

BAB II

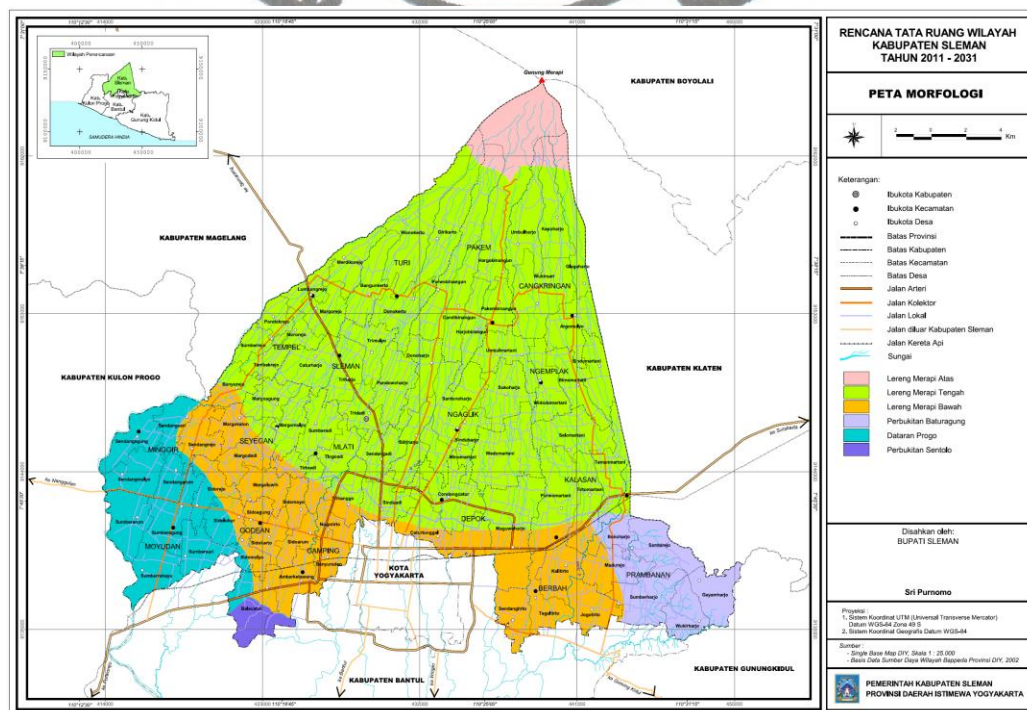
LANDASAN TEORI

A. Tinjauan Pustaka

1. Keadaan Umum Daerah

a. Geomorfologi

Kondisi geomorfologi wilayah terdiri atas relief/topografi, proses dan struktur. Geomorfologi wilayah perencanaan secara umum dipengaruhi oleh aktivitas vulkan Merapi. Bentuk lahan Dataran Kaki Gunungapi (VDk), mempunyai topografi datar hingga hampir datar, dengan kemiringan lereng rata-rata 2% ke arah selatan atau 0-3%. Proses erosi lembar yang disebabkan oleh aliran permukaan merupakan proses yang dominan. Selain itu, proses deposisional pada daerah-daerah yang lebih rendah sudah terjadi. Material penyusun berupa pasir sedang hingga halus pada bagian atas, sedangkan material vulkanik yang agak kasar terdapat di lapisan bawahnya.



Gambar 1. Peta Geomorfologi Kabupaten Sleman

commit to user

Kawasan-kawasan lembah sungai telah penuh dengan material vulkanis, baik batu maupun kerikil dan pasir. Secara geomorfologis, wilayah Kabupaten Sleman walaupun ada factor Gunung Merapi merupakan kawasan yang stabil dengan topografi ideal untuk pengembangan budidaya pertanian pangan dan hortikultura, juga untuk pengembangan kawasan permukiman.

b. Geologi

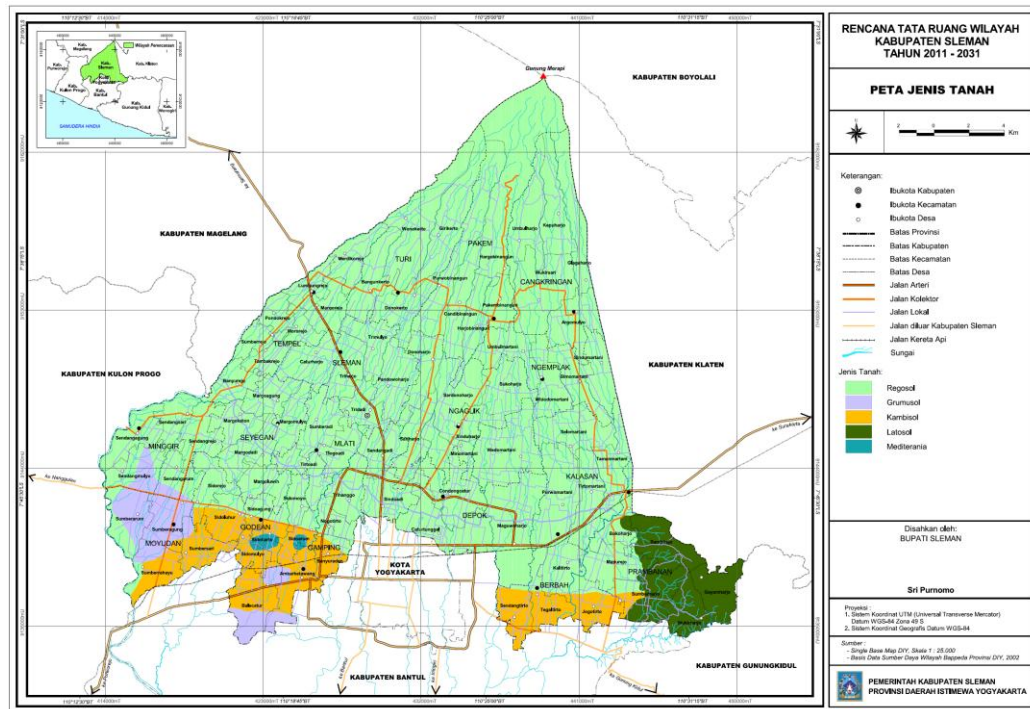
Berdasarkan Peta Geologi Lembar Yogyakarta tahun 1977, secara umum wilayah perencanaan termasuk dalam formasi Yogyakarta yang merupakan formasi endapan vulkanik Merapi Muda, yang terbentuk pada jaman kuartar. Material penyusun yang dominan adalah pasir dan debu vulkanik, di samping itu terdapat pula sisipan tuff, abu, breksi, aglomerat dan lelehan lava yang tidak terpisahkan. Secara keseluruhan kondisi airtanah di kawasan perencanaan cukup baik, baik dari segi kualitas maupun kuantitasnya.

Kondisi geologi pada formasi Yogyakarta mempunyai sifat yang stabil, apalagi didukung dengan topografi yang landai. Sehingga, wilayah Kabupaten Sleman secara geologis merupakan kawasan yang stabil, bahkan mempunyai tingkat absorpsi tinggi terhadap guncangan gempa.

c. Jenis Tanah

Jenis tanah merupakan faktor utama yang berpengaruh terhadap terjadinya peresapan air ke bawah (infiltrasi), di samping beberapa faktor lain yang berpengaruh seperti lereng, vegetasi penutup, kejenuhan dan lainnya. Menurut Dames (1955), secara keseluruhan daerah penelitian yang berada di Kabupaten Sleman termasuk jenis tanah abu vulkanis muda hasil pelapukan erupsi Gunung Api Merapi; yang merupakan hasil pelapukan lava, pasir, debu dan puing-puing hasil erupsi Merapi yang masih sangat sedikit mengalami perkembangan tanah. Jenis tanah wilayah perencanaan di Kabupaten Sleman berupa Regosol dan Kambisol yang berstruktur lepas-lepas (*porus*) dengan tingkat kesuburan sedang - baik. Jenis tanah ini juga dikenal mempunyai tingkat meloloskan (porositas) air yang besar. Sehingga, di sisi lain mempunyai dampak yang patut diwaspadai untuk

kawasan bawahannya, dimana setiap pembuangan limbah cair pada kawasan hulu (utara) akan diresapkan dengan cepat ke bagian hilir (selatan), yakni wilayah Kota Yogyakarta dan Kabupaten Bantul



Gambar 2. Peta Jenis Tanah di Kabupaten Sleman

d. Karakteristik iklim

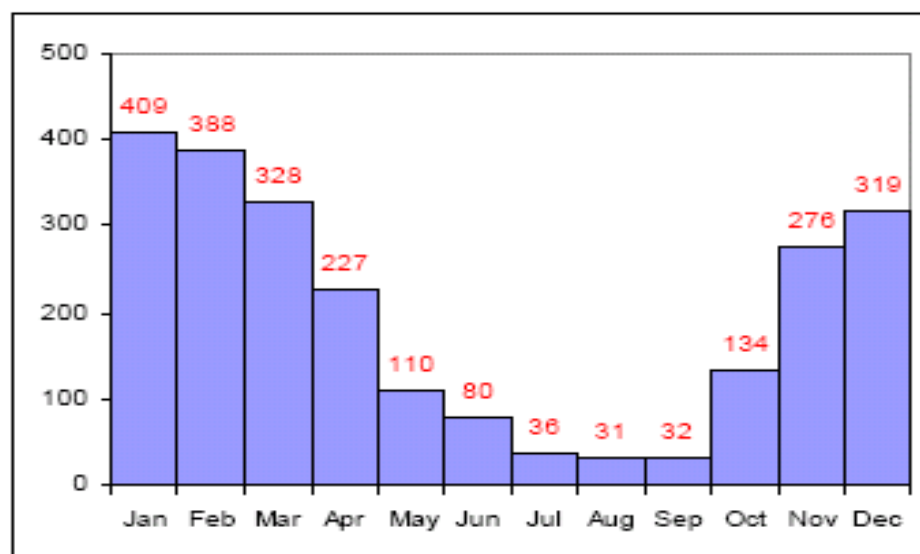
Karakteristik iklim di Kabupaten Sleman, berdasar rerata hujan tahunan, dan jumlah bulan basah dan bulan kering adalah kawasan dengan tipe iklim basah, kecuali pada kawasan Kecamatan Seyegan, Moyudan dan Depok bagian timur mempunyai tipe agak basah.

Karakteristik hujan adalah bulan-bulan hujan berlangsung antara Nopember-April, namun demikian kadang pola bulan hujan dapat berubah, antara lain oleh siklus El Nino yang cenderung kering atau sebaliknya siklus La Nina yang cenderung bulan basah lebih lama.

Tabel 1. Tipe Iklim pada Kecamatan di Kabupaten Sleman

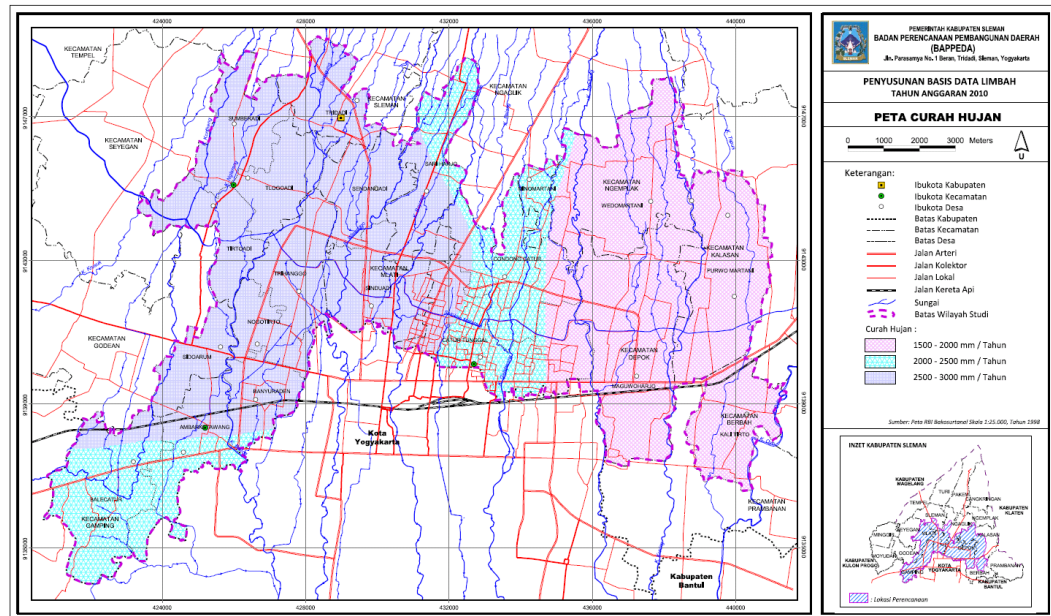
No	Kecamatan	Rerata Curah Hujan Tahunan (mm/th)	Bulan Kering	Bulan Basah	Q (%)	Klas	Tipe Iklim
1	Berbah	2093	3	9	33.33	B	Basah
2	Cangkringan	2763	3	9	33.33	B	Basah
3	Depok	2252	4	8	50,00	C	Agak Basah
4	Gamping	2637	3	9	33.33	B	Basah
5	Godean	2360	3	9	33.33	B	Basah
6	Kalasan	2215	3	9	33.33	B	Basah
7	Minggir	2866	3	9	33.33	B	Basah
8	Mlati	2444	3	9	33.33	B	Basah
9	Moyudan	3254	4	8	50,00	C	Agak Basah
10	Ngaglik	2776	3	9	33.33	B	Basah
11	Ngemplak	2641	3	9	33.33	B	Basah
12	Pakem	2959	3	9	33.33	B	Basah
13	Prambanan	2161	3	9	33.33	B	Basah
14	Seyegan	2353	4	8	50,00	C	Agak Basah
15	Sleman	2647	3	9	33.33	B	Basah
16	Tempel	2561	3	9	33.33	B	Basah
17	Turi	2901	3	9	33.33	B	Basah

Sumber: analisa data curah hujan 1987-2001 (Dinas PU, 2002), diadopsi dari Kirono (2005)



Sumber: Kirono, 2005

Gambar 3. Grafik Bulan Basah – Bulan kering di Kabupaten Sleman



Gambar 4. Peta Curah Hujan di Kabupaten Sleman

e. Hidrologi

Indikator ketersediaan air di Kabupaten Sleman ditentukan dari dua indikator yaitu kondisi air permukaan serta airtanah.

1) Air Permukaan

Kondisi hidrologi Kabupaten Sleman merupakan bagian dari dataran kaki fluvio vulkanik Merapi yang surplus airtanah dan air permukaan. Termasuk daerah aliran sungai (DAS) Winongo, Code dan Opak Hulu. Air tanah mengalir lewat akuifer lereng Merapi - Graben Bantul. Kedalaman air tanah antara 0,5-20 meter, semakin ke selatan muka air tanah semakin dangkal sekaligus tercemar. Pencemaran air tanah akibat praktek-praktek sanitasi yang buruk, baik dari limbah domestik (rumah tangga) maupun non-domestik (industri, hotel atau rumah sakit). Indikasi pencemaran adalah kandungan Nitrat (NH_3) dan bakteri Coli yang cukup tinggi pada bagian hilir atau selatan.

Kabupaten Sleman memiliki 5 daerah aliran sungai (DAS) yang cukup besar, yakni dari barat ke timur: DAS Progo, Konteng, Bedog, Winongo-Code dan Opak Hulu. DAS terbesar adalah Opak Hulu. Secara hidrologis Kabupaten Sleman tidak pernah kekurangan air karena berkelimpahan air permukaan dan air tanah (terdapat akuifer air tanah), ditambah keberadaan Selokan Mataram yang

melintang barat-timur, ber-intake dari Kali Progo dan berakhir di Kali Opak. Kedalaman air tanah $< 7 \text{ m} - 25 \text{ m}$. Air tanah banyak mengandung unsur besi (Fe) dan Mangan (Mn). Berdasarkan potensi hidrologi bagian utara wilayah Kabupaten Sleman adalah kawasan resapan air serta sebagian besar sangat cocok untuk budidaya pertanian baik pangan maupun hortikultura, termasuk budidaya perikanan darat.

2) Air Tanah

Kabupaten Sleman secara hidrogeologi termasuk ke dalam cekungan air tanah Yogyakarta yang terletak di lereng selatan Gunung Api Merapi. Cekungan air tanah ini dibatasi oleh dua sungai utama, yaitu Kali Opak di bagian timur dan Kali Progo di bagian barat. Perbukitan yang membatasi cekungan secara morfologis adalah rangkaian Perbukitan Kulonprogo dan rangkaian Perbukitan Baturagung. Secara geologis cekungan Yogyakarta dibatasi oleh dua sesar utama, yaitu sesar sepanjang Kali Opak di bagian timur dan sepanjang Kali Progo di bagian barat.

Kabupaten Sleman berada pada sisi selatan lereng Gunung api Merapi, pergerakan air tanahnya secara menyeluruh mengalir dari utara menuju ke selatan. Muka freatik air tanah terpotong oleh lembah-lembah sungai, sehingga dapat dimungkinkan munculnya mataair di daerah tersebut. Selain itu mataair sering dijumpai pada daerah peralihan slope. Peralihan slope ini selain ditandai dengan adanya mataair juga ditandai dengan adanya perbedaan yang mencolok pada daerah tersebut, antara lain perubahan/lereng curam ke lereng yang datar, ataupun juga oleh perbatasan antara penggunaan lahan yang kering dengan areal persawahan. Mata air di lereng Merapi membentang membentuk jalur melingkar atau sabuk.

Air tanah meskipun berada di bawah permukaan tanah juga dapat tercemar. Sumber pencemaran tersebut dapat berupa penimbunan sampah, kebocoran pompa bensin, limbah cair dari rumah tangga serta kebocoran tangki septik. Ditengarai pula bahwa pertanian yang menggunakan pupuk industri dapat memberi dampak penimbunan logam pada air tanah.

Meningkatnya jumlah permukiman telah mendorong meningkatnya kebutuhan air untuk domestik, irigasi, industri. Fenomena lapangan menunjukkan makin banyaknya sumur bor untuk mengeksplorasi air tanah. Memperhatikan jumlah pemanfaatan air tanah dan sebaran permukiman yang dapat mengganggu ketersediaan air tanah dan mendorong pencemaran air tanah, kegiatan perlindungan terhadap daerah resapan air digiatkan.

2. Evaluasi Status Kesuburan Tanah

Evaluasi terhadap status kesuburan tanah sampai saat ini dilakukan dengan berbagai cara dan kepentingan. Evaluasi kesuburan tanah dalam banyak hal tidak berdiri sendiri namun merupakan bagian dari penilaian kemampuan/kesesuaian lahan, penilaian kualitas tanah atau kualitas lingkungan. Beberapa metode evaluasi status kesuburan tanah tersebut adalah sebagai berikut:

a. Klasifikasi Kapabilitas Kesuburan Tanah (*Fertility Capability Classification/FCC*)

Sanchez et al. (2003) mengembangkan suatu metode yang dikenal dengan *Fertility Capability Classification* (FCC) untuk menjembatani kesenjangan antara klasifikasi tanah dan kesuburan tanah. Kesenjangan yang dimaksud adalah klasifikasi tanah lebih menekankan pada sifat-sifat lapisan bawah tanah (*sub soil*) yang relatif stabil sebagai tubuh alami daripada lapisan atas (*top soil*), sementara kebanyakan praktek pengelolaan tanah sangat ditentukan oleh lapisan tanah atas, karena 70% keragaman produksi tanaman disebabkan oleh sifat-sifat tanah yang terdapat dalam lapisan olah.

Fertility Capability Classification tidak berkaitan dengan sifat tanah yang dapat berubah karena pengelolaan kurang dari 1 tahun, melainkan sifat-sifat dinamis tanah dalam kurun lebih dari setahun atau dalam bilangan dekade, seperti sifat inheren tanah yang tidak berubah dalam kurun waktu satu abad. Sifat tanah yang berubah dalam kurun waktu tahunan sampai puluhan tahun antara lain adalah pH tanah, warna tanah, struktur tanah, kandungan bahan organik, kesuburan tanah dan kepadatan mikroorganisme. Sedangkan sifat tanah yang

berubah dalam kurun waktu ratusan sampai ribuan tahun adalah jenis mineral, sebaran ukuran butir, dan akumulasi lempung pada pembentukan horison tanah.

Pengklasifikasian perubahan sifat tanah seperti tersebut di atas dapat digunakan untuk menduga beberapa parameter fisika, kimia, biologi dan mineralogi tanah yang berhubungan dengan kesuburan inheren tanah yang diharapkan dapat dipetakan dan peta tersebut dapat digunakan dalam waktu yang lama. Beberapa interpretasi yang dapat dikembangkan adalah tanah-tanah dengan kandungan lempung tinggi pada lapisan olahannya diduga memiliki kapasitas penyanggaan yang tinggi, dengan demikian memasukkan parameter KPK dan KB tanah sebagai komponen kesuburan inheren tanah diharapkan dapat dipakai dalam jangka waktu yang lama (puluhan hingga ratusan tahun).

Berdasarkan Buol *et al.* (1986), model klasifikasi FCC ini terdiri dari tiga kategori yaitu *tipe* (tekstur tanah atas), *sub tipe* atau *tipe substrata* (tekstur tanah bawah) dan *modifier* (faktor pembatas kesuburan tanah). Modifier ini dapat berupa iklim, kondisi permukaan tanah, erosi, bahaya sulfidik, keracunan Al, kalkareus (kahat Fe dan Mn), salinitas, dan alkalinitas. Kombinasi ketiga kategori tersebut menghasilkan unit-unit klasifikasi kemampuan kesuburan tanah yang dapat diinterpretasikan sifat-sifat tanahnya dan selanjutnya dapat ditentukan alternatif teknologi pengelolaan yang diperlukan untuk mengatasi kendala kesuburan tanah.

Pemanfaatan model klasifikasi ini masih membutuhkan interpretasi lebih lanjut dari seorang ahli tanah, sehingga penerapannya ditingkat petani menjadi kurang praktis. Contohnya dalam satuan unit peta FCC yang didelineasi sebagai LLgdb berarti memiliki tekstur tanah geluhan (L) baik dilapisan tanah atas (*top soil*) maupun lapisan tanah bawah (*sub soil*), memiliki ciri tanah *gley* (g), berada pada regim kelembaban ustik (d), dan tanah tersebut bereaksi basis (b).

b. Klasifikasi kualitas lahan (*land qualities*)

Evaluasi status kesuburan tanah juga dapat dilakukan dengan mengadaptasi suatu model klasifikasi kualitas lahan yang dibuat oleh FAO, 1983. Klasifikasi kualitas lahan menurut pendekatan ini didasarkan pada 25 jenis parameter, yang masing-masing parameter memiliki cara penilaiannya sendiri.

Setiap parameter kualitas lahan seperti ditampilkan pada Tabel 2., selanjutnya dijabarkan ke dalam 4 pokok bahasan yaitu (1) kondisi alamiah dan pengaruhnya terhadap kualitas lahan, (2) Cara melakukan evaluasi terhadap parameter yang bersangkutan, (3) Unsur-unsur yang dibutuhkan untuk melakukan evaluasi dan (4) Contoh hasil evaluasi yang dilakukan.

Tabel 2 . Parameter untuk mengklasifikasikan kualitas lahan pertanian

No.	Kode	Parameter
1	LQ ₁	Regim radiasi yang diukur berdasarkan total radiasi matahari dan panjang hari
2	LQ ₂	Regim suhu
3	LQ ₃	Keadaan kelembaban yang diukur berdasarkan total kelembaban, periode kritis, dan bahaya kekeringan
4	LQ ₄	Ketersediaan oksigen ke daerah perakaran tanaman yang diukur berdasarkan drainase tanah
5	LQ ₅	Ketersediaan unsur hara tanah
6	LQ ₆	Kapasitas retensi unsur hara tanah
7	LQ ₇	Kondisi perakaran
8	LQ ₈	Kondisi yang mempengaruhi perkecambahan dan
9	LQ ₉	Kelembaban udara yang mempengaruhi pertumbuhan
10	LQ ₁₀	Kondisi untuk pemasakan
11	LQ ₁₁	Bahaya banjir
12	LQ ₁₂	Bahaya iklim
13	LQ ₁₃	Kelebihan garam (salinitas dan sodisitas)
14	LQ ₁₄	Keracunan tanah
15	LQ ₁₅	Hama dan penyakit
16	LQ ₁₆	Kemudahan tanah untuk diolah
17	LQ ₁₇	Potensial mekanisasi
18	LQ ₁₈	Kebutuhan persiapan dan pembersihan lahan
19	LQ ₁₉	Kondisi pergudangan dan pemrosesan hasil
20	LQ ₂₀	Kondisi yang mempengaruhi waktu produksi
21	LQ ₂₁	Akses didalam unit-unit produksi
22	LQ ₂₂	Ukuran potensial unit produksi
23	LQ ₂₃	Lokasi (aksesibilitas eksisting dan potensial aksesibilitas)
24	LQ ₂₄	Bahaya erosi
25	LQ ₂₅	Bahaya degradasi tanah

Sumber: FAO (1983).

Evaluasi status kesuburan tanah merupakan bagian dari penilaian terhadap parameter LQ₅ yaitu ketersediaan unsur hara tanah. Parameter LQ₅ ini dapat dilihat dari beberapa aspek antara lain (1) kuantitas unsur hara yang ada di tanah, (2) bentuk-bentuk unsur hara di dalam tanah dan kecenderungan untuk terfiksasi menjadi bentuk-bentuk yang tidak tersedia bagi tanaman, dan (3) kapasitas sistem

tanah-tanaman untuk menyediakan kembali pasokan hara tanah selama periode bero setelah panen.

Evaluasi terhadap LQ₅ dapat dilakukan dengan menggunakan beberapa cara antara lain (1) Jumlah (kuantitatif) unsur hara utama yang hadir dilapisan tanah atas (top soil); (2) Indikator ketersediaan/fiksasi unsur hara, meliputi reaksi, kandungan besi oksida bebas, kehadiran mineral alofan dalam fraksi lempung, (3) Indikator kapasitas penyediaan kembali (*renewal*) unsur hara, meliputi kandungan mineral-mineral terlapuk dalam tanah; total P, K; bahan induk tanah, (4) Mengklasifikasikan kapabilitas kesuburan tanah, dengan mempertimbangkan faktor pembatas pertumbuhan tanaman, (5). Indikator pertumbuhan tanaman.

Satu pendekatan yang digunakan untuk menilai parameter LQ₅ dan LQ₆ secara sekaligus yang disarankan oleh FAO, 1983 adalah dengan memberikan harkat atau kelas dari kombinasi beberapa sifat kimia tanah yang selanjutnya dinamakan klasifikasi kesuburan kimia tanah. Metode ini diawali dengan memberi harkat pada nilai masing-masing parameter hasil analisis kimia tanah yaitu KPK; K-dd, P tersedia, Retensi P, dan C-Organik; serta kandungan Ca, Mg, K, dan P yang terekstrak HCl 25%. Hasil dari pengharkatan tersebut selanjutnya digabungkan atau dikombinasikan untuk mendapatkan harkat status kesuburan tanah yang dibedakan atas harkat sangat rendah, rendah, sedang, tinggi dan sangat tinggi.

Faktor utama yang digunakan untuk menilai kesuburan kimia tanah adalah nilai kapasitas pertukaran kation (KPK). Nilai KPK berhubungan dengan kadar dan jenis mineral lempung. Dengan demikian KPK merupakan faktor utama untuk menentukan potensial kesuburan inheren tanah. KPK dalam evaluasi kesuburan kimia tanah selanjutnya dimasukkan dalam subkelas R1.

Faktor kedua yang digunakan untuk menilai kesuburan kimia tanah adalah nilai ketersediaan hara. Nilai ini dapat diperoleh dengan mengukur jumlah unsur hara makro yang sangat dibutuhkan oleh tanaman yaitu K-dd, P tersedia, dan C organik tanah. Unsur N tidak dinilai secara langsung, namun ketersediaanya berkorelasi positif sangat nyata dengan kandungan C organik tanah. Retensi P juga dimasukkan dalam penilaian karena berhubungan langsung dengan

ketersediaan P dalam tanah. Gabungan unsur-unsur ini selanjutnya dikelompokkan dalam subkelas R2.

Faktor ketiga yang digunakan untuk menilai kesuburan kimia tanah adalah jumlah cadangan hara dalam tanah. Cadangan hara ini diketahui dengan cara mengekstrak tanah dengan larutan HCl 25%, terhadap unsur hara makro Ca, Mg, K dan P. Selanjutnya gabungan nilai dari unsur-unsur ini dikelompokkan dalam subkelas R3. Hasil akhir klasifikasi ini adalah kombinasi dari nilai subkelas R1, R2 dan R3 yang dikelompokkan menjadi lima yaitu kelas kesuburan sangat tinggi, tinggi, sedang, rendah dan sangat rendah.

Pusat Penelitian Tanah - Bogor (1983) juga menyampaikan suatu metode untuk mengevaluasi kesuburan tanah. Metode ini dituangkan dalam *Terms of Reference*, Survei Kapabilitas Tanah. Metode ini disusun lebih sederhana dari dua metode sebelumnya yaitu diawali dengan melakukan pengkelasan hasil penilaian sifat kimia tanah berupa KPK, KB, C-organik P_2O_5 dan K_2O (HCl 25%). Tahap selanjutnya adalah mengkombinasikan harkat dari parameter tersebut untuk selanjutnya dilakukan penilaian status kesuburan tanah yang dibedakan atas sangat rendah, rendah, sedang dan tinggi.

c. Evaluasi Kesuburan Tanah

Kyuma (2004) melaporkan bahwa penelitian untuk mengetahui hubungan antara sifat-sifat tanah dengan kesuburan aslinya serta kontribusinya terhadap peningkatan produktivitas tanaman di Asia telah dilakukan cukup intensif. Lebih dari 529 sampel tanah diambil dari wilayah-wilayah ini untuk dipelajari di lapangan dan di laboratorium. Data-data ini sangat membantu penetapan suatu rencana untuk mengevaluasi kesuburan tanah.

Metode evaluasi yang dilaporkan oleh Kyuma (2004), ini diawali dengan melakukan uji matrik korelasi terhadap hasil analisis tanah pada berbagai contoh tanah yang diambil dari seluruh wilayah di Asia. Terdapat 29 jenis hasil analisis tanah yang dikorelasikan yaitu pH, Ca_{-dd} , Mg_{-dd} , $[Ca+Mg]_{-dd}$, Na_{-dd} , K_{-dd} , KPK, Si-tersedia, pasir, debu, lempung, fraksi tanah dengan ukuran 0,7 nm, 1,0 nm dan 1,4 nm, C-total, N-total, $N-NH_4$, P_{-total} , $P_{-tersedia}$, $P_{-ekstrak}$ HCl 25%, oksida-oksida total yaitu SiO_2 , Fe_2O_3 , Al_2O_3 , CaO, MgO, MnO_2 , TiO_2 , K_2O , dan P_2O_5 . Hasil dari

korelasi antara 29 variabel ini diperoleh 11 variabel yang memiliki korelasi sangat nyata, yang selanjutnya dijadikan variabel utama dalam menilai status kesuburan tanah.

Tabel 3. Variabel untuk penilaian status kesuburan tanah (EKT Pengembangan)

Variabel		Nama Variabel
Kimia	X ₁	C-total
	X ₂	N-Total(Kjeldahl)
	X ₃	N-NH ₄
	X ₄	P-total (ekstraksi HNO ₃ + HC1O ₄)
	X ₅	P-tersedia
	X ₆	P-ekstrak HCl 25%
	X ₇	[Ca + Mg]-tertukar
	X ₈	K-tertukar
	X ₉	KPK
	X ₁₀	Si-tersedia
	X ₁₁	pH ⇔ new
	X ₁₂	S ⇔ new
Fisika	X ₁₃	Fraksi pasir, (debu,lempung)⇔ new
	X ₁₄	Ketebalan

Sumber: Kyuma (2004)

Perhitungan terhadap nilai koefisien korelasi selanjutnya diperoleh faktor matrik skor koefisien yang dijadikan dasar untuk menyusun rumus menghitung status kesuburan tanah. Evaluasi lebih lanjut terhadap nilai-nilai matrik skor ini diperoleh tiga kelompok faktor yaitu untuk menilai status potensial inheren kesuburan tanah (IP), status bahan organik dan N tanah (OM) dan status ketersediaan P tanah (AP) (Tabel 4).

Tabel 4. Faktor matrik skor koefisien status potensial inheren kesuburan tanah (IP), bahan organik dan N tanah (OM) dan ketersediaan P tanah (AP)

Nama variabel	Faktor IP	Faktor OM	Faktor AP
C-total	-0,151	0,268	-0,078
N-Total (Kjeldahl)	-0,147	0,839	0,010
N-NH ₄	0,045	-0,012	0,008
P-total(ekstraksiHNO ₃ +HClO ₄)	0,051	-0,025	0,084
P-tersedia	-0,091	-0,101	0,701
P-ekstrak HCl 25%	-0,059	-0,033	0,278
[Ca + Mg]-tertukar	0,306	-0,144	0,029
K-tertukar	0,130	0,018	-0,026
KPK	0,757	-0,132	-0,214
Si-tersedia	-0,058	0,073	0,087
Fraksi pasir	0,028	0,012	0,004

Sumber: Kyuma (2004)

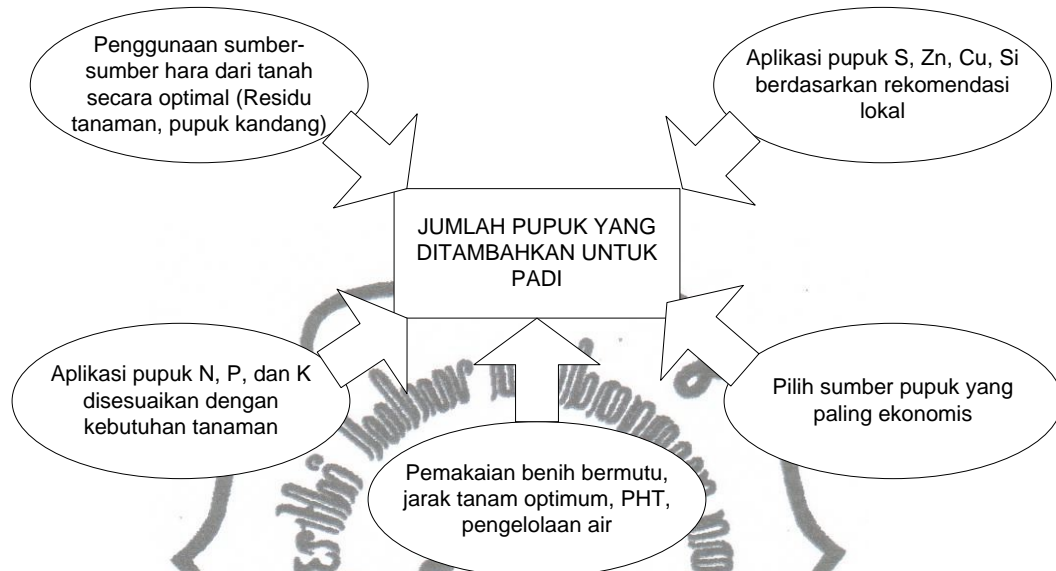
Tabel 2.3. di atas selanjutnya digunakan untuk menentukan formula perhitungan IP, OM dan AP pada evaluasi status kesuburan tanah. Hasil perhitungan IP, OM dan AP diklasifikasikan kedalam lima kelas status kesuburan tanah yaitu sangat tinggi, tinggi, sedang, rendah dan sangat rendah.

Metode evaluasi status kesuburan tanah dari Kyuma (2004) ini telah diterapkan di hampir seluruh wilayah Asia meliputi India (Delta Godavari Krishna), Bangladesh (Delta Ganges, Delta Brahmaputra, Madhpur Barind), Srilangka, Thailand (Wilayah Timur laut, Dataran Bangkok, Wilayah Peninsular), Kamboja, Malaysia Barat, Indonesia (Jawa Timur dan Jawa Tengah) dan Filipina (Dataran Luzon).

3. Pengelolaan Hara Spesifik Lokasi (PHSL)

Pengelolaan hara spesifik lokasi merupakan suatu pendekatan untuk menyediakan hara bagi tanaman saat dan bila dibutuhkan (IRRI, 2004). Aplikasi dan pengelolaan hara secara dinamis disesuaikan dengan kebutuhan tanaman menurut lokasi dan musim. Pendekatan PHSL bertujuan untuk meningkatkan keuntungan petani melalui (i) peningkatan produktivitas padi per unit pupuk yang digunakan; (ii) produktivitas padi yang lebih tinggi; dan (iii) berkurangnya kerusakan oleh hama dan penyakit. Ciri-ciri PHSL adalah penggunaan sumber-sumber hara dari tanah secara optimal, seperti residu tanaman dan pupuk kandang

dan aplikasi pupuk nitrogen (N), fosfor (P), dan kalium (K) disesuaikan dengan kebutuhan spesifik dari tanaman di suatu wilayah tertentu (Gambar 5).



Gambar 5. Ilustrasi ciri-ciri pengelolaan hara spesifik lokasi (IRRI, 2004)

4. Penentuan Rekomendasi Pemupukan

Sofyan et al., (2004) melaporkan bahwa penentuan rekomendasi pemupukan yang dilakukan selama ini masih bersifat umum untuk wilayah Indonesia tanpa mempertimbangkan status hara tanah dan kemampuan tanaman menyerap hara. Kecenderungan ini menjadikan pemberian pupuk pada padi sawah menjadi kurang efisien, disebabkan status kesuburan tanah dapat menyebar dari rendah sampai tinggi. Pemberian pupuk P dan K pada tanah dengan status hara P dan K tinggi, diduga tidak responsif terhadap pertumbuhan dan produksi tanaman padi sawah sehingga tidak efisien.

a. Rekomendasi pemupukan berdasarkan status hara P dan K

Penelitian untuk memetakan status hara P dan K pada tanah sawah sebagai dasar rekomendasi pemupukan di Pulau Jawa dan beberapa wilayah di luar Jawa telah dilakukan oleh Balai Besar Sumber Daya Lahan sejak Tahun 1986 (Widjaja-Adhi, 1986). Pemupukan P dan K secara terus-menerus pada tiga dasa warsa terakhir ini ternyata menyebabkan sebagian besar lahan sawah di Jawa berstatus hara P dan K tinggi (Moersidi *et al.*, 1989), demikian juga lahan sawah di

Sumatera, Kalimantan, Sulawesi, Lombok dan Bali. Hal ini diduga menjadi salah satu sebab terganggunya keseimbangan hara tanah yang berakibat pada terjadinya pelandaian produktivitas (*leveling off*) padi sawah. Kadar hara P dan K tinggi dapat menekan ketersediaan unsur hara mikro seperti Zn dan Cu.

Sebagian wilayah sentra produksi padi sawah di Indonesia telah memiliki peta rekomendasi pemupukan N, P dan K padi sawah, yang diterapkan secara spesifik lokasi berdasarkan peta status hara P dan K. Rekomendasi pemupukan ini disajikan dalam bentuk peta skala semidetil (1:50.000) meliputi wilayah kabupaten (dirinci sampai tingkat kecamatan), dan ditetapkan dengan Keputusan Menteri Pertanian No. 01/Kpts/SR.130/2006. Rekomendasi ini belum memasukkan lahan sawah di Provinsi Maluku, karena ketersediaan data untuk penetapan rekomendasi ini memang masih sangat terbatas.

Rekomendasi pemupukan P dan K padi sawah berdasarkan Kepmentan 01/Kpts/SR. 130/2006, ini diawali dengan memetakan status hara P dan K berdasarkan pengekstrak HCl 25% kemudian mengelompokkannya dalam tiga kelas yaitu rendah jika status hara P-nya berjumlah < 20 mg P_2O_5 /100 g tanah, sedang 20-40 mg P_2O_5 /100 g tanah dan tinggi > 40 mg P_2O_5 /100 g tanah (Adiningsih *et al*, 1989). Peta status P dan K berdasarkan pengkelasan tersebut kemudian ditumpang tepatkan ke peta administrasi sehingga hasilnya dapat dijabarkan pada setiap kabupaten dan kecamatan. Rekomendasi pemupukan tersebut ditampilkan pada Tabel 5 untuk pupuk P dan Tabel 6 untuk pupuk K.

Tabel 5. Takaran pupuk P untuk tanaman padi berdasarkan status hara P tanah

Status hara P tanah	Kadar P_2O_5 (ekstrak HCl 25%) mg/100 g tanah	Takaran SP-36 (kg/ha)
Rendah	<20	100- 125
Sedang	20-40	75
Tinggi	>40	50*

Keterangan: dapat diberikan satu kali dalam dua musim tanam; Sumber: Makarim *et al*. (2003)

Tabel 6. Takaran pupuk K untuk tanaman padi berdasarkan status hara K tanah

Status hara K tanah	Kadar K ₂ O (ekstrak HCl 25%) mg/100 g tanah	Takaran KCl (kg/ha)	
		Alternatif I	Alternatif II
Rendah	<10	100	50 + sisa jerami panen
Sedang	10-20	50	0 + sisa jerami panen
Tinggi	>20	50	0 + sisa jerami panen

Sumber: Makarim *et al.* (2003)

Luaran lain dari penerapan uji tanah sebagai dasar pendekatan penentuan rekomendasi pemupukan di Indonesia adalah *Phosphorus and Potassium Decision Support System (PKDSS)* versi 2.x. (Sulaeman & Nursyamsi, 2005). Perangkat Uji Tanah Sawah / PUTS (Abdulrachman & Sembiring, 2006) juga dimaksudkan untuk melakukan uji status hara P dan K secara cepat dilapangan untuk selanjutnya hasilnya dicocokkan dengan Tabel 5 dan 6.

b. Rekomendasi pemupukan berdasarkan pasokan asli hara N, P dan K

Selain pemetaan status hara P dan K tanah, Balai Penelitian Padi Sukamandi dan International Rice Research Institute (IRRI) juga mengembangkan suatu metode dalam penentuan rekomendasi pemupukan N, P dan K padi sawah spesifik lokasi berdasarkan besarnya pasokan asli hara yang diukur dengan menggunakan uji petak (*omision plots*). Hasil dari penelitian ini telah banyak dipublikasi antara lain oleh Dobermann *et al.* (2003b); Dobermann *et al.* (2003a); Makarim *et al.* (2003); Fairhurst & Witt (2002); Witt *et al.* (2002); dan Wang *et al.* (2001).

Secara umum penelitian penentuan takaran rekomendasi pemupukan N, P dan K dengan petak omisi sesuai dengan kaidah pengelolaan hara spesifik lokasi, karena menghasilkan hubungan antara produksi gabah (t/ha) dengan serapan hara N, P, K (kg/ha) yang bersifat linier sangat nyata.

Tahapan dalam menentukan rekomendasi pemupukan padi sawah yang didasarkan pada nilai pasokan asli hara N, P dan K yang diukur dengan uji petak di lahan milik petani ini telah dijabarkan dengan sistematis oleh Fairhurst *et al.* (2007) dan Dobermann & Fairhurst (2000).

Pendekatan petak omisi menurut Makarim (2005), adalah model pendekatan penetapan pasokan ~~asli hara tanah~~ dengan menggabungkan antara

penggunaan pendekatan uji tanah dengan persentase produktivitas relatif tanaman. Pendekatan ini merupakan pemupukan berimbang spesifik lokasi. Persentase produktivitas relatif tanaman merupakan perbandingan antara produktivitas tanaman tanpa hara tertentu dengan pemberian hara yang bersangkutan, dinyatakan dalam % (pendekatan petak omisi). Pasokan asli hara bernilai rendah jika persentase relatif tanaman $<70\%$, bernilai sedang jika antara 70 sampai 90% , dan bernilai tinggi bila $>90\%$. Sebagai contoh, kalau di suatu daerah produksi gabah tanpa pupuk N adalah 4 t/ha, sedangkan dengan pupuk N produksi itu menjadi 6 t/ha, maka persentase produksi relatif dari pemupukan N di daerah itu adalah $4/6 \times 100\% = 66,7\%$. Artinya, pasokan asli N tanahnya adalah rendah ($<70\%$).

Di Indonesia menurut Makarim (2005) berdasarkan penelitian di 133 titik daerah sentra produksi padi sawah, pada berbagai jenis tanah dan varietas padi didapatkan persamaan regresi sebagai berikut:

- 1) Serapan N (kg/ha) = $41,2 + 18,8 \text{ GKG (ton)}$; (n=133; r = 0,6405**)
- 2) Serapan P (kg/ha) = $2,8 + 2,4 \text{ GKG (ton)}$; (n=133; r = 0,7626**)
- 3) Serapan K (kg/ha) = $27,5 + 16,2 \text{ GKG (ton)}$; (n=133; r = 0,5590**)

Ketiga persamaan di atas menunjukkan bahwa meskipun tidak menghasilkan gabah, setiap hektar tanaman padi tetap menyerap 41,2 kg N; 2,8 kg P; dan 27,5 kg K. Hara tersebut diperlukan untuk membentuk batang dan daun; selanjutnya setiap ton gabah kering giling (GKG) yang dihasilkan memerlukan 18,8 kg N; 2,4 kg P; dan 16,2 kg K. Nilai inilah yang dimaksud dengan kebutuhan hara berimbang pada tanaman padi sawah.

Penilaian pasokan asli hara tanah dengan pendekatan petak omisi ini selanjutnya dikembangkan sebagai salah satu komponen pada pengelolaan hara spesifik lokasi (ERRI, 2004), dengan komponen-komponen sebagai berikut:

- 1) Penggunaan Bagan Warna Daun (BWD), sebagai cara untuk meningkatkan efisiensi pemupukan N padi sawah, agar nitrogen digunakan pada saat yang tepat dan dalam jumlah yang dibutuhkan tanaman padi.
- 2) Penggunaan petak omisi hara untuk menentukan kebutuhan pupuk N, P

dan K tanaman. Hal ini menjamin agar N, P dan K digunakan dalam takaran yang dibutuhkan oleh tanaman padi.

- 3) Rekomendasi pemupukan Zn, S, dan hara mikro lainnya, jika ada disesuaikan dengan hasil kajian setempat.
- 4) Pemilihan kombinasi yang paling ekonomis dari sumber pupuk yang tersedia.
- 5) Merupakan bagian dari pengelolaan tanaman terpadu (PTT) lainnya, seperti penggunaan bibit berkualitas, populasi tanaman optimal, pengelolaan hama terpadu, dan pengelolaan air yang baik.

Kebutuhan pupuk N dan P pada tanaman padi pada target produktivitas yang ingin dicapai dan kemampuan tanah menyediakan hara P dengan berdasarkan petak omisi disajikan pada Tabel 7 dan Tabel 8.

Tabel 7. Takaran pupuk N (kg/ha) untuk tanaman padi berdasarkan petak omisi

Target kenaikan produktivitas dari tanpa pupuk N (ton/ha)	Teknologi yang digunakan	Rekomendasi (kg N /ha)
<2,5	Konvensional	125
	Menggunakan Bagan Warna Daun (BWD)	90
	Menggunakan BWD + 2 t/ha pupuk kandang	75
3,0	Konvensional	145
	Menggunakan BWD	110
	Menggunakan BWD + 2 t/ha pupuk kandang	100
>3,5	Konvensional	170
	Menggunakan BWD	130
	Menggunakan BWD + 2 t/ha pupuk kandang	120

Sumber: Kepmentan No. 01/Kpts/SR. 130/1/2006

Tabel 8. Takaran pupuk P (kg/ha) untuk tanaman padi berdasarkan petak omisi

Produktivitas tanpa P (ton/ha)	Target produktivitas (ton/ha)				
	4	5	6	7	8
	Takaran P_2O_5 (kg/ha)				
3	18	36	54		
4	14	22	36	54	
5		18	25	36	54
6			22	29	45
7				26	36
8					30

Sumber: Makarim *et al.* (2003); Fairhurst dan Witt (2002)

Penentuan takaran pupuk K pada tanaman padi berdasarkan uji petak ditentukan seperti pada Tabel 9, Tabel 10 dan Tabel 11.

Tabel 9. Takaran pupuk K (kg/ha) untuk tanaman padi berdasarkan petak omisi (jerami tidak dikembalikan)

Produktivitas tanpa K (ton/ha)	Target produktivitas (ton/ha)				
	4	5	6	7	8
	Takaran K_2O (kg/ha)				
3	45	75	105		
4	30	60	90	120	
5		45	75	105	135
6			60	90	120
7				75	105
8					90

Sumber : Makarim *et al.* (2003); Fairhurst dan Witt (2002)

Tabel 10. Takaran pupuk K untuk tanaman padi berdasarkan petak omisi (sebagian jerami dikembalikan)

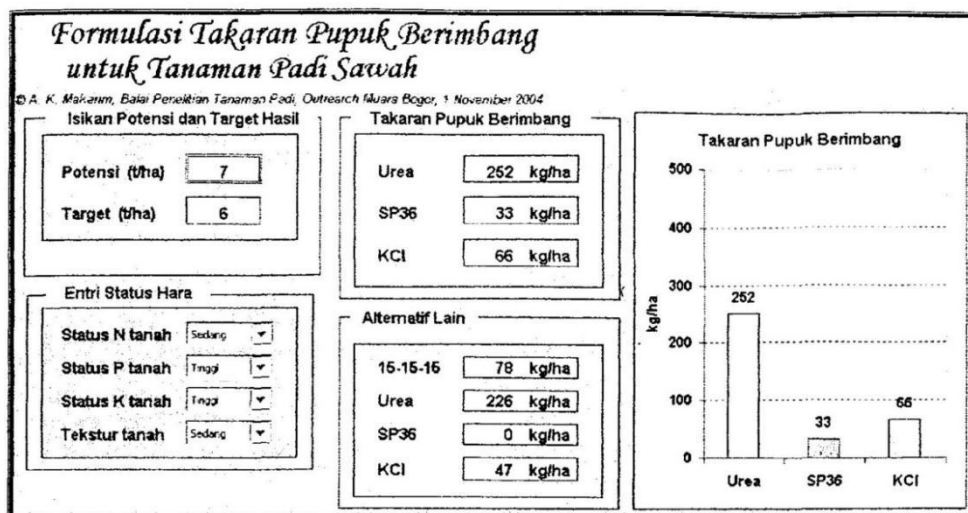
Produktivitas tanpa K (ton/ha)	Target produktivitas (ton/ha)				
	4	5	6	7	8
	Takaran K_2O (kg/ha)				
3	30	60	90		
4		30	65	95	
5		20	50	80	110
6			35	65	95
7				50	80
8					65

Sumber: Makarim *et al.* (2003); Fairhurst dan Witt (2002)

Tabel 11. Takaran pupuk K (kg/ha) untuk tanaman padi berdasarkan petak omisi (semua jerami dikembalikan)

Produktivitas tanpa K (ton/ha)	Target produktivitas (ton/ha)				
	4	5	6	7	8
	Takaran K ₂ O (kg/ha)				
3	30	60	90		
4		30	60	90	
5			30	60	90
6			10	35	70
7				25	55
8					40

Sumber: Makarim *et al.* (2003); Fairhurst dan Witt (2002)

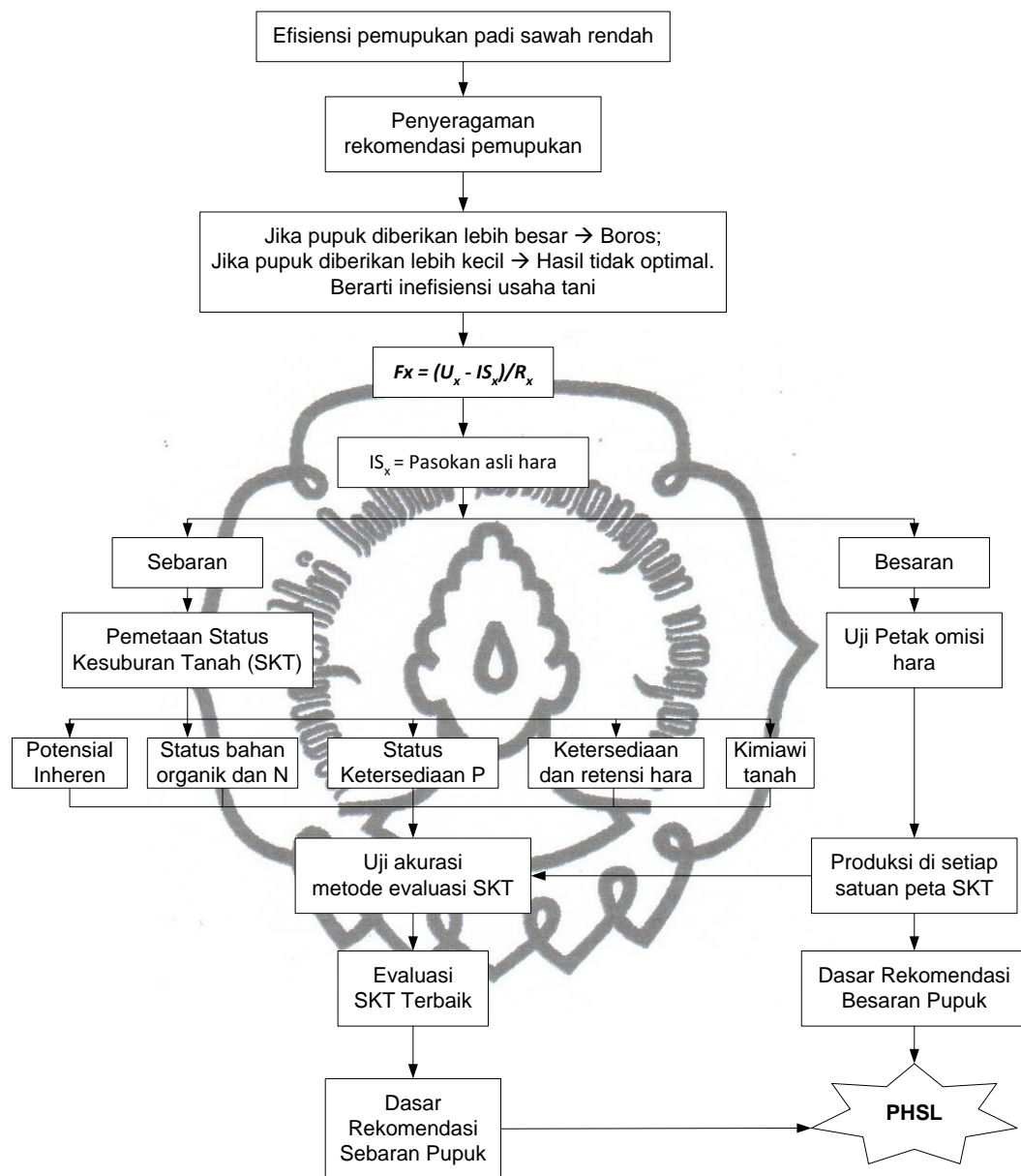


Sistim

k yang

in pada

hasil penelitian sejak tahun 1990 dengan menggunakan prinsip-prinsip PHSL. Perangkat lunak itu dibuat dengan program Microsoft Excel yang mudah digunakan (Gambar 6).



Gambar 7. Kerangka pikir teoritis pelaksanaan penelitian

Keterangan : Fx = Jumlah pupuk yang ditambahkan Ux = kebutuhan pupuk padi sawah pada target produktivitas tertentu.

IS_x = pasokan asli hara tanah, Rx = jumlah hara yang dapat dipulihkan oleh tanaman padi sawah

B. Kerangka Berpikir

Landasan teoritis tersusun dalam beberapa pemikiran sebagai berikut:

1. Rekomendasi pemupukan tidak dapat diterapkan pada satu wilayah secara seragam, karena kondisi lingkungan yang berbeda-beda, disebabkan oleh perbedaan sifat biofisik (iklim, tanah, erupsi / ketebalan pasir) dan cara

pengelolaan. Efisiensi pemupukan akan menurun jika rekomendasi diseragamkan.

2. Rekomendasi pemupukan tanaman harus didasarkan pada pasokan asli hara tanah, kebutuhan hara untuk mencapai target produktivitas tertentu, dan efisiensi pemupukan. Rekomendasi pemupukan ini bersifat spesifik antar lokasi dan dapat ditentukan dengan uji petak hara.
3. Status kesuburan tanah (SKT) yang didasarkan pada berbagai sifat fisik dan kimia tanah dapat dijadikan pembatas spesifikasi suatu areal yang selanjutnya dapat dikelompokkan menjadi satu wilayah rekomendasi.
4. Satuan peta tanah (SPT) dapat dijadikan petunjuk awal pembatasan SKT, namun karena terdapat perbedaan mendasar dalam penilaian maka diperlukan survei untuk menentukan SKT yang dilakukan secara proporsional terhadap setiap SPT yang ditemukan.
5. Beberapa metode evaluasi status kesuburan tanah perlu diverifikasi akurasi dengan asumsi dasar bahwa:
 - a. semakin banyak sifat-sifat tanah dilibatkan sebagai parameter dalam proses evaluasi, maka semakin meningkat ketelitian metode tersebut dalam menilai SKT
 - b. semakin tinggi akurasi metode SKT, maka semakin kuat korelasinya dengan produktivitas padi pada kesuburan tanah aslinya.
6. Rekomendasi pemupukan yang batas arealnya didasarkan pada evaluasi status kesuburan tanah; dan takaran pemupukannya didasarkan pada pasokan asli hara hasil dari uji petak dapat mengoptimalkan produktivitas tanaman dan meningkatkan efisiensi penggunaan pupuk. Rekomendasi pemupukan ini diperlukan sebagai acuan dalam menerapkan prinsip PHSL.

C. Hipotesis

Berdasarkan landasan teori dan tujuan penelitian yang telah dikemukakan, dalam penelitian diajukan beberapa hipotesis sebagai berikut:

1. Status hara N, P, dan K tanah di lereng selatan Merapi adalah sangat

beragam.

2. Rekomendasi pemupukan berdasarkan data hara utama asli tanah tidak boleh dilakukan secara seragam.
3. Ada hubungan beberapa parameter kesuburan terhadap produksi padi.
4. Penilaian kekuatan sebuah model Evaluasi Kesuburan Tanah (EKT) bisa dilakukan dengan pendekatan grafis.
5. Untuk mendapatkan sistem EKT yang lebih adaptif terhadap wilayah lereng selatan Gunung Merapi bisa dilakukan dengan pengembangan model yang sudah ada (PPT, FAO dan Kyuma) dan diuji validasi.

