

IV. HASIL DAN PEMBAHASAN

4.1. Kondisi Umum Wilayah

Penelitian dilakukan di PT. Great Giant Pineapple di Kecamatan Terbanggi Besar Kabupaten Lampung Tengah. Luasan lahan yang digunakan di PT. Great Giant Pineapple ± 32.000 Ha. Lampung didominasi oleh jenis tanah masam yaitu ultisol. Penjelasan mengenai faktor pembentuk tanah sebagai berikut.

a. Bahan Induk

Sebagian besar tanah di Lampung Tengah terbentuk dari material vulkanik masam pegunungan bukit barisan yang berupa tuff masam. Tuff merupakan batuan sedimen masam dari material vulkan yang tersusun dari mineral primer dari kuarsa dan opak (Prasetyo dan Suridiakarta, 2006). Mineral opak adalah mineral oksida besi (Fe) yang tidak dapat dibedakan jenisnya dengan mikroskop polarisasi. Mineral kuarsa di dalam fraksi liat adalah sebagai mineral primer, karena mineral kuarsa tergolong mineral tahan lapuk dan tanah terbentuk dari bahan vulkan dari proses sedimentasi yang sangat minim. Mineral kuarsa dan opak merupakan mineral tahan lapuk yang resisten terhadap pelapukan, sehingga walaupun tanah telah mengalami pelapukan tingkat lanjut, mineral tahan lapuk akan tetap ada. Mineral mudah lapuk seperti andesit (Na, Ca), labradorit (Na, Ca), hornblende (Fe, Mg, Ca, Na), dan augit (Mg, Fe, Ca) masih dijumpai dalam jumlah yang relatif sedikit. Mineral-mineral ini mencirikan bahwa tanah berkembang dari bahan vulkan yang bersifat andesitik. Mineral kuarsa (Si) merupakan mineral yang berasal dari material vulkan yang bersifat andesitik. (Pramuji dan Bastaman, 2009).

Sumber hara dari suatu tanah dapat diketahui dari susunan mineral primer pembentuk tanahnya. Mineral primer mudah lapuk dapat mengalami pelapukan secara cepat dan menghasilkan unsur hara seperti Ca, Mg, Na, K dan Fe. Tanah yang terbentuk dari dominansi mineral mudah lapuk dapat diartikan bahwa tanah tersebut memiliki cadangan unsur hara tanah yang tinggi. Sedangkan tanah yang terbentuk dari dominansi mineral primer yang tahan lapuk maka tanah tersebut dapat dikatakan miskin cadangan unsur hara (Pramuji dan Bastaman, 2009).

b. Topografi

Lampung tengah merupakan wilayah dengan bentukan lahan alluvial dari sungai Way sekampung, Way tulangbawang, dan Way mesuji. Ketinggian di daerah Lampung Tengah berkisar antara 25 mdpl – 75 mdpl. Lampung tengah memiliki relief yang relatif datar dengan kemiringan 0 – 3 % (BAPPEDA, 2012).

c. Iklim

Kondisi temperatur di lapangan berkisar 29°C-34°C dengan kecepatan angin berkisar dari tenang hingga kencang antara 8 knot – 23 knot dimana kecepatan angin yang sesuai untuk penerbangan UAV maksimal 15 knot. Penerbangan UAV dilakukan ketika kondisi cerah berawan, pada kondisi ini diusahakan wilayah pengambilan foto udara tidak tertutup awan karena akan berdampak pada nilai pixel foto udara. Ketika dilakukan pada saat kondisi mendung, energi cahaya matahari yang diterima tumbuhan tidak maksimal dan sensor menangkap lebih sedikit energi yang berdampak pada nilai pixel foto udara.

d. Vegetasi

Nanas merupakan komoditas utama yang dikomersialkan di PT. Great Giant Pineapple. Komoditas seperti kelapa sawit, lidah buaya, dan jambu kristal sebagai komoditas pendukung. Pengelolaan lahan dibagi menjadi beberapa bagian wilayah yang disebut *Plantation Group* (PG). Terdapat 4 PG diantaranya adalah PG 1, PG 2, PG 3, dan PG 4 *Natural Tropical Fruit* (NTF). PG 4 difungsikan sebagai lahan produksi buah segar yang meliputi komoditas: nanas, jambu kristal, pepaya dan pisang. Sedangkan PG 1, PG 2 dan PG 3 difungsikan sebagai lahan produksi buah kaleng yang meliputi komoditas nanas. Namun, di PG 1, PG 2, dan PG 3 terdapat komoditas kelapa sawit, jambu kristal, dan lidah buaya sebagai komoditas pendukung untuk sistem rotasi tanaman.

Varietas nanas yang dibudidayakan adalah *smooth cayene* yang terbagi atas beberapa klon yaitu GP-1, GP-2, GP-3 dan F-180. Klon GP-3 dipilih sebagai bibit yang akan lebih dikembangkan jumlahnya di lahan. Keunggulan klon GP-3 yaitu ukuran buah lebih besar dari GP-1 dan GP-2, warna buah lebih kuning, dan waktu panen yang lebih singkat dari klon GP-1 dan GP-2. Jenis bibit yang digunakan berasal dari *crown*, *succer* dan *nursery*. Ukuran bibit akan menentukan lama waktu pemanenan nanas. Pada bibit *crown* dengan ukuran besar umur panen

sekitar 10 bulan, bibit *crown* dengan ukuran sedang memerlukan waktu panen lebih lama yaitu sekitar 12 bulan, dan pada bibit *crown* kecil memerlukan umur panen sekitar 14 bulan.

e. Tanah

Tanah di Lampung Tengah didominasi tanah ultisol yang memiliki masalah dengan pH, karena pada pH yang masam mempengaruhi ketersediaan unsur hara di dalam tanah. Penelitian ini mengukur pH tanah pada dua kedalaman, yaitu pada kedalaman 0-20 cm dan pada kedalaman 20-40 cm. Berikut adalah tabel hasil pengukuran pH pada lokasi 95A di PG 1 (Tabel 3).

Tabel 3. Kemasaman Tanah Lokasi 95A

	Kemasaman Tanah			Keterangan
	Min	Max	Mean	
Kedalaman 0-20 cm	3,95	5,46	4,31	Sangat masam
Kedalaman 20-40 cm	3,94	6,17	4,41	Sangat masam

Kemasaman tanah dengan rata-rata 4,31 dan 4,41 termasuk dalam kategori sangat masam. Nilai ini sesuai dengan ketetapan kategori nilai pH yang dilakukan oleh Sulaeman dan Eviati (2009) yaitu pH < 4,5 termasuk kelas sangat masam, pH 4,5-5,5 termasuk kelas masam, pH 5,5-6,5 termasuk dalam kelas agak masam, pH 6,6-7,5 termasuk dalam kelas netral, pH 7,5-8,5 termasuk dalam kelas agak alkalis, dan pH > 8,5 termasuk dalam kelas alkalis. Menurut Syahputra (2015) kemasaman tanah dapat disebabkan oleh beberapa hal yaitu bahan induk, bahan organik, hidrolisis alumunium, reaksi kimia oksidasi mineral dan pencucian basa-basa. Tanah yang masam atau memiliki pH yang rendah akan menyebabkan kandungan Al, Fe, dan Mn terlarut tinggi sehingga dapat meracuni tanaman (Subandi, 2007).

4.2. Kandungan unsur hara tanaman

Kalium merupakan unsur hara makro yang dibutuhkan tanaman untuk tumbuh dan berkembang. Unsur hara kalium adalah unsur hara kedua terbesar setelah N yang diserap oleh tanaman (Roy *et al.*, 2006). Magnesium merupakan molekul utama yang terdapat pada pusat klorofil untuk menunjang fotosintesis tanaman. Magnesium berperan dalam aktivasi enzim, transfer energi, metabolisme dan produksi protein (Roy *et al.*, 2006). Defisiensi magnesium ditandai dengan

klorosis daun menguning karena kehilangan klorofil (Sitompul, 2015; Roy *et al.*, 2006). Hasil pengamatan dan analisis unsur kalium disajikan dalam Tabel 4.

Tabel 4. Hasil Analisis Kandungan (%) Hara dan Indeks Vegetasi

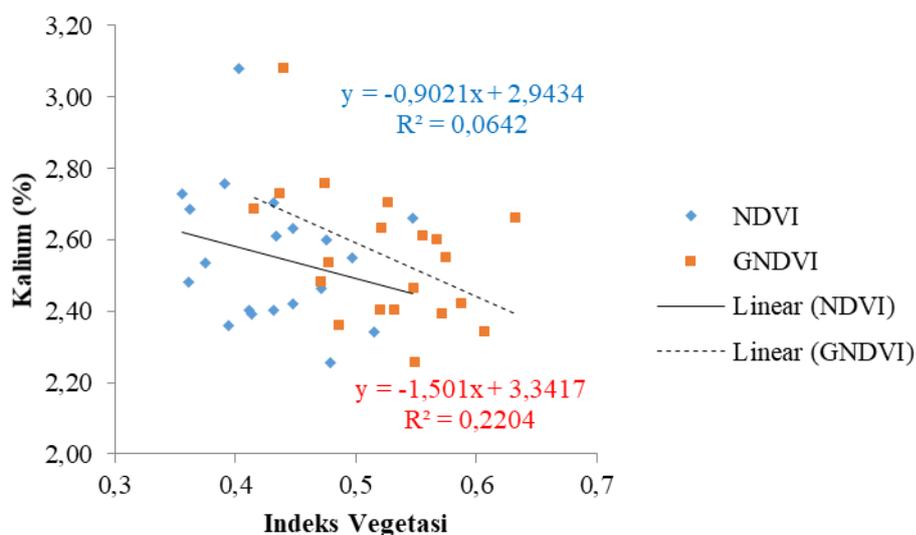
	Kode Titik	Mg (%)	K (%)	NDVI	GNDVI	
Model	1	0,2378	2,66	0,5469	0,6327	
	2	0,1809	2,26	0,4793	0,5493	
	3	0,2780	2,60	0,4754	0,5676	
	4	0,2308	2,54	0,3755	0,4779	
	5	0,2128	2,48	0,3606	0,4719	
	6	0,1413	2,39	0,4137	0,5725	
	7	0,1855	2,61	0,4338	0,5563	
	8	0,1568	2,73	0,3559	0,4372	
	9	0,2421	2,70	0,4318	0,5270	
	10	0,2138	2,76	0,3914	0,4749	
	11	0,1945	2,69	0,3624	0,4157	
	12	0,2267	2,34	0,5152	0,6074	
	13	0,1967	2,40	0,4117	0,5206	
	14	0,1673	3,08	0,4030	0,4404	
	15	0,2320	2,47	0,4709	0,5489	
	17	0,2317	2,36	0,3948	0,4862	
	21	0,2421	2,42	0,4475	0,5877	
	23	0,2615	2,55	0,4970	0,5751	
	25	0,1619	2,40	0,4320	0,5321	
	26	0,1583	2,63	0,4479	0,5216	
	Validasi	24	0,2360	2,14	0,4234	0,5080
		22	0,1707	2,68	0,4497	0,5604
		20	0,1858	2,30	0,5254	0,5785
		19	0,2016	2,85	0,4715	0,5673
		18	0,2517	2,26	0,4788	0,5396
		16	0,1492	2,10	0,4194	0,5043

Berdasarkan Tabel 4 didapatkan nilai kandungan kalium di dalam tanaman pada kisaran 2,26%-3,08% dan kandungan magnesium di dalam tanaman berkisar antara 0,1413%-0,2780% unsur magnesium dalam tanaman memiliki korelasi dengan klorofil tanaman. Sedangkan untuk titik validasi ditentukan berdasarkan nilai persen kandungan hara yang masing-masing dianggap mewakili hara rendah sedang dan tinggi. Berdasarkan Tabel 4 terdapat 26 titik yang terbagi menjadi dua yaitu 20 titik untuk pemodelan dan 6 titik untuk validasi model. Validasi model bertujuan untuk menguji kemiripan hasil estimasi dengan hasil perhitungan analisis kandungan hara pada tanaman nanas.

4.3. Model Estimasi Kalium pada Tanaman Menggunakan NDVI, GNDVI, dan Nilai Spektral

4.3.1. Model Estimasi Kalium pada Tanaman Nanas Menggunakan NDVI

Ketersediaan unsur hara kalium dalam tanah sangat dipengaruhi oleh pH dan faktor lain seperti hubungan unsur hara kalium dengan magnesium yang berhubungan secara antagonis. Adanya persaingan antar kedua unsur hara apabila terjadi penurunan unsur magnesium dan kalsium akan diikuti dengan peningkatan serapan kalium (Fageria, 2009).



Gambar 6. Hubungan Kalium pada Tanaman dengan Nilai NDVI dan GNDVI

Model estimasi kalium menggunakan NDVI menghasilkan nilai hubungan negatif sebesar $r = -0,253$. Nilai korelasi $r = -0,253$ termasuk dalam kriteria korelasi yang lemah. Sebaran nilai NDVI dengan kalium pada tanaman disajikan pada Gambar 6. Nilai korelasi NDVI dengan kalium menunjukkan bahwa antara NDVI dan kalium termasuk dalam hubungan yang lemah. Hubungan kalium dengan NDVI memiliki korelasi yang rendah maka tidak dilakukan uji regresi. Sehingga nilai korelasi antara kalium pada tanaman nanas dan NDVI memiliki kriteria korelasi yang lemah. Gambar 6 menunjukkan koefisien determinasi yang rendah. Rendahnya koefisien determinasi karena tidak melalui perantara perhitungan klorofil. Namun koefisien determinasi bukan satu-satunya untuk melihat diterima atau tidaknya suatu model.

4.3.2. Model Estimasi Kalium pada Tanaman Menggunakan GNDVI

Model estimasi kalium pada tanaman menggunakan GNDVI (*Green Normalized Difference Vegetation Index*) menghasilkan hubungan yang negatif sebesar $r=-0,469$. Nilai korelasi negatif menunjukkan bahwa setiap penurunan nilai indeks GNDVI diikuti kenaikan nilai kalium pada tanaman atau sebaliknya setiap kenaikan nilai kalium pada tanaman akan diikuti penurunan nilai GNDVI. Nilai korelasi sebesar $r=-0,469$ yang berarti bahwa tingkat hubungan antara GNDVI dengan kalium termasuk dalam kriteria sedang. Menurut Sugiyono (2008) nilai korelasi 0,40-0,59 termasuk dalam kategori sedang. Sebaran nilai GNDVI dengan unsur hara kalium pada tanaman nanas disajikan dalam Gambar 6. Dikarenakan memiliki hubungan korelasi yang signifikan (Lampiran 4) maka dilakukan uji regresi untuk mendapatkan persamaan guna menduga unsur hara kalium pada tanaman nanas. Hasil uji regresi menghasilkan persamaan untuk memprediksi unsur hara kalium pada tanaman nanas.

$$K = 3,342 - 1,501*(GNDVI).....(3)$$

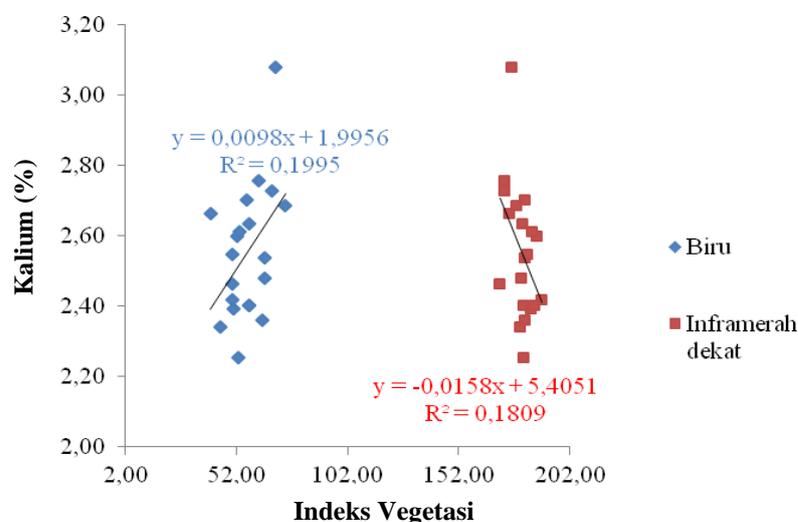
Uji regresi menghasilkan persamaan dengan *slope* sebesar -1,501. *Slope* menunjukkan arah kemiringan dari suatu garis. Dalam statistik *slope* merupakan nilai kontribusi GNDVI terhadap kalium pada tanaman. Nilai 3,342 merupakan *intercept*. *Intercept* merupakan perpotongan garis, apabila X bernilai 0 atau GNDVI tidak memiliki kontribusi maka nilai Y atau kalium bernilai 3,342. Hasil uji regresi menunjukkan nilai koefisien determinasi sebesar $R^2=0,220$ yang menjelaskan bahwa 22% nilai GNDVI dapat menjelaskan unsur kalium pada tanaman nanas. Uji regresi antara kalium pada tanaman nanas dengan GNDVI memiliki nilai signifikansi sebesar 0,037 ($<0,05$), maka dapat dikatakan memiliki signifikansi yang nyata. Hal ini karena GNDVI lebih sensitif terhadap klorofil tanaman.

Gejala yang ditunjukkan tanaman ketika kekurangan kalium adalah penghancuran klorofil yang menunjukkan peran kalium dalam pembentukan prekursor klorofil (Frageria, 2009). Menurut Gitelson *et al.*, (1996) menyatakan bahwa Green NDVI lebih baik dalam mengidentifikasi dan berkorelasi unsur hara yang berkaitan dengan klorofil terutama nitrogen. Guo *et al.*, (2017) menyatakan bahwa dalam menduga kandungan kalium pada daun tanaman apel, NDVI tidak

lebih baik daripada DVI (*Difference Vegetation Index*) dan RVI (*Ratio Vegetation Index*) dengan *Root Mean Square Error* (RMSE) dari DVI yang dihasilkan sebesar 0,1126 dalam menduga kalium pada daun tanaman apel. Sedangkan RMSE penelitian antara GNDVI dengan kalium pada tanaman nanas menggunakan UAV menghasilkan RMSE sebesar 0,1634 (Lampiran 4). Semakin kecil nilai RMSE maka semakin sedikit selisih perbedaan antara data estimasi dengan data aktual dan semakin akurat dalam mengestimasi kandungan unsur hara kalium pada tanaman nanas. Meskipun nilai RMSE yang dihasilkan dari persamaan GNDVI untuk mengestimasi kalium pada tanaman nanas masih lebih besar dibandingkan dengan DVI untuk mengestimasi kalium pada tanaman apel. Tetapi pengambilan keputusan didukung dengan uji T dua sampel berpasangan untuk validasi model dan mengetahui kelayakan persamaan estimasi kalium pada tanaman yang telah dihasilkan dengan menggunakan GNDVI.

4.3.3. Model Estimasi Kalium Tanaman Menggunakan Nilai Spektral

Foto udara dari UAV mengandung empat spektral yaitu merah, hijau, biru dan inframerah dekat. Setiap spektral memiliki *digital number* yang berbeda dengan kegunaan yang berbeda. Spektral biru berguna untuk membedakan kejernihan air dan juga membedakan antara tanah dengan tanaman. Spektral hijau berguna untuk mendeteksi tanaman. Spektral merah yang paling berguna untuk membedakan jenis tanaman spektral infra merah berguna untuk meneliti biomasa tanaman, dan juga membedakan batas tanah-tanaman dan daratan-air (puntodewo, 2009).



Gambar 7. Hubungan Kalium pada Tanaman Dengan Spektral B dan NIR

Hasil uji korelasi antara masing-masing spektral dengan kalium pada tanaman nanas menunjukkan bahwa spektral biru dan inframerah dekat berkorelasi dengan kalium dalam tanaman nanas. Dilakukan uji regresi berganda dengan memasukkan variabel indeks vegetasi biru dan spektral inframerah dekat (IVBNIR) sebagai variabel independen. Hasil uji regresi menunjukkan nilai korelasi positif $r=0,559$. Nilai $r=0,559$ yang berarti bahwa hubungan antara IVBNIR dengan kalium termasuk dalam kategori korelasi sedang (Sugiyono, 2008). Sebaran kalium pada tanaman nanas dengan spektral biru dan inframerah dekat disajikan pada Gambar 7.

Hasil analisis regresi menghasilkan koefisien determinasi sebesar 0,312 yang menunjukkan bahwa untuk memprediksi kalium pada tanaman nanas, kombinasi variabel spektral biru dan spektral merah dapat berkontribusi sebesar 31,2% sedangkan 68,8% dipengaruhi oleh faktor lain. Didapatkan persamaan untuk memprediksi unsur kalium dalam tanaman, yaitu:

$$K=4,399 + 0,008(B) - 0,013(NIR).....(4)$$

Persamaan di atas terdapat dua variabel dan dua *slope* yaitu variabel B dan NIR. *Slope* merupakan besaran kontribusi variabel yang diujikan. Variabel B memiliki nilai *slope* 0,008 yang berarti variabel B memiliki kontribusi sebesar 0,008. Variabel NIR memiliki *slope* atau kontribusi sebesar -0,013. Selain itu *slope* menunjukkan arah hubungan antara variabel Y dan X. Nilai 4,399 merupakan nilai *intercept*. Nilai *intercept* menunjukkan nilai rata-rata jika nilai $X=0$. Uji regresi menghasilkan nilai signifikansi sebesar 0,041. Nilai 0,041 tergolong signifikan karena di bawah taraf 0,05. Menurut Govaerts dan Verhulst (2010) spektral biru diserap oleh klorofil tanaman, namun dalam penelitian Sims dan Gamon (2002) menyebutkan bahwa cahaya biru diserap oleh klorofil akan tetapi penyerapan spektral biru oleh tanaman terjadi tumpang tindih dengan absorpsi karotenoid dan spektral inframerah dekat sensitif terhadap air kanopi daun tanaman dan jaringan daun tanaman yaitu struktur seluler dan protoplasma. Adanya tumpang tindih penyerapan menjadi kendala dalam menggunakan spektral biru yang menyebabkan nilai spektral menjadi bias sehingga spektral biru jarang digunakan oleh peneliti sebagai unsur dalam indeks vegetasi. RMSE (Root Mean Square Error) dari regresi antara IVBNIR dan kalium sebesar 0,1590. Nilai

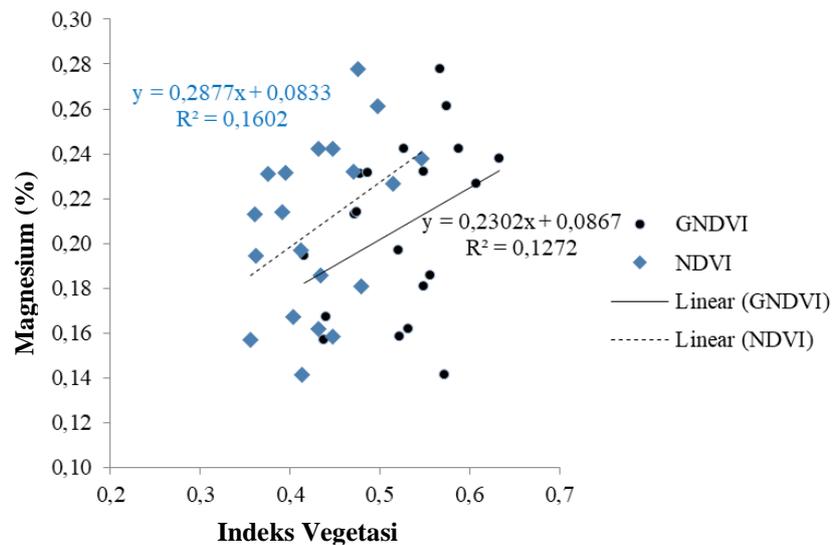
RMSE IVBNIR (0,1590) lebih kecil dibandingkan dengan RMSE dari GNDVI (0,1634) dalam menduga kalium.

4.4. Model Estimasi Magnesium pada Tanaman Menggunakan NDVI, GNDVI, dan Nilai Spektral

4.4.1. Model Estimasi Magnesium pada Tanaman Menggunakan NDVI

NDVI merupakan indeks vegetasi dengan mengombinasikan spektral NIR dan *Red* dalam formula normalisasi. Kegunaan NDVI merupakan indeks vegetasi yang sensitif terhadap klorofil dalam tanaman. Hasil uji korelasi menghasilkan nilai koefisien korelasi positif sebesar $r = 0,401$. Nilai korelasi sebesar 0,401 termasuk dalam kategori keeratan hubungan sedang (Sugiyono, 2008). Sebaran nilai NDVI terhadap magnesium disajikan pada Gambar 8.

Hasil uji regresi antara magnesium pada tanaman dengan NDVI menghasilkan koefisien determinasi sebesar $R^2 = 0,16$ yang berarti bahwa magnesium di dalam tanaman nanas dapat diprediksi dengan menggunakan NDVI sebesar 16%, sedangkan 84% magnesium di dalam tanaman dipengaruhi oleh faktor lain.



Gambar 8. Hubungan Magnesium pada Tanaman Dengan NDVI dan GNDVI

Gambar 8 menunjukkan koefisien determinasi yang rendah. Rendahnya koefisien determinasi karena tidak melalui perantara klorofil. Namun koefisien determinasi bukan satu-satunya untuk melihat diterima atau tidaknya suatu model. Persamaan untuk estimasi magnesium pada tanaman dengan NDVI diperoleh menggunakan uji regresi, yaitu: $Mg = 0,083 + 0,288 * (NDVI)$(5)

Variabel X adalah nilai pixel NDVI yang memiliki *slope* sebesar 0,288. Dapat dikatakan bahwa NDVI berkontribusi untuk menduga magnesium dalam tanaman sebesar 0,288. *Intercept* dari persamaan adalah 0,083 yang berarti bahwa jika NDVI bernilai 0 maka magnesium bernilai 0,083. Koefisien persamaan (5) memiliki koefisien determinasi 16% termasuk dalam angka yang rendah. Nilai RMSE persamaan NDVI untuk menduga kandungan magnesium pada tanaman sebesar 0,0342. NDVI terdiri dari spektral *Red* yang sensitif diserap oleh klorofil dan spektral *Near-infrared* yang berhubungan dengan jaringan daun tanaman yaitu struktur seluler dan protoplasma (Kumar dan Silva, 1972). Jia *et al.*, (2012) menyebutkan bahwa antara NDVI dan klorofil memiliki korelasi yang kuat dan memiliki korelasi dengan serapan unsur hara nitrogen pada tanaman gandum. Magnesium merupakan unsur penting dalam sintesis klorofil sehingga keberadaan klorofil sangat dipengaruhi oleh kadar magnesium yang ada di dalam tanaman nanas (Ai dan Banyo, 2011). Dengan demikian terdapat hubungan tidak langsung antara NDVI dengan magnesium yang ada pada tanaman melalui perantara klorofil tanaman.

4.4.2. Model Estimasi Magnesium pada Tanaman Menggunakan GNDVI

Model dengan mengkombinasikan antara spektral NIR dan *Green* menghasilkan nilai hubungan GNDVI dengan magnesium pada tanaman nanas sebesar $r=0,357$. Nilai 0,357 termasuk dalam kelas rendah (Sugiyono, 2008). Sebaran nilai GNDVI dengan magnesium pada tanaman nanas disajikan dalam Gambar 8. Dikarenakan hubungan antara GNDVI dan magnesium pada tanaman tergolong rendah dan tidak signifikan maka tidak dilakukan uji regresi. Magnesium merupakan unsur hara yang berperan dalam pembentukan klorofil dan berperan aktif dalam fotosintesis. Hubungan yang ditunjukkan antara magnesium dengan GNDVI menandakan memiliki hubungan yang rendah. Berlainan dengan penelitian yang dilakukan Gitelson *et al.*, (1996) dan Hunt *et al.*, (2008) yang menyatakan bahwa GNDVI lebih baik dalam mengidentifikasi LAI, klorofil, dan berhubungan baik dengan nitrogen. Tanaman cenderung akan memantulkan spektral hijau. Klorofil tanaman menyerap spektral biru dengan panjang gelombang sekitar 430 nm, spektral merah dengan panjang gelombang sekitar 660 nm dan inframerah dengan kisaran panjang gelombang 720 nm.

4.4.3. Model Estimasi Magnesium Tanaman Menggunakan Nilai Spektral

Hasil uji hubungan antara magnesium dengan spektral *red*, *green*, *blue* dan NIR menunjukkan hubungan yang rendah. Nilai korelasi antara magnesium pada tanaman nanas dengan spektral sebesar $r=-0,377$. Nilai korelasi antara magnesium pada tanaman nanas dengan spektral *green* sebesar $r=-0,269$. Nilai korelasi antara magnesium pada tanaman nanas dengan spektral *blue* memiliki nilai hubungan negatif sebesar $r=-0,355$. Sedangkan nilai korelasi antara magnesium pada tanaman nanas dengan spektral NIR memiliki korelasi hubungan positif sebesar $r=0,129$. Nilai korelasi antara magnesium pada tanaman dengan masing-masing spektral rendah maka tidak dilakukan uji regresi. Menurut Kumar dan Silva (1972) spektral *red* diabsorpsi oleh klorofil, spektral *blue* diabsorpsi oleh klorofil namun masih tumpang tindih dengan absorpsi karotenoid, spektral *green* akan dipantulkan oleh daun, sedangkan spektral NIR dipantulkan yang ditentukan oleh sifat-sifat jaringan daun: struktur sel dan protoplasma. Adapun yang menjadi kendala adalah pada saat nanas umur 9 bulan, nanas dalam fase vegetatif dan kanopi tanaman nanas belum sepenuhnya menutup tanah. Sehingga terdapat beberapa pixel yang memiliki latar belakang tanah.

4.5. Uji T Dua Sampel Berpasangan Kalium dengan Indeks Vegetasi

Indeks vegetasi yang didapatkan dari uji korelasi dan regresi adalah GNDVI dan indeks vegetasi spektral B dan NIR (IVBNIR). Keduanya di uji menggunakan uji T berpasangan untuk melihat kemiripan data estimasi kalium yang dihasilkan dengan kondisi kalium dalam tanaman nanas di lapangan. Perbandingan hasil nilai kalium pada tanaman nanas dengan indeks vegetasi disajikan dalam Tabel 5.

Tabel 5. Perbandingan Kalium pada Tanaman Nanas dan Hasil Persamaan Indeks Vegetasi

Titik	Kalium (%)	Kalium GNDVI (%)	Kalium IVBNIR (%)
Validasi	2,0995	2,5795	2,5473
	2,2601	2,5008	2,4822
	2,8458	2,4737	2,5073
	2,3024	2,4905	2,4601
	2,6823	2,5321	2,5030
	2,1405	2,5850	2,5109
Rata-rata	2,3884	2,5269	2,5018

Berdasarkan data validasi didapatkan nilai rata-rata kalium pada tanaman nanas sebesar 2,3884% sedangkan kalium hasil model estimasi GNDVI sebesar 2,5269% dan kalium hasil model estimasi IVBNIR sebesar 2,5018%. Kemudian hasil model estimasi diuji dengan menggunakan uji T berpasangan. Hasil dari uji T berpasangan disajikan pada Tabel 6.

Tabel 6. Hasil Uji T Perpasangan dari Model Estimasi Kalium

Model	Korelasi	df	T tabel	T hitung	Signifikan (2-arah)
GNDVI	-0,642	5	2,015	-1,007	0,360
IVBNIR	-0,144	5	2,015	-0,895	0,412

Berdasarkan uji T dua sampel berpasangan didapatkan bahwa model GNDVI memiliki korelasi negatif sebesar $r=-0,642$. Nilai korelasi GNDVI sebesar $r=-0,642$ termasuk dalam kategori kelas korelasi kuat menurut Sugiyono (2008) nilai korelasi 0,6-0,79 termasuk dalam kategori korelasi kuat. Model GNDVI memiliki T hitung sebesar -1,007 yang mana nilai t tabel sebesar 2,015 dan nilai signifikan model GNDVI sebesar 0,360. Pengambilan keputusan uji T menunjukkan bahwa t hitung (-1,007) lebih kecil daripada t tabel (2,015) dan nilai signifikan GNDVI (0,360) lebih besar daripada nilai α ($\alpha=0,05$) yang berarti bahwa hasil estimasi kalium menggunakan model GNDVI dengan nilai kalium pada tanaman nanas tidak berbeda nyata.

Model IVBNIR memiliki hubungan negatif sebesar $r=-0,144$. Nilai korelasi $r=-0,144$ menunjukkan korelasi yang sangat lemah. Dilihat dari segi pengambilan keputusan uji t, model IVBNIR memiliki t hitung sebesar -0,895 dengan nilai t tabel 2,015. Dapat diartikan bahwa nilai t hitung lebih kecil daripada t tabel. Didukung dengan nilai signifikan sebesar 0,412 lebih besar daripada α ($\alpha=0,05$) menunjukkan bahwa hasil estimasi kalium dengan model IVBNIR dengan kalium pada tanaman nanas tidak memiliki perbedaan yang nyata.

4.6. Uji T Dua Sampel Berpasangan Magnesium dengan Indeks Vegetasi

Indeks vegetasi yang didapatkan dari uji regresi adalah NDVI. NDVI di uji menggunakan uji T berpasangan untuk melihat kemiripan data estimasi magnesium yang dihasilkan dengan kondisi magnesium dalam tanaman nanas di

lapangan. Perbandingan hasil nilai kalium pada tanaman nanas dengan indeks vegetasi disajikan dalam Tabel 7.

Tabel 7. Perbandingan Magnesium pada Tanaman Nanas dan Hasil Persamaan Indeks Vegetasi

Titik	Magnesium (%)	Magnesium model NDVI (%)
Validasi	0,2360	0,2049
	0,1707	0,2125
	0,1858	0,2343
	0,2016	0,2188
	0,2517	0,2209
	0,1492	0,2038
Rata-rata	0,1992	0,2159

Berdasarkan data perbandingan (Tabel 7) didapatkan nilai rata-rata kalium pada tanaman nanas sebesar 0,1992% sedangkan magnesium dari hasil model estimasi NDVI sebesar 0,2159%. Selanjutnya data validasi dilakukan uji T dua sampel berpasangan untuk mengetahui pengambilan keputusan. Hasil uji T dua sampel berpasangan disajikan pada Tabel 8.

Tabel 8. Hasil Uji T Dua Sampel Berpasangan Magnesium Tanaman dengan Model Estimasi NDVI

Model	Korelasi	df	T tabel	T hitung	Signifikan (2-arah)
NDVI	0,144	5	2,015	-1,048	0,343

Berdasarkan uji T dua sampel berpasangan didapatkan bahwa nilai korelasi model NDVI sebesar $r=0,144$. Nilai korelasi $r=0,144$ tergolong nilai korelasi yang sangat lemah (Sugiyono, 2008). Namun demikian, NDVI memiliki t hitung (-1,048) lebih kecil dibandingkan dengan nilai t tabel (2,015). Didukung dengan nilai signifikan (0,343) yang lebih besar daripada α ($\alpha=0,05$). Sehingga dapat dikatakan bahwa hasil estimasi magnesium menggunakan model estimasi NDVI tidak memiliki perbedaan yang nyata dengan hasil magnesium pada tanaman nanas.

4.7. Pemilihan Model Estimasi Terbaik untuk Menaksir Kalium dan Magnesium pada Tanaman Nanas

Pemilihan model estimasi terbaik untuk estimasi unsur hara kalium dan magnesium pada tanaman nanas berdasarkan nilai dari uji T dua sampel

berpasangan yang paling baik. Model yang diujikan untuk kalium ada GNDVI dan IVBNIR sedangkan model yang diujikan untuk menaksir magnesium hanya NDVI. Penentuan model terbaik dilakukan dengan melihat pengambilan keputusan uji T dan nilai signifikan masing-masing model. Nilai RMSE persamaan GNDVI dalam menduga kandungan unsur hara kalium sebesar 0,1634, sedangkan persamaan IVBNIR dalam menduga kandungan unsur hara kalium memiliki RMSE sebesar 0,1590 (Lampiran 4). Sims dan Gamon (2002) menyebutkan bahwa cahaya biru diserap oleh klorofil akan tetapi penyerapan spektral biru oleh tanaman terjadi tumpang tindih dengan absorpsi karotenoid. Berdasarkan pengambilan keputusan dan studi literatur, dapat diambil model estimasi kalium terbaik adalah GNDVI. Nilai RMSE dari pemodelan ikut mendukung dalam pengambilan keputusan untuk mengetahui kesalahan dari pemodelan, sehingga didapatkan model estimasi menggunakan indeks vegetasi yang baik dengan meminimalkan tingkat kesalahan.

Model estimasi untuk menduga magnesium pada tanaman nanas menggunakan NDVI memiliki nilai signifikan lebih kecil dari pada α ($\alpha=0,05$) dan nilai t hitung lebih kecil daripada t tabel. Nilai RMSE persamaan NDVI untuk menduga kandungan magnesium pada tanaman sebesar 0,0342. Dikarenakan GNDVI dan IVBNIR memiliki korelasi yang lemah dengan magnesium pada tanaman nanas, sehingga GNDVI dan IVBNIR tidak dilakukan uji regresi dan uji T dua sampel berpasangan. Adapun faktor yang mempengaruhi indeks vegetasi adalah (1) kanopi tanaman nanas belum sepenuhnya menutup tanah, (2) bayangan tanaman, (3) masih terdapat *gap* dalam mozaik foto udara sehingga akan mempengaruhi nilai *digital number* pada indeks vegetasi.

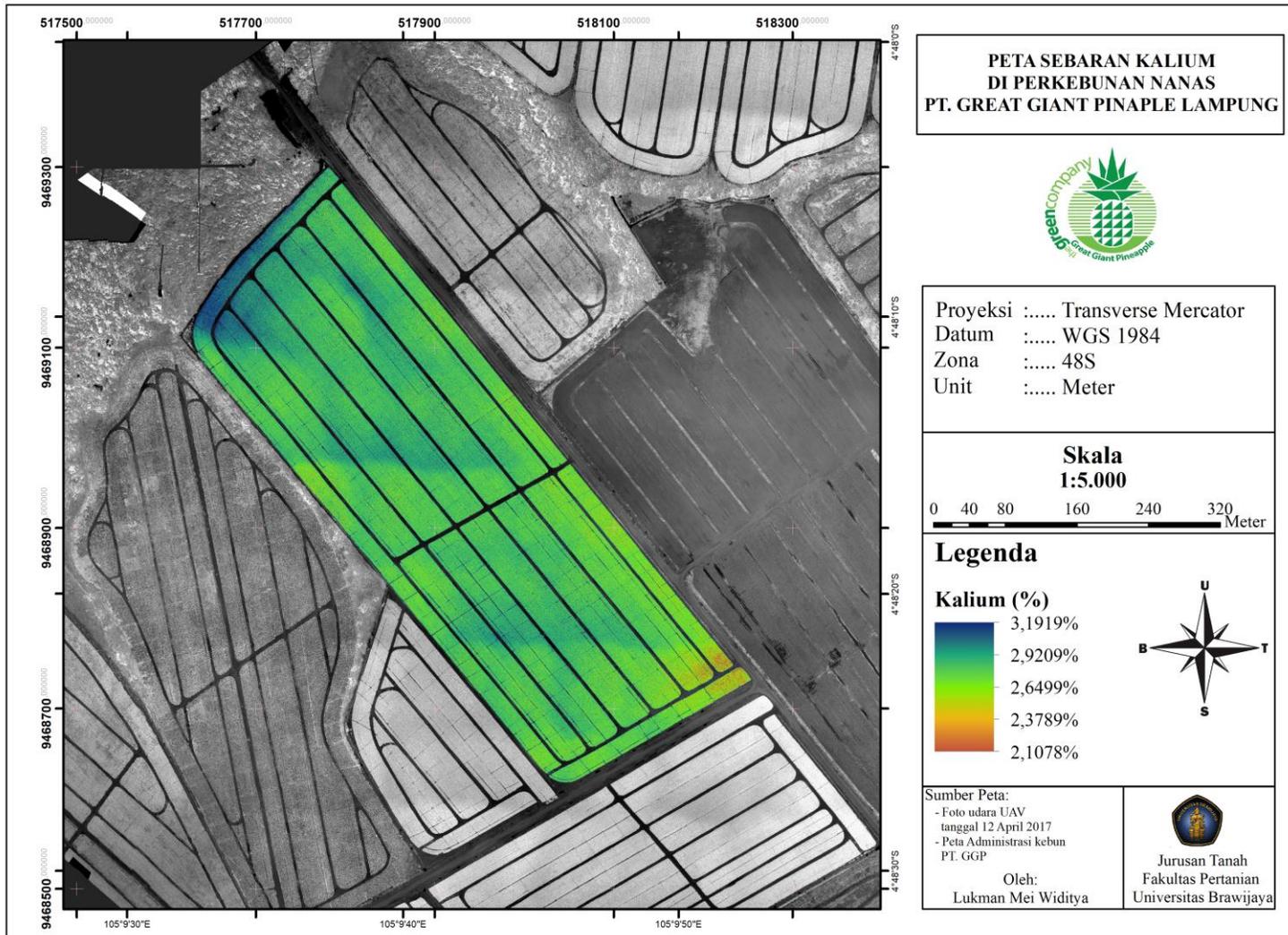
Model estimasi kalium tanaman nanas menggunakan GNDVI dan model estimasi magnesium pada tanaman nanas menggunakan NDVI. Meskipun keduanya memiliki kemiripan data antara hasil di lapangan dengan hasil estimasi, tetapi perlu diperhatikan dalam penerapannya di lapangan karena nilai R^2 model estimasi masih tergolong rendah.

4.8. Peta Sebaran Unsur Hara Kalium dan Magnesium

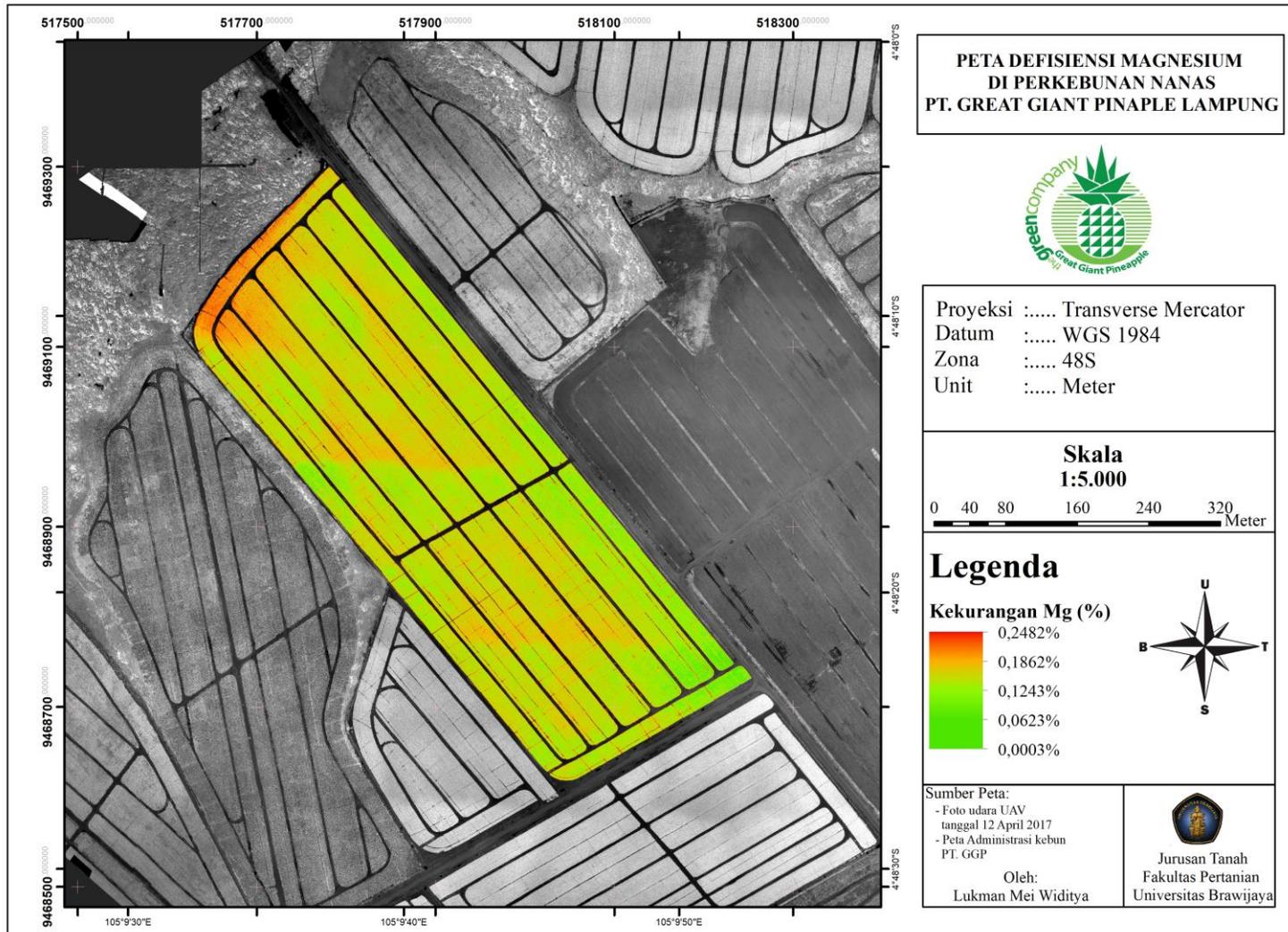
Pembuatan peta sebaran unsur hara dilakukan di ArcMAP 10.3 dari ArcGIS. Peta yang dibuat terdiri dari peta sebaran kandungan unsur hara kalium dan magnesium pada tanaman nanas, peta sebaran kalium dan magnesium di dalam tanah, dan peta kebutuhan unsur hara kalium dan magnesium pada tanaman nanas.

4.8.1. Kandungan Unsur Hara Tanaman Nanas

Model estimasi terbaik telah didapatkan dari hasil Uji T dua sampel berpasangan. Model pendugaan kalium pada tanaman nanas menggunakan GNDVI dengan persamaan: $K=3,342-1,501(\text{GNDVI})$. Hasil dari estimasi menggunakan GNDVI ditampilkan dalam bentuk peta pada Gambar 9. Berdasarkan peta pada Gambar 9 menunjukkan bahwa sebaran kandungan unsur hara kalium berkisar antara 2,1078%-3,1919%. Melihat sebaran warna pada peta yang dominan adalah warna hijau. Hal tersebut menunjukkan bahwa kisaran kandungan unsur hara kalium antara 2,6499%-2,9209%. Daerah yang berwarna biru pada peta menunjukkan kandungan kalium berkisar pada angka 3,1919%. Sedangkan daerah yang berwarna kekuningan menandakan kandungan kalium pada tanaman berkisar antara 2,3789%-2,6499%. Sebaran kalium pada Gambar 9 masih belum memenuhi standar kecukupan unsur hara kalium yaitu sebesar 3,4% di dalam tanaman. Dengan demikian dapat disimpulkan bahwa tanaman masih perlu dilakukan pemupukan. Pemupukan yang dilakukan hendaknya memperhatikan kebutuhan kalium pada tanaman dan kalium yang ada di dalam tanah. Model estimasi terbaik untuk menduga magnesium pada tanaman nanas adalah menggunakan persamaan dengan menggunakan NDVI: $\text{Mg}=0,083+0,288(\text{NDVI})$. Persamaan tersebut dikonversikan ke dalam bentuk peta untuk melihat sebaran estimasi magnesium pada tanaman nanas. Peta estimasi unsur hara magnesium disajikan pada Gambar 10.



Gambar 9. Peta Estimasi Kandungan Kalium pada Tanaman Nanas.



Gambar 10. Peta Estimasi Kandungan Magnesium pada Tanaman.

Gambar 10 menunjukkan bahwa sebaran magnesium antara 0,1118%-0,3597%. Sebaran magnesium yang dominan pada peta berkisar antara 0,2358%-0,2977%. Daerah yang berwarna merah menunjukkan kandungan magnesium sekitar 0,1118%-0,1738%. Sedangkan daerah yang berwarna hijau menunjukkan kandungan magnesium pada tanaman berkisar antara 0,2977%-0,3597%. Melihat sebaran magnesium pada Gambar 10 perlu dilakukan pemupukan daerah yang ditandai dengan warna kuning-merah. Pemupukan dilakukan sesuai prinsip pertanian presisi yaitu dengan mempertimbangkan kecukupan unsur hara pada tanaman dan unsur hara yang ada di dalam tanah.

4.8.2. Kekurangan Unsur Hara Tanaman Nanas.

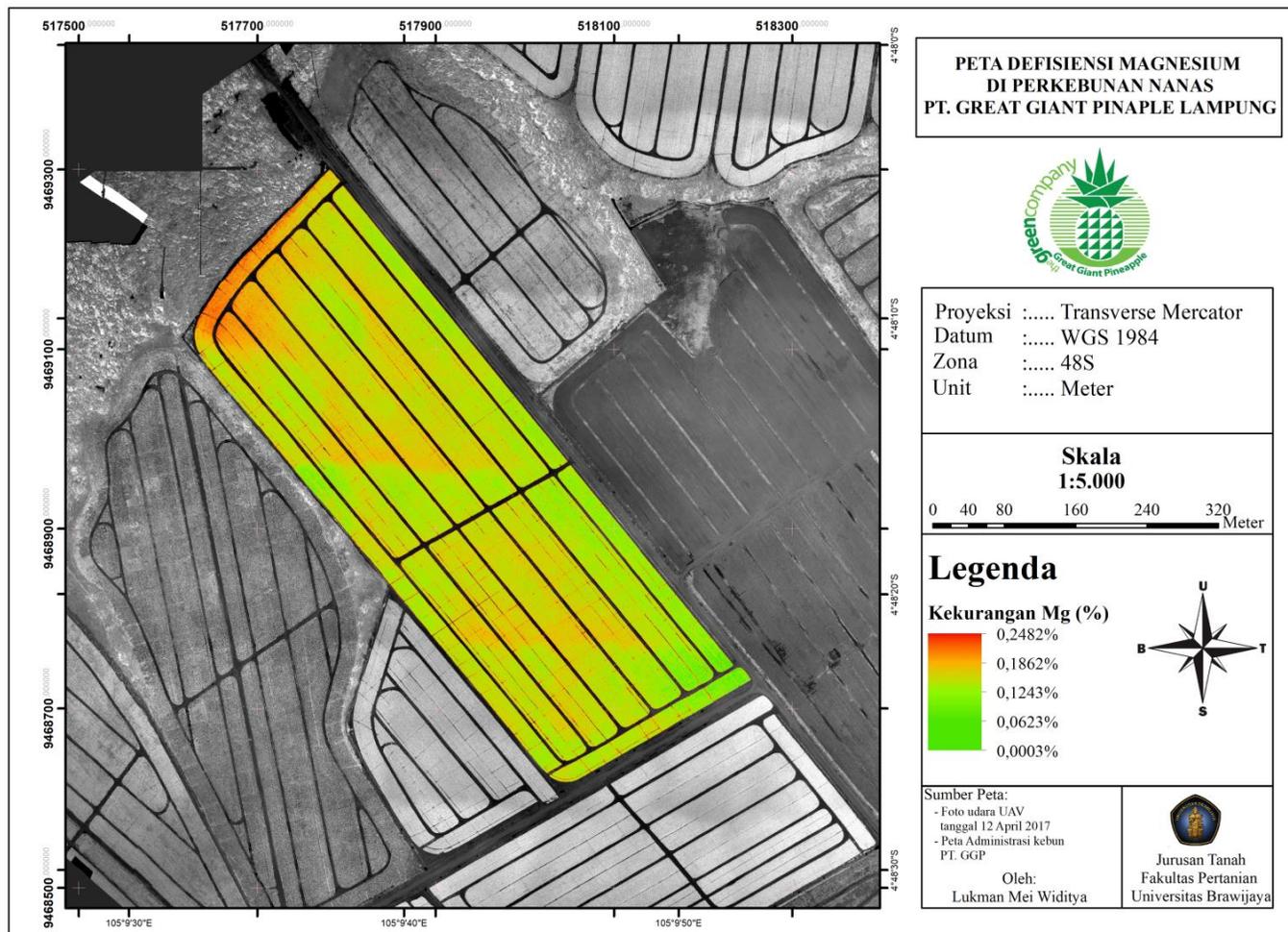
Berdasarkan peta sebaran unsur hara kalium dan magnesium pada tanaman nanas dapat diketahui jumlah kekurangan unsur hara kalium dan magnesium dalam persen (%) dari standar kecukupan unsur hara kalium dan magnesium pada tanaman. Standar kecukupan unsur hara kalium pada tanaman nanas menurut standard dari PT. Great Giant Pineapple umur 9 bulan \pm 3,4%, sedangkan magnesium \pm 0,28%. Menurut Bartholomew *et al.*, (2002) kandungan kalium dan magnesium tanaman nanas setidaknya \pm 0,20% dari berat segar tanaman dan magnesium Peta kekurangan unsur hara dapat mempermudah pengambilan keputusan dalam pemupukan. Sebaran kekurangan unsur hara memberikan informasi jumlah nutrisi yang dibutuhkan, sehingga pemberian pupuk lebih efektif dan efisien. Peta kekurangan unsur hara kalium disajikan pada Gambar 11.

Gambar 11 menunjukkan bahwa kekurangan kalium pada tanaman berkisar antara 0,2081%-1,2922%. Tanaman yang kekurangan unsur hara kalium lebih banyak ditunjukkan dengan daerah yang berwarna merah pada peta, dengan kekurangan unsur hara kalium sekitar 1,0212%-1,2922%. Sedangkan daerah yang berwarna biru menunjukkan bahwa tanaman nanas membutuhkan lebih sedikit kalium dengan jumlah kekurangan sekitar 0,2081%-0,4792%.

Gambar 12 menunjukkan bahwa kisaran jumlah magnesium yang dibutuhkan tanaman nanas antara 0,0003%-0,2482%. Tanaman nanas yang kekurangan magnesium lebih banyak ditunjukkan daerah yang berwarna merah. Sedangkan tanaman yang membutuhkan magnesium lebih sedikit ditunjukkan pada daerah yang berwarna hijau.



Gambar 11. Peta Kekurangan Kalium pada Tanaman Nanas.



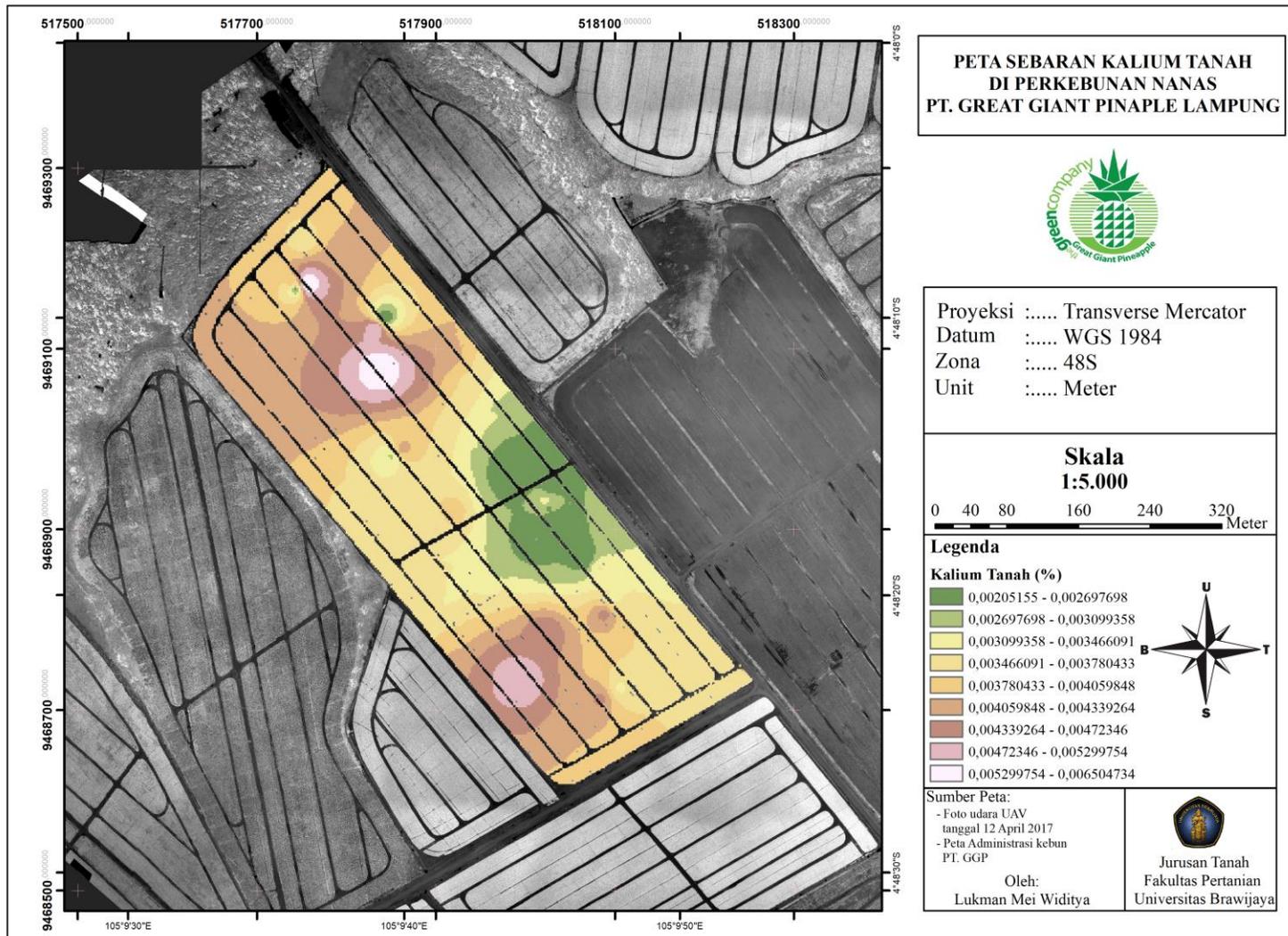
Gambar 12. Peta Kekurangan Magnesium pada Tanaman Nanas.

4.8.3. Sebaran kalium dan magnesium total di dalam tanah.

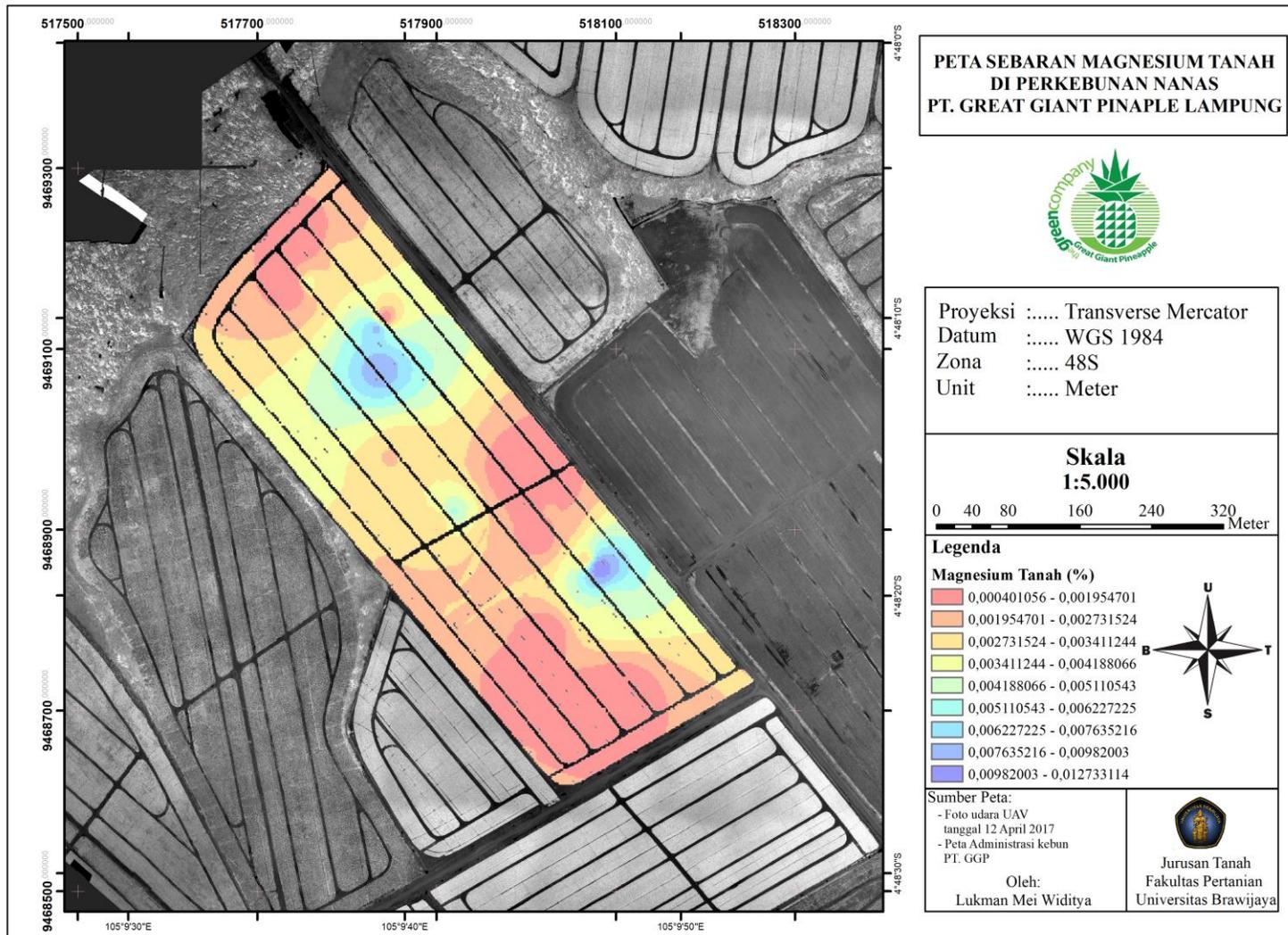
Analisis sampel tanah pada 26 titik sampel diinterpolasi dengan metode IDW (*Inverse Distance Weighted*). Peneliti menggunakan interpolasi didasarkan pada penelitian Pramono (2008) yang menyebutkan bahwa interpolasi IDW (*Inverse Distance Weighted*) memberikan hasil interpolasi yang lebih akurat dari metode *Kriging*. Hal ini dikarenakan semua hasil dengan metode IDW memberikan nilai mendekati nilai minimum dan maksimum dari sampel data. Sedang metode *Kriging* terkadang memberikan hasil interpolasi dengan kisaran yang rendah. Opsi *power* dan jumlah sampel tidak memberikan perubahan yang signifikan pada hasil interpolasi.

Gambar 13 dan Gambar 14 menunjukkan adanya perbedaan jumlah unsur hara total di dalam tanah. Meskipun dilakukan pemupukan dengan dosis dan jumlah yang sama tetapi unsur hara di dalam tanah tetap dinamis sehingga variasi jumlah unsur hara total di dalam tanah selalu terjadi. Pada Gambar 13 menunjukkan bahwa jumlah kalium di dalam tanah berkisar antara 0,002%-0,006%. Artinya tanaman masih dapat berpotensi untuk menyerap unsur hara kalium di dalam tanah. Namun, melihat kalium total yang ada di dalam tanah rendah, maka perlu dilakukan pemupukan.

Gambar 14 menunjukkan bahwa magnesium total yang ada di dalam tanah berkisar antara 0,0004%-0,0127%. Warna biru pada peta menunjukkan jumlah magnesium total di dalam tanah berkisar antara 0,0098%-0,0127%. Magnesium total di dalam tanah dengan jumlah tersebut masih memungkinkan diserap oleh tanaman nanas.



Gambar 13. Peta Sebaran Kalium Total di dalam Tanah



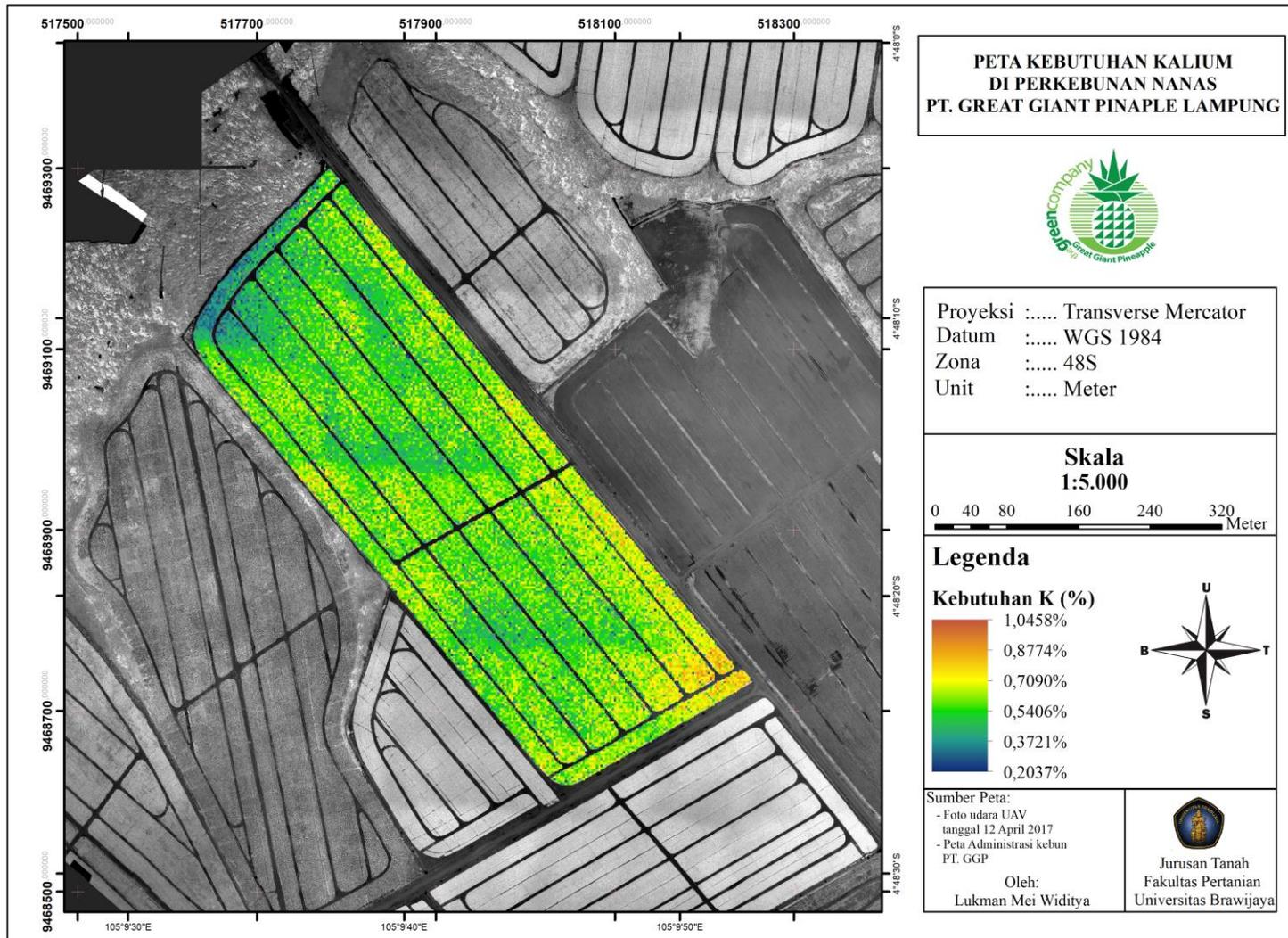
Gambar 14. Peta Sebaran Magnesium di dalam Tanah.

4.8.4. Peta kebutuhan unsur hara kalium dan magnesium tanaman nanas

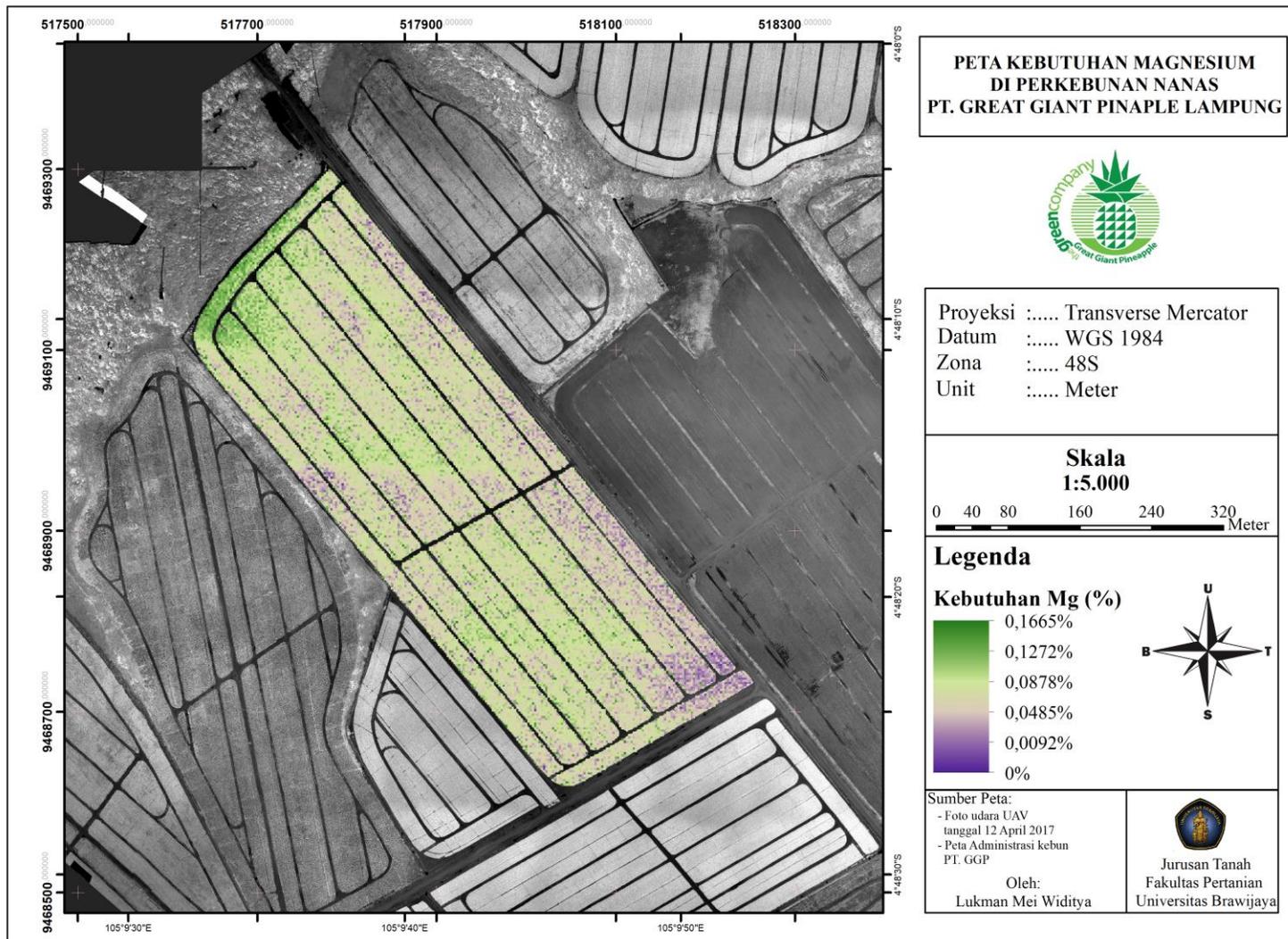
Kisaran kebutuhan unsur hara kalium dan magnesium pada tanaman dapat diketahui dengan selisih kekurangan unsur hara pada tanaman dan unsur hara yang ada di dalam tanah dengan asumsi bahwa kalium dan magnesium total yang ada di dalam tanah akan diserap seluruhnya oleh tanaman nanas. Dengan demikian dapat di hitung kebutuhan unsur hara kalium dan magnesium menggunakan persamaan: $\% \text{Kebutuhan} = \% \text{Kekurangan} - \% \text{UH tanah}$. $\% \text{kekurangan}$ menunjukkan jumlah kekurangan unsur hara untuk mencukupi standar kecukupan hara. $\% \text{UH tanah}$ menunjukkan unsur hara total yang ada di dalam tanah. $\% \text{kebutuhan}$ menunjukkan jumlah unsur hara yang diperlukan untuk memenuhi standar kecukupan unsur hara kalium dan magnesium.

Gambar 15 menunjukkan kebutuhan kalium berkisar antara 0,2037%-1,0458%. Tanaman nanas yang membutuhkan kalium lebih sedikit ditunjukkan pada daerah yang berwarna biru. Sedangkan tanaman nanas yang membutuhkan kalium lebih sedikit ditunjukkan daerah yang berwarna merah. Gambar 16 menunjukkan kebutuhan magnesium tanaman berkisar antara 0%-0,1665%. Daerah berwarna biru tua menunjukkan kekurangan magnesium 0% yang berarti bahwa kebutuhan tanaman nanas akan magnesium sudah tercukupi. Sedangkan tanaman yang ditunjukkan daerah berwarna hijau kekurangan magnesium lebih banyak sekitar 0,1665%.

Berdasarkan peta kebutuhan unsur hara tanaman nanas, dapat disimpulkan bahwa dengan pemupukan yang seragam dengan dosis dan jumlah yang sama, masih terdapat perbedaan unsur hara di dalam tanah dan yang terkandung dalam tanaman sehingga berdampak pada pertumbuhan tanaman nanas yang tidak seragam. Peta kebutuhan unsur hara kalium dan magnesium dapat digunakan dalam menentukan jumlah pemberian pupuk pada tanaman nanas. Pemberian pupuk lebih efektif dan efisien karena pemberian pupuk didasarkan pada kebutuhan unsur hara tanaman. Tanaman yang membutuhkan unsur hara lebih banyak akan diberikan pupuk dengan jumlah yang lebih banyak. Sedangkan tanaman yang membutuhkan unsur hara lebih sedikit akan diberikan pupuk dengan jumlah lebih sedikit. Pada akhirnya manajemen pemupukan dilakukan dengan prinsip penerapan pertanian presisi.



Gambar 15. Peta Kebutuhan Kalium Tanaman Nanas.



Gambar 16. Peta Kebutuhan Magnesium Tanaman Nanas.