BAB II
TINJAUAN PUSTAKA

A. Landasan Teori

1. *Electronic Chart Display and Information System* (ECDIS)

a. Pengertian dan Fungsi ECDIS

Electronic Chart Display and Information System (ECDIS) adalah sistem navigasi elektronik berbasis komputer yang memadukan *Electronic Navigational Chart* (ENC) dengan sensor data navigasi kapal seperti GPS, *gyrocompass*, AIS, radar, dan *echo sounder*. Ini membantu pelaut merencanakan dan menyatukan pelayaran mereka secara *real time*. Operasi ECDIS meningkatkan keselamatan pelayaran, akurasi navigasi, dan efisiensi pengambilan keputusan kapal dengan menampilkan posisi secara otomatis di atas peta digital dan memberikan informasi navigasi yang kompleks secara terintegrasi (Donderi dkk., 2004).

Electronic Chart Display And Information System atau ECDIS adalah sistem navigasi yang berbasis *computer*, yang mampu menampilkan peta pada layar elektronik. Selain peta elektronik, ECDIS juga menampilkan posisi kapal sendiri dan kapal lain secara otomatis, dapat dilakukan koreksi secara otomatis, dan mampu memberikan alarm secara otomatis bila terdapat bahaya navigasi, dan bila perangkat mengalami kegagalan (kerusakan), yang sesuai dengan ketentuan IMO (Rinaldy, 2024). Sebenarnya ada peralatan lain yang fungsinya sama yang disebut ECS (*Electronic chart system)* yang dapat digunakan untuk bernavigasi, namun tidak memenuhi kriteria persyaratan yang diminta oleh IMO, walaupun memenuhi persyaratan ISO. Peralatan lain yang digunakan bersamaan dengan ECDIS adalah ENC (*Electronic Navigational Charts*).

Electronic Chart Display and Information System (ECDIS) adalah suatu alat yang fungsi dan systemnya dapat memberikan informasi tentang navigasi dan dengan sistem grafik navigasi yang biasanya digunakan dalam kapal angkatan laut dan kapal kapal lainnya. Kegunannya adalah untuk mem*back up* peralatan yang ada,sehingga dapat diterima dan dianggap memenuhi persyaratan yang ditentukan sesuai aturan V/19 & V/27 dari konvensi SOLAS 1974 & amandemennya. (Masrupah dkk., 2024)Oleh karena itu peralatan ECDIS ini harus memenuhi kriteria standard kinerja (*Performance Standard*) dari *(International Maritime Organisation*) IMO sesuai Bab V Solas 1974. Secara umum kegiatan navigasi adalah merencanakan rute pelayaran, memonitor rute dan mendokumentasikannya. Sama halnya pada peta kertas, ECDIS ini juga mempunyai kemampuan dapat melakukan kegiatan navigasi dengan:

1) menentukan rute yang optimal dengan mempertimbangkan aspek ekonomis dalam bernavigasi.
2) meyakinkan bahwa rute dapat dilayari dengan selamat misalnya dapat mengidentifikasi rambu navigasi, menandai garis haluan, posisi *fixed* kapal, koreksi – koreksi haluan dan kecepatan kapal.

Fungsi – fungsi peta elektronik tidak dibatasi hanya untuk memperlihatkan gambaran peta saja tetapi dapat juga memanfaatkan semua fungsi dasar navigasi dan keselamatan yang terkait dengan perencanaan pelayaran, pemonitoran dan fungsi – fungsi control lainnya. Bila dipakai untuk tujuan navigasi, kedua dasar sistem vektor dan raster mempunyai kemampuan fungsionalnya yang luas.

b. Komponen Utama ECDIS

Komponen-komponen dari *Electronic Chart Display and Information System* (ECDIS) secara umum antara lain:

1) Prosesor, perangkat lunak, dan jaringan

Gambar 2. 1 Prosesor ECDIS



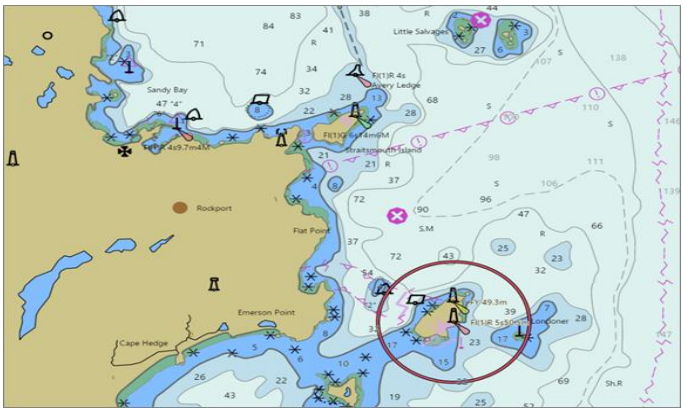
Sumber : https://www.marinsat.com/en/product/ht-c01-std-a-ecdis-processor-unit

Prosesor ECDIS adalah komputer berkinerja tinggi yang di rancang khusus untuk lingkungan laut yang keras. Sub sistem atau bagian ini mengontrol informasi sensor navigasi kapal dan aliran informasi di antara beberapa komponen sistem yang bervariasi. Informasi posisi elektronik dari *Global positioning system* (GPS) atau Loran C, informasi kontak dari RADAR, dan data *gyrocompass,* sebagai contoh, dapat diintegrasikan dengan data peta elektronik pada *Electronic Chart Display and Information* (ECDIS) (Amirullah dkk., 2022). Unit pemroses pusat yang menjalankan sistem operasi, mengolah data mentah dari sensor navigasi, dan memperbarui tampilan peta secara terus-menerus. Subsistem ini memungkinkan ECDIS melakukan navigasi aman, pemantauan rute otomatis, manajemen *alarm* posisi, dan pembaruan peta secara aman.

2) Data mentah Peta

Sebuah *Electronic Chart Display and Information Systems* (ECDIS) akan selalu bergantung pada data mentah dari peta digital baik itu berupa format raster data ataupun vector data.

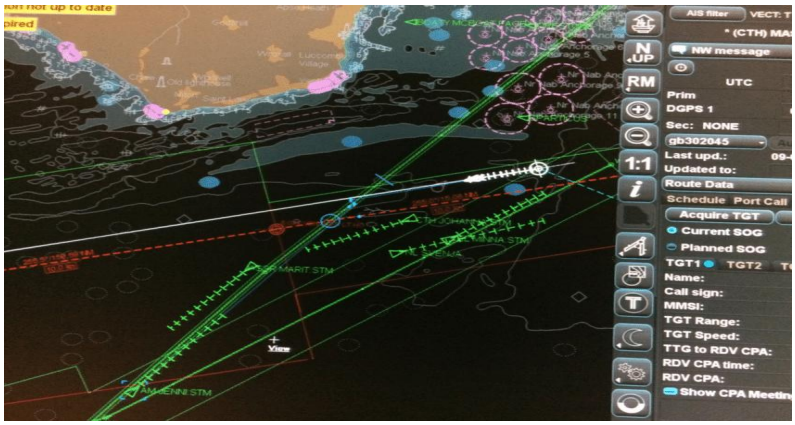
Gambar *2. 2 Electronic Navigational Chart*



Sumber : ECDIS MV. SPRING SKY (2025)

3) Sistem tampilan/*display*

Gambar 2. 3 Display ECDIS



Sumber : ECDIS MV. SPRING SKY (2025)

Bagian ini menampilkan peta elektronik dan mengindikasikan posisi kapal serta memberikan informasi seperti haluan, kecepatan, jarak ke *waypoint* berikutnya atau tujuan, kedalaman, dan lain-lain. Ada dua jenis mode untuk *display* yaitu *relatif* dan

sejati/*true*. Pada mode *relatif*, kapal akan berada tetap pada tengah layar dan peta akan bergerak melaluinya. Pada mode sejati/*true*, peta akan tetap pada posisinya dan kapal bergerak melaluinya. *Display*/tampilan juga dapat berupa *north up* atau *course up* tergantung ketersediaan dari sensor haluan seperti *gyrocompass* (ŽuŁkin dkk., 2023)

c. Standar IMO dan IHO terkait ECDIS

Persyaratan untuk pembawaan peta telah diatur dalam Bab V SOLAS 1974 *Consolidated Edition* 2009 membahas tentang "Keselamatan Navigasi" (*Safety of Navigation*), yang mencakup berbagai aspek penting dalam pelayaran seperti bahaya navigasi, berita marabahaya (*navigational warnings*), peralatan navigasi kapal, dan publikasi nautika.

Seiring dengan perkembangan teknologi, termasuk peta elektronik dan sistem pendukungnya, telah ditetapkan standar internasional untuk penggunaan *Electronic Chart Display and Information System* (ECDIS). Meskipun tidak secara langsung menyebutkan ECDIS dalam setiap pasal, aturan-aturan yang berkaitan sangat jelas mengatur standar peta dan peralatan navigasi yang diperlukan.

Bab V ini juga mewajibkan kapal-kapal niaga berukuran 1600 GRT ke atas untuk dilengkapi dengan berbagai peralatan navigasi modern, seperti *gyrocompass*, radar, radio navigasi, dan lainnya yang semuanya merupakan bagian dari sistem ECDIS.

Salah satu aturan yang paling relevan adalah Peraturan 20 dalam Bab V, yang menyatakan bahwa: “Semua kapal wajib memiliki dan memperbarui peta-peta, *Sailing Directions, List of Lights, Notice to Mariners* (NTM), *Tide Tables*, serta publikasi nautika lain yang diperlukan untuk pelayaran.

Performa standar dari *Electronic Chart Display and Information Systems* (ECDIS) merujuk pada dua organisasi internasional, yaitu:

1) *International MaritimeOrganization* (IMO)

   Organisasi Maritim Internasional (IMO) pada tahun 1995 mengeluarkan Resolusi A.817 yang bertujuan untuk menetapkan standar fungsi umum dari *Electronic Chart Display and Information System* (ECDIS). Resolusi ini juga menjelaskan kondisi-kondisi di mana ECDIS bisa digunakan sebagai pengganti peta laut kertas. Isi dari Resolusi A.817 terdiri atas 15 bab dan 5 resolusi tambahan. Kemudian, pada tahun 1996, Resolusi Tambahan ke-6 diadopsi, yang menjelaskan tentang persyaratan sistem cadangan (*backup system*) untuk ECDIS.

   Sistem cadangan ini penting agar navigasi kapal tetap aman jika ECDIS utama mengalami gangguan. Selanjutnya, pada tahun 1998, IMO mengadopsi resolusi Tambahan ke-7, yang menjelaskan bagaimana ECDIS dapat dioperasikan menggunakan peta raster (RNC). Sebelumnya, standar ECDIS hanya mengatur penggunaan data dalam bentuk vektor (ENC). Dengan resolusi ini, penggunaan ECDIS dengan data raster juga diakui, meskipun tetap harus memenuhi persyaratan tertentu.

2) *International Hydrographic Organization* (IHO)

   Standar performa dari *International Maritime Organization* (IMO) untuk *Electronic Chart Display and Information System* (ECDIS) mengacu pada dokumen khusus yang diterbitkan oleh *International Hydrographic Organization* (IHO), yaitu publikasi S-57 edisi tahun 2002. Dokumen ini memuat spesifikasi teknis yang mendetail terkait dengan penggunaan ECDIS, termasuk di dalamnya cara melakukan koreksi data, pengaturan tampilan di layar, penggunaan warna, simbol-simbol navigasi, serta istilah-istilah teknis yang berkaitan dengan sistem ECDIS.

d. Kewajiban Penggunaan ENC dan Pembaruan Peta

Penggunaan *Electronic Chart Display and Information System* (ECDIS) pada kapal laut diatur secara internasional melalui regulasi SOLAS (*Convention for the Safety of Life at Sea*), khususnya di bawah Bab V. Menurut regulasi tersebut, kapal-kapal dengan karakteristik tertentu diwajibkan membawa peta navigasi elektronik resmi, yakni *Electronic Navigational Chart* (ENC), sebagai pengganti peta kertas konvensional. Peta elektronik (*Electronic Navigational Chart/ENC*). ENC digunakan dalam sistem *Electronic Chart Display and Information System* (ECDIS), yang berfungsi menampilkan data navigasi secara digital dan dinamis. ECDIS memungkinkan integrasi berbagai sensor kapal seperti GPS, radar, AIS, dan *gyrocompass* sehingga informasi posisi dan arah kapal dapat ditampilkan secara *real tim*.

Navigational charts atau peta navigasi merupakan representasi grafis dari permukaan laut dan daerah pesisir yang berfungsi sebagai alat bantu utama dalam perencanaan dan pelaksanaan pelayaran. Peta ini menampilkan berbagai informasi penting seperti kedalaman laut (*depth soundings*), kontur dasar laut (*contours*), tanda bahaya navigasi, posisi pelampung, mercusuar, arus, serta data hidrografi lain yang dibutuhkan untuk menjamin keselamatan pelayaran (Mišković dkk., 2023). ENC dan ECDIS yang dipasang harus memenuhi standar internasional yang ditetapkan oleh *International Hydrographic Organization* (IHO) dan persyaratan kinerja dari IMO.

Dengan diadopsinya ENC sebagai standar navigasi, maka pembaruan data peta secara berkala menjadi kewajiban penting. ENC bukanlah peta statis; data hidrografi, navigasi, bahaya bawah air, rute, dan informasi penting lainnya dapat berubah dari waktu ke waktu. Oleh karena itu, penyedia ENC secara rutin biasanya mingguan menerbitkan update (*Notice to Mariners / chart corrections*) yang harus

diunduh dan diaplikasikan ke sistem ECDIS. Apabila kapal gagal memperbarui ENC, maka data navigasi yang digunakan bisa menjadi usang, tidak valid, atau bahkan berbahaya sehingga status kepatuhan navigasi bisa dianggap batal.

e. SOP Pembahruan ECDIS

Standard Operating Procedure (SOP) pembaruan *Electronic Chart Display and Information System* (ECDIS) merupakan rangkaian prosedur wajib yang bertujuan memastikan bahwa seluruh data elektronis yang digunakan untuk navigasi berada dalam kondisi mutakhir, akurat, dan sesuai dengan ketentuan lembaga hidrografi internasional.

Table *2. 1* SOP ECDIS

No	**Tahapan**	Langkah Kerja (*Action*)	*Standar* / Kriteria	Penanggung Jawab
1	**Persiapan**	Periksa ketersediaan *weekly update* dari *provider* ENC	Update tersedia & berasal dari sumber resmi	OOW / *Second Officer*
2	**Unduh Data**	Unduh *Base Cells, Update Cells,* dan Permit terbaru	File lengkap & tidak *corrupt*	OOW
3	**Transfer Data**	Salin ke USB dan hubungkan ke ECDIS	Media terbaca oleh sistem ECDIS	OOW
4	***Impor & Update***	Jalankan menu *Chart Update / Install Update*	Proses berjalan tanpa error	OOW
5	**Verifikasi**	Cek *Chart Catalog*	ENC aktif & versi terbaru	*Second Officer*
6	***Update* AIO**	Perbarui *Admiralty Information Overlay* **(AIO)**	Info T&P *Notice* tampil	*Second Officer*
7	**Pencatatan**	Catat di *Log Book* Navigasi	Data *update* tercatat lengkap	OOW

Sumber: ECDIS MV. SPRING SKY (2025)

2. *Weekly Chart Correction* (WCC)

a. Definisi *Weekly Chart Correction*

Weekly *chart correction*, yaitu kegiatan mingguan memperbarui informasi pada peta agar sesuai dengan perubahan kondisi laut dan lingkungan pelayaran. Perubahan ini dapat meliputi penambahan atau penghapusan tanda navigasi, pembaruan kedalaman, perubahan rute pelayaran, hingga pergeseran garis pantai akibat faktor alam. Jika koreksi tidak dilakukan secara berkala, peta menjadi tidak akurat, sehingga dapat meningkatkan risiko kesalahan navigasi seperti *grounding* atau *collision (Bowo dkk., 2024).*

(marine charts, 2022) menekankan bahwa proses ini merupakan bagian integral dari manajemen risiko navigasi, karena keterlambatan atau kelalaian dalam melakukan koreksi dapat mengakibatkan ketidaksesuaian antara kondisi nyata perairan dan informasi yang ditampilkan pada ECDIS. Dengan demikian, perwira jaga harus memastikan bahwa setiap koreksi telah diterapkan sebelum kapal memasuki alur sempit atau wilayah dengan bahaya yang signifikan. Dalam praktiknya, *chart correction* dilakukan secara mingguan (*weekly correction*) berdasarkan publikasi dari lembaga resmi seperti *Notice to Mariners* (NtM). Untuk peta elektronik, pembaruan dilakukan dengan mengunduh file koreksi dari penyedia data resmi (misalnya *chart agent* atau *hydrographic office*), lalu mengunggahnya ke sistem ECDIS. Proses ini memastikan seluruh informasi navigasi pada ENC tetap mutakhir dan valid.

Oleh karena itu, penerapan *weekly chart correction* tidak hanya bersifat administratif, tetapi juga merupakan bagian penting dari prosedur keselamatan navigasi (*Safety of Navigation*). Ketidakpatuhan terhadap pembaruan peta berpotensi menyebabkan kesalahan dalam penentuan posisi kapal dan interpretasi medan laut, yang pada akhirnya

dapat memicu insiden pelayaran.

b. Prosedur Pembaruan ENC

Prosedur pembaruan ENC dirancang agar kapal selalu menggunakan data peta terbaru. Berikut tahapan utama berdasarkan standar dan praktik industri:

1) Sumber Pembaruan dan *Distribusi Update*

Pembaruan ENC biasanya diterbitkan secara rutin (mingguan atau sesuai jadwal) oleh otoritas hidrografi nasional atau *Regional ENC Coordinating Centres* (RENC). Update ini disebarkan ke kapal melalui berbagai media seperti CD/DVD, email via satelit, atau sistem distribusi elektronik (layanan ENC supply seperti AVCS, PRIMAR, dsb.).

Jika kapal memiliki konektivitas komunikasi yang memadai (internet satelit, VSAT, atau data *link shore*), *update* dapat diunduh secara digital kapan pun diperlukan. Jika tidak, penyedia ENC mengirim media fisik (CD/DVD) sebagai sarana pembaruan.

2) *Instalasi* dan Penerapan *Update* ke ECDIS

Setelah update diterima, perwira navigasi atau officer yang bertanggung jawab harus menginstal pembaruan ke database *chart* di ECDIS. Instalasi ini bisa bersifat otomatis jika ECDIS mendukung auto update atau manual, tergantung model ECDIS dan prosedur penyedia *chart*.

Pada kapal dengan dual ECDIS (*master/slave* atau *primary/backup*), prosedur yang direkomendasikan adalah: pertama-tama melakukan *update* pada unit *backup*, kemudian setelah *verified* selama beberapa jam, menerapkannya ke *primary* ECDIS. Hal ini untuk mengantisipasi kegagalan akibat *bug* dalam file update.

3) Verifikasi Pasca *Update* & *Sinkronisasi Chart*

Setelah instalasi, perwira harus memeriksa status *chart* memastikan bahwa seluruh sel (*cells*) ENC telah diperbarui dan tidak ada *update* yang terlewat. ECDIS, sesuai standar IHO/S-63, menyimpan *log* dan daftar *update* yang diterapkan termasuk tanggal dan nomor edisi. Dan harus di catat dalam "*ENC Update Status Report*" untuk menunjukkan bahwa *chart* telah diperbarui.

Jika ada sel ENC yang masa izinnya (*permit*) telah kedaluwarsa, sel tersebut harus segera dihapus dari database agar tidak digunakan lagi.

4) Penyesuaian Perencanaan Rute & *Passage Plan*

Pembaruan ENC terkadang berisi informasi penting baru seperti perubahan kontur dasar laut, zona bahaya, jalur pelayaran baru, *traffic separation schemes* (TSS), atau rambu navigasi baru. Oleh karena itu, setelah *update*, navigator harus meninjau kembali *passage plan* / rute yang sudah dirancang sebelumnya untuk memastikan bahwa seluruh perubahan telah diperhitungkan. Prosedur ini penting agar *chart* baru tidak menimbulkan rute yang berisiko.

5) Dokumentasi & Kepatuhan Legal

Setiap pembaruan harus dicatat dalam *log chart correction*/Lembar koreksi serta bagian dari dokumen navigasi kapal (ECDIS *logbook / Passage Plan*). Dengan demikian kapal dapat menunjukkan bukti bahwa ENC telah diperbarui sesuai regulasi, penting saat pemeriksaan oleh otoritas pelabuhan atau *Port State Control* (PSC).

c. Peran Perwira Jaga dalam Pelaksanaan WCC

Penugasan perwira jaga di anjungan (*bridge watchkeeper*) pada kapal niaga bukan semata memantau posisi dan jalur pelayaran, tetapi mencakup tanggung jawab kritis dalam memastikan *Electronic*

Navigational Chart yang digunakan melalui ECDIS terbarukan dan valid. Proses ini dikenal sebagai *Weekly Chart Correction* (WCC), yaitu pembaruan rutin terhadap peta laut elektronik guna memasukkan *Notice to Mariners*, perubahan kedalaman, rute pelayaran baru, atau bahaya navigasi. Kegagalan menerapkan WCC dengan benar dapat mengakibatkan data usang atau ketidakakuratan *chart* yang secara langsung menurunkan efektivitas ECDIS sebagai alat bantu navigasi (Zaib dkk., 2022).

Dalam praktiknya, perwira jaga bertugas memeriksa setiap pembaruan ENC yang diterima, lalu memastikan pembaruan tersebut diaplikasikan ke setiap unit ECDIS di kapal (baik perangkat utama maupun cadangan). Prosedur yang benar mensyaratkan agar pembaruan pertama kali diterapkan pada unit cadangan, diverifikasi, lalu setelah interval tertentu diterapkan pada unit utama untuk menghindari kegagalan simultan akibat *bug* pada file koreksi. Selanjutnya, perwira jaga juga wajib mengecek bahwa semua parameter navigasi seperti *safety contour*, *safety depth*, alarm bahaya, serta *overlay* data lain (Radar, AIS, GPS) sudah dikonfigurasi sesuai kondisi pelayaran. Ketepatan konfigurasi ini menentukan apakah ECDIS mampu menampilkan status navigasi yang akurat serta memberikan peringatan dini terhadap potensi bahaya.(Sulthan Shalahuddin Anhar & Minto Basuki, 2024)

Lebih lanjut, perwira jaga dituntut untuk melakukan *cross check* antara informasi digital di layar ECDIS dengan data navigasi tambahan (seperti radar, AIS, posisi GPS, dan data *visual/lookout*). Prinsip *multi layer safety* ini penting untuk menghindari *over reliance* terhadap *chart* elektronik semata, karena teknologi bisa gagal atau data ENC bisa kedaluwarsa. Studi kualitatif menunjukkan bahwa meskipun ECDIS meningkatkan *situational awareness* dan mempermudah manajemen rute, efektivitasnya sangat tergantung pada kompetensi dan

kepatuhan manusia yang mengoperasikannya (Rika Anggun Permata & Tito Wahyu Ramadhan, 2025).

3. *Human Error* dalam Navigasi Kapal

a. Pengertian *Human Error*

Dalam literatur maritim dan keselamatan kapal, *human error* merujuk pada kesalahan, kelalaian, atau keputusan tidak tepat yang dilakukan manusia yaitu awak kapal atau perwira jaga dalam menjalankan tugas navigasi dan operasi kapal. Kesalahan tersebut bisa berupa keputusan yang buruk *decision error*, tindakan berdasarkan kebiasaan yang salah *skill based error*, pelanggaran prosedur, kesalahan persepsi, bisa juga akibat kondisi manusia seperti kelelahan *fatigue*, beban kerja berlebihan, stres, atau kurangnya pelatihan.

Studi-studi menyebut berbagai bentuk *human error* di kapal seperti kesalahan persepsi saat membaca *chart* atau instrumen, kelalaian memperbarui data navigasi *chart correction*, pelanggaran prosedur operasional, keputusan tidak tepat di tengah tekanan situasi, kelelahan petugas karena shift panjang atau beban kerja tinggi, serta koordinasi tim yang buruk (Chowdhury dkk., 2024).

Empirik menunjukkan bahwa *human error* secara konsisten menjadi penyumbang utama kecelakaan laut. Beberapa literatur menyebut bahwa antara 75% hingga 96% kecelakaan maritim dapat dikaitkan dengan *human error* (Chukwuemeka Albert, 2024). Hal ini menegaskan bahwa meskipun kapal dilengkapi teknologi modern dan sistem otomasi, keselamatan navigasi tetap sangat bergantung pada kinerja, keputusan, dan kewaspadaan manusia bukan semata keandalan teknis.

Kesalahan manusia dapat berujung pada berbagai bentuk risiko seperti, deteksi bahaya yang gagal (*hazard not detected*), kesalahan

navigasi, tabrakan atau *grounding*, maupun kegagalan pengambilan keputusan kritis pada saat darurat. Faktor seperti kelelahan, stres, beban kerja tinggi, kurangnya pelatihan atau pengalaman, dan kurangnya *situasional awareness* sering disebut sebagai pemicu utama *human error* tersebut (Galieriková, 2019).

b. Model *Human Error* (*Reason*, SHELL, dan HFACS)

1) *Swiss Cheese Model* (*Reason*)

Swiss Cheese Model dikembangkan oleh James T. Reason sebagai kerangka konseptual untuk memahami bagaimana kecelakaan terjadi dalam sistem kompleks. Dalam model ini, sistem keselamatan dianggap terdiri dari beberapa lapisan pertahanan (*defences*) yang berlapis-lapis, seperti irisan keju Swiss. Setiap lapisan memiliki lubang (*holes*) yaitu kelemahan sistem (misalnya prosedur, pelatihan, supervisi, desain).

Model ini membedakan antara *active failures* (kesalahan langsung dari operator, misalnya kesalahan pengambilan keputusan, pelanggaran prosedur) dan *latent failures* (kegagalan laten yang berasal dari manajemen, budaya organisasi, desain sistem, supervisi, kondisi kerja) yang mungkin tidak terlihat sampai insiden terjadi.

Dalam konteks navigasi kapal, *Swiss Cheese Model* membantu melihat bahwa *human error* bukan hanya akibat keputusan individu, tetapi bisa muncul dari kombinasi kondisi prosedur navigasi, lingkungan kerja, pelatihan, dan desain alat navigasi.

2) SHELL Model

SHELL Model pertama kali dikembangkan dalam konteks penerbangan untuk memetakan interaksi antara manusia (*liveware*) dan elemen lain dari sistem:

Software (S) prosedur, pedoman, dokumentasi.

Hardware(H) peralatan, instrumen, alat navigasi.

Environment(E)kondisi lingkungan fisik, cuaca, kondisi kerja.

Liveware (L) manusia/operator itu sendiri.

Inti dari SHELL adalah menempatkan manusia (*liveware*) di pusat, karena manusia adalah komponen paling fleksibel sekaligus paling rentan terhadap kondisi internal (kelelahan, stres, motivasi) maupun eksternal (lingkungan, peralatan, lingkungan kerja).

Kecelakaan atau kesalahan (*human error*) dapat muncul ketika ada *mismatch* atau ketidaksesuaian antara manusia dan elemen lain, misalnya prosedur tidak sesuai dengan pemahaman operator (*software liveware mismatch*), peralatan sulit digunakan (*hardware liveware*), kondisi lingkungan membuat operator stres / terganggu (*environment liveware*), atau interaksi antar awak yang buruk (*liveware liveware*).

3) HFACS (*Human Factors Analysis and Classification System*)

HFACS dikembangkan oleh Scott Shappell dan Doug Wiegmann sebagai implementasi praktis dari *Swiss Cheese* Model memberi struktur yang lebih sistematis untuk mengidentifikasi dan mengklasifikasi faktor penyebab kecelakaan manusia. HFACS memungkinkan peneliti untuk menginvestigasi tidak hanya kesalahan individu, tetapi juga faktor laten sistemik dan organisasi yang berkontribusi terhadap insiden Dalam sektor maritim, HFACS telah diadaptasi (misalnya versi HFACS-MA) untuk menganalisis kecelakaan kapal karena regulasi laut, lingkungan operasi, dan karakteristik awak kapal berbeda dari penerbangan, namun struktur *human factors* tetap relevan (Hasanspahić dkk., 2021).

c. Faktor-Faktor Penyebab Kelalaian Perwira Jaga

Beberapa faktor pemicu *human error* secara konsisten muncul dalam penelitian maritim:

1) Kelelahan dan beban kerja tinggi ini berkaitan dengan shift panjang, pergantian jaga, kurang tidur, tekanan tugas, bisa menurunkan konsentrasi dan kewaspadaan awak.
2) Kurangnya pelatihan atau pengalaman terutama pada sistem navigasi modern seperti ECDIS, jika awak tidak cukup memahami cara kerja sistem, konfigurasi alarm, atau prosedur navigasi digital.
3) *Over reliance* pada otomasi dan sistem digital penggunaan ECDIS terkadang membuat awak menjadi *complacent* (terlena) terhadap bahaya mempercayai data otomatis tanpa *cross check manual*, mengabaikan *lookout visual*, atau tidak memperhatikan alarm/parameter dengan benar.
4) Kesalahan persepsi dan pengambilan keputusan di bawah tekanan dalam situasi darurat atau lingkungan kerja sulit, keputusan bisa bias, reaktif, atau tidak tepat.
5) Faktor organisasi dan budaya kerja manajemen kapal, komunikasi tim, *standar operasional* (SOP), dan kondisi kerja bisa mempengaruhi munculnya *human error*.

Faktor-faktor penyebab kelalaian perwira jaga sebagaimana dijelaskan melalui model *Swiss Cheese*, *SHELL*, dan *HFACS* merupakan akar penyebab (*root causes*) dari kesalahan operasional dalam navigasi modern. Ketika faktor manusia seperti kelelahan, kurangnya pelatihan, atau ketergantungan pada automasi terjadi, maka dampaknya akan muncul secara lebih spesifik dalam bentuk kelalaian teknis pada ECDIS, seperti keterlambatan pembaruan ENC, salah pengaturan parameter keselamatan, pengabaian alarm, dan kegagalan memverifikasi sensor.

Dengan demikian, kelalaian dalam pengoperasian ECDIS merupakan manifestasi operasional dari kelemahan manusia dan sistem kerja yang telah dijelaskan pada bagian sebelumnya. Pemahaman hubungan ini penting untuk melihat ECDIS bukan hanya sebagai perangkat teknis, tetapi sebagai sistem yang sangat bergantung pada kompetensi, sikap, dan disiplin perwira jaga.

4. Kelalaian Perwira Jaga dalam Pengoperasian ECDIS

Kelalaian perwira jaga dalam mengoperasikan ECDIS terjadi ketika operator gagal melaksanakan tugas navigasi sesuai standar dan prosedur. Bentuk-bentuk kelalaian tersebut meliputi:

a. Kelalaian dalam Pembaruan *Chart* / ENC & Pengaturan *Safety Settings*

Salah satu indikator utama adalah apabila perwira jaga mengabaikan pembaruan ENC / *chart correction* secara rutin, atau gagal memperbarui *chart* setelah rilis perubahan (seperti kedalaman laut, *navigational warnings*, perubahan jalur, atau marking bahaya baru). Hal ini berisiko karena data *chart* menjadi usang, sehingga ECDIS menampilkan informasi yang tidak valid. Laporan kecelakaan terkait ECDIS sering menunjukkan bahwa kegagalan fatal bukan karena malfungsi teknis, melainkan kegagalan manusia dalam

memperbarui *chart* atau mengaktifkan *safety contour* serta alarm sesuai kondisi aktual.

Dalam penelitian mengenai *reliability* manusia dalam mendeteksi *spoofing* GPS pada ECDIS, faktor *human error* muncul ketika navigator gagal mempertahankan kewaspadaan konsisten terhadap perubahan lingkungan menunjukkan bahwa pembaruan dan pengawasan *chart*/sensor tidak bisa dianggap otomatis (Kurt dkk., 2025).

b. Kelalaian dalam Pengaturan & Pemanfaatan Alarm / *Safety Features*

ECDIS memiliki sejumlah fitur kritikal seperti *safety contour*, *safety depth, warning/alarm* untuk kedalaman dangkal atau bahaya bawah laut, dan integrasi data GPS, radar, AIS yang seharusnya selalu dikonfigurasi dengan benar oleh operator. Indikator kelalaian muncul jika alarm dimatikan, *safety settings* tidak disesuaikan sebelum pelayaran, atau sensor-sensor tidak diperiksa secara berkala. Banyak insiden ECDIS *related* terjadi karena alarm tidak diaktifkan atau diabaikan.

Penelitian antarmuka sistem maritim menunjukkan bahwa desain instrumen navigasi sering mengabaikan aspek *human factors*, sehingga sistem walaupun handal secara teknis menjadi sulit dioperasikan secara konsisten di bawah kondisi kerja yang menuntut. Desain yang kompleks atau tidak ergonomis meningkatkan probabilitas kesalahan pengguna (Vu dkk., 2024).

c. Kelalaian dalam Prosedur Navigasi dan *Watchkeeping* (SOP)

Indikator kelalaian lainnya ialah ketidakpatuhan terhadap prosedur navigasi dan *watchkeeping standar* misalnya tidak melakukan *cross check* visual, radar, AIS; tidak melakukan *watchkeeping* rutin, mengandalkan ECDIS semata tanpa verifikasi manual atau melewati tahap perencanaan rute dan pengecekan ulang (*route check*) sebelum

pelayaran. Studi empiris menunjukkan bahwa banyak operator ECDIS cenderung memperlakukan sistem seperti *interface grafis* biasa, tanpa disiplin *watchkeeping* seperti saat menggunakan peta kertas, menyebabkan *complacency* terhadap alat bantu digital.

Aktivitas *watchkeeping* seperti memantau perubahan lingkungan, memverifikasi posisi lewat berbagai alat, dan mengevaluasi kedalaman/arus/obstruksi memerlukan *situational awareness* tinggi. Jika prosedur ini dilemahkan atau diabaikan, ECDIS bukan lagi alat bantu efektif melainkan sumber risiko (Hasanspahic dkk., 2025).

d. Kesalahan Interpretasi Tampilan / *Over reliance* pada Automasi

Indikator kelalaian juga dapat berupa kesalahan interpretasi terhadap tampilan ECDIS misinterpretasi simbol, skala, kedalaman, bahaya, atau jalur navigasi. Kesalahan semacam ini bisa timbul ketika pengguna tidak berpengalaman, kurang pelatihan, atau terlalu mengandalkan ECDIS tanpa *cross check*. *Over reliance* pada tampilan dan automasi dapat memicu *blind spot*, sedangkan kenyataan di laut sering berubah cepat dan menuntut penilaian manusia.

Beberapa penelitian menyimpulkan bahwa meskipun ECDIS meningkatkan akurasi dan integrasi data navigasi, faktor manusia tetap menjadi determinan keberhasilan ketidakmampuan memahami antarmuka, kurangnya pelatihan, dan manajemen beban kerja buruk membuat sistem bisa gagal operasional secara efektif.

e. Pelanggaran terhadap Prosedur Standar dan Praktik *Watchkeeping*

Kategori *human error* yang sering muncul dalam konteks maritim meliputi keputusan yang salah, pelanggaran rutin (*routine violations*), kurang supervisi, dan kegagalan dalam manajemen awak dan tugas termasuk ketidaktaatan terhadap pedoman operasi, pengawasan, dan koordinasi kru (Maternová dkk., 2023).

Dalam konteks ECDIS, pelanggaran terhadap SOP, kelalaian dokumentasi *update chart*, kurangnya *cross check* sensor, dan pengabaian alarm termasuk dalam indikator penting. Pelanggaran-pelanggaran ini sering dianggap "*normalised non compliance*" dalam operasi rutin sehingga menjadi akar dari kesalahan navigasi.

5. Kesalahan Deteksi Bahaya pada ECDIS

a. Pengertian Kesalahan Deteksi Bahaya

Kesalahan deteksi bahaya pada ECDIS merujuk pada kondisi di mana sistem atau pengguna gagal mengidentifikasi, menafsirkan, atau memberi respons terhadap bahaya navigasi yang nyata sehingga peluang terjadinya insiden (*grounding,* tubrukan*, near miss*) meningkat.

Konsep ini tidak semata-mata berkaitan dengan kegagalan perangkat keras atau perangkat lunak melainkan merupakan fenomena sosio teknis yang timbul dari interaksi antara data *chart*, konfigurasi sistem, dan perilaku pengguna (*human factors*). Dalam praktiknya, kesalahan deteksi dapat muncul ketika ENC (*Electronic Navigational Chart*) yang digunakan tidak mutakhir, parameter alarm dan *safety contour* disetel tidak sesuai konteks operasi, atau ketika operator melakukan input atau interpretasi yang salah terhadap informasi pada layar ECDIS. Akibatnya, fitur bahaya yang ada di lapangan tidak tercermin dengan benar pada tampilan, atau muncul tetapi tidak dikenali dengan tepat oleh perwira jaga sehingga tindakan korektif tertunda atau salah arah (Androjna & Perkovič, 2021).

b. Jenis Kesalahan Deteksi Bahaya ECDIS

Kesalahan deteksi bahaya pada ECDIS juga dapat terjadi karena sistem tidak dapat memahami perubahan kondisi perairan secara *real time*, seperti yang telah dibahas sebelumnya. ECDIS menggunakan data ENC yang statistik, jadi informasi tentang bahaya sementara

seperti tenggelamnya baru, pengerukan alur, atau pemasangan struktur laut sementara mungkin tidak tercatat. Karena situasi ini dapat menyebabkan ketidaksesuaian antara tampilan ECDIS dan keadaan di lapangan, perwira jaga harus terus melakukan validasi melalui pengamatan visual dan menyatukan sensor lain untuk mengurangi risiko salah deteksi. Secara umum, kesalahan tersebut dapat diklasifikasikan menjadi empat jenis utama: *misidentification, late detection, non detection, dan false interpretation* berikut penjelasannya:

1) *Misidentification* (Kesalahan Identifikasi Bahaya)

   Misidentification terjadi ketika objek atau kondisi berbahaya muncul di layar ECDIS namun tidak dikenali atau dianggap sebagai fitur yang tidak mengancam. Kesalahan identifikasi ini sering berkaitan dengan kurangnya pemahaman operator terhadap simbol ENC, layer informasi, atau perubahan data peta yang belum diinterpretasi dengan benar.

2) *Late Detection* (Keterlambatan Deteksi Bahaya)

   Late detection terjadi ketika bahaya pada layar ECDIS sebenarnya dapat teridentifikasi, tetapi perwira jaga terlambat menyadarinya atau tidak mengambil tindakan tepat waktu. Keterlambatan ini umumnya dipengaruhi oleh faktor *human error* seperti kelelahan, beban kerja, atau penundaan dalam menginterpretasi alarm.

3) *Non Detection* (Kegagalan Total Mendeteksi Bahaya)

   Non detection merupakan bentuk kesalahan paling kritis karena bahaya sama sekali tidak tampak pada tampilan ECDIS atau tidak dipahami sebagai ancaman. Kesalahan ini dapat muncul akibat ENC yang tidak diperbarui, kesalahan input sensor, kesalahan setting *safety contour*, atau ketidaksesuaian antara ENC dan kondisi aktual di laut.

4) *False Interpretation* (Kesalahan Interpretasi Informasi Bahaya)

False interpretation merujuk pada kondisi ketika operator melihat informasi atau alarm pada ECDIS, tetapi menafsirkan secara salah tingkat ancaman yang ditampilkan. Kesalahan interpretasi dapat terjadi karena pengalaman operator yang terbatas, perbedaan antarmuka antar model ECDIS, atau kualitas pelatihan yang tidak memadai.

c. Faktor Teknis dan Non Teknis

1) Faktor Teknis

Faktor teknis yang memengaruhi kinerja ECDIS termasuk kualitas dan kelengkapan data peta elektronik (ENC), reliabilitas perangkat keras/perangkat lunak, serta integrasi sensor eksternal (GPS, AIS, radar). Jika ENC tidak diterbitkan atau diperbarui dengan benar, atau jika terdapat ketidaksesuaian versi dan format, maka informasi yang ditampilkan akan menyesatkan pengguna sehingga mengurangi nilai keselamatan sistem.

Sisi lain dari faktor teknis adalah pengelolaan alarm dan konfigurasi parameter keselamatan (*safety contour, safety depth*, CPA/TCPA). Pengaturan parameter yang tidak sesuai konteks rute atau lingkungan operasi dapat menghasilkan *noise* alarm (banyak alarm tidak relevan) atau sebaliknya, menyembunyikan ancaman nyata (Chan dkk., 2023).

2) Faktor Non Teknis

Komponen non teknis sama pentingnya, kompetensi operator, beban kerja (*workload*), kondisi kelelahan, dan kualitas pelatihan mempengaruhi cara perwira jaga menggunakan ECDIS. Ketidakpahaman atas fungsi-fungsi kunci atau perbedaan antarmodel ECDIS bisa menyebabkan kesalahan interpretasi tampilan, kelalaian pembaruan *chart*, atau penerapan prosedur

yang tidak tepat.

Selanjutnya, fenomena psikologis seperti *automation complacency* dan *"out of the loop" performance* menjelaskan bagaimana kepercayaan berlebihan pada sistem dapat menurunkan kewaspadaan operator. Ketika ECDIS dan fungsi otomatis lainnya mengambil alih banyak tugas rutin, kemampuan manusia untuk mempertahankan situasi kesadaran dan melakukan monitoring proaktif menurun sehingga ketika sistem menunjukkan kondisi abnormal, respons manusia sering terlambat atau tidak tepat (Tunçel dkk., 2023).

d. Dampak Kesalahan Deteksi Bahaya terhadap Keselamatan Kapal

Sistem ECDIS dirancang untuk meningkatkan keselamatan pelayaran dengan menyediakan peta elektronik (ENC), informasi kedalaman, posisi kapal, serta integrasi data dari sensor seperti GPS, radar, dan AIS untuk meningkatkan *situational awareness* (Bowo dkk., 2024).

Namun, ketika terjadi kesalahan deteksi bahaya entah karena data peta yang usang, konfigurasi sistem yang keliru, kesalahan manusia saat interpretasi, atau integrasi sensor yang gagal maka sistem yang seharusnya membantu justru dapat memberikan informasi yang salah atau menyesatkan. Hal ini dapat memunculkan risiko navigasi yang serius.

1) *Grounding* dan Tabrakan (*Collision / Grounding Risk*)

Salah satu dampak paling nyata dari kesalahan deteksi bahaya adalah terjadinya *grounding* atau tubrukan. Studi pada kecelakaan *grounding* yang melibatkan kapal dengan ECDIS menunjukkan bahwa banyak insiden disebabkan oleh kegagalan sistem dalam menyajikan data kedalaman atau bahaya bawah air, sehingga awak kapal mengira rute aman padahal tidak (Baric dkk., 2023).

Hal ini menunjukkan bahwa meskipun teknologi modern telah dipasang, jika data navigasi tidak dikelola dengan benar misalnya ENC tidak diperbarui atau alarm tidak aktif potensi kesalahan navigasi tetap besar.

2) Kehilangan *Situational Awareness* dan Keputusan Navigasi yang Salah

Kesalahan deteksi bahaya pada ECDIS juga melemahkan *situational awareness* awak jaga. Ketika data yang ditampilkan salah atau alarm tidak berbunyi, kru bisa salah menilai keadaan laut, bahaya, atau kedalaman. Penelitian yang mengkaji *grounding* akibat ECDIS menunjukkan bahwa hilangnya kesadaran situasional (*situational awareness*) menjadi faktor kunci meskipun hadir sistem digital, keputusan navigasi tetap bergantung pada interpretasi manusia dan keaktifan monitoring.

3) Penurunan Keandalan Sistem Navigasi Hilangnya Redundansi

ECDIS sering dianggap sebagai alat utama navigasi elektronik tetapi kesalahan deteksi bahaya dapat mengikis keandalan sistem sebagai sumber data primer. Jika kru terlalu mengandalkan ECDIS tanpa *cross check* dengan instrumen lain (radar, *echo sounder, visual lookout*), maka kesalahan akan sulit terdeteksi. Studi menunjukkan bahwa ketergantungan semata pada ECDIS tanpa penerapan prinsip *bridge resource management* melemahkan fungsi sistem navigasi secara keseluruhan (Yasin Muhammad Syibli & Nuryaman, 2021).

4) Dampak Non Fisik: Stress, Beban Kerja, dan Keputusan Tergesa

ketika kesalahan deteksi terdeteksi atau setelah terjadi insiden *minor/near miss* hal ini dapat menimbulkan stress, rasa takut, dan beban psikologis pada awak kapal. Tekanan untuk menavigasi

dengan aman dalam kondisi tidak pasti bisa menyebabkan kelelahan mental, keputusan tergesa, atau *over reliance* pada alat sehingga mengabaikan prosedur manual. Kondisi ini meningkatkan risiko *human error* berikutnya. Meskipun literatur spesifik tentang aspek psikologis ini pada ECDIS tetap terbatas, generalisasi dari kajian *human error* pada navigasi menunjukkan bahwa faktor psikis (kelelahan, kepercayaan berlebihan pada sistem) merupakan penyebab utama insiden.

5) Kerugian Ekonomi dan Lingkungan

Akibat *grounding* atau tabrakan, kapal bisa mengalami kerusakan struktural berat, kehilangan muatan, atau bahkan tenggelam menimbulkan kerugian ekonomi besar bagi pemilik kapal maupun perusahaan asuransi. Di samping itu, kecelakaan laut sering disertai dengan tumpahan bahan bakar atau bahan berbahaya lain, yang bisa menimbulkan kerusakan lingkungan laut aspek yang sangat dikhawatirkan dalam pelayaran modern. Studi *reliability hull* dan analisis kerusakan *grounding* menunjukkan bahwa kerusakan akibat dampak ini tidak mudah diperbaiki dan bisa mengancam keberlanjutan kapal (Bužančić Primorac dkk., 2020).

B. Penelitian Terdahulu

Penelitian sejenis yang relevan dengan penelitian yang akan dilakukan sangat mempengaruhi latar belakang penyusunan penelitian ini. Adapun beberapa penelitian terdahulu yang mendasari penelitian ini adalah sebagai berikut :

Table *2. 2 Matriks* Penelitian

No	Penelitian / Penulis (Tahun)	Tujuan Penelitian	Jenis Penelitian / Metode	Hasil & Temuan Utama	Faktor Utama yang Diangkat
1	Using the Bayes Probability Model to Evaluate the Risk of Accidents Caused by the Electronic *Chart* Display and Information System — penulis berbagai (2024) (MDPI)	Mengevaluasi risiko kecelakaan terkait penggunaan ECDIS melalui pemodelan probabilitas (Bayes)	Kuantitatif: model probabilitas berdasarkan data penggunaan ECDIS selama 6 tahun (MDPI)	Menunjukkan bahwa variasi tingkat familiaritas pengguna terhadap ECDIS dan perubahan jenis sistem meningkatkan probabilitas kesalahan (accidents), khususnya saat pengguna berpindah antar tipe ECDIS atau kurang pelatihan spesifik	*Human error* & tingkat familiaritas / pelatihan ECDIS
2	Assessment of ship position estimation accuracy based on radar navigation mark echoes identified in an Electronic	Menguji akurasi estimasi posisi kapal berdasarkan kombinasi radar echo dan data ENC	Eksperimental / kuantitatif: simulasi radar + ENC data fusion untuk estimasi posisi	Metode gabungan radar & ENC berhasil memberikan akurasi posisi RMS 6.5 m di zona pantai; menunjukkan bahwa ketergantungan tunggal pada	Keterbatasan ENC & pentingnya *cross check* sensor (redundansi navigasi)

	Navigational *Chart* penulis: (2021) (ScienceDirect)			ENC bisa kurang andal di wilayah terbatas (ScienceDirect)	
3	Analisis *Human Error* terhadap penggunaan Peralatan Komunikasi dan Navigasi Kapal Sebagai Penyebab Kecelakaan Kerja — penulis: Wahyuni, S. I. dkk. (2021) (Duta Bangsa University)	Menganalisis peran *human error* dalam penggunaan peralatan navigasi dan komunikasi kapal sebagai penyebab kecelakaan laut di Selat Bali	Kualitatif deskriptif: observasi dan studi literatur (Duta Bangsa University)	Memperkirakan bahwa antara 75 % – 96 % kecelakaan disebabkan *human error*; kesalahan persepsi, keputusan, kelelahan, dan pelanggaran prosedur merupakan penyebab utama insiden navigasi (Duta Bangsa University)	*Human error*: fatigue, stress, perceptual error, violation
4	Pengoptimalan dan Keefisiensian Penggunaan ECDIS pada Kapal — penulis: Amirullah, Yohanna, & Ar Rasyid (2022) (Ejournal Poltekpel Banten)	Menelaah hambatan dan permasalahan dalam pengoperasian ECDIS di kapal serta mencari cara optimalisasi penggunaan	Studi kualitatif di kapal KM Sabuk Nusantara 99 — observasi kendala operasional dan pemahaman kru (Ejournal Poltekpel Banten)	Temuan menunjukkan bahwa kurangnya pemahaman prosedur, kelalaian dalam pengoperasian, dan overreliance pada ECDIS tanpa *cross check* menyebabkan navigasi tidak aman. Disimpulkan bahwa *human error* dan prosedur yang	*Human error*, kurangnya pengetahuan & disiplin prosedur

				tidak diikuti adalah penyebab utama. (Ejournal Poltekpel Banten)	
5	Peranan ECDIS dalam Menunjang Keamanan Navigasi dan Keselamatan Pelayaran — penulis: Kendek, Nurwahidah, Layok, & Zulaikah (2024) (Jurnal Pip Makassar)	Mengetahui peran ECDIS dalam mendukung keamanan navigasi dan keselamatan pelayaran di kapal yang telah menggunakan sistem tersebut	Survei kuantitatif deskriptif melalui angket pada 30 perwira kapal (Jurnal Pip Makassar)	Sekitar 93,33 % responden menyatakan bahwa ECDIS sangat membantu dalam perencanaan pelayaran dan koreksi peta; 90–100 % menyatakan bahwa ECDIS membantu informasi kedalaman dan navigasi. Namun studi juga menekankan bahwa efektivitas sangat tergantung pada kualitas data ENC dan disiplin pembaruan peta. (Jurnal Pip Makassar)	Dependensi pada data ENC yang mutakhir dan disiplin dalam koreksi *chart*

C. Kerangka Pikir

Kerangka pikir penelitian ini dibangun atas dasar pemahaman bahwa *Electronic Chart Display and Information System* (ECDIS) merupakan komponen vital dalam mendukung keselamatan navigasi modern. Namun, keandalan teknologi ini pada praktiknya sangat ditentukan oleh ketepatan manusia dalam mengoperasikannya. Pada konteks operasional kapal MV. *Spring Sky*, perhatian utama tertuju pada bagaimana kelalaian perwira jaga dalam penggunaan ECDIS dapat berkontribusi terhadap meningkatnya risiko navigasi melalui terjadinya kesalahan deteksi bahaya Kondisi ini sejalan dengan kajian terdahulu yang menegaskan bahwa sebagian besar kecelakaan maritim tetap berakar pada *faktor human error*, meskipun perangkat navigasi telah berkembang secara signifikan.

Kelalaian perwira dalam pengoperasian ECDIS dapat muncul dalam berbagai bentuk, seperti ketidaktelitian dalam melakukan *Weekly Chart Correction*, kegagalan memantau alarm dan indikator sistem, hingga ketidakpatuhan terhadap *Standard Operating Procedures* (SOP) saat melakukan pemeriksaan rute. Kelalaian tersebut berpotensi mengurangi akurasi data elektronik, menyebabkan kekeliruan dalam interpretasi *chart*, serta memengaruhi proses identifikasi bahaya navigasi. Penelitian terbaru menunjukkan bahwa kesalahan dalam pembaruan *chart* menjadi salah satu penyumbang utama kesalahan navigasi pada kapal yang bergantung pada ECDIS.

Selanjutnya peneliti menyajikan kerangka penelitian dalam bentuk bagan:

Gambar *2. 4* Kerangka Pikir

