

Pemanfaatan Citra Sentinel-2A untuk Estimasi Produksi Pucuk Teh di Sebagian Kabupaten Karanganyar

Intansania Nurmalasari
intansania14@gmail.com

Sigit Heru Murti Budi Santosa
sigit@geo.ugm.ac.id

Abstract

Remote sensing nowadays improves rapidly, from the proliferation of new image and freely accessible to anyone to the variety of advantage that can be applied in many aspects including gardening. This study employed Sentinel-2A remote sensing imagery data by calculating the mapping accuracy on tea by using confusion matrix to understand the relation between several transformation vegetation index (*ARVI*, *SAVI* and *NDVI*) with tea leaf productivity. The accuracy result of production estimation in tea leaf from the utilization of the 2016 Sentinel-2A imagery are 58.84% with RMSE value 201,105 kg/ha. The Sentinel-2A imagery is capable of correlating the result of production estimation of tea leaf that is based on *ARVI* index with regression correlation of 63%. Thus, it indicates a strong correlation between two variables. The total production or the whole production estimation product of at Kemuning tea plantation in October 2016 is 215,041 tons.

Keywords: *Remote sensing, Sentinel-2A imagery, Production Estimation*

Abstrak

Penginderaan jauh saat ini telah berkembang sangat pesat, mulai dari bertambahnya citra baru dan gratis untuk diakses siapa saja hingga pemanfaatannya yang kian bervariasi untuk diaplikasikan dalam berbagai bidang tak terkecuali bidang perkebunan. Tujuan dari penelitian ini ialah 1) mengkaji akurasi pemodelan hasil estimasi produksi pucuk teh berbasis transformasi indeks vegetasi (*NDVI*, *SAVI*, *ARVI*), 2) mengkaji kemampuan Citra Sentinel-2A dalam mengkorelasikan antara variabel estimasi produksi (kerapatan tajuk dan pantulan spektral tanaman teh) dengan beberapa transformasi indeks vegetasi dan 3) mengestimasi produksi pucuk teh di perkebunan teh Kemuning tahun 2016. Hasil akurasi perhitungan estimasi produksi pucuk teh yang didapatkan dari pemanfaatan citra Sentinel-2A tahun 2016 ialah sebesar 58.84% dengan RMSE sebesar 201,105 kg/ha. Citra Sentinel-2A mampu mengkorelasikan hasil estimasi produksi pucuk teh dengan beberapa transformasi indeks vegetasi. Korelasi regresi tertinggi yakni pada produktivitas pucuk teh di lapangan dengan transformasi indeks vegetasi *ARVI* dengan korelasi regresi sebesar 63% yang mengindikasikan hubungan yang kuat antar dua variabel tersebut. Produksi total atau keseluruhan estimasi produksi pucuk teh perkebunan Kemuning bulan oktober tahun 2016 ialah sebesar 215,041 ton.

Kata Kunci: Penginderaan Jauh, Citra Sentinel-2A, Estimasi Produksi

PENDAHULUAN

Penginderaan Jauh merupakan sebuah ilmu dan seni untuk memperoleh informasi mengenai obyek, area atau kejadian (Lillesand, et al. 2004). Penginderaan Jauh secara sederhana merupakan teknik pengambilan obyek di permukaan bumi dari udara dengan memanfaatkan bantuan sensor. Saat ini Penginderaan Jauh dapat dikatakan semakin berkembang pesat. Mulai dari bertambahnya Citra baru dan gratis untuk diakses siapa saja hingga pemanfaatannya yang kian bervariasi untuk diaplikasikan atau dimanfaatkan di berbagai tema atau bidang.

Penginderaan Jauh sangat bermanfaat dalam mengurangi kegiatan survey terestrial saat melakukan inventarisasi dan monitoring sumberdaya alam dan lingkungan. Penginderaan Jauh makin banyak dimanfaatkan karena berbagai macam alasan diantaranya karena dapat menggambarkan obyek di permukaan bumi dengan wujud dan letak obyek yang mirip dengan aktualnya, selain itu gambar juga dapat memberikan efek tiga dimensi jika dilihat dengan stereoskop. Penginderaan Jauh juga dimanfaatkan di berbagai bidang mulai dari bidang meteorologi dan klimatologi, bidang kependudukan, kehutanan, bidang kelautan (oceanografi), penggunaan lahan dan masih banyak lagi.

Sektor pertanian mempunyai peranan yang penting dalam kegiatan perekonomian di Indonesia, hal ini dapat dilihat dari kontribusinya terhadap Produk Domestik Bruto (PDB) yang cukup besar yaitu sekitar 13,52 persen pada tahun 2015 atau merupakan urutan kedua setelah sektor industri pengolahan (BPS, 2015). Teh juga salah satu komoditi ekspor Indonesia yang cukup penting sebagai penghasil devisa negara sesudah minyak dan gas. Indonesia adalah produsen teh terbesar ketujuh di dunia, akan tetapi karena prospek bisnis yang menguntungkan dari kelapa sawit, hasil produksi teh telah menurun di beberapa tahun terakhir karena beberapa perkebunan teh telah berubah menjadi

perkebunan kelapa sawit, sementara perkebunan-perkebunan teh yang lain telah menghentikan produksi tehnya untuk kemudian diganti dengan memproduksi sayuran atau produk pertanian lain yang lebih menguntungkan, meskipun ada penurunan luas lahan jumlah produksi teh tetap relatif stabil. Hal ini mengindikasikan bahwa perkebunan-perkebunan teh yang tersisa menjadi lebih produktif. Provinsi-provinsi yang memproduksi teh paling banyak di Indonesia adalah: Jawa Barat (menyumbang sekitar 70% dari produksi teh nasional), Jawa Tengah dan Sumatra Utara.

Kebun Teh Kemuning merupakan kawasan perkebunan teh yang berada di lereng Gunung Lawu kabupaten Karanganyar. Luas lahan yang aktif berproduksi pada perkebunan ini adalah 392 hektar, dari total luas 437 hektar, sisanya untuk pabrik pengolahan teh, pembibitan, emplasemen dan rumah dinas atau rumah tinggal, dengan mempertimbangkan luas perkebunan dan persebaran lokasi perkebunan teh diperlukan data Penginderaan Jauh yang mampu merekam dengan cakupan yang sangat luas. Data Penginderaan Jauh yang dimaksud adalah Citra Sentinel 2-A.

Pemanfaatan Citra Sentinel-2A yang merupakan satelit pencitraan optik Eropa yang diluncurkan pada tahun 2015. Satelit Sentinel-2A diluncurkan sebagai bagian dari program Copernicus European Space Agency (ESA). Alasan peneliti memanfaatkan Citra ini tidak lain ialah karena Citra Sentinel 2-A free atau dapat didapatkan secara gratis di situs ESA, selain itu resolusi spektralnya yang menghasilkan multispektral dengan 13 saluran yang mencakup sensor tampak, inframerah dekat, dan inframerah gelombang pendek serta resolusi spasialnya yang dapat dikatakan cukup tinggi yaitu 10 meter pada band merah, biru, hijau dan inframerah dekat.

Indeks vegetasi yang dimanfaatkan dalam penelitian ini yaitu : NDVI (Normalized Difference Vegetation Index), SAVI (Soil Adjusted Vegetation Index) dan ARVI (Atmospherically Resistant Vegetation Index). Alasan pemilihan NDVI

sebagai transformasi yang dimanfaatkan dalam penelitian ini ialah, karena dari banyaknya penelitian yang memanfaatkan transformasi NDVI menyimpulkan bahwa NDVI ialah transformasi yang paling baik untuk mendeteksi adanya vegetasi (kerapatan vegetasi), sedangkan alasan pemanfaatan SAVI ialah karena indeks ini menekan faktor tanah sehingga didapatkan nilai piksel yang menonjolkan vegetasi daripada tanahnya. Pemilihan indeks vegetasi ARVI ialah karena indeks ini menekan faktor atau pengaruh atmosfer, sehingga diharapkan untuk memiliki nilai piksel murni dari tanaman teh.

Perhitungan produksi tahunan dapat dibedakan menjadi beberapa tahap: peramalan panen berdasarkan hasil tahun kemarin, peramalan panen berdasarkan luas lahan yang diolah dan estimasi produksi per hektar, dan bila perlu dihitung ulang berdasarkan jumlah komoditas yang berhasil terjual (Sigit, 2014). Pemanfaatan Citra Penginderaan Jauh untuk kajian pertanian menggunakan informasi spektral pada panjang gelombang tampak dan inframerah dekat (Wang dan Weng, 2014).

Daun yang sehat tampak hijau pada pandangan mata manusia. Jika daun sakit dan produksi klorofil menurun, maka berkurangnya pigmen klorofil menyebabkan berkurangnya serapan pada panjang gelombang merah dan biru (Swain dan Dafis, 1978). Estimasi hasil produksi berperan penting pada kajian pertanian. Beberapa faktor yang berkaitan dengan produksi pertanian adalah topografi, karakteristik tanah, pemupukan, rotasi tanam, pembibitan, pengontrol rumput liar dan hama, pengairan, serta cuaca (Wang dan Weng, 2014).

Metode yang digunakan untuk estimasi produksi adalah metode konvensional, metode obyektif, dan metode berdasarkan data meteorologi (Thiede, 1981). Metode konvensional atau subjektif menghasilkan data melalui tahapan ketentuan pengolahan area, estimasi hasil panen per satuan waktu per area dan mengalikan hasil panen (Fauziana, 2016). Kelemahan dari metode ini adalah menghasilkan kesalahan, berupa

overestimate atau *underestimate*. Metode obyektif melibatkan observasi dan pengukuran langsung untuk mengurangi kesalahan. Kecenderungan hasil panen tanaman pertanian adalah fluktuatif yang dipengaruhi oleh keadaan cuaca. Metode berdasarkan data meteorologi ini memperbaiki teknik perolehan estimasi hasil pertanian.

METODE PENELITIAN

Lokasi penelitian yang diambil adalah perkebunan Teh Kemuning, Karanganyar, Jawa Tengah. Daerah kajian dalam penelitian merupakan daerah yang berbatasan langsung dengan Gunung Lawu. Luas perkebunan teh Kemuning diperkirakan seluas ± 437 hektar. Alasan peneliti memilih lokasi di Perkebunan teh Kemuning ialah karena medan yang tergolong cukup mudah untuk dilalui karena perkebunannya yang berasosiasi dengan jalan raya (aksesibilitas relatif mudah), selain itu luas area perkebunan yang tidak terlalu luas dan variasi lerengnya yang tidak begitu beragam dapat memudahkan dalam pengambilan data sampel lapangan sekaligus perhitungan produktivitas pucuk teh.

Penelitian ini menggunakan pendekatan spektral dalam melakukan estimasi produksi, sedangkan untuk perhitungan estimasi produksi menggunakan beberapa transformasi atau algoritma yaitu : NDVI, SAVI dan ARVI yang kemudian dilakukan regresi dengan produktivitas dilapangan dengan metode regresi linier, untuk mengetahui tingkat akurasi yang diperoleh klasifikasi lahan perkebunan teh dilakukan uji akurasi dengan eror matrix dibandingkan dengan data survey lapangan

Pada tahap pengolahan data pra lapangan ini dilakukan pembuatan peta-peta tentatif parameter yang akan digunakan untuk menunjang kegiatan lapangan. Pada tahap ini dilakukan ekstraksi informasi parameter dari Citra Sentinel 2-A dan data-data sekunder lainnya. Peta-peta tentatif parameter yaitu peta perkebunan teh, peta jenis tanah, dan peta kontur. Selanjutnya

tahap yang perlu dilakukan ialah melakukan koreksi geometrik dan radiometrik. Koreksi radiometrik merupakan koreksi perbaikan akibat cacat atau kesalahan radiometrik, yaitu kesalahan pada sistem optik, kesalahan karena gangguan energi radiasi elektromagnetik pada atmosfer, dan kesalahan karena pengaruh sudut elevasi matahari yang dapat menyebabkan nilai spektral pada suatu obyek menjadi tidak murni oleh sebab itu perlu dilakukan koreksi radiometrik untuk meminimalisir gangguan atmosfer.

Tahap selanjutnya yang dilakukan pada penelitian ini ialah melakukan klasifikasi multispektral. Klasifikasi terselia ini diakukan untuk memperoleh tutupan lahan berupa lahan perkebunan teh dan non teh. Algoritma klasifikasi yang dimanfaatkan dalam penelitian ini ialah algoritma kemungkinan maksimum (maximum likelihood algorithm). Algoritma ini dipilih karena dirasa algoritma yang paling mapan secara statistik (Projo,2012).

Indeks vegetasi yang dianfaatkan dalam penelitian ini ada tiga yaitu : NDVI, SAVI dan ARVI. Transformasi NDVI mampu menonjolkan aspek kerapatan vegetasi (Projo, 2012) sehingga dapat digunakan untuk membuat peta kerapatan vegetasi. Transformasi NDVI dilakukan berdasarkan hasil klasifikasi multispektral yang telah dilakukan sebelumnya.

Tabel 1. Pembagian obyek berdasarkan nilai NDVI

Daerah Pembagian	Nilai NDVI
Awan Es, Awan air, salju	< 0
Batuan dan lahan kosong	0 – 0.1
Padang rumput dan semak belukar	0.2 – 0.3
Hutan daerah hangat dan hutan hujan tropis	0.4 – 0.8

Sumber : Meylia, dalam Wikan, 2015

$$NDVI = \frac{NIR - red}{NIR + red} \dots\dots\dots(1)$$

Rentang nilai NDVI adalah antara - 1.0 hingga +1.0. Nilai yang lebih besar dari 0.1 biasanya menandakan peningkatan derajat kehijauan dan intensitas dari vegetasi. Nilai diantara 0 dan 0.1 umumnya merupakan karakteristik dari bebatuan dan lahan kosong, dan nilai yang kurang dari 0 kemungkinan mengindikasikan awan es, awan uap air dan salju. Permukaan vegetasi memiliki rentang nilai NDVI 0.1 untuk lahan savanna (padang rumput) hingga 0.8 untuk daerah hutan hujan tropis.

$$ARVI = \frac{NIR - [Red - \gamma(Blue - Red)]}{NIR + [Red - \gamma(Blue - Red)]} \dots\dots\dots(2)$$

Indeks ini adalah perangkat tambahan untuk NDVI yang relatif tahan terhadap faktor atmosfer (misalnya, aerosol) yang memanfaatkan pantulan biru untuk mengoreksi pantulan merah pada hamburan atmosfer. γ adalah gamma konstan yang merupakan fungsi bobot yang bergantung pada jenis aerosol. Nilai indeks ini berkisar dari -1 sampai 1, dengan nilai-nilai pixel yang lebih tinggi sesuai dengan kesehatan dan kehijauan vegetasi.

$$SAVI = \frac{1.5 * (NIR - Red)}{(NIR + Red + 0.5)} \dots\dots\dots(3)$$

Indeks vegetasi tanah ini disesuaikan dan mirip dengan NDVI, tetapi menekan efek piksel tanah dan menggunakan faktor penyesuaian kanopi latar belakang (L), yang merupakan fungsi dari kerapatan vegetasi dan sering membutuhkan pengetahuan sebelumnya dari jumlah vegetasi. Huete (1988) menunjukkan nilai optimal $L = 0,5$ untuk memperhitungkan orde pertama variasi latar belakang tanah. Indeks ini paling baik digunakan di daerah dengan vegetasi yang relatif jarang di mana tanah terlihat melalui kanopi.

Pengambilan sampel pada penelitian ini dilakukan dengan cara stratified random sampling. Stratified random merupakan teknik pengambilan sampel berdasarkan pertimbangan

klasifikasi atau strata tertentu. Klasifikasi yang digunakan yaitu beberapa parameter yang mempegaruhi pertumbuhan tanaman teh, yang salah satunya adalah ketinggian.

Tahap pengolahan data pasca lapangan merupakan tahap akhir dari metode penelitian yang dilakukan. Pada tahap ini dilakukan pengolahan dan analisis data primer yang telah diperoleh pada saat survei lapangan dan uji akurasi. Uji akurasi dilakukan dengan matriks uji akurasi pada setiap unit sampel kelas untuk memperoleh tingkat ketelitian pada setiap klasifikasinya.

Pemodelan yang digunakan untuk estimasi produksi tanaman teh didasarkan pada kerapatan tajuk teh yang diperoleh dari perhitungan regresi dan korelasi nilai kerapatan dari nilai NDVI, ARVI, SAVI pada Citra Sentinel-2A. Regresi yang dimanfaatkan dalam penelitian ini adalah regresi linear sederhana. Analisis regresi merupakan perhitugan statistik yang digunakan untuk mengetahui apakah data Citra satelit dapat digunakan untuk menggambarkan kondisi yang ada di lapangan. Hubungan antara korelasi regresi dinyatakan dalam koefisien korelasi (r) dan koefisien determinasi (R kuadrat) untuk menghitung nilai koefisien korelasi digunakan persamaan :

$$r = \frac{n \sum XY - (\sum X)(\sum Y)}{\sqrt{[n \sum X^2 - (\sum X)^2][n \sum Y^2 - (\sum Y)^2]}} \dots\dots\dots(4)$$

Tabel 3.4 Keterangan koefisien korelasi

Nilai koefisien korelasi	Keterangan
0,00-0,199	Sangat rendah
0,20-0,399	Rendah
0,40-0,599	Sedang
0,60-0,699	Kuat
0,80-1,000	Sangat Kuat

Sumber : Sugiyono, 2010

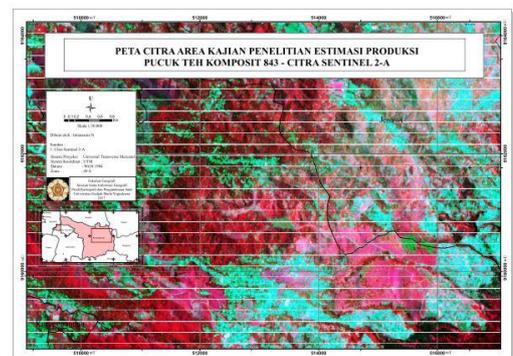
Hasil estimasi kerapatan tajuk dan produksi pucuk teh diuji ketelitiannya dengan menggunakan data produksi lapangan. Cara menguji tingkat akurasi model memanfaatkan analisis Root Mean Square Error (RMSE), sedangkan uji validasi hasil estimasi produksi pucuk teh menggunakan data sekunder produksi yang

didapatkan dari data perusahaan pengelola perkebunan.

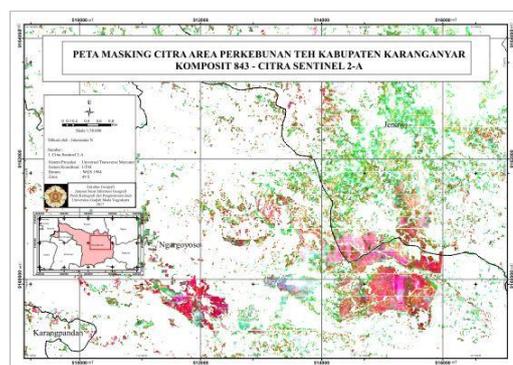
$$RMSE = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n (Y-Y')^2}{N}} \dots\dots\dots(5)$$

HASIL DAN PEMBAHASAN

Klasifikasi multispektral yang dilakukan pada penelitian ini ialah klasifikasi terselia maximum likelihood dimana klasifikasi ini dimanfaatkan untuk mengklasifikasikan obyek teh dan non teh. Algoritma ini dipilih karena dirasa algoritma yang paling mapan secara statistik (Projo,2012). Klasifikasi multispektral yang dilakukan memanfaatkan bantuan perangkat lunak ENVI 4.5. Sampel obyek atau ROI (*Region Of Interest*) yang digunakan pada sampel merupakan piksel murni dari tanaman teh, untuk membantu penentuan sampel obyek atau ROI Citra dikompositkan untuk menonjolkan obyek vegetasi. Komposit Citra merupakan Citra baru hasil dari penggabungan 3 saluran yang mampu menampilkan keunggulan dari saluran-saluran penyusunnya (Sigit,2011). Komposit yang digunakan pada tahap ini ialah komposit 843.



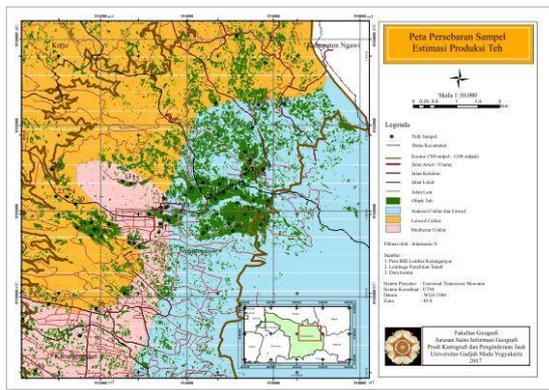
(a)



(b)

Gambar 1. Peta citra area kajian penelitian (a), dan Peta masking citra area kajian (b)

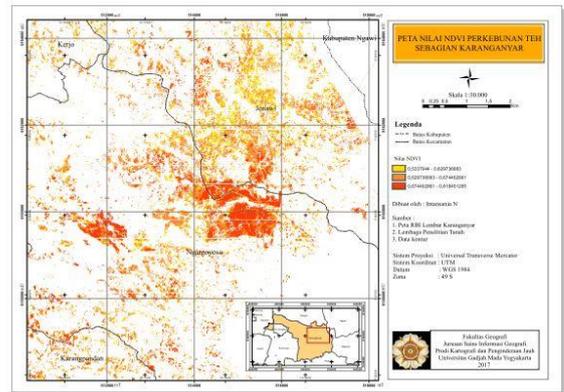
Berdasarkan hasil perhitungan akurasi pemetaan menggunakan rumus 3.3 diketahui bahwa akurasi pemetaan tutupan lahan teh dan non teh sebesar 80 %. Akurasi sebesar 80% ini diperoleh dari adanya kesalahan interpretasi sebesar 20 % untuk interpretasi obyek pada Citra Sentinel 2-A, dapat dikatakan dari 60 sampel yang dilakukan pengecekan saat di lapangan sebanyak 48 obyek yang sejak awal diinterpretasi sebagai teh merupakan obyek teh dilapangan dan sebanyak 12 sampel yang diinterpretasi sebagai teh ternyata bukanlah obyek teh melainkan dapat menjadi obyek ladang, sawah atau lahan terbuka.



Gambar 2. Peta persebaran sampel penelitian

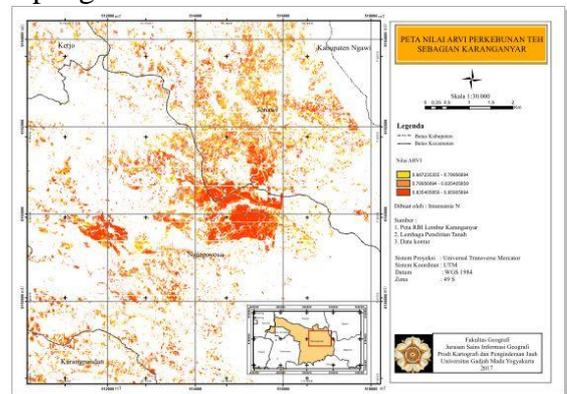
Transformasi NDVI hanya dilakukan pada obyek kajian penelitian yakni tanaman teh. Hasil dari transformasi NDVI ini adalah sebaran nilai NDVI yang berkisar antara -1 hingga 1. Nilai NDVI yang dihasilkan yaitu 0,533704 hingga 0,818451. Nilai NDVI yang dihasilkan ini kemudian dikorelasikan dengan kerapatan dan produktivitas di lapangan. Nilai NDVI yang lebih rendah bisa juga dikorelasikan dengan kerapatan yang rendah pula saat di lapangan. Kerapatan yang rendah ini juga bisa diakibatkan oleh adanya masa pemangkasan yang biasanya dilakukan setiap 3-4 tahun sekali, karena seperti yang diketahui tanaman teh membutuhkan waktu kurang lebih 3 bulan agar pucuk teh rata-rata pada satu bidang pangkas yang sama agar mudah dipanen dan hasilnya

dapat diolah menjadi teh dengan kualitas yang baik.



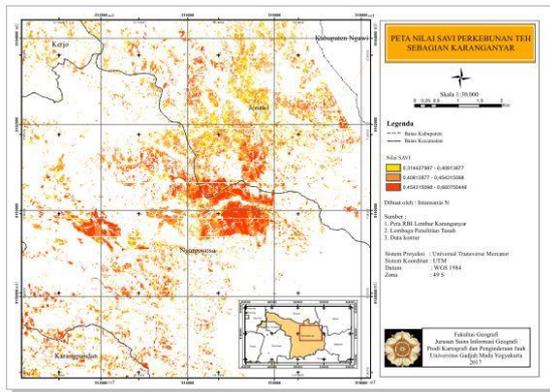
Gambar 3. Peta nilai NDVI perkebunan teh Kemuning

Transformasi ARVI merupakan transformasi yang juga dimanfaatkan dalam penelitian ini dengan asumsi transformasi ini dapat menekan pengaruh atmosfer. Rumus untuk transformasi ARVI dapat dilihat pada rumus 2.3 Nilai ARVI yang dihasilkan ialah 0,687235 hingga 0,959058. Nilai ARVI yang dihasilkan ini kemudian dikorelasikan dengan produktivitas di lapangan.



Gambar 4. Peta nilai ARVI perkebunan teh Kemuning

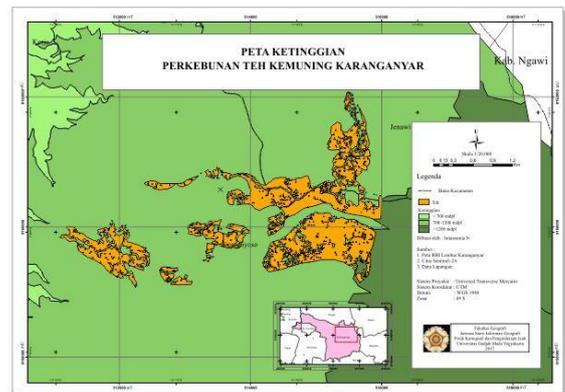
Transformasi yang juga dimanfaatkan dalam penelitian ini adalah transformasi indeks SAVI, dimana transformasi ini menekan faktor tanah. Rumus untuk transformasi SAVI dapat dilihat pada rumus 2.4. Hasil dari transformasi indeks SAVI ini yaitu 0,314427 hingga 0,6607504.



Gambar 5. Peta nilai SAVI perkebunan teh Kemuning

Faktor fisik lingkungan yang sangat mempengaruhi pertumbuhan dan produktivitas tanaman teh yaitu : ketinggian, jenis tanah, dan curah hujan. Data ketinggian didapatkan dari data kontur. Data kontur yang merupakan data vektor kemudian diubah menjadi data raster dengan memanfaatkan topo to raster. Pengaruh ketinggian terhadap produksi pucuk teh ialah sebesar 76%. Angka tersebut menunjukkan adanya hubungan yang kuat antara faktor ketinggian dengan produksi pucuk teh. Data jenis tanah didapatkan dari lembaga penelitian tanah, dari data tanah tersebut dapat diketahui jenis-jenis tanah yang ada di kabupaten Karanganyar untuk kemudian dikorelasikan antara jenis tanah dengan tingkat kesuburan dan produktivitas pucuk teh.

Faktor yang tidak kalah penting ialah curah hujan. Curah hujan menjadi faktor yang sangat mempengaruhi produktivitas tanaman teh. Hal ini dikarenakan jika air hujan yang dibutuhkan kurang atau bahkan musim kemarau yang sangat panjang datang maka tanaman teh akan mengalami kekeringan sehingga produktivitasnya tidak akan maksimal. Tanaman teh juga tidak akan baik produktivitasnya jika terlalu banyak air hujan karena tanaman teh dapat menjadi busuk dan layu.



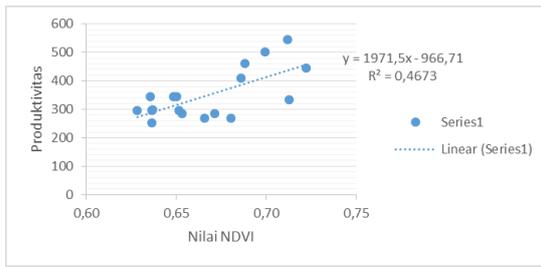
(a)



(b)

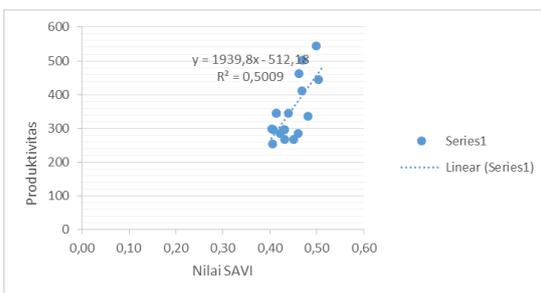
Gambar 6. Peta faktor fisik lingkungan yang mempengaruhi pertumbuhan tanaman teh, Peta ketinggian (a) dan Peta jenis tanah (b)

Hubungan antara nilai transformasi indeks vegetasi (NDVI, SAVI, dan ARVI) dengan produktivitas tanaman teh adalah linear. Nilai NDVI teh naik seiring dengan kenaikan fraksi dan produktivitas tanaman teh. Regresi yang dimanfaatkan dalam penelitian ini adalah regresi linear antara nilai transformasi indeks vegetasi (NDVI, ARVI dan SAVI) dengan produktivitas pucuk teh. Hasil regresi tahap ini akan diaplikasikan untuk pembuatan model dan uji akurasi. Pembuatan model estimasi produksi pada tanaman teh memanfaatkan variabel x (nilai transformasi indeks vegetasi) dan variabel y (produktivitas).



Gambar 7. Grafik hubungan antara nilai NDVI dengan produktivitas tanaman teh

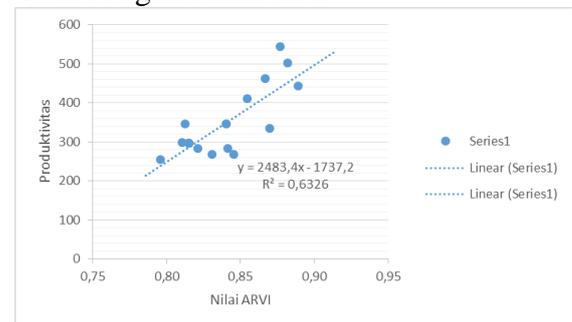
Pengaruh NDVI terhadap produktivitas pucuk teh adalah sedang. Hubungan tersebut dapat dilihat pada gambar 7 dimana hubungan NDVI dengan produktivitas sebesar 46 %. Hubungan yang terjadi antar kedua variabel yang masuk dalam kategori sedang dapat terjadi karena beberapa penyebab yaitu adanya pohon pelindung yang dimungkinkan mempengaruhi nilai NDVI serta pola pemetaan dan pemangkasan. Permasalahan yang muncul saat di lapangan adalah pemetaan terkadang tidak sesuai dengan jadwal pemetaan yang seharusnya setiap 13 hari sekali, karena ada beberapa kendala terkadang pemetaan dapat terjadi di area yang sama lebih dari 13 hari, selain itu jumlah tenaga kerja di perkebunan sangat mempengaruhi, jumlah petani teh antar blok berbeda walaupun areanya sama atau bahkan lebih luas.



Gambar 8. Grafik hubungan indeks vegetasi SAVI dengan produktivitas tanaman teh

Hubungan transformasi indeks SAVI dengan produktivitas tanaman teh dapat dikatakan sedang pada tahap ini, hal ini dapat terlihat pada hasil korelasi regresi sebesar 50%. Transformasi indeks vegetasi

ini didesain untuk meminimalisir pantulan tanah yang pada Citra menjadi latar belakang (*back ground*) dari obyek vegetasi untuk meminimalisir faktor tersebut diberikan faktor L pada formulasi indeks vegetasi. Nilai faktor L ini bervariasi untuk tutupan tinggi nilai L adalah 0,0 dan untuk tutupan vegetasi yang rendah nilai L adalah 1,0 sedangkan untuk vegetasi ukuran sedang nilai L adalah 0,5. Keberadaan obyek tanah akan memberikan pengaruh sebagai latar belakang terhadap pantulan vegetasi, sehingga memberikan pengaruh terhadap nilai pantulan yang terekam pada Citra Penginderaan Jauh.



Gambar 4.14 Hubungan antara indeks vegetasi ARVI dengan produktivitas tanaman teh

Pengaruh atau hubungan transformasi indeks ARVI dengan Produktivitas tanaman teh dapat dikatakan kuat, hal ini terlihat pada gambar 4.7 yang menunjukkan hubungan diantara keduanya sebesar 63%. Transformasi indeks ARVI secara teoritis menekan faktor atmosfer (mengurangi pengaruh atmosfer) dengan memperkirakan fraksi vegetasi dengan sensitivitas rendah untuk atmosfer. Transformasi indeks ARVI sendiri merupakan perangkat tambahan untuk NDVI yang relatif tahan terhadap faktor atmosfer misalnya aerosol dengan memanfaatkan pantulan biru untuk mengoreksi pantulan merah pada hamburan atmosfer. Jika dibandingkan dari nilai korelasi regresi sebelumnya yaitu NDVI dan SAVI, nilai ARVI merupakan nilai yang korelasinya dengan paling tinggi. Hal ini menunjukkan meskipun transformasi ARVI menggunakan saluran biru yang peka terhadap gangguan atmosfer, tidak menjamin akan besarnya akurasi yang

dihasilkan karena kepekaan saluran terhadap obyek yang direkam dan kombinasi saluran juga dapat mempengaruhi hasil.

Mengestimasi produksi pucuk teh dengan memanfaatkan nilai transformasi indeks vegetasi dapat dikatakan cukup baik. Hal ini dikarenakan nilai indeks vegetasi itu sendiri mencerminkan kerapatan vegetasi yang ada di lapangan, dan kerapatan vegetasi berbanding lurus dengan produktivitas pucuk teh. Ketika kerapatan vegetasi tinggi dapat diasumsikan bahwa keadaan tanaman dalam kondisi baik untuk produksi. Sampel yang dimanfaatkan dalam penelitian ini sebenarnya adalah 60 sampel akan tetapi sebanyak 12 sampel merupakan obyek non teh berupa : ladang, sawah dan lahan terbuka, oleh sebab itu dari 48 sampel yang merupakan obyek teh, sebanyak 30 sampel dimanfaatkan untuk pembuatan model, sedangkan 18 sampel dimanfaatkan untuk uji akurasi

Terdapat beberapa data yang dapat diamati, hal itu berupa titik koordinat sampel, nilai transformasi indeks NDVI, SAVI dan ARVI per sampel, kerapatan tajuk serta produktivitas pucuk teh dalam satuan kg/ha. Kerapatan teh terendah adalah 60 % dan tertinggi adalah 100 %. Produksi pucuk teh tertinggi pada area kajian penelitian adalah 670 kg/ha. Nilai antar transformasi indeks vegetasi tentu saja memperlihatkan nilai yang berbeda satu sama lain mulai dari nilai terendah hingga tertinggi, begitu juga dengan nilai kerapatannya.

NDVI merupakan indeks vegetasi yang sederhana untuk mengetahui kerapatan kerapatan suatu vegetasi tanpa memperhatikan keadaan atmosfer sehingga dapat saja memperlihatkan nilai NDVI yang berbeda walaupun kerapatannya sama. Hal ini berbeda dengan transformasi nilai indeks ARVI yang memperhatikan kondisi atmosfer, dari ketiga indeks transformasi yang digunakan transformasi indeks ARVI lah yang menunjukkan nilai korelasi regresi yang paling baik diantara dua lainnya, oleh sebab itu pada tahap ini akan dijelaskan akan dijelaskan bagaimana hubungan nilai

indeks transformasi vegetasi ARVI dengan kerapatan vegetasi teh di lapangan.

Uji akurasi dilakukan untuk mengetahui tingkat ketelitian estimasi produksi pucuk teh. Hasil uji akurasi didapatkan dengan membandingkan nilai produktivitas dari perkebunan teh di lapangan dengan hasil estimasi produktivitas pucuk teh. Produktivitas lapangan paling tinggi adalah sebesar 670 kg/ha sedangkan produktivitas terendah berada pada angka 190 kg/ha sedangkan hasil estimasi produktivitas tanaman teh tertinggi ialah 459 kg/ha dan angka terendah ialah 170 kg/ha. Selisih rata-rata sampel uji akurasi produktivitas pucuk teh ini ialah 151 kg/ha .Pemodelan hasil produktivitas perkebunan Kemuning Karanganyar menghasilkan RMSE sebesar 201.105 kg/ha dengan akurasi 58.84 %.

Pemodelan dan uji akurasi telah dilakukan pada tahap sebelumnya, untuk dapat mengetahui hasil estimasi produksi pucuk teh keseluruhan yang ada di perkebunan teh Kemuning, Karanganyar perlu adanya pemanfaatan data Citra Penginderaan Jauh yakni Citra Sentinel 2-A yang kemudian dengan bantuan software pengolahan Citra dapat dianalisis dan dihitung jumlah keseluruhan produksi pucuk teh pada area kajian. Setelah diketahui berapa hasil estimasi produksi pucuk teh dengan memanfaatkan data Penginderaan Jauh, tahap selanjutnya adalah uji validasi hasil produksi estimasi dengan hasil produksi di lapangan yang telah dilakukan rekapitulasi dan datanya tersedia di kantor PT. Sari Rumpun Kemuning. Berikut merupakan hasil realisasi produksi pucuk teh perkebunan teh Kemuning pada bulan oktober 2016.

Tabel 2. Realisasi produksi per blok bulan oktober tahun 2016

Afdeling : A		Afdeling : B	
Blok Panen	Bulan Oktober	Blok Panen	Bulan Oktober
1	8,213	2	300
2	27,862	3	6,943
3	20,555	4	8,054
4	13,845	5	6,723
5	17,659	6	9,968
6	0	7	7,670
11	3,498	8	7,093
12	17,073	9	9,388
13	16,906	10	12,911
14	18,975	11	7,668
15	14,947	12	8,202
16	5,895	13	6,138
17	6,237	14	16,369
		15	12,892

Total : | 291,964 ton

Dilihat dari data yang telah ada, untuk hasil panen produksi pucuk teh pada bulan oktober 2016 sebesar 291,964 ton, sedangkan hasil perhitungan estimasi sebesar 215,041 ton. Jika dilihat dari data perusahaan dan hasil estimasi produksi pucuk teh, dapat dikatakan hasil estimasinya underestimate. Selisih hasil estimasi dengan data perusahaan memang cukup besar yakni 76,923 ton dan akurasi sebesar 74%. Hasil estimasi produksi didapatkan dari hasil keseluruhan piksel yang merupakan obyek teh yang kemudian diinputkan ke dalam persamaan korelasi-regresi nilai ARVI (persamaan regresi yang paling tinggi dibanding NDVI dan SAVI) dengan produktivitas pucuk teh saat pengambilan data lapangan, persamaanya ialah : $y = 2483,4x - 1737,2$. Setelah persamaan tersebut dimanfaatkan untuk mengetahui hasil keseluruhan estimasi produktivitas pucuk teh dengan satuan kg/ha barulah semua hasil dijumlah dan hasil dari estimasi dibagi dengan 100. Angka 100 didapatkan dari luas 1 hektar yang berarti 10.000 m² dibagi dengan 100 m² (sesuai dengan ukuran resolusi spasial Citra Sentinel 2-A yakni 10 meter). Dalam tabel dapat dilihat pada blok A6 yang berisikan angka 0 yang berarti blok A6 tidak menghasilkan pucuk teh selama bulan oktober karena mengalami pemangkasan.

Hasil estimasi yang cenderung underestimate dapat disebabkan oleh kesalahan dalam memprediksi jumlah pemanenan, karena saat dilakukan wawancara dengan narasumber memang proses panen di area yang sama terjadi setiap 13-14 hari sekali akan tetapi saat di lapangan terkadang tidak sesuai dengan konsep yang ada, dan proses pemetikan dapat sesuai dengan target yang telah ditentukan dan begitupun juga sebaliknya.

Hasil dari pemetikan pucuk teh di kebun oleh para petani atau pemetik teh selanjutnya akan diserahkan ke perwakilan mandor (penanggung jawab) kebun per blok perkebunan untuk dihitung beratnya. Petani teh mendapatkan upah sebesar Rp 8.000,00 – Rp 1.200,00 per satu kilogram teh yang telah dipetik. Rata-rata untuk setiap petani teh dapat memetik 20 kg – 30 kg teh

per hari, mulai pukul 06.00 -12.00 WIB. Terdapat 27 blok kebun teh, dan setiap mandor memiliki tanggung jawab atas dua - tiga blok kebun teh untuk memastikan target produksi pucuk teh sesuai dengan target yang telah ditetapkan oleh perusahaan.

KESIMPULAN

Berdasarkan hasil penelitian yang telah dilakukan dapat diambil beberapa kesimpulan antara lain sebagai berikut :

1. Akurasi perhitungan hasil estimasi produksi pucuk teh di sebagian Kabupaten Karanganyar menggunakan Citra Sentinel-2A tahun 2016 sebesar 58,84 %, dengan RMSE sebesar 201,105 kg/ha
2. Citra Sentinel-2A dapat dikatakan mampu dalam mengkorelasikan hasil estimasi produksi pucuk teh dengan beberapa transformasi indeks vegetasi. Hal ini didasarkan pada hasil korelasi regresi antara produktivitas pucuk teh di lapangan dengan beberapa transformasi indeks.
 - a. Hasil korelasi regresi produktivitas pucuk teh dengan transformasi indeks vegetasi NDVI sebesar 46%
 - b. Hasil korelasi regresi produktivitas pucuk teh dengan transformasi indeks vegetasi SAVI sebesar 50%
 - c. Hasil korelasi regresi produktivitas pucuk teh dengan transformasi indeks vegetasi ARVI sebesar 63%

Hasil dari korelasi regresi produktivitas pucuk teh dengan transformasi indeks vegetasi NDVI dan SAVI memiliki hubungan antar variabel yang sedang, sedangkan pada ARVI memiliki hubungan yang kuat.

3. Pemodelan spasial untuk produksi pucuk teh di perkebunan teh Kemuning Karanganyar, diperoleh nilai produksi sebesar 215,041 ton sedangkan data yang tersedia di PT. Rumpun Sari Kemuning pada bulan oktober 2016 hasil produksinya ialah sebesar

291,964 ton. Akurasi yang dihasilkan dari uji validasi ini ialah sebesar 74 %.

SARAN

1. Penggunaan data masih terbatas dikarenakan ketersediaan Citra Sentinel-2A yang bebas awan pada area yang dekat dengan gunung masih sangat minim.
2. Keterbatasan tenaga, waktu dan biaya membuat perhitungan produktivitas lapangan menjadi tidak optimal.

DAFTAR PUSTAKA

- BPS. 2015. *Statistik Teh Indonesia 2015*. Jakarta ; Badan Pusat Statistik
- Projo Danoedoro, Projo. 2012. Pengantar Penginderaan Jauh Digital. Yogyakarta.
- Fatmawati Fauziana, 2016 .Pemodelan Spasial Citra SPOT-7 untuk estmasi produksi pucuk teh (*Camellia sinensis* (L).O. Kuntze) di Perkebunan Teh PT Pagilaran Kabupaten Batang, Jawa Tengah. Thesis. Yogyakarta ; Fakultas Geografi UGM
- Huete, A. "A Soil-Adjusted Vegetation Index (Savi)." *Remote Sensing Of Environment* 25 (1988): 295-309.
- Lillesand, T.M. & Kiefer, R.W.1990. Penginderaan Jauh dan Interpretasi Citra (Terjemahan Dulbahri, Dkk). Yogyakarta: Gadjah Mada University Press.
- Herumurti, Sigit. 2013. Pemodelan Spasial Untuk Estimasi Produksi Padi Dan Tembakau Berdasarkan Citra Multiresolusi (Kasus Untuk Produksi Padi Di Kabupaten Wonosobo Dan Sragen, Serta Produksi Tembakau Di Kabupaten Temanggung, Provinsi Jawa Tengah). Disertasi. Yogyakarta ; Fakultas Geografi UGM
- Sabins, F. R. 1997. *Remote Sensing Principles and Interpretation*. San Fransisco: .W.H. Freeman and Company.
- Sugiyono. 2010. *Metode Penelitian Kuantitatif*. Jakarta : Rajawali
- Swain. P .H. And Davis, S.M., 1978. *Remote Sensing : The Quantitative Approach*, New York: Mcgraw-Hill.
- Thiede, G., 1981, *Methods of Corp Production Forecasting in The Ecc-Present And Expected Trends in Corp Production*, in *Appication Of Remote Sensing to Agricultural Production Forecasting* (Ed: Berg, A.), A.A. Belkema, Rotterdam
- Wikan, Muhamad. 2015. *Pemanfaatan Penginderaan Jauh untuk Kajian Tutupan Lahan sebelum dan Pasca Erupsi Gunung Merapi tahun 2010*. Skripsi. Yogyakarta ; Fakultas Geografi UGM