

Penajaman Citra Penginderaan Jauh Komposit Warna Dengan Pemanfaatan Citra Sparsa Transformasi Curvelet

M Natsir

¹PusatTeknologidan Data PenginderaanJauh, LAPAN. Email: mohnatsir@yahoo.com

Abstrak –Ketajaman citra membantu keakuratan hasil klasifikasi citra. Ketajaman campuran warna pada citra tergantung kepada kanal yang digunakan. Untuk mempertajam citra komposit warna yang kurang tajam salah satunya dilakukan menggunakan kanal pankromatik. penajaman menggunakan citra sparsa hasil transformasi kanal-kanal dan komponen CIE Lab citra dengan transformasi Curvelet. Ketajaman dapat diatur dengan mengubah fungsi pengali komponen. Hasil yang diperoleh cukup baik.

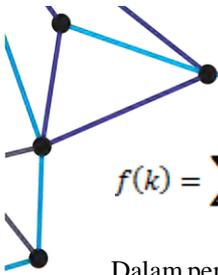
Kata kunci: Penajaman Citra, Citra Sparsa, ruang warna, Transformasi Curvelet, CIE Lab

PENDAHULUAN

Interpretasi sebuah citra penginderaan jauh akan semakin baik bila citra mempunyai batas antar obyek yang tajam. Untuk mempertajam (*sharphening*) sebuah citra penginderaan jauh multispectral dilakukan penajaman seluruh kanalnya, melalui transformasi misalnya pemerataan histogram, meninggikan kontras atau dengan penambahan nilai Laplacian. Untuk mendapatkan informasi tematik dilakukan dengan kombinasi kanal yang berbeda-beda. Kombinasi kanal untuk kehutanan, pertanian, pemetaan lainnya berbeda dengan kombinasi kanal untuk penelitian kelautan. Untuk mempertajam citra tanpa mengurangi informasi yang ada dilakukan dengan modulasi kanal pankromatik yang dikenal dengan *pansharpening*. Salah satu penambahan Laplacian adalah dengan menambahkan suatu citra sparsa (citra yang nilai komponennya sebagian besar adalah nol). Sejak tahun 1990-an penajaman citra dengan memanfaatkan citra sparsa yang diperoleh melalui transformasi suatu citra biasai. Signal atau citra sparsa didefinisikan sebagai signal atau citra yang sebagian besar anggotanya adalah nol. Citra seperti itu secara alami terdapat pada citra astronomi atau radar navigasi. Ukuran kejarangan titik bukan nol atau adanya titik terang dinyatakan dengan kardinalitas (*cardinality*), bila yang dimiliki hanya satu titik terang maka disebut dengan signal sparsa-1 (*1-sparse signal*) atau citra sparsa-1, apabila memiliki k buah titik k -sparse signal, dengan $k \ll N$, N merupakan jumlah total titik. Dalam penelitian atau aplikasinya ukuran sparsa yang digunakan dalam penelitian tidak dipentingkan, bahkan diabaikan.

Citra sparsa yang digunakan dalam penelitian ini berasal dari transformasi menggunakan Transformasi Curvelet yang merupakan pengembangan dari Transformasi Wavelet. Transformasi Curvelet dulunya disebut Transformasi Ridgelet yang merupakan transformasi Wavelet searah. Transformasi curvelet adalah transformasi skala jamak (*multiscale*) terarah yang mengijinkan penampilan sparsa nonadaptive hampir optimal dari suatu obyek yang mempunyai banyak tepi. Transformasi Curvelet ditemukan dalam riset untuk tujuan mengatasi keterbatasan transformasi wavelet tahun 1999 oleh Candes dan Donoho. Sebenarnya, inti dari transformasi curvelet adalah *transformasi ridgelet*. Dalam tahun 1999, transformasi wavelet yang secara geometrik isotrop dikembangkan menjadi anisotrop dan disebut transformasi ridgelet (*ridgelet transform*) diperkenalkan oleh Candes dan Donoho. Transformasi Ridgelet optimal ketika menampilkan singularitas garis lurus. Kerugiannya, singularitas garis lurus itu banyak muncul dalam aplikasi imaginair. Untuk menganalisis suatu garis atau kurva, ide dasarnya adalah membuat partisi kemudian ditransformasi dengan transformasi Ridgelet untuk mendapat citra bagian. Transformasi Ridgelet untuk kotak-kotak itu yang diperkenal Candes dan Donoho tahun 2000, dengan pembagian blok-blok transformasi tersebut kemudian dikenal sebagai transformasi Curvelet generasi pertama, namun aplikasinya masih terbatas karena geometrinya belum jelas. Transformasi curvelet generasi kedua lebih sederhana, berdasarkan teknik pembagian frekuensi, dapat digunakan sebagai alat yang sangat efisien untuk berbagai macam aplikasi dalam pengolahan citra (Stark et al, 2010; Lu, 2012; www.curvelet.com, 2011).

Fourier memperkenalkan transformasi yang membawa ruang waktu yang nyata ke ruang frekuensi yang hanya bisa dibayangkan (*imaginary*), dapat digunakan menganalisis gejala alam yang sangat berguna dalam pengolahan citra, Analisis frekuensi-waktu adalah dekomposisi berbasis ortogonal, hingga signal dapat dikuantisasi dengan penjumlahan basis-basis yang berbeda dengan koefisien berbeda pula. Dengan pendekatan ini analisis dapat dilakukan dengan mudah, seperti berikut (djj.ee.ntu.edu.tw, 2011).



$$f(k) = \sum_k a_k b_k$$

1-1

Dalam persamaan ini a_k adalah koefisien, sedangkan b_k adalah basis atau frame.

Aplikasi utama Curvelet adalah: a) Kompresi data yaitu dengan memanfaatkan beberapa koefisien dengan basis terkait secara dominan terhadap sinyal. Kuantisasi dengan koefisien dominan tersebut dapat mencapai suatu kompresi data. b) Ekstraksi “feature”, mengingat bahwa basis-basis dengan koefisien tinggi adalah merupakan feature dari signal. Penunjuk yang diberikan pada basis-basis tersebut berguna dalam pengenalan pola. c) Perbaikan citra, dengan memanfaatkan semua basis yang ortogonal, maka akan dengan mudah dilakukan perbaikan atau restorasi citra tanpa akibat yang membebani.

Setiap transformasi mempunyai basis dan frekuensi tiling yang berbeda. Misalnya Transformasi Fourier waktu pendek (*Short Time Fourier Transform*).

Transformasi Fourier Waktu Pendek (*Short Time Fourier Transform*) disingkat menjadi TFWP atau STFT:

$$X(t, \omega) = \int_{-\infty}^{\infty} w(t - \tau)x(\tau)e^{-j\omega\tau} d\tau$$

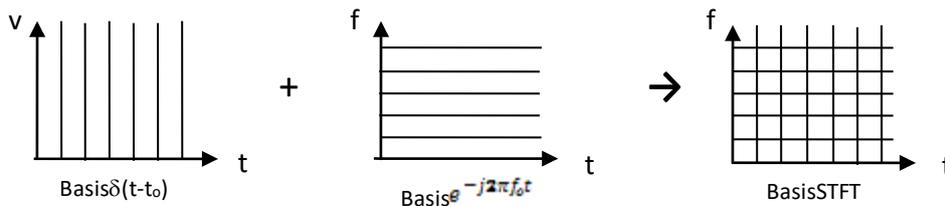
1-2

atau

$$X(t, f) = \int_{-\infty}^{\infty} w(t - \tau)x(\tau)e^{-j2\pi f\tau} d\tau$$

1-2a

Dengan $w(t)$ suatu fungsi diract yang merupakan fungsi waktu sangat pendek, transformasi dapat digambarkan seperti berikut:



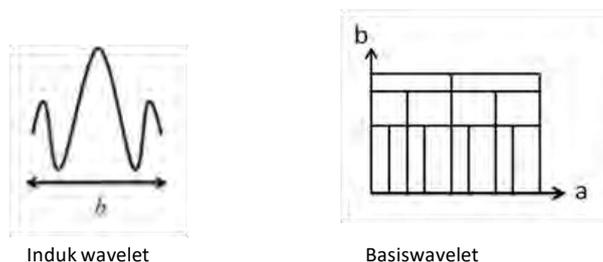
Gambar 1-1: Perubahan dari fungsi waktu ke frekuensi

Definisi transformasi wavelet dinyatakan suatu fungsi yang menyatakan hasil transformasi

$$X_w(a, b) = \frac{1}{\sqrt{b}} \int_{-\infty}^{\infty} x(t)\psi\left(\frac{t-a}{b}\right) dt$$

1-3

Dengan masukan $x(t)$ sebagai fungsi yang ditransformasikan dan $\Psi(t)$ sebagai induk wavelet (*mother wavelet*), sedang a adalah lokasi spasial (bilangan riil) dan b (bilangan riil positif) adalah skala. Transformasi wavelet menghasilkan basis-basis multi skala.



Gambar 1-2: Wavelet dan basis multi skala dari wavelet

Wavelet dengan multi skala dapat menandai titik-titik ‘*discontinue*’ lebih baik dari STFT, namun masih tidak optimal untuk curve. Karena basis wavelet isotropic, sedangkan curve mempunyai arah, maka memerlukan banyak koefisien untuk menghitung tepi-tepi obyek. Maka pengembangan transformasi wavelet menjadi yang disebut transformasi curvelet, diharapkan transformasi curvelet dapat menandai diskontinuitas titik-titik yang berupa kurva (Gambar 1-3).

Walaupun multi skala dapat meng' handle' titik-titik 'discontinue' lebih baik dari STFT, namun masih tidak optimal untuk curve. Karena basis wavelet isotropic, sedangkan curve mempunyai arah, maka memerlukan banyak koefisien untuk menghitung tepi-tepi obyek.

Transformasi Curvelet didefinisikan sebagai fungsi x pada skala 2^{-j} , orientasi θ , dan posisi $X_k^{(j,l)}$

$$\varphi_{j,l,k}(x) = \varphi_j(R_{\theta_l}(x - x_k^{(j,l)})) \quad \forall k = (k_1, k_2) \in Z^2 \tag{1-4}$$

Dengan k sebagai parameter urutan translasi. Sudut rotasi θ dengan selisih nilai sama satu sama lain didefinisikan sebagai $\theta = 2\pi \text{int}(-1/2j).l$ dengan $l = 0, 1, 2, 3 \dots$ dan $0 < \theta < 2\pi$.

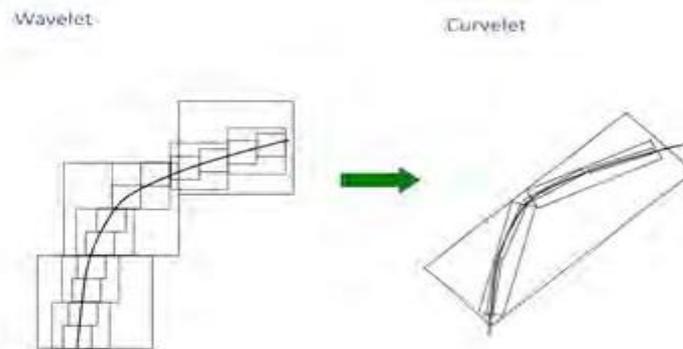
$$x_l^{(i,j)} = R_{\theta_l}^{-1}(k_1 \cdot 2^{-j}, k_2 \cdot 2^{\frac{j}{2}}) \tag{1-5}$$

R_{θ_l} adalah matriks rotasi dalam θ radian, sedangkan $R_{\theta_l}^{-1}$ adalah inverse-nya.

$$R_{\theta_l} = \begin{bmatrix} \cos\theta & \sin\theta \\ -\sin\theta & \cos\theta \end{bmatrix} \quad \text{dan} \quad R_{\theta_l}^{-1} = \begin{bmatrix} \cos\theta & -\sin\theta \\ \sin\theta & \cos\theta \end{bmatrix} \tag{1-6}$$

Koefisien Curvelet didefinisikan sebagai

$$c(j, l, k) = \langle f | \varphi_{j,l,k} \rangle = \int_{-\infty}^{\infty} f(x) \overline{\varphi_{j,l,k}(x)} dx \tag{1-7}$$



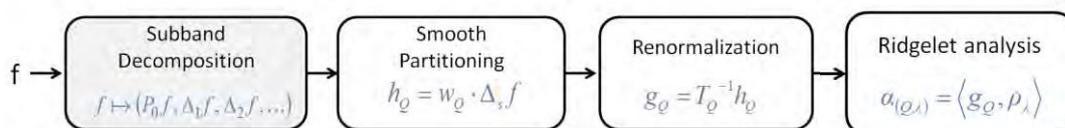
Gambar 1-3: Perbaikan Transformasi Wavelet menjadi transformasi Curvelet (djj.ee.ntu.edu.tw, 2011)

Penggambaran domain frekuensi hasil frekuensi Curvelet dengan menggunakan ruang koordinat Pseudo Polar. Curvelet pada skala tertentu j , lokasi tertentu l , k tertentu disajikan menjadi suatu trapesium polar (berbentuk seperti baji, atau *wedge*). Semua curvelet pun berasal dari satu induk $\varphi_k^{j,l}$ yang ditranslasi, dirotasi dan diubah skalanya.

Tabel 1-1: Respons Transformasi terhadap Diskontinuitas

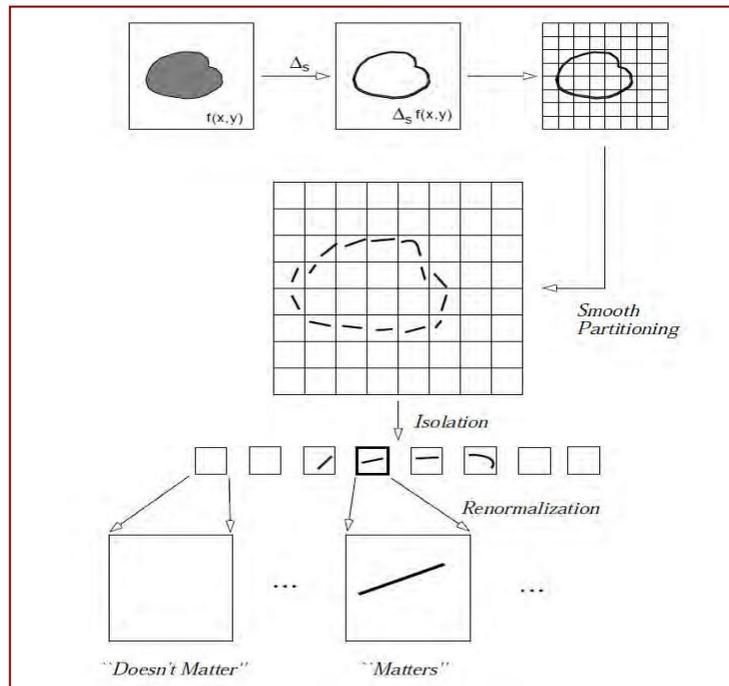
Fourier (FT)	Suatu titik discontinu mempengaruhi seluruh koefisien Fourier dalam domain. Sehingga FT tidak handle discontinuitas titik dengan baik.
Wavelet (WT)	Titik: hanya berpengaruh pada sejumlah koefisien terbatas saja. Sehingga <u>WT handle discontinuitas titik-titik dengan baik</u> . Curve: Discontinuities pada suatu curve sederhana dapat berpengaruh pada koefisien-koefisien wavelets pada curve tersebut. Sehingga <u>WT tidak handle discontinuitas curve secara baik</u> .
Curvelet	Curvelets dirancang untuk handle curve dengan menggunakan sedikit koefisien saja. Sehingga Curvelet handle discontinuitas curve dengan baik.

Transformasi Curvelet dapat diuraikan (dekomposisi) dalam empat langkah: (1) Subband Decomposition (2) Smooth Partitioning (3) Renormalization (4) Ridgelet Analysis. Dengan membalik urutan (inversi) secara matematik dapat diperoleh kembali (rekonstruksi) signal awalnya, disebut dengan transformasi inversi.



Gambar 1-4: Langkah transformasi curvelet

Dekomposisi spasial suatu Subband, dilakukan dengan memecah menjadi bagian-bagian yang kemudian dianalisis bagian per bagian. Secara grafis dijelaskan pada gambar 1-5.



Gambar 1-5: Langkah Transformasi Curvelet menunjukkan hasil tiap bagian (djj.ee.ntu.edu.tw, 2011)

Dekomposisi Subband diawali dengan pendefinisian filter subband filter P_0 , ($\Delta_s, s \geq 0$). Kemudian masukan f dikenai filter kesubband dengan urutan sebagai berikut:

$$f = P_0(P_0 f) + \sum_s \Delta_s(\Delta_s f) \tag{1-8}$$

Langkah ini membagi citra ke dalam beberapa lapisan (layer). Setiap lapisan berisi detail dari frekuensi-frekuensi yang berbeda. Dalam hal ini P_0 adalah *lowpass filter*, sedangkan $\Delta_1, \Delta_2, \dots$ adalah filter-filter *band-pass (high-pass)*. Sehingga citra asli/ original dapat direkonstruksi dengan beberapa sub-band :

$$f \mapsto (P_0 f, \Delta_1 f, \Delta_2 f, \dots) \tag{1-9}$$

Berbagai paper mengenai curvelet telah membuat beberapa simbol untuk menyatakan filter:

Φ_0 : adalah *lowpass filter*. Suatu filter yang berurusan dengan frekuensi rendah dekat $|\xi| \leq 1$

Ψ_{2^s} : Filter-filter *band pass*. Filter-filter terkait frekuensi dekat domain $|\xi| \in [2^{2^s}, 2^{2^{s+2}}]$.

Disamping itu, ada pembentukan fungsi yang berulang atau '*Recursive construction*' :

$$\Psi_{2^s}(x) = 2^{4s} \Psi(2^{2^s} x). \tag{1-10}$$

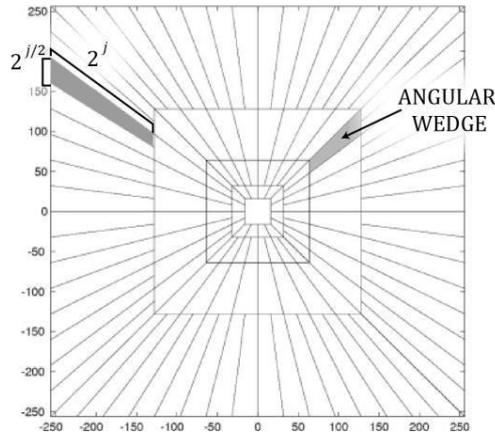
Dekomposisi sub-band secara sederhana mengoperasikan suatu operator convolusi:

$$P_0 f = \Phi_0 * f \quad \Delta_s f = \Psi_{2^s} * f \tag{1-11}$$

Dalam bagian ini terdapat hubungan antara Curvelet dan Wavelet. Dekomposisi sub-band dapat didekati menggunakan transformasi wavelet. Dengan transformasi wavelet, masukan f di'dekomposisi' menjadi $S_0, D_1, D_2, D_3, \dots$. $P_0 f$ adalah sebagian dibangun dari S_0 and D_1 , dan dapat juga dimasukkan D_2 and D_3 . $\Delta_s f$ dibangun dari D_{2^s} dan $D_{2^{s+1}}$. $P_0 f$ akan terlihat "smooth" (*low-pass*), dan dapat disajikan secara efisien menggunakan basis wavelet (djj.ee.ntu.edu.tw, 2011).

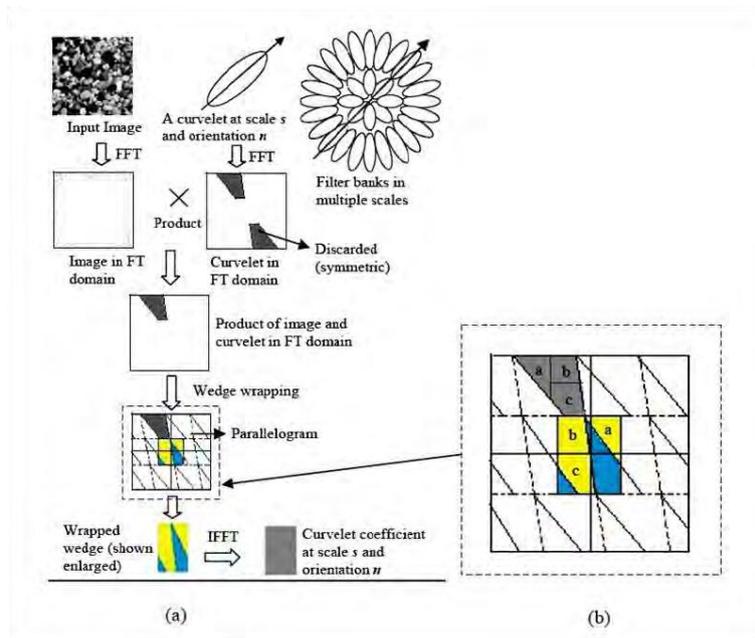
Penggambaran domain frekuensi hasil frekuensi Curvelet dengan menggunakan ruang koordinat Pseudo Polar. Curvelet pada skala tertentu j , lokasi tertentu l, k tertentu disajikan menjadi suatu trapesium polar (berbentuk

seperti baji, atau *wedge*). Semua curvelet pun berasal dari satu induk $\varphi_k^{j,l}$ yang ditranslasi, dirotasi dan diubah skalanya.



Gambar 1-6: Penggambaran curvelet pada ruang Pseudo Polar

Curvelet generasi ke dua merupakan penyempurnaan untuk signal digital, secara keseluruhan langkah pengolahan cepat transformasi Curvelet digital atau *Fast Discrete Curvelet Transform* (FDCT) disajikan pada gambar 1-7 berikut (Usama, 2013).



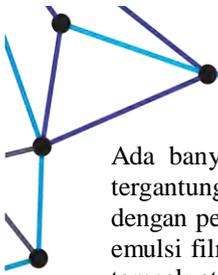
Gambar 1-6: Fast Discrete Curvelet Transform (-disingkat FDCT(Usama,2013)

Dalam tulisan ini akan dibahas penajaman citra warna menggunakan FDCT tersebut.

PENAJAMAN WARNA

Ruang Warna

Warna berkaitan dengan rasa warna yang dirasakan otak karena mendapat rangsangan dari cahaya melalui mata. Mata memiliki syaraf berbentuk batang yang dapat membedakan gelap dan terang (intensitas), juga memiliki tiga jenis syaraf yang berbentuk kerucut yang mampu merespon warna yang masing-masing merah, hijau dan biru. Ketiga warna tersebut disebut warna primer. Gambaran yang terkait dengan itu disebut dengan citra RGB, yang merupakan gabungan warna merah, hijau dan biru. Ilmuwan kemudian membuat teori warna.



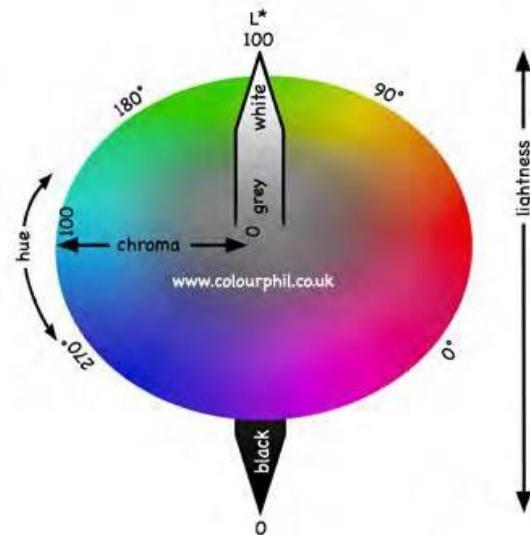
Ada banyak model/ ruang warna CIE yang melayani keperluan yang berbeda-beda. Mereka semua tidak tergantung pada alat yang digunakan (device independent). Tidak seperti model RGB dan CMYK yang terkait dengan peralatan tertentu (yakni kamera, scanner, atau press dsb.) dan /atau jenis bahan (kertas, satu set tinta, emulsi film atau penyinaran, dsb). Ruang RGB dan CMYK itu biasanya tidak meliputi semua spectrum warna tampak atau gamut. CIE itu juga menjelaskan kondisi penerangan. Untuk yang bekerja di kalangan penciptaan warna yang dapat diproduksi ulang di suatu halaman cetak, dapat melupakan bahwa ada industry yang memerlukan penggambaran warna. Penggambaran baik RGB ataupun CMYK belum cukup dalam pengecatan, juga belum di perusahaan textile. Istilah seperti ‘marun’ atau ‘biru laut’ pun belum cukup akurat.

Ada dua model / ruang warna yang saling berkaitan. Mereka menjadi semakin penting dalam pembuatan warna di dunia. Model atau ruang warna rupanya merupakan cara bagaimana menjelaskan warna. Model ruang ini dikembangkan dari model ruang warna Tristimulus CIE.

CIE adalah singkatan dari ‘*Commission Internationale de l’Eclairage*’ atau komisi internasional untuk penerangan yang bahasa Inggrisnya ‘*International Commission on Illumination*’. Sebuah organisasi profesi ilmiah yang didirikan 90 tahun yang lalu untuk bertukar informasi mengenai berbagai hal terkait dengan ilmu pengetahuan dan seni dari pencahayaan. Ruang warna baku yang menampilkan spectrum tampak telah dikukuhkan pada tahun 1931, namun selalu direvisi, /diperbarui dari tahun ke tahun.

Model Warna atau Ruang Warna CIE Lch

Model ini juga dikenal sebagai Model warna $L^* c^* h^*$ berbentuk bola yang mempunyai tiga sumbu, L^* , c^* dan h^* .



Gambar 2-1: Model Ruang Warna $L^* c^* h^*$ (www.colourphil.co.uk, 2014)

Sumbu L^* menyatakan kecerahan (*lightness*). Sumbu ini mengarah ke vertical, dari nol (berarti gelap pekat) merupakan dasar kemudian di tengah 50 dan ke 100 yang merupakan kecerahan tertinggi (putih mutlak) berada di puncak.

Sumbu c^* menyatakan *chroma* atau *saturation*/ saturasi / kepekatan kemurnian warna. Skala dari chroma ini mulai dari 0 yang merupakan warna tidak murni sama sekali, misalnya kelabu netral (*neutral grey*), hitam atau putih. Kemudian naik semakin menunjukkan warnanya sampai di nilai 100 yang berimpit dengan tepi lingkaran yang merupakan nilai *chroma* tertinggi (atau warna murni).

Sumbu h^* menyatakan *Hue*. Merupakan jenis warna. Nilai *Hue* tampak apabila model bola dipotong di tengah secara horizontal, sehingga tampak lingkaran warna warni. Sumbu melingkar ini disebut *Hue* atau h^o . Skala h dimulai dari 0° (merah), melalui 90° (kuning), 180° (hijau) dan 270° (biru) dan terus menuju 360° atau 0°.

Model warna Lch ini sangat berguna untuk memperbaiki warna (*retouching*) citra dalam aliran kerja (*work flow*) pengelolaan warna, menggunakan aplikasi *high-end editing*. Lch ini tidak tergantung pada peralatan.

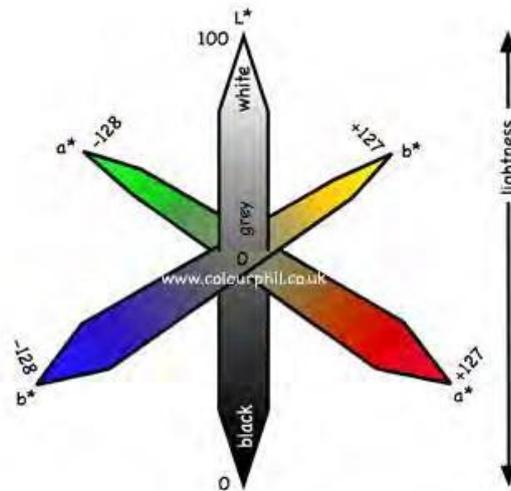
Model Warna HSB dan HSL

Model warna yang mirip adalah HSB atau HSL, singkatan dari *Hue, Saturation and Brightness (Lightness)* yang digunakan dalam *Adobe Photoshop CS, CC, Lightroom, Camera Raw* dan aplikasi yang lain. Secara teknis

model ini sangat tergantung kepada peralatan yang digunakan, namun ini hanya baik digunakan khusus untuk citra-citra RGB. Sebagai contoh, untuk mengedit warna hijau; dilakukan pengaturan sudut *Hue* dengan menaikannya hingga mencapai warna biru atau dengan mengurangnya hingga menjadi kuning. Menaikkan *Saturation (chroma)* membuat lebih bersih mengarah ke warna murni, dan menaikkan *Brightness* atau *Lightness* citra menjadi lebih terang.

Ruang Warna atau Model Warna CIE Lab (www.colourphil.co.uk, 2014)

Ruang ini lebih tepat dengan nama CIE $L^*a^*b^*$. Seperti hanya *Lch*, sumbu vertical L^* menyatakan gelap/terang *Lightness*, yang jangkau ukurannya dari 0 sampai 100. Sumbu yang lain adalah horizontal terdiri atas sumbu a^* dan b^* yang bersilangan tegak lurus satu dengan yang lain. Sumbu a^* dan sumbu b^* berpotongan di titik netral (abu-abu, hitam atau putih). Mereka menunjukkan prinsip bahwa warna merah tidak dapat sekali gus hijau, atau biru sekali gus kuning, mereka berlawanan; kalau dicampur menjadi netral.



Gambar 2-1: Model Ruang Warna $L^* a^* b^*$ (www.colourphil.co.uk, 2014)

Sumbu a^* adalah hijau pada salah satu ujungnya ($-a$) dan di ujung lainnya adalah merah ($+a$). Sumbu b^* adalah biru di ujung pertama ($-b$) dan ujung lainnya merupakan kuning ($+b$). Di tengah-tengah setiap sumbu adalah 0, nilai yang paling kecil dari a^* maupun b^* yang menggambarkan nilai atau warna netral atau mendekati netral. Untuk suatu kertas putih, titik 0 itu merupakan titik putih (white point) yang dapat juga dibawa ke hitam secara pelan-pelan di titik '0' ini. Secara teori a^* dan b^* tidak mengenal nilai tertinggi (maximum), namun secara praktis biasanya berkisar antara -128 sampai +127 (256 tingkat).

Model warna CIE Lab meliputi semua spectrum, termasuk warna di luar system penglihatan manusia. CIE Lab digunakan secara ekstrim di banyak lapangan industry dari percetakan sampai ke fotografi. System ini menggunakan dan menyediakan spesifikasi warna yang akurat untuk cat (termasuk bidang otomotif, perumahan dan lain-lainnya), zat pewarna (*dyes*), termasuk pewarna textile, plastic dan sebagainya, tinta percetakan dan kertas. Saat ini system ini menjadi semakin penting dengan ditetapkannya standar percetakan ISO-12647, yang digunakan sebagai ganti densitometry. Sebagai contoh, kertas type 1 (115 *gsm gloss coated white, wood free*) mempunyai warna (bayangan) kertas atau '*paper shade*' yang dinyatakan dengan ' $L^* 95, a^* 0, b^* -2$ '. Yang berarti kertas itu mempunyai 'warna' L^* ; sangat cerah, $a^* 0$ netral, dan $b^* -2$ kebiruan sangat lembut. Kertas type 5 (115 *gsm uncoated yellowish offset*) dinyatakan dengan ' $L^* 90, a^* 0, b^* 9$ '. Kertas type 5 ini lebih gelap dan lebih kuning dari kertas type 1.

Pengukuran Lab dapat digunakan untuk mengendalikan pencetakan, seperti memonitor 3 warna abu-abu. Juga sangat berguna menentukan spesifikasi suatu titik warna, mungkin suatu warna yang penting untuk 'rumah' atau 'perusahaan', seperti 'Coca-Cola Red'. Pembatasan warna yang sama dapat digunakan untuk barang cetakan, kendaraan. Pakaian, bangunan, dan tentu saja kaleng (minuman).

Untuk memperoleh ukuran CIE Lab dari suatu citra RGB di photoshop dsb, diperlukan ukuran profil ICC citra tersebut. Pengelolaan ICC dalam CIE Lab sering menggunakan *Profile Connection Space (PCS)* yang menyediakan sambungan antara dua warna profile, misalnya sebagai masukan RGB (scanner atau kamera) dan keluarannya dalam CMYK atau RGB (cetak *press* atau *inkjet*). Semua profil ICC mengandung suatu PCS. Dalam profil masukan, table akan merubah RGB scanner atau kamera ke PCS (Lab). Profil keluaran akan

merubah PCS(Lab) ke ruang warna CMYK [pencetak digital atau pencetak press. Ruang warna PCS yang lain adalah CIE XYZ, yang sering digunakan juga oleh Spektrofotometer untuk melaporkan warna.

Toleransi dan Perbedaan Delta E

Perbedaan dari dua buah cuplikan warna sering dinyatakan dalam *Delta E*, atau juga disebut *DE* atau ΔE . ini digunakan dalam pengendalian kualitas untuk memperlihatkan bahwa suatu contoh cetakan, apakah beda warna masih dalam toleransi contoh acuan atau standar industry. Perbedaan antara nilai L^* , a^* dan b^* acuan dan contoh dinyatakan dengan *Delta E*(ΔE). Hasil nilai Delta E akan menunjukkan berapa besar perbedaan secara visual kedua contoh dalam Bola Warna.

Pengguna dapat menentukan secara spesifik bahwa kontrak mereka harus dibuktikan harus mempunyai toleransi mislanya di bawah ΔE 2.0. Perbedaan toleransi dapat dispesifikasikan untuk keabuan dan warna primernya. Suatu nilai kurang dari 2 umumnya untuk abu-abu dan kurang dari 5 untuk CMYK primer dan cetakan berganda. Namun ini sedikit dapat dipertengkarkan. Pembuktian ini dapat menggunakan perangkat lunak yang banyak beredar, seperti Ugra/Fogra Media Wedge, atau menggunakan spectrophotometer. Banyak perangkat lunak tersedia di pasaran untuk memeriksa, beda warna (*color swatches*), titik warna (*color spot*), pembuktian hasil dan barang cetakan.

Penampilan perbedaan *Delta E* sebagai satu nilai warna dan intensitas penerangan, nilai DE dari 4 dan lebih, akan dilihat secara normal oleh orang-orang kebanyakan, sementara untuk 2 dan lebih hanya dapat dilakukan oleh pengamat yang berpengalaman. Nilai untuk netral adalah rendah. Catatan bahwa ada beberapa beberapa variasi perbedaan yang kentara dari *Delta E*: CIE 1976, 1994, 2000 *cmc Delta E*. Karena tidak ada yang penetapan persaratan DE, biasanya DE76 (tahun1976). Yang muncul kemudian adalah DE2000 secara konsep lebih seragam dan menjadi lebih umum (www.colourphil.co.uk, 2014).

METODA PENAJAMAN KONTRAS DENGAN CITRA SPARSA CURVELET

Citra yang merupakan hasil pengukuran dalam teknologi penginderaan jauh sering sekali dijumpai dalam keadaan yang tidak sempurna. Salah satu ketidak sempurnaan citra adalah tidak dapat dilihat dengan baik karena tidak jelas. Berbagai teknik untuk memperjelas gambaran citra antara lain dengan penajaman tepi (*edge enhancement*). Metoda yang biasa digunakan antara lain adalah *histogram equalization* atau penyamaan histogram, metoda ini biasanya digunakan untuk citra yang distribusi intensitasnya tidak baik, *contrast stretching* atau peregangan kontras, dan sebagainya. Permasalahan yang dihadapi dalam persoalan penajaman tersebut karena pentingnya kontras antara obyek dan latar belakangnya, yang dibatasi oleh tepi yang jelas atau kabur, karena tepi ini sangat penting dalam memahami citra tersebut. Hal yang juga sudah biasa dilakukan adalah penambahan Laplacian dari citra yang dalam pengolahan citra disebut metoda penajaman (*sharpening method*). Namun dalam metoda yang linear itu semua komponen dalam citra ikut diperkuat dan menajam secara linear, termasuk noise nya.

Salah satu metoda yang dapat digunakan untuk mempertajam tepi adalah penambahan Laplacian yang berasal dari citra sparsa hasil transformasi Curvelet. Untuk mempertajam tepi dalam suatu citra, setiap koefisien curvelet yang merupakan penyusun citra sparsa hasil transformasi curvelet dimodifikasi dengan cara dikalikan suatu fungsi penajam kontinyu yang sesuai, yaitu $\mathcal{E}(t, \sigma)$. Fungsi terpotong (*piecewise*) yang dapat digunakan untuk mempertajam suatu koefisien secara bebas tandanya. Dalam Stark dipilih fungsi sebagai berikut:

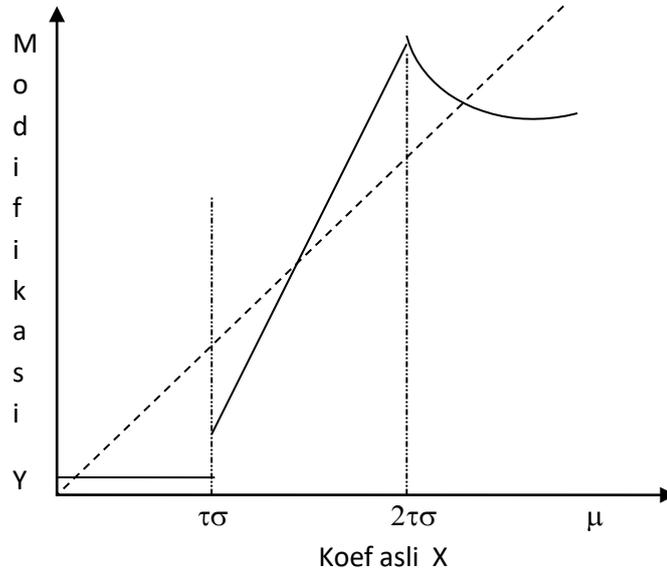
$$\mathcal{E}(t; \sigma) = \begin{cases} \frac{t - \tau\sigma}{\tau\sigma} \left(\frac{\mu}{\tau\sigma}\right)^\gamma + \frac{2\tau\sigma - t}{\tau\sigma} & \text{if } t < \tau\sigma \\ & \text{if } t < 2\tau\sigma \\ \left(\frac{\mu}{t}\right)^\gamma & \text{if } 2\tau\sigma \leq t < \mu \quad \forall t \geq 0 \\ \left(\frac{\mu}{t}\right)^\delta & \text{if } t \geq \mu \end{cases} \quad 3-1$$

Fungsi tersebut dalam t dan σ yang masing-masing adalah koefisien curvelet dan deviasi standar, sedangkan γ adalah derajat ketidak linearan, μ adalah parameter yang terkait dengan penajaman koefisien, τ parameter normalisasi yang biasanya nilainya tak lebih besar dari 3, dan parameter δ berkait dengan jangkauan kompresi.

Shauqing Lu (2012) dalam penelitiannya membuat modifikasi sehingga bila koefisien curvelet x , maka keluarannya adalah

$$Y = \begin{cases} 1 & x < \tau\sigma \\ \frac{(x - \tau\sigma)}{\tau\sigma} \cdot \left(\frac{\mu}{\tau\sigma}\right)^y + \frac{2\sigma - x}{\tau\sigma} & \tau\sigma < x < 2\sigma \\ \left(\frac{\mu}{x}\right)^y & 2\sigma < x < \mu \\ \left(\frac{\mu}{x}\right)^\delta & x \geq \mu \end{cases}$$

Fungsi penajaman yang sesuai dengan dapat digambarkan kira-kira sebagai berikut.



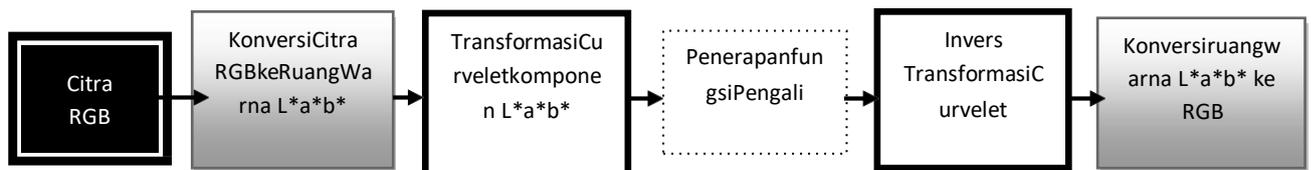
Gambar 3-1: Grafik fungsi pengali dari persamaan 3-3 (Natsir, 2014).

Untuk menghilangkan sekaligus *noise*-nya maka persamaan diubah dengan memasukkan juga batas ambang atau treshold, sehingga persamaan menjadi sebagai berikut

$$Y = \begin{cases} 0.01 & x < \tau\sigma \\ 0.005 \times \left[\frac{(x - 0.5\sigma)}{0.5\sigma} \cdot \left(\frac{\mu}{0.5\sigma}\right)^y + \frac{2\sigma - x}{0.5\sigma} \right] & \tau\sigma < x < 2\sigma \\ 0.0001 \times \left(\frac{\mu}{x}\right)^{0.5} & 2\sigma < x < \mu \\ 5 \times \left(\frac{\mu}{x}\right)^{0.5} & x \geq \mu \end{cases} \tag{3-3}$$

Citra dipertajam lagi melalui penggantian deviasi dengan median. Kemudian μ diambil koefisien *curvelet* terbesar (maximum).

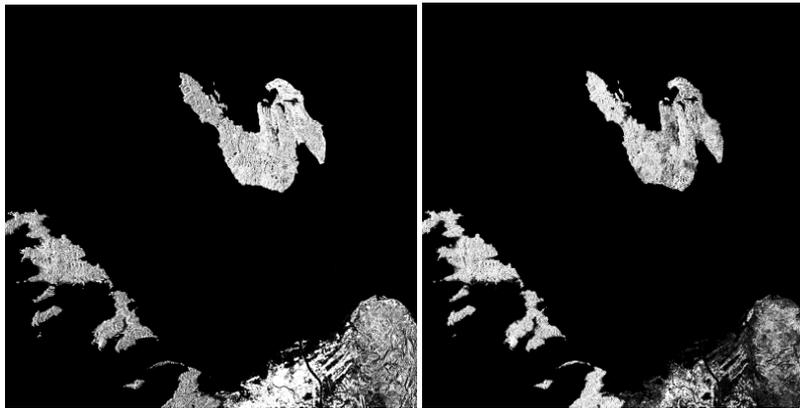
Penajaman citra warna dilakukan melalui ruang warna $L^* a^* b^*$, kemudian dilakukan transformasi komponen L^* , a^* dan b^* menjadi citra sparsa dengan transformasi *Curvelet*. Penajaman selanjutnya menggunakan faktor pengali seperti persamaan 3-1, persamaan 3-2 dan persamaan 3-3 di atas. Selanjutnya hasil diperoleh dengan transformasi kembali, citra sparsa hasil perkalian kembali ke ruang $L^* a^* b^*$ kemudian membawa kembali ke ruang warna RGB. Pelaksanaan proses penajaman dengan urutan sebagai disajikan dalam gambar berikut.



Gambar 3-1: Proses Penajaman Warna

Data yang digunakan adalah bagian citra PALSAR ALOS Dual band daerah ujung Aceh yang sebenarnya sudah tajam. Fasilitas yang digunakan dalam pengolahan data ini adalah Komputer cluster, dengan perangkat lunak Matlab 2013 dan toolbox CurveLab-2.1.3.

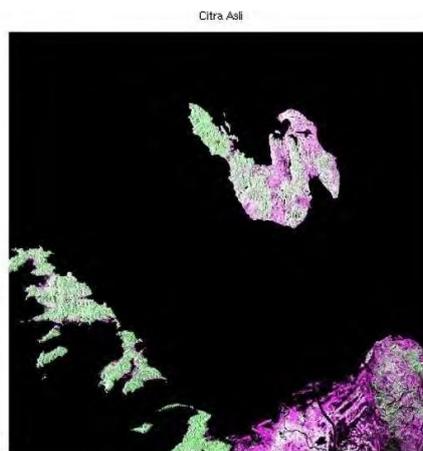
Citra masukan adalah sebagian citra PALSAR ALOS dwi polarisasi (*dual polarization*) daerah Aceh, yang seperti burung tersebut adalah pulau We. Masukan terdiri atas dua citra yaitu citra polarisasi HH dan polarisasi HV diolah menggunakan transformasi curvelet, di sini mpolarisasi tidak ada pengaruhnya pada citra. Citra disajikan pada gambar berikut.



Gambar 3.2 Masukan Citra PALSAR ALOS HH dan HV

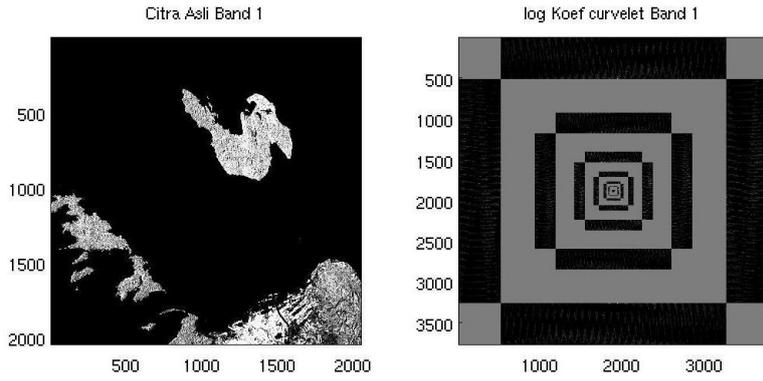
HASIL DAN PEMBAHASAN

Kedua citra HH dan HV tersebut dijadikan suatu citra campuran warna semu, HH disajikan dalam kanal merah dan biru (Band 1 dan Band 3), sedang HV dimasukkan ke dalam kanal hijau (Band 2), warna campuran disajikan dalam Gambar 4-1.

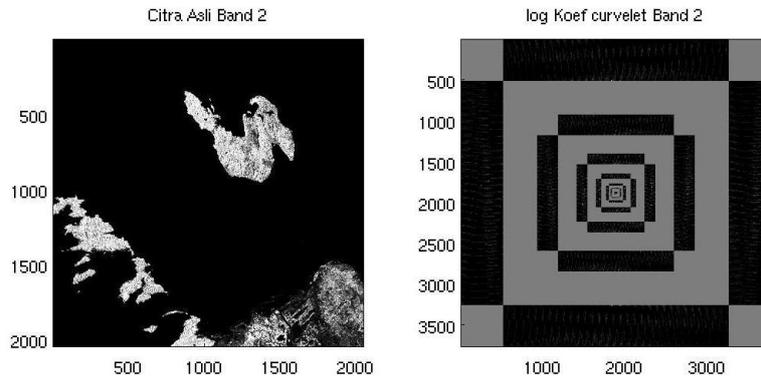


Gambar 4-1: Citra campuran warna dari HH dan HV

Beberapa hasil pengolahan menggunakan FDCT disajikan berturut-turut sebagai berikut

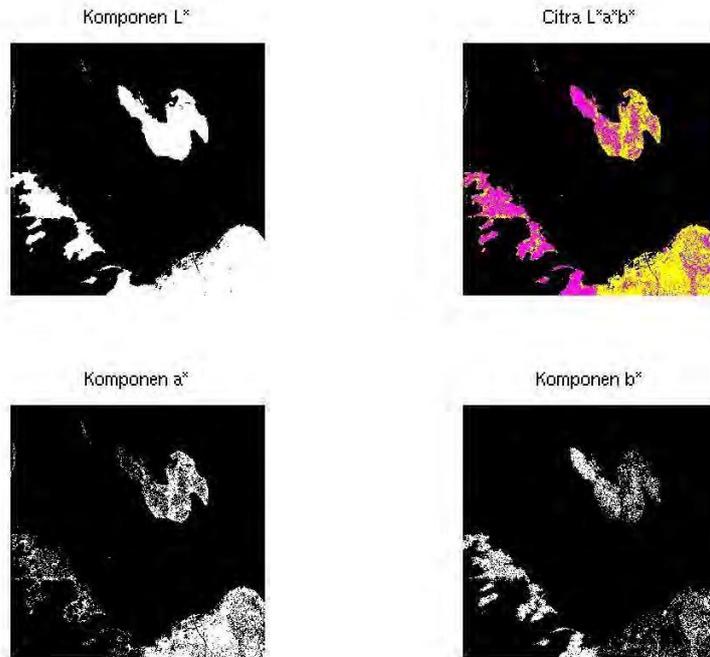


Gambar 4-2 : Koefisien Curvelet citra asli Band 1



Gambar 4-3: Koefisien Curvelet citra asli Band 2

Subband digambarkan dalam gambar 4-2 dan 4-3 melingkar disebelah kanan dari citra asli. Citra warna kemudian ditransformasi ke ruang $L^*a^*b^*$ yang komponennya disajikan dalam gambar 4-4.



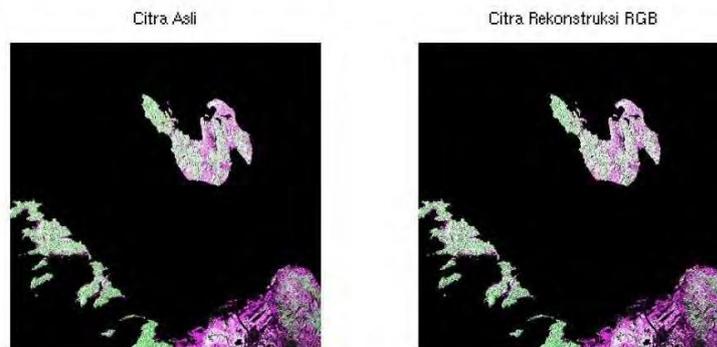
Gambar 4-4: Hasil transformasi ke ruang $L^*a^*b^*$ citra warna.

Warna citra warna asli didominasi warna hijau keputihan dan warna ungu. Berdasarkan teori model ruang warna $L^* a^* b^*$, transformasi citra tersebut ke ruang $L^* a^* b^*$ akan menghasilkan komponen citra L^* yang cerah (nilai positif), komponen citra a^* didominasi nilai negatif (hijau) dan komponen citra b^* didominasi oleh nilai negatif (biru). Sehingga citra yang ditampilkan dalam gambar 4-4, L^* cerah, a^* yang didominasi nilai negatif ditampilkan hitam, demikian juga b^* . Setelah dilakukan penialian dengan faktor pengali dengan fungsi coba-coba, maka mendapat hasil yang belum optimal.

Salah satu persamaan pengali adalah fungsi patah-patah persamaan 4-1, yaitu.

$$Y = \begin{cases} 0.01 & x < 20 \\ x^2 & 20 < x < 40 \\ \sqrt{x} & x > 40 \end{cases} \quad 4-1$$

Persamaan tersebut tidak mengikuti percobaan yang dilakukan oleh Stark dan kawan-kawan maupun oleh Shaoqing Lu (Natsir, 2014) Persamaan garis patah-patah ini belum tampak kecocoknya untuk citra warna tersebut karena fungsi itu belum mengikuti karakteristik ruang $L^* a^* b^*$. Hasil perkalian memberikan nilai positif, baik L^* , a^* maupun b^* . Nilai negatif yang < 20 dijadikan 0,01 yang mendekati atau disamakan dengan 0. Nilai komponen $L^* a^* b^*$ yang kecil atau sama dengan 0 adalah warna netral; abu-abu, hitam atau putih. Dalam gambar 4-5, hasil pengali dan konversi $L^* a^* b^*$ hanya sedikit merubah warna, bahkan cenderung tidak merubah warna samasekali. Hal itu disebabkan karena faktor pengali yang positif. Perkalian itu menghasilkan warna yang sama dengan aslinya, namun dipertajam. Hasil akhir penajaman warna disajikan dalam gambar 4-5.



Gambar 4-5: Hasil penajaman citra warna

PENUTUP

Dari pembahasan yang diuraikan pada bab 4, dapat diambil kesimpulan bahwa penajaman dengan menggunakan citra sparsa hasil transformasi curvelet ini cukup berhasil dan dapat dimanfaatkan untuk penajaman warna citra warna. Hasil ini belumlah optimal masih akan dicoba citra sparsa dengan fungsi-fungsi penajam yang lain, sehingga dimasa datang sehingga diperoleh penajaman maksimal dengan metoda ini.

RUJUKAN

- Anonim: djj.ee.ntu.edu.tw: "Tutorial Directional Wavelet Transformation: Curvelet" [Juni 2014]
- Lu, Shaoqing, 2012: "Off-road Driving and Wildlife Trails Extraction from High Resolution Satellite Imagery: A Curvelet Transform Based Approach" (master Thesis), ITC, University Of Twente
- Natsir, M., 2014: "Pemanfaatan Citra Sparsa Buatan untuk Penajaman Citra Penginderaan Jauh", Prosiding Sinasinderaja 2014. ISBN 979-979-1458-77-1
- Starck, Jean-Luc, Fionn Murtagh dan Jalal M. Fadili, 2010: "SPARSE IMAGE AND SIGNAL PROCESSING Wavelets, Morphological Diversity", Cambridge University Press, New York
- Usama, Sayed, M.A. Mofaddel, W.M. Abd-Elhafiez, Abdel-Gawad, 2013: "Image Object Extraction Based on Curvelet Transform". International Journal on Applied Mathematic and Information Science, Vol 7, No. 1. www.curvelet.org [Juni 2011]