

OTOMATISASI PENGHITUNGAN KANOPI SAWIT PADA FOTO UDARA FORMAT DIGITAL (KASUS KANOPI POHON KELAPA SAWIT DI PERKEBUNAN SAWIT KSP INTI PONTIANAK KALIMANTAN BARAT)

Rahmi Agtasari

*Alumni Fakultas Geografi, Universitas Gadjah Mada, Yogyakarta
E-mail: rainstitute@telkom.net*

ABSTRAKSI

Tujuan penelitian ini adalah identifikasi dan penghitungan kanopi pohon secara otomatis dan membandingkan hasil penghitungan kanopi pohon secara manual dan secara otomatis. Penelitian dilakukan dengan melakukan kuantifikasi dari aspek: rona, tekstur, bentuk, area, dan efek iluminasi. Kanopi dan latar dipisahkan melalui proses morfologi citra. Citra penginderaan jauh yang digunakan adalah foto udara format kecil yang diakuisisi menggunakan Kamera Nikon DIX yang terintegrasi dengan Global Positioning System (GPS) sehingga tiap lembar foto memiliki koordinat geografis yang berguna pada proses referensian geografis dan mozaik citra. Mozaik citra dilakukan dengan menggunakan perangkat lunak EnzoMozaic. Penelitian dilakukan melalui dua tahap utama, yaitu: penyusunan model citra dan tahap implementasi.

Penghitungan pada Area 1 yang lebih didominasi oleh tegakan sawit dengan umur sekitar 13 tahun atau dalam kategori sawit tua, secara akumulasi menghasilkan akurasi yang lebih tinggi (96,85%) dibanding Area 2 (76,51%) yang didominasi oleh tegakan sawit dengan umur sekitar 5 tahun. Perbedaan hasil akurasi penghitungan pada Area 2 diakibatkan faktor tekstur latar yang kasar dan faktor iluminasi yang tinggi tetapi pada blok dengan tekstur dan efek iluminasi yang sedang kesalahan hasil penghitungan otomatis tidak lebih dari 1% yaitu: 0,24% pada Area2_27 (Area 2 blok 27) dan dengan delinesasi kanopi yang baik pula. Penghitungan pada Area 1 secara akumulatif lebih tinggi dikarenakan pada tegakan sawit yang tua faktor latar sudah hampir tidak berpengaruh kecuali secara parsial, sekalipun lebih tinggi pada Area 1 tidak dapat dilakukan delinesasi kanopi secara baik karena bentuk kanopi sudah tidak mengumpul lagi (sudah tua). Perbedaan utama pada penghitungan yang memiliki akurasi yang tinggi (>90%) pada Area 1 dan (<80%) Area 2 dan pada Area 2 dapat dilakukan delinesasi kanopi dengan baik sedangkan Area 1 tidak. Penelitian ini juga menghasilkan peningkatan kecepatan kerja dibanding penghitungan langsung dilapangan dengan 5,2 m²/detik, penghitungan manual dari citra 52 m²/detik (Wanasuria, 2003) menjadi 1Ha /detik.

Kata kunci: kanopi, sawit, otomatisasi, pengolahan citra, computer vision, morphology

1. PENDAHULUAN

Perkembangan pemanfaatan penginderaan jauh secara kontinue tumbuh dengan pesat dengan pengembangan pada berbagai aplikasi pemetaan vegetasi ataupun observasi lingkungan lainnya. Peningkatan penggunaannya berkaitan dengan ketersediaan citra kualitas tinggi dengan harga yang murah serta pesatnya perkembangan kekuatan komputasi elektronik.

Permintaan terhadap akurasi dan kualitas dari suatu interpretasi dan klasifikasi citra foto udara membutuhkan presisi posisi maupun ketepatan informasi spektral. Kebutuhan ini dapat dipenuhi dengan peningkatan kemampuan satelit atau wahana yaitu sensor baru yang lebih perkasa baik dalam kemampuan spektral maupun spasial, atau dengan pengembangan teknik pemrosesan citra. Pilihan kedua memberikan alternatif yang secara signifikan lebih murah. Metode fusi citra dikembangkan untuk menanggapi alternatif kedua dari pilihan tersebut. Bagaimanapun pengembangan peningkatan kemampuan dari sensor, penggunaan fusi citra tetap relevan.

Peningkatan resolusi spasial yang makin halus berdampak pada metode analisa yang

digunakan. Permasalahan yang timbul adalah kajian multispektral ataupun hiperspektral yang selama ini digunakan dalam analisa citra digital tidak selalu menjadi alternatif yang cukup tepat untuk mengatasi setiap permasalahan interpretasi citra baik secara visual maupun digital pada citra resolusi tinggi, baik yang dihasilkan oleh wahana satelit maupun foto udara. Kondisi ini dikarenakan obyek yang diindera semakin jelas dan konkret menyerupai bentuk aslinya, seperti bangunan gedung, rumah, vegetasi.

Kebenaran interpretasi dan verifikasi hasil merupakan kelengkapan yang diinginkan pengguna citra penginderaan jauh. Kebutuhan akan kesempurnaan pemetaan dan monitoring hutan yang semakin menuntut peningkatan skala dan meliputi area yang luas merupakan tantangan bagi para peneliti dibidang penginderaan jauh dan kehutanan.

Banyaknya hutan yang memiliki struktur kanopi yang kompleks, baik secara vertikal maupun secara horisontal, menyebabkan para interpreter tidak berani menjamin bahwa sebuah kanopi diasumsikan sebagai satu pohon. Karena pada beberapa kasus, beberapa kanopi dapat merupakan bagian dari satu pohon. Pada beberapa kasus pengolahan citra, dimungkinkan untuk menggunakan nilai spektral dan analisa spasial dari

cluster yang berasosiasi dengan tanah untuk meyakinkan perkiraan struktur dan atribut dari pohon.

Permasalahan yang terjadi saat ini adalah surutnya intensitas penggunaan foto udara untuk penyadapan informasi lahan dibanding dengan citra satelit karena tingginya peralatan pendukung yang diperlukan untuk analisa secara manual serta waktu yang lebih lama diperlukan untuk menyelesaikan pekerjaan interpretasi tersebut.

Terapan penginderaan jauh sistem satelit untuk bidang kehutanan ini berkembang sangat cepat selaras dengan perkembangan pemrosesan citra digital satelit sumberdaya bumi. Penginderaan jauh sistem satelit telah meningkatkan percepatan terhadap pencapaian tujuan. Penelitian mendalam telah memungkinkan pengembangan suatu sistem analis dengan bantuan komputer dengan biaya rendah, tetapi penilaian terpaksa ditentukan oleh ukuran piksel semata dan ketergantungan terhadap perbedaan spektral. Pada dasarnya bukan karena sistem satelit yang lebih efisien tetapi tipe media digital itulah yang mendukung bagaimana interpretasi dapat dilakukan secara efisien. Paradoks tersebut mengilhami menggabungkan cara kerja interpretasi manual pada citra foto udara agar dapat dilakukan secara otomatis dengan menggunakan pendekatan persepsi visual manusia.

Rona, bentuk, tekstur, pola, bayangan, ukuran dan situs merupakan unsur-unsur diagnostik visual yang digunakan oleh manusia untuk mengenali obyek pada citra (Howard, 1996). Bagaimana jika unsur tersebut dilakukan secara otomatis menggunakan perangkat lunak merupakan hal yang sangat menarik untuk dikaji dalam penelitian ini.

Rapatnya vegetasi pada kenampakan citra foto udara seringkali menimbulkan masalah, terutama dalam hal penghitungan tegakan, hal ini seringkali ditemukan dalam kajian penginderaan jauh untuk kehutanan dan penginderaan jauh untuk perkebunan. Salah satu kelebihan penginderaan jauh dibandingkan dengan survei terestrial adalah survei penginderaan jauh lebih menghemat waktu dan biaya dibandingkan dengan survei terestrial. Penghitungan obyek melalui pengenalan bentuk secara otomatis, diharapkan dapat membantu dalam analisa citra dalam hal penghitungan pohon dan menghemat waktu dibandingkan dengan penghitungan secara manual. Pada penelitian ini, pengenalan obyek digunakan untuk membedakan entitas yang dihitung dengan latarnya.

2. METODE

Penerapan otomatisasi menggunakan model analisa visual ini dilakukan dengan membuat suatu simulasi model kondisi sebenarnya pada lingkungan dengan model yang ideal yang selanjutnya diimplementasikan pada citra foto udara sebagian blok perkebunan kelapa sawit KSP Inti, Area 1 dan 2, Pontianak, Kalimantan Barat format digital sebagai ujicoba. Simulasi dilakukan pada lima unsur analisa citra, yaitu: rona, bentuk, tekstur, pola dan

efek iluminasi. Penelitian dilakukan dalam lima langkah, yaitu:

Langkah 1: Penyusunan Model

Model yang dibangun pada penelitian ini berupa bentuk disk, bintang, dan bentuk tak teratur dengan konektivitas obyek mulai dari tidak ada konektivitas hingga ada konektivitas, dengan pola mulai teratur hingga terdapat efek iluminasi, dengan heterogenitas latar mulai dari homogen, sedang hingga tinggi, dengan rona cerah dan gelap. Akhirnya tiap model terdiri atas 48 macam dengan berbagai efek dan simulasi.

Langkah 2: Interpretasi Manual Foto Udara

Interpretasi manual bertujuan menghitung jumlah kanopi yang akan digunakan sebagai pembandingan penghitungan otomatis. Interpretasi manual dilakukan dengan cara digitasi layar.

Langkah awal sebelum melakukan penghitungan manual adalah membedakan antara obyek kanopi sawit dengan bukan sawit.

Langkah 3: Penghitungan Otomatis Kanopi

Langkah awal penghitungan dilakukan pada model kanopi untuk mendapatkan set parameter terbaik operasi morfologi yang digunakan. Set parameter yang dihasilkan digunakan pada penghitungan aktual kanopi.

Adapun piranti lunak yang digunakan adalah sebagai berikut:

MATLAB, digunakan dalam proses eliminasi efek iluminasi, estimasi model citra latar, pengurangan citra, perentangan kontras, penentuan nilai ambang, penghilangan noise, menutup bagian dalam obyek, pemisahan obyek terhubung dan penghitungan obyek secara otomatis (Duane, 1997).

Mathcad, digunakan untuk mengubah model obyek dari citra atau gambar menjadi model numerik atau disebut dengan structure element (*strel*). *Strel* ini disimpan dalam format .csv atau data yang dipisahkan dengan koma. File .csv selanjutnya dibaca oleh program MATLAB dalam perhitungan analisa citra. Pengolahan file .csv ini menggunakan Microsoft Excel.

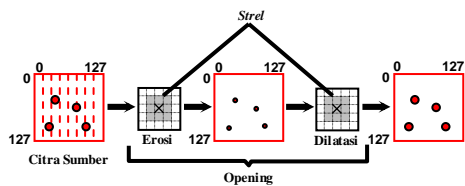
Adobe Photoshop, digunakan untuk menggambar model kemudian memberikan gambaran tentang berbagai efek yang timbul akibat, misalnya dengan berbagai tingkat heterogenitas latar, tingkat pencahayaan, pola, rona, dan bentuk yang bervariasi.

Penghitungan secara otomatis dilakukan dalam delapan tahapan:

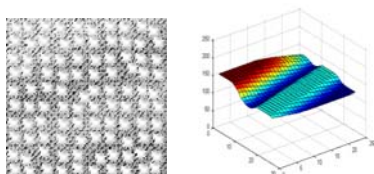
1) Eliminasi Efek Iluminasi Tak Seragam Citra Foto Udara

Eliminasi efek iluminasi tak seragam pada Foto Udara dilakukan melalui operasi morfologi *Opening* pada citra biner yaitu dengan memindahkan beberapa piksel dari daerah tepi ke bagian depan.

Operasi ini berfungsi untuk mendapatkan model iluminasi latar dan juga berguna untuk menghilangkan derau yang terdapat pada citra.



Gambar 1. Tahapan Operasi Opening. Citra asli dilakukan operasi erosi yang dilanjutkan dengan dilatasi (Bassman, 2003)



Gambar 2. Estimasi fisiografi latar untuk mengurangi efek iluminasi tak seragam (Pengolahan Data: 2005)

Tipe derau yang sering dijumpai pada citra digital adalah: *Gaussian noise*: berupa gangguan derau berwarna putih dan memiliki pola algoritma gauss, dan *Speckle* atau derau *multiplicative*, biasanya terjadi jika terjadi hambatan transfer data dari sensor ke media penyimpanan (*bottle neck effect*).

2) Subtraksi Citra

Subtraksi citra dilakukan pada citra hasil proses morfologi *opening* terhadap citra asli. Tahap ini berguna untuk mendapatkan model rona latar yang seragam pada citra kanopi sawit.

$$Q = P_{1(i,j)} - P_{2(i,j)}$$

$P_{1(i,j)}$ adalah citra asli dan $P_{2(i,j)}$ citra latar (Gonzales, 1992).

3) Perentangan Kontras

Citra hasil subtraksi memiliki nilai rerata yang rendah atau memiliki rona yang cenderung gelap oleh karenanya memiliki nilai interpretabilitas visual yang rendah. Perentangan kontras dilakukan untuk meningkatkan nilai interpretabilitas visual tetapi tidak memiliki pengaruh yang signifikan dalam analisa data digital.

Jenis perentangan kontras yang dapat digunakan adalah *histogram equalization* yang bermanfaat untuk meningkatkan kontras dengan mentransformasi sehingga histogram terdistribusi secara normal, dan *adaptif equalization* yang bermanfaat untuk meningkatkan kesan visual obyek yang tertutup bayangan.

$$P_{out} = (P_m - c) \left(\frac{b-a}{d-c} \right) + a$$

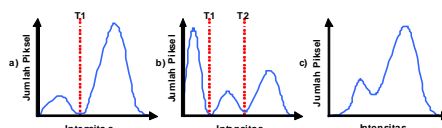
Batas atas terendah dan tertinggi berturut-turut adalah a dan b. Nilai aktual terendah dan tertinggi pada citra dinotasikan dengan c dan d (Jain, 1989; Vernon, 1991)

Penggunaannya sesuai dengan kondisi citra yang diolah. Setiap citra bahkan setiap region of

interest dapat memiliki cara perentangan kontras yang berbeda.

4) Konversi Citra

Identifikasi obyek secara otomatis memerlukan citra dalam format biner sehingga jika citra sumber memiliki format grayscale atau true color perlu dilakukan perubahan format. Penentuan nilai ambang (*threshold*) ditentukan untuk memilah piksel yang akan bernilai 0 dan 1. Kedua nilai tersebut sangatlah berpengaruh dalam identifikasi obyek. Pada penelitian ini obyek terhitung akan bernilai 1 dan latar bernilai 0.

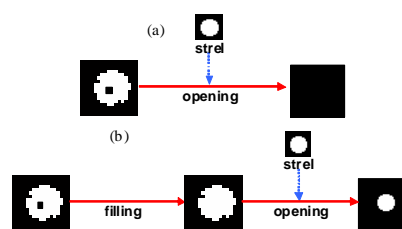


Gambar 3. Beberapa tipe histogram untuk dilakukan penentuan nilai ambang. (Davies, 1990)

Penentuan nilai ambang otomatis dilakukan menurut formula Otsu 1979. Nilai ambang ini [level] dapat pula dilakukan secara manual dengan menentukan secara langsung nilainya.

5) Mengisi Gap Entitas

Entitas atau dalam Culvenor 1998, disebutkan dengan istilah *cluster*. *Cluster* ini dapat memiliki entitas di dalam entitas yang sesungguhnya merupakan obyek yang sama atau dalam kata lain satu tegakan. Teknik identifikasi yang dilakukan adalah dengan cara mengisi gap yang ada diantara entitas internal tersebut, sehingga pada akhirnya hanya dihitung sebagai satu tegakan saja, teknik ini mengacu pada Soille 1999, tentang *image filling* melalui operasi morfologi.



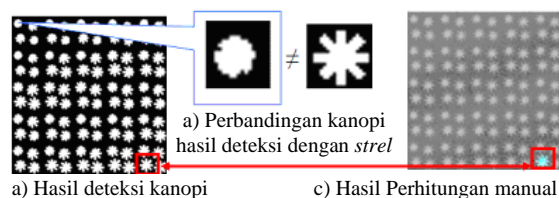
Gambar 4. Entitas yang tidak di-fill akan tertapis dalam operasi opening (Pengolahan Data: 2005)

6) Penghilangan Gangguan Citra

Gangguan citra disini dapat berupa obyek yang bukan tegakan tetapi diidentifikasi sebagai tegakan atau bernilai nol. Tegakan diidentifikasi sebagai kesatuan nilai 1 pada citra yang memiliki dimensi area tertentu. Obyek yang diidentifikasi sebagai tegakan dengan ukuran yang berbeda dibandingkan ukuran tegakan pada umumnya akan dihilangkan pada tahap ini. Kanopi yang terpotong meragukan berasal dari satu tegakan atau tidak. Tahap ini dilakukan dengan operasi *closing*.

7) Penapisan Kanopi Sawit

Penapisan ini dilakukan menggunakan contoh sampel kanopi yang diambil dari citra. Contoh kanopi hendaknya mewakili bentuk seluruh kanopi yang ada pada *region of interest* (ROI), jika tidak maka kanopi yang tidak sesuai dengan geometri model kanopi (*strel*) akan tertapis.



Gambar 5. Ketidaksesuaian strel yang digunakan dapat mengakibatkan kesalahan penghitungan, sekalipun sistem telah berhasil memisahkan kanopi dengan latar (Pengolahan Data: 2005)

8) Ekstraksi Informasi Obyek

Penapisan awal telah dilakukan pada variabel, rona, iluminasi, heterogenitas latar. Pada tahap akhir dilakukan penapisan bentuk dan ukuran. Identifikasi bentuk dilakukan dengan menggunakan indeks kebulatan dengan menggunakan rasio antara area dan perimeter, sedangkan ukuran dilakukan dengan menggunakan variabel area.

$$ik = 4 \times \pi \times \frac{Area}{Perimeter^2}$$

Formula indeks kebulatan untuk mengidentifikasi obyek kanopi dan non-kanopi (Duane, 1997)

Menentukan jumlah obyek keseluruhan dan menggambarkannya dengan palet warna RGB, dan ditahan untuk dapat dioverlay pada analisa visual berikutnya.

Langkah 4: Uji Model

Uji model ini dilakukan pada berbagai macam bentuk model dengan berbagai efek yang ada pada setiap model yang dianggap mempengaruhi tingkat keakuratan penghitungan. Uji model ini dilakukan untuk mempermudah penghitungan obyek yang akan dilakukan pada penelitian ini.

Langkah 5: Analisis Perbandingan

Hasil penelitian ini akan diuji akurasinya dengan jalan membandingkan antara hasil yang didapat pada penghitungan secara otomatis dengan hasil yang didapatkan dengan cara penghitungan manual. Sehingga dapat diketahui tingkat ketelitian yang didapatkan menggunakan penghitungan secara otomatis (digital) dibandingkan dengan penghitungan secara manual. Pengukuran terhadap faktor yang paling berpengaruh terhadap akurasi penghitungan otomatis dilakukan menggunakan analisa multivariat.

Bahan: Bahan yang digunakan adalah Foto Udara Format Kecil pada:

Tabel 1. Data umur tanaman sawit daerah penelitian

| Area | Umur tanaman |
|------|--------------|
| 1 | ≥ 13 tahun |
| 2 | ≤ 5 tahun |

(Sumber: Global Multimedia Network: 2005)

Spesifikasi Kamera yang digunakan:

Model: Nikon D1X
Type: Lens-interchangeable SLR
Fokus: 35mm
Dimensi: 3008 x 1960 pixel
Konektor PC: IEEE 1394
Konektor GPS: RS232c
Tinggi Terbang: 800 – 1.000m

3. HASIL DAN PEMBAHASAN

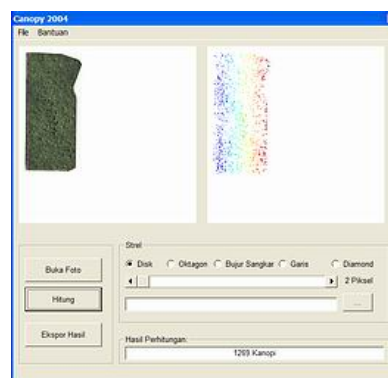
Peningkatan unjuk kerja penghitungan kanopi secara otomatis dibandingkan dengan penghitungan secara langsung di lapangan dan penghitungan *on screen counting* menurut (Wanasuria, 2003) adalah peningkatan kerja yang signifikan dengan menggunakan penghitungan secara otomatis.

Tabel 2. Perbandingan penghitungan kanopi.

| Metode Penghitungan | Akurasi | Kecepatan |
|----------------------|--------------|-------------|
| Langsung di Lapangan | 100% | 1,875Ha/jam |
| On Screen Counting | 99% | 18,75Ha/jam |
| Otomatis | 75% - 96,85% | 1Ha/detik |

(Pengolahan Data: 2005 dan Wanasuria, 2003)

Area 1 mendapatkan akurasi penghitungan yang lebih tinggi (96,85%), hal ini secara umum disebabkan oleh pengaruh faktor latar (*ground*) lebih kecil. Tingginya pengaruh latar pada Area 1 diakibatkan diameter kanopi masih terlalu kecil.



Gambar 7. Software Canopy 2004

Analisa terhadap pengolahan model kanopi menghasilkan ranking faktor yang paling berpengaruh terhadap akurasi perhitungan otomatis, sebagai berikut:

Tabel 3. Tingkat pengaruh faktor unsur-unsur diagnostik citra terhadap akurasi penghitungan kanopi secara otomatis.

| <i>Model Bitmap</i> | <i>Model Grayscale</i> |
|--------------------------------|---------------------------------|
| Rona, | Iluminasi |
| Tekstur Heterogenitas latar | Rona, |
| Iluminasi | Tekstur Heterogenitas latar, |
| Konektifitas kanopi, Bentuk | Konektifitas kanopi Bentuk |

(Pengolahan Data: 2005)

1) Efek Iluminasi

Efek iluminasi pada Area 1 lebih mempengaruhi roda permukaan kanopi dibanding latar karena dengan semakin lebar kanopi maka kondisi jalinan akan semakin tinggi sehingga menutupi latar. Kondisi yang lebih buruk terjadi pada Area 2 dimana latar tidak hanya dipengaruhi oleh tekstur yang kasar tetapi juga dipengaruhi oleh efek iluminasi yang menjadikan kondisi citra yang tidak mudah untuk dilakukan penghitungan

Kegagalan penghitungan kanopi akibat tingginya efek iluminasi, seperti yang terjadi pada penghitungan pada citra Area2_16., akurasi hanya mencapai = 39.96%.

2) Rona

Foto udara pada Area 2 memiliki rona yang sedikit lebih cerah dan lebih heterogen dibandingkan foto pada Area 1. Kelapa sawit muda memiliki kanopi yang tidak melebar dan masih tampak membulat, belum menjari seperti halnya pada sawit tua (Area 1).

Rona yang gelap pada Area 2 terdapat pada daerah yang tertutup oleh bayangan. Rona gelap pada Area 2 juga terdapat pada hutan atau pepohonan yang bergerombol yang masih cukup banyak ditemukan pada Area 2.

Hutan atau gerombolan pohon tersebut biasanya berupa area perkebunan yang belum dibuka sedangkan bagian lahan terbuka merupakan hasil pembukaan lahan namun belum ditanami dengan kelapa sawit.

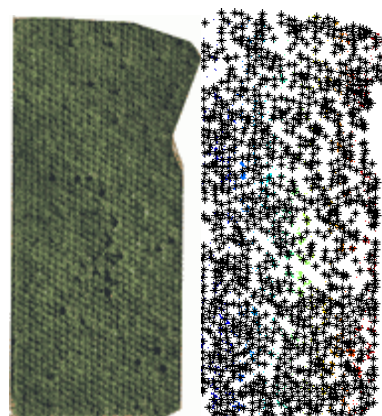
3) Tekstur

Variasi latar pada Area 2 masih tampak jelas dan memiliki tingkat heterogenitas antara sedang sampai tinggi. Hal ini menyebabkan cukup banyak terjadi efek iluminasi atau pencahayaan tidak seimbang yang akan dibahas pada bagian iluminasi sendiri. Heterogenitas latar dan rona yang cerah yang banyak terdapat pada foto pada Area 2 semakin menyulitkan pembedaan antara kanopi pohon dengan latar. Pada kondisi ini juga sulit untuk membedakan antara kanopi pohon kelapa sawit dengan kanopi non kelapa sawit. Akurasi paling

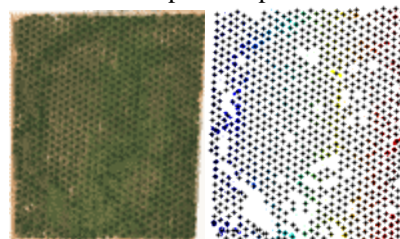
rendah dalam penghitungan kanopi akibat tekstur yang tinggi mencapai 59.19% pada area2_18.

4) Jalinan Tajuk

Kunci interpretasi pola, dalam penelitian ini diartikan sebagai konektifitas kanopi. Antara Area 1 dan 2 sangat jelas terlihat perbedaan informasi konektifitas. Area 1 hampir semua area memiliki kanopi yang saling terjalin kecuali blok 33 dan 47, sedangkan pada Area 2 semua konektifitas kanopi dapat dipisahkan, Kondisi ini berkaitan dengan umur tanaman.



a) Hasil deteksi kanopi sawit pada Area 1 blok 47



b) Hasil deteksi kanopi sawit pada area2 blok 27

Gambar 6. Perbedaan struktur kanopi yang nyata antara sawit umur muda dan tua. (Pengolahan Data: 2005) Image Courtesy: Bob Villanueva Global Multimedia Network

5) Bentuk

Kelapa sawit memiliki bentuk kanopi yang berbeda tergantung pada umurnya. Semakin tua pohon kelapa sawit, kanopinya akan semakin lebar dan berbentuk menjari pada tiap helainya, sedangkan pada kelapa sawit muda, kanopinya masih bergerombol ditengah dan berbentuk membulat.

Pembedaan ini sulit dilakukan karena pada Area 2, selain terdapat pohon kelapa sawit, terdapat pula jenis-jenis pohon lain yang tidak diketahui, baik sebagai tanaman penyusun hutan yang belum dibuka pada area perkebunan ataupun tanaman lain yang sengaja ditanam sebagai tanaman antara pada perkebunan kelapa sawit atau bahkan gerombolan rumput liar yang terdapat pada area perkebunan.

4. KESIMPULAN

- 1) Dapat diterapkannya penghitungan otomatis kanopi sawit dengan akurasi yang tinggi.

- 2) Faktor yang secara signifikan dapat meningkatkan akurasi yang tinggi pada penghitungan kanopi adalah: efek iluminasi yang rendah, tekstur atau heterogenitas latar yang rendah dan rona citra secara keseluruhan sedang
- 3) Terjadi peningkatan kinerja yang signifikan dengan penggunaan penghitungan kanopi secara otomatis dibanding penghitungan manual di layar atau penghitungan langsung dilapangan.

DAFTAR PUSTAKA

- Bassman. H., 2003, *Digital Image Processing*, Imaging Source, www.theimagingsource.com.
- Culvenor, D.S., Coops, N. C., Preston, R., and Tolhurst, K. G., 1998, A spatial clustering approach to automated tree crown delineation. In: *Proceedings Automated Interpretation of High Spatial Resolution Digital Imagery for Forestry*, Victoria, British Columbia.
- Davies, 1990, *Machine Vision: Theory, Algorithms and Practicalities*, Academic Press.
- Duane, H. dan Bruce, L., 1997, *The Student Edition of MATLAB*, Prentice-Hall International, London.
- Gonzalez dan Woods, 1992, *Digital Image Processing*, Addison-Wesley Publishing Company, California.
- Jain, A., 1986, *Fundamentals of Digital Image Processing*, Prentice-Hall International, London.
- Nikon Corporation, 2004, *Digital SLR Camera DIX Specifications*, Edisi April 2004, Nikon Publishing, Tokyo.
- Otsu, N., 1979, "A Threshold Selection Method from Gray-Level Histograms," *IEEE Transactions on Systems, Man, and Cybernetics*, Vol. 9, No. 1.
- Soille, P., 1999, *Morphological Image Analysis: Principles and Applications*, Springer-Verlag.
- Vernon, 1991, *Machine Vision*, Prentice-Hall International, London.
- Wanasuria S., Fathoni A., Nugroho E., dan Helmi M., 2003, Penggunaan Citra Satelit IKONIS untuk Mendukung Pengelolaan Perkebunan Kelapa Sawit, *Proceeding PIT XII MAPIN*, ITB, Bandung.



Biografi Penulis:

Rahmi Agtasari, S.Si.

Alumni Fakultas Geografi, UGM.

- ❖ Selama kuliah aktif sebagai Asisten Praktikum pada tujuh mata kuliah Penginderaan Jauh dan berkiprah dalam organisasi mahasiswa.
- ❖ 2001 – 2003 bekerja sebagai Instruktur pelatihan ErfMapper, MapInfo, ArcView, ArcInfo, ArcGis.
- ❖ Kini aktif meneliti dan mengembangkan perangkat lunak di Bidang Penginderaan Jauh dan Otomatisasi.

