

Tinjauan Aplikasi Komputer Vision dengan Pendekatan Analisis Pantulan Cahaya dalam Pendeteksian Obyek Permukaan Air

Mohammad Iqbal¹, Karmila Sari¹, Olivier Morel²

¹ Universitas Gunadarma, Fakultas Ilmu Komputer, Jl. Margonda Raya 100, Depok, Indonesia, e-mail: {mohiqbal,karmila}@staff.gunadarma.ac.id

² Université de Bourgogne, IUT Le Creusot, Laboratoire Le2i - UMR CNRS 5158, Perancis, *Maître de conférences*, email : o.morel@iutlecreusot.u-bourgogne

ABSTRACT

Air merupakan salah satu obyek yang unik di alam. Pada aplikasi komputer vision, mekanisme identifikasi obyek air dapat dilakukan dengan menganalisa cahaya yang mengenai obyek tersebut, baik dengan menganalisa pantulan atau menganalisa penyerapan cahaya. Selain itu, pendekatan dalam deteksi permukaan air pun harus memperhatikan kecukupan sumber cahaya serta beberapa sifat air yang berkaitan dengan perambatan cahaya, yaitu keadaan permukaan air (tenang, bergelombang), status kedalaman, tingkat kekeruhan dan ada tidaknya material yang mengambang pada permukaan air (seperti buih atau bahan-bahan lainnya). Sifat air ini akan mempengaruhi proses pemantulan atau penyerapan cahaya yang tentunya akan mempengaruhi banyaknya variasi yang harus didefinisikan untuk proses deteksi air.

Beberapa pendekatan riset untuk mendeteksi permukaan air yang sudah dilakukan adalah metode klasifikasi warna citra dengan *color imagery* dan metode analisa polarisasi cahaya. Paper ini merupakan studi pustaka riset yang terkait dengan mekanisme deteksi air menggunakan dua metode di atas. Pembahasannya adalah melakukan perbandingan yang meliputi perbandingan dalam deskripsi alat dan skenario pemindaian permukaan air berdasarkan pendekatan sifat-sifat air. Lalu perbandingan segmentasi citra yang disusun berdasarkan pola identifikasi tadi.

Kata kunci : *Polarisasi citra, klasifikasi warna citra, pantulan cahaya, deteksi air*

1. PENDAHULUAN

Riset pada bidang aplikasi komputer vision untuk mendeteksi obyek air pada alam terbuka masih terus mengalami perkembangan. Berbagai pengujian yang dilakukan dalam laboratorium sudah dapat memberikan keberhasilan deteksi dengan baik, namun begitu diterapkan ke alam terbuka, ternyata tidak berbeda. Hal ini di sebabkan di alam terbuka, terdapat beberapa variabel harus diperhatikan yang sangat mempengaruhi keberhasilan deteksi permukaan air. Pada riset (Matthies, 2003), telah dilakukan pengelompokan variabel lingkungan yang mempengaruhi kesukaran deteksi air. Variabel lingkungan tersebut adalah variabel waktu operasi (siang atau malam), variabel pemantulan pada permukaan air (yang tentunya akan berbeda dengan air pada tempat terbuka dengan air yang memantulkan banyak pepohonan atau obyek di daratan) dan variabel ukuran dari permukaan air (akan berbeda proses identifikasi untuk genangan air yang kecil dibandingkan dengan sebuah danau besar).

Pada semua literatur yang kami pelajari, paling tidak terdapat tiga metode penting dalam riset identifikasi air, yaitu metode penangkapan citra permukaan air, metode identifikasi ciri air dan metode pengolahan akhir. Pemilihan metode-metode ini sangat dipengaruhi oleh variabel lingkungan yang mencirikan air tersebut. Dalam paper ini kami memilih dan membandingkan dua metode identifikasi ciri air yaitu metode *color imagery* (Rankin, 2004) dan metode *polarization imaging* (Binxie, 2007) yang cukup lengkap dan memiliki tingkat keberhasilan tinggi untuk mendeteksi air. Terkait dengan dua metode yang dipilih di atas, maka variabel lingkungan yang dipilih adalah variabel yang berkaitan langsung pada deteksi ciri air berdasarkan pemantulan cahaya pada permukaan air. Sistematika penulisan paper dimulai dengan pendahuluan. Lalu bagian kedua akan membahas tentang metode penangkapan citra permukaan air dan dilanjutkan dengan membahas metode identifikasi air serta membahas hasil yang diperoleh dari 2 metode

deteksi di atas dan pada bagian akhir berisi kesimpulan dan beberapa tinjauan yang perlu dilakukan selanjutnya.

2. METODE PENANGKAPAN CITRA PERMUKAAN AIR

Metode ini dibutuhkan dalam rangkaian pengambilan informasi pantulan cahaya dari permukaan air. Ketidakakuratan dan kesalahan dalam pemilihan peralatan seperti kamera, filter dan instalasinya, tentu akan mempengaruhi akurasi deteksi terhadap obyek tersebut.

2.1. Peralatan dan Skenario Penangkap Citra

Kamera CCD (*charge-couple device*) komersial yang tersedia di pasaran pada umumnya didesain untuk menangkap intensitas cahaya dan warna dari suatu obyek saja. Fungsi ini sudah cukup untuk pengambilan gambar menggunakan metode *color imagery*. Namun untuk metode polarisasi cahaya dibutuhkan perangkat tambahan. Ada dua jenis kamera yang dapat dimanfaatkan untuk menangkap citra terpolarisasi, yaitu Kamera akuisisi citra optik-mekanik yaitu kamera CCD yang ditambahkan komponen filter polarisasi linier yang dapat dirotasikan secara mekanis di depan lensa kamera tersebut (wolff, 1995) dan kamera akuisisi citra optik elektronik, yaitu kamera yang secara elektronis dilengkapi sensor yang mengatur orientasi polarisasi secara otomatis. Prinsip utama penyusunan skenario penangkap citra adalah memposisikan kamera dengan sudut pantul yang dapat diprediksikan dengan tepat menggunakan teori pantul fresnel.

2.1.1. Penangkapan Citra menggunakan Metode *Color Imagery*

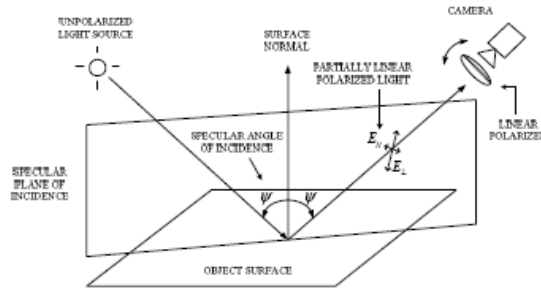
Beberapa penampilan sifat air dalam *color imagery* (Rankin, 2004) : Intensitasnya lebih terang ketika memantulkan langit dan intensitas yang lebih gelap ketika air berada di bawah bayang-bayang atau ketika memantulkan benda-benda di permukaan tanah yang dekat dan yang jauh dari permukaan air tersebut. Pada umumnya, skenario untuk penangkapan citra dengan menggunakan metode *color imagery* ini tidak membutuhkan instalasi yang detail. Yang penting, adalah memposisikan kamera pada posisi yang tepat karena pada metode ini kita hanya membutuhkan data-data yang berkaitan dengan intensitas cahaya yaitu warna, tekstur dan kisaran pantul (*range reflection*).

Namun, pada penelitian (Matthies, 2003) dan (Rankin, 2004), dengan pertimbangan efisiensi, maka kamera diintegrasikan dengan sistem LADAR (*Laser Detection and Ranging*) yang merupakan teknologi pengindera jarak jauh yang dapat mengukur properti cahaya yang terhambur untuk menemukan area atau informasi suatu target. Permukaan air yang selalu berada di permukaan tanah, mudah diidentifikasi jika disepakati garis horison dari suatu citra. Hal ini akan berguna untuk mengabaikan kesalahan segmentasi warna untuk menentukan dugaan air pada dedaunan di pohon yang tinggi. Penentuan garis horison ini sudah termasuk dalam sistem LADAR di atas.

2.1.2. Penangkapan Citra Pantulan cahaya menggunakan Metode Polarisasi

Penggunaan polarisasi untuk memahami suatu citra adalah suatu perluasan dari kemampuan mengindera cahaya dari sekedar mengindera intensitas dan warna cahaya. Polarisasi adalah fenomena optik yang sering terjadi di bumi yang disebabkan oleh 3 keadaan, yaitu disebabkan oleh proses *scattering* (hamburan) cahaya matahari dengan atmosfer bumi, Polarisasi cahaya pada dunia bawah laut yang disebabkan oleh proses *scattering* cahaya matahari pada air dan yang ketiga adalah polarisasi cahaya oleh refleksi (pantulan) dari permukaan yang mengkilap seperti permukaan air atau beberapa jenis bahan yang dapat memantulkan cahaya lainnya seperti logam metalik, dan permukaan dielektrik seperti tanah, bebatuan maupun tumbuh-tumbuhan. Cahaya yang datang dari sumbernya (pada alam terbuka adalah matahari) dalam keadaan tidak terpolarisasi akan menjadi terpolarisasi ketika mengalami keadaan-keadaan di atas. Cahaya terpolarisasi ini mengandung banyak informasi yang bisa dimanfaatkan untuk mengenali obyek yang diamati. Informasi polarisasi tersebut meliputi variasi intensitas cahaya yang dihasilkan dari polarisasi, derajat polarisasi dan sudut polarisasi.

Parameter-parameter polarisasi ini akan menentukan status akhir polarisasi linear parsial. Parameter kedua dan ketiga di atas adalah perluasan penginderaan obyek air dibandingkan cara identifikasi melalui intensitas dan warna pada cara-cara konvensional. Setelah cahaya *unpolarized* dipantulkan dari permukaan air maka cahaya menjadi terpolarisasi linier parsial secara horisontal dengan sudut pantul ψ .



Gambar 1. Prinsip penangkapan citra polarisasi pemantulan cahaya pada permukaan air (Binxie,2007)

Polarisasi linier parsial ini dikenal juga sebagai derajat polarisasi. Orientasi dari polarisasi linear akan dinyatakan sebagai fase atau orientasi polarisasi. dengan catatan bahwa fase polarisasi bervariasi di dalam kisaran 0-180 derajat. Dengan mengatur fase ini dalam 3 sudut, maka kita akan dapat mengidentifikasi dengan jelas wilayah yang memantulkan cahaya tersebut, yang dalam hal ini adalah ciri dari permukaan air. Skenario pengambilan citra terpolarisasi dapat dilakukan dalam dua kondisi, yaitu :

1. Menggunakan kamera tunggal dengan filter polarisasi linier yang dapat berputar yang ditempatkan di depan lensa kamera, lalu mengambil tiga citra polarisasi dengan filter polarisasi diset pada 0, 45, 90 secara berturut-turut.
2. Menggunakan tiga kamera dan masing-masing kamera diset dalam polarisasi parsial. Kamera pertama dilengkapi filter polarisasi dengan sudut polarisasi pada 0 derajat, yang kedua 45 derajat dan yang ketiga pada 90 derajat. Kamera masing-masing diposisikan dengan posisi yang hampir sama satu sama lain.

Cara pertama lebih mudah untuk diterapkan, tetapi perputaran mekanis filter optis di depan kamera mungkin saja dapat menyebabkan pergeseran geometris proyeksi citra pada bidang fokus dan dapat menimbulkan variasi intensitas pada cahaya. Sedangkan cara kedua dapat menghindari kekurangan cara pertama dan dapat digunakan pada aplikasi yang *realtime*, namun memerlukan suatu proses kalibrasi yang teliti sebelum pengambilan citra dengan status polarisasi.

3. METODE ANALISIS CIRI AIR

Setelah citra obyek yang akan diidentifikasi berhasil ditangkap, maka langkah selanjutnya adalah memilih metode analisis ciri air dan menandai areanya. Penjelasan di bawah ini mendeskripsikan langkah-langkah dari dua metode yang dibandingkan.

3.1. Menggunakan Metode *Color Imagery*

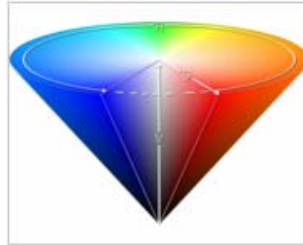
Pada metode ini, terdapat 4 langkah analisis air yang digunakan yaitu : (1) mendeteksi ciri air dari warna, (2) tekstur dan (3) analisis kisaran area (*stereo range analysis*) lalu (4) hasilnya dipadukan bersama-sama menggunakan aturan dasar dikembangkan dengan pengolahan beberapa citra stereo warna RGB yang diambil dari berbagai lokasi. Maka sebelum metode ini dimulai, terlebih dahulu dilakukan langkah persiapan yaitu pengambilan berbagai citra yang mencirikan permukaan air pada alam terbuka seperti ; air tenang, air mengalir, danau, kolam besar, kubangan air kecil, air bening, air keruh, air di bawah bayang-bayang sesuatu, dan air di tempat terbuka. Berikut ini adalah citra sumber yang menjadi obyek deteksi air yang digunakan dalam penelitian (Rankin, 2004).



Gambar 2. Citra sumber permukaan air yang akan di deteksi (Rankin, 2004)

3.1.1. Ciri Air dari Warna

Penelitian (Rankin, 2004) ini menggunakan kriteria *threshold* (ambang) berdasarkan evaluasi sekumpulan citra air tadi. Lalu citra yang diambil dari berbagai sumber alam terbuka diubah ke dalam bentuk area warna hue, saturasi dan value (HSV) dan begitu juga citra yang akan dideteksi. Secara konseptual, area warna HSV membentuk kerucut seperti gambar di bawah ini.



Gambar 3. Area Warna HSV (Darrin Cardani, 2001)

Lingkar dari lingkaran kerucut di atas diwakili oleh nilai-nilai *hue* (0-360 derajat). Saturasi dan nilai (atau *brighness*) memiliki nilai intensitas 0-1. Saturasi diwakili oleh jarak dari pusat lingkaran itu. *Brighness* (kecerahan) diwakili oleh jarak sepanjang poros vertikal kerucut itu. Pada titik ujung kerucut, tidak ada *brighness*, yang diwakili oleh warna hitam. Pada lingkaran kerucut, semua warna berada pada *brighness* maksimum mereka. Gambar 4 menggambarkan citra *grayscale* dari *brighness* dan saturasi untuk genangan air pada gambar 2. Pantulan langit di air mempunyai nilai saturasi rendah dan memiliki nilai *brighness* yang tinggi. Di sini, kita memusatkan di mendeteksi pantulan langit di air.



Gambar 4. Pengolahan Citra sumber : Saturasi (kiri), *brighness* (kanan) (Rankin, 2004)

Kriteria *threshold* di bawah ini diperoleh dari percobaan membaca pola air dari berbagai variasi citra dan digunakan untuk melabelisasi piksel yang merupakan cari air dari warna (Rankin, 2004):

If [S=0] or
[S ≤ 0.27 and B ≥ 0.73] or
[sky and S ≤ 0.1 and B > B_{min}(S)] or
[sky and S ≤ 0.3 and B > B_{min}(S) and 240 < H < 285],

di mana, S adalah saturasi, B adalah *brighness*, H adalah *hue* (roda warna), dan *sky* mengacu pada langit terdeteksi atau tidak. Hasil pengolahan citra sumber kemudian dibandingkan dengan kriteria *threshold* ini, menghasilkan segmentasi citra oleh warna seperti pada gambar 5.

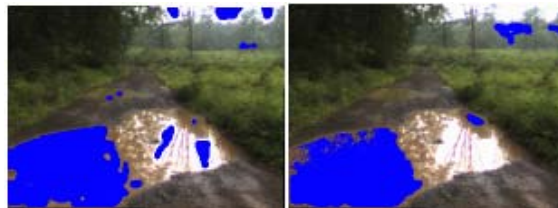


Gambar 5. Pengolahan Citra sumber : Segmentasi dengan area warna HSV (Rankin, 2004)

Kita masih melihat bahwa langit pun diidentifikasi sebagai air karena dengan menggunakan segmentasi area warna HSV ini tidak bisa membedakannya. Kesalahan ini akan dihilangkan pada saat penggabungan citra ciri air.

3.1.2. Ciri Air dari Tekstur

Tekstur merupakan kuantitasi perbedaan intensitas skala keabuan (atau disebut juga perbedaan kontras), Perbedaan ini biasanya membentuk pola tertentu pada suatu obyek yang membedakannya dengan obyek yang lain. Untuk ciri air berdasarkan tektur, fakta sifat air yaitu mempunyai tekstur yang rendah (Matthies, 2003). Ada 2 pendekatan untuk mengidentifikasi tekstur air, yaitu dengan menggunakan kanal hijau pada RGB dan menggunakan saturasi citra sumber.



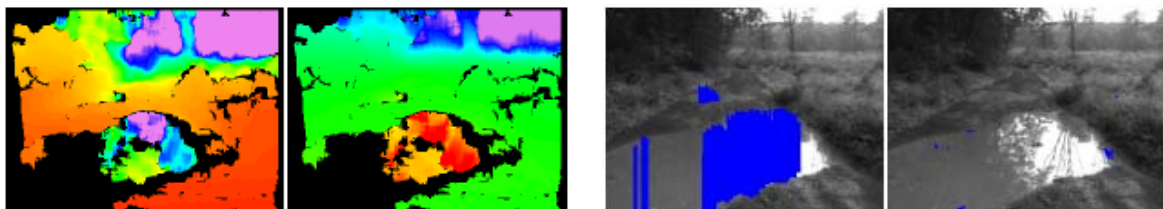
Gambar 6. Pengolahan Citra sumber : Segmentasi berdasarkan Tekstur dengan menggunakan variasi *threshold* dari 13 citra kanal hijau RGB (kiri) dan citra tersaturasi (kanan) (Rankin, 2004)

Pada pendeteksian tekstur yang rendah ini, agar mengurangi kesalahan deteksi (Rankin, 2004), perlu diatur tingkat kecerahan *threshold* minimum dan maksimum pada 75 dan 255 untuk citra channel hijau RGB dan 10 dan 175 untuk citra saturasi. Sebagai tambahan, untuk citra channel hijau RGB, pendeteksian pada [($S > 0.6$) atau ($B < 0.25$) atau ($B - S > 0.3$)] akan diabaikan. Untuk citra saturasi, pendeteksian pada [($B - S > 0.1$) atau ($B < 0.25$) atau ($S > 0.6$ dan $B < 0.85$) atau ($B = 1$)] akan diabaikan pula.

3.1.3. Ciri Air dari Analisis Kisaran Area

Pada permukaan air, pemantulan permukaan tanah (juga tumbuh-tumbuhan dan pepohonan) yang meluas dari tepi suatu permukaan air dapat mengitari sebagian atau semua badan air, tergantung pada lebar dan jaraknya dari air. Kisaran pemantulan ini secara kasar dapat dijadikan perkiraan obyek yang dipantulkan. Harus diingat bahwa plot pemantulan akan selalu lebih rendah dari elevasi tanah yang sebenarnya.

Ciri air dapat kita dapatkan dengan menganalisis kisaran area pemantulan. Gambar di bawah ini (Gambar 7.A) menunjukkan tingginya kesalahan cakupan warna dan tinggi citra yang dihasilkan dari gambar 2. Pada kisaran area citra, piksel merah menunjukkan jarak semakin dekat dan piksel biru menunjukkan jarak semakin jauh. Piksel ungu menunjukkan di atas 100 meter. Piksel hitam menandai bahwa tidak ada data kisaran yang dihasilkan.



Gambar 7.A. Pengolahan Citra sumber : Segmentasi awal dengan analisis kisaran area pantulan dan **7.B.** Segmentasi dengan analisis kisaran area pantulan (Rankin, 2004)

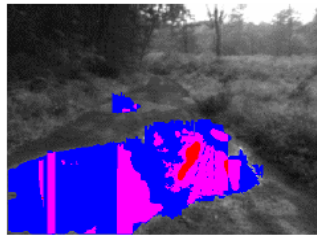
Ternyata, kisaran area pantulan yang dapat disegmentasikan cukup kompleks karena titiknya perhatiannya ke setiap obyek yang dipantulkan. Pada saat obyek semakin dekat dan tidak terkena langsung cahaya matahari, kegagalan deteksi semakin tinggi. Pengolahan lebih lanjut dari gambar 7.A. di atas dapat dilihat pada dua gambar di sebelah kanan. Beberapa bagian yang penting dari tiap dari genangan yang besar

berhasil dideteksi. Pada area tepi genangan yang tidak terlihat, pendeteksian diteruskan ke bagian bawah kolom itu. Sehingga piksel tanpa data kisaran juga diberi label piksel area pemantulan. Beberapa bagian pemantulan yang lemah dari tumbuh-tumbuhan yang berada jauh pun dapat dideteksi.

Segmentasi dengan cara ini membuat jelasnya perbedaan antara pantulan obyek di permukaan air dengan obyeknya sendiri. Pada area pemantulan sudah pasti akan banyak ditemui campuran warna yang dapat diidentifikasi sebagai salah satu ciri air, sedangkan obyeknya sendiri hanya terdiri dari satu warna saja. Namun, ada beberapa kasus dimana obyek selain air itu sendiri bisa memantulkan obyek lainnya.

3.1.4. Penggabungan Ciri Air

Gambar 8 menunjukkan kombinasi deteksi air dari penggabungan warna, tekstur, dan analisis kisaran area pantulan. Piksel yang terdiri atas satu, dua atau tiga ciri air diberi warna biru, ungu dan merah.



Gambar 8. Penggabungan ciri air 3 sub metode di atas (biru=ciri tunggal, Ungu=dua ciri, merah=3 ciri). Daerah air yang kecil dan daerah di atas kaki langit dan roda kendaraan UPV (dengan $> 0.75m$) ditolak.

Seperti yang dijelaskan sebelumnya, pada saat pengambilan citra, ditentukan pula suatu garis horizon dari citra. Ciri air yang berada di bawah garis horizon yang memenuhi syarat, maka jika diketemukan segmentasi warna dugaan air di atas garis horison akan diabaikan (seperti pada gambar 5 dan gambar 6).

3.2. Menggunakan Metode *Polarisasi Cahaya*

Metoda ini didasarkan pada prinsip fisika bahwa cahaya yang dipantulkan oleh permukaan air adalah terpolarisasi linier parsial dan fase polarisasinya menjadi serupa dengan keadaan cahaya di sekelilingnya. Air dapat dideteksi dengan melakukan perbandingan derajat polarisasi dan persamaan fase polarisasi tersebut.

Pada metode ini, ada 2 langkah analisis air yang digunakan yaitu : (1) Ekstrak informasi polarisasi dan (2) Pengolahan citra polarisasi. Berikut ini adalah citra sumber yang menjadi obyek deteksi air yang digunakan dalam penelitian (Binxie, 2007).



Gambar 9. Citra sumber permukaan air yang akan di deteksi (Binxie, 2007)

3.2.1. Ekstrak Informasi Polarisasi

Polarisasi parsial linier dapat diukur pada level piksel radiasi cahaya yang melewati suatu filter polarisasi. Pancarannya akan bervariasi secara sinusoidal sesuai dengan orientasi filternya (Wolff, 1995). Persamaannya terdapat di bawah ini :

Fase Polarisasi :

$$\text{Fase } \theta = 0.5 * \arctan \left(\frac{I_0 + I_{90} - 2I_{45}}{I_{90} - I_0} \right) \quad (1)$$

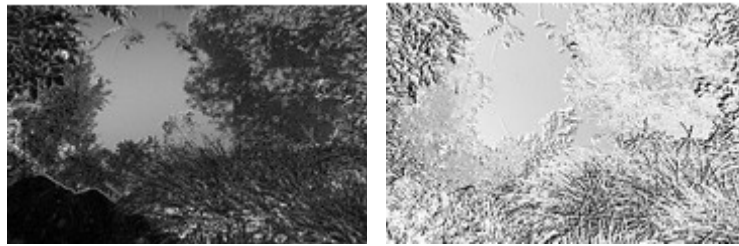
Intensitas Polarisasi :

$$\text{Jika } I_{90} < I_0 \text{ [if } (I_{45} < I_0) \theta = \theta + 90 \text{ else } \theta = \theta - 90 \text{] Intensitas } I = I_0 + I_{45} \quad (2)$$

Polarisasi Parsial atau derajat polarisasi :

$$P = \frac{I_{90} - I_0}{I_{90} + I_0} \cos 2\theta \quad (3)$$

I_0 , I_{45} dan I_{90} adalah intensitas cahaya yang dipilih untuk memperoleh parameter derajat polarisasi dan fase polarisasi. Proses ekstraksi informasi polarisasi ini dilakukan dengan mengolah kombinasi citra yang ditangkap dengan memberikan kondisi seperti pada ketiga persamaan di atas dan ditampilkan dalam area warna HSV. Berikut ini adalah citra hasil ekstraksi parameter polarisasi menggunakan persamaan di atas.



Gambar 10. Citra permukaan air setelah dihitung berdasarkan derajat polarisasi (KIRI), dan dihitung berdasarkan fase polarisasi (KANAN) (Binxie, 2007)

Citra hasil perhitungan berdasarkan derajat polarisasi terlihat belum dapat membedakan secara detail antara pantulan tumbuh-tumbuhan pada permukaan air, sedangkan citra hasil perhitungan berdasarkan fase polarisasi ini dapat menunjukkan perbedaan intensitas antara obyek pantulan dengan obyek sesungguhnya. Inilah yang menjadi kunci identifikasi air memanfaatkan pantulan cahaya yang mengenainya.

3.2.2. Pengolahan Citra Polarisasi

Pada bagian ini dilakukan klasifikasi untuk segmentasi citra. Pada beberapa riset sebelumnya, metode segmentasi citra ini pada umumnya memusatkan pada parameter derajat polarisasi saja. Namun, pada beberapa keadaan di alam ditemui derajat polarisasi dari daerah air secara signifikan lebih besar dari *scene* cahaya sekitarnya ketika memantulkan langit, tetapi juga kadang hampir sama dengan *scene* sekitar ketika memantulkan tumbuh-tumbuhan di sekelilingnya. Jadi, mustahil jika hanya menggunakan derajat polarisasi untuk melakukan segmentasi semua badan (permukaan) air pada semua situasi di atas.

Algoritma segmentasi yang digunakan adalah segmentasi *threshold* dan algoritma morfologi filter untuk menandai permukaan air, persamaannya (Binxie, 2007) :

$$S = \sum_{i,j} w(i,j) |\theta(i,j) - \bar{\theta}| \quad (4)$$

Keterangan :

- S = segmentasi similiar fase polarisasi
- $\theta(i,j)$ mewakili fase tiap pixel pada citra dengan polarisasi fase.
- $\bar{\theta}$ mewakili rata-rata nilai dari area tertentu pada citra dengan polarisasi fase.
- $w(i,j)$ mewakili lebar dari titik (i,j) , biasanya pilih $w(i,j) = 1$

Algoritma segmentasi *threshold* ini digunakan untuk menandai wilayah pada citra yang diduga sebagai air dengan aturan semua area yang derajat polarisasinya lebih besar dari *threshold* akhir, kemungkinannya adalah air, sedangkan algoritma morfologi filter adalah untuk menapis diskontinuitas yang terjadi pada algoritma segmentasi *threshold*.



Gambar 11. Segmentasi warna citra permukaan air berdasarkan derajat polarisasi (KIRI) dan berdasarkan fase polarisasi (KANAN) (Binxie, 2007)

Gambar 11 sebelah kiri adalah hasil segmentasi citra yang dihitung berdasarkan derajat polarisasi pada citra, namun hanya bidang yang langsung memantulkan langit yang dapat terdeteksi dengan baik, sedang untuk bidang yang memantulkan tumbuh-tumbuhan tidak terdeteksi. Sedangkan hasil dari penerapan algoritma segmentasi *threshold* pada citra yang dihitung berdasarkan fase polarisasi (Gambar 11 sebelah kanan) menunjukkan bahwa seluruh bidang air dapat dikenali. Beberapa titik segmentasi *threshold* akhir di luar genangan besar menandakan bahwa ada genangan kecil pada batu atau pada tanaman rumput.

3.3. Perbandingan Metode *Color Imagery* dan Metode Polarisasi Cahaya

Prinsip dasar perbandingan adalah bahwa dua metode ini memiliki kesamaan dalam memanfaatkan pantulan cahaya pada permukaan air untuk dianalisis dan diidentifikasi. Lalu Kedua metode ini pun menggunakan metode analisis memanfaatkan *threshold* (ambang) area warna HSV dalam segmentasi area yang diidentifikasi sebagai air.

Tabel 1. Perbandingan Metode Identifikasi Air

No.	Keterangan	Metode <i>Color Imagery</i>	Metode Polarisasi Cahaya
1.	Alat penangkap citra	Camera CCD atau sistem LADAR	Camera CCD dengan Filter polarisasi
2.	Skenario Penangkapan citra	Peralatan diatur dengan sudut pantul yang dapat diprediksikan. Pengambilan cukup 1 kali.	Peralatan diatur lebih detil dengan dua kombinasi : 3 kamera dengan 3 jenis filter berbeda atau satu kamera dengan filter yang diganti sebanyak 3 kali.
3.	Metode Analisis ciri air	4 langkah : identifikasi warna, tekstur, analisis kisaran pantulan dan penggabungan (8 algoritma)	2 langkah : ekstrak informasi polarisasi dan segmentasi citra (3 algoritma)
4.	Hasil	Permukaan air teridentifikasi dengan baik	Permukaan air teridentifikasi dengan baik

Metode *color imagery* unggul dalam detil pengolahan dan kemudahan dalam mekanisme penangkapan citra. Kombinasi kamera CCD dengan sistem LADAR menawarkan efisiensi pengolahan citra sampai pada perkiraan jarak dari suatu permukaan air dan pengambilan citra cukup satu kali saja. Namun, pada metode analisis ciri air membutuhkan lebih banyak algoritma karena proses identifikasinya dalam area analisis intensitas warna, tekstur dan kisaran pantulan cahaya. Masing-masing proses ini membutuhkan 2 algoritma yaitu, algoritma identifikasi dan algoritma segmentasi. Pengolahan bagian akhirnya pun membutuhkan 2 algoritma yaitu algoritma penggabungan ciri air dan algoritma tapis untuk menghilangkan kesalahan deteksi pada metode yang digabungkan tersebut.

Metode polarisasi cahaya membutuhkan instalasi peralatan penangkap citra yang lebih teliti, agar informasi polarisasi cahaya dari pantulan dapat ditangkap dengan baik. Pengambilan citra paling tidak dilakukan tiga kali dengan fase polarisasi yang berbeda-beda. Namun metode ini lebih unggul pada saat analisis ciri air, yang hanya membutuhkan 3 algoritma saja yaitu algoritma ekstrak informasi polarisasi, algoritma segmentasi *threshold* dan algoritma morfologi filter.

4. KESIMPULAN

Pemilihan metode analisis ciri air pada alam terbuka tentunya tidak lepas dari aplikasi penggunaannya. Namun efisiensi algoritma dengan tidak mengurangi kemampuan deteksinya adalah titik fokus yang penting pada penelitian-penelitian di bidang visi komputer ini.

Metode analisis polarisasi cahaya yang dapat memberikan lebih banyak informasi dibandingkan dengan analisis intensitas cahaya secara konvensional, tentunya dapat dijadikan metode yang efisien dalam algoritma. Maka penelitian-penelitian yang dilakukan untuk menemukan algoritma paling efektif dalam ekstraksi informasi polarisasi tersebut sangat dibutuhkan. Selain itu, penelitian perlu diarahkan untuk mengembangkan sistem penangkapan citra yang cukup praktis untuk metode polarisasi cahaya. Penelitian yang mencakup pembuatan jenis kamera khusus polarisasi cahaya, pembuatan jenis lensa polarisasi sampai kepada mekanisme instalasinya, karena sampai saat ini skenario pengambilan citra dengan metode polarisasi citra ini masih cukup kompleks dan rentan terhadap kesalahan.

5. PUSTAKA

- [1] A. Rankin, L. Matthies, A. Huertas (2004), "Daytime water detection by fusing multiple cues for autonomous off-road navigation," Proceedings of the 24th Army Science Conference, November 2004. [3] T. Hong, S. Legowik, M. Nashman, 1998: Obstacle Detection and Mapping System, National Institute of Standards and Technology (NIST) Technical Report NISTIR 6213, 1-22.
- [2] BIN XIE et al (2007), Polarization-Based Water Hazards Detection for Autonomous Off-road Navigation, Proceeding of 2007 IEEE/RSJ International Conference on intelligent Robots and System San diego, CA, USA
- [3] Darrin Cardani (2001), Adventures in HSV Space, Laboratorio de Robótica, Instituto Tecnológico Autónomo de México.
- [4] L. Matthies, P. Bellutta, M. McHenry (2003), "Detecting water hazards for autonomous off-road navigation," Proceedings of SPIE Conference 5083: Unmanned Ground Vehicle Technology V, Orlando, FL, 2003:231-242.
- [5] GOLDSTEIN, DENNIS (2003), Polarized Light, Second Edition, CRC Press, ISBN-13: 9780824740535
- [6] LAWRENCE B. WOLFF, ANDREAS ANDREOU (1995), Polarization Camera Sensor, Image & Vision Computing, Vol 13, sevier Science, 497-510
- [7] MEGUMI, SAITO. (1999), Measurement of Surface Orientations of Transparent Objects Using Polarization in Highlight, IEEE
- [8] S.SHAFER. (1985), "Using color to separate reflection components," COLOR Research and Application, Vol. 10, pp.210-218