

**PERSYARATAN IKLIM DAN TANAH
UNTUK KRITERIA KESESUAIAN LAHAN TANAMAN KAKAO
(*Theobroma cacao* L) DI PROVINSI SULAWESI BARAT**

**H A R L I
P013171018**



**SEKOLAH PASCASARJANA
UNIVERSITAS HASANUDDIN
MAKASSAR
2021**

**PERSYARATAN IKLIM DAN TANAH
UNTUK KRITERIA KESESUAIAN LAHAN TANAMAN KAKAO
(*Theobroma cacao* L) DI PROVINSI SULAWESI BARAT**

Disertasi

Sebagai Salah Satu Syarat Untuk Mencapai Gelar Doktor

Program Studi
Ilmu Pertanian

Disusun dan diajukan oleh

H A R L I

kepada

**SEKOLAH PASCASARJANA
UNIVERSITAS HASANUDDIN
MAKASSAR
2021**

LEMBAR PENGESAHAN DISERTASI
PERSYARATAN IKLIM DAN TANAH
UNTUK KRITERIA KESESUAIAN LAHAN TANAMAN KAKAO
(*Theobroma cacao* L) DI PROVINSI SULAWESI BARAT

Disusun dan diajukan oleh

HARLI

P013171018

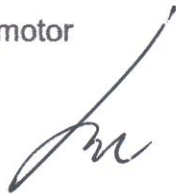
Telah dipertahankan di hadapan Panitia Ujian yang dibentuk dalam rangka
Penyelesaian Studi Program Doktor Program Studi Ilmu Pertanian
Sekolah Pascasarjana Universitas Hasanuddin
pada tanggal 15 Juni 2021
dan dinyatakan telah memenuhi syarat kelulusan

Menyetujui,

Promotor

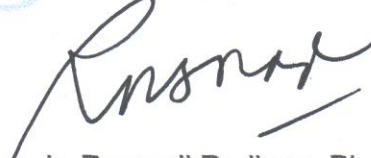
Prof. Dr. Ir. Laode Asrul, MP
Nip.19630307198812 1 001

Co. Promotor



Prof. Ir. Sumbangan Baja, M.Phil. Ph.D
Nip.196331229 199002 1 001

Co. Promotor



Ir. Rusnadi Padjung, Ph.D
Nip.19600222 198503 1 002

Ketua Program Studi.
Ilmu Pertanian



Prof. Dr. Ir. Darmawan Salman, M.S.
Nip. 19630606 198803 1 004



Dekan Sekolah Pascasarjana
Universitas Hasanuddin

Prof. Dr. Ir. Jamaluddin Jompa, M.Sc
Nip.19670308 199003 1 001

PERNYATAAN KEASLIAN DISERTASI

Yang bertanda tangan dibawah ini:

Nama : Hari
Nomor Induk Mahasiswa : P013171018
Program Studi : Ilmu Pertanian

Menyatakan dengan sebenarnya bahwa disertasi yang saya tulis ini benar-benar merupakan hasil karya saya sendiri, bukan merupakan pengambilalihan tulisan atau pemikiran orang lain. Apabila di kemudian hari terbukti atau dapat dibuktikan bahwa sebagian atau keseluruhan disertasi ini hasil karya orang lain, saya bersedia menerima sanksi atas perbuatan tersebut.

Makassar, Juni 2021

Yang menyatakan



Hari

DAFTAR ISI

BAB I. PENDAHULUAN

A. Latar Belakang	1
B. Rumusan Masalah	4
C. Tujuan Penelitian	5
D. Manfaat Penelitian	5

BAB II. TINJAUAN PUSTAKA

A. Botani dan Morfologi Tanaman Kakao	6
B. Karakteristik lahan	13
C. Karakteristik fisik tanah	20
D. Karakteristik kesuburan tanah	25
E. Evaluasi lahan	30
F. Evaluasi kesesuaian lahan	31
G. Klasifikasi kesesuaian lahan menurut FAO	32
H. Hubungan antara indeks lahan dan produksi	36

BAB III. METODE PENELITIAN

A. Rancangan penelitian dan sumber data	39
B. Waktu dan lokasi penelitian	39
C. Bahan dan alat	41
D. Teknik pengumpulan data	41
E. Analisa data	43
F. Tahapan penelitian	43

BAB IV. HASIL DAN PEMBAHASAN

A. Keadaan iklim wilayah penelitian	47
B. Karakteristik tanah	59
C. Indeks Kesesuaian Lahan	93
D. Modifikasi Kriteria Kesesuaian lahan kakao spesifik Sulawesi Barat	95

BAB V. KESIMPULAN DAN SARAN

A. Kesimpulan	97
B. Saran	97

DAFTAR PUSTAKA	98
LAMPIRAN	103

PRAKATA

Bismillahirrohmanirrohim, syukur Alhamdulillah penulis haturkan atas kehadiran Allah SWT, yang telah melimpahkan rahmat dan hidayahNya kepada penulis sehingga dapat menyelesaikan penelitian hingga proses akhir penulisan disertasi ini. Berkat izin dan takdir-Nya segala usaha dapat terwujud, urusan dipermudah dan doa-doa terkabulkan. Penelitian dan penulisan disertasi ini tidak dapat terselesaikan tanpa bantuan dari berbagai pihak, oleh karena itu penulis tak lupa menyampaikan terima kasih yang tak terhingga kepada:

1. Prof. Dr. Ir. Laode Asrul., MP. (Almarhum) selaku Promotor yang telah banyak meluangkan waktu untuk memberikan ide-ide yang cemerlang, bimbingan, pemikiran, petunjuk serta dukungan moril bagi penulis sehingga penulis semangat menyelesaikan penelitian hingga penyelesaian disertasi ini.
2. Prof. Ir. Sumbangan Baja, M.Phil.,PhD. dan Ir. Rusnadi Padjung, PhD. Selaku tim Ko-promotor yang telah banyak memberiklan saran-saran berharga, arahan dan petunjuk atas kendala-kendala yang dihadapi sejak awal penelitian hingga selesainya penulisan disertasi ini.
3. Prof. Dr. Ir. Nasaruddin, MS, Prof. Dr. Ir. Kaimuddin, MSi, Dr. Ir. Ahdin Gassa, MSi, Dr. Rismaneswati, SP. MP dan Dr. Ir. Andi Ardin Tjatjo, MP. masing-masing selaku tim penguji yang telah meluangkan waktunya untuk memberikan saran-saran, sumbangan pemikiran, koreksi bagi penyempurnaan penulisan disertasi.
4. Rektor Universitas Al Asyariah Mandar Sulawesi Barat Dr. Hj. Chuduriah Sahabuddin, MSi yang telah berkenan memberikan izin kepada penulis untuk melanjutkan studi. Dekan beserta Wakil dekan, rekan sejawat dan staf Dosen Fakultas Ilmu Pertanian UNASMAN atas dukungannya selama ini.

5. Rektor Universitas Hasanuddin, Dekan Sekolah Pascasarjana Universitas Hasanudddin beserta Wakil dekan dan seluruh staf. Ketua program studi S3 Ilmu Pertanian Universitas Hasanuddin beserta seluruh dosen program studi Ilmu Pertanian.
6. Teman-teman seangkatan Program Doktor Ilmu Pertanian 2017 kalian teman-teman luar biasa. Terima kasih atas bantuan dan kebersamaannya selama ini. Seluruh pihak yang telah memberikan bantuan namun tidak dapat penulis sebutkan satu persatu.

Ucapan terima kasih tak terhingga kepada kedua orang tua H. Abdul Karim dan Hj. Samiya atas segala pengorbanan, dan doa yang terus mengalir untuk penulis selama ini. Kepada saudara-saudaraku Sinar, Haedariah, Jasmudi, St. Maryam, Sudirman Karim dan Usman Andika. Kepada istri tercinta Syutriani dan anak-anakku tersayang Anugrah Indah dan Anugrah Reski Almira, atas pengorbanan dan kesabarannya tanpa pamrih kepada penulis.

Akhir kata penulis sangat berharap semoga penelitian ini dapat berkontribusi pada perkembangan ilmu pengembangan tanaman kakao khususnya di Sulawesi Barat

Makassar, Juni 2021

Penulis

ABSTRAK

Harli. Modifikasi persyaratan iklim dan tanah untuk kriteria kesesuaian lahan tanaman kakao spesifik Provinsi Sulawesi Barat. (Dibimbing oleh **Laode Asrul, Sumbangan Baja dan Rusnadi Padjung**)

Kakao merupakan salah satu komoditas perkebunan yang perkebunan yang peranannya cukup penting bagi perekonomian nasional. Produksi biji kakao terus mengalami penurunan sejak tahun 2012 sampai tahun 2020. Penelitian ini bertujuan menganalisis karakteristik lahan (tanah dan iklim) yang berkorelasi terhadap produktivitas tanaman kakao spesifik wilayah, menganalisa indeks kesesuaian lahan dan korelasinya dengan produktivitas tanaman kakao di provinsi Sulawesi Barat dan menformulasi persyaratan iklim dan tanah untuk kriteria kesesuaian lahan tanaman kakao spesifik Provinsi Sulawesi Barat. metode kuantitatif dengan pendekatan deduktif. Penelitian ini terdiri atas 7 tahapan yaitu (1) pengumpulan data sekunder (2) studi letartur (3) survey lapangan (4) pengamatan profil perwakilan (5) pengamatan morfologi profil tanah (6) pengambilan sampel tanah (7) analisa regresi. Hasil penelitian menunjukkan karakteristik lahan yang berkorelasi dengan produktivitas tanaman kakao spesifik Sulawesi Barat adalah tekstur tanah, kedalaman tanah, kedalaman efektif, kelerengan, batuan permukaan dan draenase. Terjadi hubungan yang kuat (Multiple R= 0,69) antara indeks lahan dan produktivitas kakao dengan persamaan $y=39,99x+924$. Indeks kesesuaian lahan tertinggi 53,56 % (cukup sesuai).

Kata kunci : persyaratan, iklim, tanah, kesesuaian lahan, kakao

ABSTRACT

HARLI. Modifteation of Climate and Soil Requirement Criteria for cocoa land Suitability Criteria Specific for West Sulawesi Province, (supervised by **Laode Asrul, Sumbangan Baja, and Rusnadi Padjung**)

Cocoa tree is a plantation commodity whose role is very important for the Indonesian economy. Never the less, cocoa bean production has continued to decline since 2012 to 2020, where productivity of cocoa is always low compared to its optimum yield. One of the predictive cause is below optimum land suitability (climate and soil). This study aims to analyze land characteristics that correlate with region-specific cocoa plant productivity; to analyze land suitability index and its correlation with cocoa plant productivity in West Sulawesi Province and to formulate climate and soil requirements for province-specific land suitability criteria. The method used is quantitative with a deductive approach implemented in four districts in West Sulawesi Province. The representative point of the study area consisted of 30 points, determined intentionally based on altitude, production and productivity of the cocoa plant grown in that area. This research took place from January to August 2020, consisted of seven stages, i.e.: (1) Secondary data collection; (2) Literature study; (3) Field survey; (4) Soil profile observation; (5) Soil profile morphological observation; (6) Soil sampling; and (7) Correlation and regression data analysis. Results showed that land characteristics that specifically correlated with productivity of cocoa plants in West Sulawesi were soil texture, depth, effective depth, slope, surface rock and drainage. There was a strong relationship (Multiple R = 0.69) between the land index and cocoa productivity, shown with the equation of $y = 39.99x + 924$. The highest land suitability index was 53.56% (quite appropriate for cocoa plantation).

Keywords: climate, cocoa, land suitability, modific

DAFTAR TABEL

Tabel 1.	Jenis parameter kualitas dan karakteristik lahan yang di nilai menurut <i>sys et. al.</i> (1993)	14
Tabel 2.	Jenis parameter kualitas dan karakteristik lahan yang dinilai menurut CSRR/ FAO (1983)	15
Tabel 3.	Perbandingan karakteristik lahan yang digunakan sebagai parameter dalam evaluasi lahan.	17
Tabel 4.	Kelas tekstur pada kondisi optimal dan marginal menurut pola penggunaan lahan	20
Tabel 5	Petunjuk evaluasi pembatas fraksi batuan permukaan	21
Tabel 6.	Persyaratan CaCO ₃ untuk berbagai tanaman	23
Tabel 7.	Persyaratan Gypsum Untuk Sejumlah Tanaman	24
Tabel 8.	Kelas kemasaman (pH) tanah	27
Tabel 9.	Tanggapan salinitas terhadap beberapa kelompok tanaman	29
Tabel 10.	Petunjuk evaluasi status salinitas (Staf Pusat Penelitian Tanah, 1993)	30
Tabel 11.	Hubungan antara kelas kesesuaian dengan pembatas	33
Tabel 12.	Kriteria penetapan kelas kesesuaian lahan (Staf Pusat Penelitian Tanah, 1993)	33
Tabel 13.	Kriteria untuk menentukan kelas kesesuaian iklim dan tingkat pembatas terkait	34
Tabel 14	Indeks Iklim pada setiap Indeks Kelas	35
Tabel 15.	Indeks lahan untuk kelas kesesuaian lahan yang berbeda	36
Tabel 16.	Kesesuaian lahan kakao (Hardjowigeno S dan Widiatmaka, 2015)	37

Tabel 17.	Kesesuaian lahan kakao (Sys <i>et al.</i> , 1991)	38
Tabel 18.	Produktivitas tanaman kakao pada setiap titik perwakilan	42
Tabel 19.	Golongan/Tipe iklim menurut Mohr	48
Tabel 20.	Klasifikasi iklim dan nilai Q menurut Schmidt dan Ferguson	49
Tabel 21.	Kriteria Klasifikasi Iklim Oldeman-Darmiyanti	49
Tabel 22.	Kelas tekstur titik perwakilan	63
Tabel 23.	Kedalaman tanah dan kedalaman efektif pada setiap titik perwakilan	70
Tabel 24.	Presentase batuan dan Bulk Density pada titik perwakilan	75
Tabel 25.	Nilai KTK tanah dan Kejenuhan Basa pada titik perwakilan	79
Tabel 26.	Jumlah basa-basa dapat tukar pada titik perwakilan	83
Tabel 27.	Nilai pH, kandungan C-organik dan salinitas pada titik perwakilan	86
Tabel 28.	Kriteria Kelerengan dan Drainase pada titik perwakilan	97
Tabel 29	Kriteria kesesuaian lahan kakao spesifik Sulawesi Barat	102

DAFTAR GAMBAR

Gambar 1.	Peta Pengambilan Titik Profil Perwakilan	40
Gambar 2.	Peta sebaran tekstur tanah di Provinsi Sulawesi Barat	61
Gambar 3.	Grafik uji regresi karakteristik tekstur dengan produktivitas tanaman kakao di Sulawesi Barat	63
Gambar 4.	Peta sebaran kedalaman tanah di Provinsi Sulawesi Barat	65
Gambar 5.	Grafik uji regresi karakteristik kedalaman tanah dengan produktivitas tanaman kakao di Sulawesi Barat	67
Gambar 6.	Peta sebaran KTK tanah di Provinsi Sulawesi Barat	74
Gambar 7.	Peta sebaran pH tanah di Provinsi Sulawesi Barat	82
Gambar 8.	Peta sebaran kandungan c-organik di Provinsi Sulawesi Barat	84
Gambar 9.	Peta sebaran salinitas di Provinsi Sulawesi Barat	87
Gambar 10	Regresi karakteristik draenase dengan produktivitas tanaman kakao	92
Gambar 11.	Persamaan regresi indeks kesesuaian lahan dan produktivitas kakao di Sulawesi Barat	94

BAB I

PENDAHULUAN

A. Latar Belakang

Kakao merupakan salah satu komoditas perkebunan yang perkebunan yang peranannya cukup penting bagi perekonomian nasional, khususnya sebagai penyedia lapangan kerja, sumber pendapatan dan devisa negara. Kakao saat ini menjadi sumber devisa nonmigas terbesar ketiga setelah karet dan minyak sawit. Kakao salah satu komoditi hasil perkebunan yang mempunyai peran cukup penting dalam kegiatan perekonomian di Indonesia.

Kakao juga salah satu komoditas ekspor Indonesia yang cukup penting sebagai penghasil devisa negara selain minyak dan gas. Indonesia merupakan negara produsen dan eksportir Kakao terbesar ketiga dunia setelah Ghana dan Pantai Gading. Ketiga negara tersebut menyumbang lebih dari 70% kebutuhan kakao dunia. Namun demikian, sejak tahun 2019 posisi Indonesia sebagai produsen biji kakao mulai tergeser ke posisi keenam setelah Ekuador, Kamerun dan Nigeria. Pesatnya pengembangan industri pengolahan kakao ternyata tak mampu diimbangi tersedianya bahan baku biji kakao. Kapasitas industri biji kakao mencapai 800.000 ton per tahunnya. Sementara kebutuhan biji kakao dunia terus mengalami peningkatan sebesar 3%-4% per tahunnya.

Berdasarkan data statistik 2016, luas areal perkebunan kakao di Indonesia pada tahun 2015 mencapai 1.722.315 ha dan mengalami penurunan pada tahun 2019 seluas 1.600.648 ha (Statistik Perkebunan, 2019). Luas areal perkebunan kakao di Indonesia sebelum tahun 2017 selama empat tahun terakhir cenderung menunjukkan penurunan. Penurunan sekitar 0,21 sampai 1,9 persen per tahun. Padahal *trend* peningkatan produksi kakao pada tahun-tahun sebelumnya selalu mengalami peningkatan. Selain luas areal, produksi kakao nasional terus turun dan semakin tidak mampu memenuhi kebutuhan industri. Produksi biji kakao terus mengalami penurunan sejak tahun 2012 sampai tahun 2020. Saat ini, produksi kakao di Indonesia hanya 659.776 ton.

Tanaman kakao menjadi tanaman perkebunan utama pada beberapa daerah di Indonesia, termasuk Provinsi Sulawesi Barat. Menurut BPS (2019), pertanaman kakao di Indonesia tersebar di berbagai provinsi. Namun, yang terbesar terdapat pada provinsi Sulawesi Selatan, Sulawesi Tengah, Sulawesi Tenggara dan Sulawesi Barat. Pada Provinsi tersebut tanaman kakao merupakan sumber pendapatan utama sebagian besar petani.

Luas perkebunan kakao Sulawesi Barat pada tahun 2019 sebesar 144.971 ha dengan total produksi 71.784 ton. Namun demikian petani kakao menghadapi berbagai masalah yang kompleks antara lain produktivitas lahan masih rendah. Rata-rata produktivitas

tanaman kakao 650 kg/ha/tahun (Sulbar) dan 797 kg/ha/tahun (Indonesia). Produktivitas tersebut masih sangat jauh dari potensi produktivitas yang mampu mencapai 2.000-3.000 kg/ha/tahun (Pusditkoka, 2019). Meskipun teknik budidaya yang dilakukan relatif sama. Namun, terdapat perbedaan produktivitas tanaman kakao pada setiap wilayah. Akibatnya, luasan tanaman kakao di Sulawesi Barat terus mengalami penurunan.

Rendahnya produktivitas tanaman kakao di Sulawesi Barat salah satunya disebabkan tanaman kakao ditanam pada lahan yang tidak tepat. Menurut Djaenudin, *et al.*, (2002), pemilihan lahan yang sesuai untuk mencapai produktivitas yang optimal dapat dilakukan dengan baik apabila dilakukan melalui tahapan evaluasi lahan dengan melakukan pemilihan persyaratan lahan untuk tumbuh dan berproduksi.

Hasil evaluasi lahan secara fisik dan ekonomi dapat digunakan sebagai dasar dalam menentukan arah kebijakan pengembangan komoditas unggulan. Evaluasi lahan sangat penting dilakukan. Tingkat kesesuaian suatu lahan untuk tanaman berpengaruh terhadap produktivitas tanaman, termasuk tanaman kakao (Lopulisa, 2001; Baja, 2012; Neswati *et al.*, 2013). Evaluasi kesesuaian lahan adalah suatu proses penilaian sumber daya lahan untuk penggunaan tertentu, dalam hal ini untuk pengembangan perkebunan kakao. Kriteria kesesuaian lahan kakao telah dipublikasikan antara lain : Sys *et al.*,

1991 ; Balittanah, 2004 ; Hardjowigeno, S. dan Widiatmaka, 2015. Namun demikian, kriteria kesesuaian lahan masih bersifat umum yang mencakup wilayah yang luas. Diperlukan kriteria yang lebih spesifik. Hasil evaluasi kesesuaian lahan untuk tanaman kakao digunakan sebagai pertimbangan dalam mengembangkan dan meningkatkan produktifitas kakao. Berdasarkan latar belakang ini, maka perlu dilakukan penelitian modifikasi persyaratan iklim dan tanah untuk kriteria evaluasi kesesuaian lahan tanaman kakao spesifik di Provinsi Sulawesi Barat

B. Rumusan Masalah

Pengembangan tanaman kakao pada lahan yang sesuai diperlukan data dan informasi mengenai potensi dan kesesuaian penggunaan lahan serta sangat perlu dilakukan penilaian kelas kesesuaian lahan berdasarkan kriteria iklim dan tanah sehingga lahan-lahan tersebut dapat produktif secara berkelanjutan atau berkesinambungan.

Berdasarkan uraian di atas, maka produktivitas tanaman kakao masih perlu ditingkatkan. Evaluasi kesesuaian lahan perlu dilakukan. Penerapan teknologi budidaya ini berpeluang memperbaiki kesuburan tanah dan meningkatkan hasil tanaman, juga mengarah pada sistem pertanian berkelanjutan yang dapat menjamin kelestarian usahatani. Dengan demikian maka pertanyaan-pertanyaan berikut ini relevan untuk diteliti yaitu:

1. Karakteristik lahan (tanah dan iklim) apa saja yang berkorelasi terhadap produktivitas tanaman kakao di Sulawesi Barat?
2. Bagaimana menetapkan persyaratan lahan (tanah dan iklim) untuk produksi tanaman kakao yang optimal, marginal dan tidak sesuai ?
3. Bagaimana indeks lahan dapat digunakan sebagai penduga daya hasil lahan untuk tanaman kakao melalui pendekatan parametrik ?

C. Tujuan Penelitian

Penelitian yang akan dilaksanakan bertujuan untuk :

1. Menganalisis karakteristik lahan (tanah dan iklim) yang berkorelasi terhadap produktivitas tanaman kakao spesifik wilayah.
2. Menganalisa indeks kesesuaian lahan dan korelasinya dengan produktivitas tanaman kakao di Provinsi Sulawesi Barat.
3. Menformulasi persyaratan iklim dan tanah untuk kriteria kesesuaian lahan tanaman kakao di Provinsi Sulawesi Barat.

D. Manfaat Penelitian

Ada beberapa manfaat yang akan diperoleh dari penelitian ini, antara lain:

1. Memberikan kontribusi dalam penilaian potensi lahan untuk pengembangan tanaman kakao khususnya di Sulawesi Barat.
2. Sebagai bahan masukan dalam rangka program pengembangan pengwilayahan komoditas pertanian khususnya tanaman kakao di Provinsi Sulawesi Barat.
3. Dapat dijadikan bahan informasi bagi petani tentang wilayah yang sesuai untuk pengembangan tanaman kakao.

BAB II

TINJAUAN PUSTAKA

A. Botani dan Morfologi Tanaman Kakao

Tanaman kakao dapat diklasifikasikan sebagai berikut:
Kingdom: Plantae, divisi : Spermatophyta, Sub division :
Angiospermae, kelas : Dicotyledoneae, Ordo : Malvales, Family:
Sterculiaceae, Genus : Theobroma, Spesies : *Theobroma cacao* L.
(Tjitrosoepomo, 1988).

1. Akar

Kakao memiliki akar tunggang yang tumbuh lurus ke bawah. Akar lateral pada awal pertumbuhan tumbuh pada leher akar yang tidak jauh dari permukaan. Sedangkan pada tanaman dewasa akar-akar sekunder menyebar sekitar 15-30 cm di bawah permukaan tanah. Pertumbuhan akar mencapai 50 cm pada umur 2 tahun dan akan mempunyai perakaran lengkap setelah tanaman berumur 3 tahun. Tanaman kakao termasuk tanaman dikotil sehingga perakarannya termasuk tanaman berakar tunggang. Tanaman kakao yang berasal dari pembiakan generatif, membentuk akar tunggang dengan sedikit percabangan (Nasaruddin, 2018). Panjang akar bisa mencapai 8 meter ke arah samping dan 15-20 meter ke arah bawah. Sedangkan, tanaman yang diperbanyak secara vegetatif awalnya tidak memiliki akar tunggang. Setelah dewasa tanaman tersebut

menumbuhkan dua akar tunggang, sehingga tanaman tegak, dan kuat, tidak mudah roboh (Sugiharti, E 2006).

Akar tanaman kakao dibedakan atas akar primer dan akar lateral. Akar primer disebut juga dengan akar tunggang atau *radix primaria*. Akar lateral dibagi lagi menjadi akar lateral halus (*fine root*) yang mempunyai diameter < 2 mm, akar ini berfungsi menyerap air, dan akar lateral besar (*coarse root*) atau dengan diameter >2 mm. Akar tunggang digunakan untuk menopang tegaknya tanaman dan memiliki distribusi horisontal, sedangkan akar lateral mempunyai distribusi vertikal di dalam tanah (Zuidema *et al.*, 2005).

Akar lateral tumbuh dengan kuat dekat permukaan tanah pada kedalaman < 100 mm atau disebut *surface root feeder* dan mengalami percabangan pada bagian distal menjadi kelompok akar yang padat dan halus (Nasaruddin, 2018). Jangkauan jelajah akar lateral dinyatakan jauh di luar proyeksi tajuk. Ujungnya membentuk cabang-cabang kecil yang susunannya ruwet (*intricate*) (Pusat Penelitian Kopi dan Kakao Indonesia, 2004).

2. Batang

Kakao yang diperbanyak dengan biji akan membentuk batang utama sebelum tumbuh cabang-cabang primer. Letak pertumbuhan cabang-cabang primer disebut jorket dengan ketinggian 1,2-1,5 m dari permukaan tanah. Jorket tersebut tidak ditemukan pada kakao yang diperbanyak secara vegetatif. Tanaman kakao memiliki dua bentuk

cabang, yaitu cabang *orthotrop* (cabang yang tumbuh ke atas) dan cabang *plagiotrop* (cabang yang tumbuh ke samping). Dari batang dan kedua jenis cabang tersebut sering ditumbuhi tunas-tunas air atau wiwilan yang banyak menyerap energi sehingga akan mengurangi pembungaan dan penguatan. Jorket merupakan tempat percabangan *orthotrop* ke *plagiotrop* dengan sifat percabangan dimorfisme (Nasaruddin, 2018)

Tanaman kakao yang diperbanyak secara generatif setelah mencapai 0,9-1,5 meter akan berhenti tumbuh dan membentuk jorket (*lorquette*). Jorket merupakan tempat percabangan dari pola percabangan *ortotrop* ke *plagiotrop* dan khas hanya pada tanaman kakao (Nasaruddin, 2018). Tipe perkecambahan kakao termasuk tipe epigeal dengan kotiledon yang terangkat ke atas dan dua daun kotiledon yang tumbuh berlawanan (Pusat Penelitian dan Pengembangan Perkebunan, 2010).

Tanaman kakao dicirikan dengan tumbuhnya *wiwilan* (tunas air) pada batang utama. Selain tunas awal yang diproduksi dari cabang plagiotropik, daun aksial juga memiliki tunas yang dapat berkembang menjadi batang vertikal yang mirip dengan batang utama yang biasa disebut *cupon* (tunas air) (Nasaruddin, 2018). Tunas plagiotrop biasanya akan tumbuh tunas-tunas plagiotrop, tetapi kadang-kadang juga tumbuh tunas ortotrop. Pemangkasan berat pada cabang plagiotrop yang ukurannya besar akan merangsang tumbuhnya tunas

ortotrop itu. Tunas *ortotrop* hanya membentuk tunas *plagiotrop* setelah membentuk jorket (Pusat Penelitian Kopi dan Kakao Indonesia, 2004). Ketinggian jorket pertama biasanya akan tergantung pada kondisi lingkungan, seperti cahaya, kesuburan tanah dan umur tanaman (Nasaruddin, 2018)

Tanaman kakao akan membentuk jorket setelah memiliki ruas batang sebanyak 60-70 buah. Selain itu, jarak antar daun sangat dekat dan ukuran daunnya lebih kecil. Terbatasnya medium perakaran merupakan penyebab utama gejala tersebut. Sebaliknya, tanaman kakao yang ditanam di kebun dengan jarak rapat akan membentuk jorket yang tinggi sebagai efek dari etiolasi (Pusat Penelitian dan Pengembangan Perkebunan, 2010).

3. Daun

Daun kakao bersifat dimorfisme. Berdasarkan sifat dimorfik tersebut perbedaan karakteristik daun dari cabang *ortotropik* dan cabang *plagiotropik* (Nasaruddin, 2018). Pada tunas ortotrop, tangkai daunnya panjang, yaitu 7,5-10 cm sedangkan pada tunas plagiotrop panjang tangkai daunnya hanya sekitar 2,5 cm (Pusat Penelitian dan Pengembangan Perkebunan, 2010). Daun kakao terdiri atas tangkai daun dan helai daun. Panjang daun berkisar 25-34 cm dan lebarnya 9-12 cm (Soenaryo, 1993; Siregar, *et al.*, 2000. Ujung-ujung tunas biasanya tumbuh daun berwarna merah dan disebut daun *flush*.

Selanjutnya, warna daun akan berubah menjadi hijau dan permukannya kasar (Soenaryo, 1983 ; Siregar, *et al.*, 2000).

Helai daun kakao bervariasi dari sempit memanjang sampai daun lebar memendek, sementara kebanyakan genotipe daun berbentuk bulat panjang, atau oval. Tepi daun umumnya bergerigi, sementara daun lain tepi bergelombang (Nasaruddin, 2018). Salah satu sifat khusus daun kakao yaitu adanya dua persendian (*articulation*) yang terletak di pangkal dan ujung tangkai daun.

Tanaman kakao memiliki bentuk helai daun bulat memanjang (*oblongus*), ujung daun meruncing (*acuminatus*) dan pangkal daun runcing (*acutus*). Susunan tulang daun kakao menyirip dan tulang daun menonjol ke permukaan bawah helai daun. Menurut Nasaruddin (2018), variasi tambahan pada daun berdasarkan pada perbedaan genetik yang terkait dengan bentuk dasar daun yang dibentuk oleh helai daun ketika bertemu tangkai daun. Panjang daun dewasa 30 cm dan lebarnya 10 cm. Permukaan daun licin dan mengkilap (Pusat Penelitian Kopi dan Kakao Indonesia, 2004).

Ujung kuncup daun yang dorman tertutup oleh sisik (*scales*). Jika kelak bertunas lagi, sisik tersebut rontok meninggalkan bekas (*scars*) atau lampang yang berdekatan satu sama lain dan disebut dengan cincin lampang (*ring scars*). Dengan menghitung banyaknya cincin lampang pada suatu cabang, dapat diketahui banyaknya cincin

lampang pada suatu cabang, dapat diketahui jumlah pertunasan yang terjadi pada cabang yang bersangkutan (Wood dan Lass, 2001).

4. Bunga

Tanaman kakao bersifat *cauliflora*. Bunga tumbuh dan berkembang dari bekas ketiak daun pada batang dan cabang. Bunga tumbuh pada bantalan bunga (*cushion*). Bunga kakao terdiri dari 5 daun kelopak yang bebas satu sama lain, 5 daun mahkota, 10 tangkai sari yang tersusun dalam 2 lingkaran yang tersusun dari 5 tangkai sari (Sugiharti, E. 2006)

Bunga kakao umumnya berwarna putih, ungu atau kemerahan. Warna yang kuat terdapat pada benang sari dan daun mahkota. Tangkai bunga kecil tetapi panjang (1-1,5 cm). Panjang daun mahkota 6-8 mm, terdiri atas dua bagian. Bagian pangkal berbentuk seperti kuku binatang (*claw*) dan biasanya terdapat dua garis merah. Bagian ujung berupa lembaran tipis, fleksibel dan berwarna putih (Siregar *et al.*, 1997)

Kakao memiliki bunga sempurna yang terdiri atas daun kelopak (*calyx*) sebanyak 5 helai dan benang sari (*androecium*) sejumlah 10 helai. Diameter bunga mencapai 1,5 cm. Bunga tumbuh secara berkelompok pada bantalan bunga yang menempel pada batang tua, cabang dan ranting. Bunga yang tumbuh pada bantalan cabang disebut *ramiflora* dan yang tumbuh pada batang disebut *cauliflora* (Sugiharti, E. 2006).

5. Buah

Kakao memiliki warga yang beragam. Namun, pada dasarnya hanya ada dua macam warna. Buah yang ketika masih muda berwarna hijau atau hijau agak putih jika sudah masak akan berwarna kuning. Sementara itu, buah yang ketika muda berwarna merah, setelah masak berwarna jingga/orange (Pusat Penelitian Kopi dan Kakao Indonesia, 2004). Menurut Nasaruddin (2018), warna buah memiliki variabilitas yang cukup besar. Warna buah pada dasarnya bernuansa hijau. Namun, pigmentasi merah akibat anthocyanin yang ditumpangkan pada dasar hijau.

Kulit buah kakao memiliki 10 alur dalam dan dangkal. Terdapat perbedaan antara tipe criollo, trinitario dan forastero. Alur buah kelihatan jelas pada criollo dan trinitario, kulit buah tebal dan lunak tetapi permukaannya kasar. Sedangkan pada forastero permukaan kulitnya tipis dan halus (Pusat Penelitian dan Pengembangan Perkebunan, 2010).

Buah kakao yang masih muda disebut *cherelle*. Buah muda ini akan mengalami *cherelle wilt* yaitu, gejala spesifik tanaman kakao yang disebut *physiological effect thiming*. Gejala ini ditandai dengan kering buah dan mengeras. Penyebab gejala ini adalah proses fisiologis yang menyebabkan terhambatnya penyaluran hara untuk menunjang pertumbuhan. Kehilangan buah dengan gejala ini dapat mencapai 80 % dari seluruh buah (Sugiharti, E. 2006)

6. Biji

Biji kakao memiliki dan bentuk yang cukup bervariasi. Ukuran biji ditentukan oleh beberapa faktor non-genetik. Ukuran biji relatif dapat diperkirakan berdasarkan berat atau volume dan serta dimensinya. Selain itu, indikator yang paling akurat dari variabilitas biji didasarkan pada biji kering. Namun demikian, pengaruh faktor non-genetik seperti iklim dapat menentukan nilai relatif dapat diukur (Nasaruddin, 2018)

Biji kakao tersusun dalam lima baris yang mengelilingi poros buah. Jumlah biji beragam antara 20-50 butir setiap buah. Jika dipotong melintang, tampak biji disusun oleh dua kotiledon yang saling melipat dan pada bagian pangkalnya menempel pada poros lembaga (*embryo axis*). Warna kotiledon putih, biji dibungkus oleh daging buah yang berwarna putih dan rasanya asam manis (Pusditkoka, 2004)

B. Karakteristik lahan

Karakteristik lahan adalah sifat fisik lingkungan yang dapat diukur secara langsung yang berkaitan dengan penggunaan lahan. Kualitas lahan adalah sifat (*attribute*) yang dapat diukur (*measurable*), dapat dihitung (*calculable*) atau dapat diduga (*estimable*) mewakili persyaratan suatu tipe penggunaan lahan (CSR/FAO, 1983 ; Sys *et al.*, 1993). Penggunaan kualitas lahan membutuhkan kegiatan matching, yang ditentukan dan evaluasi berdasarkan pengaruhnya

terhadap karakteristik lahan. Menurut Nofelman T. *et al.*, 2012, karakteristik lahan penentu kelas kesesuaian lahan. Karakteristik lahan yang berpengaruh terhadap produktivitas tanaman antara lain : curah hujan, kelerengan, ketersediaan hara dan retensi hara. Hubungan antara karakteristik lahan dan kualitas lahan menurut Sys *et al.*, 1993 disajikan pada Tabel 1.

Karakteristik lahan adalah parameter utama yang diperlukan dalam evaluasi kesesuaian lahan. Karakteristik dan kualitas lahan sebagai parameter yang digunakan dalam evaluasi lahan disesuaikan dengan karakteristik dan kualitas lahan yang dibutuhkan oleh suatu tanaman yang sedang dipertimbangkan. Karakteristik lahan adalah sifat lahan yang dapat diukur, dan diestimasi. Karakteristik tersebut antara lain curah hujan, lereng, tekstur tanah, kapasitas air tersedia dan kedalaman efektif. Sedangkan kualitas lahan adalah sifat lahan yang bersifat kompleks dari bidang lahan (FAO, 1983). Menurut Sys *et al.*, 1993, kualitas dan karakteristik lahan dari setiap satuan/unit lahan dalam kaitannya dengan persyaratan tumbuh tanaman, digunakan sebagai parameter dalam evaluasi lahan (Rossiter and Van Wambeke, 1997). Kriteria kesesuaian lahan untuk berbagai komoditas pertanian strategis mengacu pada kriteria kesesuaian lahan untuk komoditas pertanian.

Tabel 1. Jenis parameter kualitas dan karakteristik lahan yang dinilai dalam evaluasi lahan (Sys *et al.*,1993)

Kualitas lahan	Karakteristik lahan
Kualitas internal	1. iklim
Ketersediaan air water availabitiy	2. topografi
Ketersediaan oksigen (<i>oxigen availability</i>)	3. kebasahan
Ketersediaan pertumbuhan akar	- drainase - banjir
Ketahanan terhadap klorosis akibat besi (fe)(<i>refistance to fe-cholorius</i>)	4. Sifat fisik tanah - tekstur/ sturuktur - batuan dipermukaan - kedalaman tanah - statusn CaCO ₃ - status CaS0 ₄
Ketersedian hara (<i>nutrients availaibity</i>) ketahan terhadap kerusakan sturuktur tanah lapisan atas tanah	5. Sifat kerusakan tanah - KTK - Jumlah basa basa dapat ditukar - pH H20
Keberadaan salinitasi dan alkalinitas	- salinitas dan alkanitasi

Hubungan antara karakteristik lahan dan kualitas lahan dapat dipakai sebagai parameter dalam evaluasi lahan, baik untuk evaluasi lahan pada skala kecil (tingkat detail skala 1: 250.000) dan skala besar (tingkat detail skala 1: 10.000). Namun demikian perlu mempertimbangkan mengenai jumlah dan macam kualitas serta karakteristik lahan sebagai parameter yang akan digunakan karena berkaitan dengan ketersediaan dan kualitas data pada masing-masing tingkat pemetaan tanah tersebut (Hardjowigeno, S. 2003)

Tabel 2. Jenis parameter kualitas dan karakteristik lahan yang dinilai dalam evaluasi lahan (CSR/ FAO.,1993 ; Ritung, S. *et al.*, 2011)

Kualitas Lahan	Karakteristik Lahan
1. Temperatur (tc)	Temperatur tahunan (°C)
2. Ketersediaan Air (wa)	- Curah hujan (mm) - Kelembaban (%)
3. Ketersediaan oksigen (oa)	- Drainase
4. Kondisi Perakaraan	- Tekstur - Bahan kasar (%) - Kedalaman efektif (cm) - Kematangan gambut - Ketebalan gambut (cm)
5. Retensi Hara (nr)	- KTK tanah (cmol/100 gr tanah) - Kejenuhan basa (%) - pH tanah - C-organik (%)
6. Ketersediaan Unsur Hara (na)	- K ₂ O tersedia (mg/100 gr) - P ₂ O ₅ tersedia (mg/100 gr) - N-total (%)
7. Toksisitas (xc)	- Salinitas (mmhos/cm)
8. Sodisitas (xn)	- Alkalinitas (%)
9. Bahaya sulfidik (xs)	- Kedalaman sulfidik (cm)
10. Tingkat bahaya erosi (eh)	- Lereng (%) - Bahaya erosi (cm/tahun) - Kedalaman tanah (cm)
11. Bahaya longsor (lh)	- Lereng (%) - Bahaya longsor
12. Bahaya Banjir	- Periode - Frekuensi
13. Penyiapan lahan (lp)	- Batuan di permukaan (%) - Singkapan batuan (%)

Dalam evaluasi lahan ada tiga faktor utama yang harus dipertimbangkan, yaitu: kebutuhan atau persyaratan tumbuh tanaman (*crop requirements*), kebutuhan atau persyaratan pengelolaan (*management requirements*) dan kebutuhan atau persyaratan konservasi (*consevation requirements*). Karakteristik/kualitas lahan

yang digunakan dalam evaluasi kesesuaian lahan merupakan parameter yang berkaitan dengan persyaratan tumbuh tanaman.

Karakteristik lahan yang digunakan sebagai parameter dalam evaluasi kesesuaian lahan oleh beberapa sumber (Staf PPT, 1983; Bunting, 1981; Sys *et al.*, 1993; CSR/FAO, 1983; dan Driessen, 1971). Perbandingan karakteristik lahan sebagai parameter dalam evaluasi kesesuaian lahan disajikan pada Tabel 3. Menurut Sys *et al.*, 1993, karakteristik lahan yang dinilai menentukan performance lahan bila digunakan untuk suatu peruntukan tertentu antara lain iklim (C) topografi (T), kebasahan (w) sifat fisik tanah (S) sifat kesuburan (F) dan salinitas dan alkalinitas. Peranan masing-masing karakteristik lahan tersebut diuraikan sebagai berikut:

1. Iklim

Iklim merupakan salah satu karakteristik lahan yang digunakan dalam penilaian kesesuaian lahan. Unsur iklim yang digunakan antara lain : temperatur udara, curah hujan dan kelembaban udara. Data iklim yang digunakan biasanya bersumber dari hasil pengumpulan data selama 10 tahun atau lebih.

Tabel 3. Perbandingan karakteristik lahan yang digunakan sebagai parameter dalam evaluasi lahan.

Staf PPT (1983)	Bunting (1981)	Sys <i>et al.</i> (1993)	CSR/FAO (1983)	Driessen (1971)
Tipe hujan (Oldeman et al.)	Periode pertumbuhan tanaman	Temperatur rerata (°C) atau elevasi	Temperatur rerata (°C) atau elevasi	Lereng
Kelas drainase	Temperatur rerata pada periode pertumbuhan	Curah hujan (mm)	Curah hujan (mm)	Mikrorelief
Sebaran besar butir (lapisan atas)	Curah hujan tahunan	Lamanya masa kering (bulan)	Lamanya masa kering (bulan)	Keadaan batu
Kedalaman efektif	Kelas drainase	Kelembaban udara	Kelembaban udara	Kelas drainase
Ketebalan gambut	Tekstur tanah	Kelas Drainase	Kelas drainase	Regim kelembaban
Dekomposisi gambut/jenis gambut	Kedalaman perakaran	Tekstur/Struktur	Tekstur	Salinitas/ alkalinitas
KTK	Reaksi tanah (pH)	Bahan kasar	Bahan kasar	Kejenuhan basa
Kejenuhan basa	Salinitas/ DHL	Kedalaman tanah	Kedalaman tanah	Reaksi tanah (pH)
Reaksi tanah (pH)	Pengambilan hara (N, P, K) oleh tanaman	KTK liat	Ketebalan gambut	Kadar pirit
C-organik	Pengurusan hara (N, P, K) dari tanah	Kejenuhan basa	Kematangan gambut	Kadar bahan organik
P-tersedia		Reaksi tanah (pH)	KTK liat	Tebal bahan organik
Salinitas/DHL		C-organik	Kejenuhan basa	Tekstur
Kedalaman pirit		Aluminium	Reaksi tanah (pH)	Struktur, porositas, dan tingkatan
Lereng (%)/mikrorelief		Salinitas/DHL	C-organik	Macam liat
Erosi		Alkalinitas	Aluminium	Bahan induk/ cadangan mineral
Kerusakan karena banjir		Lereng	Salinitas/DHL	Kedalaman efektif
Batu dan kerikil, penghambat pengolahan tanah		Genangan	Alkalinitas	
Pori air tersedia		Batuan di permukaan	Kadar pirit	
Penghambat pertumbuhan karena kekurangan air		CaCO ₃	Lereng	
Kesuburan tanah		Gypsum	Bahaya erosi	
Permeabilitas lapisan atas		Jumlah basa total	Genangan	
			Batuan di permukaan	

Curah hujan merupakan karakteristik lahan yang digunakan sebagai salah satu persyaratan tumbuh tanaman, karena curah hujan merupakan salah unsur yang menentukan ketersediaan air di dalam tanah untuk pertumbuhan tanaman. Data curah hujan yang digunakan adalah curah hujan rata-rata tahunan dan jumlah bulan basah dan bulan kering. Bulan basah yang digunakan adalah data berdasarkan kriteria dari Oldeman (1975) yaitu bulan yang mempunyai rata-rata curah bulanan lebih dari 200 mm/bulan, sedangkan bulan kering adalah bulan yang mempunyai rata-rata curah hujan kurang dari 100 mm/bulan (Ritung, S *et al.*, 2011).

Suhu umumnya menentukan tingkat pertumbuhan dan perkembangan tanaman. Suhu yang dibutuhkan dalam pertumbuhan dan perkembangan tanaman dikenal sebagai suhu kardinal. Karakteristik suhu yang diperhitungkan dalam evaluasi lahan adalah rata rata suhu tahunan, suhu optimum, suhu minimum dan suhu maksimum. Temperatur sangat berpengaruh terhadap pembentukan *flush*, pembungaan, serta kerusakan daun. Temperatur ideal bagi tanaman kakao adalah 30°C–32°C (maksimum) dan 18°C-21°C (minimum). Kakao juga dapat tumbuh dengan baik pada temperatur minimum 15°C perbulan. Temperatur ideal lainnya dengan distribusi tahunan 16,6°C masih baik untuk pertumbuhan kakao asalkan tidak didapati musim hujan yang panjang. Berdasarkan keadaan iklim di Indonesia temperatur 25°-26°C merupakan temperatur rata-rata

tahunan tanpa faktor terbatas. Tanaman kakao membutuhkan suhu rata-rata tahunan 26-29 °C (sangat sesuai), 22-23 °C dan sesuai pada suhu 22-21 °C (Sys *et al.*, 1993). Secara umum tanaman kakao lebih peka terhadap cekaman air selama perkecambahan, pembungaan dan pembuahan awal dibandingkan selama awal pertumbuhan (*vegetatif*) dan pada masa atau periode pemasakan karakteristik suplai air yang digunakan dalam evaluasi lahan adalah total curah hujan selama periode tumbuh tanaman tahunan mulai berbunga sampai panen (Sugiharti, E. 2006).

Kelembaban relatif dapat dipertimbangkan sebagai kakarakteristik iklim tertentu. Kelembapan udara relatif yang dikehendaki tanaman kakao adalah 45-65 % (sangat sesuai), 65-75 % (sesuai) dan 75-85 (cukup sesuai) (Sys, *et. al.*, 1993). Pada tahap tertentu perkembangan tanaman, kelembaban relatif dapat mempengaruhi kepekaan terhadap penyakit. Kelembaban udara yang terlalu rendah pada pembentukan biji dapat menyebabkan keriputnya biji dan hasil yang rendah. Karena pengaruh iklim terhadap perkembangan tanaman adalah terkait dengan tanaman dan juga bahkan dipengaruhi oleh manajemen maka tentunya menjadi tidak mungkin untuk membuat suatu rekomendasi standard dari karakteristik iklim yang akan digunakan untuk semua tipe penggunaan lahan/komoditi.

C. Karakteristik fisik tanah

a. Tekstur dan Struktur

Tekstur dinilai sebagai salah satu karakteristik penting terkait dengan kualitas fisik tanah. Tekstur mempengaruhi beberapa sifat tanah lainnya antara lain ketersediaan air tanah, tingkat infiltrasi, draenase, daya olah dan kapasitas memegang hara (Ritung, S. *et al.*, 2011)

Tabel 4. Kelas tekstur pada kondisi optimal dan marginal menurut pola penggunaan lahan (Sys *et al.*, 1991)

Tipe Penggunaan Lahan	Kelas Tekstur	
	Marginal	Optimal
Irigasi Permukaan	Lempung Liat	Lempung Berpasir sampai liat masive berdebu
Irigasi Curah (<i>Sprinkle</i>)	Lempung liat-liat	Pasir kasar, liat masive
Sawah	Liat masive, liat berdebu, kubus	Pasir halus
TMT	Liat dengan struktur vertikal sampai lempung berdebu	Pasir berlempung
TMS	Liat dengan struktur vertikal, lempung sampai berdebu, lempung	Lempung Berpasir
Tanaman yang sesuai dengan tanah-tanah bertekstur kasar	Lempung sampai lempung berpasir	Pasir halus
Tanaman Tahunan	Liat Struktur Oxisol	Lempung berpasir, lempung s/d lempung berpasir

TMT = Tanaman Semusim Bernilai Tinggi

TMS = Tanaman Semusim Bernilai Sedang

b. Fraksi kasar

Keberadaan batuan (>25cm) pada permukaan akan mengganggu operasional traktor dan mesin mesin. Namun pada pertanian atau usaha tani subsistem dan tanaman tahunan batuan di permukaan tidak begitu menjadi faktor pembatas. Petunjuk evaluasi pembatas fraksi permukaan disajikan pada Tabel 5.

Tabel 5. Petunjuk evaluasi pembatas fraksi batuan permukaan
(Sys *et al.*, 1991)

Ukuran Kelas	Fraksi Kasar Permukaan (Vol %)	
	Optimal	Marginal
Kerikil	< 15	55
Kerakal	< 3	35

Bila fraksi kasar terdapat dibagian atas 20 cm dan jumlahnya berkurang dengan bertambahnya kedalaman atau dimana bagian dari lapisan kerikil lebih 25 cm kandungan kerikil dalam hal bantuan dibawah permukaan (fraksi kasar) hasil hitung ulang <3% dapat dikatakan optimal dan bila 35-55% dapat dikatakan marginal. Menurut Hardjowigeno, S. dan Widiatmaka (2015) kelas kesesuaian lahan sangat sesuai (S1) untuk tanaman kakao berada pada persentase batuan permukaan < 3 % dan persentase batuan > 40 % dianggap tidak sesuai.

c. Kedalaman tanah

Kedalaman tanah yang dapat dijangkau oleh akar tanaman merupakan kriteria penting dalam evaluasi lahan. Tanah-tanah dalam berdrainase baik menunjukkan kedalaman akar dapat menjangkau sejauh > 50 cm untuk kebanyakan tanaman, termasuk tanaman kakao. Untuk tanaman semusim sistem perakaran yang padat biasanya berada pada kedalaman <60 cm sementara tanaman tahunan mempunyai sistem perakaran yang padat sampai sedang sampai pada kedalaman 150 telah disepakati bahwa kedalaman optimal (H) adalah dua kali (h) dari 60 % sistem perakaran ($H = 2h$).

Pengalaman menunjukkan bahwa kebanyakan tanaman akan memberikan hasil yang baik dengan kedalaman efektif perakaran 90 - 100 cm. Kedalaman tanah minimum yang dianggap masih cukup produktif tergantung jenis tanaman yang diusahakan. Tanaman tahunan dan berakar dalam memiliki pembatas kedalaman tanah >150 cm (optimum) dan marginal pada kedalaman 30-60 cm (Lopulisa dan Husni, 2011) Tanaman kakao memerlukan kedalaman minimum 50 cm. Kelas kesesuaian lahan tanaman kakao (sangat sesuai) pada kedalaman efektif >100 cm (Hardjowigeno, S. dan Widiatmaka, 2015). Kedalaman tanah dalam kesesuaian lahan dibedakan menjadi : sangat dangkal (< 20 cm), dangkal (> 20 cm), sedang (50-75) dan dalam jika lebih dari 75 cm (Ritung, S. *et al.*, 2011)

d. Status Kalsium Karbonat (CaCO₃)

Keberadaan Kalsium Karbonat mempengaruhi sifat fisik maupun sifat kimia tanah. Hal khusus yang penting adalah kalsium karbonat dalam ukuran partikel < 20 mikron. Sifat fisik tanah berkapur berubah bila diberi irigasi (Ritung, S. *et al.*, 2011). Oleh karena itu kandungan kapur mempengaruhi kesesuaian lahan untuk irigasi lahan-lahan beririgasi menjadi lebih toleran dan resisten terhadap penetrasi akar bila kandungan CaCO₃ tinggi. Kepekaan berbagai tanaman terhadap kandungan CaCO₃ berbeda maka disarankan menggunakan 4 kelompok tanaman terkait dengan evaluasi level CaCO₃ sebagaimana diperlihatkan pada Tabel 6.

Tabel 6. Persyaratan CaCO₃ untuk berbagai tanaman
(Riquier *et al.*, 1970)

Tanaman	CaCO ₃	
	Marginal	Optimum
Tanaman toleran		
- Sorgum	0-15	50-75
- gandum barley	0-15	50-60
- tebu, kacang millet, chipea	0-12	35-50
Tanaman toleran sedang		
- kapas	0-12	35-40
- kacang kedelai	0-12	28-35
- jagung, padi, ubi jalar	0-8	22-30
Tanaman peka		
- kentang	0-8	20-25
- Jeruk	0-5	16-25
- pisang	0-2	10-15
Tanaman sangat peka		
- tembakau, ubi kayu	0-1	7-10
- kopi, kakao kelapa sawit	0-1	0-1
- karet teh	0	0

D. Karakteristik Kesuburan Tanah

1. Kapasitas Tukar Kation (KTK)

Kapasitas Tukar Kation (KTK) merupakan sifat kimia tanah yang sangat erat hubungannya dengan kesuburan tanah. Tanah dengan KTK tinggi mampu menyerap dan menyediakan unsur hara lebih baik daripada tanah dengan KTK rendah. Karena unsur-unsur hara terdapat dalam kompleks jerapan koloid maka unsur-unsur hara tersebut tidak mudah hilang tercuci oleh air. Tanah-tanah dengan kandungan bahan organik atau dengan kadar liat tinggi mempunyai KTK lebih tinggi dari pada tanah-tanah dengan kadar bahan organik rendah atau berpasir. KTK tanah menggambarkan kation-kation tanah seperti kation Ca, Mg, Na dan K dapat ditukarkan dan diserap oleh perakaran tanaman (Soewandita, H. 2008)

Wilayah kering dan semi kering, tanah umumnya berkapur dan mempunyai cadangan mineral mudah lapuk yang tinggi. Oleh karena itu tanah tanah ini mempunyai pembatas terkait dengan pelapukan dan umumnya mempunyai KTK apparent > 24 cmol (+) kg liat. Daerah tropika basah dan agak basah tingkat pelapukan tanah tercermin dalam diferensiasi horison begitu pula sejumlah karakteristik sifat kimia terkait dengan mineralogi fraksi liat (Hardjowigeno, S. 2013)

Evaluasi disarankan untuk menggunakan aparent KTK horison B atau pada kedalaman 50 cm untuk profil tanah dengan horison A-C atau tepat diatas kontak lithik atau paraklitik jika ini berada pada

kedalaman kurang atau sama dengan 50 cm dari permukaan tanah. Untuk tanah-tanah dimana horison permukaan telah tertimbun dengan debu vulkanik atau bahan aluvial maka yang digunakan adalah apparent KTK horison baru korekasi untuk bahan organik dapat ditentukan dengan anggapan bahwa 1% organik karbon memberi KTK 2.6 cmol /kg liat tanah (Ritung, S. *et al.*, 2007

2. Jumlah kation basa dapat tukar (Ca + Mg+K)

Jumlah kation basa dapat ditukar (Ca+Mg+K) merupakan ungkapan jumlah kation atau hara yang tersedia bagi tanaman. Tidak hanya jumlah kation yang penting tetapi juga ratio antara kation yang berbeda. Ratio (Ca+Mg+K) = 75/18/7 dapat dinilai sebagai optimal. Namun demikian untuk evaluasi secara umum dari satuan lahan/tanah hendaknya dibatasi hanya pada total jumlah kation basa akan memperlihatkan tidak ada pembatas meskipun keseimbangan kation tidak optimal (Ritung, S. 2007). Disarankan untuk melanjutkan evaluasi terkait dengan status kation di daerah perakaran, tetapi untuk alasan praktis (rekomendasi pemupukan diberikan untuk lapisan perakaran). Dianjurkan untuk menggunakan bobot rata dari total kation basa Ca, Mg dan K dibagian atas 25 cm dari permukaan tanah.

3. Kemasaman tanah (pH)

Kemasaman tanah utamanya dapat dikorelasikan dengan jumlah basa-basa. Disamping hubungan ini kemasaman tanah memberi informasi tentang kemungkinan keracunan tanah

berpengaruh negatif pada perkembangan tanaman. Keracunan aluminium menunjukkan pengaruh buruk dan konsentrasi ion Al_3+ pada kompleks pertukaran. Pertama Al masuk ke kompleks pertukaraan pada pH sekitar 5,5 kejenuhan Al meningkat sampai 20% pada pH 5 dan 50% atau lebih dibawah pH 4,0 kemasaman tanah dapat digunakan sebagai diagnostik untuk kejenuhan Al (Ritung, S. 2011). Kelas kemasaman (pH) tanah yang disajikan pada tabel 8.

Tabel 8. Kelas kemasaman (pH) tanah (Ritung, S., 2011)

Kelas	pH tanah
Sangat masam	< 4.5
Masam	4.5-5.5
Agak masam	5.6-6.5
Netral	6.6-7.5
Agak alkalis	7.6-8.5
Alkalis	> 8.5

4. Karbon Organik

Kandungan karbon organik sering digunakan sebagai cermin yang baik atas tingkat kesuburan alami tanah. Oleh karena itu sifat ini penting untuk evaluasi, khususnya tanah-tanah terlapuk lanjut yang tanpa cadangan mineral dan hanya kandungan bahan organik yang merupakan satu-satunya sumber hara. Karena kandungan bahan organik tanah terkait erat dengan zona agroekologi maka evaluasi

hendaknya dilakukan berdasarkan zona agroekologi atau bahkan pada level regional. Kandungan bahan organik sebagian rendah sampai sedang dan sebagian lagi sedang sampai tinggi. Kandungan bahan organik lapisan atas selalu lebih tinggi daripada lapisan bawah dengan ratio C/N tergolong rendah (5 ± 10) sampai sedang (10 ± 18) (Ritung, S. 2011). Selanjutnya dikatakan bahwa karbon organik di lapisan atas 15 cm di daerah tropika basah dapat di klasifikasikan sebagai berikut tinggi $> 2,4 \%$, agak tinggi ($1,5-2,4 \%$), agak rendah ($0,8-1,5 \%$), agak tinggi $1,5 -2,4\%$, agak rendah ($0,8 -1,5 \%$), rendah ($< 0,8 \%$)

Kandungan karbon organik yang optimal hendaknya ditetapkan berdasarkan zona agroekologi atau bahkan pada skala regional. Didasarkan untuk menetapkan kandungan karbon organik yang optimal berada pada tanah-tanah bertekstur sedang dibawah vegetasi alami yang tidak dipengaruhi oleh erosi. Hanya dalam kondisi tertentu kandungan bahan organik tanah dinilai sebagai marginal, misalnya untuk tanaman bernilai tinggi atau daerah dimana penurunan bahan organik menyebabkan kerusakan struktur tanah. Bahan organik membantu mengikat butiran liat membentuk ikatan butiran yang lebih besar sehingga memperbesar ruang-ruang udara diantara ikatan butiran (Schjonning *et al.*, 2007). Bahan organik dalam tanah dapat menyerap air 2–4 kali lipat dari berat bobotnya yang berperan dalam ketersediaan air (Sarief, 1985)

5. Salinitas

Salinitas merupakan salah satu faktor pembatas utama pengembangan pertanian di daerah kering. Berdasarkan data yang disajikan oleh (USDA,1954) dan bulletin pertanian Amerika tahun 1964, tanaman dapat dikelompokkan kedalam 3 kelompok utama menurut tanggapan salinitas

Tabel 9. Tanggapan salinitas terhadap beberapa kelompok tanaman (Riquer *et al.*, 1970)

Toleransi	Kepekaan Tanaman	Tingkat Salinitas (dS/m)	Tanaman
Rendah	Sangat Peka	2-4	Kacang-kacangan, Pear, Apel, Jeruk
Sedang	Peka-Agak Peka	4-8	Gandum, Padi, Jagung, Tomat, Brocoli, Kentang, Wortel, Bawang
Tinggi	Tidak peka	10-6	Barley, Kapas, Garden beet, Asparagus, Bayam

Salinitas juga mempengaruhi kesesuaian untuk irigasi karena jumlah air yang diperlukan untuk pencucian akan tergantung dari kandungan garam tanah. Petunjuk untuk evaluasi status salinitas disajikan pada Tabel 10.

Tabel 10. Petunjuk evaluasi status salinitas (Pusat Penelitian Tanah, 1993)

Pola penggunaan lahan	Salinitas (ds/m)	
	Optimal	Marginal
Tanaman garam rendah	< 3	4-6
Toleransi garam sedang	< 8	12-16
Tanaman toleran tinggi	< 12	16-20
irigasi :		
- tekstur sedang-kasar	< 16	20-30
- tekstur halus	< 8	16-22

E. Evaluasi lahan

Evaluasi lahan merupakan proses penilaian sumber daya lahan untuk tujuan tertentu dengan menggunakan suatu pendekatan atau cara yang sudah teruji. Kesesuaian lahan adalah kecocokan (*fitness*) suatu jenis lahan untuk penggunaan tertentu (Baja, S. 2012). Hasil evaluasi lahan akan memberikan informasi dan/atau arahan penggunaan lahan sesuai dengan keperluan. Selain itu, kesesuaian lahan adalah kecocokan sebidang lahan untuk penggunaan tertentu. Penilaian kesesuaian lahan dapat dilakukan pada kondisi sekarang atau kondisi setelah dilakukan perbaikan terhadap kualitas lahan. Kesesuaian lahan tersebut dapat dinilai saat ini (kesesuaian lahan aktual) atau setelah diadakan perbaikan atau disebut kesesuaian lahan potensial (Ritung, S. *et al.*, 2011 ; Baja, S. 2012)

Evaluasi lahan merupakan bagian dari proses perencanaan tata guna lahan. Inti dari evaluasi lahan adalah membandingkan persyaratan yang diminta oleh tipe penggunaan lahan yang akan diterapkan pada masing-masing tingkat kesesuaian apakah optimal, marginal dan tidak sesuai dengan sifat atau kualitas lahan yang digunakan. Dengan cara ini akan diketahui potensi lahan atau kelas kesesuaian lahan atau tipe penggunaan lahan tersebut. Kesesuaian lahan (*suitability*) kecocokan (*adaptability*) suatu lahan untuk penggunaan tertentu (Hardjowigeno, S. dan Widiatmaka, 2015).

F. Evaluasi Kesesuaian Lahan

Evaluasi kesesuaian lahan pertanian yang bisa digunakan di berbagai negara, pada dasarnya mengacu pada klasifikasi lahan USDA (1961) dan/atau klasifikasi kesesuaian lahan yang dikembangkan oleh FAO (1976). Di Indonesia klasifikasi kemampuan lahan USDA yang digunakan karna sangat sederhana, dimana hanya melakukan data tentang sifat-sifat fisik/morfologi tanah dan lahan yang dapat diamati dilapangan, tanpa memerlukan data tentang sifat-sifat kimia tanah yang harus dianalisa dilaboratorium. Akan tetapi sebagian pakar di Indonesia lebih cenderung menggunakan sistem USDA.

Dalam sistem FAO ini, dikembangkan istilah-istilah penting yang berkaitan dengan evaluasi kesesuaian lahan, seperti tipe penggunaan lahan, karakteristik lahan, kesesuaian lahan aktual,

kesesuaian lahan potensial, kesesuaian lahan ekonomi, dan sebagainya. Kesulitan penggunaan system FAO adalah karena diperlukan data-data fisik kimia tanah yang harus dianalisa di laboratorium, dan data-data lain-lain yang tidak dapat diamati secara langsung di lapangan, sehingga kelas kesesuaian lahan tidak dapat langsung ditentukan di lapangan.

G. Klasifikasi Kesesuaian Lahan FAO

Evaluasi lahan yang mengenalkan konsep tipe penggunaan lahan diarahkan untuk klasifikasi lahan menggunakan tertentu pertama kali dikenalkan di Wageningen (1973) oleh FAO panel. Sistem FAO juga mengenalkan klasifikasi kualitatif. Klasifikasi kesesuaian lahan FAO (1976) dinyatakan dalam kategori berbeda yaitu ordo, kelas subkelas dan unit yang didasarkan pada *FAO-Frame Work for Land Evaluation* (FAO.1976). Klasifikasi kesesuaian lahan menurut FAO ini dapat dilakukan beberapa pendekatan antara lain :

1. Pendekatan pembatas sederhana

Kesesuaian dengan metode pendekatan pembatas sederhana adalah karakteristik (kualitas) lahan dibandingkan dengan persyaratan suatu peruntukan lahan yang diinginkan. Kelas lahan kemudian akan ditentukan oleh karakteristik atau kualitas lahan yang paling kurang variabel. Langkah pertama adalah evaluasi karakteristik iklim dengan tujuan untuk menetapkan satu kelas iklim yang digunakan dalam

menentukan total evaluasi (Sys, *et al.*, 1991). Hubungan antara kelas lahan (kelas kesesuaian) dan pembatas dan kriteria penetapan kelas kesesuaian lahan disajikan pada Tabel 11 dan 12.

Tabel 11 Hubungan antara kelas kesesuaian dengan pembatas (Sys *et al.*, 1991)

Pembatas	Kelas Kesesuaian Lahan (Kelas Lahan)
0= tanpa	S1=sangat sesuai
1= ringan	S1=sangat sesuai
2= sedang	S2=cukup sesuai
3= berat	S3=sesuai marginal
4= sangat berat	N1=tidak sesuai N2=tidak sesuai permanen

Tabel 12. Kriteria penetapan kelas kesesuaian lahan (Staf Pusat Penelitian Tanah, 1993)

Kelas Lahan	Kriteria
S1 =sangat sesuai	- Unit lahan dengan tanpa atau hanya pembatas ringan
S2=cukup sesuai	- Unit lahan dengan lebih baik dari 4 pembatas ringan dan atau tidak lebih dari 3 pembatas sedang
S3=sesuai marginal	- Unit lahan dengan lebih dari 3 pembatas sedang dan / atau lebih pembatas sangat berat
N1= tidak sesuai saat ini dan potensial sesuai	- Unit lahan dengan pembatas sangat berat yang dapat diperbaiki
N2 =tidak sesuai permanen	- Unit lahan dengan pembatas sangat berat yang tidak dapat diperbaiki

2. Pendekatan berdasarkan jumlah dan intensitas pembatas

Pendekatan ini menetapkan kelas lahan berdasarkan jumlah dan intensitas pembatas. Metode ini menentukan persamaan evaluasi iklim, dimana karakteristik iklim dikelompokkan kedalam 4 group (penyinaran, suhu curah hujan dan kelembaban udara relatif). Dari setiap group karakteristik iklim maka pembatas yang sangat berat yang akan menentukan kelas kesesuaian iklimnya dan tingkat pembatas yang akan digunakan dalam total evaluasi, sebagaimana diperlihatkan pada Tabel 13

Tabel 13 Kriteria untuk menentukan kelas kesesuaian iklim dan tingkat pembatas terkait (Staf Pusat Penelitian Tanah, 1993)

Kelas	Kriteria	Pembatas
S1	Iklim tidak mempunyai pembatas, atau iklim dengan maksimum 3 pembatas ringan	0 1
S2	Iklim dengan 4 pembatas ringan dan/atau maksimum 3 pembatas berat	2
S3	Iklim dengan 4 pembatas sedang dan/atau satu atau lebih pembatas berat	3
N	Iklim dengan satu atau lebih pembatas sangat berat	4

3. Pendekatan Parametrik

Pendekatan parametrik dilakukan dengan pemberian nilai rating pada tiap karakteristik (kualitas) lahan. Jika karakteristik atau kualitas lahan optimal untuk tipe penggunaan lahan yang dipilih, maka

diberikan nilai rating maksimum 100, namun apabila karakteristik atau kualitas lahan memperlihatkan adanya pembatas, maka diberikan nilai rating yang lebih rendah (Sys, *et al*, 1993). Rating individu karakteristik lahan akan digunakan untuk menentukan indeks lahan.

Evaluasi lahan dengan pendekatan parametrik dimulai dengan evaluasi iklim, yang dikelompokkan ulang ke dalam 4 kelompok yaitu karakteristik yang berkaitan dengan radiasi, temperatur, curah hujan dan kelembaban relatif. Indeks iklim dihitung dengan menggunakan rating terendah pada tiap-tiap group. Indeks ini kemudian di distribusikan kedalam rating iklim yang akan digunakan dalam evaluasi lahan total. Sebagaimana ditunjukkan pada Tabel 14.

Tabel 14. Indeks Iklim pada setiap Indeks Kelas (Sys *et al.*, 1991; Lopulisa dan Husni, 2011)

Kelas Iklim	Tingkat Pembatas	Indeks Kelas	Bobot Acuan
S1	tanpa ringan	100-75	100-85
S2	sedang	75-50	85-60
S	berat	50-25	60-40
N	sangat berat	25-12.5	40-20
		12.5-0	20-0

Karakteristik lahan yang diperlukan untuk tanaman tertentu masing-masing diberi bobot berdasarkan nilai ekivalensi sekaligus merupakan penentuan tingkat pembatas lahan yang dicirikan oleh rating karakteristik lahan menggunakan metode storie sebagai berikut

$$LSI = A \times \frac{B}{100} \times \frac{C}{100} \times \dots\dots\dots(1) \text{ (Storie, 1976)}$$

Dimana LSI = *Land Suitability Index*

A, B, C, D = bobot masing-masing karakteristik

Kelas kesesuaian lahan berdasarkan nilai indeks lahan tersebut

diperlihatkan pada Tabel 15

Tabel 15. Indeks lahan untuk kelas kesesuaian lahan yang berbeda (Sys *et al.*, 1991; Lopulisa dan Husni, 2011 ; Neswati, 2014)

Indeks Lahan		Kelas Kesuaian Lahan
100 – 75	S1	Sangat Sesuai
75 – 50	S2	Cukup Sesuai
50 – 25	S3	Sesuai Marginal
25 – 0	N	Tidak Sesuai

H. Hubungan antara indeks lahan dan produksi

Studi terkait hubungan antara indeks lahan dengan produksi berbagai komoditi telah ditunjukkan oleh Neswaty (2014), Lopulisa, Neswaty *et al.*, (2013) untuk tanaman jagung, Jais (2006) untuk produksi kakao, Juita (2012) untuk tanaman jagung yang kesemuanya menunjukkan adanya korelasi yang kuat antara indeks lahan dengan produktivitas. Tanaman kakao membutuhkan temperatur udara 25^oC-26^oC. Curah hujan tahunan berkisar 1600-1900 mm (Sys *et al.*, 1991) Tanaman kakao membutuhkan kelembaban udara sekitar 45-60 %. Tanaman kakao membutuhkan persyaratan tanah antara lain : pH 6.2 –7.0.

Persyaratan Iklim dan tanah menurut Hardjowigeno S dan Widiatmaka, 2015 dan Sys *et. al.*, 1993 disajikan pada Tabel 16 dan 17.

Tabel 16. Kesesuaian lahan kakao (Hardjowigeno, S dan Widiatmaka, 2015)

Kualitas/Karakteristik Lahan	Kelas Kesesuaian Lahan				
	S1	S2	S3	N1	N2
Temperatur (t)					
- Rata-rata tahunan (°C)	25-28	>28-32 20-<25	>32-35	Td	>35 <20
Ketersediaan Air (w)					
- Bulan Kering (<75 mm)	1-2	>2-3	>3-4	Td	>4
- Curah Hujan/Tahun (mm)	1500-2500	>2500-3000	>3000-4000 1250-<1500	-	>4000
- Kelembaban (%)	40-65	>65-75 35-<40	>75-85 30-<35	>85 <30	-
- LGP (hari)	365-330	<330-300	<300	<300	<300
Media Perakaran (r)					
- Draenase Tanah	Baik	Sedang	Agak Lambat	Terhambat agak cepat	Sangat terhambat, Sangat cepat
- Tekstur	SL,L,SCL,Sil,Si, CL,SiCL	LS,SC,SiC,C	Str,C	-	Kerikil, pasir
- Kedalaman Efektif (cm)	>100	75-100	50-<75	-	<50
Gambut					
- Kematangan	-	Saprik	Hemik	Hemik-fabrik >150-200	Fabrik
- Ketebalan (cm)	-	<100	100-150	-	>200
Retensi Hara (f)					
- KTK Tanah	≥Tinggi	Sedang	Rendah	-	Sangat rendah
- Kejenuhan basa (%)	>35	20-35	<20	-	-
- pH Tanah	5,5-6,5	>6,5-7,5 5,0-<5,5	>7,5-8,5 4,5-<5,0	4,0-<4,5	-
- C-organik (%)	-	-	-	-	-
Toksitasitas (x)					
- Salinitas (mmhos/cm)	<1	1-3	>3-4	>4-6	>6
- Sodisitas	-	-	-	-	-
(Alkanitas/ESP) (%)					
- Kejenuhan Al (%)	-	-	-	-	-
- Kedalaman Sulfidik (cm)	>175	125-175	85-<125	75-<85	<75
Hara Tersedia (n)					
- Total N	≥Sedang	Rendah	Sangat rendah	-	-
- P2O5	≥Sedang	Rendah	Sangat rendah	-	-
- K2O	≥Sedang	Rendah	Sangat rendah	-	-
Penyiapan Lahan (p)					
- Batuan permukaan (%)	<3	3-15	>15-40	Td	>40
- Singkapan batuan (%)	<2	2-10	>10-25	>25-40	>40
Tingkat bahaya erosi (e)					
- Bahaya erosi	SR	R	S	B	SB
- Lereng (%)	<8	8-15	>15-25	>25-45	>45
Bahaya banjir (b)	F0	F1	F2	F3	F4

Tabel 17. Kesesuaian lahan kakao (Sys *et al.*, 1991)

Kualitas/Karakteristik Lahan	Kelas Kesesuaian Lahan				
	S1	S2	S3	N1	N2
- Curah hujan tahunan (mm)	1900-2500	2500-3500	3500-4400	-	< 1200 > 4400
- Bulan Kering	0-1	1-2	2-3	-	> 4
- Temperatur tahunan (°C)	26-29	29-30	22-21	-	< 21
- Rata-rata suhu maksimum	28-30	> 30	-	-	-
- Rata-rata suhu minimum	20-15	15-13	13-10	-	< 10
- Kelembaban (%)	40-65	65-75	75-85	< 30 >85	-
Topography (t)					
- Lereng (%)	0-8	8-16	16-30	30-5	.> 50
- Tekstur	C<60s,Co, SiCL, CL, Sil	SCL, C<60v	C>60v LfS, sl	-	Cm, SiCm, LS, LcS, fS, S, cS
- Kedalaman tanah (cm)	>200	150-100	100-50	-	<50
- CaCO ₃ (%)	0-1	1-5	5-10	-	> 10
- Gypsum (%)	0-0,5	0,5-2	2-3	-	> 3
Retensi Hara (f)					
- KTK Tanah	> 24-16	< 16 (-)	<16 (+)	-	-
- Kejenuhan basa (%)	>50-35	35-20	<20	-	-
- pH Tanah	6,2-7,0	5,5-7,6	7,6-8,5	-	> 8,2
- C-organik (%)	2.4-1.5	1,5-0,8	<0.8	-	-
Toksisitas (x)					
- Salinitas (mmhos/cm)	0,5-1.1	1,1-1,8	1,8-2,2	-	>2,2