

# INDEKS KUALITAS LINGKUNGAN (IKL) DI WILAYAH PERAIRAN NATUNA TERKAIT DENGAN AKTIVITAS INDUSTRI MIGAS

## *DISTRIBUTION OF ENVIRONMENTAL QUALITY INDEX (EQI) SURROUNDING NATUNA WATERS RELATED TO OIL AND GAS ACTIVITY*

Rahayu Kusuma Risdianto<sup>1)</sup> dan Undang Hernawan<sup>2)</sup>

1) Pusat Penelitian dan Pengembangan Teknologi Minyak dan Gas Bumi Bumi "Lemigas"

2) Pusat Penelitian dan Pengembangan Geologi Kelautan

Diterima : 12-12-2013, Disetujui : 25-05-2014

### ABSTRAK

Indeks Kualitas Lingkungan (IKL) dapat digunakan untuk memantau kondisi lingkungan. Analisis Indeks Kualitas Lingkungan (IKL) dilakukan di kawasan industri migas di perairan Laut Natuna. Studi ini menggunakan data penginderaan jauh dan analisa sembilan parameter kualitas air dari 15 titik lokasi untuk menyusun algoritma kualitas air. Hasil dari studi ini menunjukkan distribusi IKL tergolong kriteria baik (70-91) dan sangat baik (91-100). Nilai IKL baik berada di bagian Utara (U) sampai Timur Laut (TL) dan Timur (T) sampai Selatan (S) dan terlihat dominan di bagian Selatan (S) sampai Utara (U). Nilai IKL sedang berada di bagian Barat Daya (BD) sampai Barat (B). Distribusi IKL sangat baik dominan berada di bagian Utara (U) sampai Timur Laut (TL), Timur (T) sampai Selatan (S) dan terlihat dominan di bagian Timur Laut (TL) sampai Timur (T).

**Kata kunci:** IKL, penginderaan jauh, MODIS, kualitas Air, perairan Natuna.

### ABSTRACT

*Environmental Quality Index (EQI) can be used for monitoring of environmental condition. Analysis of Environmental Quality Index (EQI) in petroleum and gas industry area had been done at Natuna waters. This study was based on remote sensing data and analysis data of nine water quality parameters from fifteen sampling sites to arrange water quality algorithm. The result shows that the distribution of EQI is within good (70-91) to very good (91-100) criteria. The good value of EQI is distributed from north (N) to north east (NE) and east (E) until south (S) that is dominated at the southern to northern parts. The medium value of EQI is in southwest to west parts. The very good EQI is dominated at the north (N) until North East (NE), East (E) to southern parts that is dominated at the northeast to eastern parts.*

**Keywords:** EQI, Remote Sensing, MODIS, Water Quality.

### PENDAHULUAN

Indeks Kualitas Lingkungan (IKL) merupakan indikator yang digunakan untuk mengukur kondisi lingkungan yang berkaitan dengan variabel kualitas air. Parameter kualitas air tersebut digolongkan sebagai parameter kunci. Jika nilainya dalam kondisi yang tidak normal akan menurunkan kualitas perairan. Menurut Cude (2001), Indeks Kualitas Lingkungan adalah satu nilai yang diperoleh dengan mengintegrasikan 8 (delapan) variabel kualitas air yakni suhu, oksigen terlarut, kebutuhan oksigen biokimia, pH, amonia + nitrat nitrogen, fosfor total, total padatan, dan

fecal coliform. IKL merupakan penilaian kondisi kualitas lingkungan yang disusun berdasarkan variabel fisik, kimia, biologi dan unsur atau senyawa beracun (Steinhart *et al*, 1982). IKL dapat menggambarkan hubungan antara jumlah polutan yang masuk ke perairan dengan kondisi kualitas perairan. Pengukuran IKL di beberapa negara dapat membantu para pembuat kebijakan dalam memantau kondisi lingkungan perairan seperti danau, pesisir pantai dan perairan lainnya (Steinhart *et al*, 1982).

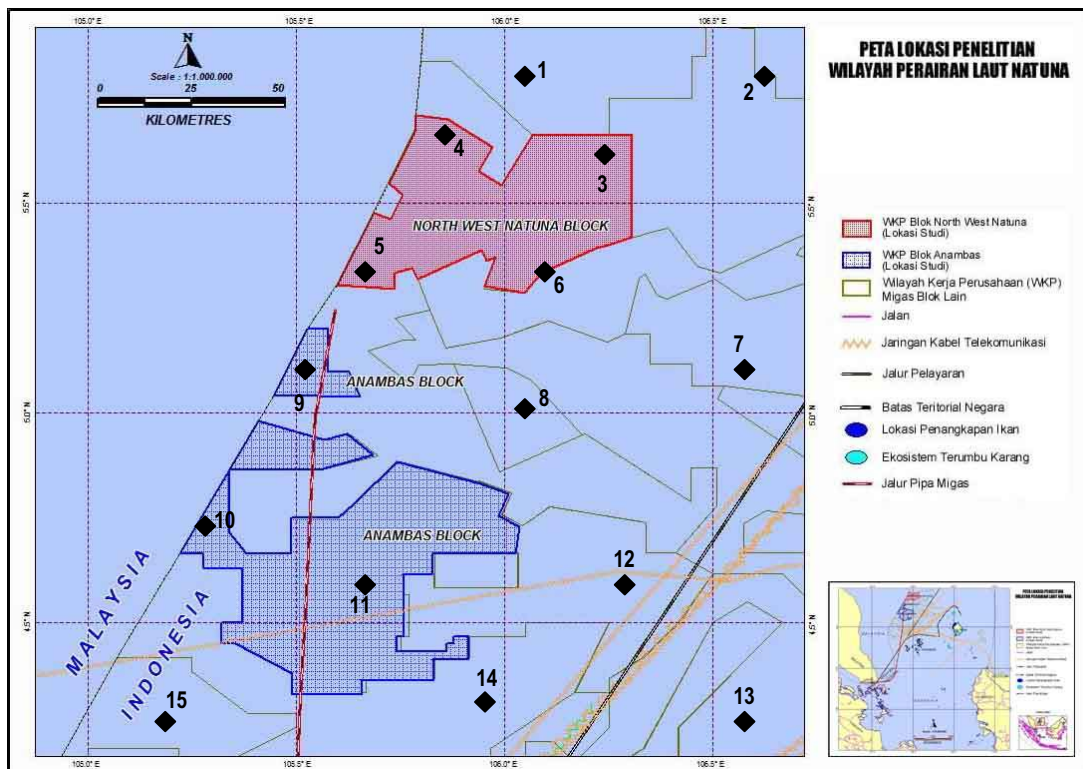
Dalam rangka membantu program penanggulangan pencemaran minyak sekaligus

untuk memantau kondisi lingkungan di wilayah kerja industri migas, perlu dilakukan studi Analisis Indeks Kualitas Lingkungan (IKL). Analisis IKL di industri migas sebagai salah satu indikator untuk menentukan wilayah perairan dalam kondisi baik atau buruk yang disebabkan adanya aktivitas migas. Perairan dikatakan dalam kondisi baik jika memiliki nilai IKL yang tinggi sehingga perairan tersebut tergolong berlum tercemar oleh kegiatan migas (RSGIS-Lemigas, 2001).

Mulia (2007) telah melakukan penelitian di daerah perairan Natuna untuk pemetaan kondisi lingkungan berdasarkan citra Modis dan Indeks Kualitas Lingkungan dari tujuh parameter lingkungan yaitu suhu, kekeruhan, total padatan tersuspensi, kebutuhan oksigen biokimiawi (BOD), oksigen terlarut (DO), fosfat, dan nitrat. Hasil perhitungan indeks kualitas lingkungan menggunakan metode NSF-WQI, diperoleh bahwa kondisi perairan di wilayah perairan Natuna pada kondisi sangat baik dan tidak terjadi pencemaran dengan selang nilai antara 94,085 dan 96, 520. Namun dari hasil pendugaan citra MODIS dan data insitu beberapa parameter diperoleh RMS error cukup besar sehingga diperlukan algoritma lain yang dapat memberi data hasil pendugaan citra satelit dengan akurasi yang lebih baik.

Oleh karena itu tujuan dari studi ini adalah untuk mengembangkan data penelitian terdahulu dengan cara menganalisis dan memetakan distribusi IKL berdasarkan 9 (sembilan) parameter kualitas air di wilayah aktivitas migas berdasarkan pada citra MODIS.

Data lapangan dan data citra yang dipakai pada penelitian ini sama dengan data yang digunakan oleh Mulia (2007), tetapi memiliki perbedaan dalam (1) pemetaan kondisi perairan dengan citra MODIS terbatas pada empat parameter (klorofil-a, suhu permukaan laut, total padatan tersuspensi, dan *colored dissolved organic matter*), sedangkan pada penelitian ini dilakukan untuk semua parameter yang akan digunakan pada penilaian IKL; (2) algoritma yang digunakan Mulia (2007) untuk pengolahan citra MODIS merupakan algoritma standar dari *software* pengolah citra dan berdasarkan referensi yang merupakan tipe perairan 1, sehingga tingkat akurasinya kurang maka pada penelitian ini pengolahan citra dilakukan dengan penyusunan algoritma sendiri; (3) penentuan penilai IKL oleh Mulia (2007) didasarkan pada 7 parameter dari hasil pengukuran insitu, sedangkan pada penelitian ini dilakukan berdasarkan 9 parameter kunci dengan menambahkan data *Escherichia coli* (*E coli*) dan pH (Otto, 1978); (4) pemetaan penilaian IKL dilakukan



Gambar 1. Lokasi Studi dan Titik Sampling

berdasarkan metode interpolasi dari hasil perhitungan pada titik pengukuran insitu, maka pada penelitian ini pemetaan dilakukan berdasarkan hasil dari algoritma citra MODIS.

## METODE

Telah disebutkan diatas bahwa data lapangan dan data citra yang dipakai pada penelitian ini sama dengan data yang digunakan oleh Mulia (2007), yaitu di perairan Laut Lepas Natuna. Pengambilan data lapangan di 15 titik sampling dilakukan pada tanggal 24-31 Januari 2005 dengan pola sebaran yang proporsional untuk mewakili kondisi perairan (Gambar 1). Pemilihan lokasi dilakukan berdasarkan cukup banyaknya aktivitas industri migas di perairan tersebut (Gambar 1). Sampel diambil pada kedalaman 0 meter, 5 meter, 10 meter dan sampai kedalaman dimana penetrasi cahaya matahari masih bisa menembus kolom perairan.

Data yang dikoleksi mencakup 9 (sembilan) buah aspek kualitas air yaitu suhu, kekeruhan, Massa Padatan Tersuspensi (MPT), Oksigen terlarut (DO), *Biological Oxygen Demand* (BOD), Fosfat, Nitrat, *E coli* dan pH) Data tersebut digunakan untuk menghitung nilai IKL oleh Mulia (2007) kecuali data *E coli* dan pH.

Analisis laboratorium dilakukan di laboratorium Produktivitas Lingkungan Fakultas Perikanan dan Kelautan Institut Pertanian Bogor mengacu pada metode APHA (*American Public Health Association*) oleh Mulia (2007).

Pengambilan sampel pada beberapa kedalaman dilakukan untuk dikorelasikan pada sensor satelit MODIS yang bekerja pada kisaran panjang gelombang visibel dan near infra merah. Citra satelit MODIS hasil perekaman tanggal 27 Januari 2005 digunakan untuk mengetahui distribusi parameter kualitas air yang dianalisis.

Citra satelit MODIS selanjutnya diproses melalui tahapan koreksi geometrik, pemotongan (*cropping*) sesuai lokasi studi, *masking* (membedakan wilayah darat dan laut), penajaman kualitas citra (*image enhancement*) serta ekstraksi informasi. Untuk analisis dan pemetaan nilai IKL digunakan citra satelit MODIS. Citra satelit ini mampu mendeteksi secara langsung parameter kualitas air yakni suhu, Massa Padatan Tersuspensi (MPT), kekeruhan dan konsentrasi klorofil melalui analisis regresi yang menunjukkan korelasi antara Nilai Digital (ND) dengan parameter tersebut. Parameter kualitas air yang tidak dapat dipetakan secara langsung dari citra satelit MODIS dianalisis juga dengan metode analisis statistik (analisis regresi korelasi) antara parameter kualitas air yang dianggap saling mempengaruhi kondisinya di alam. Parameter tersebut antara lain konsentrasi klorofil dengan nitrat, fosfat, oksigen terlarut, serta BOD dengan DO. Parameter pH dianalisis dengan total nilai MPT, DO, nitrat dan fosfat. Berdasarkan model algoritma masing-masing parameter kualitas air, dilakukan analisis IKL menggunakan persamaan Brown (Otto, 1978) dengan formula :

$$IKL = \sum_{i=1}^n I_i \times NKP_i$$

dimana :

- IKL = Indeks Kualitas Lingkungan
- $I_i$  = Nilai kurva standar untuk parameter ke- $i$
- $NKP_i$  = Nilai Kualitas Penting untuk parameter ke- $i$
- $i$  = Sub index (suhu, massa padatan tersuspensi, kekeruhan, Nitrat, Posfat, DO, BOD, E. coli dan pH)

Tabel 1. Nilai Kualitas Penting (NKP<sub>i</sub>) Untuk 9 Parameter Kualitas Air

No.	Parameter	Nilai Kurva Standar Faktor Pembobotan	NKP <sub>i</sub>
1	Suhu Permukaan Laut (SPL)	0,6	0,10
2	Massa Padatan tersuspensi (MPT)	0,5	0,08
3	Kekeruhan	0,5	0,08
4	Nitrat	0,6	0,10
5	Posfat	0,6	0,10
6	DO	1,0	0,17
7	BOD	0,6	0,10
8	<i>E Coli</i>	0,9	0,15
9	pH	0,7	0,12
<b>Total</b>		<b>6,0</b>	<b>1,00</b>

Sumber : Otto, 1978

Nilai Kualitas Penting (NKPi) untuk 9 parameter kualitas air dilakukan berdasarkan Tabel 1, sedangkan kriteria untuk penentuan nilai IKL terbagi menjadi 5 kelas mengacu pada Tabel 2.

Tabel 2. Kriteria IKL

Nilai IKL	Kriteria	Nilai IKL	Kriteria
0 – 25	Sangat Buruk	71 - 90	Baik
26 – 50	Buruk	91 - 100	Sangat Baik
51 - 70	Cukup		

Sumber : Otto, 1978

Nilai NKPi diperoleh dari hasil rasio antara masing-masing nilai kurva standar faktor pembobotan parameter kualitas air dengan total atau jumlah seluruh nilai kurva standar faktor pembobotan. Misal nilai NKPi untuk Suhu Permukaan Laut (SPL) =  $0.6/6.0=0.1$ ; NKPi untuk MPT =  $0.5/6.0 = 0.08$ .

Untuk mempermudah dalam interpretasi dan membahas sebaran nilai IKL dilakukan pembagian menjadi 8 (delapan) yang sesuai dengan arah mata angin yakni Utara (U), Timur Laut (TL), Timur (T), Tenggara (TG), Selatan (S), Barat Daya (BD), Barat (B) dan Barat Laut (BL) dengan sistem pembacaannya searah jarum jam. Secara keseluruhan tahapan kegiatan yang dilakukan dalam studi ini disajikan dalam diagram alir pada Gambar 2.

## HASIL DAN PEMBAHASAN

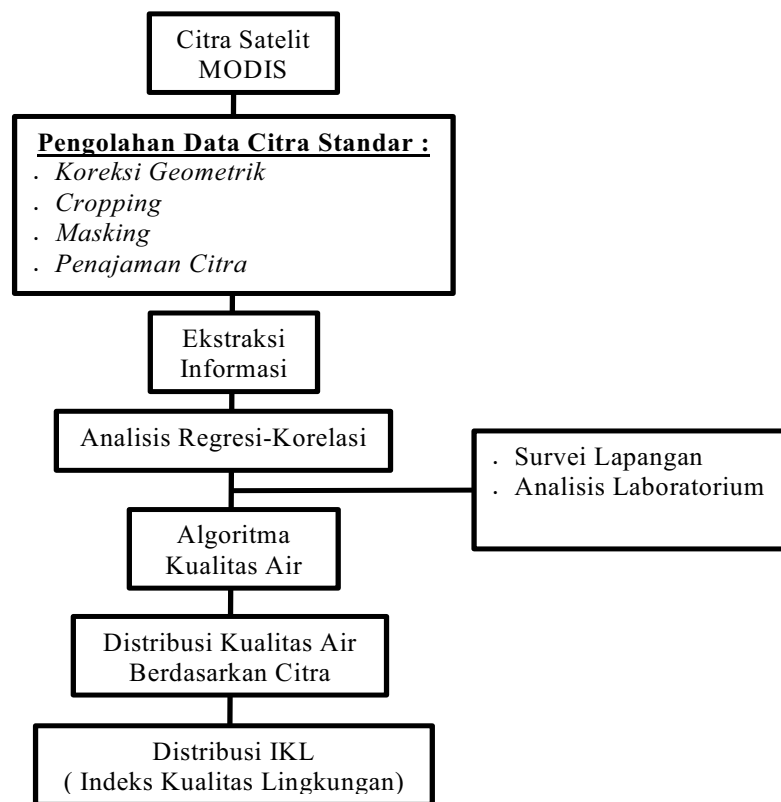
Hasil analisis laboratorium sembilan parameter kualitas perairan dari 15 lokasi sampling disajikan pada Tabel 3.

Hasil analisis laboratorium dan hasil ekstraksi informasi citra MODIS dianalisis regresi korelasi sehingga diperoleh model persamaan algoritma. Kurva hubungan beberapa parameter kualitas air dengan nilai digital citra MODIS disajikan dalam Gambar 3.

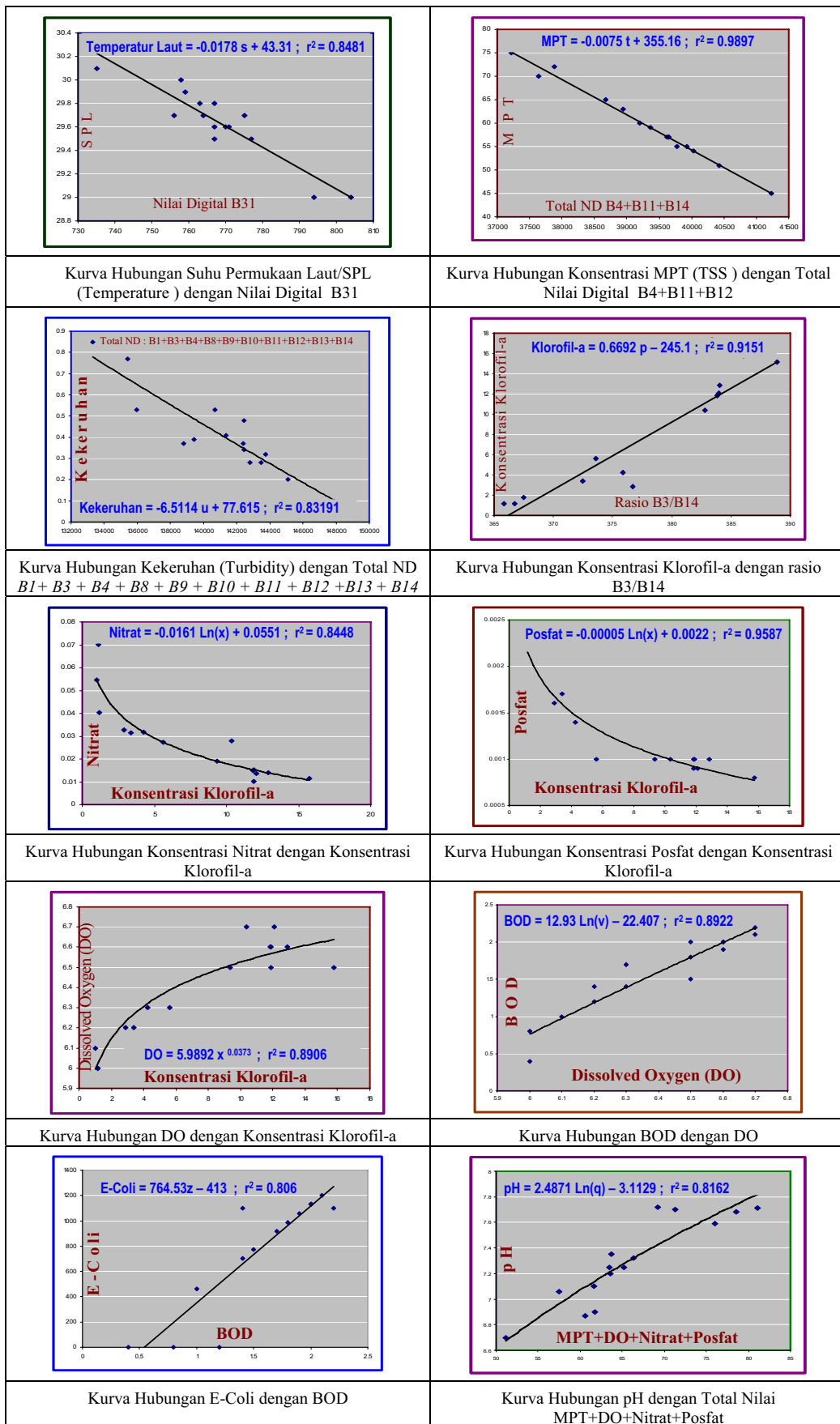
Berdasarkan hasil analisis regresi-korelasi antara nilai digital kanal/band yang sensitif terhadap parameter kualitas air (seperti parameter SPL, MPT, klorofil-a dan kekeruhan) menunjukkan koefisien determinasi yang cukup tinggi yakni di atas 0,80. Sehingga model

algoritma kualitas air tersebut dapat digunakan untuk analisis distribusi dan pemetaan parameter kualitas air pada lokasi studi melalui citra satelit MODIS.

Hasil analisis regresi korelasi antar beberapa parameter kualitas air yang lain (klorofil dengan nitrat, posfat dan DO) menunjukkan nilai koefisien determinasi yang cukup tinggi ( $> 0,84$ ). Analisis hubungan ini didasarkan pada kelimpahan konsentrasi klorofil yang ada dalam fitoplankton maupun tumbuhan laut dipengaruhi oleh kandungan zat hara atau nutrien di perairan seperti nitrat posfat, silikat (Nybakken, 1988 dan Mulya, 2007). Konsentrasi klorofil di perairan juga mempengaruhi kadar oksigen yang terlarut (DO) melalui proses fotosintesis sehingga akan mempengaruhi tingkat produktivitas primer di laut (Platt, 1986; Nybakken, 1988; Kuring *et al*, 1990 dan Mulya, 2007). Kandungan oksigen terlarut (DO) juga akan mempengaruhi kadar oksigen yang dibutuhkan (BOD) oleh organisme di laut seperti plankton, bentos, ikan maupun bakteri (Nybakken, 1988), sehingga analisis regresi-korelasi antar parameter DO dan BOD, BOD dan bakteri *E. coli*



Gambar 2. Diagram Alir Metode Penelitian



Gambar 3. Kurva Hubungan beberapa parameter Kualitas Air

Tabel 3. Hasil Analisis Laboratorium

Parameter	Hasil Analisis Laboratorium														
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15
Suhu (°C)	29.8	29.9	30	29.7	29	30.1	29	29.7	29.5	29.6	29.8	29.6	29.6	29.5	29.7
Kekeruhan (NTU)	0.77	0.53	0.41	0.37	0.1	0.85	0.28	0.39	0.37	0.34	0.48	0.32	0.28	0.2	0.53
Massa Padatan Tersuspensi (TSS)	70	72	59	65	45	75	55	63	57	57	57	54	55	51	60
Klorofil-a (mg/m <sup>3</sup> )	0.1563	0.9369	0.2883	0.562	0.2775	0.1161	1.2055	0.3393	1.0354	1.1878	1.1871	0.8826	1.0292	0.743	0.4251
DO (mg/l)	6	6.5	6.2	6.3	6.1	6	6.6	6.2	6.7	6.5	6.6	6.6	6.7	6.5	6.3
BOD (mg/l)	0.4	1.8	1.2	1.7	1	0.8	2	1.4	2.1	2	1.9	2	2.2	1.5	1.4
pH	7.5	7.68	7.25	7.7	6.7	7.71	7.1	7.72	7.43	6.94	7.19	7.41	7.12	7.48	6.89
Nitrat (mg/l)	0.07	0.19	0.033	0.027	0.055	0.04	0.014	0.031	0.0278	0.01526	0.0102	0.0149	0.0138	0.0114	0.0318
Posfat (mg/l)	0.0022	0.001	0.0016	0.001	0.0023	0.0022	0.001	0.0017	0.001	0.001	0.001	0.001	0.001	0.0012	0.001
Bakteri E-Coli (MPN)	0	0	0	0	400	0	0	1100	0	0	0	100	0	0	600

(data Lemigas, 2005, dalam Mulya, 2007)

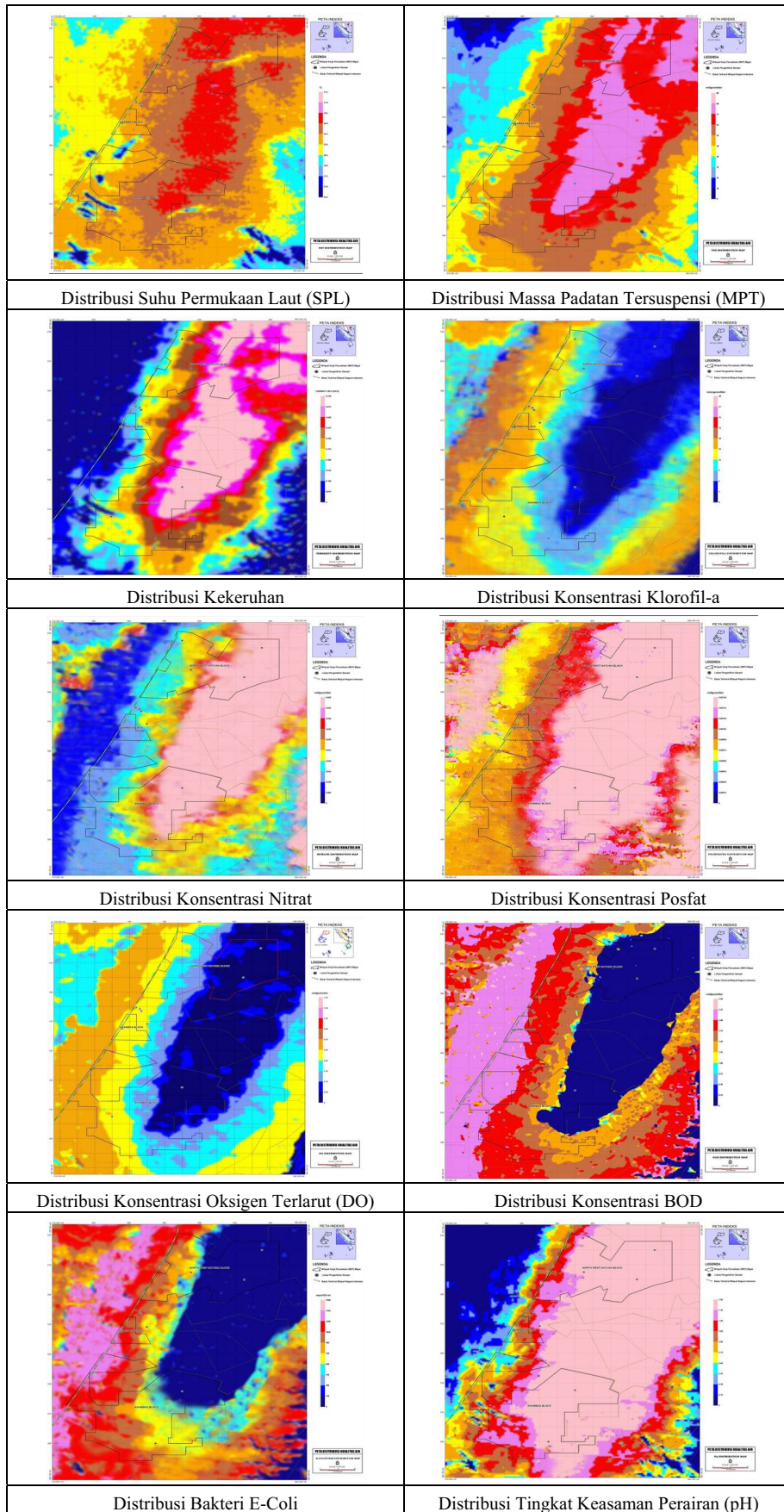
memiliki koefisien determinasi yang cukup tinggi (> 0,80).

Tingkat keasaman (pH) suatu perairan dapat dipengaruhi oleh kandungan material yang terlarut di dalamnya seperti kandungan MPT, kandungan DO yang menunjukkan aktivitas fotosintesis oleh pigmen klorofil, kandungan zat hara (fosfat dan nitrat) yang mana masing-masing parameter memiliki sifat kimia yang khas. Hasil analisis regresi korelasi antara total nilai parameter kualitas air (MPT, DO, posfat dan nitrat) yang mempengaruhi nilai pH, menunjukkan koefisien determinasi ( $r^2$ ) yang cukup tinggi yaitu 0,8162. Dengan demikian model persamaan antara pH sebagai variabel tak bebas dengan total nilai MPT, DO, posfat dan nitrat dapat digunakan untuk menggambarkan distribusi pH secara tidak langsung dari data citra satelit MODIS.

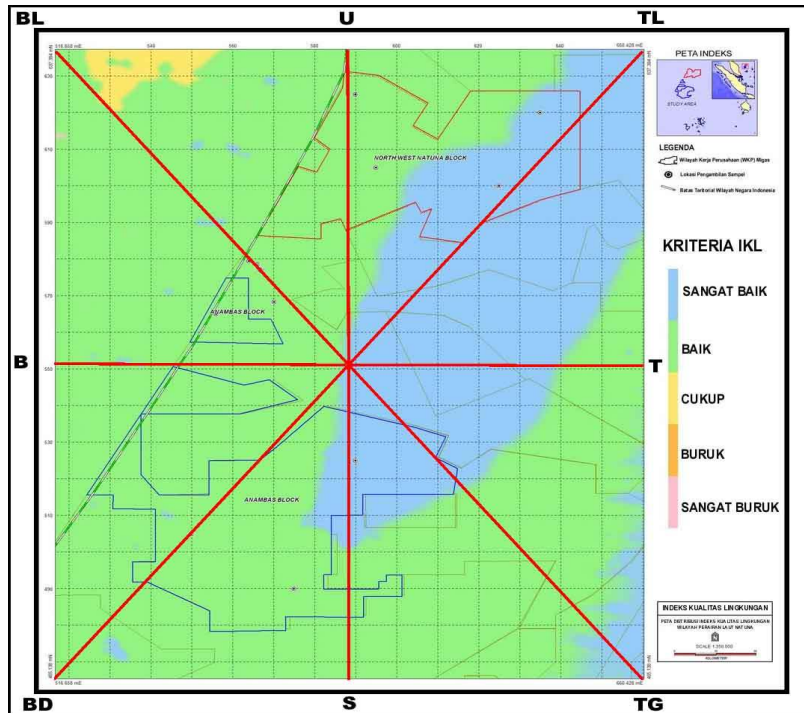
Gambar 4 menunjukkan distribusi parameter kualitas air hasil citra satelit MODIS dari nilai tinggi (warna merah muda-merah-coklat), sedang (kuning), rendah (biru muda-biru tua). Gambar 4 menunjukkan bahwa distribusi parameter kualitas air yang memiliki nilai relatif tinggi untuk suhu, MPT, kekeruhan (khususnya pada area bagian U-T) menyebabkan rendahnya nilai kandungan konsentrasi klorofil. Kandungan konsentrasi klorofil menunjukkan tingkat kesuburan perairan. Walaupun unsur kandungan zat hara (Posfat dan Nitrat) yang relatif tinggi di area tersebut namun tidak cukup mendukung perkembangan fitoplankton di daerah tersebut. Kandungan zat hara yang tinggi di suatu perairan dapat merangsang pertumbuhan fitoplankton sehingga kandungan konsentrasi klorofilnya menjadi tinggi (Nybakken, 1988) sehingga perairan dapat dikatakan relatif subur. Pada lokasi studi justru menggambarkan kondisi sebaliknya. Konsentrasi MPT, kekeruhan dan nilai suhu yang tinggi cukup

mempengaruhi terhambatnya proses pertumbuhan fitoplankton yang berhubungan dengan aktivitas fotosintesis. Konsentrasi MPT dan kekeruhan yang relatif tinggi akan menghalangi penetrasi cahaya matahari menembus kolom perairan sehingga berpengaruh terhadap aktivitas fotosintesis. Aktivitas fotosintesis yang menghasilkan oksigen akan terganggu oleh tingginya konsentrasi MPT dan kekeruhan sehingga distribusi kandungan oksigen terlarut menjadi relatif rendah di area studi (khususnya bagian U-T).

Berdasarkan pada Gambar 5 dan Tabel 4 menunjukkan bahwa nilai IKL kategori cukup (51-70) terlihat di sebelah barat laut sampai utara (BL-U) dengan luasan yang relatif kecil. Nilai IKL kriteria baik (70-91) terlihat mendominasi di bagian selatan sampai barat daya (S-BD), barat daya sampai barat (BD-B), barat sampai barat laut (B-BL) dan barat laut sampai utara (BL-U). Nilai IKL baik juga tersebar merata mulai dari sebelah tenggara sampai selatan (TG-S), utara sampai timur laut (U-TL), timur laut sampai timur (TL-T) dan timur sampai tenggara (T-TG). Sedangkan nilai IKL kategori sangat baik (91-100) tersebar merata mulai dari sebelah utara sampai timur laut (U-TL), timur sampai tenggara (T-TG) dan tenggara sampai selatan (TG-S). Dominasi nilai IKL kriteria sangat baik terlihat di sebelah timur laut sampai timur (TL-T). Luasan nilai IKL yang relatif kecil terlihat di sebelah selatan sampai barat daya (S-BD), barat daya sampai barat (BD-B), barat sampai barat laut (B-BL) dan barat laut sampai utara (BL-U). Secara umum pada lokasi studi distribusi nilai IKL masuk kategori cukup (232,61 km<sup>2</sup> atau 0,95 %), baik (17.735,04 km<sup>2</sup> atau 72,43 %) sampai sangat baik (6.518,11 km<sup>2</sup> atau 26,62 %) dari total luasan wilayah kajian sebesar 24.485 km<sup>2</sup>. Nilai IKL kategori cukup



Gambar 4. Distribusi Beberapa Parameter Kualitas Air Berdasarkan Data Citra Satelit MODIS



Gambar 5. Peta Distribusi Indeks Kualitas Lingkungan (IKL) Wilayah Studi

Tabel 4. Hasil Analisis Distribusi IKL

Kriteria	Lokasi/Wilayah								Distribusi Pengkelasan IKL
	U - TL	TL - T	T - TG	TG - S	S - BD	BD - B	B - BL	BL - U	
<b>Sangat Baik (91-100)</b>	Tersebar Merata	Luasan Dominan	Tersebar Merata	Tersebar Merata	Luasan Kecil	Luasan Kecil	Luasan Kecil	Luasan Kecil	
<b>Baik (71-90)</b>	Tersebar Merata	Luasan Kecil	Tersebar Merata	Tersebar Merata	Luasan Dominan	Luasan Dominan	Luasan Dominan	Luasan Dominan	
<b>Cukup (51-70)</b>								Luasan Kecil	
<b>Buruk (26-50)</b>									
<b>Sangat Buruk (0-25)</b>									

tidak berada pada wilayah perairan Indonesia, namun berada di wilayah perairan Malaysia. Tidak ada nilai IKL dengan kriteria buruk atau sangat buruk. Hal ini berarti bahwa kondisi perairan secara umum masih dalam kondisi baik. Dengan demikian adanya aktivitas industri migas pada lokasi studi, saat penelitian dilakukan belum mempengaruhi secara signifikan terhadap kondisi kualitas lingkungan perairan laut Natuna. Selain itu posisi wilayah kajian yang jauh dari daratan (228 km dari pulau Natuna) sehingga aktivitas dari daratan tidak berpengaruh secara nyata dan signifikan seperti kegiatan manusia, pengaruh sedimentasi maupun *run off* dari daratan. Kondisi

ini menunjukkan bahwa pengelolaan dan monitoring kondisi lingkungan oleh operator perusahaan migas di lokasi tersebut masih dapat dikatakan cukup baik dan terkendali.

### KESIMPULAN

Distribusi IKL daerah kajian menunjukkan kondisi perairan tergolong kategori sangat baik (6.518,11 km<sup>2</sup> atau 26,62 %), baik (17.735,04 km<sup>2</sup> atau 72,43 %) dan cukup baik (232,61 km<sup>2</sup> atau 0,95 %) dari total luasan wilayah studi sebesar 24.485 km<sup>2</sup>. Secara umum kondisi perairan laut Natuna yang dikaji masih dalam kondisi baik



(normal). Dengan kata lain aktivitas industri migas sampai saat ini di lokasi studi belum berpengaruh terhadap kondisi kualitas lingkungan perairan karena program penanggulangan pencemaran dan proses pemantauan kondisi perairan dilakukan dengan baik oleh operator industri migas.

#### UCAPAN TERIMA KASIH

Penulis mengucapkan terima kasih kepada rekan-rekan kelompok Remote Sensing dan SIG PPPTMGB “Lemigas” yang telah bekerja sama dalam penelitian ini.

#### Daftar Pustaka

- Cude G. C., 2001. OREGON Water Quality Index A Tool For Evaluating Water Quality Management Effectiveness. *Journal of the American Water Resources Association*. 37, h. 125-137.
- Kuring, N., M. R. Lewis, T. Platt and J. E. O’reilly. 1990. *Satellite Derived Estimated of Primary Production on The North-West Atlantic Continental Shelf*. Research Great. Britain.
- Mulia, L. 2007. *Kondisi Lingkungan Perairan Natuna Berdasarkan Data Citra MODIS dan Indeks Kualitas Lingkungan*. Program Studi Ilmu dan Teknologi Kelautan, Fakultas Perikanan dan Ilmu Kelautan, Institut Pertanian Bogor. Bogor. Tidak diterbitkan.
- Nybakken, J. W. 1988. *Biologi Laut. Suatu Pendekatan Ekologi* (Penerjemah M. Eidman, Koesbiono, Dietrich, Hutomo dan Sukarjo). PT. Gramedia. Jakarta...h?
- Otto, W.R.. 1978. *Environmental Indices, Theory and Practice*. Ann Arbour Science Inc. Michigan. 120h.
- Platt, T. 1986. Primary Production of The Ocean Water Column as A Function of Surface Light Intensity. Algorithms for Remote Sensing. *Deep Sea Research...hal berapa?*
- RSGIS-LEMIGAS, 2001. *Remote Sensing Baseline Environmental Study Banyu Urip Development Onshore Pipeline to Tuban Offshore Facility (Phase 2)*. PPPTMGB “LEMIGAS”. Jakarta
- Steinhart E. C., Schierow J. L, Sonzogni C. W., 1982. An Environmental Quality Index For The Great Lakes. *Journal of The American Water Resources Association*. 18, h. 1035-1031.

