

EFEKTIVITAS TRANSFORMASI INDEKS VEGETASI PENEKAN PENGARUH ATMOSFER BERBASIS CITRA SPOT-6 UNTUK ESTIMASI PRODUKSI TANAMAN KELAPA SAWIT (ELAEIS GUINEENSIS JACQ) DI SEBAGIAN KABUPATEN INDRAGIRI HULU, RIAU

(Effectiveness of Vegetation Index Transformation for Reducing the Effect of Atmospheric Based Image Spot - 6 for Estimating Production of Oil Palm Plant (Elaeis Guineensis Jacq) in part District Indragiri Hulu, Riau)

Heratania Aprilia Setyowati¹, Sigit Heru Murti B.S. dan Sukentyas Estuti Siwi²

¹Prodi Kartografi dan Penginderaan Jauh, Departemen Sains Informasi Geografis

²Pusat Teknologi dan Data Penginderaan Jauh, LAPAN

Fakultas Geografi UGM, Sekip Utara, Sleman, Yogyakarta 55281, Indonesia

E-mail:heratania.a.s@mail.ugm.ac.id

Diterima (received): 18 Agustus 2016; Direvisi (revised):03 Januari 2017; Disetujui untuk dipublikasikan (accepted): 31 Maret 2017

ABSTRAK

Kondisi atmosfer cukup signifikan untuk mempengaruhi nilai refleksi objek dari data penginderaan jauh, akibatnya mempengaruhi ekstraksi informasi dari data penginderaan jauh termasuk perkiraan produksi tanaman. Penelitian ini bertujuan untuk menilai kemampuan transformasi indeks vegetasi dasar (generik) yakni *Ratio Vegetation Index* (RVI) dan indeks vegetasi yang mampu mengurangi pengaruh kondisi atmosfer yakni *Atmospherically Resistant Vegetation Index* (ARVI) dan *Visible Atmospherically Resistant Index* (VARI) untuk memperkirakan produksi tanaman kelapa sawit menggunakan citra SPOT-6. Daerah penelitian di perkebunan kelapa sawit PT. Tunggal Perkasa Plantations, Air Molek, Indragiri Hulu. Metode yang digunakan adalah penerapan transformasi RVI, ARVI dan VARI dan analisis regresi statistik menggunakan citra SPOT-6 tanggal 13 Juni 2013. Metode pemilihan sampel menggunakan stratified random sampling. Analisis regresi dilakukan antara tahun tanaman, indeks vegetasi, dan produksi dari lapangan untuk menghasilkan formula berdasarkan parameter pengaruh produksi, nilai indeks vegetasi dan perkiraan produksi. Hasil penelitian menunjukkan nilai estimasi produksi untuk transformasi RVI adalah 141.710 ton, ARVI adalah 143.317,5 ton dan Vari adalah 148.122,4 ton. Dibandingkan dengan produksi data lapangan sebesar 181.702,6 ton. Akurasi perkiraan produksi sebesar 77,99% dari transformasi RVI, 78,87% dari transformasi ARVI dan 81,52% dari transformasi VARI. Jadi transformasi terbaik untuk memperkirakan produksi kelapa sawit adalah transformasi VARI. Hasil penelitian membuktikan bahwa efek atmosfer pada citra penginderaan jauh dapat ditekan dengan menggunakan ARVI dan VARI transformasi.

Kata kunci: transformasi indeks vegetasi, citra SPOT-6, estimasi produksi tanaman, tanaman kelapa sawit

ABSTRACT

The atmosphere condition is quite significant to influence the object reflection value from the remote sensing data, so it can be affecting the information extraction from a remote sensing data including crop production estimates. This study aims to assess the ability of the transformation of vegetation index base (generic) is Ratio Vegetation Index (RVI) and the vegetation index which capable of reducing the influence of the atmosphere condition are Atmospherically Resistant Vegetation Index (ARVI) and Visible Atmospherically Resistant Index (VARI) to estimate crop production of oil using SPOT-6 imagery. The study area is an oil palm plantation PT. Tunggal Perkasa Plantations, Air Molek, Indragiri Hulu. The method used role in this research is the remote sensing method by applying RVI, ARVI and VARI transformation and statistical regression analysis on SPOT-6 imagery recorded on 13 June 2013. The sample selection method used was stratified random sampling. Regression analysis was conducted between the year of crops, vegetation index, and also the production from the field to produce a formula based on the parameters the influence of production, vegetation index value and production estimate. Results showed the estimated value of production for the transformation of RVI was 141,710 tons, ARVI was 143.317,5 tons and Vari is 148.122,4 tons. Compared with the data field production amounted to 181.702,6 tons. The accuracy of estimated production amounted to 77,99% from RVI transformation, 78,87% from ARVI transformation and 81,52% from VARI transformation. So the best transformation to estimate production of palm oil is the VARI transformation. The research results prove that the atmosphere effect on the remote sensing image can be suppressed by using the ARVI and VARI transformation.

Keywords: vegetation index transformation, SPOT-6 image, crop production estimates, palm oil

PENDAHULUAN

Tanaman Kelapa Sawit atau dalam bahasa ilmiah bernama *Elaeis guineensis jacq* merupakan tanaman yang berasal dari Nigeria dan juga Brazil (Corley dan Tinker, 2003). Kelapa sawit tersusun dalam Tandan Buah Segar (Astra Agro Niaga, 1995) yang beratnya dapat mencapai 40-50 kilogram per tandan (Gilbert, 2013). Kabupaten Indragiri Hulu merupakan salah satu Kabupaten di Provinsi Riau yang memiliki komoditas tanaman utama yakni tanaman kelapa sawit (BPS, 2014). Perkembangan perkebunan tanaman kelapa sawit di Negara Indonesia berawal di Pantai Timur Sumatera dan Aceh yang menjadi daerah pertama dibuatnya perkebunan tanaman kelapa sawit (Fauzi *et al.*, 2002) kemudian merambah hingga sebagian besar Pulau Sumatera, Kalimantan, Sulawesi, dan juga Papua (Sunarko, 2007).

Kontribusi kelapa sawit di Provinsi Riau terhadap total produksi minyak sawit di Indonesia menempati peringkat pertama (Maulidar, 2014) dan Indonesia menjadi produsen minyak sawit terbesar (Hasan, 2014) sedangkan kegiatan manajemen perkebunan yang optimal dituntut agar produksi selalu maksimal. Kebutuhan kecepatan akses informasi terhadap taksasi atau estimasi jumlah produksi kelapa sawit, yang efektif dan efisien sangat dibutuhkan sehingga diperlukan metode yang cocok untuk mengatasi hal tersebut, yakni penginderaan jauh. Pemanfaatan penginderaan jauh membutuhkan ketersediaan data yang baik terutama kondisi citra yang digunakan. Sayangnya, tidak semua citra merekam area dengan tanpa gangguan.

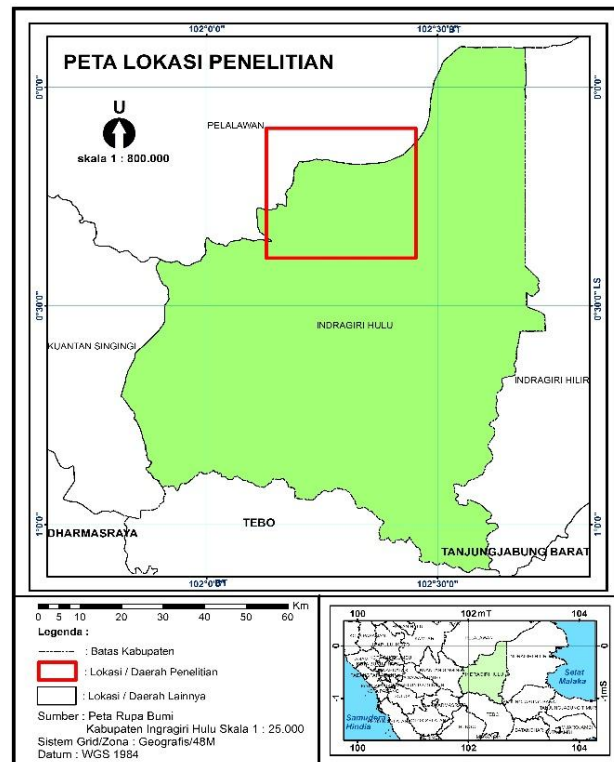
Keadaan iklim (kelembaban dan curah hujan yang tinggi) serta pengaruh kegiatan industri kelapa sawit berupa asap menyebabkan kondisi citra terpengaruh oleh kondisi atmosfer sehingga diperlukan suatu koreksi untuk menekan pengaruh atmosfer tersebut. Penggunaan transformasi indeks vegetasi menekan pengaruh atmosfer pada citra SPOT-6 yang memiliki saluran peka terhadap vegetasi dan atmosfer dianggap dapat memperbaiki nilai spektral yang dihasilkan. Integrasi penginderaan jauh, transformasi indeks vegetasi dan faktor produksi dapat digunakan sebagai sarana estimasi produksi kelapa sawit.

Secara umum tujuan penelitian ini adalah mengkaji kemampuan transformasi indeks vegetasi dasar (*generic*) yakni *Ratio Vegetation Index* (RVI) dan transformasi indeks vegetasi yang mampu mengurangi pengaruh atmosfer yakni *Atmospherically Resistant Vegetation Index* (ARVI) dan *Visible Atmospherically Resistant Index* (VARI) untuk estimasi produksi tanaman sawit berbasis citra SPOT-6.

METODE

Penelitian ini dilakukan pada sebagian daerah Kabupaten Indragiri Hulu, Provinsi Riau tepatnya pada perkebunan kelapa sawit milik PT.Tunggal

Perkasa Plantations yang dapat dilihat pada **Gambar 1**.



Gambar 1. Lokasi Kajian Penelitian.

Data yang digunakan Citra SPOT-6 multispektral yang memiliki resolusi spasial 6 meter perekaman tanggal 13-06-2013 (arsip LAPAN). Data lain yang digunakan adalah Peta Rupa Bumi Indonesia Skala 1:50.000 Lembar 0915-41 Simpang Kelayang, Peta Rupa Bumi Indonesia Skala 1:50.000 Lembar 0915-42 Air Molek, Peta Rupa Bumi Indonesia Skala 1:50.000 Lembar 0915-43 Ukui Satu, Peta Rupa Bumi Indonesia Skala 1:50.000 Lembar 0915-44 Pangkalan Kapau, dan Peta Blok Perkebunan yang digunakan untuk ekstraksi batas area dan informasi-informasi dasar. Kemudian data tahun tanam yang digunakan untuk menentukan sampel produksi.

Pusat Teknologi dan Data Penginderaan Jauh (2014) pada Lembaga Penerbangan dan Antariksa Nasional menurunkan informasi koreksi radiometrik untuk citra satelit SPOT-6 dapat dilakukan dengan koreksi radiometrik *Top Of Atmosfer* (TOA). Koreksi TOA menghilangkan kekaburan sehingga data citra yang dihasilkan menjadi lebih tajam dan jelas secara visual. Koreksi TOA memerlukan input sudut *zenith* ($\cos \theta$) (90-sudut elevasi), sudut elevasi, sudut pengamatan (*inciden angle*), *gain* setiap kanal (G_i), *bias* setiap kanal (B_i), *solar irradiance* setiap kanal (*solar ESUN_i*), yang terdapat pada file metadata yang menyertai setiap *scene* hasil perekaman satelit dan jarak bumi-matahari (d^2) yang dapat dihitung dari parameter-parameter tersebut. Seluruh input dimasukan pada formula yang diterapkan pada setiap kanal (DN_i) dengan formula yang disajikan pada **Persamaan 1**.

$$Reflectance (TOA): \frac{\pi(\frac{DNI}{G} + B) d^2}{ESUNi \cdot \cos \theta} \dots\dots\dots(1)$$

Transformasi indeks vegetasi yang digunakan dalam penelitian ini yakni Transformasi Indeks Vegetasi Dasar (Generik) dan Transformasi Indeks Vegetasi yang menekan pengaruh Atmosfer dengan formulasi sebagai berikut (Danoedoro (2012) dengan tambahan kombinasi Hatfield *et al.* (2008) dalam Susetyo (2012)):

a. Transformasi Indeks Vegetasi Dasar (Generik)

RVI (*Ratio Vegetation index*) merupakan formulasi indeks vegetasi yang paling sederhana dengan formulasi pada **Persamaan 2**.

$$RVI = NIR / Red \dots\dots\dots(2)$$

b. Transformasi Indeks Vegetasi yang Menekan Pengaruh Atmosfer

ARVI (*Atmospherically Resistant Vegetation Index*) merupakan transformasi indeks vegetasi yang dikembangkan untuk mengurangi sensitivitas terhadap efek atmosfer dengan menerapkan normalisasi terhadap radiansi di saluran biru, merah, dan inframerah dekat dengan formulasi pada **Persamaan 3** dan **Persamaan 4**.

$$ARVI : \frac{(Near\ Infra\ Red-rb)}{(Near\ Infra\ Red+rb)} \dots\dots\dots(3)$$

$$rb : Red - (\Gamma (Red - Blue))$$

$$rb : Red - (\Gamma (Red - Blue)) \dots\dots\dots(4)$$

Gamma biasanya bernilai 1

VARI (*Visible Atmospherically Resistant Indices*) merupakan transformasi indeks vegetasi yang menggunakan nilai selisih antara saluran hijau dengan merah dengan formulasi disajikan pada **Persamaan 5**.

$$VARI = (Green - NIR) / (Green + NIR) \dots\dots\dots(5)$$

Analisis regresi yang digunakan dalam penelitian ini dibagi menjadi dua tahapan. Pertama, digunakan analisis regresi linier antara tahun tanam kelapa sawit yang menunjukkan umur tanaman dengan nilai indeks vegetasi yang mewakili tiap tahun tanam. Hasil regresi tahap satu ini diaplikasikan untuk membuat citra tahun tanam. Kedua, analisis regresi yang digunakan untuk pembuatan model estimasi produksi pada tanaman kelapa sawit, menggunakan dua variabel indeks vegetasi, dan umur sebagai variabel x dan produksi sebagai variabel y. Jenis regresi yang digunakan yaitu regresi linear berganda, atau analisis *multivariate*. Hasil dari regresi ini diaplikasikan untuk membuat citra produktivitas, berikut formulanya yang disajikan pada **Persamaan 6** dan **Persamaan 7**.

a. Regresi Linier

$$Y = a + bx \dots\dots\dots(6)$$

dimana:

Y : variabel terikat (dependen) (tahun tanam);

a, b : koefisien regresi;

x : variabel bebas (independen) (transformasi indeks vegetasi)

b. Regresi Linier Berganda

$$Y = a + bx + cx^2 \dots\dots\dots(7)$$

dimana:

Y : variabel terikat (dependen) (produksi);

a, b, c, ...n : koefisien regresi;

x : variabel bebas (independen) (transformasi indeks vegetasi dan umur)

Uji akurasi model estimasi produksi berdasarkan parameter pengaruh produksi dan nilai indeks vegetasi dihitung dengan menggunakan formula yang digunakan pada penelitian milik Susetyo (2012) yang menggunakan simpangan hasil selisih antara produksi estimasi dan produksi realita yang kemudian dapat dihitung tingkat akurasi. Nilai simpangan semakin baik jika mendekati 0 dan tingkat akurasi semakin tinggi jika persentasinya mendekati 100 %, sedangkan untuk mengecek hasil akurasi interpretasi melalui klasifikasi digunakan *confusion matrix*. Formula uji akurasi model yang digunakan disajikan pada **Persamaan 8** dan **Persamaan 9**.

$$Simpangan = \text{Produksi Estimasi} - \text{Produksi Realita} \dots\dots(8)$$

$$\text{Akurasi (\%)} = 100\% - \left(\frac{\text{Nilai Simpangan}}{\text{Produksi Realita}} \times 100\% \right) \dots\dots(9)$$

HASIL DAN PEMBAHASAN

Hampir 100% areal perkebunan tertutup kabut asap tipis dan juga tebal. Pengaruh kabut asap tersebut mempengaruhi nilai spektral yang terekam sehingga diperlukan *pre-processing* yang lebih lanjut. Koreksi radiometrik hingga tahap ToA mampu mengurangi pengaruh kabut asap tersebut sehingga nilai spektral dapat mewakili nilai obyek yang ada pada kenyataan lapangan. Penggunaan transformasi indeks vegetasi yang dapat menekan pengaruh atmosfer dan kombinasi saluran biru yang dimiliki Citra SPOT-6 juga mampu mengurangi pengaruh kabut asap tersebut. Tampilan Citra SPOT-6 dengan penajaman *Equalization (Equalization Enhancement)* disajikan pada **Gambar 2**.

Secara visual, **Gambar 3**. citra yang belum terkoreksi dengan citra yang sudah terkoreksi tidak

terlalu terlihat perbedaannya, hanya kenampakan kabut asap yang lebih berkurang dan kenampakan obyek vegetasi yang terlihat lebih tajam, akan tetapi perbedaan tersebut dapat dilihat pada nilai piksel yang dihasilkan dari sebelum koreksi dan sesudah koreksi.

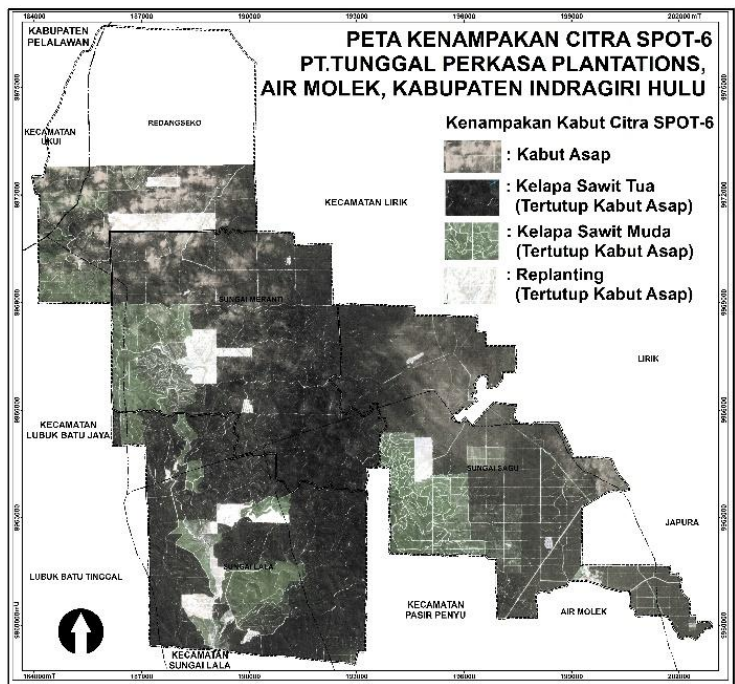
Hasil analisis korelasi antara indeks vegetasi, tahun tanam, dan juga produksi dari transformasi RVI memiliki nilai yang paling rendah. Hasil yang diperoleh ini berkaitan dengan rumus yang digunakan di mana transformasi RVI menggunakan saluran merah dan infra merah yang sangat peka terhadap obyek vegetasi namun kurang peka terhadap gangguan atmosfer. Kondisi di lapangan menunjukkan adanya kegiatan manajemen perkebunan juga ikut mempengaruhi kondisi perekaman citra. Adanya sistem *prunning* atau pemangkasan pelepah daun secara berkala guna mengurangi penguapan dan guna membuka tutupan kanopi agar sinar matahari bisa sampai ke permukaan tanah membuat kondisi kanopi atau tutupan daun sawit di tahun tanam atau umur yang berbeda bisa menjadi sama dan pantulan obyek lain selain kelapa sawit juga mengakibatkan nilai

spektral yang terekam menjadi berbeda. Transformasi RVI menghasilkan formula regresi tahun tanam disajikan pada **Persamaan 10**.

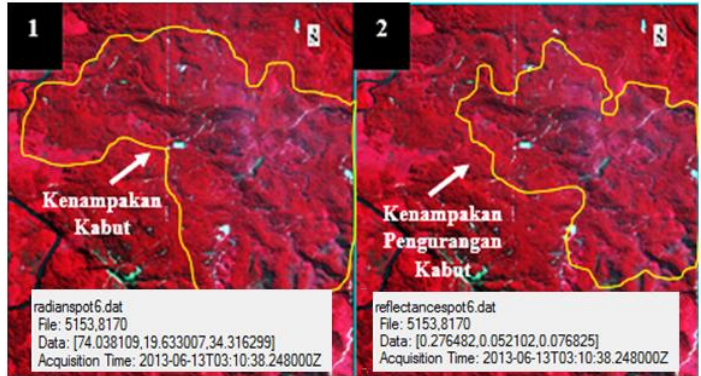
$$Y = 1967.361 + (4.751) \cdot RVI \dots \dots \dots (10)$$

Transformasi selanjutnya yakni ARVI dikembangkan untuk meminimalisir pengaruh atmosfer, dimana formula transformasi ARVI melibatkan saluran biru, saluran merah, dan saluran inframerah dekat. Saluran yang ada pada formula transformasi ARVI tersebut peka terhadap gangguan atmosfer, dan hasil korelasi yang diperoleh lebih baik dari transformasi RVI. Kepekaan terhadap gangguan atmosfer sehingga dapat meminimalisir efek atmosfer dan peka terhadap vegetasi membuat transformasi ini memiliki korelasi yang tinggi seperti pada penelitian Santoso *et al.* (2010) dalam identifikasi penyakit tanaman kelapa sawit. Transformasi ARVI menghasilkan formula regresi tahun tanam disajikan pada **Persamaan 11**.

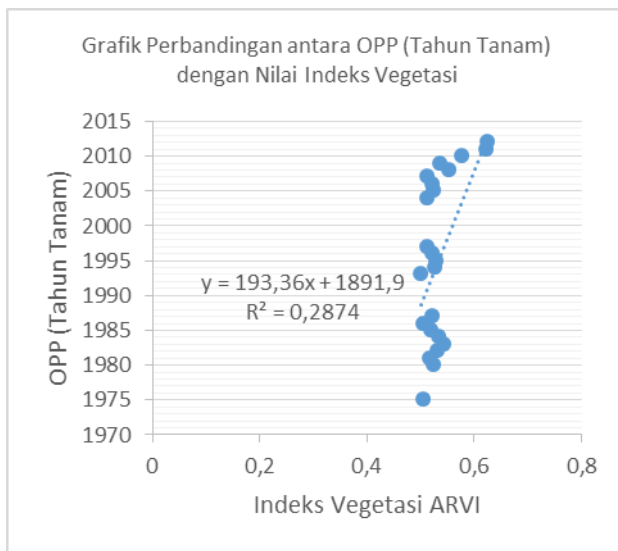
$$Y = 1891.894 + (193.357) \cdot ARVI \dots \dots \dots (11)$$



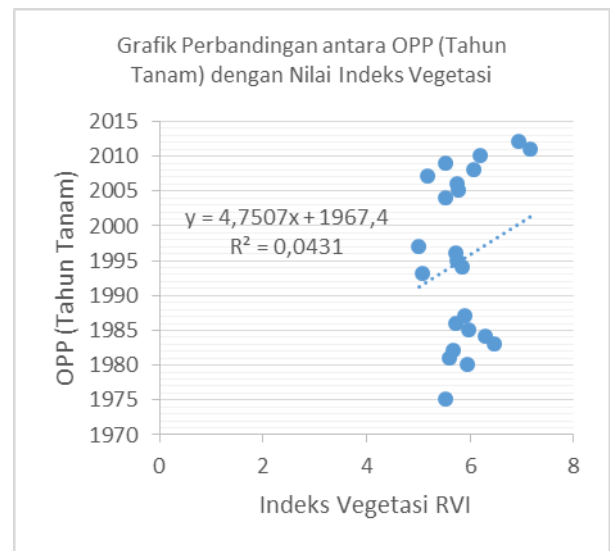
Gambar 2. Kenampakan Kondisi Citra SPOT-6 yang diperoleh.



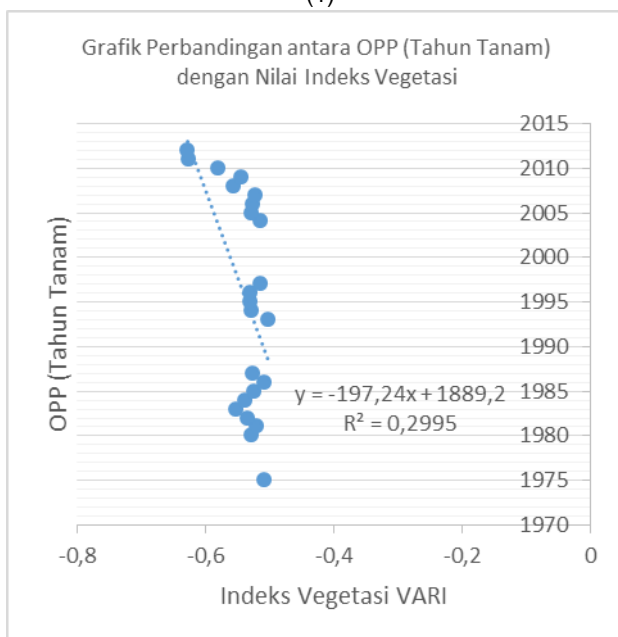
Gambar 3. (1) Kenampakan Kabut dan Nilai Piksel pada Citra Komposit 432 sebelum Koreksi dan (2) Berkurangnya Luasan Kabut Secara Visual dan Nilai Piksel Setelah Koreksi *At Sensor Reflectance*.



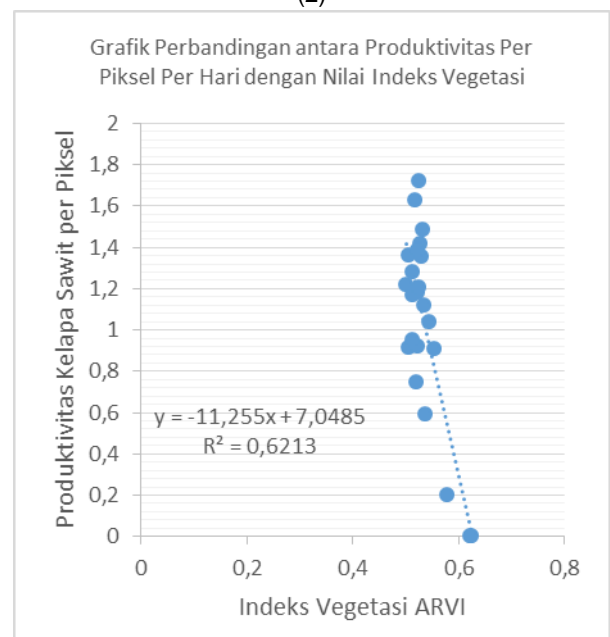
(1)



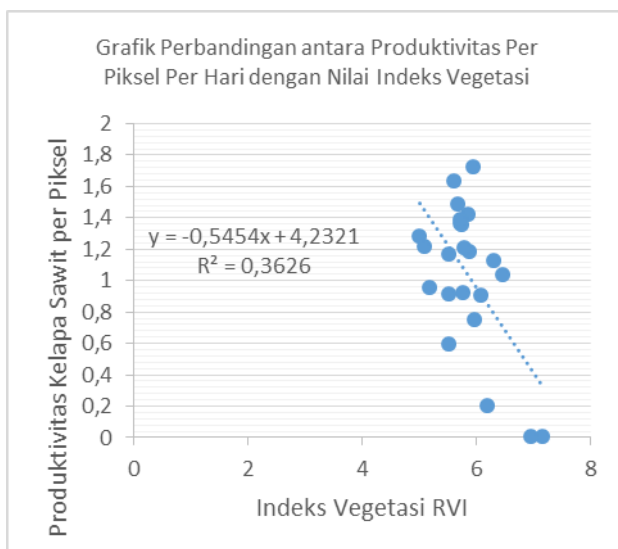
(2)



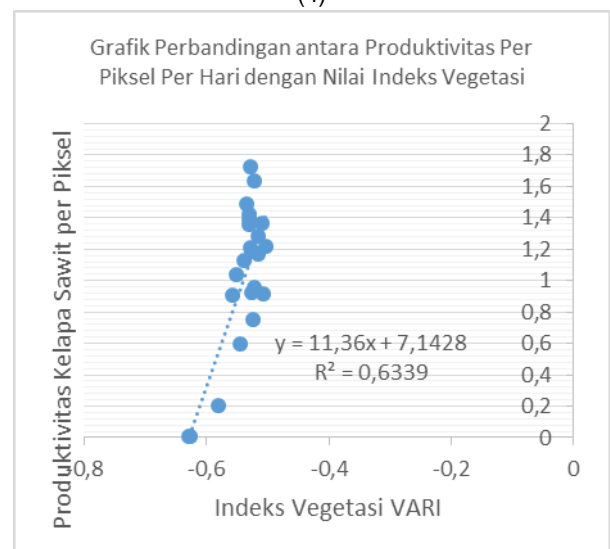
(3)



(4)



(5)



(6)

Gambar 4. (1, 2, dan 3) Korelasi Indeks Vegetasi dan OPP (Tahun Tanam) dan (4, 5, dan 6) Korelasi Indeks Vegetasi dan Produktivitas.

Transformasi terakhir yakni VARI dikembangkan juga untuk meminimalisir pengaruh atmosfer. Formula transformasi VARI ini melibatkan saluran hijau dan saluran inframerah dekat. Saluran yang digunakan merupakan saluran yang peka terhadap kandungan zat hijau dan kondisi vegetasi. Kemampuan meminimalkan gangguan atmosfer menjadikan citra dapat merekam spektral vegetasi dengan baik sehingga menghasilkan nilai korelasi dan regresi yang paling tinggi dibandingkan transformasi RVI dan ARVI. Hal ini menunjukkan transformasi VARI cocok diaplikasikan pada daerah yang mengalami perekaman citra dengan gangguan atmosfer yang cukup banyak. Transformasi VARI menghasilkan formula regresi tahun tanam disajikan pada **Persamaan 12**.

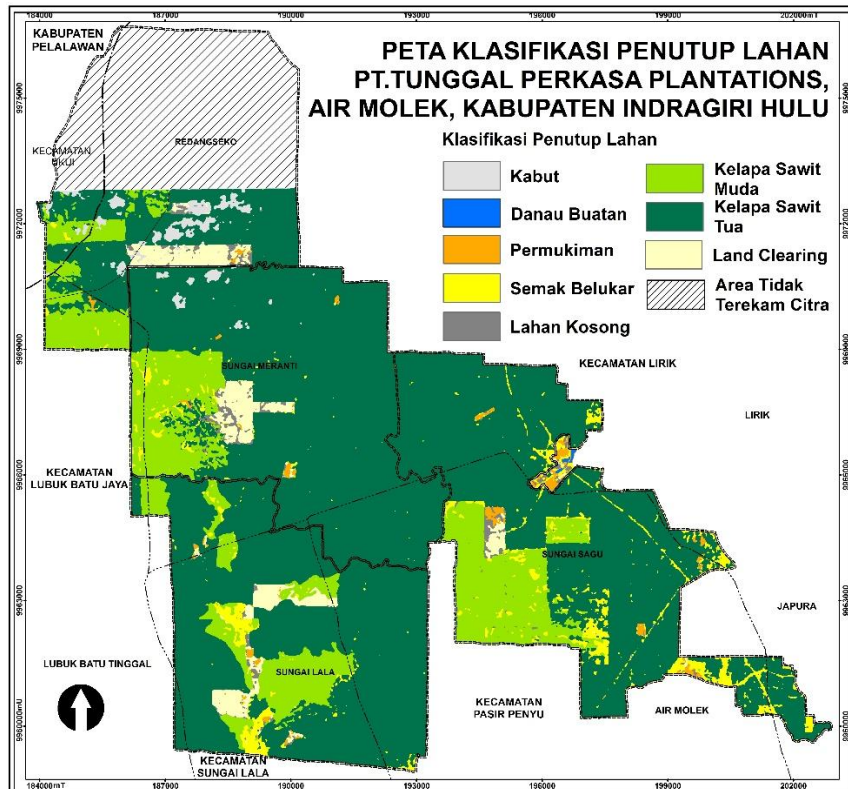
$$Y = 1889.156 + (197.243) \cdot \text{VARI} \dots \dots \dots (12)$$

Secara umum, perbandingan hasil korelasi antara nilai indeks vegetasi, tahun tanam, dan juga produktivitas pada penelitian ini tergambar pada **Gambar 4**. Berbeda dengan transformasi RVI dan ARVI, transformasi VARI memiliki hubungan terbalik antara indeks vegetasi dengan tahun tanam. Berbeda pula dengan transformasi RVI dan ARVI, transformasi VARI memiliki hubungan berbanding lurus antara produktivitas dengan nilai indeks vegetasi. Hal ini juga berbeda dengan Murti (1997) yang mendapatkan tidak adanya hubungan antara nilai indeks vegetasi dengan produksi tanaman semusim (tembakau).

Purwadi *et al.* (2010) menyebutkan daerah perkebunan kelapa sawit ini sangat sesuai bila terletak pada penutup lahan seperti ladang, semak

belukar, lahan terbuka, hutan produksi konversi (HPK), dan terdapat permukiman status areal penggunaan lain (APL); serta perkebunan kelapa sawit itu sendiri baik campur atau tidak. Hal ini sesuai dengan penentuan penggunaan lahan di daerah penelitian, di mana setelah dilakukan identifikasi kenampakan baik tanaman kelapa sawit dan penutup lahan lainnya maka didapatkan delapan kelas penutup lahan yang ada di daerah penelitian yakni kabut, danau buatan, permukiman, semak belukar, lahan kosong, *replanting*, kelapa sawit tua, dan kelapa sawit muda seperti pada **Gambar 5**.

Klasifikasi multispektral ini digunakan untuk membedakan obyek tanaman kelapa sawit dan non-kelapa sawit dengan menggunakan klasifikasi multispektral *supervised* dengan metode *maximum likelihood* dan dilanjutkan dengan klasifikasi akhir *filter majority/minority* yang menggeneralisasikan obyek-obyek kecil masuk kedalam kelas yang lebih besar. Hasil uji akurasi ketelitian klasifikasi multispektral dengan kondisi sebenarnya pada lapangan secara keseluruhan (*overall accuracy*) menghasilkan persentase sebesar 96% sedangkan hasil uji ketelitian keseluruhan untuk klasifikasi tanaman kelapa sawit tua atau tanaman menghasilkan menunjukkan hasil yang sangat baik dengan ketelitian mencapai 99,46%. Indeks Kappa menunjukkan angka 0,935 yang menandakan proses klasifikasi multispektral ini mampu menghindari kesalahan interpretasi sebesar 93,5% sehingga kemungkinan untuk melakkan kesalahan hanya sebesar 6,5%.



Gambar 5. Citra Hasil Klasifikasi Multispektral Alogaritma *Maximum Likelihood*.

Metode yang sama juga diaplikasikan pada penelitian Sawaludin (2010) yang melakukan penelitian kesesuaian lahan tambak udang di Sulawesi Tenggara. Interpretasi Citra SPOT-5 yang dilakukan dengan penajaman citra untuk interpretasi bentuklahan, klasifikasi *maximum likelihood* menghasilkan akurasi Citra SPOT-5 untuk menyadap parameter biofisik lahan untuk kesesuaian lahan tambak udang mencapai 89%. Hal ini menunjukkan bahwa metode *maximum likelihood* dapat diaplikasikan untuk pemetaan dengan cakupan area yang cukup luas.

Tabel 1 menunjukkan nilai R dan R² dari tahapan regresi yang dilakukan sehingga menampilkan besarnya hubungan korelasi antar variabel dan juga arah dari hubungan yang dibangun. Penggabungan beberapa variabel atau parameter pengaruh produksi dalam satu formula regresi dapat mempengaruhi nilai regresinya. Variabel yang memiliki hubungan dan pengaruh yang kuat menghasilkan nilai regresi yang kuat, sedangkan variabel yang memiliki pengaruh atau hubungan yang kuat bila digabungkan dengan variabel yang memiliki pengaruh atau hubungan yang lemah menurunkan nilai regresi.

Model produksi tanaman kelapa sawit dibangun dengan menggunakan tiga variabel yakni umur (Idrus, 1998), indeks vegetasi, dan produksi itu sendiri. Pembuatan model tersebut dilakukan dengan dua tahapan yakni regresi antara tahun tanam dengan indeks vegetasi yang diaplikasikan pada citra transformasi indeks vegetasi sehingga menghasilkan citra baru yang menggambarkan sebaran umur. Kemudian regresi antara semua variabel yang menghasilkan citra baru yang menggambarkan sebaran produktivitas. Tahapan ini menghasilkan formula estimasi produksi sebagai berikut:

Formula ARVI

$$Y=29.667 + (-0.012)*OPP + (-8.943)*ARVI.....(13)$$

Formula RVI

$$Y=45.964 + (-0.021)*OPP + (-0.445)*RVI.....(14)$$

Formula VARI

$$Y=28.718 + (-0.0129)*OPP + (9.107)*VARI.....(15)$$

Pengolahan formula estimasi produksi menghasilkan citra yang menggambarkan nilai produktivitas tanaman sawit per pikselnya dalam satu tahun sehingga didapatkan nilai total produksi dalam satu tahun dari penjumlahan seluruh nilai piksel yang ada. **Gambar 6** menunjukkan perbandingan kenampakan dan juga hasil citra produktivitas dari transformasi ARVI, RVI, dan VARI.

Hasil analisis estimasi produksi dengan menggunakan transformasi VARI memiliki nilai yang paling besar yakni akurasi 81.52%. Hasil yang

diperoleh ini berkaitan dengan rumus yang digunakan di mana transformasi VARI menggunakan saluran hijau dan infra merah yang sangat peka terhadap obyek vegetasi khususnya daun. Hasil akurasi estimasi produksi pada transformasi ARVI cukup tinggi yakni 78.87%. Hal ini menunjukkan meskipun transformasi ARVI menggunakan saluran biru yang peka terhadap gangguan atmosfer, hal ini belum tentu menjamin besarnya akurasi yang dihasilkan karena kepekaan saluran terhadap obyek yang direkam dan kombinasi saluran yang digunakan juga dapat mempengaruhi hasil yang didapatkan. Hal tersebut juga dijumpai pada penelitian milik Santoso, et al. (2010) yang melakukan penelitian deteksi dan pemetaan penyakit pada tanaman kelapa sawit menggunakan Citra Quickbird dan transformasi ARVI memiliki akurasi 67%, akurasi yang paling tinggi diantara transformasi GBNDVI dan SR.

Selanjutnya transformasi RVI menghasilkan nilai akurasi estimasi sebesar 77.99% yang dinilai masih kurang baik untuk estimasi produksi. Berbeda dengan hal tersebut, Murti (1997) melakukan penelitian mengenai estimasi produksi tanaman tembakau di Kabupaten Temanggung. Metode yang dilakukan yakni integrasi antara system informasi geografis dan juga transformasi indeks vegetasi salah satunya RVI yang diolah pada citra Landsat TM, hasil yang diperoleh justru memiliki akurasi estimasi produksi sebesar 98.98% dan akurasi pemetaan yakni 97.28%. Hal ini menunjukkan bahwa pengaruh atmosfer berupa pantulan kabut asap masih sangat besar sehingga hasil yang diperoleh kurang begitu baik dan nilai akurasi yang dihasilkan paling rendah bila dibandingkan dengan transformasi ARVI dan VARI. Transformasi RVI kurang cocok diaplikasikan pada citra yang memiliki gangguan atmosfer yang cukup banyak.

Sebanyak 120 sampel blok perkebunan ditentukan secara *stratified random sampling*. Sampel pada kegiatan penelitian ini menggunakan informasi mengenai tahun tanam tanaman kelapa sawit yang diwakili oleh indeks vegetasi. Besarnya jumlah sampel tiap tahun tanam bergantung pada jumlah blok yang ada di tahun tanam tertentu. Semakin banyak blok yang mewakili tahun tanam maka semakin banyak sampelnya.

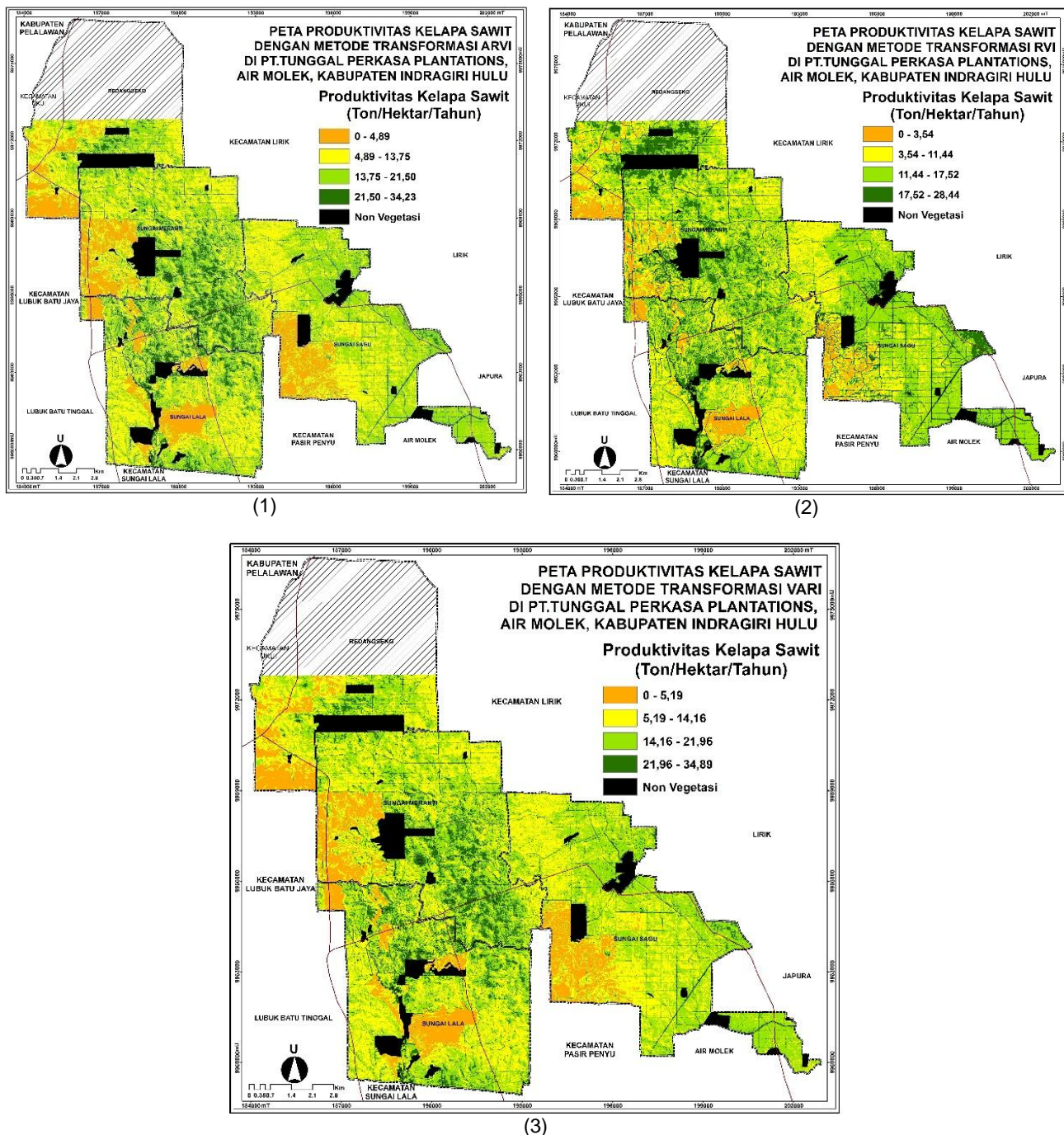
Keseluruhan hasil uji akurasi yang tinggi terdapat pada klasifikasi penutup lahan sebesar 96% dan klasifikasi tanaman sawit tua atau tanaman menghasilkan mencapai 99.46% dengan menggunakan analisis citra pada komposit 432 *false color*. **Tabel 2** merupakan hasil uji akurasi interpersasi dan juga uji akurasi model estimasi produksi menunjukkan variasi akurasi estimasi yang berkisar antara 78 hingga 82%. Hasil estimasi produksi ini masih belum baik karena memiliki akurasi kurang dari 90% sesuai dengan ketetapan ahli agronomi pada Danoedoro (2012) untuk kelas-kelas tanaman.

Tabel 1. Hasil Korelasi dan Regresi pada Transformasi ARVI, RVI dan VARI.

| INDEKS VEGETASI | OPP DAN IV (R ²) | (R) | IV DAN PROD (R ²) | (R) | OPP, IV, PROD (R ²) | (R) |
|-----------------|------------------------------|-------|-------------------------------|-------|---------------------------------|-------|
| ARVI | 0,536 | 0,732 | -0,788 | 0,887 | 0,68634 | 0,828 |
| RVI | 0,207 | 0,456 | -0,602 | 0,776 | 0,63738 | 0,798 |
| VARI | -0,547 | 0,739 | 0,796 | 0,892 | 0,69219 | 0,831 |

Tabel 2. Hasil Akurasi Estimasi Produksi pada Transformasi ARVI, RVI dan VARI.

| Indeks vegetasi | Produksi Estimasi | Produksi Real | Simpangan | N | Akurasi |
|-----------------|-------------------|---------------|-----------|--------|---------|
| ARVI | 143.317,46 | 181.702,585 | -38385 | -21,13 | 78,87 |
| RVI | 141.709,966 | 181.702,585 | -39992 | -22,01 | 77,99 |
| VARI | 148.122,376 | 181.702,585 | -33580 | -18,48 | 81,52 |



Gambar 6. Kenampakan Hasil Akhir Citra Produktivitas Transformasi (1) ARVI, (2) RVI dan (3) VARI.

Ketiga transformasi menunjukkan bahwa transformasi indeks vegetasi VARI merupakan transformasi yang terbaik dalam kajian estimasi produksi tanaman kelapa sawit di penelitian ini. Pemanfaatan formula sederhana yang menonjolkan obyek vegetasi dengan penisbahan saluran hijau dan inframerah membuat hasil yang diperoleh lebih baik daripada beberapa transformasi indeks vegetasi lainnya yang lebih kompleks dan memanfaatkan saluran yang lebih beragam dengan kepekaan terhadap obyek lainnya seperti jaringan palisade vegetasi, kandungan zat hijau dalam daun atau klorofil, serta gangguan atmosfer yang ketiganya terdapat pada kenyataan di lapangan.

Kondisi tanah dan perbedaan ketinggian tempat mempengaruhi nilai indeksvegetasi yang dihasilkan dari tiap jenis indeks vegetasi seperti yang ada pada penelitian milik Wiratmoko (2014). Kondisi lapangan secara kualitatif menunjukkan bahwa faktor permukaan tanah dan topografi memiliki kemungkinan untuk dapat menimbulkan gangguan. Kondisi tanah tanah di areal perkebunan mengalami proses pengolahan seperti proses *replanting*, *furrowing*, *subsoiling*, *ripping*, dan juga manajemen perkebunan seperti pemupukan yang intensif. Hal ini memungkinkan adanya perubahan kondisi tanah yang ada di daerah tersebut. Selain itu daerah penelitian memiliki dominasi topografi yang beragam mulai dari daerah berbukit dengan ketinggian antara 50 meter hingga 200 meter di atas permukaan air laut dengan luas mencapai 82,18% kemudian daerah yang memiliki topografi bergelombang mencapai 8,87% kemudian daerah yang memiliki topografi berombak atau landai sebesar 6,58% dan daerah yang memiliki topografi datar hanya seluas 2,37% dari keseluruhan luasan daerah penelitian.

KESIMPULAN

Transformasi ARVI dan VARI terbukti mampu menekan pengaruh atmosfer berupa kabut asap pada hasil perekaman citra penginderaan jauh SPOT-6. Hasil penelitian menunjukkan nilai estimasi produksi untuk tranformasi RVI adalah 141.710 ton, ARVI adalah 143.317,5 ton dan VARI adalah 148.122,4 ton. Jika dibandingkan dengan data produksi lapangan sebesar 181.702,6 ton, maka akurasi estimasi produksi transformasi RVI sebesar 77,99%, ARVI sebesar 78,87% dan VARI sebesar 81,52%. Hasil estimasi produksi kelapa sawit terbaik diperoleh pada transformasi VARI.

UCAPAN TERIMA KASIH

Penulis mengucapkan terima kasih kepada Administratur PT. Tunggal Perkasa Plantations, Bapak Sumarno yang telah memberikan ijin penelitian dan seluruh staff yang membantu kegiatan penelitian, dan Kepala Afdeling dan Mandor yang membantu kegiatan lapangan. Kepala Bidang Pengolahan Data LAPAN, Bapak

Drs. Kustiyo, M.Si. yang telah memberikan akses citra SPOT-6 dalam penelitian ini dan seluruh staff.

DAFTAR PUSTAKA

- Astra Agro Niaga. (1995). *Pedoman Brevet Dasar-1 Tanaman Pabrik Teknik*. PT. Astra Agro Lestari, Tbk, Jakarta.
- Badan Pusat Statistik. (2014). *Statistik Daerah Kabupaten Indragiri Hulu 2014*, ISBN 979 484 650 3, Riau: BPS (Badan Pusat Statistik) Kabupaten Indragiri Hulu.
- Corley, R.H.V., Tinker, P.B. (2003), *The Oil Palm (fourth edition)*, USA :Blackwell Science Ltd- Blackwell Publishing Company.
- Danoedoro, Projo. (2012), *Pengantar Penginderaan Jauh Digital*, Yogyakarta: ANDI Yogyakarta.
- Fauzi, Yan., Widyastuti, Y. E., Setyawibawa, I., dan Hartono, R.. (2002), *Kelapa Sawit: Budidaya, Pemanfaatan Hasil dan Limbah , Analisis Usaha dan Pemasaran. Edisi revisi*.Penebar Swadaya, Jakarta.
- Gilbert, Danyo. (2013). Oil Palm and Palm Oil Industry in Ghana : A Brief History. *International Research Journal of Plant Science* (ISSN:2141-5447) Vol. 4(6) pp.158-167.
- Hasan, Fadhil. (2014). *Refleksi Industri Kelapa Sawit 2013 dan Prospek 2014.Gabungan Pengusaha Kelapa Sawit Indonesia*. www.gapki.co.id. (7 Oktober 2014)
- Hatfield ,J. L., Gitelson, A. A., Schepers, J. S. and .Walthall C. L. (2008). Application of *Spectral Remote Sensing for Agronomic Decisions*. *Agronomy Journal* S-117.
- Idrus, Erwin. (1998), Analisis Digital Data SPOT Multispektral untuk Estimasi Agihan Produktivitas Kelapa Sawit di Kebun Sawit Sebrang, Sumatera Utara. *Skripsi*. Fakultas Geografi Universitas Gadjah Mada, Yogyakarta.
- Maulidar, Indri. (2014), *Kemendag: Eropa Tanggapi Positif CPO Indonesia*. Ditulis pada 10 Juni 2014 . www.tempo.com. (7 Oktober 2014).
- Murti B.S., Sigit Heru. (1997), Estimasi Produksi Daun Tembakau Berdasarkan Integrasi Pengolahan Citra Landsat Thematic Mapper dengan Sistem Informasi Geografis. *Skripsi*. Fakultas Geografi Universitas Gadjah Mada, Yogyakarta.
- Pusat Data dan Teknologi Penginderaan Jauh, LAPAN. (2014). *Koreksi Radiometrik Data Satelit Spot-*. <http://pustekdata.lapan.go.id/>. (12 Oktober 2014).
- Purwadh, Florentina Sri Hardiyanti.; Haryani, Nanik Suryo.; Siwi, Sukentyas Estuti. (2010), Informasi Spasial Sebaran dan Potensi Perkebunan Kelapa Sawit dari data Penginderaan Jauh di Propinsi Sumatera Selatan. *Majalah Berita Inderaja*. Pekayon, Jakarta Timur: Pusat Data Penginderaan Jauh, LAPAN. Vol.IX No.16 Juli 2010ISSN 1412-4564.
- Santoso, Heri., Gunawan, Totok., Jatmiko, Retnadi Heru., Darmosarkoro, Witjaksana., Minasny, Budiman. (2010), Mapping and Identifying Basal Stem Rot Disease in Oil Palms in North Sumatra with Quickbird Imagery, *International Journal of Remote Sensing*. Springer. Precision Agric (2011) 12:233–248 DOI 10.1007/s11119-010-9172-7.
- Sawaludin. (2010). Pemanfaatan Citra Satelit SPOT-5 untuk Kajian Kesesuaian Lahan Tambak Udang Berbasis Karakteristik Biofisik Lahan (Kasus : di Kabupaten Bombana, Provinsi Sulawesi

- Tenggara). *Thesis*. Yogyakarta : Fakultas Geografi Universitas Gadjah Mada
- Setyowati, Heratania Aprilia. (2015). *Aplikasi Citra SPOT-6 Berbasis Transformasi Indeks Vegetasi untuk Estimasi Produksi Kelapa sawit (Elaeis guineensis jacq) (Kasusu Perkebunan Kelapa Sawit PT. Tunggal Perkasa Plantations, Air Molek, Kaupaten Indragiri Hulu, Propinsi Riau, Sumatera)*. Skripsi. Fakultas Geografi Universitas, Yogyakarta:
- Sunarko. (2007), *Petunjuk Praktis Budidaya dan Pengolahan Kelapa Sawit*. Agromedia Pustaka, Jakarta.
- Susetyo, Imam. (2012), *Permodelan Estimasi Produksi Tanaman Karet (Hevea brasiliensis Muell.-Arg) Berbasis citra Satelit, Potensi genetik, dan Data Satuan Medan (Studi Kebun Getas, PTPN IX Salatiga, Kabupaten Semarang, Jawa Tengah)*, *Thesis*. Fakultas Geografi Universitas Gadjah Mada, Yogyakarta.
- Wiratmoko, Dhimas. (2014). *Penggunaan Citra World View-2 untuk Estimasi Produksi Kelapa Sawit (Elaeis guineensis jacq) sebagai Implementasi Pertanian Presisi. (Studi di Kebun Adolina PT. Perkebunan Nusantara IV, Kabupaten Serdang Berdagai, Propinsi Sumatera Utara)*. *Thesis*. Yogyakarta : Fakultas Geografi Universitas Gadjah Mada.