklat tua (10 YR 4/3). Tekstur lempung berliat sampai liat. Struktur remah sedang medium sampai kubus agak bersudut sedang medium. Konsistensi gembur bila lembab, agak lekat dan agak plastis bila basah. Kejenuhan basa sedang sampai rendah dan reaksi tanah masam sampai sangat masam.

Kandungan N dan P total berturut-turut sedang dan tinggi, sedangkan kandungan P-tersedia dan K-dapat tukar tergolong rendah hingga sangat tinggi dan sangat tinggi. Kation Ca dan Mg-dapat tukar berturut-turut sedang dan tinggi.

Lapisan bawah berwarna kuning kecoklatan (10 YR 6/6-6/8). Tekstur liat, struktur kubus agak bersudut sedang halus. Konsistensi teguh bila lembab dan lekat serta plastis bila basah. Kejenuhan basa rendah sampai sangat rendah dan reaksi tanah sangat masam. Kandungan N dan P total berturut-turut rendah sampai sangat rendah dan sedang sampai sangat tinggi. Kandungan P-tersedia tergolong rendah sampai sangat tinggi dan K-dapat tukar tinggi. Kation Ca-dapat tukar rendah sampai sedang dan Mg-dapat tukar sedang.

Tanah ini dijumpai di bagian Tengah, Utara, dan Barat Laut areal pada bentuk wilayah datar sampai berombak, dan berombak sampai bergelombang. Faktor pembatas yang perlu diperhatikan adalah reaksi tanah yang sangat masam dan keadaan lingkungan perakaran yang terbatas disebabkan tekstur tanah yang berat.

5.6.3. Tanah dari batuan kapur dengan solum agak tebal

Tanah ini bersolum sangat dalam (> 120 cm), berdrainase baik dengan sebaran butir berliat halus sampai berliat sangat halus. Berbeda dengan Hapudults, tanah ini mempunyai kejenuhan basa yang lebih tinggi yang tergolong jenis tanah Ultic Hapludalfs.

Lapisan atas berwarna cokelat tua kekuningan (10 YR 4/4-4/6) sampai cokelat tua (10 YR 3/3), bertekstur lempung berliat sampai liat, struktur remah sampai kubus lemah medium, konsistensi gembur bila lembab, tidak lekat dan tidak plastis bila basah. Kejenuhan basa sedang sampai tinggi dan reaksi tanah sangat masam sampai masam. Cadangan unsur N dan P total berturut-turut sedang sampai tinggi dan sangat tinggi. Kandungan P tersedia tinggi sampai sangat tinggi, dan K-dapat tukar sangat tinggi. Kation Ca-dapat tukar rendah sampai sangat tinggi dan Mg-dapat tukar sedang sampai sangat tinggi.

Lapisan bawah berwarna cokelat kekuningan (10 YR 5/6) sampai kuning kecokelatan (10 YR 6/6-6/8), bertekstur liat, struktur kubus membulat sampai kubus bersudut, lemah sampai sedang halus sampai medium, konsistensi teguh bila lembab, lekat dan plastis bila basah.

Kejenuhan basa sedang, reaksi tanah masam sampai sangat masam. Cadangan unsur N dan P total berturut-turut rendah dan tinggi sampai sangat tinggi.

Kandungan P-tersedia tinggi sampai sangat tinggi dan K-dapat tukar sedang. Kation Ca dan Mg-dapat tukar berturut-turut rendah dan sedang.

Tanah ini dijumpai pada seluruh bagian areal dengan bentuk wilayah datar hingga berbukit agak bergunung. Faktor pembatas ialah reaksi tanah yang masam, tekstur tanah yang tergolong berat, dan topografi yang berat.

5.6.4. Tanah dari batuan kapur dengan solum tipis

Tanah ini bersolum dangkal sampai sedang. Pada lapisan bawah terdapat batuan yang sulit ditembus akar dan dikelompokkan dalam jenis tanah Lithic Hapludalfs.

Lapisan atas berwarna coklat tua kekuningan (10 YR 3/4-4/4), tekstur liat, struktur remah sedang medium, konsistensi gembur bila lembab, tidak lekat sampai tidak lekat dan tidak plastis bila basah. Kejenuhan basa sedang dan reaksi tanah sangat masam. Kandungan N dan P-total dalam tanah berturut-turut sedang dan tinggi. Kandungan P-tersedia sedang rendah, dan K-dapat tukar sedang. Kation Ca dapat tukar sedang dan Mg dapat tukar tinggi.

Lapisan bawah berwarna coklat kekuningan (10 YR 5/4), bertekstur liat, struktur kubus agak bersudut sedang halus konsistensi teguh bila lembab, lekat dan plastis bila basah. Kejenuhan basa rendah sampai sangat rendah dan reaksi tanah masam sampai sangat masam. Kandungan N dan P total berturut-turut rendah sampai sedang dan tinggi. Sedangkan P-tersedia sangat tinggi dan K-dapat tukar sedang. Kation Ca dan Mg-dapat tukar masing-masing rendah dan sangat tinggi. Tanah ini dijumpai pada bagian Tenggara areal dengan bentuk wilayah berombak sampai bergelombang. Faktor pembatas utama adalah solum tanah yang tergolong dangkal sampai sedang, reaksi tanah yang masam sampai sangat masam dan tekstur tanah yang liat.

5.6.5. Tanah dengan oksida besi

Tanah ini bersolum sedang sampai dalam dan berdrainase baik, serta mempunyai sebaran butir berliat halus sampai berliat sangat halus, tetapi telah memperlihatkan penimbunan besi oksida pada lapisan subsoilnya dan masih tergolong jenis tanah Typic Hapludults dengan Plintit.

Lapisan atas berwarna coklat kekuningan (10 YR 5/6), bertekstur liat, struktur remah sedang medium sampai kasar, konsistensi gembur bila lembab, agak lekat dan agak plastis bila basah. Kejenuhan basa sangat rendah dan reaksi tanah masam sampai sangat masam. Kandungan N-total dan P-total berturut-turut sangat rendah dan tinggi. Kandungan P-tersedia

sangat tinggi dan K-dapat tukar sedang, kation Ca dan Mg-dapat tukar rendah.

Lapisan bawah berwarna kuning kecokelatan (10 YR 6/6). Tekstur liat. Struktur kubus agak bersudut sedang, medium sampai kasar. Konsistensi teguh bila lembab, lekat dan plastis bila basah. Kejenuhan basa rendah dan reaksi tanah sangat masam. Kandungan N dan P-total berturut-turut rendah dan sedang. Kandungan P-tersedia dan K-dapat tukar tergolong rendah. Kation Ca dan Mg-dapat tukar tergolong sangat rendah dan rendah.

Tanah ini dijumpai di bagian Timur Laut areal pada bentuk wilayah berombak hingga berbukit. Faktor pembatas yang menonjol adalah kesuburan tanah yang rendah, reaksi tanah yang masam sampai sangat masam dan kondisi perakaran karena tekstur tanah dan sebagian juga topografi yang tergolong berat. Tanah-tanah tersebut dikelompokkan dalam jenis tanah Typic Paleudults.

5.7. Karakteristik Lahan Sangatta

5.7.1. Kelompok lahan bergelombang

- a. Pit North Melawan. Kelompok lahan ini termasuk kelompok fisiografi sistem dataran dengan bentuk wilayah bergelombang, kelas lereng berkisar anatar 8 - 15% dan panjang lereng bervariasi antara 112 - 140 m. Tanah berkembang dari pelapukan batuan sedimen jenis mudstone (shale), dimana sifat-sifat tersebut masih terlihat pada penampang tanah kedalaman 83 - 186 cm (upper slope), 101 - 178 cm (middle slope) dan 95 - 136 cm (lower slope). Sifat-sifat bahan induk itu teramati berwarna kelabu cerah dan batas bawah horizon ini batas ketebalan tanah (solum).

Tanah umumnya berwarna coklat kekuningan hingga coklat dengan tekstur lapisan atas lempung berdebu hingga lempung berliat (horison A), light yellowish brown hingga pale red dengan tekstur silt loam hingga clay foam di lapisan B. Susunan horizon adalah A/Ah (3-10 sm di upper, 3-20 cm di middle, 3-23,5 cm di lower dan 5 cm di valley); Horizon AB/Bt1/Bt2/Bt3/BC (75-179 cm di upper, 34-158 cm di middle, 80-123 cm di lower dan 175 cm di valley) dan C horizon. Pada Horizon BC di

daerah upper dan lower, tanahnya bercampur dengan partikel kasar (coarse fragment) berupa iron concretion.

Ketebalan topsoil berkisar antara 10 - 33 cm di upper, 19 - 25 cm di middle, 3-24 cm di lower dan sekitar 30 cm di daerah valley. Ketebalan subsoil relatif tebal yaitu 75-173 cm di upper, 65 - 168 cm di middle, 117 - 148 cm di lower dan sekitar 151 cm di valley. Tanah secara umum dapat diklasifikasikan ke dalam jenis tanah Typic Hapludults (USDA, 2014) yang setara dengan Haplic Alisols (FAO, 1988) atau Podsolik Haplik (Pusat Penelitian Tanah, Bogor, 1983) di daerah upper, middle dan lower slope; Typic Dystrypepts (USDA), Dystric Cambisol (FAO) dan Kambisol Distrik (Pusat Penelitian Tanah, Bogor/PPT) di daerah valley. Sifat kimia tanah top soil Pit North Melawan relatif subur karena memiliki pH yang mendekati netral (5,5 - 6,2) dengan kejenuhan basa 67 - 78 % dan Kejenuhan aluminium hanya 6% pada kedalaman 10 - 22 cm dari permukaan tanah. Rendahnya kandungan fosfat tersedia yang hanya 42 - 60 kg/ha merupakan kendala utama kesuburan tanah di areal ini.

- b. Pit South Melawan. Seperti halnya Pit North Melawan, daerah tambang Pit South Melawan juga termasuk kelompok dengan sistem fisiografi dataran yaitu merupakan daerah peneplain (bukit angkatan) dengan bentuk wilayah bergelombang hingga berbukit; kelas lereng/slope berkisar 15-30% dengan panjang slope bervariasi dari 100 m hingga 300 m dan beda tinggi antara 27,3 hingga 43,6 m.

Tanah terbentuk dan berkembang dari batuan sedimen jenis mud stone dan sand stone dimana sifat-sifat parent materials tersebut masih terlihat di dalam penampang tanah pada kedalaman 100 - 175 cm di daerah upper slope, 92 - 159 cm di daerah middle slope, 109 - 159 cm di daerah lower slope dan 120 cm di lembah/Valley area. Sifat-sifat parent materials yang umumnya berwarna light gray hingga gray (weathered sand stone) yang merupakan ciri batas zone pelapukan tanah dan digunakan sebagai batas ketebalan tanah. Umumnya tanah berwarna very dark grayish brown hingga yellowish brown dengan tekstur silt loam hingga loamy sand di lapisan A, light yellowish brown hingga reddish yellow dengan tekstur sandy loam hingga clay di lapisan B. Susunan horizon adalah A/Ah (2-17,5 cm di upper, 1-27 cm di middle, 8-20 cm di lower dan 13 cm di valley); horizon AB/Bt1/Bt2/Bt3/BC (95-169 cm di upper, 35-147 cm di

middle, 92-150 cm di lower dan 140 cm di valley) dan C horizon. Partikel kasar (coarse fragment) sudah terlihat pada lapisan Bt1 (34-47 cm) dengan diameter 0,5-2 cm dan volume 2-5% di daerah upper dan horizon BC (145 cm) dengan diameter 1-2 cm dan volume 2-5% di daerah lower.

Ketebalan topsoil South Melawan berkisar antara 5-36 cm di upper, 7-30 cm di middle, 17-40 cm di middle, 17-40 cm di lower dan sekitar 5-13 cm di daerah valley. Ketebalan subsoil juga relatif tebal yaitu 80 - 154 cm di upper, 35-109 cm di middle, 90 - 185 cm di lower dan sekitar 80 - 140 cm di valley. Tanah secara umum dapat diklasifikasikan ke dalam jenis tanah Typic Hapludults (USDA, 2014) yang setara dengan Haplic Acrisols (FAO, 1988) atau Podsolik Haplik (Pusat Penelitian Tanah, Bogor, 1983) di daerah upper, middle dan lower slope; Typic Dystropepts (USDA), Dystric Cambisol (FAO) dan Kambisol Distrik (Pusat Penelitian Tanah, Bogor/PPT) di sebagian daerah lower. Sejak dari permukaan tanah hingga lapisan yang lebih dalam hampir mendekati sangat masam dengan kandungan kapasitas tukar kation tergolong rendah hingga sangat rendah (<10 meq/100 gram tanah) menyebabkan fiksasi unsur hara makro seperti fosfat cukup tinggi. Hal ini ditandai dengan kandungan fosfat hanya sekitar 76 - 79 kg/ha di profile 4 dan 16 - 20 kg/ha pada permukaan tanah. Nitrogen tersedia juga cukup rendah dan umumnya kurang dari 100 kg/ha di lapisan atas dan hanya 26 - 53 kg/ha di lapisan subsoil.

5.7.2. Kelompok lahan berbukit hingga berbukit curam

- a. Pit J. Posisi koordinat 117° 33' 33''E dan 0° 33' 03'' N. Berdasarkan hasil pengamatan lapangan, disimpulkan bahwa lokasi tambang Pit J termasuk kelompok fisiografi sistem perbukitan dengan bentuk wilayah berbukit, kelas lereng/slope berkisar antara 15-30% sampai 30-45%. Panjang slope bervariasi dari 140 m hingga 240 m dengan beda tinggi/relief antara 35,5 hingga 49,1 m.

Tanah umumnya berasal dari hasil proses pelapukan bahan induk jenis mud stone dengan sisipan sand stone dimana sifat-sifat parent materials tersebut masih dapat ditemukan dalam penampang tanah berupa fragmen kasar maupun bentuk fisik lainnya. Ketebalan tanah di daerah middle slope cenderung lebih tipis yaitu berkisar 78 cm hingga 173 cm karena tanah yang terbentuk di daerah middle ini telah tererosi selama proses pelapukan

berlangsung yang ditandai tipisnya lapisan berwarna dark brown/humus. Secara umum ketebalan tanah berkisar antara 78 cm hingga 189 cm. Tanah berwarna very dark brown hingga yellowish brown dengan tekstur sandy loam hingga clay loam di lapisan A, light yellowish brown hingga reddish yellow dengan tekstur sandy loam hingga clay di lapisan B. Susunan horizon adalah horizon A/Ah (1-24 cm di upper, 1-20 cm di middle, 6-24 cm di lower); horizon AB/Bt1/Bt2/Bt3/BC (96-168 cm di upper, 76-173 cm di middle, 73-181 cm di lower) dan C horizon. Partikel kasar (coarse fragment) sudah terlihat pada lapisan Bt2 (80-85 cm) dengan diameter 1-7 cm dan volume 5-10% di daerah upper; horizon AB, Bw1 dan Bt1 (32-82 cm) dengan diameter 5-12 cm dan volume 7-10% di daerah middle dan AB, Bw1, Bw2 dan Bw3 (44-181 cm) di daerah lower.

Ketebalan topsoil Pit J berkisar antara 18-37 cm di upper, 5-37 cm di middle, 6-49 cm di lower. Ketebalan subsoil juga relatif tebal yaitu 58-155 cm di upper, 73-183 cm di middle, 73-181 cm di lower. Tanah yang memiliki susunan horizon A-Bt-C dapat diklasifikasikan ke dalam jenis Typic Hapludults yang setara dengan Haplic Acrisols atau Podsolik Haplik (PPT, 1983)., sedang yang memiliki susunan horizon A-Bw-C diklasifikasikan kedalam jenis tanah Typic Dystrypepts dan Typic Eutropepts (USDA, 2014) yang setara dengan Dystric Cambisol dan Eutric Cambisols (FAO, 1988) atau Kambisol distrik dan Kambisol Eutrik (Pusat Penelitian Tanah, Bogor, 1983) baik di daerah upper, middle dan lower slope. Kandungan ketersediaan Fosfat Pit J lebih rendah yaitu hanya sekitar 4-40 kg/ha dipermukaan tanah dan 3-30 kg/ha di subsoil. Kapasitas Pertukaran Kation juga relatif rendah tetapi memiliki kejenuhan basa yang relatif baik yaitu sekitar 61 hingga 100%.

- b. Pit AB. Lokasi Pit AB dibuat tiga transek yaitu pada posisi koordinat 117° 29' 48'' E dan 0° 36' 57'' N hingga 117° 30' 38'' E dan 0° 36' 06'' N. Pit AB termasuk kelompok fisiografi sistem perbukitan dengan bentuk wilayah berbukit curam, kelas lereng/slope berkisar antara 15-30%, 30-45% hingga 45-60%. Panjang slope bervariasi dari 240 m hingga 390 m dengan beda tinggi/relief antara 58,5 hingga 131,4 m.

Tanah umumnya berasal dari hasil proses pelapukan bahan induk jenis mud stone dengan sisipan sand stone dimana sifat-sifat parent materials

tersebut masih dapat ditemukan dalam penampang tanah berupa fragmen kasar maupun bentuk fisik lainnya. Ketebalan tanah di daerah upper slope cenderung lebih tipis yaitu berkisar antara 49 cm hingga 242 cm dengan ketebalan rata-rata sekitar 135 cm, berwarna dark brown hingga light yellowish brown dengan tekstur sandy loam hingga clay loam di lapisan A, yellowish brown hingga reddish yellow dengan tekstur clay loam hingga clay di lapisan B. Susunan horizon adalah horizon A/Ah (5-9 cm di upper, 2-26 cm di middle, 2-25 cm di lower); horizon AB/Bt1/Bt2/Bt3/BC (43-161 cm di upper, 48-235 cm di middle, 90-171 cm di lower) dan C horizon. Partikel kasar (coarse fragment) sudah terlihat pada lapisan Bt1 (75 cm) pada daerah middle slope dengan diameter 5-7 cm dan volume hanya 1%, sedang di horizon BC (118-146) ditemukan batubara dengan volume sekitar 3-5 %. Pada horizon Bw2 (99 cm) juga ditemukan coarse fragment dengan diameter 10-20 cm dan volume 35% di daerah lower.

Ketebalan topsoil Pit AB berkisar antara 23-24 cm di upper, 3-30 cm di middle, 10-32 cm di lower. Ketebalan subsoil juga relatif tebal yaitu 103-145 cm di upper, 106-124 cm di middle, 89-239 cm di lower. Informasi lebih detail tentang ketebalan tanah dapat dilihat pada tabel rekomendasi penggunaan ketebalan tanah pada lampiran (Pit AB). Tanah yang memiliki susunan horizon A-Bt-C dapat diklasifikasikan ke dalam jenis Typic Kandudults dan Typic Kandudalfs yang setara dengan Haplic Ferralsols (FAO, 1988) atau Podsolik Kandik (PPT, 1983). Sedang yang memiliki susunan horizon A-Bw-C diklasifikasikan ke dalam jenis tanah Typic Dystropepts (USDA, 2014) yang setara dengan Dystric Cambisol (FAO, 1988) atau Kambisol Distrik (Pusat Penelitian Tanah, Bogor, 1983) yang terdapat di daerah lower slope. Rendahnya ketersediaan fosfat, kandungan bahan organik dan kapasitas pertukaran kation (CEC) merupakan kendala kesuburan tanah Pit AB. Kejenuhan Aluminium relatif baik pada topsoil, tetapi sangat tinggi di lapisan subsoilnya yaitu mencapai 100%. Untuk pemanfaatan tanah pit AB diperlukan peningkatan kandungan fosfat dan bahan organik.

Pit AB memiliki kandungan liat tinggi yaitu sekitar 22-42 % di lapisan atas dan 33-51% pada lapisan subsoil. Pit B termasuk kelompok dengan sistem fisografi dataran berupa bukit angkatan (peneplain) dengan bentuk wilayah bergelombang hingga berbukit, memiliki kelas lereng

berkisar 15-30% dengan panjang lereng antara 100 hingga 300 meter dan beda tinggi 27,3 hingga 43,6 m. Tanah terbentuk dan berkembang dari batuan lumpur (mudstone) dan sand stone dimana sifat-sifatnya masih terlihat di dalam penampang tanah pada kedalaman 100-75 cm (upper slope), 92-159 cm (middle slope) dan 109-159 cm (lower slope). Tanah lapisan atas (horison A) umumnya berwarna coklat kelabu sangat gelap (10 YR 3/2) hingga coklat kekuningan (10 YR 5/6), bertekstur lempung berdebu hingga pasir berlempung. Berwarna coklat kuning cerah (10 YR 6/4) hingga merah kekuningan (7,5 YR 6/6) dengan tekstur lempung berpasir hingga liat pada lapisan B. Susunan Horison adalah A/Ah memiliki tebal 2-17,6 cm (upper slope), 1-27 cm (middle) dan 8-20 cm (lower). Hal ini menunjukkan bahwa terjadi penimbunan lapisan dengan kandungan bahan organik di daerah lembah, meskipun dibagian tengah lereng tidak terlihat kehilangan lapisan humus yang signifikan. Horison AB/Bt/BC memiliki tebal 95-169 cm (upper), 35-147 cm (middle) dan 92-150 cm (lower). Partikel kasar sudah terlihat pada lapisan Bt1 (34-47 cm) dengan diameter 0,5-2 cm dengan volume 2-5% (upper) dan pada lapisan BC (145 cm) dengan diameter 1-2 cm dan volume 2-5%.

BAB VI

TANAH FERRALITIK

Hambatan utama dalam pemahaman tanah Tropik sering membingungkan dimana istilah *Latosol*, *laterit* dan *melaterit* (*lateritik*) mempunyai pengertian yang sangat berbeda. Awalnya ilmu tanah berkembang di wilayah iklim sedang, khususnya Uni Sovyet, Eropa Barat dan Amerika Serikat. Perjalanan mereka pada abad ke sembilan belas ke wilayah Tropika mengakibatkan pandangan yang keliru mengenai keseragaman tanah tropika dan pernyataan yang berlebihan tentang adanya lapisan yang mengeras yang kaya akan oksida besi yang disebut laterit. Dari temuan tersebut berkembanglah dalam kepustakaan dengan pengertian sebagai tanah yang kaya akan besi yang jika tersungkap mengeras secara tetap. Latosol dan tanah melaterit juga diartikan tanah yang sedang berubah menjadi laterit.

Dalam telaahnya mengenai tanah Amerika latin, Buol (1973) menekankan bahwa definisi yang sekarang tentang Laterit atau plinthit mengacu kepada bahan induk, bukan kepada macam tanah. Ia pun menekankan luas daerah laterit yang hanya terbatas dan kenyataan bahwa letrit terdapat pada kedudukan geomorfologi tertentu, bukan hanya di wilayah tropika, tetapi juga di Amerika Serikat.

Umumnya tanah Ferralitik di Kalimantan timur terdapat pada tanah-tanah berdrainase baik hingga sedang dan berkembang pada batuan sedimen yang kaya akan besi seperti batuan clay/silt, batuan lumpur (shale) dan metamorfik (schist). Tanah yang berkembang dari batuan vulkanik (Barongtongkok) meskipun telah berkembang pada taraf lanjut (Oxisols), tanah ferralitik hampir tidak terdapat, begitu pula pada tanah yang berkembang dari batuan kapur (karts) juga tidak terlihat adanya plinthit.

6.1. Tata guna lahan dan kesesuaiannya

Hampir semua tanah di wilayah tropika tergolong tanah berkembang hingga lanjut sehingga umumnya menghasilkan tanah-tanah Ultisols hingga Oxisols. Tanah Ultisols terdapat pada lanskap yang terpotong permukaannya saat erosi kuarternary. Sementara tanah-tanah Oxisols terletak pada permukaan yang lebih stabil, umumnya memiliki topografi datar hingga agak bergelombang.

Vegetasi alaminya adalah hutan hujan tropis, dimana kesuburan alaminya, baik pada tanah ferralitik Ultisols maupun ferralitik Oxisols umumnya terkonsentrasi dalam bahan organik tanah dan terimmobilisasi pada vegetasinya. Kerap kali kandungan liat khususnya pada tanah Oxisols menjadi parameter tingkat kesesuaiannya.

Tanah-tanah Orthox dan Udults tersebar luas pada hutan hujan tropis. Tanah Orthox mendominasi tanah-tanah di sentral Afrika dan lembah Amazon, sedangkan tanah Udults mendominasi tanah-tanah di Asia Tenggara, khususnya Kalimantan Timur. Hampir 80% produksi karet dunia berasal dari Malaysia dan Indonesia. Tanah-tanah Udults tersebut juga cocok untuk budidaya perkebunan seperti kelapa sawit dan kopi robusta, tetapi tidak umum digunakan untuk budidaya kakao. Tanaman pangan awalnya dibudidayakan dengan sistem ladang berpindah.

6.2. Karakteristik dan manajemen pertanian

Distribusi partikel tanah (tekstur) tanah ferralitik di alam berhubungan erat dengan bahan/batuan induk yang teksturnya bervariasi dari lempung liat berpasir (sandstone dan quartz) hingga liat berat (shale dan schist). Lempung berpasir dan pasir berlempung terdapat akibat adanya proses transportasi dari tempat asal ke sedimen baru oleh air. Kandungan tekstur tanah juga berpengaruh terhadap porositas Tanah. Porositas makro (+ 30 micron) dapat diketahui dengan membandingkan porositas total dengan tekanan air 0,1 bar pada kurva pF. Porositas makro sangat berperan pada aerasi tanah. Porositas mikro relatif stabil di dalam profil tanah. Pengolahan tanah yang berlanjut tidak merubah porositas total, tetapi dapat merubah porositas makronya yang semakin berkurang akibat berkurangnya kandungan bahan organik.

Umumnya dipahami bahwa tanah ferraltik yang bervegetasi hutan alam memiliki aerasi yang baik dengan struktur yang stabil. Stabilitas agregat tersebut dihasilkan oleh susunan mineral lempung silikat dengan besi dan aluminium oksida, flokulasi lempung kaolinitik yang muatan listriknya lemah tidak terdispersi, dan lapisan tipis kation yang mengelilingi misel lempung hanya sedikit berkontribusi pada proses osmotik yang berperan terhadap berkembang dan menyusutan material yang terkait dengan proses basah dan kering. Agregasi berpengaruh terhadap peningkatan non capillary porosity, memperbaiki aerasi dan drainase tanah. Kandungan lempung terdispersi air yang rendah hingga sangat rendah membuat tanah stabil dan tahan terhadap erosi.

Dalam mempertimbangkan keterbatasan karena ketersediaan air dan hambatan iklim pada tanah di daerah tropis, perlu untuk membuat perbedaan yang jelas antara kawasan hutan hujan yang terus menerus lembab dengan rezim moisture Udic dengan tropis hujan musiman dengan rezim kelembaban Ustic. Kalimantan Timur umumnya memiliki rejim kelembaban Udic hingga Perudik, tetapi didaerah yang lebih kering (Kabupaten Pasir bagian selatan) terindikasi memiliki rejim kelembaban Ustic (data kurang lengkap) tetapi lebih berat ke rejim kelembaban Udic. Rata-rata permeabilitas tanah Oxisols Afrika yang diamati sekitar 14 cm/jam pada lapisan atas dan 6,5 cm/jam pada lapisan dibawahnya (subsoil). Kapasitas air tersedia pada horison Argillik yang didominasi oleh aktivitas liat rendah (low activity clay) agak berhubungan dengan Kapasitas Tukar Kation (Moormann and Van Wambeke, 1978) yaitu :

$$AWC = 9,03 + 0,48 KTK \quad r = 0,72AWC \text{ (\%/100 gram liat)}$$

Tanaman dengan perakaran dangkal meningkatkan bahaya kekeringan tanaman tersebut. Keberadaan kapur, atau infiltrasi Ca ke dalam lapisan tanah, dapat memperbaiki keseimbangan nutrisi dan pada saat yang sama meningkatkan volume tanah tidak cukup memadai agar akar dapat mengekstrak air.

Bahan organik merupakan produk yang sangat penting hutan hujan tropis. Sejumlah bahan organik yang terimmobilisasi pada hutan hujan tropis bervariasi antara 150 - 300 ton bahan kering perhektar yang

mengandung 1,5 - 2 ton/200 kg Nitrogen, 250 gr garam-garam terlarut garam-garam mineral. Kandungan tersebut menyebabkan permukaan tanah mendapatkan tambahan tahunan sekitar 15 ton bahan kering perhektar yang mengandung sekitar 200 kg Nitrogen, 250 kg garam mineral dan 250 kg silika. Kandungan bahan organik tanah di hutan hujan tropis sekitar 110 ton perhektar yaitu lebih besar 7 kali dari tambahan bahan tahunannya. Hal tersebut menyebabkan bahwa jumlah unsur hara yang tersimpan pada tanah ferralitik berhubungan erat dengan kandungan bahan organik tanah dan bahan organik vegetasi. Bahan organik memberikan muatan negatif yang berperan sebagai pengikat kation di dalam tanah, dan diperkirakan bahwa KTK bahan organik pada tanah ferralitik adalah sekitar $150 \text{ cmol}^+ \text{ kg}^-$ pada pH 7 yang berarti setiap persen bahan organik menyumbang sekitar $2,6 \text{ cmol}^+ \text{ kg}^-$.

Sifat-sifat fisik-kimia seperti ikatan kation (KTK) dan sifat-sifat muatan tanah ferralitik sangat berhubungan dengan mineral liat silikat, bahan organik dan sesquioksida. Permukaan yang datar mineral liat mengembangkan muatan negatif permanen (permanent negative charge) yang diakibatkan oleh substitusi isomorfik seperti S^{4+} digantikan oleh Al^{3+} , Al^{3+} digantikan oleh Mg^{2+} dan Mg^{2+} digantikan oleh Fe^{2+} pada muatan inti liat (Crystal lattice) dengan rumus :

$$\text{PC} = (\text{jumlah basa} + \text{Al}) \times 100/5 \text{ liat}$$

Muatan yang tergantung pH (pH-dependent charge) sangat berhubungan dengan kandungan silika liat dan bahan organik. Selama ini liat silikat dengan muatan permanen di atas pH tertentu (seringkali pH 5) muatan negatif bertambah akibat deprotonasi gugus (Al-OH_2) yang terletak di tepi struktur mineral liat. Muatan-muatan ini bergantung pada pH dan akan meningkat dengan meningkatnya pH. Bahan organik yang terkonsentrasi dipermukaan, bermuatan negatif yang tergantung pH, diestimasikan bahwa KTK adalah $260 \text{ cmol}^+ \text{ kg}^-/100 \text{ gr}$ pada pH 7 dan $35 \text{ cmol}^+ \text{ kg}^-/100 \text{ gr}$ pada pH 4,5. Hal ini juga tergantung dari kualitas bahan organik dimana residu tanaman yang masih segar terikat lebih kuat dibanding dalam bentuk humus.

$$PC = KTK (\text{sum}) - PC$$

Diassumsikan bahwa tanah yang bermuatan positif memiliki delta pH positif yaitu apabila delta pH positif (pH KCl lebih besar dibanding $\text{pH H}_2\text{O}$).

6.3. Karakteristik Kimia

Kandungan Nitrogen dalam bahan organik sangat penting sebagai sumber pertumbuhan dan produksi tanaman di daerah tropika humida. Tambahan tahunan bahan organik segar sekitar 15 ton/hektar dengan tingkat dekomposisi berkisar antara 2-5% dengan rata-rata sekitar 4% pertahun. Fiksasi nitrogen oleh tanaman legum sangat penting sebagai sumber nitrogen untuk tanaman. Diperkirakan bahwa tanaman legum tahunan sebagai rotasi tanaman dapat menambah 10-70 kg/ha, setelah dua tahun atau lebih dapat mencapai 50-150 kg nitrogen perhektar. Agar permukaan tanah terlindungi, penggunaan residu/sisa tanaman sebagai mulsa dapat menghambat kerusakan struktur tanah akibat hujan lebat yang tentunya juga terhindar dari erosi tanah dan akan meningkatkan infiltrasi air hujan kedalam tanah. Mulsa tanaman juga dapat melindungi tanah dari perubahan suhu, mengatur persediaan unsur hara tanah, mencegah hama dan penyakit tanaman.

Tingkat ketersediaan fosfor pada di tanah berdrainase baik di daerah tropika humida umumnya sangat rendah. Semakin meningkatnya pelapukan tanah maka kandungan Fosfor total juga menurun. Selain itu, bagian penting dari fosfor yang tersisa di tanah terperab oleh sesquioxide selama proses pelapukan dan praktis tidak tersedia untuk nutrisi tanaman. Bentuk fosfor pada tanah tropika humid adalah organik fosfor dan mineral fosfor (Fe,Al,Ca) dan hampir semua fosfor mineral tidak dapat tersedia untuk tanaman. Tidak banyak sumber fosfor eksternal, sehingga jumlah P total dalam tanah sejajar dengan jumlah P di dalam batuan induk. Batuan beku masam hanya mengandung kurang lebih 800 ppm, sementara batuan basanya dapat mencapai 2700 ppm. Sedangkan batuan sedimen hanya mengandung 250 hingga 750 ppm. Karena sebagian besar fosfor di tanah tropika humida dalam bentuk organik, praktik pertanian dengan mendekomposisi humus agar P terurai segera dapat larut di dalam larutan

tanah menjadi penting. Urutan kapasitas fiksasi P pada fraksi liat adalah Amorf > kaolin > goetit > montmorillonit. Mengurangi kapasitas fiksasi fosfor merupakan strategi yang baik untuk meningkatkan kesuburan tanah melalui pengapuran dan meningkatkan kandungan silikat.

Kalium juga merupakan unsur penting kation untuk memproduksi tanaman, tetapi bukan kation yang dominan didalam kompleks tanah. Berdasarkan hasil penelitian, beberapa ahli kimia tanah yang berpengalaman di wilayah tropika humida menyarankan untuk menggunakan rasio Ca : Mg : K adalah 76 : 18 : 6 pada komplek pertukaran tanah karena semakin tinggi kalium akan mengurangi kandungan magnesium. Di dalam tanah tropika humida kation bivalen (Ca, Mg) akan lebih mudah larut dibanding kation monovalen (K).

6.4. Aluminium dan Tanah masam

Semua ahli tanah sepakat bahwa masalah utama tanah-tanah tropika humida dengan drainase relatif baik (upland) bermasalah dengan Al dapat tertukar pada tanah masam hingga sangat masam. Kemasaman menjadi kendala utama dalam mengembangkan budidaya pertanian yang intensif. Rendahnya produksi pertanian pada tanah masam sangat berhubungan dengan keracunan Al dan Mn serta defisiensi atau tidak seimbangnya kation basa di dalam larutan tanah (Ca:Mg:K).

Tanah dengan aktivitas liat rendah (low activity clay) menunjukkan hubungan yang baik antara kejenuhan basa dan pH. Efek negatif kandungan Aluminium terhadap tanaman akan hilang pada saat pH mencapai lebih dari 5,5 dan berpengaruh pada pH 5, pengaruhnya semakin meningkat signifikan apabila pH sudah dibawah 5.

Aluminium tertukar di dalam tanah diperoleh dengan melarutkan garam netral di tanah yaitu menggunakan larutan 1N KCl dan untuk mendapatkan nilai H^+ dan Al^{+++} dititrasi dengan Na. sampel kedua diperlakukan dengan cara yang sama dan Al diendapkan dengan menggunakan NaF. H dititrasi dan perbedaannya memberikan keasaman yang disebabkan oleh Al.

Pada tanah masam tropika humida para pakar di Amerika menganggap bahwa semua tepi pertukaran (exchange sites) mineral liat yang tidak ditempati kation basa akan ditempati oleh Al. Hal ini yang

memberi pemahaman tentang permanent charge yaitu basa-basa tertukar ditambah dengan aluminium tertukar yang nilainya hampir sama dengan KTK sebenarnya yang lebih rendah apabila diukur dengan metode KTK NH_4OAc pH 7.

Ekspresi status Al di dalam tanah antara lain

M-value (Mohr, 1960) = $\text{Al/KTK pH 7} \times 100$ dimana tingkat keracunan terjadi pada

Alfalfa, gandum	= 15
Kacang-kacangan	= 20
Jagung	= 35
Padi	= 35-40
Singkong, The	= >50

m-Value (Kamprath, 1967) = $m = \text{Al/permanent charge} \times 100$ apabila m-value < 10 tidak ada efek keracunan

Limit untuk semua tanaman, kecuali karet adalah 50

Pertumbuhan jagung berkurang drastis saat nilainya >55

Selanjutnya Kamprath mengembangkan dengan value

r = Al/jumlah basa-bas x 1000 apabila

Nilai r 30, rhizobium tidak berkembang

Nilai r 50, kacang tanah tidak berkembang.

6.5. Memperbaiki status Al di dalam tanah

1. Pembakaran hutan

Proses tebas bakar pada sistem ladang berpindah adalah upaya memperbaiki kesuburan tanah, khususnya pengaruh negatif dari Al dengan tanpa pemberian kapur dan pupuk. Meskipun pembakaran hutan sudah dilarang pemerintah karena menyebabkan kerusakan lingkungan tapi praktek tersebut masih dilakukan terbatas.

2. Pemberian fosfor

Salah satu gejala yang terlihat dan penting adalah asosiasi keracunan Al dengan defisiensi fosfor. Fosfor dapat mengendapkan Al sehingga pengaruh negatifnya berkurang, sehingga para pakar berpendapat

bahwa pengaruhnya akan lebih baik menggunakan pupuk P melalui proses antagonism dengan pengendapan P-Al dari pada mengurangi Al tersedia.

3. Pengapuran

Semua tanah ferralitik masam dapat diperbaiki dengan pengapuran dan pemupukkan sehingga produktivitas tanaman dapat ditingkatkan. Hal ini direkomendasikan hingga mencapai pH >5,5 dengan menggunakan kapur pertanian (CaO 95%), limestone (CaO 50%) atau dolomit (CaO 30%, MgO 20%).

Telah direkomendasikan agar penggunaan kapur berdasarkan kandungan bahan organik tanah yaitu setiap :

1,5% bahan organik dinetralisir oleh 1 Cmol^+Kg^- Ca untuk setiap Al tertukar

1,5-3% bahan organik dengan 1,5 Cmol^+Kg^- Ca untuk setiap Al tertukar

> 3% dengan 2 Cmol^+Kg^- Ca untuk setiap Al tertukar

DAFTAR PUSTAKA

- Boul, SW., F.D. Hole and R.J. McCracken, 1980. Soil Genesis and Classification. The Iowa State University Press, Ames. 406 p.
- Boul, SW., Southard, R.J., Graham, R.C., and Mc Daniel, P.A. 2011. Soil Genesis and Classification 6th ED. John Willey & Sons, Inc.
- Brady, N. C. and R. R. Weil. 1999. The Nature and Properties of Soils. Prentice Hall. New Jersey.
- FAO-ISRIC-ISSS. 1998. World Reference Base for Soil Resources. World Soil Resources Reports No. 84.
- FAO-Unesco. 1974. FAO-Unesco Soil Map of the World 1:5,000,000. Volume I: Legend. Unesco, Paris. FAO-ISRIC. 1990. Guidelines for Soil Description. FAO of the United Nations. Rome.
- Fiantis, D. ?. Morfologi dan Klasifikasi Tanah. Lembaga Pengembangan dan Teknologi Informasi dan Komunikasi (LPTIK) Universitas Andalas.
- Hanafiah, K.A. 2014. Dasar-dasar ilmu tanah. Rajawali pers.
- Hardjowigeno, S. 1993. Klasifikasi Tanah dan Pedogenesis. Edisi Pertama. Akademika Pressindo. Jakarta
- Mantel, S. 1998. Soils and Terrain of Labanan Area. Development of an Environmental Framework for the Berau Forest Management Project. International Soil Reference and Information Centre.
- Moormann, F.R. 1985. Excerpts from the Circular Letters of ICOMLAC. Soil Management Support Services. Technical Monograph.
- Mulyadi. 2002. Karakteristik dan Kesuburan Tanah Berdasarkan Posisi Lereng (Toposequence) di Kabupaten Kutai Timur. Fakultas Pertanian Unmul.

- Mulyadi. 2019. Land Capability of Labanan Soil to Development of Rainfeds, Perennials and Forest Plantations base on Soil Classification (USDA,1992) and Land Evaluation. Seminar Nasional Pertanian 2019 “Tantangan & Peluang Menuju Pertanian Berkelanjutan”.
- Mulyadi. 2022. Morphological Characteristics of Top Soiling in the Reclamation Areas of Post-Coal Mining at Kutai Kartenegara and Kutai timur Regency. The 2th International Conference on Environmental, Socio-Economic and Health Impacts of Degraded and Mining Lands.
- Mulyadi. 2022. The growth of *Paraserianthes falcataria* at three different plant ages and soil thickness classes on reclamation sites of post-coal mining areas in East Kalimantan. *Biodiversitas Journal of Biological Diversity*. Vol.23No.4 (2022).
- Sanchez, P.A. 1992. *Sifat dan Pengelolaan Tanah Tropika (terjemahan)*. Penerbit ITB Bandung 1992.
- Singh, S.K. and Chandran, P. 2015. *Soil Genesis and Classification*. Banaras Hindu University.
- Soil Research Institute. 1978. *National Soil Classification System*. Dok. CSR, Bogor.
- Soil Survey Staff. 1975. *Soil Taxonomy, A Basic System of Soil Classification for Making and Interpreting Soil Surveys*. USDA handbook No. 436.
- Soil Survey Staff. 1990. *Keys to Soil Taxonomy*. 4th ed. AID, USDA, SMSS Technical Monograph, No. 19. Blacksburg, Virginia.
- Soil Survey Staff. 1992. *Keys to Soil Taxonomy*. 5th ed. AID, USDA, SMSS Technical Monograph, No. 19. Blacksburg, Virginia. 541 hal.
- Soil Survey Staff. 1996. *Keys to Soil Taxonomy*. 7th ed. AID, USDA, SMSS Technical Monograph, No. 19. Blacksburg, Virginia.

- Soil Survey Staff. 1998. Keys to Soil Taxonomy. 8th ed. USDA, NRCS. Washington
- Soil Survey Staff. 1999. Soil Taxonomy. A Basic system of Soil Classification for Making and Interpreting Soil Surveys. 2nd Edition. USDA, NRCS. Washington.
- Soil Survey Staff. 2003. Keys to Soil Taxonomy. 9th ed. USDA, NRCS. Washington.
- Soil Survey Staff. 2006. Keys to Soil Taxonomy. 10th ed. USDA, NRCS. Washington.
- Soil Survey Staff. 2010. Keys to Soil Taxonomy. 11th ed. USDA, NRCS. Washington.
- Soil Survey Staff. 2014. Keys to Soil Taxonomy. 11th ed. USDA, NRCS. Washington.
- Strahler, A.N. Introduction to Physical Geography. Second Edition. John Wiley & Sons, Inc. New York-London-Sydney-Toronto.
- Suhardjo, H dan M. Soepraptohardjo. 1981. Jenis dan Macam Tanah di Indonesia untuk Keperluan Survaian dan Pemetaan Tanah Daerah Transmigrasi. Publ. No. 28/1981. Proyek P3MT, Pusat Penelitian Tanah. Bogor.
- Sys, C. and E. Van Ranst. 1991. Regional Pedology. Soil of the Tropical and the Subtropics. International Training Centre for Post-Graduate Soil Scientist. State University of Ghent, Belgium.