

KAJIAN SISTEM INFORMASI KELAUTAN BERBASIS TIGA DIMENSI UNTUK PENDUKUNG NAVIGASI

Danar Guruh Pratomo

Program Studi Teknik Geomatika, Fakultas Teknik Sipil dan Perencanaan, Institut Teknologi Sepuluh Noverber
Kampus ITS Sukolilo, Surabaya, 60111, Indonesia

Abstrak

Berawal dari keinginan manusia untuk mendapatkan gambaran yang sesuai dengan kenyataan (*real world*), saat ini teknologi visualisasi gambar secara tiga dimensi berkembang sangat pesat. Hal ini didukung dengan semakin majunya teknologi perangkat keras pada komputer dan semakin banyaknya perangkat lunak untuk visualisasi tiga dimensi. Penerapan visualisasi tiga dimensi ini juga dapat dilakukan pada Sistem Informasi Kelautan. Sistem Informasi Kelautan dengan basis tiga dimensi dapat digunakan untuk aplikasi di bidang kadaster kelautan (*marine cadastre*), pencemaran laut (ESI : *Environmental Sensitivity Index*) maupun navigasi.

Pada makalah ini akan membahas mengenai Sistem Informasi Kelautan berbasis tiga dimensi (SIK 3D) untuk pendukung navigasi. SIK 3D untuk navigasi ini menggunakan prinsip-prinsip pembuatan SIG (Sistem Informasi Geografis), ECDIS (*Electronic Chart Display and Information System*) dan DBM (*Digital Bathymetric Model*). Untuk membentuk SIK 3D ini diperlukan investasi dana yang tidak sedikit dan sumber daya manusia yang handal untuk pengelolaannya. SIK 3D untuk navigasi ini dapat menampilkan perubahan lingkungan sekitar secara kontinyu pada saat melakukan pergerakan kapal. Meskipun masih dalam tahap wacana dan masih dalam bentuk prototipe, SIK 3D memiliki peluang untuk dapat dikembangkan dan diterapkan secara luas di kalangan masyarakat hidrografi.

Kata Kunci : SIK 3D, Navigasi, SIG, ECDIS, DBM

Pendahuluan

Secara etimologis, navigasi berasal dari bahasa latin, yaitu "*navis*" yang berarti kapal dan "*agere*" yang berarti mengemudi. Secara fungsional, navigasi dapat diartikan sebagai : [1] penentuan posisi kapal, berkaitan dengan pergerakan kapal (utama), [2] penyesuaian jalur kapal seperti yang direncanakan, berkaitan dengan kecepatan kapal dan [3] pedoman pelayaran, berkaitan dengan percepatan kapal [Djunarsjah, 2004]. Navigasi dimaksudkan untuk meningkatkan keefektifan, keefisienan dan keselamatan dalam melakukan pelayaran. Peta navigasi laut (*nautical chart*) merupakan salah satu media yang dapat digunakan untuk membantu dalam bernavigasi.

Peta navigasi laut dapat berbentuk *paper chart* maupun *electronic chart*. Saat ini penggunaan *electronic chart* berkembang daripada *paper chart*. Perkembangan penggunaan *electronic chart* ini terjadi seiring dengan kemajuan yang pesat di bidang teknik produksi dengan bantuan komputer, peralatan navigasi elektronik serta teknologi *video display*.

Hadirnya *electronic chart* berawal dari keinginan para pelaut serta orang-orang yang berkecimpung di bidang kelautan (para hidrografer dan pakar-pakar navigasi) maupun badan-badan internasional yang berkepentingan, seperti IHO (*International Hydrographic Organization*) dan IMO (*International Maritime Organization*). Pada *electronic chart*, pekerjaan-pekerjaan manual cenderung dibatasi untuk mengurangi bahkan meniadakan sama sekali kesalahan-kesalahan

yang disebabkan oleh faktor manusia (*human errors*). Sehingga cepat atau lambat, *paper chart* yang selama ini digunakan oleh para pelaut akan tergantikan oleh *electronic chart*.

Electronic chart secara sederhana dapat diartikan sebagai informasi navigasi (pelayaran) yang ditampilkan secara elektronik pada layar peraga (*monitor screen*). Informasi yang ditampilkan pada *electronic chart* dapat ekuivalen dengan informasi yang disajikan pada *paper chart*. *Electronic chart* dengan sistem seperti ini populer dengan sebutan ECDIS (*Electronic Chart Display and Information System*). ECDIS merupakan suatu Sistem Informasi Kelautan yang dinamis, yang dapat menampilkan posisi dan keadaan kapal secara *real-time* pada layar monitor. Selama ini ECDIS divisualisasikan secara dua dimensi dengan menggunakan basis data spasial berupa ENC (*Electronic Navigation Chart*). Namun pada masa mendatang tidak menutup kemungkinan bahwa ECDIS dapat divisualisasikan secara tiga dimensi.

Berawal dari keinginan manusia untuk mendapatkan gambaran yang sesuai dengan kenyataan (*real world*), saat ini teknologi visualisasi gambar secara tiga dimensi berkembang sangat pesat. Hal ini didukung dengan semakin majunya teknologi perangkat keras pada komputer dan semakin banyaknya perangkat lunak untuk visualisasi tiga dimensi (seperti : OpenGL, 3Dmax, 3DGEM dll). Penerapan visualisasi tiga dimensi juga dapat dilakukan pada peta navigasi laut. Pada kajian ini akan membahas tentang penggunaan Sistem Informasi Kelautan berbasis tiga dimensi (SIK 3D) untuk mendukung proses bernavigasi. Prinsip dasar yang digunakan pada SIK 3D untuk navigasi ini menggunakan prinsip-prinsip dasar SIG (Sistem Informasi Geografis), prinsip-prinsip pembuatan ECDIS dan prinsip-prinsip DBM (*Digital Bathymetric Model*).

Sistem Informasi Geografis (SIG)

Sistem adalah suatu himpunan komponen atau variabel yang terorganisasi, saling berinteraksi, saling bergantung satu sama lain dan terpadu [Lucas, 1987]. Sistem informasi adalah suatu sistem manusia-mesin yang terpadu untuk menyajikan informasi guna mendukung fungsi operasi manajemen dan pengambilan keputusan dalam organisasi [Budiharjo, 1995]. Sistem Informasi Geografis (SIG) merupakan salah satu bentuk sistem informasi yang mengelola data dan menghasilkan informasi yang ber aspek grafis dan bergeoreferensi.

Terdapat beberapa definisi tentang SIG, dua diantaranya adalah sebagai berikut :

Burrough (1986) :

“a powerfull set of tool for collecting, storing, retrieving at will transforming and displaying spatial data from the real world”.

Aronoff (1991) :

“a computer-based system that are use to store and manipulate geographic information”.

Dimana secara khusus, SIG dapat diartikan sebagai [Yudiyatna, 2000] :

- Suatu sistem yang mengelola data grafis dan geografis, dan data tekstual yang terkait dengannya melalui prosedur-prosedur tertentu dengan dukungan komputer sehingga dapat menyajikan informasi tentang suatu wilayah dengan segala aspeknya.
- Sistem terintegrasi antara perangkat keras komputer, perangkat lunak (prosedur-prosedur), manusia sebagai perumus dan pelaksana serta data yang dikelolanya.

SIG tidak terbatas untuk pembuatan peta tetapi digunakan juga untuk mengumpulkan, menyimpan dan menganalisis objek dan fenomena posisi geografisnya yang merupakan karakteristik penting untuk dianalisis [Aronoff, 1989]. SIG berfungsi untuk meningkatkan kemampuan menganalisis informasi spasial

dan atribut non-spasial yang merujuk pada suatu lokasi di permukaan bumi secara terpadu, diantaranya untuk pengawasan, inventarisasi, perencanaan, pengambilan keputusan dan pembangunan. Kemampuan analisis spasial inilah yang membedakan antara SIG dan sistem informasi yang lain.

Keuntungan penggunaan SIG sangat banyak, antara lain [Aziz, 1996] :

- Data lebih terjamin (*secure*) dan lebih terorganisir.
- Penggunaan informasi yang sama atau berlebih (*redundant*) dapat dihilangkan.
- Pekerjaan revisi menjadi lebih mudah dan cepat.
- Data akan jauh lebih mudah dicari, dianalisis dan disajikan.
- Integrasi dan sharing of data dapat lebih dilakukan dengan mudah.

Adapun kekurangan dari SIG itu sendiri lebih menyangkut pada masalah investasi dana yang cukup besar dan kebutuhan sumber daya manusia.

Data pada SIG dibedakan menjadi dua jenis, yaitu [Azis, 1996] :

- Data grafik : simpul (*node*), bagian/segmen garis (*arc*), garis (*line*) dan poligon.
- Data atribut/non grafis (tekstual) : teks, angka/nomor sebagai informasi dan karakter suatu objek/data grafis.

Pada SIG, kedua jenis data tersebut dihubungkan oleh perangkat lunak melalui identifier. Sedangkan untuk model data pada SIG dibedakan menjadi dua, yaitu : [1] model data spasial dan [2] model data atribut. Model data spasial terdiri dari model data raster dan vektor. Sedangkan model data atribut terdiri dari model data hirarki, jaringan dan relasional. Menurut Aziz (1996), data yang berdimensi spasial adalah data yang :

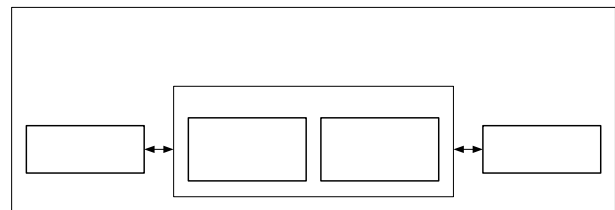
- Mempunyai acuan lokasi
- Mempunyai atribut (informasi semantik/non lokasi) yang menjelaskan karakter objek (nama, panjang, luas dan sebagainya).

- Mempunyai hubungan (secara geometrik) dengan objek lainnya (disebut dengan hubungan topologi)

Komponen SIG terdiri dari :

- Data masukan
- Perangkat keras komputer, yang terdiri dari :
 - komponen masukan
 - komponen keluaran
 - komponen pengolahan dan penyimpanan
- Perangkat lunak, yang terdiri dari :
 - pemasukan dan pemeriksaan data
 - manajemen dan penyimpanan
- Analisa dan manipulasi data, yang meliputi dua operasi, yaitu :
 - manipulasi untuk *editing*, *updating* dan *validating* data
 - manipulasi untuk menjawab pertanyaan-pertanyaan user (*query*)
- Keluaran, yang dibedakan menjadi dua jenis :
 - hardcopy*
 - softcopy*

Proses yang terjadi pada komponen-komponen SIG di atas dapat diilustrasikan seperti pada gambar berikut :



Gambar 1 : Komponen Utama SIG
[Yudiyatna, 2000]

Disamping kemampuannya untuk mengelola dan menyajikan data, SIG memiliki kemampuan *modelling* yang sangat baik, sehingga pengguna dapat menggunakan data dan merencanakan skenario untuk melakukan prediksi, perencanaan dan penilaian dengan cepat, efektif dan efisien. SIG dapat juga digunakan untuk mendukung proses pengambilan keputusan yang memerlukan

pengetahuan mengenai distribusi geografi penduduk, rumah sakit, sekolah, dinas pemadam kebakaran, jalan, fenomena alam, pengaruh dari bencana, dan sebagainya. Setiap lokasi dengan posisi lintang bujur maupun dengan sistem referensi geografik lainnya yang diketahui dapat merupakan bagian dari SIG [Lauden, et al., 2000].

SIG merupakan alat (*tools*) yang sangat penting dan bermanfaat untuk berbagai aspek manajemen keadaan darurat (*emergency management*), meliputi reaksi terhadap keadaan darurat (*emergency response*), perencanaan (*planning*), pelatihan (*exercises*), mitigasi (*mitigation*), keamanan negara (*homeland security*), dan kesiagaan nasional (*national preparedness*).

ECDIS (*Electronic Chart Display and Information System*)

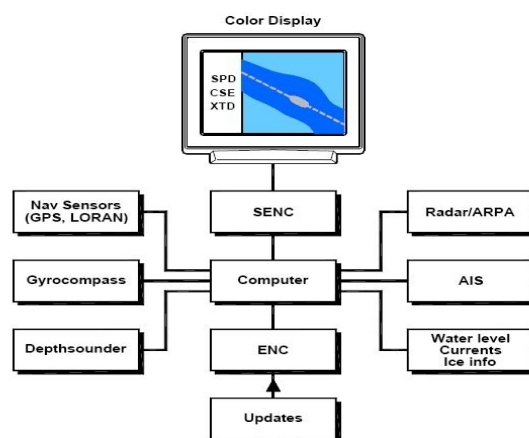
Menurut keterangan yang disebutkan dalam *Guidance on Updating the ENC*, Bagian A tentang Definisi dan Terminologi, ECDIS didefinisikan sebagai sistem informasi navigasi yang ekuivalen dengan peta laut dan mampu menampilkan informasi yang diinginkan dari basis data dan sistem ENC, serta menjadi bagian dari sistem terpadu sensor-sensor navigasi. Sedangkan menurut Djunarsjah (2006), ECDIS memiliki pengertian dasar sebagai berikut :

- ECDIS merupakan suatu sistem informasi navigasi yang dengan persyaratan pendukung yang sesuai, diterima sebagai pengganti peta laut mutakhir yang memenuhi Peraturan No. 5 Bab 20 Konvensi SOLAS (*Safety Of Life At Sea*) tahun 1974
- ECDIS harus menampilkan informasi navigasi (yang dipilih dari suatu ENC) dan posisi kapal (dari sensor-sensor navigasi), sehingga dapat membantu pelaut dalam kegiatan perencanaan dan pengawasan jalur pelayaran serta menampilkan informasi navigasi lainnya jika diperlukan.

ECDIS merupakan integrasi dari beberapa komponen dasar, yaitu [Djunarsjah, 2006] :

- prosesor komputer
- basis data digital (sebagai contoh : data *electronic chart*)
- masukan-masukan sensor navigasi (sebagai contoh : GPS dan Loran) dan sensor kapal tambahan seperti : *gyrocompass*, *echosounder* dan radar kelautan atau *Automated Radar Piloting Aid* (ARPA)
- monitor berwarna

Hubungan antara komponen-komponen dasar tersebut dapat dilihat pada gambar berikut.



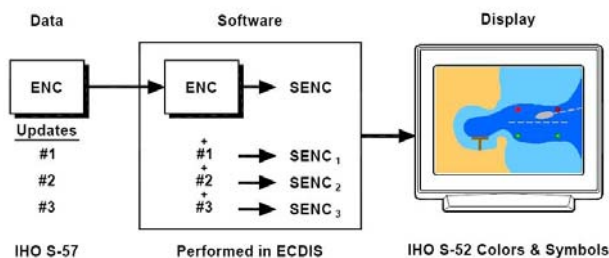
Gambar 2 : Komponen Dasar ECDIS (Djunarsjah, 2006)

Hadirnya ECDIS ini berawal dari keinginan para pelaut serta orang-orang yang berkecimpung di bidang kelautan untuk selalu berupaya mencoba sesuatu yang baru dan cara terbaik dalam mengendalikan kapal. Keinginan ini didukung secara penuh oleh organisasi internasional terkait, yaitu IHO (*International Hydrographic Organization*) dan IMO (*International Maritime Organization*), dengan cara membuat ketentuan-ketentuan standar sebagai berikut :

- Standar Kinerja dari IMO dalam bentuk Sirkuler No. 637 (MSC/Circ. 637)
- Spesifikasi untuk Isi dan Tampilan ECDIS dari IHO, dalam bentuk *Special Publication No. 52* (S-52 IHO).

- Spesifikasi tentang Format Data Digital ECDIS dari IHO, dalam bentuk *Special Publication No. 57 (S-57 IHO)*.

ECDIS menampilkan informasi yang dipilih dari suatu SENC (*System Electronic Navigational Chart*) dan informasi posisi dari sensor navigasi untuk membantu pelaut dalam perencanaan dan pengawasan jalur pelayaran serta menampilkan informasi tambahan yang berhubungan dengan navigasi, jika dibutuhkan. Adapun hubungan antara ENC dan ECDIS dapat dilihat pada gambar berikut :



Gambar 3 : Hubungan ENC dan ECDIS (Djunarjah, 2006)

Seperti terlihat pada Gambar 3, ENC merupakan salah satu komponen dari ECDIS. Meskipun ECDIS harus menggunakan data ENC, namun yang ditampilkan pada layar peraga sebenarnya adalah SENC. SENC ini merupakan basis data hasil transformasi dari ENC oleh perangkat lunak ECDIS, pemutakhiran ENC dengan peralatan tertentu serta data tambahan lainnya oleh pelaut. ENC merupakan salah satu saja produk dari data digital peta laut (*electronic chart data*) serta salah satu komponen saja dari ECDIS. ENC dalam arti yang sesungguhnya, harus memenuhi S-57 IHO dalam arti ENC tersebut harus berupa data vektor, dengan format dan struktur data yang sesuai Edisi 3.0 S-57 IHO serta dibuat resmi oleh Kantor Hidrografi Nasional suatu negara.

Pada pembuatan ECDIS, terdapat empat ketentuan umum yang harus diketahui dan diperhatikan oleh pihak yang berkepentingan berkaitan dengan spesifikasi IHO untuk isi

dan tampilan ECDIS, yaitu (Djunarjah, 2006):

- IHO bertanggung-jawab menyusun spesifikasi ECDIS, serta menentukan kriteria pengolahan dan penyajian sehingga nilai informasi tidak berkurang saat ditampilkan.
- Pembuat sistem tidak diizinkan untuk mengubah isi data ECDIS dari *Hydrographic Office* (menyangkut masalah pertanggungjawaban dan keselamatan), namun bebas menggunakan format penyimpanannya sendiri. Informasi tambahan harus sama dengan data *Hydrographic Office* dan ECDIS hendaknya mempunyai verifikasi data luaran (*output*) untuk mengecek keterpaduan data *Hydrographic Office*. Sementara itu, pemakai bebas untuk memilih dan menampilkan data.
- Spesifikasi ECDIS menawarkan kelengkapan dan ketelitian yang sama dengan peta konvensional dan mempunyai kemampuan untuk *chartwork*.
- Hydrographic Office* harus memberi kode pada data dengan detail dan kerapatan titik minimum agar penanganan data dapat dilakukan secara cepat dan efisien.

Spesifikasi ECDIS tentang simbol dan warna, tercantum secara lengkap pada Apendiks 2 S-52. Sedangkan kamus tentang simbol, warna, garis dan karakter alfanumeris untuk ECDIS terdapat pada Lampiran 2 dari apendiks tersebut. Versi digital dari kamus simbol dan warna terdapat pada S-57. Penggunaan simbol dan warna pada tampilan ECDIS didasarkan pada faktor-faktor seperti :

- kegunaan, seperti : jalur rencana pelayaran yang berbeda dengan jalur aktual kapal.
- kondisi anjungan kapal, seperti : pencahayaan siang hari dan malam hari yang berbeda.
- manusia, berkaitan dengan persepsi warna dari pengguna ECDIS serta penggunaan warna tertentu untuk informasi tertentu.

- d. interaksi dengan informasi lain selain peta, seperti : jalur kapal, catatan navigasi dan radar.
- e. interaksi ECDIS, berkaitan dengan struktur ENC dan kemampuan tampilan.
- f. teknologi, seperti : kalibrasi layar peraga dan lain-lain.

Pada prinsipnya ECDIS diharapkan mampu untuk menyediakan semua informasi navigasi sebaik yang disajikan pada peta konvensional. Selain itu ECDIS juga diharapkan lebih unggul dari segi keluwesan penyajian informasi dalam berbagai skala, kemudahan dalam memilih data, jenis tampilan serta yang lainnya.

DBM (*Digital Bathymetric Model*)

DTM (*Digital Terrain Model*) merupakan suatu permukaan digital hasil representasi dari data titik-titik sampel. Data titik sampel yang digunakan untuk membangun DEM dapat berasal dari data batimetri, data meteorologi, data geofisika dan data geologi. DTM yang dibentuk dengan menggunakan data batimetri inilah disebut sebagai DBM (*Digital Bathymetric Model*). DBM ini menggunakan prinsip-prinsip dasar yang terdapat dalam DTM.

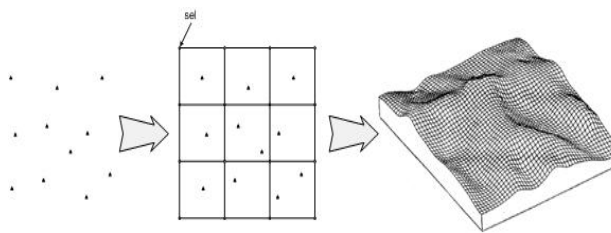
DBM dapat dibangun melalui dua pendekatan, yaitu [Pratomo, 2006] :

- a. Grid

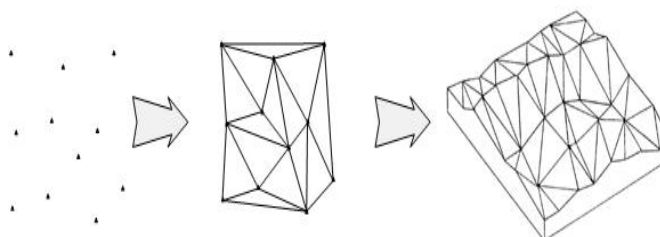
Grid tersusun dari baris dan kolom. Nilai pada titik-titik grid (sel grid) diperoleh dengan melakukan interpolasi dari nilai titik-titik sampel (yang biasanya tidak teratur). Spasi jarak pada baris dan kolom antar sel pada grid biasanya mempunyai ukuran yang sama.
- b. TIN (*Triangular Irregular Network*)

TIN diperoleh secara langsung dari titik-titik sampel pengukuran. Antara titik-titik sampel dihubungkan dengan garis-garis sehingga membentuk suatu jaring segitiga, dimana pada di dalam jaring segitiga tersebut tidak ada overlap antar segitiga.

Ilustrasi mengenai pendekatan yang digunakan dalam proses pembentukan DBM di atas dapat dilihat pada Gambar 4 dan Gambar 5.



Gambar 4 : Proses Pembentukan DBM Melalui Pendekatan Grid
[Pratomo, 2006]



Gambar 5 : Proses Pembentukan DBM Melalui Pendekatan TIN
[Pratomo, 2006]

DBM ini sangat membantu dalam memvisualisasikan data batimetri secara tiga dimensi. Proses untuk mendapatkan informasi yang sesuai dengan gambaran dan kenyataan yang terdapat di dunia nyata (*real world*) dapat dengan mudah diterima dengan adanya DBM. Hal itu disebabkan oleh kekontinuan informasi yang terdapat pada DBM. Sehingga dengan adanya DBM ini penyerapan informasi dapat dilakukan dengan mudah dan cepat oleh para pengguna.

SIK 3D untuk Navigasi

Sistem Informasi Kelautan berbasis tiga dimensi (SIK 3D) merupakan suatu sistem informasi yang mengelola data dan menghasilkan informasi kelautan yang beraspek grafis tiga dimensi dan bergeoreferensi. Pada prinsipnya, tujuan dari SIK 3D ini sama dengan SIG yang disajikan secara dua dimensi, yaitu sebagai alat (*tool*)

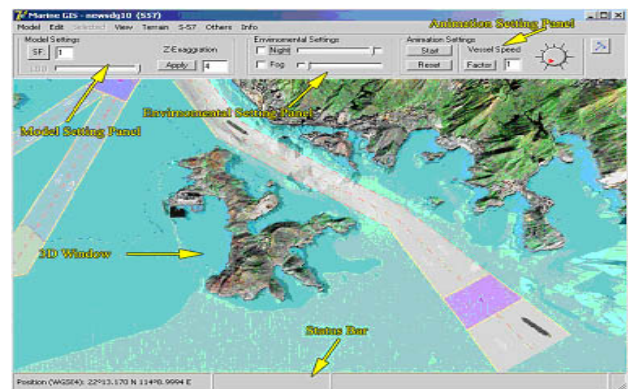
yang digunakan untuk mengelola dan menyajikan data. SIK 3D memiliki kemampuan *modelling* yang sangat baik, sehingga pengguna dapat menggunakan data dan merencanakan skenario untuk melakukan prediksi, perencanaan, penilaian dan pengambilan keputusan yang berhubungan dengan aspek keruangan (spasial) dengan cepat, efektif dan efisien. SIK 3D dapat diaplikasikan ke berbagai bidang diantaranya adalah kadaster kelautan (*marine cadastre*), pencemaran laut (ESI : *Environmental Sensitivity Index*) dan navigasi.

SIK 3D untuk navigasi merupakan suatu sistem yang bekerja dengan beberapa *mesh* (permukaan jaring) Voronoi/Delauney dua dimensi [Gold et al, 2006]. Masing-masing *mesh* tersebut mewakili permukaan pembentuk SIK 3D. Terdapat dua *mesh* dasar yang digunakan untuk pembentukan SIK 3D untuk navigasi ini, yaitu [1] *mesh* yang merepresentasikan model batimetri (topografi di sekitar garis pantai dan permukaan dasar perairan) dan [2] *mesh* yang merepresentasikan permukaan laut. Untuk membentuk *mesh* yang merepresentasikan model batimetri digunakan data DBM, sedangkan untuk *mesh* permukaan laut dibentuk dengan menggunakan data muka air laut. Pada *mesh* permukaan laut, garis pantai dibuat tetap (statis) dan pergerakan kapal (wahana apung) dibuat bergerak (dinamis).

SIK 3D untuk navigasi ini merupakan implementasi dari beberapa objek grafis yang dapat merepresentasikan model batimetri, permukaan laut, tanda navigasi dan kapal. Sistem ini sangat interaktif, sehingga memungkinkan pengguna untuk dapat memanipulasi keseluruhan tampilan pada monitor komputer (bukan basis datanya). Tampilan pemandangan dari kapal (wahana apung) dapat dilakukan secara tiga dimensi di keseluruhan area dari prespektif kapal. Pemandangan dari prespektif kapal dapat dilakukan melalui tiga sudut pandang, yaitu

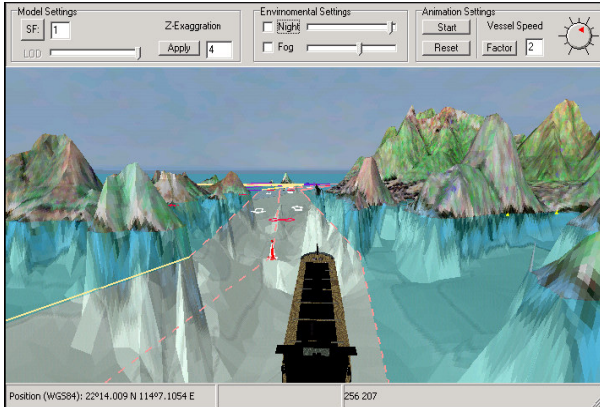
pada kapal, dari belakang atas dan dari bawah kapal.

SIK 3D untuk navigasi tersebut memungkinkan pengguna untuk dapat melihat keadaan sekitar dan mengamati perubahan yang terjadi secara kontinyu pada saat melakukan navigasi. Sistem ini juga memungkinkan dapat melakukan manipulasi dan navigasi interaktif secara real time tergantung dari mode tampilan yang dipilih. Grafik antar-muka pengguna (GUI : *Graphic User Interface*) pada SIK 3D untuk navigasi dapat dilihat pada gambar berikut.



Gambar 6 : Grafik Antar-Muka Pengguna SIK 3D untuk Navigasi [Gold et al, 2006]

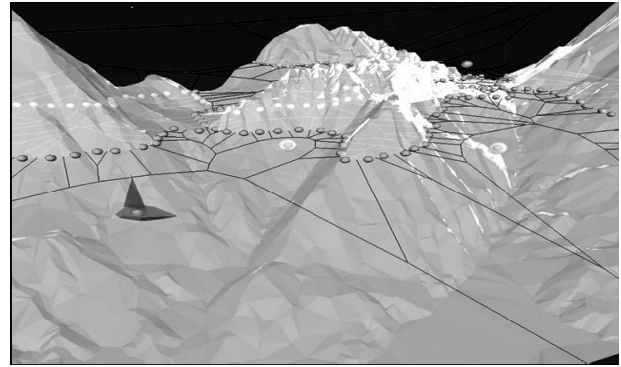
Wahana apung yang terdapat pada SIK 3D untuk navigasi ini memiliki arah atau lintasan dan kecepatan yang berbeda. Pengguna dapat melakukan manipulasi terhadap arah atau lintasan dan kecepatan ditambahkan, dipilih dan dihapus atau dikonfigurasi. Animasi pada SIK 3D untuk navigasi ini dapat dimulai atau dihentikan kapan saja tergantung pengguna. Pada SIK 3D untuk navigasi, semua kapal bergerak secara *real time* dan simultan sehingga model akan menjadi seperti peta yang hidup. Pengguna dapat melakukan kontrol dan navigasi dengan merubah kecepatan dan arah kapal, menghentikannya atau mengatur titik tujuanyang diinginkan.



Gambar 7 : Sudut Pandang Jalur Kapal Pada Saat Bernavigasi [Gold et al, 2006]

Terdapat empat hal yang dapat diperoleh dari SIK 3D untuk navigasi, yaitu :

- a. Kedalaman dasar perairan
Pengguna dapat mengetahui kedalaman dasar perairan di bawah kapal pada saat bernavigasi. Selain itu pengguna juga dapat mengetahui kedalaman di semua titik yang dikehendaki (yang terdapat di permukaan air). Pada lokasi yang ingin diketahui kedalamannya, kedalaman pada titik tersebut dapat ditentukan dengan menggunakan interpolasi *natural neighbourhood* [Sibson, 1981, Gold, 1989].
- b. Navigasi saluran terdalam
Pada SIK 3D untuk navigasi ini, pengguna dapat memonitor kedalaman dan mengontrol kapal secara otomatis. Hal tersebut memungkinkan pengguna untuk melakukan navigasi pada saluran terdalam yang di jalur antara lokasi dan target yang dituju.
- c. Deteksi dan pencegahan tabrakan
Terjadinya tabrakan dapat dideteksi dan dicegah dengan SIK 3D untuk navigasi. *Mesh Voronoi* yang terdapat pada SIK 3D untuk navigasi ini dapat mendeteksi dan menganalisis langkah untuk mencegah terjadinya tabrakan antar titik yang merupakan representasi dari kapal (wahana apung) dan titik-titik yang merupakan representasi dari bahaya pelayaran. Sehingga pengguna cukup untuk merubah titik/arah dari kapal.



Gambar 8 : Mesh Voronoi untuk Deteksi dan Pencegahan Tabrakan [Gold et al, 2006]

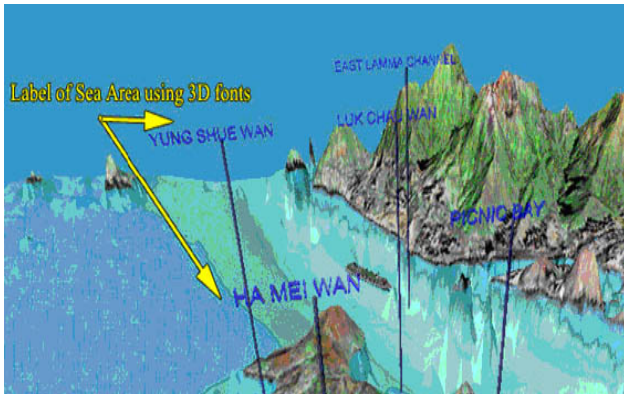
- d. Perubahan muka air
Perubahan muka air, untuk mensimulasi pasang surut pada saat bernavigasi dapat dilakukan dengan menggunakan dua *mesh* muka air. *Mesh* muka air dapat direkonstruksi apabila perubahan sebagai akibat pasang surut, sehingga perubahan garis pantai dapat diketahui. Hal ini dimaksudkan untuk meyakinkan bahwa tidak ada kapal yang dapat lewat garis pantai tersebut apabila terdapat deteksi tabrakan.

Pada SIK 3D untuk navigasi harus memuat semua informasi yang terdapat pada peta navigasi laut. Informasi-informasi tersebut adalah :

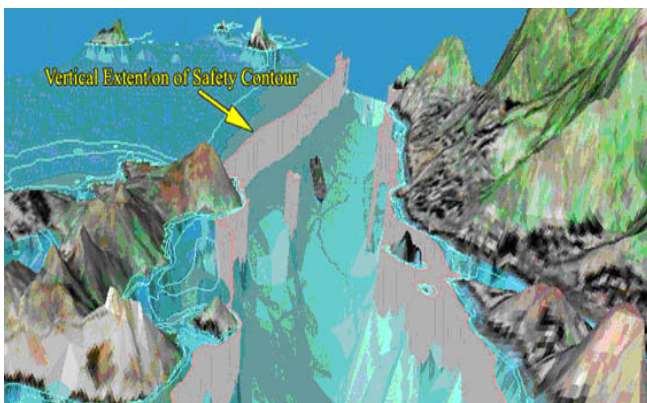
- a. Kedalaman perairan laut dengan pokok perhatian pada bahaya navigasi (kedangkalan, bangkai kapal tenggelam, bekas daerah latihan militer dan sebagainya).
- b. Sifat dan jenis garis pantai serta material dasar laut dibawahnya.
- c. Posisi, jenis dan karakter alat-alat bantu navigasi (*bouy*, suar dan sebagainya).
- d. Bentuk-bentuk khusus yang dapat dipakai untuk sarana bantu navigasi (bangunan yang terlihat dari laut, puncak-puncak daratan dan sebagainya)

Informasi yang ditampilkan pada SIK 3D untuk navigasi ini menggunakan prinsip isi dan tampilan yang digunakan pada ECDIS

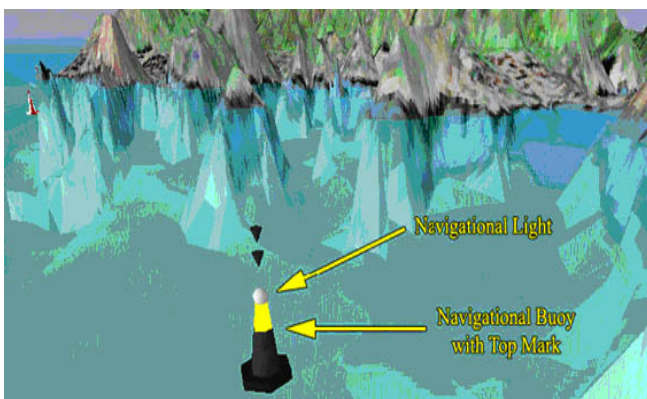
yaitu sesuai dengan S-52 IHO. Demikian juga format dan struktur yang terdapat pada SIK 3D untuk navigasi ini harus sesuai dengan S-57 IHO.



Gambar 9 : Visualisasi Tekstual Secara 3D Pada SIK 3D untuk Navigasi [Gold et al, 2006]



Gambar 10 : Visualisasi Kontur Aman Pada SIK 3D untuk Navigasi [Gold et al, 2006]



Gambar 11 : Visualisasi Alat Bantu Navigasi Pada SIK 3D untuk Navigasi [Gold et al, 2006]

Diskusi

SIK 3D untuk navigasi merupakan salah satu cara untuk merepresentasikan peta navigasi laut secara tiga dimensi tidak hanya dengan menggunakan prinsip-prinsip dasar yang ada pada SIG namun juga mengadopsi ketentuan-ketentuan yang ada pada proses pembuatan ECDIS. Basis data yang digunakan pada SIK 3D untuk navigasi memiliki keistimewaan apabila dibandingkan dengan SIG yang biasa. Keistimewaan tersebut adalah menggunakan basis data *mesh* batimetri yang dibentuk dari DBM dan *mesh* muka air yang dibentuk dari pengamatan pasut untuk mevisualisasikan keadaan di lapangan secara tiga dimensi.

Pada proses pembuatan SIK 3D untuk navigasi ini harus memperhatikan beberapa hal, yaitu [1] isi dan tampilannya harus memenuhi S-52 IHO, [2] format data yang digunakan harus memenuhi S-57 IHO dan [3] Standar kinerja harus sesuai dengan MSC/Circ. 637 IMO. Untuk memenuhi hal-hal tersebut diperlukan sumber daya manusia yang memahami dan mengerti mengenai peraturan-peraturan tersebut serta dapat membangun sistemnya. Saat ini penggunaan SIK 3D untuk navigasi masih dalam tahapan wacana dan masih berupa prototipe dan belum mengintegrasikan sensor-sensor navigasi pada sistem tersebut. Untuk itu diperlukan adanya penelitian lebih lanjut dalam mengintegrasikan sensor-sensor navigasi ke sistem tersebut.

Penutup

Perkembangan teknologi perangkat keras komputer dan perangkat lunak telah menyebabkan perkembangan yang signifikan terhadap penyajian peta navigasi laut. Dahulu peta navigasi laut berupa paper chart. Namun dengan adanya perkembangan teknologi tersebut peta laut sudah dapat disajikan secara digital dengan menggunakan ECDIS. Saat ini, walaupun masih wacana dan masih berupa prototipe, SIK 3D untuk navigasi berusaha untuk mevisualisasikan peta navigasi laut

secara tiga dimensi. Untuk membangun SIK 3D untuk navigasi ini diperlukan investasi dana yang tidak sedikit dengan sumber daya manusia yang berkompeten di bidangnya.

Pada SIK 3D untuk navigasi informasi diberikan secara kontinyu dengan visualisasi tiga dimensi. Hal ini sangat membantu para penggunanya untuk memahami dan menerima informasi-informasi yang terdapat di sekelilingnya pada saat bernavigasi. Dengan adanya SIK 3D untuk navigasi ini, diharapkan para pengguna (dalam hal ini pelaut) dapat dengan mudah merencanakan, mengambil keputusan karena apa yang dilihat pada layar monitor merupakan representasi sesuai dengan kenyataan yang sebenarnya di lapangan.

Daftar Pustaka

- Aronoff, S. 1991. *Geographic Information System : A Manajement Perspective*. WDL Publication, Ottawa, Canada.
- Aziz TL. 1996. *Sistem Informasi Geografis : Materi Kuliah*. Jurusan Teknik Geodesi. ITB, Bandung
- Burrough, PA. 1986. *Principle of Geographical Information Systems for Land Resource Assesment*. Oxford University Press, New York.
- Djunarsjah, E. 2006. *ECDIS (Electronic Chart and Information System) : Presentasi Kuliah Magister Hidrografi*. ITB, Bandung.
- Djunarsjah E. 2004. *Navigasi Laut : Modul Kuliah Hidrografi I Bagian IX*. ITB, Bandung.
- Gold, C et al. 2006. *The "Marine GIS" – Dynamic GIS in Action*. Dept. Land Surveying and Geoinformatic, Hong Kong Polytechnic University, Hong Kong.
- Pratomo, DG. 2006. *Pengaruh Ukuran Grid Pada Kualitas Digital Bathymetric Model (DBM) (Studi Kasus : Daerah Bau-Bau, Sulawesi Tenggara) : Prosiding PIT. Teknik Geomatika-ITS, Surabaya.*
- Pratomo, DG. 2006. *ECDIS Untuk Mendukung Keamanan dan Efisiensi Navigasi di Kapal : Tugas Makalah*. ITB, Bandung
- Yudiyatna. 2000. *Sistem Pendukung Keputusan Perubahan Penggunaan Lahan dengan Basis Sistem Informasi Geografik : Tugas Akhir*. Jurusan Teknik Geodesi FTSP-ITB, Bandung.