

## METODE DAN PENDEKATAN TEORITIS DALAM DERIVASI BATIMETRI LAUT DANGKAL DARI DATA CITRA SATELIT WORLDVIEW-2

**Muhamad Roem**

*Staff Pengajar Jurusan Manajemen Sumberdaya Perairan  
FPIK Universitas Borneo Tarakan (UBT) Kampus Pantai Amal Gedung E,  
Jl. Amal Lama No.1, Po. Box. 170 Tarakan KAL-TIM.  
HP. 081342416317 / E-mail : [muhamad.roem@gmail.com](mailto:muhamad.roem@gmail.com)*

### ABSTRACT

*WorldView-2 sensor, which was launched in October 2009 represents a new achievement in geographic information systems, especially in the marine field. Differences WorldView-2 sensor with sensor-owned satellite that has gone before is located on four new band that has the coastal band, yellow band, red edge band, and near-IR 2 band. Coastal band sensors are specifically designed for applications in the littoral zone or shallow sea. This is very helpful in mapping the depth or bathymetry. This is not only important for navigational purposes but also in seeing the shipping processes of coastal disaster mitigation planning and even in coastal areas such as tsunami and storm surge. This paper gives an overview of how the application of WorldView-2 imagery for mapping shallow sea bathymetry can be done based on methods and approaches that has been already available for the other sensor.*

**Keywords : WorldView-2, Coastal Band, Bathymetry, Shallow Marine**

### I. Pendahuluan

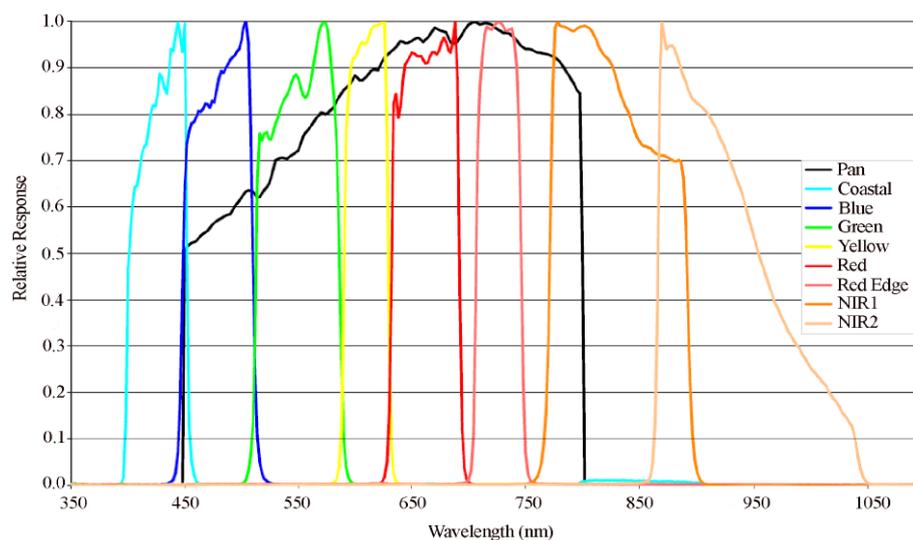
Garis pantai, dangkalan dan terumbu karang merupakan wilayah yang paling dinamis dan secara konstan terus-menerus mengalami perubahan. Sistem informasi geografis merupakan salah satu teknologi terbaik dalam pengamatan perubahan yang terjadi dimuka bumi terlebih di daerah pesisir dan laut dangkal. Beberapa aspek yang menjadi medan aplikasi sistem informasi geografis di wilayah pesisir dan laut dangkal misalnya pemetaan batimetri, pemetaan benthik, geomorfologi pantai, perubahan garis pantai, determinasi, pemodelan oseanografi, maupun pola refraksi ombak. Pemetaan topografi dasar laut atau batimetri dan monitoring perubahan batimetri merupakan pekerjaan penting tidak hanya untuk navigasi kelautan akan tetapi juga dalam mendeskripsikan proses-proses pantai seperti erosi dan sedimentasi mengingat pola sirkulasi air sangat ditentukan oleh kondisi batimetri perairan.

Sensor WorldView2 Milik perusahaan DigitalGlobe yang di bangun oleh Ball Aerospace & Technologies Corp., merupakan sekuel dan peningkatan dari sensor WorldView-1 yang diluncurkan pada September 2007. Hal menarik dari sensor WorldView2 adalah sebagai tambahan untuk band pankromatik, blue, green, red dan Near Infrared (NIR) yang ada pada WorldView-1, sensor WorldView-2 memiliki empat sensor warna baru. Panjang gelombang terendah di tempati oleh blue band (*Coastal*) dengan puncak panjang gelombang pada 425 nm. Band ini dikhususkan untuk aplikasi pengamatan pada wilayah laut dangkal.

artikel ini disusun untuk memberikan gambaran bagaimana aplikasi citra WorldView-2 dalam pemetaan batimetri laut dangkal dapat dilakukan berdasarkan metode dan pendekatan terhadap citra satelit yang telah ada selama ini.

## II. Satelit WorldView-2

WorldView-2 merupakan satelit resolusi tinggi pertama yang menyediakan delapan sensor spektral pada kisaran gelombang sinar tampak hingga infra-merah dekat. Setiap sensor secara spesifik difokuskan pada kisaran spektrum elektromagnetik tertentu yang sensitif terhadap fitur tertentu pada permukaan tanah, atau pada kandungan atmosfer. Secara bersama-sama kedelapan sensor WorldView-2 didesain untuk meningkatkan kemampuan segmentasi dan klasifikasi penampakan objek di darat dan di laut.



Gambar 1. Respon spektral sensor WorldView-2 (DigitalGlobe, 2010)

Tabel 1. Spesifikasi dan Informasi satelit WorldView-2 (DigitalGlobe, 2010)

<b>Spesifikasi</b>	<b>Informasi</b>
Peluncuran	Tanggal : 8 Oktober 2009 Roket Peluncur : Delta 7920 Lokasi Peluncuran : Vandenberg Air Force Base, California
Orbit	Tinggi : 770 kilometer Sun synchronous, jam 10:30 am descending node Periode orbit : 100 menit
Masa Operasi	7.25 tahun, meliputi seluruh yang terpakai dan yang mengalami penyusutan (mis. bahan bakar).
Dimensi Satelit, Bobot & Power	4.3 meter tinggi x 2.5 meter lebar, 7.1 meter lebar panel energi surya Bobot : 2800 kilogram 3.2 kW panel surya, 100 Ahr battery
Sensor Bands	Pankromatik 8 Multispektral: <ul style="list-style-type: none"> <li>• 4 standard colors: blue, green, red, near-IR 1</li> <li>• 4 new colors: coastal, yellow, red edge, near-IR 2</li> </ul>
Resolusi Sensor (GSD = Ground Sample Distance)	Pankromatik : <ul style="list-style-type: none"> <li>• 0.46 meter GSD pada nadir</li> <li>• 0.52 meter GSD pada 20° off-nadir</li> </ul> Multispektral: <ul style="list-style-type: none"> <li>• 1.84 meter GSD pada nadir</li> <li>• 2.08 meter GSD pada 20° off-nadir</li> </ul> (catatan : citra satelit harus diresampling ke ukuran 0.5 meter bagi pelanggan di luar pemerintahan Amerika)
Dynamic Range	11-bit per pixel
Lebar Sapuan	16.4 kilometer pada nadir
Kapasitas penyimpanan	2199 gigabit
Perekaman per orbit	524 gigabit
Maksimal area terekam pada sekali lintas	65.6 km x 110 km mono 48 km x 110 km stereo
Putaran ke lokasi yg sama	1.1 hari pada 1 meter GSD atau kurang 3.7 hari pada 20° off-nadir atau kurang (0.52 meter GSD)
Ketelitian lokasi (CE 90)	6.5m CE90, dengan perkiraan antara 4.6 s/d 10.7 meter CE90, di luar pengaruh terrain dan off-nadir 2.0 m jika menggunakan registrasi titik kontrol tanah

### III. Metode Derivasi Batimetri Dari Data Satelit

Secara garis besar ada dua metode yang umum dilakukan dalam derivasi batimetri dari data citra satelit, yaitu metode linear dan metode rasio (Loomis, 2009).

**Metode Linear**

Kedua metode ini berdasarkan pada prinsip bahwa cahaya akan mengalami atenuasi sepanjang interaksinya dengan kolom air dan kedalaman penetrasi cahaya tergantung pada panjang gelombang dari cahaya itu sendiri. Hubungan ini disederhanakan dalam persamaan :

$$I_d = I_0 \cdot e^{-pk} \dots\dots\dots(1)$$

- Dimana :
- $I_d$  = intensitas cahaya
  - $I_0$  = intensitas cahaya insiden
  - $p$  = panjang path air dimana cahaya melintas
  - $k$  = koefisien atenuasi/pelemahan

ringkasnya spektrum cahaya dengan panjang gelombang terpendek memiliki kemampuan penetrasi paling dalam sementara cahaya dengan panjang gelombang terpanjang akan memiliki kemampuan penetrasi yang dangkal.

Kedalaman dan reflektansi dasar perairan mempengaruhi pantulan cahaya mengikuti persamaan :

$$R_{rs} = (A_b - R_\infty)e^{-gz} + R_\infty \dots\dots\dots(2)$$

- Dimana :
- $A_b$  = albedo (pancaran reflektansi dasar)
  - $R_\infty$  = reflektansi kolom air
  - $g$  = fungsi koefisien atenuasi difusi dari peningkatan atau penurunan cahaya
  - $z$  = Kedalaman (Lyzenga, 1978)

Persamaan ini mendapatkan kedalaman dengan :

$$z = g^{-1} [\ln (A_d - R_\infty) - \ln (R_{rs} - R_\infty)] \quad I_d = I_0 \cdot e^{-pk} \dots\dots\dots(3)$$

- dimana :  $I_d$  = Intensitas cahaya

Metode linear (Benny and Dawson, 1983; Jupp, 1988; Lyzenga, 1978) menghadirkan dua asumsi. Asumsi pertama menyebutkan bahwa kemampuan penetrasi pada kolom air bergantung panjang gelombangnya (Green et al., 2000). Asumsi ini juga berlaku untuk metode lain. Asumsi kedua menyatakan bahwa kualitas air adalah homogen pada cakupan citra (Green et al., 2000). Asumsi tambahan dapat hadir mengikuti metode yang digunakan. Misalnya Benny and Dawson (1983) berasumsi bahwa albedo substrat dasar perairan adalah homogen untuk memudahkan perhitungan.

**Metode Rasio**

Stumpf et al., (2003) mengajukan metode rasio yang menampilkan variasi albedo subtrat. Metode ini dibangun berdasarkan prinsip bahwa atenuasi cahaya bersifat eksponensial terhadap kedalaman, namun mengusulkan agar menggunakan dua band berbeda untuk derivasi kedalaman, sehingga efek albedo substrat dapat diminimalkan (Stumpf et al., 2003). Prinsip ini secara matematis dijelaskan sebagai berikut :

Persamaan (1) mendeskripsikan atenuasi cahaya terhadap kedalaman oleh Hukum Beer. Lyzenga (1978) mendeskripsikan hubungan antara reflektansi yang diamati terhadap

kedalaman dan albedo. Persamaan Lyzenga (1978) menghitung kedalaman sebagai fungsi dari reflektansi dan albedo dengan persamaan (4).

$$z = g^{-1} [\ln (A_d - R_\infty) - \ln (R_w - R_\infty)] \dots\dots\dots(4)$$

- dimana :
- $z$  = kedalaman
  - $g$  = fungsi koefisien atenuasi difusi dari peningkatan atau penurunan cahaya
  - $A_b$  = pantulan reflektansi dasar (albedo)
  - $R_\infty$  = reflektansi kolom air dalam (secara optik)
  - $R_w$  = reflektansi teramati

Pehitungan kedalaman dengan cara ini, sebagaimana sebelumnya, bergantung pada albedo. Sehingga, jika albedo dari dua substrat pada kedalaman sama berbeda, maka perhitungan akan menghasilkan kedalaman yang berbeda. Sebaliknya jika dua substrat pada kedalaman berbeda memiliki albedo yang sama, hasil perhitungan dapat menunjukkan bahwa kedalaman sama.

Dengan persamaan (2), perhitungan kedalaman dapat menjadi keliru pada dua substrat ini. Metode rasio berupaya menjawab ini dengan membandingkan atenuasi dua band berbeda daripada menggunakan albedo sebagai variabel dalam perhitungan kedalaman. Band yang berbeda akan mengalami laju atenuasi yang berbeda, sehingga salah satu akan berkurang dari yang lainnya. Rasio antara kedua band akan berubah dengan kedalaman. Perubahan albedo dasar perairan seharusnya memberikan pengaruh yang sama terhadap kedua band, tetapi perubahan atenuasi terhadap kedalaman akan menjadi lebih besar dibanding perubahan atribut albedo dasar sehingga kedua band seharusnya tetap sama saat melewati substrat berbeda pada kedalaman yang sama (Stumpf et al., 2003).

Metode rasio secara matematis dijelaskan oleh persamaan (5) :

$$z = m_1 \frac{\ln (nR_w(\lambda_i))}{\ln (nR_w(\lambda_0))} - m_0 \dots\dots\dots(5)$$

- dimana :
- $z$  = kedalaman
  - $m_1$  = konstanta rasio terhadap kedalaman (dapat diatur)
  - $R_w$  = Reflektansi teramati
  - $M_0$  = konstanta permukaan
  - $n$  = konstanta untuk menjaga agar ratio bernilai positif

#### IV. Pendekatan Dalam Kalkulasi Batimetri Dari Citra WorldView-2

Batimetri sekitar pantai selama ini telah dipetakan menggunakan citra multispektral resolusi tinggi. Dengan diperkenalkannya sensor WorldView-2 yang menghasilkan citra dengan resolusi spasial dan resolusi temporal tinggi serta Coastal Blue Band (400-450 nm) yang didesain secara khusus untuk pengukuran batimetri,

diharapkan kedepannya pengukuran batimetri secara substansial akan mengalami peningkatan baik dalam hal akurasi kedalaman dan posisi.

Terdapat dua pendekatan yang dapat dilakukan dalam mengkalkulasi batimetri menggunakan citra satelit multispektral yaitu pendekatan radiometrik dan pendekatan fotogrametrik (DigitalGlobe, 2010).

### ***Pendekatan Radiometrik***

Pendekatan radiometrik dilakukan berdasarkan fakta bahwa panjang gelombang dari cahaya berbeda akan mengalami atenuasi/pelemahan oleh badan air dengan berbagai tingkatan yang berbeda. Cahaya merah akan mengalami atenuasi lebih cepat dibanding cahaya biru. Selama ini pengukuran batimetri telah menggunakan satelit multispektral untuk mendeteksi cahaya biru kisaran panjang gelombang (450 – 510 nm), hijau (510 – 580 nm) dan merah (630 – 690 nm) guna mendapatkan estimasi kedalaman yang baik pada perairan dengan kedalaman lebih dari 15 meter. Dengan penggunaan sonar sebagai pembanding pada survei lapangan (*ground truth*) pengukuran batimetri dengan citra berhasil mencapai akurasi vertikal dan horizontal kurang dari 1 meter.

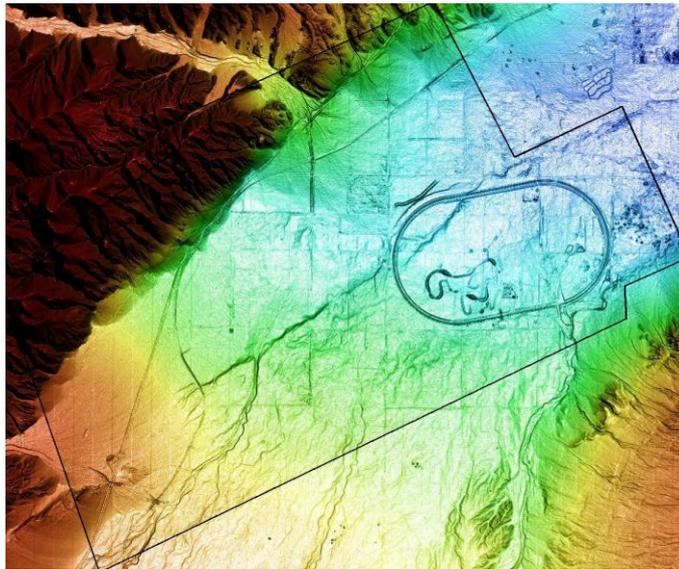
Guna meningkatkan kualitas data batimetri, para analis sistem informasi geografis beralih memanfaatkan data satelit yang menghasilkan citra multispektral dengan resolusi tinggi. Sensor ini mampu mendeteksi cahaya pada range 400 hingga 450 nm (spektrum panjang gelombang yang mampu melakukan penetrasi paling dalam pada perairan jernih). Penelitian menggunakan data citra tersebut menunjukkan bahwa akurasi pengukuran batimetri telah dapat ditingkatkan pada kedalaman 20 meter atau lebih.

WorldView-2 merupakan satelit resolusi tinggi komersial pertama yang menyediakan citra dengan resolusi multispektral sebesar 1,84 m ditambah sebuah sensor band Coastal Blue yang difokuskan pada kisaran panjang gelombang 400 - 450 nm. Dengan Coastal Blue band yang terintegrasi dengan band lainnya didesain untuk mampu mengkalkulasi kedalaman sampai dengan 20 m dan secara potensial mencapai kedalaman 30 m, melalui pengukuran absorpsi relatif dari panjang gelombang band Coastal Blue, Blue dan Green.

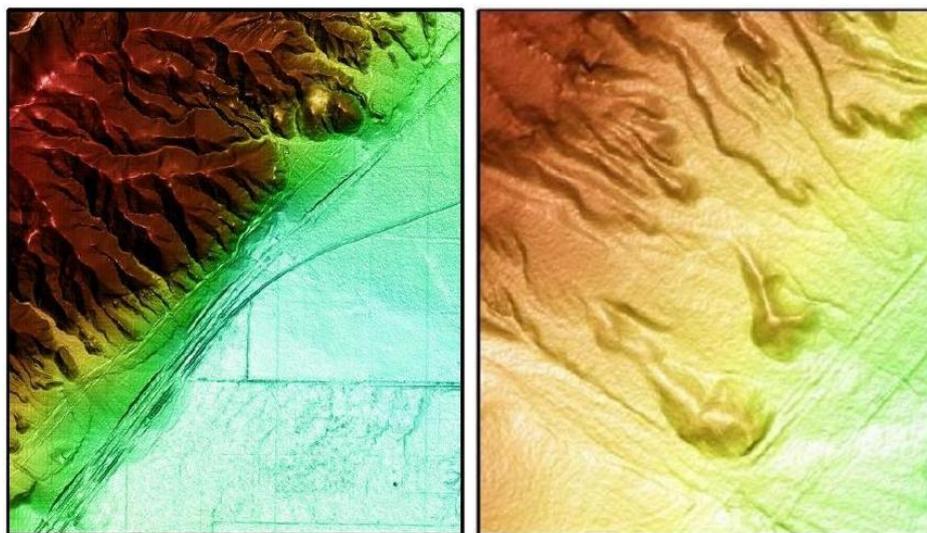
Kapabilitas pengumpulan data *single-pass* yang besar dari WorldView-2 juga menjadikan aplikasi data *ground truth* menjadi lebih akurat dan nyata. Pengumpulan data *multiple* yang terdiri dari perbedaan sudut pencahayaan matahari, kondisi laut dan parameter lainnya sangat menarik untuk mengkalibrasi satu seri pengukuran dan kemudian menggunakannya pada wilayah yang luas. *Large synoptic collections*, dimungkinkan oleh kegesitan pergerakan dan kemampuan *retargeting* WorldView-2 terhadap suatu lokasi. Hal ini memungkinkan untuk membandingkan perbedaan penyerapan band Coastal Blue, Blue dan Green, lalu mengkalibrasi estimasi batimetri tersebut menggunakan point benchmark yang ditentukan dan menggeneralisir model tersebut pada daerah pengambilan data.

### ***Pendekatan Fotogrametrik***

Pada metode ini, citra stereoskopik dikumpulkan dari area target dan data Model Elevasi Digital/*Digital Elevation Model* (DEM) dari dasar perairan dangkal dihasilkan dari citra. Beberapa studi baik yang menggunakan citra satelit dan foto digital menunjukkan hasil yang menjanjikan serta menunjukkan bahwa teknik ini dapat digunakan untuk menghasilkan model batimetri yang akurat dari perairan dangkal tanpa perlu melakukan pemeriksaan lapangan. Meski demikian teknik ini belum dipelajari secara luas disebabkan keterbatasan kapabilitas sensor yang ada sebelum hadirnya sensor WorldView-2.



Gambar 2. Model Elevasi Digital / Digital Elevation Model (DEM) yang dihasilkan oleh sensor WorldView-2 pada area luas dimana point perubahan elevasi berinterval setiap satu meter (Mitchell, 2010)



Gambar 3. Model Elevasi Digital / Digital Elevation Model (DEM) yang dihasilkan oleh sensor WorldView-2 pada area selebar 2.500 meter (kiri) dan 500 meter (kanan) (Mitchell, 2010)

Tantangan terhadap pengumpulan data citra stereoskopik dari perairan dangkal adalah bagaimana meminimalisir efek interaksi cahaya dengan udara/batas muka air. Pada penyinaran dengan sudut tinggi, cahaya secara sempurna dipantulkan oleh permukaan air, menghalangi benda sub-akuatis apapun untuk teramati. Sensor satelit multispektral yang tersedia tidak mampu untuk mendapatkan citra stereoskopik pada sudut sempit untuk penetrasi pada permukaan laut.

Satelit WorldView-2 sangat mendukung aplikasi metode dalam pengukuran batimetri. Band Coastal Blue akan menghantarkan gelombang dengan penetrasi air maksimum. Kegesitan sensor WorldView-2 akan memungkinkan pengumpulan sejumlah besar citra stereo kronologis suatu wilayah dengan resolusi temporal tinggi dan pada sudut yang ideal untuk penetrasi badan air.

## V. Kesimpulan

Aplikasi metode fotogrametri pada citra dari sensor WorldView-2 menghasilkan sebuah model elevasi digital kontinyu yang menggabungkan darat dan laut. Model elevasi digital tanpa batasan ini akan menjadi perangkat yang sangat berharga dalam pemodelan proses-proses hidrogeometeorologi di daerah pesisir dan perencanaan mitigasi bencana yang berpeluang terjadi di wilayah pesisir tersebut.

Hasil sensor WorldView-2 yang berupa komposit stereo dapat digunakan untuk mengkalkulasi kedalaman perairan tanpa membutuhkan pengukuran lapangan. Hingga saat ini WorldView-2 merupakan satelit komersial terbaik yang mampu memberikan kombinasi unik dari resolusi spasial dan spektral tinggi, kegesitan (resolusi temporal) serta kapasitas pengumpulan data stereo dalam analisis informasi geografis.

## Daftar Pustaka

- Benny, A. H., and G. J. Dawson, 1983. *Satellite imagery as an aid to bathymetric charting of the Red Sea*. The Cartographic Journal, 20 (1), 5-16.
- DigitalGlobe, 2010. *The Benefits of the 8 Spectral Bands of WorldView-2*. White paper. DigitalGlobe.com.
- Green, E. P., P. J. Mumby, A. J. Edwards, and C. D. Clark, 2000. *Remote Sensing Handbook for Tropical Coastal Management*. UNESCO.
- Jupp, D. L. P., 1988. *Background and extensions to depth of penetration (DOP) mapping in shallow coastal waters*. Proceedings of the Symposium on Remote Sensing of the Coastal Zone, Queensland, September 1988, IV2.1-IV2.29.

- Loomis, M.J., 2009. *Depth Derivation From The WorldView-2 Satellite Using Hyperspectral Imagery*. Naval Postgraduate School. Monterey, California. Master Theses.
- Lyzenga, D. R., 1978. *Passive remote sensing techniques for mapping water depth and bottom features*. Applied Optics, 17 (3), 379-383.
- Mitchell, G., 2010. *PhotoSat WorldView-2 Stereo Satellite DEM Comparison to a LiDAR DEM in Southeast California*.
- Stumpf, R. P., K. Holderied, and M. Sinclair, 2003. *Determination of water depth with high-resolution satellite imagery over variable bottom types*. Limnology and Oceanography, 48 (1), 547-556.