

## **Pemetaan Status Unsur Hara Fosfor Perkebunan Kelapa Sawit Rakyat di Kelurahan Babat Sumatera Selatan**

*Oil Palm Plantation's Phosphorous Mineral Mapping on Babat District South Sumatera*

Bagus Iswahyudi<sup>1\*)</sup>, Bakri Bakri<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Program Studi Magister Ilmu Tanaman, Fakultas Pertanian, Universitas Sriwijaya, Palembang 30139

<sup>2</sup>Jurusan Tanah, Fakultas Pertanian, Universitas Sriwijaya, Indralaya 30662

<sup>\*)</sup>Penulis untuk korespondensi: [bagus.iswahyudi.bagus@gmail.com](mailto:bagus.iswahyudi.bagus@gmail.com)

### **ABSTRACT**

Soil nutrient status mapping was not initiated which lead to inefficiency in fertilization. Fertilization without nutrient analysis could lead to nutrient deficiency or toxicity of nutrient. The Purpose of this research was to identify, map the nutrient status and fertilization recommendation of phosphorous nutrient status in public oil palm plantation at Babat Village Babat Toman Districts Musi Banyuasin District South Sumatera Province. This research used a detailed survey method with grid system for 16 sample which represent 16 ha and 60 cm depth of soil drilling. Phosphorous nutrient status at research location ranged from 4,81 ppm to 21,86 ppm. 7 ha contained 8-20 ppm available phosphorous or classified into medium, 6 ha contained < 8 ppm available phosphorous or classified into low and 3 ha contained >20 ppm available phosphorous or classified into high. Soil reaction (pH) of the research field was 5,0 and 5,5 which classify the soil into acid soil. Fertilization implemented to increase the nutrient status until medium (15 ppm) which resulted in SP-36 doses was 346,22 kg/ha for low nutrient status and 139,33 kg/ha for medium nutrient status.

---

Keywords: fertilizer doses, oil palm, phosphorous, soil nutrient mapping

### **ABSTRAK**

Pemetaan unsur hara di lokasi penelitian belum pernah dilaksanakan sehingga pemupukan menjadi tidak efisien. Pemupukan tanpa didahului analisa unsur hara dapat beresiko terjadinya defisiensi atau toksisitas unsur hara. Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui dan memetakan status unsur hara serta memberikan dosis pemupukan fosfor di lahan perkebunan kelapa sawit rakyat di Kecamatan Babat Toman Kecamatan Babat Toman Kabupaten Musi Banyuasin Provinsi Sumatera Selatan. Metode yang digunakan dalam penelitian ini adalah metode survei detail dengan menggunakan sistem grid sebanyak 16 titik sampel mewakili 16 ha lahan dengan kedalaman pengeboran 60 cm. Status unsur hara P pada lokasi penelitian berkisar dari 4,81 ppm sampai 21,86 ppm. 7 ha lahan memiliki P-tersedia 8-20 ppm atau golongan sedang. 6 ha memiliki P-tersedia < 8 ppm atau tergolong rendah. 3 hektar memiliki P-tersedia > 20 ppm atau tergolong tinggi. Nilai pH pada lokasi penelitian berkisar antara 5,0 dan 5,5 sehingga tergolong dalam tanah masam. Pemupukan dilakukan untuk menaikkan status unsur hara menjadi sedang (15 ppm) sehingga rata-rata dosis pupuk SP-36 adalah sebanyak 346,22 kg/ha untuk status unsur hara rendah dan 139,33 kg/ha untuk status unsur hara sedang.

---

Kata kunci: dosis pupuk, fosfor, kelapa sawit, pemetaan unsur hara

## PENDAHULUAN

Kelapa Sawit (*Elaeis Guineensis Jacq*) adalah komoditas dengan pertumbuhan lahan dan produksi yang tinggi dibandingkan tanaman lainnya di dunia. Pertumbuhan sebesar 10% terjadi selama dua dekade di dunia, mengalahkan tanaman lainnya (Nugraha, 2015). Indonesia sebagai negara dengan iklim tropis menjadikan kelapa sawit sebagai komoditas utama untuk menambah devisa negara melalui ekspor ke mancanegara dan penyedia lapangan kerja untuk warga negara Indonesia. Pelaku usaha tani kelapa sawit di Indonesia terdiri dari perusahaan perkebunan besar swasta, perkebunan negara dan perkebunan rakyat.

Produksi perkebunan kelapa sawit rakyat lebih rendah dibandingkan dibandingkan perkebunan swasta dan negara. Perbandingan luas antara perkebunan kelapa sawit rakyat, swasta dan negara adalah 45,64%, 49,17% dan 5,19% namun terdapat perbedaan yang besar antara produksi perkebunan rakyat (11,58 juta ton atau 2,06 ton/ha), swasta (57,24 juta ton atau 3,13 ton/ha) dan negara (1,89 juta ton atau 2,66 ton/ha). Hal ini disebabkan oleh budidat yang kurang tepat di perkebunan kelapa sawit rakyat salah satunya pemupukan.

Seluruh tanaman membutuhkan tanah yang subur agar dapat menghasilkan hasil yang berkualitas tinggi termasuk kelapa sawit. Tingkat kesuburan tanah dipengaruhi oleh beberapa hal, salah satunya kandungan unsur hara. Salah satunya adalah unsur hara fosfor. Unsur hara fosfor merupakan unsur hara esensial kedua setelah unsur hara N dimana unsur hara fosfor berperan dalam memacu pertumbuhan akar, pembentukan biji dan buah, aktivator enzim serta memacu pertumbuhan generatif tanaman (Hanafiah, 2014). Defisiensi unsur fosfat dapat menyebabkan pengurangan divisi sel, metabolisme karbohidrat, kadar protein terlarut dan akumulasi bahan kering (Lambers and Plaxton, 2015).

Fosfor sebagai unsur hara makro tidak banyak tersedia di tanah walaupun dibutuhkan tanaman dalam jumlah yang banyak. Ketersediaan fosfor dalam tanah adalah 100 kali lebih sedikit dibandingkan total P (Hinsinger et al., 2011). Hal ini disebabkan oleh sebagian besar bentuk P terikat oleh koloid tanah sehingga tidak tersedia bagi tanaman (Umaternate, 2014). Ketersediaan ion P pada tanah yang subur biasanya hanya sekitar 0,1 dan 10  $\mu\text{M}$  (Frossard et al., 2000). Nilai ini lebih sedikit dibandingkan dengan kebutuhan ion P yang dibutuhkan untuk pertumbuhan tanaman (Föhse D and Jungk, 2015). Sehingga petani harus rutin memberikan fosfor pada tanah. Unsur hara P diberikan dalam bentuk pupuk fosfat TSP, Phonska, Sp-36 dan *rock phosphate*.

Pemberian pupuk P berlebihan dapat menaikkan P-tersedia namun juga dapat menurunkan kualitas tanah. Pemberian 30 g TSP akan meningkatkan P-total 6855 mg/kg, P tersedia 414 mg/kg namun terjadi penurunan Ph sebesar 0,2 dibandingkan tanpa pemberian pupuk (Faizin, 2015). Penurunan pH tanah dikarenakan pemberian pupuk fosfor yang menaikkan kelarutan ion Al dan Fe tanah (Rosmarkam, 2002). Secara umum, pemberian pupuk makro secara berlebihan dapat mengakibatkan eutrofikasi karena hara yang terbawa oleh air, mempengaruhi aktivitas mikroorganisme fiksasi N dan emisi N oleh pemupukan N. Penelitian mengenai status unsur hara fosfor di lokasi penelitian belum pernah dilaksanakan. Penentuan status unsur hara dapat membantu perbaikan pengelolaan kebun. Untuk itu, penelitian ini bertujuan untuk menentukan status unsur hara fosfor, nilai pH, rekomendasi pemupukan di perkebunan kelapa sawit rakyat di Babat dan disajikan dalam bentuk peta status unsur hara.

## BAHAN DAN METODE

Penelitian ini menggunakan metode survei detail dengan observasi langsung ke lapangan. Luas areal studi sebesar 16 hektar

berdasarkan pengamatan dan pengukuran. Pelaksanaan penelitian ini terdiri dari tiga tahapan, yaitu survei pendahuluan, survei utama dan analisis laboratorium.

### Survei pendahuluan

Survei pendahuluan bertujuan untuk mengetahui gambaran umum lokasi penelitian, meliputi tinjauan kondisi lahan lokasi penelitian pembuatan peta dasar dan penentuan titik pengamatan dan titik sampel tanah dengan metode *grid*. Tinjauan kondisi lahan lokasi penelitian dilakukan menggunakan buku dan pulpen untuk mencatat kondisi lapangan meliputi foto

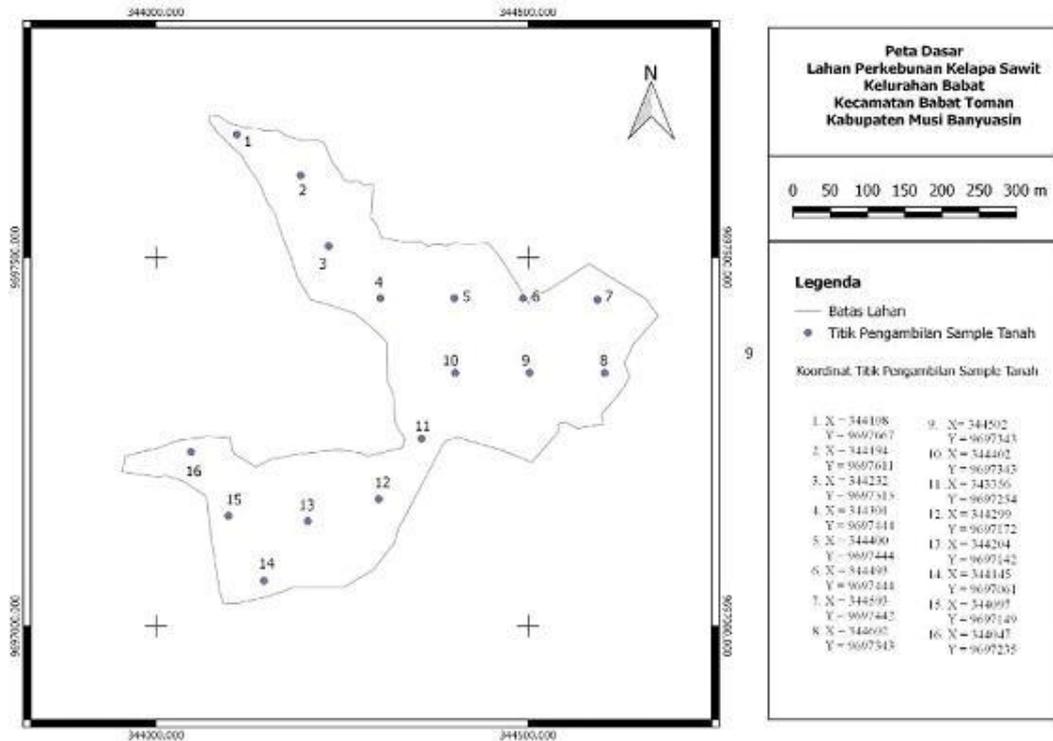
lokasi menggunakan kamera (Gambar 1 dan 2) dan penetapan batas wilayah lahan menggunakan GPS Garmin untuk menentukan luas lahan dan data *track* peta dasar. Foto lokasi penelitian disajikan pada, Pembuatan peta dasar dilakukan menggunakan aplikasi ArcGIS 10 menggunakan data *track* GPS sehingga dihasilkan data batas wilayah lokasi penelitian. Penentuan titik pengamatan dan pengambilan sampel tanah dilakukan menggunakan aplikasi ArcGIS 10 dengan bantuan *grid* berukuran 100 x100 m sehingga didapat hasil akhir berupa peta dasar lahan penelitian (Gambar 3).



Gambar 1. Jalan utama perkebunan kelapa sawit lokasi penelitian



Gambar 2. Jalan antara baris kelapa sawit lokasi penelitian



Gambar 3. Peta dasar lahan kelapa sawit rakyat

### Survei utama

Survei utama bertujuan untuk melakukan pengamatan lokasi, pengambilan sampel tanah dan penentuan data pH tanah pada setiap titik pengamatan. Sampel tanah diambil dengan menggunakan alas, bor *belghi*, botol kecil, karet gelang, meter ukur, plastik, skrap, spidol. Sampel tanah didapat dengan melakukan bor di tanah dengan bor *belghi* dari permukaan sampai kedalaman 60 cm dengan panduan meter ukur dan karet yang diikat di sekitar batang bor *belghi*. Pengambilan sampel dilakukan tanpa membasahi tanah. Tanah kemudian ditebar di atas alas yang sudah ditulis garis dari 0-60 cm. Kemudian, dokumentasi dilakukan dengan memotret sampel tanah disamping dengan garis ukuran panjang tanah dari 0 sampai 60 cm. Sampel tanah kemudian diaduk dari lapisan atas sampai bawah agar homogen. Selanjutnya semua sampel tanah di atas alas dimasukkan kedalam plastik yang sudah diberi kode sampel dan diikat. Penentuan pH tanah dilakukan setelah tanah dihomogen. Langkah penentuan adalah dengan memasukkan contoh tanah yang telah homogen secukupnya kedalam botol

kecil berisi air dan dikocok selama  $\pm 10$  menit. Indikator pH kemudian disentuhkan ke permukaan air di dalam botol sampai pH tanah telah ditentukan berdasarkan warna kertas indikator pH. Prosedur dilakukan pada setiap titik pengamatan sampel. Sampel tanah kemudian disimpan untuk dibawa ke laboratorium untuk mendapatkan data P-tersedia tanah.

### Analisis laboratorium

Analisis laboratorium dilakukan untuk mendapatkan data p-tersedia sampel tanah. Analisis dilakukan di Laboratorium Sampoerna Agro Palembang dan Laboratorium Kimia Biologi dan Kesuburan Tanah Jurusan Ilmu Tanah Fakultas Pertanian Universitas Sriwijaya. Analisa menggunakan metode P-bray II dalam satuan ppm dan mg/kg.

### Peta dan dosis pemupukan

Peta dibuat menggunakan data hasil analisa P-tersedia di laboratorium. Peta dibuat dengan menggunakan fungsi IDW ArcGIS 10 dan *matching* kriteria P-tersedia kelapa sawit CSR/FAO (1983). Dosis pemupukan dibuat untuk menaikkan unsur

hara menjadi sedang dengan jumlah 15 ppm per sampel sesuai CSR/FAO (1983).

**HASIL DAN PEMBAHASAN**

**Unsur hara Fosfor (P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>)**

Berdasarkan hasil analisa tanah dan kriteria pH di laboratorium, diketahui bahwa lahan penelitian memiliki P tersedia yang bervariasi. Konsentrasi P tersedia bervariasi dari yang terendah 4,81 ppm sampai yang tertinggi 21.36 ppm. Satu titik sampel mewakili satu hektare luasan lokasi penelitian. Tabel 2. menunjukkan bahwa 16 hektar di lahan perkebunan didominasi dengan P tersedia yang tergolong sedang.

Titik sampel yang masuk dalam golongan rendah sebanyak 6 titik yaitu T1, T3, T5, T12, T13, T14. Sampel yang tergolong sedang adalah sebanyak 7 titik yaitu sampel T2, T4, T7, T9, T10, T11, T15 dan tergolong sedang. Sampel golongan tinggi terdapat pada T6, T8 dan T16.

**Reaksi Tanah (pH)**

Berdasarkan hasil analisa pH di lapangan (Tabel 1), pH tanah pada lahan perkebunan penelitian adalah masam. Nilai pH didominasi 5.0 dan beberapa titik bernilai 5.5. Terdapat 13 hektare yang memiliki pH 5,0 dan hektare yang memiliki pH 5.5.

**Rekomendasi Pemupukan**

Kelapa sawit ditanam dengan pola tanam pancang 5 (8,10 x 8,25) m dengan penyusuaian berdasarkan kondisi laha. Sehingga, 136 kelapa sawit di tanam pada tiap hektar. Rekomendasi pemupukan untuk sampel tergolong rendah (Tabel 3) terdapat enam Titik sampel dengan pemupukan rata-rata 346.22 kg ha<sup>-1</sup>. Sehingga, SP-36 diberikan sebanyak 2.55 kg pokok<sup>-1</sup>. Rata-rata dosis pemupukan sampel golongan sedang (Tabel 4) adalah 139.33 kg ha<sup>-1</sup>. Pupuk per pokok diberikan sebanyak 1.02 kg pokok<sup>-1</sup>.

Tabel 1. Hasil analisa tanah dan kriteria pH

| Titik Sampel | pH    |          |
|--------------|-------|----------|
|              | Nilai | Kriteria |
| T1           | 5,0   | Masam    |
| T2           | 5,0   | Masam    |
| T3           | 5,0   | Masam    |
| T4           | 5,5   | Masam    |
| T5           | 5,5   | Masam    |
| T6           | 5,0   | Masam    |
| T7           | 5,5   | Masam    |
| T8           | 5,0   | Masam    |
| T9           | 5,0   | Masam    |
| T10          | 5,0   | Masam    |
| T11          | 5,0   | Masam    |
| T12          | 5,0   | Masam    |
| T13          | 5,0   | Masam    |
| T14          | 5,0   | Masam    |
| T15          | 5,0   | Masam    |
| T16          | 5,0   | Masam    |

Tabel 2. Hasil analisa p-tersedia dan kriteria P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>

| Titik Sampel | Fosfor (P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> ) |           |
|--------------|---|-----------|
|              | P Tersedia (ppm)                        | Kriteria* |
| T1           | 4.81                                    | Rendah    |
| T2           | 11.17                                   | Sedang    |
| T3           | 6.06                                    | Rendah    |
| T4           | 9.51                                    | Sedang    |
| T5           | 6.90                                    | Rendah    |
| T6           | 21.36                                   | Tinggi    |
| T7           | 12.90                                   | Sedang    |
| T8           | 20.55                                   | Tinggi    |
| T9           | 13.98                                   | Sedang    |
| T10          | 18.51                                   | Sedang    |
| T11          | 10.25                                   | Sedang    |
| T12          | 6.48                                    | Rendah    |
| T13          | 5.56                                    | Rendah    |
| T14          | 5.77                                    | Rendah    |
| T15          | 10.29                                   | Sedang    |
| T16          | 21.14                                   | Tinggi    |

Tabel 3. Rata-rata rekomendasi pemupukan status hara rendah

| Titik Sampel | P-Tersedia (ppm) | Sp-36 (kg/ha) |
|--------------|------------------|---------------|
| T 1          | 4,81             | 388,97        |
| T 3          | 6,06             | 341,26        |
| T 5          | 6,90             | 309,19        |
| T 12         | 6,48             | 325,23        |
| T 13         | 5,56             | 360,34        |
| T 14         | 5,77             | 352,33        |
| Rata-rata    |                  | 346,22        |

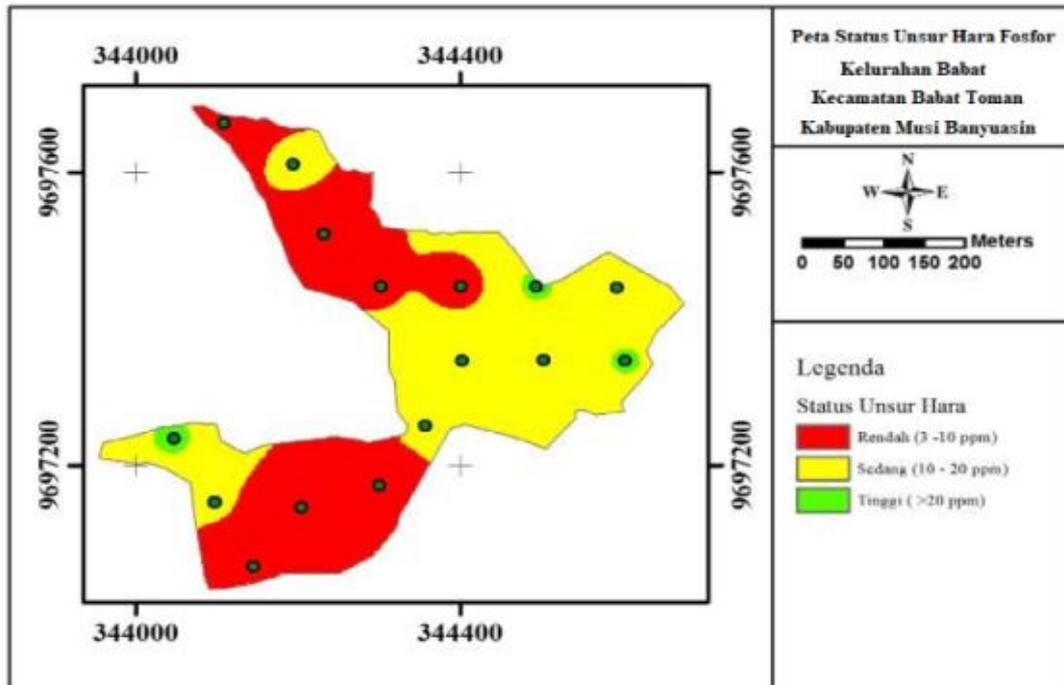
Tabel 4. Rata-rata rekomendasi pemupukan status hara sedang

| Titik Sampel | P-Tersedia (ppm) | Sp-36 (kg/ha) |
|--------------|------------------|---------------|
| T 2          | 11,17            | 146,20        |
| T 4          | 9,51             | 209,56        |
| T 7          | 12,90            | 80,16         |
| T 9          | 13,98            | 38,94         |
| T 11         | 10,25            | 181,32        |
| T 15         | 10,29            | 179,79        |
| Rata-rata    |                  | 139,33        |

### Peta status unsur hara

Peta dibuat berdasarkan hasil analisis di laboratorium pada Tabel 2 dan peta dasar lokasi penelitian dalam Gambar 3. Hasil pembuatan peta status unsur hara (Gambar 4). Perbedaan status unsur hara

ditunjukkan melalui perbedaan warna sesuai dengan kaidah pemetaan. Warna merah mewakili status unsur hara rendah. Warna kuning mewakili status unsur hara sedang. Warna hijau mewakili status unsur hara tinggi.



Gambar 4. Peta status unsur hara lokasi penelitian.

**Unsur hara Fosfor (P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>)**

Bagi perkebunan kelapa sawit, P tersedia yang tergolong dalam sedang sudah sangat baik bagi pertumbuhan kelapa sawit. Berdasarkan tabel kesesuaian kelapa sawit CSR/FAO (1983) p-tersedia yang tergolong sedang sudah masuk dalam klasifikasi S1. Namun beberapa titik dengan P tersedia yang tergolong rendah mampu menyebabkan pertumbuhan kelapa sawit yang tidak optimal sehingga menurunkan hasil produksi kelapa sawit. Sehingga diperlukan pemupukan yang dapat menaikkan kadar unsur hara fosfor di tanah menggunakan pupuk SP-36.

Status unsur hara di lokasi penelitian didominasi oleh golongan sedang. 7 titik sampel tergolong rendah dan 6 sampel tergolong rendah. 3 titik sampel lainnya.

**Rekomendasi Pemupukan**

Analisa P tersedia dalam tanah dapat dijadikan dasar perhitungan dosis pemupukan sehingga menjadi lebih efisien. Rekomendasi pemupukan ini bertujuan

untuk menaikkan kandungan p-tersedia tanah yang tergolong dalam kelas rendah menjadi sedang dengan kadar 15 ppm. Pemberian pupuk SP-36 hingga p-tersedia mencapai 15 ppm dianggap cukup efisien untuk perkebunan kelapa sawit di lokasi penelitian.

Berdasarkan Tabel 2. diketahui bahwa 7 titik sampel tergolong sedang, 6 sampel tergolong dan 3 tergolong rendah. Perhitungan dosis hanya dilakukan pada titik sampel rendah dan sedang dengan kadar < 15 ppm. Sehingga T6, T8, T10 dan T16 dengan kadar 21.36 ppm; 20.55 ppm; 18.51 ppm; dan 21.14 ppm rekomendasi pemupukan tidak dibutuhkan.

Golongan unsur hara rendah memerlukan peningkatan kadar dari 8.10 ppm sampai 10.19 ppm. Pemupukan menggunakan SP-36 untuk titik sampel tersebut membutuhkan dosis antara 309.19 kg ha<sup>-1</sup> sampai 388.97 kg ha<sup>-1</sup> dengan rata-rata 346.22 kg ha<sup>-1</sup>. Jumlah pupuk per pokok didapatkan berdasarkan dosis per luas dibagi populasi di lokasi. Populasi kelapa sawit di lokasi adalah sebanyak 136

pokok sehingga didapat dosis 2,55 kg untuk tiap pokok kelapa sawit. Rekomendasi pemupukan untuk golongan rendah diberikan berdasarkan jumlah rata-rata dosis pupuk per ha untuk memudahkan pemberian pupuk di lokasi.

Sampel dengan golongan unsur hara sedang membutuhkan pupuk Sp-36 sebanyak 38.94 kg ha<sup>-1</sup> sampai 209.56 kg ha<sup>-1</sup> dengan rata-rata 139,33 kg ha<sup>-1</sup>. Pupuk tersebut diberikan untuk meningkatkan kadar hara titik sampel yang berkisar antara 1.02 ppm sampai 5.49 ppm. Berdasarkan jumlah populasi kelapa sawit, maka sebanyak 1,02 kg pokok<sup>-1</sup> diberikan ke tanaman.

### Reaksi Tanah (pH)

Kemasaman tanah disebabkan oleh beberapa faktor seperti jenis tanah, curah hujan dan kegiatan pemupukan oleh petani. Perkebunan kelapa sawit rakyat di Kelurahan Babat ini memiliki tanah yang mirip inceptisol dan sesuai dengan peta satuan lahan dan tanah lembar Palembang, Sumatera. Tanah di lokasi penelitian memiliki pH yang ditunjukkan pada Tabel 1. Penggunaan lahan perkebunan dan kehutanan tidak mampu memperbaiki pH tanah seperti yang dinyatakan dalam penelitian Yamani (2010) dan Mindawati (2006). Penelitian Mindawati (2006) menjelaskan bahwa penanaman pohon pada lahan konversi hutan yang sudah berumur 6 tahun tidak merubah kondisi pH tanah. Kemudian Rahmah (2014) menemukan bahwa konversi hutan menjadi lahan Agroforestri dan perkebunan kopi tidak mampu mengubah pH tanah menjadi lebih baik walaupun telah dibudidayakan selama 10 dan 15 tahun.

Lahan pertanian yang selalu dipupuk tanpa pengapuran oleh petani dapat menurunkan nilai pH tanah. Pemupukan menggunakan urea dan NPK di lokasi penelitian dilakukan dua kali dalam satu tahun, sedangkan pengapuran dolomit hanya pada tanaman yang menunjukkan kelainan. Pemupukan dolomit secara individu tidak mampu menaikkan nilai pH

keseluruhan pada tiap titik pengambilan sampel sehingga pH tanah tetap menjadi masam.

### Peta status unsur hara

Peta status unsur hara dibuat untuk memudahkan penyampaian informasi mengenai status unsur hara di lokasi penelitian. Peta menyampaikan informasi status unsur hara melalui perbedaan warna dan pemisahan wilayah berdasarkan status unsur hara. Dengan mengacu pada peta, maka pemupukan SP-36 dapat menjadi lebih mudah. Pengelola kebun dapat merencanakan rute dan luasan wilayah yang membutuhkan dosis tertentu sehingga bisa sama atau mendekati rekomendasi pemupukan yang diberikan. Sehingga, pemupukan yang dilakukan lebih efisien dalam hal tenaga dan jumlah yang dibutuhkan serta input yang diberikan ke tanah.

## KESIMPULAN

Sebaran P pada lokasi penelitian adalah dipengaruhi oleh pH lahan yang tergolong masam sehingga membatasi P-tersedia di lokasi penelitian. Terlihat P-tersedia di lokasi dominan sedang (7 ha) dan rendah (6 ha) sedangkan golongan tinggi (3 ha) hanya sedikit. Rekomendasi pemupukan menggunakan SP-36 diberikan untuk menaikkan kandungan P tersedia agar menjadi sedang 15 ppm dengan rata-rata dosis sebanyak 346,22 kg/ha untuk P-Tersedia golongan rendah dan 139,33 kg/ha untuk P-Tersedia golongan sedang. Pembuatan peta status unsur hara dapat mempermudah pemupukan di lokasi penelitian.

## UCAPAN TERIMAKASIH

Penulis mengucapkan terimakasih kepada Progran Studi Ilmu Tanah dan Agroekoteknologi Universitas Sriwijaya beserta semua pihak yang membantu dalam pelaksanaan penelitian ini sehingga bisa selesai.

## DAFTAR PUSTAKA

- CSR/FAO Staffs. 1983. Reconnaissance Land Resource Survey 1 : 250.000 Scale. Atlas Format Procedures. AGOF/INS/78/006. 4(1).
- Faizin N, *et al.* 2015. Respon pemberian beberapa dosis pupuk Fosfor terhadap pertumbuhan semai akasia dan ketersediaan fosfor di tanah. *JOM Faperta*. 2(2): Oktober 2015, 2(2).
- Föhse DCN, Jungk A. 2015. Phosphorus Efficiency of plants. I. External and Internal Requirement and P Uptake Efficiency of Different Plant Species. *Plant Soil*, 110, pp. 101–109.
- Frossard E, Condron L, Oberson A, Sinaj S, Fardeau JC. 2000. Processes Governing Phosphorus Availability in Temperate Soils. *Journal of Environmental Quality*. Madison, WI: *American Society of Agronomy, Crop Science Society of America, and Soil Science Society of America*. 29:15–23.
- Hanafiah A, Ali K. 2014. Dasar Dasar Ilmu Tanah. Jakarta: Raja Grafindo Persada.
- Hinsinger P, Betencourt E, Bernard L, Brauman A, Plassard C, Shen J, Tang X, Zhang F. 2011. P for Two, Sharing a Scarce Resource: Soil Phosphorus Acquisition in the Rhizosphere of Intercropped Species. *Plant Physiology*. 156(3):1078–1086.
- Lambers H, Plaxton WC. 2015. Phosphorus: Back to the Roots. *Annual Plant Reviews Volume 48*. (Wiley Online Books). doi:10.1002/9781118958841.ch1.
- Mindawati N, Kosasih AS, Heryati Y. 2006. Pengaruh Penanaman Beberapa Jenis Pohon Hutan terhadap Kondisi Kesuburan Tanah Andosol', *Jurnal Penelitian Hutan Tanaman*. 3(1):155–164. doi: 10.20886/jpht.2006.3.3.155-164.
- Rahmah S, Yusran, Harun U. 2014. Sifat kimia tanah pada berbagai tipe penggunaan lahan di Desa Bobo Kecamatan Palolo Kabupaten Sigi, *Warta Rimba*. 2(1):88–95.
- Rosmarkam A, Yuwono NW. 2002. Ilmu Kesuburan Tanah. Yogyakarta: Kanisius.
- Umaternate GR, Abidjulu J, Wuntu AD. 2014. Uji Metode Olsen dan Bray dalam Menganalisis Kandungan Fosfat Tersedia pada Tanah Sawah di Desa Konarom Barat Kecamatan Dumoga Utara. *Jurnal Mipa Unsrat*. 3(1): 6–10.
- Yamani A. 2010. Kajian Tingkat Kesuburan Tanah Pada Hutan Lindung Gunung Sebatung Di Kabupaten Kotabaru Kalimantan Selatan. *Jurnal Hutan Tropis*. 11(29):32–37.