

KESUBURAN TANAH DAN PEMUPUKAN



o o o o

PENULIS:

- Synthia Ona Guserike Afner
- Kartika Utami
- Dyah Puspita Sari
- Adelina Siregar
- Jamilah
- Riza Syofiani
- Saída
- Anni Yuniarti
- Bohari M Yamin
- Sri Mulyani
- Ni Luh Kartini
- Dewa Oka Suparwata
- Desi Rahmawati

• • • • •

KESUBURAN TANAH DAN PEMUPUKAN

Synthia Ona Guserike Afner

Kartika Utami

Dyah Puspita Sari

Adelina Siregar

Jamilah

Riza Syofiani

Saida

Anni Yuniarti

Bohari M Yamin

Sri Mulyani

Ni Luh Kartini

Dewa Oka Suparwata

Desi Rahmawati



CV HEI PUBLISHING INDONESIA

KESUBURAN TANAH DAN PEMUPUKAN

Penulis :

Synthia Ona Guserike Afner
Kartika Utami
Dyah Puspita Sari
Adelina Siregar
Jamilah
Riza Syofiani
Saida
Anni Yuniarti
Bohari M Yamin
Sri Mulyani
Ni Luh Kartini
Dewa Oka Suparwata
Desi Rahmawati

ISBN : 978-623-89166-2-7

Editor : Ariyanto, M.Pd dan Muhammad Iklas Al Kutsi, S.Kom, S.Pd

Penyunting : Annisa, S.Pd. Gr

Desain Sampul dan Tata Letak : Lira Muhardi, S.P.

Penerbit : CV HEI PUBLISHING INDONESIA

Nomor IKAPI 043/SBA/2023

Redaksi :

Jl. Air Paku No.29 RSUD Rasidin, Kel. Sungai Sapih, Kec Kuranji
Kota Padang Sumatera Barat
Website : www.HeiPublishing.id
Email : heipublishing.id@gmail.com

Cetakan pertama, Mei 2024

Hak cipta dilindungi undang-undang
Dilarang memperbanyak karya tulis ini dalam bentuk
dan dengan cara apapun tanpa izin tertulis dari penerbit.

KATA PENGANTAR

Dengan mengucapkan puji syukur kehadiran Allah SWT, atas limpahan rahmat dan hidayahNya, maka Penulisan Buku dengan judul Kesuburan Tanah dan Pemupukan dapat diselesaikan. Buku ini berisikan bahasan tentang konsep kesuburan dan pemupukan, hubungan dan penyerapan tanah, dan unsur-unsur yang terdapat pada tanah.

Buku ini masih banyak kekurangan dalam penyusunannya. Oleh karena itu, kami sangat mengharapkan kritik dan saran demi perbaikan dan kesempurnaan buku ini selanjutnya. Kami mengucapkan terima kasih kepada berbagai pihak yang telah membantu dalam proses penyelesaian Buku ini. Semoga Buku ini dapat menjadi sumber referensi dan literatur yang mudah dipahami.

Padang, Mei 2024

Penulis

DAFTAR ISI

KATA PENGANTAR.....	i
DAFTAR ISI	ii
DAFTAR GAMBAR	vii
DAFTAR TABEL	xi
BAB 1 KONSEP KESUBURAN DAN PEMUPUKAN.....	1
1.1 Pendahuluan	1
1.2 Indikator Kesuburan Dari Sudut Pandang Media Tanam	4
1.3 Faktor Yang Mempengaruhi Kesuburan.....	11
DAFTAR PUSTAKA	15
BAB 2 HUBUNGAN TANAH DAN TANAMAN	17
2.1 Tanah sebagai media tanam	17
2.2 Unsur Hara Yang Dibutuhkan Oleh Tanaman	22
2.2.1 Peran Unsur Hara Bagi Tanaman	24
2.2.2 Karbon, Hidrogen, dan Oksigen (C, H, dan O)	26
2.2.3 Kategori Unsur Hara pada Tanaman	39
2.3 Penyerapan Unsur Hara oleh Tanaman	41
2.4 Proses Penyerapan Unsur Hara oleh Akar Tanaman.....	42
2.5 Mekanisme Penyerapan Hara oleh Akar	46
2.6 Proses Penyerapan Unsur Hara Oleh Daun Tanaman	50
2.7 Faktor Penentu Pertumbuhan Tanaman.....	51
DAFTAR PUSTAKA	54
BAB 3 PENYERAPAN DAN PENGANGKUTAN	
HARA	57
3.1 Pendahuluan.....	57
3.2 Organ Penyerap Hara pada Tanaman	58
3.3 Mekanisme Penyerapan Hara oleh Tanaman.....	64
3.3.1. Penyerapan Hara melalui Akar Tanaman	65

3.3.2. Penyerapan hara melalui Daun Tanaman	72
3.4 Dinamika Hara dalam Tanah	74
DAFTAR PUSTAKA.....	86
BAB 4 PERILAKU NITROGEN DI DALAM TANAH..	89
4.1 Peranan Nitrogen Dalam Tanaman	89
4.2 Proses kunci: Siklus Nitrogen pada Tanah Pertanian.....	91
4.3 Sumber Nitrogen Tanah	94
4.3.1 Penambahan N ₂ dari Atmosfer.....	95
4.3.2 Penambahan N ₂ Secara Biologi.....	95
4.3.3. Input Antropogenik (Pupuk Kimia dan Pupuk Organik)	104
4.4 Ketersediaan dan Transformasi Nitrogen Tanah	108
4.5. Kehilangan Nitrogen Tanah.....	113
4.6 Faktor-faktor yang Memengaruhi Ketersediaan Nitrogen Tanah	116
4.7 Strategi Pengelolaan Nitrogen untuk Meningkatkan Produktivitas Tanaman.....	120
DAFTAR PUSTAKA.....	123
BAB 5 PERANAN HARA N BAGI PERTUMBUHAN & HASIL TANAMAN	131
5.1 Unsur N Sebagai Hara Makro	131
5.2 Bentuk-Bentuk N Yang Diserap Oleh Tanaman	134
5.3. Metabolisme N Tanaman Sebagai Respon Terhadap Ketersediaan N Rendah Dan Pertumbuhan Tanaman	137
5.4 Peranan N Dalam Melindungan Tanaman Terhadap Cekaman Lingkungan	145
5.4.1 Peranan N Tanaman Terhadap Gangguan Cekaman Kemasaman Tanah	146
5.4.2 Peranan N Tanaman Terhadap Gangguan Cekaman Alkalinitas Tanah	151

5.4.3 Peranan N Tanaman Terhadap Gangguan Cekaman Ionik.....	152
5.4.4 Peranan N Tanaman Terhadap Gangguan Cekaman Kekeringan.....	159
5.5. Peranan Hara N Terhadap Pertumbuhan Tanaman	163
5.6 Peranan Hara N Terhadap Hasil Tanaman	168
5.6.1 Peranan N Terhadap Pembentukan Buah Dan Biji	169
DAFTAR PUSTAKA	177
BAB 6 UNSUR HARA P DALAM TANAH.....	199
6.1. Ketersediaan Unsur Hara P dalam Tanah.....	199
6.2. Peran Unsur Hara P	202
6.3. Sumber hara P.....	205
6.4 Defisiensi hara P	208
6.5 Siklus Fosfor	211
DAFTAR PUSTAKA	214
BAB 7 UNSUR HARA K DALAM TANAH.....	217
7.1 Pengantar <i>Kalium</i>	217
7.2 Sumber Kalium Dalam Tanah.....	218
7.3 Dinamika Kalium Dalam Tanah	223
7.4 Kalium Dalam Tanaman.....	231
DAFTAR PUSTAKA	237
BAB 8 KALSIUM, MAGNESIUM DAN SULFUR.....	239
8.1. Kalsium	239
8.2. Magnesium.....	244
8.3. Sulfur.....	247
DAFTAR PUSTAKA	252
BAB 9 HARA MAKRO DAN HARA MIKRO	253
9.1 Pendahuluan.....	253
9.2 Analisis Unsur Hara Dalam Pokok	255

9.3 Kandungan Unsur Hara Dalam Pokok.....	256
9.4 Bahan Mentah(Murni) Sebagai Sumber Unsur Hara	257
9.5 Pembikinan Pupuk.....	259
9.6 Pupuk Cecair.....	263
9.7 Pupuk Suplemen Dan Organik.....	267
9.8 Dolomit.....	268
DAFTAR PUSTAKA.....	270
BAB 10 UJI TANAH DAN EVALUASI STATUS	
KESUBURAN TANAH	273
10.1 Uji Tanah.....	274
10.1.1 Pengambilan Sampel Tanah	274
10.1.2 Analisis tanah (Analisis Laboratorium)	281
10.1.3 Interpretasi Hasil Uji Tanah	282
10.2 Evaluasi Status Kesuburan Tanah	284
10.2.1 Uji Korelasi Di Rumah Kaca Dan Uji Kalibrasi Di Lapangan	284
10.2.3 Rekomendasi Pemupukan	287
DAFTAR PUSTAKA.....	289
BAB 11 KLASIFIKASI PEMUPUKAN.....	293
11.2 Pupuk Anorganik	294
11.3 Pupuk Kandang/Organik.....	295
11.4 Ciri Kimia Pupuk Langsung.....	299
11.5 Pupuk Fosfatik.....	301
11.6 Pupuk Potash.....	302
11.7 Komposisi pupuk.....	303
11.8 Aplikasi Pupuk Di Lahan	304
11.9 Rumusan	309
DAFTAR PUSTAKA.....	310

BAB 12 REAKSI PUPUK DALAM TANAH.....	313
12.1 Pendahuluan	313
12.2 Pupuk Organik Dan Anorganik.....	315
12.2.1 Kandungan Pupuk Organik dan Anorganik.....	316
12.2.2 Reaksi Pupuk Anorganik	320
12.2.3 Reaksi Pupuk Organik	323
12.2.4 Mekanisme Serapan Pupuk.....	327
12.3 Hubungan KTK Dengan Reaksi Pupuk Dalam Tanah	328
12.4 Efek Reaksi Pupuk Anorganik Pada Tanah.....	331
12.5 Efek Reaksi Pupuk Organik Pada Tanah	333
12.6 Interaksi Pupuk Organik Dan Anorganik.....	335
DAFTAR PUSTAKA	337
BAB 13 TUJUAN PEMUPUKAN	343
13.1 Kenapa Diperlukan Pemupukan?	344
13.2 Kehilangan Hara Sebagai Pedoman Pengelolaan Pemupukan.....	346
13.3 Pemupukan Untuk Peningkatan Ketersediaan Hara Tanah Bagi Tanaman.....	351
13.4 Pemupukan Untuk Peningkatan Produksi Tanaman	356
13.5 Pemupukan Mengatasi Tanah-Tanah Tidak Subur	359
13.6 Tujuan Pemupukan Spesifik Lokasi.....	361
DAFTAR PUSTAKA	363
BAB 14 CARA PEMBERIAN PUPUK.....	367
14.1 Dasar-dasar Pemupukan.....	367
14.2 Penyemprotan Pupuk Pada Permukaan Daun	375
14.3 Aplikasi Pupuk Organik	376
DAFTAR PUSTAKA	380
BIODATA PENULIS	381

DAFTAR GAMBAR

Gambar 1.1.	
Interaksi sifat fisik, kimia, dan biologi tanah dalam membentuk kesuburan ideal.....	8
Gambar 1.2	
Ilustrasi pemberian pupuk.....	10
Gambar 2.1.	
Mekanisme penyerapan unsur hara pada tanaman.....	46
Gambar 3.1.	
Anatomi daun tanaman.....	59
Gambar 3.2.	
Anatomi akar tanaman.....	60
Gambar 3.3.	
Pergerakan hara dalam xylem.....	62
Gambar 3.4.	
Pergerakan hara dalam floem.....	63
Gambar 3.5.	
Proses intersepsi akar.....	66
Gambar 3.6.	
Proses aliran massa.....	68
Gambar 3.7.	
Proses masuknya hara ke dalam akar tanaman.....	69
Gambar 3.8.	
Ilustrasi difusi hara.....	71
Gambar 3.9.	
Penyerapan hara oleh daun tanaman.....	73
Gambar 3.10.	
Proses terbuka-tertutup stomata.....	74
Gambar 3.11.	
Dinamika hara dalam tanah.....	76
Gambar 3.12.	
Aminisasi dan amonifikasi nitrogen dalam tanah.....	77
Gambar 3.13.	
Siklus P dalam tanah.....	80

Gambar 3.14.	
Siklus K dalam tanah.....	82
Gambar 3.15.	
Siklus Ca dan Mg dalam tanah.....	83
Gambar 3.16.	
Siklus P dalam tanah.....	85
Gambar 4.1	
Struktur senyawa klorofil a dan klorofil b.....	89
Gambar 4.2	
Siklus nitrogen di alam.....	92
Gambar 4.3	
Bintil akar pada akar tanaman Kedelai.....	99
Gambar 5.1.	
Skema dari serapan hara Nitrat yang disederhanakan.....	135
Gambar 5.2.	
Serapan hara N dan asimilasi N di akar dan pada daun teh hitam.....	135
Gambar 5.3.	
Bintil akar pada tanaman Kedelai dan mekanisme fiksasi N pada perakaran tanaman.....	136
Gambar 5.4.	
Konsep Model Dari Metabolism N Pada Kondisi Ketersediaan N Rendah.....	140
Gambar 5.5.	
Pertumbuhan tanaman jagung saat 45 hst yang mendapatkan hara N dari berbagai sumber N pada hapludult.....	151
Gambar 5.6.	
Skema pengangkut membran yang terlibat dalam serapan akar nitrat dan amonium di <i>Arabidopsis thaliana</i>	162
Gambar 5.7.	
Perubahan warna daun akibat tanaman kekurangan unsur Nitrogen.....	165
Gambar 5.8.	
Asam amino dan protein.....	172
Gambar 6.1.	
Perbandingan daun sehat dengan kekurangan fosfor.....	209

Gambar 7.1.	
Tabel periodik unsur kimia, posisi dan konfigurasi electron dari K.....	218
Gambar 7.2.	
Hubungan bentuk Kalium tidak tersedia, Kalium lambat tersedia, dan Kalium segera tersedia.....	224
Gambar 7.3.	
Reaksi keseimbangan Kalium di dalam tanah.....	227
Gambar 9.1.	
Hutan Rimba Safari Bali.....	253
Gambar 9.2	
Pembersihan hutan untuk perladangan.....	254
Gambar 9.3.	
<i>Spektrometer XRF</i>	255
Gambar 9.4.	
Kilang penghancuran, pengadukan bahan murni dan pembentukan granul pupuk NPK di Selangor Malaysia.....	261
Gambar 9.5 .	
Pupuk NPK yang siap dipacking untuk pasaran.....	262
Gambar 9.6.	
Penanaman terung secara fertigasi menggunakan pupuk cecair AB.	266
Gambar 9.7.	
Konduktiviti meter yang mudah untuk kegunaan di lahan.....	266
Gambar 9.8.	
Pak Hishamuddin Muallim Hortiguard & Nursery Perak Malaysia di lahan tinnya menggunakan pupuk AB.....	267
Gambar 9.8.	
Spektrum XRF sampel dolomit dari Perlis Malaysia.....	269
Gambar 10.1.	
Metode pengambilan contoh komposit.....	280
Gambar 11.1	
Klasifikasi pupuk anorganik.....	295
Gambar 11.2	
Pembikinan medium organik untuk penanaman anggur.....	298
Gambar 11.3.	
Anggur Tamaki asal Japan ditanam secara organic.....	298

Gambar 11.4.	
Perkebunan nenas MD2 di Sabak Bernam Selangor, Malaysia.....	305
Gambar 11.5.	
Pokok nenas mula berbunga.....	305
Gambar 11.6.	
Pupuk Anorganik lokal jenapa Taaveekum Smart Blue mengandungi dolomit.....	306
Gambar 11.7.	
Pupuk jenama Nitrophoska.....	306
Gambar 11.8.	
Penutupan bahagian atas nenas dari cuaca panas.....	307
Gambar 11.9.	
Pengusaha nenas Pak Din menunggu kastomer datang mengambil nenas.....	308
Gambar 11.10.	
Pertumbuhan singkong.....	308
Gambar 13.1.	
Grafik isothermis penjerapan dua tanah yang berbeda pada kemampuan menjerap P.....	350
Gambar 13.2.	
Perencanaan pengelolaan dengan pertimbangan produktivitas tanah.....	353

DAFTAR TABEL

Tabel 4.1

Input N, Output N (kehilangan) dan siklus dalam sistem tanah-tanaman.....93

Tabel 5.1.

Susunan kimia dari bahan kompos yang digunakan sebagai pupuk organik.....166

Tabel 5.2.

Pengaruh jenis dan takaran kompos terhadap angkutan hara N tanaman padi per rumpun 45 HST.....167

Tabel 6.1.

Beberapa mineral P yang biasa dijumpai dalam tanah.....209

Tabel 9.1

Senyawa murni unsur hara makro dan mikro.....258

Tabel 9.2.

Beberapa produk pupuk yang terdapat dalam pasaran.....263

Tabel 9.3 .

Senarai unsur murni dan contoh formulasi untuk penanaman cabai.....264

Tabel 10.1.

Perbandingan skala peta dan jarak antara grid.....278

Tabel 10.2.

Beberapa macam ekstrak untuk analisis tanah.....281

Tabel 10.3.

Kriteria penilaian hasil uji tanah.....283

Tabel 13.1.

Konsentrasi unsur-unsur hara esensial di dalam tanah mineral dan jumlah yang diangkut tanaman setiap tahun.....348

Tabel 13.2.

Hubungan laju serapan hara dengan jarak dari ujung akar tanaman.....351

Tabel 13.3.

Kadar dan serapan pada 9 jenis hara makro dan mikro pada tanaman jagung dan padi (Kg/ha)354

Tabel 13.4.

Harkat hara dalam tanah dan tanaman untuk produksi tanaman.....356

Tabel 13.5.

Pemupukan berimbang dengan indikator 4 tepat.....360

Tabel 14.1.

Jenis pupuk anorganik dan kandungan unsur hara.....370

BAB 10

UJI TANAH DAN EVALUASI STATUS KESUBURAN TANAH

Oleh : Sri Mulyani

Kesuburan tanah adalah kemampuan tanah untuk menyediakan hara dalam jumlah yang cukup dan berkeselimbangan untuk pertumbuhan suatu tanaman tertentu. Ketersediaan hara yang semakin tinggi menunjukkan bahwa semakin tinggi tingkat kesuburan tanah, begitu juga sebaliknya. Kandungan hara tanah bersifat dinamis, sesuai varietas tanaman, tingkat hasil, sifat tanah, lingkungan dan pengelolaan. Oleh karena itu, status kesuburan tanah harus dilakukan pemantauan dan evaluasi secara rutin.

Beberapa metode Evaluasi kesuburan tanah yang pada umumnya digunakan untuk menilai status hara di dalam tanah yaitu: Uji tanah, Gejala Defisiensi Hara Tanaman, Analisis jaringan tanaman, dan Uji Biologis. Metode Evaluasi kesuburan tanah yang dianggap lebih baik daripada teknik evaluasi kesuburan tanah lainnya adalah metode uji tanah. Karena metode uji tanah ini dapat menentukan hara yang diperlukan tanaman sebelum penanaman, dan dapat menjadi dasar pembuatan rekomendasi pemupukan (Munawar, 2018).

10.1 Uji Tanah

Uji tanah (*soil testing*) adalah metode kimia (*chemical essay*) untuk menilai kemampuan tanah untuk mensuplai hara (Havlin et al. 2005). Arti luas uji tanah yaitu setiap kegiatan pengukuran yang dilakukan terhadap tanah, baik kimia maupun fisik tanah. Arti sempit adalah analisis sifat kimia tanah secara cepat untuk memprediksi tingkat ketersediaan unsur hara dalam tanah.

Informasi dari hasil uji tanah dapat digunakan, antara lain (i) untuk meningkatkan atau mempertahankan kesuburan suatu tanah; (ii) untuk menduga peluang diperolehnya keuntungan dari pemupukan dan pengapuran; (iii) sebagai dasar untuk membuat rekomendasi pupuk atau kapur; (iv) untuk evaluasi kesuburan tanah suatu daerah atau wilayah guna perencanaan penelitian dan pendidikan; (v) untuk mengingatkan petani akan bahaya kekurangan atau keracunan hara yang akan terjadi. Tujuan dari uji tanah secara sederhana yaitu untuk memperoleh nilai yang dapat membantu menduga jumlah unsur hara yang perlukan untuk ditambahkan ke dalam tanah (Kadir et al., 2023).

Uji tanah terdiri dari 3 tahapan, yaitu (i) pengambilan sampel tanah; (ii) analisis tanah (Analisis laboratorium); (iii) interpretasi hasil analisis.

10.1.1 Pengambilan Sampel Tanah

Dalam uji tanah ada beberapa hal yang perlu diperhatikan dalam pengambilan sampel tanah yakni (FAO, 1984; Fort dan Ellis, 1997; Balai Penelitian Tanah, 2015; Sutarman dan Miftakhurrohmat, 2019):

1. Sebelum melakukan pengambilan sampel tanah, kemasan yang digunakan untuk tempat sampel tanah harus diberi identitas seperti, tanggal pengambilan sampel, kode pengambilan sampel, desa, kecamatan maupun kabupaten. Sebaiknya lapisan isolasi diberikan diatas kertas label yang telah ditulis. Data lain misalnya penggunaan lahan, pola tanam, takaran pupuk, koordinat, dan sebagainya dicatat di buku lain.
2. Sampel tanah harus mewakili wilayah tertentu. Setiap areal harus diambil sampel tanah secara terpisah. Sampel tanah sebaiknya mewakili daerah yang relatif seragam misalnya jenis tanah, topografi, kemiringan dan bahan induknya. Jika areal menunjukkan adanya pertumbuhan tanaman, kenampakan tanah, ketinggian atau sejarah penanaman yang berbeda, maka tanah harus dibagi-bagi secara tepat dan masing-masing diambil sampel tanah secara terpisah.
3. Hindari pengambilan sampel tanah yang tidak representatif seperti selokan; disekitar perumahan; tempat bekas pembakaran baik sampah, sisa tanaman dan jerami; tempat penimbunan kapur dan pupuk; dekat dengan pinggir jalan serta tempat penggembalaan ternak.
4. Pengambilan sampel tanah dengan menggunakan bor, namun jika tanahnya sangat kersai diambil menggunakan sekop.
5. Jenis tanaman dan keadaan pengelolaan tanah merupakan factor penting yang harus diperhatikan dalam pengambilan kedalaman sampel tanah. Pengambilan sampel tanah untuk tanaman semusim diambil pada

kedalaman 20-25 cm. Tanaman tahunan sedalam 30-40 cm. Jika penanaman menggunakan guludan, maka sampel tanah diambil lebih dalam.

6. Tanah yang sangat keras sampel diambil dengan cara membuat lobang 15 cm × 15 cm dengan kedalaman 15 cm.
7. Apabila tanah sudah ditanami dalam larikan, maka pengambilan sampel dilakukan diantara larikan.
8. Menggunakan sistem composite sample yaitu percampuran sampel tanah yang diambil dari areal yang dikehendaki.
 - a. Satu sampel tanah komposite terdiri dari 10-20 anak sampel individu. Sampel tanah individu ini selanjutnya diaduk merata. Satu sampel tanah komposite dapat mewakili luasan 5 ha sesuai dengan skala petanya. Sampel tanah individu ini diperoleh dari lapisan olah tanah.
 - b. Sampel tanah yang diperlukan beberapa gram saja, sehingga efisien dalam pelaksanaan. Ukuran sampel tanah komposit sekitar 0,25 kg sampai 1 kg.
9. Setelah pengambilan sampel tanah, sampel tanah sebaiknya segera dibawa ke laboratorium, dan untuk analisis nitrat dan sulfat sampel tanah perlu disimpan di dalam kulkas sebelum dibawa ke laboratorium untuk analisis.

1) Peralatan

Peralatan yang digunakan dalam pengambilan sampel tanah:

- Bor tanah
- Cangkul/sekop.
- Ember plastik
- Plastik contoh
- Label, spidol, dan form pengamatan.
- GPS dan peta kerja sebagai alat survey

2) Pembuatan Peta Operasional Lapangan

Peta operasional lapangan sangat penting dibuat untuk kegiatan survey status unsur hara sehingga mempermudah pelaksanaan pekerjaan di lapangan. Peta kerja bermanfaat untuk memperkirakan berapa banyak sampel tanah komposit yang ingin diambil, tempat sampel tanah komposit diambil, dan untuk menentukan jalur yang akan ditempuh ketika survey. Lokasi ditentukan dengan cara membuat garis atau grid dalam peta dengan jarak antar grid telah ditentukan.

Garis atau grid dibuat dengan arah vertikal dan horizontal pada peta RBI. Titik pengambilan sampel tanah komposit diperoleh dari pertemuan antara dua garis grid vertikal dan horizontal. Titik – titik ini adalah sampel tanah yang menjadi perwakilan bagi tanah-tanah yang terletak disekitarnya. Dimana Jarak 1 cm di peta menunjukkan jumlah luasan areal yang mewakili sampel tanah ini. Jumlah contoh tanah komposit yang akan diambil ditunjukkan berdasarkan skala peta yang digunakan (Tabel 1)

Tabel 10.1. Perbandingan skala peta dan jarak antara grid

Skala peta	Jarak dalam peta (cm)	Jarak di lapangan	Luas di lapangan	Jarak antar grid peta	Jumlah komposit
1:250.000	1 cm	2500 m = 2,5 km	625 ha	2 cm	1
1:100.000	1 cm	1000 m = 1 km	100 ha	2 cm	1
1:50.000	1 cm	500 m = 0,5 km	25 ha	2 cm	1

Sumber : (Suryono et al., 2014).

3) Penentuan Koordinat Lokasi Pengambilan Sampel Tanah Komposit

Titik koordinat lokasi pengambilan sampel tanah terkadang tidak diketahui. Sehingga, letak titik koordinat perlu diketahui dengan menghitung titik koordinat menggunakan informasi yang bersumber dari peta Rupa Bumi Indonesia (RBI). Hal tersebut penting dilaksanakan supaya lokasi sampel tanah komposit yang diambil sesuai dan tepat dengan koordinat yang telah direncanakan, serta mempermudah pelaksanaan dan pengoperasian GPS di lapangan. Perhitungan dapat dilakukan dengan cara manual atau dengan aplikasi pemetaan. Pengambilan sampel tanah harus sesuai dengan titik koordinat yang telah dibuat di GPS.

4) Macam Pengambilan Sampel Tanah Komposit Untuk Penelitian Kesuburan Tanah

Pengambilan sampel tanah yang komposit dilakukan setelah diketahui gambaran satuan wilayah untuk pengambilan sampel tanah. Teknik pengambilan sampel tanah dengan menentukan titik pengambilan sampel tanah individu dengan memilih salah satu teknik, antara lain: secara sistematis (cara diagonal dan xig-zag) atau secara acak (Gambar 1) (Balai Penelitian Tanah, 2015):

a) Cara sistematis

Cara sistematis dapat dilakukan dengan 2 cara:

➤ Cara diagonal

Langkah pertama tentukan satu titik pusat di lahan yang ingin diambil sampel tanahnya. Selanjutnya, dibuat titik-titik mengelilingi titik pusat sebanyak 4 buah artinya 1 titik pusat terdapat 4 titik diagonal dengan jarak setiap titik 50 – 100 meter diukur dari titik pusat tergantung pada luas satuan pengambilan sub contoh tanah (Gambar 1a). Semakin jauh sarak anantara sub contoh tanah yang diambil menunjukkan bahwa semakin luas satuan pengambilan sampel tanahnya.

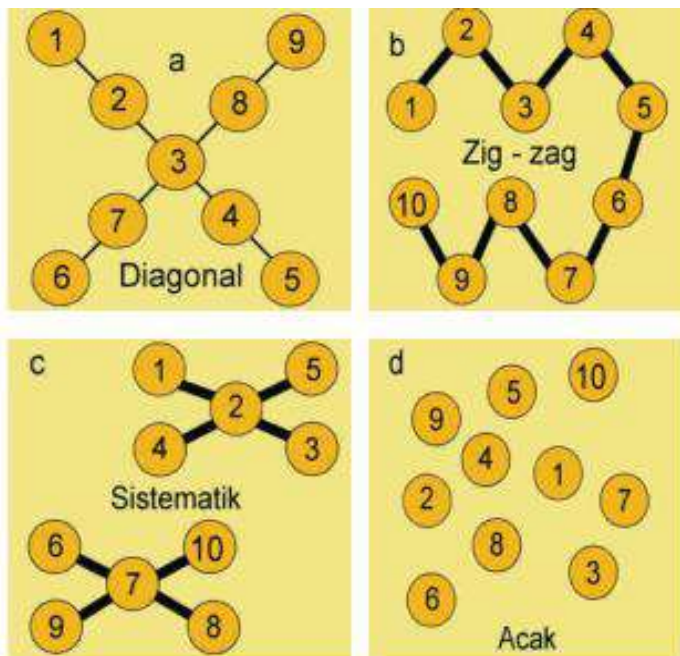
➤ Cara zig-zag

Teknik pengambilan sampel tanah dilakukan dengan menentukan titik-titik yang dijadikan tempat pengambilan sampel tanah secara zig-zag (Gambar 1b). Syarat dan prosedur

pengambilan sampel tanah dengan cara zig-zag sama dengan sistem diagonal. Perbedaannya hanya dalam teknik menentukan area pengambilan sampel tanah.

➤ Cara acak.

Sampel tanah yang diambil secara acak dengan cara menentukan titik-titik pengambilan sampel tanah secara acak, namun menyebar secara merata keseluruh bidang tanah yang dituju. Setiap titik yang diambil harus mewakili wilayah di sekitarnya (Gambar 1d).



Gambar 10.1. Metode pengambilan contoh komposit

10.1.2 Analisis tanah (Analisis Laboratorium)

Teknik analisis tanah baku atau rutin di laboratorium dalam metode uji tanah sangat bervariasi. Analisis hara dilakukan terhadap hasil ekstrak tanah. Berbagai ikatan hara terhadap tanah dan kelarutannya menyebabkan banyak macam ekstrak yang dapat digunakan untuk melepaskan unsur hara dari ikatan tersebut, ada hara total, hara potensial, hara tersedia, atau hara larut air.

Tabel 10.2. Beberapa macam ekstrak untuk analisis tanah

No	Macam Ekstrak	Penggunaan	Keterangan
1	Akuades	Penetapan kemasaman aktif	pH tanah actual
2	KCl 1 M	Penetapan kemasaman cadangan	pH tanah potensial
3	Akuades panas	Penetapan Boron dan Molibdenum	
4	HCl 25%	Kadar hara potensial	
5	Campuran HNO_3 dan HClO_4	Unsur hara makro dan mikro total tanah	Metode pengabuan basah
6	NH_4Oac 1 M pH 7,0	Penetapan susunan kation Tersedia Kdd, Nadd, Cadd, Mgdd; KTK tanah; Kejenuhan Basa	Ion Basa
7	Olsen NaHCO_3 0,5 M pH 8,5	P tersedia	Tanah alkalis
8	Bray I 0,03 NH_4F + 0,025 N HCl	P tersedia	Regosol
9	Bray II 0,03 NH_4F + 0,1 N HCl	P tersedia tanah asam	Aluvial, gambut

No	Macam Ekstrak	Penggunaan	Keterangan
10	Asam sitrat 2%	P tersedia	P pupuk
11	H ₂ SO ₄ dan katalis campuran selen	Total nitrogen	Penetapan Nitrogen metode Kjeldahl
12	Hidroquinon	Fe (ikatan fosfat)	
13	NH ₄ -oksalat 0,2 M pH 3	Penetapan Fe, Al, Mo dan Si yang aktif	
14	DTPA	Penetapan ketersediaan Fe, Zn, Mn, Cu	
15	Dithionat-sitrat	Penetapan Fe, Al dan Mn bebas	
16	K ₂ Cr ₂ O ₇ 2 N dan H ₂ SO ₄	C-Organik	
17	Na ₄ P ₂ O ₇ · 10 H ₂ O	Penetapan Fe dan Al yang terikat dengan bahan organik	
18	Pengekstrak Morgan Wolf	Penetapan Hara Makro tersedia NO ₃ ⁻ , NH ₄ ⁺ , P, K, Ca, Mg, SO ₄ ²⁻ , serta hara mikro tersedia Fe, Mn, Cu, Zn B.	

Sumber: (Rosmarkam dan Yowono, 2001; Balai pengujian Standar Instrumen Tanah dan Pupuk, 2023)

10.1.3 Interpretasi Hasil Uji Tanah

Hasil uji tanah yang telah diperoleh melalui serangkaian pengukuran di laboratorium secara teliti dan akurat, kemudian dikelompokkan kedalam kriteria hasil

penilaian sifat kimia tanah yang terdiri dari sangat rendah; rendah; sedang; tinggi; dan sangat tinggi. Penilaian hara di dalam tanah mengacu pada Tabel 3 (*Balai pengujian Standar Instrumen Tanah dan Pupuk, 2023*).

Tabel 10.3. Kriteria penilaian hasil uji tanah

Parameter Tanah*	Nilai				
	SR	R	S	T	ST
C (%)	< 1	1 - 2	2 - 3	3-5	> 5
N (%)	< 0,1	0,1 - 0,2	0,21 - 0,5	0,51 - 0,75	> 0,75
C/N	< 5	5 - 10	11 - 15	16 - 25	> 25
P ₂ O ₅ HCl 25% (mg/100g)	< 15	15 - 20	21 - 40	41 - 60	> 60
P ₂ O ₅ Bray (ppm P)	< 4	5 - 7	8 - 10	11 - 15	> 15
P ₂ O ₅ Olsen (ppm P)	< 5	5 - 10	11 - 15	16 - 20	> 20
K ₂ O HCl 25% (mg/100g)	< 10	10 - 20	21 - 40	41 - 60	> 60
KTK/CEC (me/100g tanah)	< 5	5 - 16	17 - 24	25 - 40	> 40
Susunan Katiaon					
Ca (me/100g tanah)	< 2	2 - 5	6 - 10	11 - 20	> 20
Mg (me/100g tanah)	< 0,3	0,4 - 1	1,1 - 2,0	2,1 - 8,0	> 8,0
K (me/100g tanah)	< 0,1	0,1 - 0,3	0,4 - 0,5	0,6 - 1,0	> 1,0
Na (me/100g tanah)	< 0,1	0,1 - 0,3	0,4 - 0,7	0,8 - 1,0	> 1,0
Kejenuhan Basa (%)	< 20	20 - 40	41 - 60	61 - 80	> 80
Kejenuhan Aluminium (%)	< 5	5 - 10	10 - 20	20 - 40	> 40
Cadangan mineral (%)	< 5	5 - 10	11 - 20	20 - 40	> 40
Salinitas/DHL (Ds/M)	< 1	1 - 2	2 - 3	3 - 4	> 4
Persentase natrium dapat tukar/ESP (%)	< 2	2 - 3	5 - 10	10 - 15	> 15

Keterangan: SR = Sangat Rendah; R = Rendah; S = Sedang; T = Tinggi; ST = Sangat Tinggi

Parameter tanah pada lahan sawah*	Nilai		
	Rendah	Sedang	Tinggi
P ₂ O ₅ HCl 25% (mg/100g)	<20	20-40	>40
K ₂ O HCl 25% (mg/100g)	<20	20-40	>40

	Sangat Masam	Masam	Agak Masam	Netral	Agak Alkalis	Alkalis
pH H ₂ O	< 4,5	4,5 - 5,5	5,5 - 6,5	6,6 - 7,5	7,6 - 8,5	> 8,5

Unsur mikro DTPA*	Defisiensi	Marginal	Cukup
Zn (ppm)	0,5	0,5 - 1,0	1,0
Fe (ppm)	2,5	2,5 - 4,5	4,5
Mn (ppm)	1,0	-	1,0
Cu (ppm)	0,2	-	0,2

Unsur makro dan mikro Morgan*	Nilai				
	SR	R	S	T	ST
Ca (ppm)	71	107	143	286	572
Mg (ppm)	2	4	6	23	60
K (ppm)	8	12	21	36	58
Mn (ppm)	1	1	3	9	23
Fe (ppm)	1	3	5	19	53
P (ppm)	1	2	3	9	13
NH ₄ (ppm)	2	2	3	8	21
NO ₃ (ppm)	1	2	4	10	20
SO ₄ (ppm)	20	40	100	250	400
Cl (ppm)	30	50	100	325	600

* Penilaian ini hanya didasarkan pada sifat umum secara empiris

10.2 Evaluasi Status Kesuburan Tanah

Evaluasi status kesuburan tanah berdasarkan hasil uji tanah dapat dilakukan dengan beberapa tahap, yaitu (i) uji korelasi di rumah kaca dan (ii) uji kalibrasi di lapangan, serta pembuatan rekomendasi pemupukan (Gunawan, 2019).

10.2.1 Uji Korelasi Di Rumah Kaca Dan Uji Kalibrasi Di Lapangan

Nilai uji tanah tidak akan bermakna jika tidak diawali oleh percobaan korelasi uji tanah (Evan 1987; Susila et al. 2010). Uji korelasi dapat dilaksanakan di rumah kaca dengan menggunakan media tanam yang berasal dari tanah dengan konsentrasi unsur hara tanah sangat rendah hingga

sangat tinggi. (Gunawan, 2019). Uji korelasi yang baik merupakan landasan untuk merancang prosedur pengujian tanah yang komprehensif yang memberikan hasil yang dapat diandalkan, menghemat waktu dan tenaga (Peck dan Soltanpour 1990; Horta dan Torrent 2007). Warncke et al. (2004). Unsur hara tanaman tertentu dapat dikorelasikan dengan serapan hara tanaman, pertumbuhan tanaman, dan pada akhirnya secara langsung mempengaruhi produksi tanaman.

Uji korelasi dan uji kalibrasi berhubungan langsung dengan hasil agronomi dari perkembangan, pertumbuhan dan hasil, sehingga pendekatan ini biasanya lebih menguntungkan secara ekonomi. Uji korelasi di rumah kaca belum memiliki arti luas secara agronomis jika nilai uji korelasi belum dikalibrasikan dengan kisaran produksi di lapangan. Setelah menentukan metode ekstraksi yang paling efektif dari hasil temuan penelitian korelasi, dilakukan penelitian kalibrasi uji tanah dengan maksud untuk mengamati respon pertumbuhan dan perkembangan tanaman di lapangan. (Beck et al. 2004; Guerin et al. 2007). Menurut Daniels et al. (2008) kalibrasi uji tanah merupakan suatu metode untuk membedakan antara kekurangan unsur hara dan tingkat kecukupannya serta berapa banyak unsur hara yang harus ditambahkan bila kurang optimal. Selain itu, teknologi yang digunakan harus cepat, sederhana, murah, otomatis dan umumnya dapat diterapkan pada berbagai jenis tanah

Pendekatan tunggal atau multi-lokasi dapat digunakan untuk mengkalibrasi pengujian tanah (Widjaja-

adhi, 1995; Al Jabri, 2007). Pendekatan multi-lokasi mempunyai beberapa kelemahan, termasuk biaya tinggi dan ketersediaan nutrisi yang bervariasi. Kekurangan ini dapat dihindari dengan penerapan pendekatan satu lokasi, namun variasi status hara yang dihasilkan merupakan keanekaragaman buatan. Dalam model ini, status haranya diciptakan berdasarkan pupuk yang diberikan, sehingga interaksi pupuk dengan tanah harus dipasangkan seimbang dan unsur hara dari pupuk diubah menjadi unsur hara tanah (Susila 2002).

Dua metode kalibrasi untuk uji tanah, antara lain (i) penggunaan kurva kalibrasi nilai pengujian tanah versus persentase (%) produksi tanaman, dan (ii) pengelompokan berdasarkan teknik Cate-Nelson. Leiwakabessy dan Sutandi (2004) mengemukakan bahwa kedua metode ini memiliki perbedaan yaitu pada akumulasi pengaruh nilai uji tanah terhadap tanaman. Dahnke dan Olson (1990) mengemukakan bahwa batas kritis pengujian kalibrasi ditentukan oleh kurva yang berisi kurva kontinu yang menghubungkan nilai pengujian tanah dengan hasil tanaman yang relative.

Uji korelasi dan uji kalibrasi tanah akan memperoleh suatu nilai yang terbagi menjadi beberapa tingkatan antara lain ketersediaan kandungan unsur hara sangat rendah; rendah; sedang; tinggi; dan sangat tinggi. Hasil uji ini akan berpengaruh terhadap respon tanaman seperti untuk pertumbuhan dan perkembangan serta hasil panen yang relatif di setiap tingkatan ketersediaan unsur hara. Tahapan utama pelaksanaan proses uji kalibrasi tanah yaitu: uji

tanah, menanam tanaman di lapangan, memperoleh data hasil yang dapat diperjual belikan, menghubungkan proses pengujian relatif hasil uji tanah terhadap produksi serta diulangi pada jenis tanah yang berbeda dan tanaman, selama beberapa tahun (Rochayati et al 1999).

10.2.3 Rekomendasi Pemupukan

Rekomendasi pemupukan secara tepat dapat dilakukan berdasarkan hasil uji tanah karena bersifat kuantitatif, hasilnya rasional, dan ilmiah. Rekomendasi pemupukan menurut Melsted dan Peck (1973) dapat dibuat dengan memenuhi enam kriteria yaitu: (i) status hara tanah, (ii) jenis tanaman yang ditanam, (iii) pola penanaman dan luas lahan yang digunakan, (iv) kebutuhan unsur hara maksimum yang diperlukan untuk pertumbuhan tanaman, (v) pemberian pupuk untuk meningkatkan laju pertumbuhan tanaman, (vi) cara pemupukan. Sedangkan menurut Widjaja-Adhi (2000), rekomendasi pemupukan berdasarkan uji tanah dapat dibuat dengan menggunakan cara sebagai berikut: (i) menggunakan kurva umum dari pengaruh pemupukan pada masing-masing kelas analisis tanah, dan (ii) kurva ekstraksi atau kurva erapan dan kebutuhan eksternal.

Sebagai contoh dalam penyusunan rekomendasi pemupukan K, penentuan kebutuhan pupuk K ditetapkan berdasarkan analisis regresi dan kurva respon pemberian pupuk K di setiap kelas status unsur hara tanah. Rekomendasi pupuk K dihitung menggunakan metode kuadrat terkecil (*ordinary least square*). Perhitungan

dilakukan berdasarkan persamaan garis regresi : $Y = a + bX + cX^2$, (a, b, c = koefisien regresi, X = dosis pupuk K, dan Y = hasil relatif panen (%). Dosis pupuk yang direkomendasikan merupakan dosis pupuk maksimum untuk mencapai hasil relatif 100% dan dosis optimum yang ditetapkan dengan cara menghubungkan kurva regresi hasil relatif dengan biaya pupuk dan harga panen komoditas tertentu sesuai tanaman yang dibudidayakan saat penelitian berlangsung (Gunawan, 2019).

DAFTAR PUSTAKA

- Al Jabri M. 2007. Penetapan Pupuk Kalium Berdasarkan Kurva Respon serta Nisbah Kalsium-Kalium dan Magnesium-Kalium untuk Padi Sawah Di Jawa Timur. *Akta Agrosia J*, I(10): 23-31.
- Balai Penelitian Tanah. 2015. Leaflet Tata Cara Pengambilan Contoh Tana Komposit untuk Keperluan Analisis Kesuburan Tanah. Badan Penelitian dan Pengembangan Pertanian. Bogor.
- Balai pengujian Standar Instrumen Tanah dan Pupuk. 2023. Petunjuk Teknis Edisi 3 Analisis Kimia Tanah, Tanaman, Air, dan Pupuk. Kementerian Pertanian Republik Indonesia. Bogor.
- Beck, MA., Zelazny, LW., Daniels, WL., Mullitn, GL. 2004. Using the Mehlich I Extract to Estimate soil Phosphorus Saturation for Environmental Risk Assessment. *SSSA J*, 68(5): 1762-1771.
- Dahnke,WC., Olson, RA. 1990. Soil Test Correlation, Calibration, and Recommendation. Di dalam: Westernman et al. (1990). *Soil Testing and Plant Analysis*, Ed ke-3. Madison, Wisc. (US): SSSA Inc. Book Series, 3:45-71.
- Daniels, M., Daniel, T., van Devender K. 2008. Soil Phosphorus Levels: Concern And Recommendation. The University of Arkatnas Cooperative Extetnion Services. USDA and Country Governments Cooperating. FSA1029-4M-6-98M.
- Evan, C.,E. 1987. Soil Test Calibration. Madison Special Publication, 21: 23-39.

- FAO. 1984. Fertilizer and Plant Nutrition Guide. FAO Fertilizer and Plant Nutrition Bulletin, 9.
- Guerin, J., Parent, LE., Abdelhafid, L. 2007. Agri-Environmental Threshold Using Mehlich III Soil Phosphorus Saturation Index for Vegetables In Histosols. *Env. Qual. J.*, 36(4): 975-982.
- Gunawan, E. 2019. Penetapan rekomendasi pemupukan fosfor dan kalium berdasarkan uji tanah untuk tanaman tomat (*Solanum lycopersicum* L.) pada tanah Andisol. Disertasi. IPB University.
- Havlin, Jl., Beaton, Jd., Nelson, Sl., Nelson, Wl. 2005. Soil Fertility and Fertilizers. an Introduction to Nutrient Management. New Jersey: Person Prentice Hall.
- Horta, MC., dan Torrent, J. 2007. The Olsen P Method as an Agronomic and Environmental Test For Predicting Phosphate Release from Acid Soils. *Nutr Cycl Agro*, 77: 283-292.
- Kadir, M., Abidin, Z., Mulyawan, R., Bachtiar, T., Yuniarti, A., Yusra, S., & Mulyani, O. 2023. Kesuburan Tanah. Yayasan Kita Menulis.
- Leiwakabessy, FM., & Sutandi A. 2004. Diktat Kuliah Pupuk dan Pemupukan. Departemen Tanah, Fakultas Pertanian, IPB. Departemen Tanah IPB. Bogor.
- Melsted, SW., Peck, TR. 1973. The Principles of Soil Testing. In: L.M. Walsh and J.D. Beaton. (Eds.) Soil Testing and Plant Analysis. Madison, Wisc. (US): Soil Science Society of America Inc
- Munawar, A. 2018. Kesuburan tanah dan nutrisi tanaman. PT Penerbit IPB Press.

- Peck, TR., & Soltanpour PN. 1990. The Principles of Soil Testing. In: Walsh, & Bartels JM 1997. Methods of Soil Analysis 3. Chemical Method. Madison, Wisconsin, (US): SSSA and American Soc. Of Agr.
- Rochayati, R., Setyorini, D., Suping, S., Widowati, LR. 1999. Korelasi Uji Tanah Hara P dan K. [laporan tahunan] Bagian Proyek Penelitian Sumberdaya Lahan. Puslittanak. Bogor.
- Rosmarkam, A., & Yuwono, NW. 2002. Ilmu kesuburan tanah. Kanisius.
- Suryono, J., Kusuma, K., Mulyadi, S., 2014. Petunjuk Teknis Pelaksanaan Penelitian Kesuburan Tanah. Pengambilan Contoh Tanah untuk Penelitian Kesuburan Tanah. Badan Penelitian Dan Pengembangan Pertanian, Kementerian Pertanian. 84-100.
- Susila, AD., Kartika, JG., Prasetio, T., Palada, MP. 2010. Fertilizer Recommendation: Correlation and Calibration Study of Soil P Test For Yard Long Bean (*Vigna unguilata* L.) on Ultisols in Nanggung-Bogor. J Agron Indo, 38(3): 225-231.
- Susila AD. 2002. Rekomendasi Pemupukan. Departemen Budidaya Pertanian. Skripsi. Fakultas Pertanian, Institut Pertanian Bogor.
- Sutarman dan Miftakhurrohmat, A. 2019. Kesuburan Tanah. Umsida Press.
- Warncke, D., Dahl, J., Jacobs, L., Laboski, C. 2004. Nutrient Recommendation for Field Crop in Michigan. Extension Bulletin E2904. Michigan State University:

30.

Widjaja-Adhi, IPG. 2000. Penyusunan Rekomendasi Pemupukan berdasarkan Uji Tanah untuk Tanaman Pangan di Indonesia. [Materi Pelatihan]. Pembinaan Pengembangan Program Uji Tanah. Ciawi Bogor, 25 September – 24 Oktober 2000.