

**APLIKASI SIG UNTUK
PEMETAAN INDEKS KEPEKAAN LINGKUNGAN:
STUDI KASUS DI PESISIR CILACAP DAN SEGARA ANAKAN**
*(GIS Application for Environmental Sensitivity Index Mapping
Case Study in Cilacap Coastal Area and Segara Anakan)*

By: Utantyo*, Hartono, Sutikno****

* Mahasiswa Pascasarjana Universitas Gadjah Mada, Yogyakarta;

e-mail: utantyo@Softhome.net

** Fakultas Geografi Universitas Gadjah Mada .

Abstrak

Sumberdaya pesisir dapat menerima dampak dari kecelakaan tumpahan minyak. Polusi minyak dapat terjadi dalam berbagai situasi lingkungan. Dalam hal ini, inventarisasi pesisir secara detil dikombinasikan dengan indeks sensitivitas memungkinkan ketersediaan informasi pada tingkat yang lebih baik bagi perencanaan pengelolaan tumpahan minyak. Sistem Informasi Geografis (SIG=*Geographic Information System*) dapat meningkatkan penggunaan data yang dibutuhkan dalam menanggapi adanya tumpahan minyak tersebut serta perencanaan darurat. Studi ini dilakukan untuk mempelajari sensitivitas lingkungan dan mengkombinasikannya untuk membentuk prototipe sistem informasi sensitivitas lingkungan. Dengan menggunakan SIG di daerah pesisir Segara Anakan dan Cilacap.

Salah satu strategi yang penting di dalam perencanaan darurat adanya tumpahan minyak adalah memprioritaskan respons tumpahan. Lingkungan pesisir dapat dikuantitatifkan dengan menetapkan skema klasifikasi indeks sensitivitas lingkungan (ISE=*Environmental Sensitivity Index*: ESI). Sensitivitas lingkungan mencerminkan derajat reaksi dari wilayah pesisir untuk bertahan dan pulih ketika terjadi bencana tumpahan minyak. Metode untuk menetapkan ISE adalah dengan mengkombinasikan factor-faktor yang terkait dari suatu sensitivitas lingkungan, antara lain (a) paparan terhadap energi gelombang dan pasut, (b) pelerengan garis pantai, (c) jenis substrata, dan (d) produktivitas biologi. Studi ini menekankan kemampuan SIG untuk memvisualisasikan dan memodernkan faktor-faktor sensitivitas lingkungan secara spasial.

Hasil penelitian menunjukkan bahwa aplikasi SIG untuk mengelola memanipulasi dan menayangkan data pesisir yang relevan dapat dilaksanakan dan dapat dicatat keunggulannya di dalam upaya pemetaan sensitivitas lingkungan. Dalam penelitian ini wilayah pesisir Cilacap memiliki sensitivitas medium, karena daerah tersebut dibatasi oleh garis pantai ESI 5 (dengan panjang 11,6 km), dan dengan ESI 6 Sungai Donan (12,3 km), sementara wilayah Segara Anakan dianggap sensitif terhadap polusi minyak mengingat 112 km² (45%) dari 249 Km² daerah Segara Anakan. Segara Anakan memiliki ranking sensitivitas tertinggi (ESI 8, 9, 10).

Kata kunci: tumpahan minyak, SIG, indeks sensitivitas lingkungan

Abstract

Coastal resources can be impacted during an oil spill incident. Given that oil pollution can occur under a wide variety of circumstances, the use of both detailed coastal inventories in conjunction with established sensitivity indexes and approaches allows for a greater level of information and options available to spill planners. A Geographic Information System (GIS) can greatly enhance and improve upon the use and development of data required for oil spill response and contingency planning. This study is determined to examine environmental sensitivities and to combine them into prototype of environmental sensitivity

information systems with the aid of GIS in the lagoon of Segara Anakan and Cilacap coastal region.

One of the most important strategies in oil spill contingency planning is prioritising the spill response. Coastal environments could be prioritised and quantitatively queried by establishing Environmental Sensitivity Index (ESI) classification schema. Environmental sensitivity reflects the degree of reactions of coastal region to withstand and to recover when oil spill hazard was occurred. The method to establish an ESI is by combining related factors of an environmental sensitivity, i.e.: (a) the exposure to wave and tidal energy, (b) the shoreline slope, (c) the substrate type, and (d) its biological productivity. This study emphasizes the ability of Geographic Information System (GIS) to visualize and to model environmental sensitivity factors spatially.

The result shows that the application of a GIS to manage, manipulate, and display relevant coastal databases was possible to be done and had notable advantages in sensitivity mapping efforts. Cilacap coastal region has medium sensitivity, since the area is bordered by ESI 5 shoreline (with length of 11.6 km) and by ESI 6 Donan river (12.3 km), while Segara Anakan region is considered sensitive to oil pollution given that 112 km² (45%) of the 249 km². Segara Anakan study area is comprised of the highest sensitivity rankings (ESI 8, 9, 10).

Key words: Oil Spill – Geographic Information System – Environmental Sensitivity Index

A. PENGANTAR

Perairan laut di Indonesia merupakan jalur transportasi minyak yang strategis dan padat sehingga berisiko terjadi bencana tumpahan minyak. Salah satu upaya untuk menanggulangi tumpahan minyak (*contingency planning*) adalah dengan membuat prioritas penanganan pada daerah yang berpotensi tercemar. Prioritas ini membantu pengalokasian sumber daya sehingga penanganan pencemaran dapat efektif dan efisien sesuai tingkat risiko lokal. Penyusunan prioritas lokasi penanganan didasarkan pada kepekaan lingkungan (*environmental sensitivity*) yang merefleksikan tingkat reaksi suatu wilayah pesisir untuk dapat pulih kembali bila terjadi bencana tumpahan minyak.

Berdasarkan pertimbangan di atas, dipandang perlu untuk mengembangkan suatu metode untuk menilai dan mengurutkan secara kuantitatif kepekaan lingkungan suatu wilayah pesisir. Metode ini dikenal sebagai skema klasifikasi Indeks Kepekaan Lingkungan (IKL).

Data kepekaan lingkungan pesisir dapat disusun sesuai skema IKL, dengan bantuan Sistem Informasi Geografis (SIG). Dengan tersedianya sistem informasi ini, apabila terjadi tumpahan diharapkan data kepekaan lingkungan akan dapat diakses, dioperasikan, atau diperbaharui dengan cepat dan mudah untuk membantu penanganan. Penelitian ini bertujuan untuk mengaplikasikan SIG untuk penyusunan prototipe sistem informasi kepekaan lingkungan terhadap tumpahan minyak di daerah studi.

Kepekaan lingkungan merupakan integrasi dari faktor-faktor kepekaan, yang didasarkan pada pemahaman hubungan antara pola, perilaku, serta karakter fisik dan biologi lingkungan pesisir. Kepekaan lingkungan pesisir terhadap tumpahan minyak dipengaruhi oleh empat faktor utama, yaitu :

- 1) tingkat ekspose gelombang dan pasut; tingkat dampak tumpahan berkaitan erat dengan tingkat ekspose gelombang dan pasut (Hayes dkk, 1992). Faktor *flux* energi gelombang dan pasut, adalah faktor utama yang menentukan tingkat energi hidrodinamis pada pesisir. *Flux* energi gelombang merupakan fungsi tinggi gelombang rata-rata, yang diukur minimal dalam satu tahun. Wilayah pesisir yang terekspose gelombang dan pasut yang kuat lebih cepat pulih, karena wilayah tersebut dapat terbersihkan secara alami oleh kedua *flux* energi tersebut;
- 2) kemiringan lereng; kemiringan lereng merupakan ukuran kecuraman kawasan intertidal antara garis pasang tertinggi dan surut terendah. Halls J. dkk (1997) menyatakan bahwa kemiringan lereng menentukan kepekaan lingkungan pesisir karena adanya efek pemantulan dan pemecahan gelombang yang mempercepat proses pembersihan alami;
- 3) tipe substrat; tipe substrat atau sedimen menentukan tingkat kemudahan penetrasi minyak ke dalam substrat, sehingga organisme yang ada dapat terkena dampak lebih lama. Penetrasi dan penguburan minyak lebih potensial terjadi pada sedimen yang lepas-lepas daripada yang kompak dan solid (Halls J. dkk, 1997);

- 4) produktivitas dan kepekaan biologi; penentuan jenis sumberdaya hayati yang terancam dampak tumpahan merupakan bagian penting dari penentuan prioritas proteksi dan penentuan strategi penanggulangan yang tepat.

Kepekaan relatif pesisir akan dapat ditentukan dengan mengklasifikasikan memberi rangking, dan mengintegrasikan kesemua faktor di atas sehingga kepekaan lingkungan dapat tersusun sesuai skema klasifikasi IKL, mulai dari yang kurang peka hingga paling peka. Keempat faktor kepekaan tersebut merupakan informasi lingkungan yang mempunyai konteks spasial, dengan demikian pengintegrasian faktor-faktor tersebut dapat dilakukan dalam SIG dengan formula spasial berikut:

$$IKL_{x,y} = GP_{x,y} + KL_{x,y} + TS_{x,y} + PB_{x,y} \quad (1)$$

IKL = Indeks Kepekaan Lingkungan

GP = Ekspose Gelombang dan Pasut

KL = Kemiringan Lereng

TS = Tipe Substrat

PB = Produktivitas Biologi

(x,y) = Posisi (lintang, bujur)

B. CARA PENELITIAN

Lokasi penelitian guna menerapkan model terletak di pesisir Cilacap dan Segara Anaknya, di Kabupaten Cilacap. Kawasan ini dipilih karena memiliki kelengkapan keragaman kondisi fisik, hayati, tipe garis pantai, dan bentuk penggunaan lahan yang berlainan secara nyata (ekstrim), sehingga diharapkan dapat mewakili berbagai kondisi kepekaan lingkungan.

Kegiatan ini memerlukan survei dengan bantuan foto udara (fu) untuk memperoleh informasi

terbaru tentang kondisi lingkungan, digunakan fu warna tahun 1999 skala 1:20.000 dengan tahapan pemetaan di bawah ini.

- Tahap pendataan titik kontrol tanah (*ground control point*) untuk rektifikasi, diambil dari peta rupa bumi skala 1:25.000 dan dipilih dari obyek yang sama dan mudah dikenali di foto dan di peta.
- Tahap restifikasi atau koreksi geometrik foto udara serta dilanjutkan pembuatan mozaik tak terkontrol berupa penggabungan model permodel hasil rektifikasi hingga jadi 1 lembar citra foto.
- Interpretasi citra foto udara, hasilnya kemudian diberi informasi atau fitur tematik. Unsur-unsur yang tidak dapat diinterpretasi dari foto udara (kontur, fasilitas akuakultur, habitat sumberdaya hayati, akses jalan, pelabuhan, dan fasilitas industri) didijitasi dari peta tematik.
- Survei lapangan, berupa pengumpulan data primer dan sekunder yang terkait kepekaan lingkungan wilayah penelitian terutama mengenai karakteristik wilayah dan identifikasi habitat sumberdaya hayati. Untuk data sumberdaya hayati, ada 3 elemen biologi yang dikumpulkan, yaitu data burung, perikanan, dan kurakura, yang dipilih karena tingkat kerentanannya yang cukup tinggi dan jumlahnya yang cukup signifikan.
- Tahap pengorganisasian layer, perancangan User ID, data editing, serta pembentukan topologi.
- Tahap pemodelan IKL, sebagai input model adalah hasil dijitasi peta tematik dan hasil interpretasi foto, beserta data atributnya. Semua input tersebut diproses dan diklasifikasikan

Tabel 1. Klasifikasi Fluktuasi Pasut

No.	Kelas	Julat Pasut (Tidak Range)	Keterangan	Skor
1	I	> 4 m	Macrotidal	3
2	II	2 – 4 m	Mesotidal	5
3	III	-2 m	Microtidal	8

Tabel 2. Klasifikasi Ekspose Energi Gelombang

No.	Kelas	Tinggi Gelombang	Keterangan	Skor
1	I	> 1 m	Terekspose gelombang	3
2	II	≤ 1 m	Terlindung dari ekspose gelombang	5

Tabel 3. Klasifikasi Kemiringan Lereng

No.	Kelas	Kemiringan Lereng (Slope)	Keterangan	Skor
1	I	> 30 derajat	Terjal	3
2	II	30 – 5 derajat	Curam	5
3	III	< 5 derajat	Datar	8

Tabel 4. Klasifikasi Tipe Substrat dan Ukuran Butir

No.	Tipe Substrat		Ukuran Butir	Skor
1	Sedimentasi	Lumpur	< 0.06 mm	9
2		Pasir halus	0.06-0.5 mm	3
3		Pasir medium – kasar	0.5-2 mm	4
4		Granule	2 - 4 mm	5
5		Pebble	4 - 64 mm	6
6		Cobble	64-256 mm	6
7		Boulder	> 256 mm	6
8	Bedrock			1
No.	Tipe Substrat		Ukuran Butir	Skor
9	Substrat bervegetasi	Rumput rawa		9
10		Mangrove		10
11		Semak/riparian		6
12	Buatan Manusia	Permukiman		3
13		Tanggul (Seawall)		1
14		Riprap		6

secara bertahap menggunakan skema IKL. Tiap faktor kepekaan dikelaskan dan diberi skor antara 1 hingga 10. Metode klasifikasi dan pemberian skor tiap faktor kepekaan dapat diikuti uraiannya di bawah ini.

Faktor keterlindungan pantai terhadap flux energi pasut dan gelombang (tabel 1 dan Tabel 2), diukur minimal dalam waktu 1 tahun. Faktor kemiringan lereng (*slope*), berupa ukuran kemiringan dari zone *intertidal*, antara pasut tertinggi dan terendah (Tabel 3). Faktor tipe substrat, tercermin dari karakteristik geomorfologinya (bentuk penggunaan lahan dan tutupan lahan), faktor ini merupakan hasil interpretasi citra foto (Tabel 4).

Faktor produktifitas sumberdaya hayati direpresentasikan terutama dari keragaman hayatinya. Sumberdaya hayati dipetakan sesuai dengan kesukaan ekologi (*habitat preferences*). Klasifikasi kepekaannya didasarkan pada jumlah (ragam) jenis organisme yang ditemukan dalam satu tipe habitat tertentu.

Untuk penyu klasifikasinya dilakukan secara langsung (tanpa pengharkatan) dengan cara memberikan skor terhadap jumlah jenis yang dapat ditemukan ditempat tersebut (Tabel 5).

Untuk burung, tingkat kepekaannya terhadap tumpahan minyak tergantung pada perbedaan perilaku, distribusi dan reproduksinya.

Klasifikasi dilakukan dengan memberikan skor jumlah jenis yang dapat ditemukan di tempat tersebut, namun sebelumnya dilaksanakan pengharkatan (pembobotan) untuk tiap-tiap jenisnya yang didasarkan pada: status perlindungan, endemisitasnya, frekuensi menyelam, persen waktu yang dihabiskan di atas air untuk makan dan beristirahat, dan perilaku berkelompok atau membentuk koloni sarang yang rapat. Apabila ditemukan satu indikasi dari kelima faktor diatas maka harkat yang diberikan adalah satu, apabila terdapat dua indikasi maka harkatnya juga dua, demikian seterusnya. Hasil pengharkatan jenis dan penskoran burung kemudian dikelaskan (Tabel 6).

Untuk ikan dan organisme perairan lainnya, penilaian kepekaan didasarkan pada tingkat keragaman jenis di habitat tersebut (Tabel 7). Pengharkatan diberikan bila perairan tersebut merupakan *nursery ground*, jalur migrasi ikan, terdapat kegiatan akuakultur atau penangkapan ikan, atau

daerah perairan yang relatif terlindung hempasan energi gelombang dan pasut.

Tahap terakhir pemodelan, peta IKL didapatkan dengan mengoverlay keempat layer faktor kepekaan di atas dan dihitung nilai total kepekaan gabungannya.

Tabel 5. Klasifikasi Kepekaan Penyu

No.	Kelas	Jumlah Jenis Per Tipe Habitat	SKor
1	I	≤ 3 jenis	2
2	II	> 3 jenis	8

Tabel 6. Klasifikasi Kepekaan Burung

No.	Skor per tipe habitat	Skor Kepekaan
1	0 – 16	1
2	17 – 32	2
3	33 – 48	3
4	49 – 64	4
5	65 – 80	5
6	81 – 96	6
7	97 – 112	7
8	113 – 128	8
9	129 – 145	9
10	> 146	10

Skor per tipe habitat = Σ (jenis x harkat) per tipe habitat

Tabel 7. Klasifikasi Kepekaan Ikan dan Organisme Perairan

No.	Skor per tipe habitat	Skor Kepekaan
1	0-3	1
2	3-7	2
3	8-11	3
4	12-15	4
5	16-19	5
6	20-23	6
7	24-27	7
8	28-31	8
9	32-35	9
10	36-38	10

Skor per tipe habitat = (jumlah jenis per tipe habitat) x harkat

C. HASIL DAN PEMBAHASAN

Penelitian berlokasi di Pesisir Cilacap dan Segara Anakan seluas 385km². Secara geologis, Pesisir Cilacap merupakan kelanjutan depresi CI Tanduy. Wilayah ini merupakan dataran pesisir yang laus dengan topografi hampir rata, yang tersusun dari pasir pantai yang disisipi oleh kantong-kantong pasir besi. Cilacap terbentuk oleh deposit beting gisik yang melengkung mulus yang terhampar kontinyu dari Nusa Kambangan hingga Karang Bolong. Gelombang di pantai memiliki tinggi maksimum 2,4 meter dengan arah dominan kedatangan gelombang dari tenggara. Perairan Solok Jero dan Muara Kali Donan relatif terlindung, dan lebih didominasi oleh gelombang refraksi-defraksi dengan tinggi gelombang maksimumnya 0,3 meter. Jenis pasutnya adalah pasut campuran yang condong ke harian ganda. Jalut pasutnya termasuk kelas mikrotidal dengan rata-rata julat pasut terbesar (tahun 2000 dan 2001) mencapai 0.87 m.

Hasil pemodelan kepekaan lingkungan (Tabel 8) dan petanya (Gambar 1) menunjukkan bahwa distribusi kepekaannya berkorelasi dengan karakter dan morfologi garis pantainya. Pengujian model dilaksanakan dengan membandingkan dengan kondisi saat terjadi tumpahan minyak MT. King Fisher di Cilacap (Tahun 2000). Daerah yang terkena tumpahan adalah gisik di selatan Cilacap dan perairan pantai di depannya. Dari hasil pemodelan diketahui bahwa perairan di Teluk Penyus merupakan perairan pantai landai di zona intertidal, ber substrat dasar lumpur atau pasir, dan mempunyai skor kepekaan 2. Perairan ini merupakan habitat dan tempat berpijah berbagai jenis ikan dan krustacea dengan kepekaan infauna agak rendah hingga sedang. Perairan terbuka ini berenergi gelombang tinggi, sehingga minyak dapat terbersihkan secara alami dengan cepat, saat ini (2 tahun pasca pencemaran), perairan terbukti sudah bersih kembali.

Tumpahan juga mencemari gisik landai berpasir halus kontinyu dan terekspose gelombang di selatan Cilacap. Dari model dapat diperkirakan bahwa bila terjadi akumulasi minyak yang cukup berat akan dapat menutupi seluruh wilayah muka pantai yang aktif, sedang bila akumulasinya ringan akan terdeposit sebagai swash berminyak sepanjang zona intertidal atas. Lokasi kejadian kandasnya tanker berdekatan pantai sehingga pantai terakumulasi berat dan sesuai prediksi, minyak

tersebut menutupi seluruh muka pantai yang aktif.

Dari hasil IKL diperkirakan penetrasi minyak di pantai hanya dapat mencapai 10 cm, kemungkinan lapisan ini akan terkubur cukup kecil sehingga dapat dibersihkan dengan cepat. 2 tahun pasca kejadian, pantai sudah bersih dan tidak ditemukan sisa minyak yang terkubur hingga kedalaman pasir 0,5 meter. Proses pembersihan pantai waktu itu (dilaksanakan Pertamina dibantu nelayan setempat) juga dilaksanakan dengan mudah dan hanya berlangsung 1 minggu.

Hasil pemodelan menunjukkan kepekaan infauna di gisik tersebut agak rendah, organisme yang paling potensial terkena dampak adalah burung dengan skor kepekaan habitat 7, hal ini diperkuat dengan ditemukannya belasan bangkai burung oleh nelayan di sepanjang pantai yang tercemar. Selain itu, pemulihan infauna diprediksi dapat berlangsung relatif cepat, terbukti pantai saat ini telah dihuni kembali oleh organisme (kerang-kerangan kecil) yang mengubur diri dalam pasir. Dari uraian diatas, model indeks kepekaan terbukti sesuai dengan kondisi nyata di lapangan saat terjadi tumpahan minyak.

D. KESIMPULAN DAN SARAN

Dari hasil penelitian dapat disimpulkan bahwa kepekaan lingkungan terhadap tumpahan minyak dapat diketahui dengan menggabungkan faktor ekspose gelombang dan pasut, kemiringan lereng, tipe substrat, serta produktivitas sumberdaya hayati dengan bantuan SIG. Sistem ini cukup berhasil dalam: mengidentifikasi dan memberi nilai IKL pada daerah yang peka; memvisualisasikan secara spasial habitat sumberdaya hayati berdasarkan kesukaan ekologi (*habitat preferences*); merekam dan mengakses informasi sumberdaya yang peka serta prioritas penanganannya dengan basis data relasional SIG; serta memudahkan perencanaan strategi penanggulangan dan penanganan tumpahan secara langsung. Dari hasil analisis, wilayah Cilacap mempunyai kepekaan lingkungan menengah, karena dibatasi garis pantai dengan rangking IKL 5 (11.6 km) di tepi sungai Donan yang sebagian besar dengan rangking IKL 6 (12.3 km), sedangkan Segara Anakan merupakan wilayah yang peka, karena 112 km² (45%) dari sekitar 249 km² luas wilayah Segara Anakan yang masuk daerah

Tabel 8. Hasil Pemodelan Indeks Kepekaan Lingkungan

IKL HASIL PEMODELAN	ENERGI				KELERENGAN				TIPE SUBSTRAT										TIPE HABITAT	KEPEKAAN INFAUNA					TOPOLOGI	LUAS/PANJANG
	Gelombang		Pasut		Curan (C)	Terjal (TJ)	Landai (L)	Bedrock	Sediment					Bervegetasi			Man made			Rendah @	Agak rendah (R)	Sedang (S)	Agak tinggi (AT)	Tinggi (T)		
	Tinggi (T)	Rendah @	Tinggi (T)	Rendah @					Lumpur	Pasir Halus	Pasir medium-kasar	Krikil/Granule	PCB	Rumput rawa	Mangrove	Semak/riparian	Riprap	Permukiman								
	T			R			L	Impe											Perairan intertidal	R					Area	8619335 m ²
	T			R			L		Impe	Semiper									Perairan intertidal		AR	S			Area	48537573 m ²
	T			R	C		L	Impe											Tebing karang		AR				Line	10219 m
		R		R	C		L	Impe											Tebing karang			S			Line	10372 m
		R		R			L		Imper	Semiper									Perairan sungai			S			Area	33629229
	T			R			L			Semiper									Gisik		AR				Area	1092406 m ²
		R		R		TJ	L										Semiper	Impe	Tepi sungai		AR	S			Line	21334 m
	T			R			L				per								Gisik					T	Area	908224 m ²
		R		R			L		Imper	Semiper				Imper		Per			Tambak, rataan lumpur		AR	S			Area	266537 m ² (rawa), 20486023 m ² (tambak), 3441789 m ² (rat.lum)
		R		R			L		Imper					Imper					Rawa			S			Area	5638836 m ²
		R		R			L		Imper						Imper				mangrove				AT	T	Area	77226696 m ²

Lanjutan Tabel 8. Hasil Pemodelan Indeks Kepekaan Lingkungan

-IKL HASIL PEMODELAN	TIPE GEOMORFOLOGI	LOKASI
...1	Perairan pantai landai di zona intertidal bersubstrat dasar keras (karang) atau pasir	Perairan pantai di selatan Nusa Kambangan
...2	Perairan pantai landai di zona intertidal bersubstrat dasar lumpur atau pasir	Perairan pantai di selatan Teluk Penyu Cilacap
...3	Tebing karang curam, bedrock, terekspose gelombang, infauna agak rendah	Tebing karang curam diskontinyu di selatan Nusa Kambangan
...4	Tebing karang curam, bedrock, terlindung, infauna sedang	Tebing karang diskontinyu di barat Nusa Kambangan
...5A	Perairan sungai terlindung, infauna sedang	Perairan sungai dan danau Segara Anakan
...5B	Gisik landai berpasir halus, terekspose gelombang, infauna agak rendah	Gisik di Teluk Penyu (Selatan Kota Cilacap)
...6	Tepi sungai landai hingga terjal terlindung dan berbatasan dengan permukiman, infauna agak Rendah hingga sedang	Tepi permukiman dan pelabuhan di Kali Donan, Majingklak, Klaces, Karanganyar, dan Majingklak.
...7	Gisik landai berpasir menengah, terekspose, infauna tinggi (penyu dan burung)	Gisik di selatan Nusa Kambangan
...8	Tambak, sawah pasut, rawa, atau rataan Lumpur terlindung, datar, infauna agak rendah hingga Sedang.	Tambak dan sebagian rawa di Kawunganten dan Nusa Kambangan, serta rataan Lumpur di Segara Anakan
...9	Rawa terlindung, datar, infauna sedang	Sebagian besar rawat di Ujung Gagak dan Tritih
...10	Mangrove terlindung, datar, infauna tinggi	Hutan mengrove di Segara Anakan

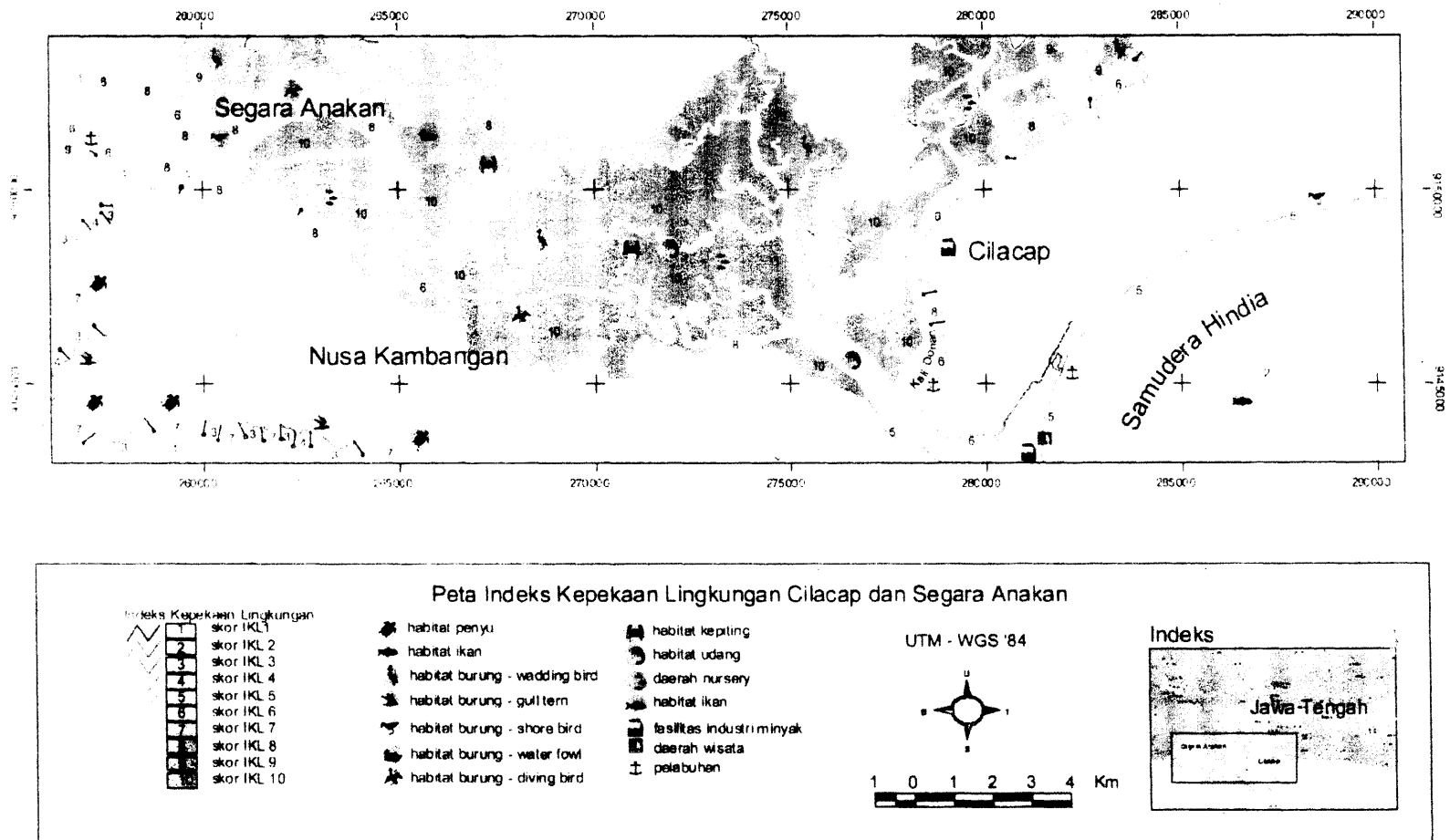
Sumber : Analisa data, 2002

penelitian memiliki rangking IKL tinggi (skor 8, 9, dan 10).

Konsep indeks kepekaan lingkungan tidak hanya dapat diterapkan untuk penanganan tumpahan minyak, logika yang sama dapat diterapkan di daerah bukan pesisir untuk mendata dampak potensial jenis polutan lain yang berbahaya (*hazardous materials*), serta mengalokasikan sumberdayanya pada saat terjadi bencana pencemaran.

DAFTAR PUSTAKA

- Baker, M.J., Spalding, D.M., Moore, J., dan Tortell, P. 1994. *Sensitivity Mapping for Oil Spill Response; Report Series Vol. 1*. International Petroleum Industry Environmental Conservation Association (IPIECA) dan International Maritime Organization (IMO), London.
- Halls, J., Michel, J., Zengel, S., Dahlin, J.A., Petersen, J. 1997. *Environmental Sensitivity Index Guidelines*. Technical Memorandum NOS ORCA 115, NOAA. Washington.
- Hayes, O.M., Michel, J., Hoff, R., Debra, S., Shigenaka, G. 1992. *An Introduction to Coastal Habitats and Biological Resources for Oil Spill Response*. Report No. 92-4, HMRAD, NOAA. Washington.
- Jensen, J., Ramsey, E., Holmes, J., Michel, J., Gavis, B. 1990. *Environmental Sensitivity Index (ESI) Mapping for Oil Spills Using RS and GIS Technology*. International Journal of Geographical Information Systems, Vol. 4, No. 2, Taylor and Francis, London.



Gambar 1. Peta Indeks Kepekaan Lingkungan Cilacap dan Segara Anakan. (Sumber: Peta Rupabumi (1999))