



TUGAS AKHIR - ME234802

**ANALISIS KESIAPAN MATERIIL KAPAL PERANG
MENGUNAKAN METODE BAYESIAN NETWORK
PADA KAPAL KELAS SIGMA**

ASADULLAH MUHAMMAD HILMI

NRP 5019201058

Dosen Pembimbing

Dr. Eng. Trika Pitana, S.T.,M.Sc.

NIP 197601292001121001

Letkol Laut (T) David Artanto S.T.,M.T

Program Studi Sarjana

Departemen Teknik Sistem Perkapalan

Fakultas Teknologi Kelautan

Institut Teknologi Sepuluh Nopember

Surabaya

2024

Halaman ini sengaja dikosongkan



TUGAS AKHIR - ME234802

**ANALISIS KESIAPAN MATERIIL KAPAL PERANG
MENGUNAKAN METODE BAYESIAN NETWORK
PADA KAPAL KELAS SIGMA**

ASADULLAH MUHAMMAD HILMI

NRP 5019201058

Dosen Pembimbing

Dr. Eng. Trika Pitana, S.T.,M.Sc.

NIP 197601292001121001

Letkol Laut (T) David Artanto S.T.,M.T

Program Studi Sarjana

Departemen Teknik Sistem Perkapalan

Fakultas Teknologi Kelautan

Institut Teknologi Sepuluh Nopember

Surabaya

2024

Halaman ini sengaja dikosongkan



FINAL PROJECT - ME234802

**ANALYSIS OF WARSHIP MATERIEL READINESS
USING THE BAYESIAN NETWORK METHOD
ON SIGMA CLASS SHIPS**

ASADULLAH MUHAMMAD HILMI

NRP 5019201058

Advisors

Dr. Eng. Trika Pitana, S.T.,M.Sc.

NIP 197601292001121001

Letkol Laut (T) David Artanto S.T.,M.T

Study Program Bachelor Degree of Marine Engineering

Departement of Marine Engineering

Faculty of Marine Technology

Institut Teknologi Sepuluh Nopember

Surabaya

2024

Halaman ini sengaja dikosongkan

LEMBAR PENGESAHAN

ANALISIS KESIAPAN MATERIIL KAPAL PERANG MENGGUNAKAN METODE BAYESIAN NETWORK PADA KAPAL KELAS SIGMA

LAPORAN TUGAS AKHIR

Diajukan untuk memenuhi salah satu syarat
Memperoleh gelar Sarjana Teknik pada
Program Studi S-1 Teknik Sistem Perkapalan
Departemen Teknik Sistem Perkapalan
Fakultas Teknologi Kelautan
Institut Teknologi Sepuluh Nopember

Oleh : **ASADULLAH MUHAMMAD HILMI**

NRP. 5019201058

Disetujui oleh Kepala Departemen Teknik Sistem Perkapalan :



Beny Cahyono, S.T., M.T., Ph. D
NIP. 197903192008011008

SURABAYA

JUNI 2024

Halaman ini sengaja dikosongkan

LEMBAR PENGESAHAN

ANALISIS KESIAPAN MATERIIL KAPAL PERANG MENGGUNAKAN METODE BAYESIAN NETWORK PADA KAPAL KELAS SIGMA

LAPORAN TUGAS AKHIR

Diajukan untuk memenuhi salah satu syarat
Memperoleh gelar Sarjana Teknik pada
Program Studi S-1 Teknik Sistem Perkapalan
Departemen Teknik Sistem Perkapalan
Fakultas Teknologi Kelautan
Institut Teknologi Sepuluh Nopember

Oleh : **ASADULLAH MUHAMMAD HILMI**

NRP. 5019201058

Disetujui oleh Tim Penguji Laporan Tugas Akhir :

1. Dr. Eng. Trika Pitana, S.T., M.Sc.
2. Letkol Laut (T) David Artanto S.T., M.T
3. Ir. Dwi Priyanta, MSE
4. Dr. Nurhadi Siswantoro, S.T., M.T.
5. Dr. Eng. M. Badrus Zaman, S.T., M.T.
6. Ir. Hari Prastowo, M.Sc.

Pembimbing



Ko-Pembimbing



Penguji



Penguji



Penguji



Penguji

SURABAYA

JUNI 2024

Halaman ini sengaja dikosongkan

PERNYATAAN ORISINALITAS

Yang bertanda tangan di bawah ini:

Nama mahasiswa / NRP : Asadullah Muhammad Hilmi / 5019201058
Program studi : S-1 Teknik Sistem Perkapalan
Dosen Pembimbing / NIP : Dr. Eng. Trika Pitana, S.T.,M.Sc. / 197601292001121001
Letkol Laut (T) David Artanto S.T.,M.T

dengan ini menyatakan bahwa Tugas Akhir dengan judul “ANALISIS KESIAPAN MATERIIL KAPAL PERANG MENGGUNAKAN METODE BAYESIAN NETWORK PADA KAPAL KELAS SIGMA” adalah hasil karya sendiri, bersifat orisinal, dan ditulis dengan mengikuti kaidah penulisan ilmiah.

Bilamana di kemudian hari ditemukan ketidaksesuaian dengan pernyataan ini, maka saya bersedia menerima sanksi sesuai dengan ketentuan yang berlaku di Institut Teknologi Sepuluh Nopember.

Surabaya, 05 Agustus 2024

Mahasiswa

Asadullah Muhammad Hilmi
NRP. 5019201058

Mengetahui
Dosen Pembimbing 1

Dr. Eng. Trika Pitana, S.T.,M.Sc.
NIP. 197601292001121001

Mengetahui
Dosen Pembimbing 2

Letkol Laut (T) David Artanto S.T.,M.T
NIP. -

Halaman ini sengaja dikosongkan

ABSTRAK

ANALISIS KESIAPAN MATERIIL KAPAL PERANG MENGGUNAKAN METODE *BAYESIAN NETWORK* PADA KAPAL KELAS SIGMA

Nama Mahasiswa / NRP : Asadullah Muhammad Hilmi / 5019201058
Departemen : Teknik Sistem Perkapalan FTK – ITS
Nama Pembimbing : Dr. Eng. Trika Pitana, S.T.,M.Sc.
Letkol Laut (T) David Artanto S.T.,M.T

Abstrak

Kapal perang merupakan salah satu alat utama sistem pertahanan negara yang digunakan untuk mempertahankan wilayah perairan suatu negara. Sistem-sistem dalam kapal memiliki hubungan yang saling terkait antara satu sistem dengan sistem yang lain, hingga membentuk sistem yang lebih besar dan lebih kompleks, mulai dari sistem pendorong, sistem kelistrikan, sistem navigasi, sistem komunikasi, dan lain sebagainya. Mengingat fungsi kapal perang sebagai alat utama sistem pertahanan negara, maka kondisi kapal-kapal tersebut harus selalu mengedepankan unsur keselamatan dan keamanan pelayaran selama melaksanakan operasi di laut. Salah satu faktor parameter keselamatan dan keamanan kapal perang adalah kelaiklautan kapal. Pada penelitian ini, penulis melakukan analisis penilaian untuk mengetahui kesiapan materiil kapal perang. Data dikumpulkan dan diolah dengan menggunakan metode *bayesian network* dan hasilnya diaplikasikan untuk menentukan kelaikan kapal perang. Berdasarkan hasil analisis yang telah dilakukan pada KRI Kelas SIGMA, didapat nilai kesiapan materiil terendah pada 25,8% dan nilai kesiapan materiil tertinggi pada 71,4%. Nilai yang rendah tersebut dikarenakan terdapat salah satu sistem dengan nilai kondisi teknis yang rendah pada sistem dukungan kemampuan keselamatan (SDKK). Itu berarti sistem tersebut sedang mengalami kerusakan atau sedang dalam perbaikan. Untuk mencapai tingkat kelaikan Laik Tempur, terdapat beberapa faktor yang harus dipenuhi. Pada SDKK yang memiliki bobot pengaruh terbesar terhadap kesiapan materiil, kelompok sistem pemadam kebakaran air laut, sistem peringatan bahaya kebakaran dan kebocoran, serta peralatan keselamatan kru, menjadi hal yang sangat penting dan perlu diperhatikan. Ketika kapal akan digunakan untuk operasi tempur, kelompok-kelompok peralatan keselamatan tersebut perlu diganti baru ataupun dilakukan *retrofit*.

Kata Kunci: *Bayesian Network*, Kapal Perang, Kesiapan Materiil.

Halaman ini sengaja dikosongkan

ABSTRACT

ANALYSIS OF WARSHIP MATERIEL READINESS USING THE BAYESIAN NETWORK METHOD ON SIGMA CLASS SHIPS

Student Name / NRP : **Asadullah Muhammad Hilmi / 5019201058**
Departement : **Teknik Sistem Perkapalan FTK – ITS**
Advisors : **Dr. Eng. Trika Pitana, S.T., M.Sc.**
Letkol Laut (T) David Artanto S.T., M.T

Abstract

Warships are a primary component of a nation's defense system, used to defend its territorial waters. The systems within a warship are interconnected, forming larger and more complex systems, including propulsion systems, electrical systems, navigation systems, communication systems, and others. Given the role of warships as a critical part of national defense, their condition must always prioritize the safety and security of navigation during maritime operations. One of the key parameters of warship safety and security is the seaworthiness of the vessel. In this study, the author conducts an assessment analysis to determine the materiel readiness of warships. Data was collected and processed using the bayesian network method, and the results were applied to determine the seaworthiness of the warships. Based on the analysis conducted on the KRI SIGMA Class, the lowest materiel readiness value obtained was 25.8%, and the highest materiel readiness value was 71.4%. The low value is due to one system having a low technical condition value in the safety support capability system (SDKK). This means that the system is either experiencing damage or undergoing repair. To achieve Combat Worthiness, several factors must be met. In the SDKK, which has the greatest impact on materiel readiness, the sea water fire fighting system, the fire and leak hazard warning system, and the crew safety equipment are crucial and require careful attention. When the ship is to be used for combat operations, these safety equipment systems need to be replaced with new ones or retrofitted.

Keywords: Bayesian Network, Materiel Readiness, Warships.

Halaman ini sengaja dikosongkan

KATA PENGANTAR

Puji syukur penulis panjatkan kehadirat Allah SWT karena atas rahmat dan karunia-Nya penulis dapat memulai dan menyelesaikan tugas akhir ini dengan judul “ANALISIS KESIAPAN MATERIIL KAPAL PERANG MENGGUNAKAN METODE BAYESIAN NETWORK PADA KAPAL KELAS SIGMA”. Tugas akhir ini diajukan sebagai salah satu syarat menyelesaikan program sarjana di Departemen Teknik Sistem Perkapalan, Fakultas Teknologi Kelautan, Institut Teknologi Sepuluh Nopember.

Pada penyusunan tugas akhir ini, tidak terlepas dari bantuan, bimbingan, serta dukungan, dan doa dari berbagai pihak. Oleh karena itu, pada kesempatan ini penulis mengucapkan terima kasih sebesar-besarnya kepada :

1. Kedua orang tua, adik, serta keluarga besar penulis yang senantiasa memberikan dukungan serta doa yang tiada hentinya sehingga penulis dapat menyelesaikan penulisan tugas akhir ini;
2. Bapak Dr. Eng. Trika Pitana, S.T., M.Sc. dan Bapak Letkol Laut (T) David Artanto S.T., M.T selaku dosen pembimbing dalam pembuatan tugas akhir ini;
3. Bapak Dr. Nurhadi Siswantoro, S.T., M.T, Bapak Ir. Hari Prastowo, M.Sc., Bapak Dr. Ir. Dwi Priyanta, MSE., dan Bapak Dr. Eng M. Badrus Zaman, S.T., M.T selaku dosen penguji dalam tugas akhir ini;
4. Bapak Beny Cahyono, S.T., M.T., Ph.D selaku Kepala Departemen Teknik Sistem Perkapalan;
5. Segenap civitas akademik jurusan Teknik Sistem Perkapalan ITS yang telah memberi ilmu dan masukan selama masa perkuliahan.
6. Teman-teman keluarga kecil basis yang senantiasa menemani penulis, mengajak untuk beristirahat serta bercanda tawa selama masa perkuliahan ini;
7. Seluruh rekan tim robotika Banyubramanta ITS yang telah memberikan dukungan dan semangatnya hingga saat ini;
8. Teman-teman jurusan Teknik Sistem Perkapalan ITS yang telah memberi dukungan dan juga sudah berjuang bersama sampai saat ini.
9. Dan semua pihak-pihak yang telah mendukung dan membantu selama perkuliahan dan penyusunan tugas akhir ini yang tidak dapat disebutkan satu persatu.

Diah Ayu Safitri yang menemani dan memberikan semangat bagi penulis untuk dapat menyelesaikan tugas akhir ini

Penulis menyadari bahwa tugas akhir ini jauh dari kata sempurna dan masih terdapat kekurangan yang diharapkan ke depannya dapat dikembangkan dan disempurnakan lagi. Maka dari itu kritik serta saran yang membangun sangat berharga bagi penulis. Akhir kata semoga Tugas Akhir ini dapat bermanfaat bagi berbagai pihak.

Surabaya, 24 Juli 2024

Halaman ini sengaja dikosongkan

DAFTAR ISI

LEMBAR PENGESAHAN.....	vii
PERNYATAAN ORISINALITAS	xi
ABSTRAK	xiii
KATA PENGANTAR	xvii
DAFTAR ISI.....	xviii
DAFTAR TABEL.....	xxi
DAFTAR GAMBAR	xxiii
DAFTAR SINGKATAN.....	xxv
BAB 1 PENDAHULUAN	27
1.1 Latar Belakang Penelitian	27
1.2 Rumusan Masalah	30
1.3 Tujuan Penelitian	30
1.4 Ruang Lingkup Penelitian.....	30
1.5 Manfaat Penelitian	30
BAB 2 KAJIAN PUSTAKA.....	31
2.1 Studi Terkait.....	31
2.2 Bayesian Networks	32
2.3 Syarat Dasar Kesiapan Materiil	33
2.3.1 Sistem Dukungan Kemampuan Keselamatan	34
2.3.2 Sistem Dukungan Kemampuan Apung.....	34
2.3.3 Sistem Dukungan Kemampuan Gerak.....	35
2.3.4 Sistem Dukungan Kemampuan Layar	35
2.3.5 Sistem Dukungan Kemampuan Tempur	36
2.4 Penilaian Peralatan	36
2.5 Penentuan Kelaikan Kapal Perang	37
2.6 Sistem Pada Kapal Kelas SIGMA.....	39
2.6.1 <i>Propulsion System</i>	39
2.6.2 <i>Lubrication Oil System</i>	40
2.6.3 <i>Power Supply System</i>	42
2.6.4 <i>Sonar System</i>	43
2.6.5 <i>Cooling System</i>	43
2.6.6 <i>Sewage Treatment</i>	45
2.6.7 <i>Domestic Fresh Water System</i>	46
2.6.8 <i>Bilge System</i>	46
2.6.9 <i>Oily Bilge System</i>	47
2.6.10 <i>Ballast System</i>	48
2.6.11 <i>Fuel Oil System</i>	48
2.6.12 <i>Compressed Air System</i>	50
2.6.13 <i>Fire Fighting System</i>	51
2.6.14 <i>Hydraulic System</i>	51
2.6.15 <i>Rigid Inflatable Boats (RIB)</i>	52
BAB 3 METODOLOGI PENELITIAN.....	55
3.1 Diagram Alir Penelitian	55
3.2 Identifikasi Masalah	55
3.3 Studi Literatur	55
3.4 Pembuatan DAG	56
3.5 Validasi	57

3.6	Analisis Data	57
3.7	Kesimpulan dan Saran	57
BAB 4 HASIL DAN PEMBAHASAN.....		59
4.1	Model DAG Kesiapan Materiil KRI Kelas SIGMA	59
4.2	Bobot Kesiapan Materiil KRI Kelas SIGMA	60
4.2.1	Bobot SDKK KRI Kelas SIGMA	60
4.2.2	Bobot SDKA KRI Kelas SIGMA	61
4.2.3	Bobot SDKG KRI Kelas SIGMA	61
4.2.4	Bobot SDKL KRI Kelas SIGMA	62
4.2.5	Bobot SDKT KRI Kelas SIGMA	62
4.3	Penentuan NKT Minimum Kelompok Sistem	63
4.4	Laporan NKT KRI Kelas SIGMA	64
4.5	Analisis Pada GeNle	65
4.5.1	Tes Sensitivitas Model GeNle	71
4.5.2	Analisis Laporan Juni 2023	73
4.5.3	Analisis Laporan Juli 2023	74
4.5.4	Analisis Laporan Agustus 2023	75
4.5.5	Analisis Laporan September 2023	75
4.5.6	Analisis Laporan Oktober 2023	76
4.5.7	Analisis Laporan November 2023	77
4.5.8	Analisis Laporan Desember 2023	78
4.5.9	Analisis Laporan Januari 2024	79
4.5.10	Analisis Laporan Februari 2024.....	80
4.5.11	Analisis Laporan Maret 2024	80
4.5.12	Analisis Laporan April 2024.....	81
4.5.13	Analisis Laporan Mei 2024.....	82
4.6	Kesimpulan Hasil Analisis KRI Kelas SIGMA	83
BAB 5 KESIMPULAN DAN SARAN.....		85
5.1	Kesimpulan	85
5.2	Saran.....	86
DAFTAR PUSTAKA		87
LAMPIRAN.....		89
BIODATA PENULIS		113

DAFTAR TABEL

Tabel 1.1 Kecelakaan Pelayaran Berdasarkan Jenis Kecelakaan 2018 – 2022	27
Tabel 2.1 Nilai Kondisi Teknis Peralatan	37
Tabel 2.2 Syarat Kelaikan Sistem Dukungan Kesiapan Materiil	37
Tabel 4.1 Pengelompokan Sistem dan Daftar Kode Node	59
Tabel 4.2 Bobot Kesiapan Materiil	60
Tabel 4.3 Bobot SDKK	61
Tabel 4.4 Bobot SDKA	61
Tabel 4.5 Bobot SDKG	62
Tabel 4.6 Bobot SDKL	62
Tabel 4.7 Bobot SDKT	62
Tabel 4.8 NKT min SDKK	63
Tabel 4.9 NKT min SDKA	63
Tabel 4.10 NKT min SDKG	63
Tabel 4.11 NKT min SDKL	64
Tabel 4.12 NKT min SDKT	64
Tabel 4.13 NKT laporan KRI SIGMA	64

Halaman ini sengaja dikosongkan

DAFTAR GAMBAR

Gambar 1.1 Pola Kecelakaan Kapal Perang Indonesia Menurut Tipenya (LAB 45 2021).....	28
Gambar 1.2 KRI Diponegoro (365)	29
Gambar 2.2 Diagram Alir Penentuan Kelaikan.....	38
Gambar 2.3 Diagram kontrol pada kapal kelas SIGMA	39
Gambar 2.4 Diagram <i>lubrication oil transfer system</i> pada kapal kelas SIGMA.....	40
Gambar 2.5 Diagram <i>dirty oil collecting system</i> pada kapal kelas SIGMA.....	41
Gambar 2.6 Diagram <i>lubrication oil service system</i> pada kapal kelas SIGMA	41
Gambar 2.7 Diagram <i>single line</i> dari <i>main electrical plant</i> pada kapal kelas SIGMA	42
Gambar 2.8 Diagram <i>sonar system</i> pada kapal kelas SIGMA	43
Gambar 2.9 Diagram <i>SW cooling system</i> pada kapal kelas SIGMA	44
Gambar 2.10 Diagram <i>FW cooling system</i> pada kapal kelas SIGMA	44
Gambar 2.11 Diagram <i>sewage treatment system</i> pada kapal kelas SIGMA	45
Gambar 2.12 Diagram <i>bilge system</i> pada kapal kelas SIGMA	46
Gambar 2.13 Diagram <i>oily bilge system</i> pada kapal kelas SIGMA	47
Gambar 2.14 Diagram <i>ballast system</i> pada kapal kelas SIGMA	48
Gambar 2.16 Diagram <i>FO service system</i> pada kapal kelas SIGMA.....	49
Gambar 2.17 Diagram <i>starting air system</i> pada kapal kelas SIGMA	50
Gambar 2.18 Diagram <i>working air system</i> pada kapal kelas SIGMA	50
Gambar 2.19 Diagram <i>hydraulic system</i> pada kapal kelas SIGMA.....	51
Gambar 2.20 Diagram <i>hydraulic system steering gear</i> pada kapal kelas SIGMA.....	52
Gambar 2.21 <i>Rigid Inflatable Boats</i> pada kapal kelas SIGMA.....	53
Gambar 3.1 Diagram Alir Penelitian.....	55
Gambar 4.1 <i>Directed Acyclic Graph</i> Kesiapan Materiil	60
Gambar 4.2 Tipe node GeNIe	65
Gambar 4.3 Contoh nilai yang diberikan node value	66
Gambar 4.4 Contoh bobot masing-masing node terhadap ALU	66
Gambar 4.5 Contoh hasil yang didapat node ALU	67
Gambar 4.6 Contoh kolom persamaan dalam node MAU	67
Gambar 4.7 Bayesian Network Kesiapan Materiil KRI SIGMA	68
Gambar 4.8 Node value (B1) Kelompok Sistem Pemadam Kebakaran Air Laut	68
Gambar 4.9 Node MAU (A1) SDKK.....	69
Gambar 4.10 Node MAU (A2) SDKA.....	70
Gambar 4.11 Node ALU (P) Kesiapan Materiil.....	71
Gambar 4.12 Tes nilai Kesiapan Materiil dengan kondisi optimal	71
Gambar 4.13 Tes nilai Kesiapan Materiil dengan kondisi variasi 1.....	72
Gambar 4.14 Tes nilai Kesiapan Materiil dengan kondisi variasi 2.....	73
Gambar 4.15 Hasil Analisis Laporan Juni 2023.....	73
Gambar 4.16 Hasil Analisis Laporan Juli 2023	74
Gambar 4.17 Hasil Analisis Laporan Agustus 2023	75
Gambar 4.18 Hasil Analisis Laporan September 2023	76
Gambar 4.19 Hasil Analisis Laporan Oktober 2023	77
Gambar 4.20 Hasil Analisis Laporan November 2023	77
Gambar 4.21 Hasil Analisis Laporan Desember 2023	78
Gambar 4.22 Hasil Analisis Laporan Januari 2024.....	79
Gambar 4.23 Hasil Analisis Laporan Februari 2024.....	80
Gambar 4.24 Hasil Analisis Laporan Maret 2024.....	81
Gambar 4.25 Hasil Analisis Laporan April 2024.....	82

Gambar 4.26 Hasil Analisis Laporan Mei 2024.....	82
Gambar 4.27 Grafik Hasil Analisis Laporan KRI Kelas SIGMA.....	83

DAFTAR SINGKATAN

ANN	: <i>Artificial Neural Network</i>
AHU	: <i>Air Handling Unit</i>
ALU	: <i>Additive Linear Utility</i>
BBN	: <i>Bayesian Belief Network</i>
CHBN	: <i>Copula Hierarchical Bayesian Network</i>
CPP	: <i>Controllable Pitch Propeller</i>
CTMC	: <i>Continuous Time Markov Chain</i>
DAG	: <i>Directed Acyclic Graph</i>
DG	: <i>Diesel Generator</i>
DFTA	: <i>Dynamic Fault Tree Analisis</i>
ESB	: <i>Emergency Switch Board</i>
ETA	: <i>Event Tree Analysis</i>
FTA	: <i>Fault Tree Analisis</i>
FW	: <i>Fresh Water</i>
GCTBN	: <i>Generalized Continuous Time Bayesian Network</i>
HP	: <i>Horse Power</i>
ICAF	: <i>Impressed Current Anti-Fouling</i>
IPMS	: <i>Integrated Platform Management System</i>
KASAL	: Kepala Staff Angkatan Laut
KRI	: Kapal Republik Indonesia
MAU	: <i>Multi-Attribute Utility</i>
ME	: <i>Main Engine</i>
MSB	: <i>Main Switch Board</i>
NBCD	: <i>Nuclear Biological Chemical Defence and Damage Control</i>
NKT	: Nilai Kondisi Teknis
PCS	: <i>Propulsion Control System</i>
PTI	: <i>Power Take In</i>
PTO	: <i>Power Take Out</i>
PUM	: Publikasi Umum
RBD	: <i>Reliability Block Diagrams</i>
RCM	: <i>Reliability Centered Maintenance</i>
RIB	: <i>Rigid Inflatable Boats</i>
SDKK	: Sistem Dukungan Kemampuan Keselamatan

SDKA	: Sistem Dukungan Kemampuan Apung
SDKG	: Sistem Dukungan Kemampuan Gerak
SDKL	: Sistem Dukungan Kemampuan Layar
SDKT	: Sistem Dukungan Kemampuan Tempur
SW	: <i>Sea Water</i>
TNI	: Tentara Nasional Indonesia
TNI-AL	: Tentara Nasional Indonesia Angkatan Laut
UPS	: <i>Un-interrupted Power Supply</i>

BAB 1

PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang Penelitian

Kapal merupakan kendaraan angkut air, yang merupakan sistem rekayasa bergerak terbesar buatan manusia. Dipandang dari sistem-sistem penyusun kapal, sistem satu dengan yang lain memiliki hubungan yang saling terkait, hingga membentuk sistem yang lebih besar dan lebih kompleks, mulai dari sistem pendorong, sistem kelistrikan, sistem navigasi, sistem komunikasi, dan lain sebagainya. Dalam pengoperasian kapal, sering kali terdapat masalah yang disebabkan oleh kurangnya perawatan ataupun kesalahan manusia yang dapat berakibat fatal. Kecelakaan maritim yang paling serius dan sering terjadi melibatkan kebakaran atau hilangnya stabilitas karena banjir. Kecelakaan semacam itu dapat mengakibatkan hilangnya nyawa dan harta benda, serta menimbulkan kerusakan lingkungan. (Lee et al., 2021).

Data statistik investigasi kecelakaan transportasi laut tahun 2022 yang didapat dari buku statistik investigasi kecelakaan milik Komite Nasional Keselamatan Transportasi (KNKT) menunjukkan hasil investigasi meliputi kapal tenggelam, kapal terbakar, kapal tubrukan dan/atau kapal kandas. Selama periode 2018 – 2022 terjadi sebanyak 108 kecelakaan dalam pelayaran dengan berbagai jenis kecelakaan. Penyebab kecelakaan – kecelakaan tersebut mulai dari faktor cuaca, faktor manusia seperti kelebihan muatan atau penumpang, hingga faktor teknis yaitu kurangnya perawatan kapal yang mengakibatkan kerugian harta bahkan nyawa dan berpotensi merusak lingkungan. Korban jiwa menurut KNKT akibat kecelakaan pelayaran dari tahun 2018 hingga 2022 mencapai lebih dari 500 orang.

Tabel 1.1 Kecelakaan Pelayaran Berdasarkan Jenis Kecelakaan 2018 – 2022 (KNKT)

No.	Uraian	Tahun					Total
		2018	2019	2020	2021	2022	
1.	Tenggelam	10	6	3	5	5	29
2.	Terbakar/meledak	12	6	2	6	5	31
3.	Tubrukan	3	9	2	4	1	19
4.	Kandas	7	0	4	2	2	15
5.	Lain-lain	7	4	1	2	0	14
Total		39	25	12	19	13	108

Keselamatan pelayaran menjadi tanggung jawab utama negara-negara yang menandatangani *Convention for the Safety of Life at Sea* (SOLAS). Konvensi ini mengamanatkan bahwa setiap pemerintah harus melakukan semua tindakan yang diperlukan, termasuk penyebaran informasi yang tepat waktu terkait keselamatan pelayaran, kepada semua pihak terkait, termasuk kapal dan *coastal station* (Melnyk et al., 2022). Untuk kapal perang, dalam jangka waktu 17 tahun dari tahun 2004 hingga tahun 2021 terjadi 13 kecelakaan yang melibatkan kapal perang Indonesia termasuk 1 kecelakaan melibatkan kapal selam Indonesia

KRI Nanggala yang terjadi pada tahun 2021 lalu. Berdasarkan data dari 13 kecelakaan, jenis kapal yang paling sering mengalami masalah adalah kapal rudal cepat (LAB 45 2021)



Gambar 1.1 Pola Kecelakaan Kapal Perang Indonesia Menurut Tipenya (LAB 45 2021)

Dalam konteks pertahanan laut, kesiapan tempur suatu kapal perang merupakan klasifikasi kesiapan apabila seluruh kelompok sistem dukungan kemampuan tempur, berfungsi sesuai dengan tingkat kondisi teknis yang disyaratkan. Kesiapan materiil (*materiel readiness*) adalah probabilitas peralatan untuk siap digunakan dalam melaksanakan tugas pada saat itu, atau peralatan dalam keadaan rusak dengan tersedia waktu yang cukup untuk diperbaiki, ataupun jika ada peralatan cadangan yang dapat digunakan untuk menggantikan peralatan utama tersebut (Li et al., 2012).

Dalam konteks kapal perang, sistem rekayasa bergerak ini terdiri dari berbagai sistem yang konstituen, dengan kata lain terdapat hubungan yang saling bergantung di antara sistem-sistem ini. Saling ketergantungan ini menghasilkan pembentukan sistem yang lebih besar dan lebih rumit, sehingga menimbulkan tingkat kerumitan yang lebih tinggi dalam menilai kesiapan kapal. Konsep ini diilustrasikan pada Gambar 2.2 yang menggambarkan *Directed Acyclic Graph* (DAG) yang mewakili kesiapan materiil pada kapal perang. Diagram ini secara visual merepresentasikan keterkaitan antar sistem yang berbeda di dalam kapal perang berdasarkan petunjuk teknis dari TNI-AL. Dalam wacana ini, peneliti membangun DAG yang mewakili struktur *bayesian network*. Tujuan dari DAG ini adalah untuk memastikan kondisi setiap keadaan dalam node-node struktur *bayesian network* saling berhubungan. Struktur DAG disusun dari sistem yang sudah ada sebelumnya pada kapal perang meliputi sistem manajemen tempur dan berbagai persenjataan, seperti senjata *anti air*, *surface-to-surface*, dan *anti-submarine*.

Bayesian Network adalah pendekatan pemodelan data yang memanfaatkan teori probabilitas dan teori grafik. Jaringan ini dibangun dengan merepresentasikan kumpulan variabel dan hubungan kondisionalnya menggunakan DAG. Bidang teori probabilitas berfokus

pada analisis dan interpretasi data, sedangkan teori grafik berkaitan dengan konstruksi dan penggambaran representasi yang mendasarinya (Heckerman, 2008).

Kapal Kelas SIGMA atau *Ship Integrated Geometrical Modularity Approach* milik Indonesia merupakan salah satu kelas kapal yang dimiliki oleh angkatan laut tentara nasional Indonesia dengan desain buatan Belanda. SIGMA 9113 pada penelitian kali ini atau biasa dikenal dengan Kelas Diponegoro merupakan kapal tipe korvet dengan empat unit kapal yang mulai beroperasi sejak diluncurkan pada tahun 2007. Keempat kapalnya adalah KRI Diponegoro (365), KRI Sultan Hasanuddin (366), KRI Sultan Iskandar Muda (367), dan KRI Frans Kaisiepo (368). Keempat kapal dibangun di Belanda pada *Damen Schelde Naval Shipbuilding* mulai tahun 2005 dan selesai tahun 2008. Kapal kelas ini memiliki kecepatan jelajah 18 knot dan *endurance* 3800 – 4000 *nautical miles*. Dengan jumlah personel hingga 80 orang, kapal ini dilengkapi dengan persenjataan rudal - rudal 2 × quad (8) Mistral TETRAL Anti-air missile dan 4 × Exocet MM40 Block III anti-surface vessel missile, meriam 1 × Oto Melara 76 mm gun dan 2 × 20 mm Denel GI-2 gun, serta Torpedo 2 × B515 triple launchers for WASS A244-S mod.3. Kapal ini juga memiliki fasilitas platform pendaratan helikopter. (Stephen Saunders, 2015).



Gambar 1.2 KRI Diponegoro (365) (Maritimephoto)

1.2 Rumusan Masalah

- Bagaimana cara menganalisis kesiapan materiil kapal perang menggunakan metode *bayesian network*.
- Bagaimana cara menganalisis faktor-faktor yang mempengaruhi kesiapan materiil kapal perang.

1.3 Tujuan Penelitian

- Dapat menggunakan metode *bayesian network* untuk mendapatkan hasil analisis kesiapan materiil kapal perang.
- Dapat menganalisis faktor-faktor yang mempengaruhi kesiapan materiil kapal perang.

1.4 Ruang Lingkup Penelitian

- Penelitian ini hanya berfokus pada analisis kesiapan materiil kapal perang, tidak membahas kesiapan logistik dan kesiapan awak kapal.
- Penelitian ini tidak menganalisis kesiapan komponen setiap item peralatan melainkan menganalisis dalam bentuk sistem atau kelompok sistem.

1.5 Manfaat Penelitian

- Bagi bidang pertahanan, penelitian ini dapat mempermudah dalam melakukan penilaian kondisi kesiapan kapal perang dan membantu dalam menentukan sistem mana yang lebih membutuhkan prioritas dalam pemeliharaannya.
- Bagi bidang industri, penelitian ini dapat digunakan dalam penilaian kesiapan materiil kapal jenis lain dengan mengubah faktor-faktor dan node sistem menyesuaikan dengan sistem yang ada pada jenis kapal tersebut.
- Bagi bidang ilmu pengetahuan, penelitian ini dapat membantu dalam pengembangan sistem atau metode pemeliharaan yang lebih lanjut.

BAB 2

KAJIAN PUSTAKA

2.1 Studi Terkait

(Yanif & Iman, 2007) melakukan penelitian tentang keandalan pada kapal perang Indonesia menggunakan metode seperti *reliability centered maintenance* (RCM). Pada jurnal tersebut Yanif. D.K. membahas tentang pengaplikasian manajemen perawatan dengan metode RCM pada kapal corvette Kelas Parchim milik TNI-AL. Hasil dari penelitian tersebut menunjukkan karakteristik *wear out* pada mesin-mesin kapal tersebut sehingga dapat ditentukan metode perawatan dan interval dari hasil analisis.

(Daya & Lazakis, 2023) membahas tentang berbagai metode dalam analisis keandalan permesinan di kapal. Dalam penelitiannya, mereka membandingkan berbagai macam metode seperti *bayesian belief network* (BBN), *Fault Tree Analysis* (FTA), *Dynamic FTA* (DFTA), *Reliability Block Diagrams* (RBD), *Event Tree Analysis* (ETA), dan *Artificial Neural Network* (ANN). Pada penelitian tersebut, dijelaskan tentang kelebihan dan kekurangan dari masing-masing metode analisis. Beberapa kelebihan metode bayesian network adalah dapat menciptakan model yang dapat diterima dari informasi terbatas menggunakan *probabilistic inference* dengan mudah, dapat memodelkan sistem yang kompleks menggunakan data kualitatif dan kuantitatif dengan baik, DAG dapat membantu memvisualisasikan interaksi antar node pada model, dapat melakukan analisis dengan berbagai macam bentuk data seperti pendapat ahli, catatan sejarah, dan *empirical data*, dan efisien dalam pembuatan model *decision support*. Sedangkan untuk kelemahan dari metode *bayesian network* adalah akurasi model bergantung pada estimasi data *probabilistic*, model dapat menjadi kompleks sehingga memerlukan pengetahuan dari ahli, rentan terhadap penilaian asumsi dari pakar yang dapat mengganggu keakuratan nilai hasil analisis.

(Codetta-Raiteri & Portinale, 2017) membahas tentang *Generalized Continuous Time Bayesian Network* (GCTBN). Hasil dari penelitian mereka menunjukkan dimana model tersebut dapat digunakan secara tepat untuk memodelkan sistem yang dapat diandalkan dan memiliki ketergantungan statis maupun dinamis di antara komponen-komponen sistem, seperti yang diperkenalkan dalam DFTA. Hal ini memungkinkan untuk mengatasi asumsi yang sering diadopsi tentang komponen biner independen, tanpa perlu secara eksplisit menghitung seluruh keadaan sistem, seperti pada model berbasis keadaan standar seperti *Continuous Time Markov Chain* (CTMC). Dari sudut pandang analisis, tugas apa pun yang dapat dikaitkan dengan perhitungan *posterior probability* dapat diimplementasikan, di antaranya perhitungan ketidakandalan sistem, indeks kepentingan, pemantauan sistem, prediksi, dan diagnosis.

(Chen et al., 2023) membahas metode *Copula Hierarchical Bayesian Network* (CHBN), model *bayesian* yang digunakan untuk mengidentifikasi komponen yang rentan dan memastikan keandalan sistem mekatronik. Terdapat beberapa kendala karena ada banyak faktor

yang mempengaruhi dalam sistem karena sistem kompleks memiliki sifat hierarki, non linier, ketergantungan, ketidakpastian, dan kacakkan, yang menyulitkan untuk menganalisis mekanisme kegagalan kopling, memodelkan sistem, memperkirakan keandalannya, dan menentukan ukuran kepentingan komponennya. Sistem hierarki mencakup beberapa lapisan, sedangkan sub sistem dan komponen antar level dan intra-level terhubung secara fungsional untuk menjalankan fungsi sistem. Dalam penelitiannya penulis memperhitungkan enam langkah penting dalam rancangan desain yaitu *griffith importance measure* (GIM), *composite importance measure* (CIM), *integrated importance measure* (IIM), ketiga langkah tersebut digunakan untuk mendefinisikan keadaan yang mempengaruhi keandalan sistem dengan komponen yang memiliki degradasi waktu kontiniu (*continuous-time degradation components*). Lalu tiga langkah tambahan selanjutnya adalah *system performance composite importance measure* (SPCIM), *remaining useful life importance measure* (RULIM), dan *remaining system performance importance measure* (RSPIM).

2.2 Bayesian Networks

Bayes Theorem dinamai sesuai dengan Thomas Bayes, yang mengembangkannya pada pertengahan abad ke-18. Bayes tidak mempublikasikan teorema ini selama masa hidupnya. teorema ini dipresentasikan oleh Price, R. pada tahun 1763, dua tahun setelah kematian Bayes. (“Bayes’ Theorem,” 2008) *Bayes Theorem* adalah konsep fundamental dalam statistik dan teori probabilitas yang digunakan untuk memperbarui probabilitas hipotesis saat mendapatkan bukti baru. Di mana $P(X|Y)$ adalah probabilitas dari X dengan syarat terjadinya peristiwa Y yang diketahui. $P(Y|X)$ adalah probabilitas kondisional dari Y pada saat terjadinya X.

$$P(X|Y) = \frac{P(Y|X)P(X)}{P(Y)}$$

Distribusi gabungan dari dua variabel acak X dan Y dapat dinyatakan sebagai :

$$P(X, Y) = P(X)P(Y|X)$$

Dengan menggabungkan aturan rantai, kompleksitas model probabilitas dapat dikurangi, sehingga distribusi gabungan dari n variabel menjadi :

$$P(X_1, X_2, \dots, X_n) = P(X_1)P(X_2|X_1) \dots P(X_n|X_1, X_2, \dots, X_{n-1})$$

Bayesian networks yang dibangun dari teori peluang dan teori graf merupakan suatu metode pemodelan data berbasis probabilitas yang merepresentasikan suatu himpunan variabel dan ketergantungan bersyaratnya melalui suatu DAG. Teori *probabilistic* berhubungan langsung dengan data, sedangkan teori graf berhubungan langsung dengan representasi yang ingin diperoleh. Peluang sebagai probabilitas merupakan cara untuk mengutarakan pengetahuan atau keyakinan bahwa suatu peristiwa akan berlaku atau sudah terjadi. Struktur jaringan *bayesian network* terdiri dari node dan edge. Node/simpul diisi oleh variabel yang menjadi objek penelitian, sedangkan edge menggambarkan hubungan atau asosiasi antar node tersebut (Heckerman, 2008). *Bayesian networks* menggunakan distribusi probabilitas bersyarat gabungan (*joint conditional probability*) dan grafik model hubungan sebab-akibat dalam proses analisisnya.

2.3 Syarat Dasar Kesiapan Materiil

Dalam buku Publikasi Umum TNI-AL tentang pedoman penilaian kelaikan materiil kapal perang, ada beberapa syarat dan tahapan yang secara berurutan yang diberikan untuk suatu kapal perang, yaitu sistem dukungan kemampuan keselamatan (SDKK), sistem dukungan kemampuan apung (SDKA), sistem dukungan kemampuan gerak (SDKG) sistem dukungan kemampuan berlayar (SDKL), dan sistem dukungan kemampuan tempur (SDKT). Semua sistem dukungan memiliki syarat batasan kesiapan yang diberikan di setiap tingkatannya. Hal ini untuk memastikan bahwa prinsip-prinsip dasar keselamatan pelayaran dalam keadaan laik. Artinya, kapal harus mampu menangani berbagai kasus atau kejadian alam dalam industri transportasi. (UNCTAD, 2021)

SDKK mencakup sistem dan peralatan yang mengutamakan keselamatan baik itu keselamatan materiil atau bangunan kapal, keselamatan personil, ataupun keselamatan seluruh sistem yang berada di dalam kapal. Seluruh sistem pada SDKK penting karena dan menjadi syarat awal demi memastikan peralatan untuk keselamatan personil dari bahaya kebakaran dan kebocoran selalu dalam kondisi yang baik. Selanjutnya ada SDKA yang mengutamakan kondisi kelaikan kapal untuk dapat mengapung dan juga melaksanakan kegiatan administratif yang ada di kapal tersebut selama bersandar di dermaga. Hal yang paling diutamakan dalam SDKA adalah kondisi bangunan konstruksi kapal khususnya bagian bawah air agar tidak mengalami kebocoran, serta peralatan akomodasi dan sumber daya listrik. Kedua sistem dukungan di atas adalah syarat utama agar kapal perang tersebut dapat dinyatakan sebagai kapal laik apung.

Jika syarat utama tersebut telah terpenuhi, untuk memiliki status laik gerak atau kemampuan untuk kapal dapat berpindah di sekitar dermaga, kapal harus memenuhi kesiapan dari SDKG. SDKG mengutamakan sistem propulsi yang mencakup kondisi dari mesin penggerak utama. Selanjutnya kesiapan dari SDKL harus dapat dipenuhi kapal perang tersebut jika ingin mampu melaksanakan pelayaran secara normal tanpa ada kendala sesuai dengan kriteria dan spesifikasi kapal tersebut dibangun. SDKL mengutamakan sistem navigasi dan komunikasi. Apabila kapal perang telah memenuhi syarat kesiapan SDKL maka kapal dinyatakan laik layar. Dan yang terakhir ada syarat kesiapan SDKT yang menentukan jika kapal perang tersebut mampu melaksanakan suatu operasi laut dengan peralatan persenjataan dan

sensor/indra peralatan tempur dalam keadaan penuh. Beberapa kapal perang juga dilengkapi *Nuclear Biological Chemical Defence and Damage Control* (NBCD) yang menjadi syarat kelaikan. Jika SDKT sudah dapat dipenuhi maka kapal perang tersebut dinyatakan laik tempur. (PUBLIKASI UMUM TNI AL, 2014)

2.3.1 Sistem Dukungan Kemampuan Keselamatan

Sistem dukungan kemampuan keselamatan memiliki bobot sebesar 40% dari kesiapan materiil, dengan standar nilai kondisi teknis minimum $NKT \geq 70$ untuk mendukung status laik apung, laik gerak, serta laik layar, dan $NKT \geq 90$ untuk mendukung kapal pada status laik tempur. Nilai kondisi teknis dari SDKK ditentukan oleh sistem di bawah ini :

1. Sistem kelompok peralatan pemadam kebakaran air laut.
2. Sistem kelompok pompa darurat pemadam kebakaran air laut.
3. Sistem kelompok peralatan penanggulangan kebocoran.
4. Sistem kelompok peralatan pemadam kebakaran.
5. Sistem kelompok peringatan bahaya kebakaran dan kebocoran.
6. Sistem kelompok peralatan keselamatan kru.
7. Sistem kelompok kontrol kesehatan lingkungan.

2.3.2 Sistem Dukungan Kemampuan Apung

Sistem dukungan kemampuan apung memiliki bobot sebesar 30% dari kesiapan materiil, dengan standar nilai kondisi teknis sebesar $NKT \geq 60$. Kapal akan dinyatakan laik apung apabila beberapa sistem peralatannya yang disyaratkan untuk mendukung kegiatan sandar di dermaga Pangkalan TNI-AL berfungsi sesuai tingkat standar. Nilai kondisi teknis dari SDKA ditentukan oleh sistem di bawah ini :

1. Sistem Dukungan Kemampuan Keselamatan (SDKK) telah memenuhi NKT yang disyaratkan yaitu $NKT \geq 70$.
2. Sistem kelompok bangunan kapal.
3. Sistem kelompok peralatan domestik.
4. Sistem kelompok pembangkit tenaga listrik.
5. Sistem kelompok penggerak kapal.
6. Sistem kelompok peralatan bantu.
7. Sistem kelompok peralatan navigasi dan meteorologi.
8. Sistem kelompok peralatan komunikasi.

2.3.3 Sistem Dukungan Kemampuan Gerak

Sistem dukungan kemampuan gerak memiliki bobot sebesar 10% dari kesiapan materiil, dengan standar nilai kondisi teknis sebesar $NKT \geq 65$. Kapal akan dinyatakan laik gerak apabila beberapa sistem peralatannya yang disyaratkan untuk mendukung kegiatan operasional dan memenuhi kemampuan berpindah di sekitar dermaga Pangkalan TNI-AL secara mandiri berfungsi sesuai tingkat standar. Nilai kondisi teknis dari SDKG ditentukan oleh sistem di bawah ini :

1. SDKK telah memenuhi NKT minimum yang disyaratkan yaitu $NKT \geq 70$.
2. SDKA telah memenuhi NKT minimum yang disyaratkan yaitu $NKT \geq 60$.
3. Sistem kelompok penggerak kapal.
4. Sistem kelompok pembangkit tenaga listrik.
5. Sistem kelompok peralatan navigasi dan meteorologi.
6. Sistem kelompok peralatan komunikasi.

2.3.4 Sistem Dukungan Kemampuan Layar

Sistem dukungan kemampuan layar memiliki bobot sebesar 10% dari kesiapan materiil, dengan standar nilai kondisi teknis sebesar $NKT \geq 70$. Kapal akan dinyatakan laik layar apabila beberapa sistem peralatannya yang disyaratkan untuk mendukung kegiatan operasional berpindah dari satu pangkalan ke Pangkalan TNI-AL di seluruh wilayah NKRI berfungsi sesuai tingkat standar. KRI juga harus mampu melindungi diri sendiri dalam melaksanakan operasi. Nilai kondisi teknis dari SDKL ditentukan oleh sistem di bawah ini :

1. SDKK telah memenuhi NKT minimum yang disyaratkan yaitu $NKT \geq 70$.
2. SDKA telah memenuhi NKT minimum yang disyaratkan yaitu $NKT \geq 60$.
3. SDKG telah memenuhi NKT minimum yang disyaratkan yaitu $NKT \geq 65$.
4. Sistem kelompok peralatan domestik.
5. Sistem kelompok pembangkit tenaga listrik.
6. Sistem kelompok penggerak kapal.
7. Sistem kelompok peralatan bantu.
8. Sistem kelompok peralatan navigasi dan meteorologi.
9. Sistem kelompok peralatan komunikasi.
10. Sistem kelompok peralatan persenjataan.

2.3.5 Sistem Dukungan Kemampuan Tempur

Sistem dukungan kemampuan layar memiliki bobot sebesar 10% dari kesiapan materiil, dengan standar nilai kondisi teknis sebesar $NKT \geq 70$. KRI yang masuk dalam klasifikasi laik tempur apabila seluruh kelompok SDKT, berfungsi sesuai tingkat konis standar yang disyaratkan maka dikeluarkan sertifikasi laik laut sesuai klasifikasinya. KRI yang masuk dalam klasifikasi laik tempur sesuai fungsi asasinya apabila seluruh kelompok/sistem peralatannya SDKK $NKT \geq 90$, SDKA $NKT \geq 80$, SDKG ≥ 70 , SDKL ≥ 70 dan SDKT memenuhi persyaratan NKT. Nilai kondisi teknis dari SDKG ditentukan oleh sistem di bawah ini :

1. SDKK telah memenuhi NKT minimum laik tempur yaitu $NKT \geq 90$.
2. SDKA telah memenuhi NKT minimum laik tempur yaitu $NKT \geq 80$.
3. SDKG telah memenuhi NKT minimum laik tempur yaitu $NKT \geq 80$.
4. SDKL telah memenuhi NKT minimum laik tempur yaitu $NKT \geq 80$.
5. Sistem kelompok peralatan persenjataan.
6. Sistem kelompok helipad.
7. Sistem kelompok peralatan *degaussing*.
8. Sistem kelompok peralatan NBCD.
9. Sistem kelompok peralatan sensor.
10. Sistem kelompok peralatan navigasi.

2.4 Penilaian Peralatan

Dalam buku Publikasi Umum TNI-AL terdapat *equipment grading rules* atau aturan penilaian kondisi peralatan yang menjadi dasar nilai yang nantinya digunakan dalam analisis. Pembagian kategori kondisi peralatan mulai dari Sangat Baik (SB) ditetapkan apabila dari hasil pengukuran/pengujian/uji fungsi diperoleh nilai lebih besar sama dari sama dengan 90 sampai dengan 100, Baik (B) ditetapkan apabila dari hasil pengukuran/pengujian/uji fungsi diperoleh nilai lebih besar dari sama dengan 80 sampai dengan 89, Cukup Baik (SD) ditetapkan apabila dari hasil pengukuran/pengujian/uji fungsi diperoleh nilai lebih dari sama dengan 65 sampai dengan 80, Rusak Ringan (RR) ditetapkan apabila dari hasil pengukuran/pengujian/uji fungsi diperoleh nilai lebih dari sama dengan 50 sampai dengan 65, Rusak Sedang (RS) ditetapkan apabila dari hasil pengukuran/pengujian/uji fungsi diperoleh nilai lebih dari sama dengan 35 sampai dengan 50, dan Rusak Berat (RB) ditetapkan apabila dari hasil pengukuran/pengujian/uji fungsi diperoleh nilai kurang dari 35. (PUBLIKASI UMUM TNI AL, 2014)

Tabel 2.1 Nilai Kondisi Teknis Peralatan (PUBLIKASI UMUM TNI AL, 2014)

Kondisi Perlatan		
Kategori	Rentang Nilai	Deskripsi
Sangat Baik	90 - 100	Sistem/peralatan baru yang baru-baru ini dipasang
Baik	80 - 89	Sistem/peralatan dalam keadaan baru, masih dalam garansi, atau baru diperbaiki
Cukup Baik	65 - 79	Sistem/peralatan yang sudah cukup lama dipakai dan berfungsi normal
Rusak Ringan	50 - 64	Sistem/peralatan dengan fungsi utama yang masih berfungsi normal
Rusak Sedang	35 - 49	Sistem/peralatan masih berfungsi sebagian
Rusak Berat	0 - 34	Sistem/peralatan rusak total atau tidak berfungsi sama sekali
Tidak Tersedia	0	Sistem/peralatan tidak tersedia

2.5 Penentuan Kelaikan Kapal Perang

Berdasarkan hasil penilaian dari peralatan atau sistem sesuai pada syarat dasar sebelumnya nilai dari sistem dukungan kemampuan kapal dapat dicari dan digunakan untuk menentukan tingkat kelaikan kapal. Tabel di bawah ini menunjukkan nilai bobot dari masing-masing sistem dukungan terhadap kesiapan materiil secara keseluruhan. Dan nilai syarat kelaikan ($P(A)$) tiap tingkatan sistem dukungan yang memiliki bersifat hierarki di mana apabila sistem dukungan sebelumnya belum memenuhi syarat tersebut, maka sistem dukungan seterusnya tidak bisa dihitung atau langsung dikalikan dengan faktor pengalinya (F_m) yaitu 0.

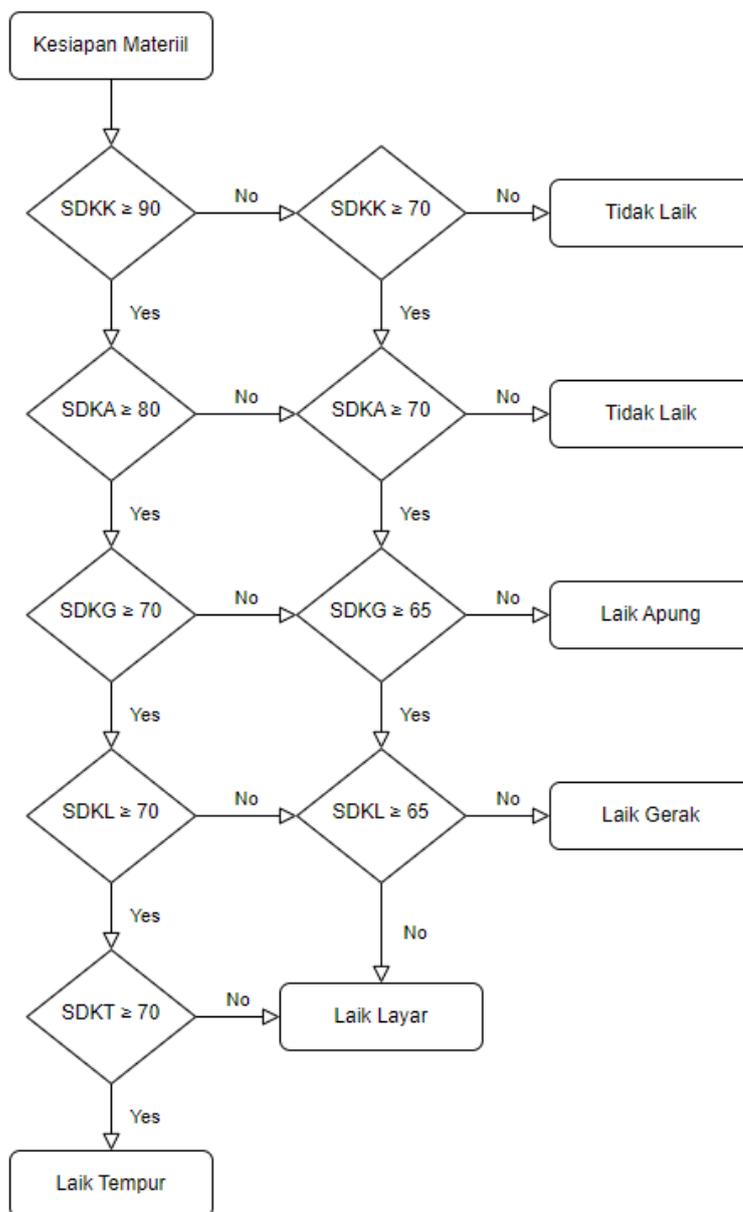
Tujuan dari penilaian klasifikasi kelaikan KRI dengan metode pendekatan kinerja fungsi peralatan atau sistem adalah untuk memberikan hasil penilaian yang tepat 8 nyata sesuai dengan kondisi di lapangan dan dijadikan pedoman dalam menentukan kebijakan bidang materiil atau operasi oleh pimpinan angkatan laut (PUBLIKASI UMUM TNI AL, 2014)

Tabel 2.2 Syarat Kelaikan Sistem Dukungan Kesiapan Materiil

Kriteria	W	P(A)	F_m	Status
SDKK	40%	$SDKK < 70$	0	Tidak Laik
		$SDKK \geq 70$	1	Syarat Minimum Kelaikan
SDKA	30%	$SDKK \geq 70$	1	Laik Apung
		$SDKA \geq 60$		
SDKG	10%	$SDKK \geq 70$	1	Laik Gerak
		$SDKA \geq 60$		
		$SDKG \geq 65$		

SDKL	10%	$SDKK \geq 70$	1	Laik Layar
		$SDKA \geq 60$		
		$SDKG \geq 65$		
		$SDKL \geq 70$		
SDKT	10%	$SDKK \geq 90$	1	Laik Tempur
		$SDKA \geq 80$		
		$SDKG \geq 80$		
		$SDKL \geq 80$		
		$SDKT \geq 80$		

Tahapan dalam menentukan kelaikan terdapat pada diagram alir di bawah ini.



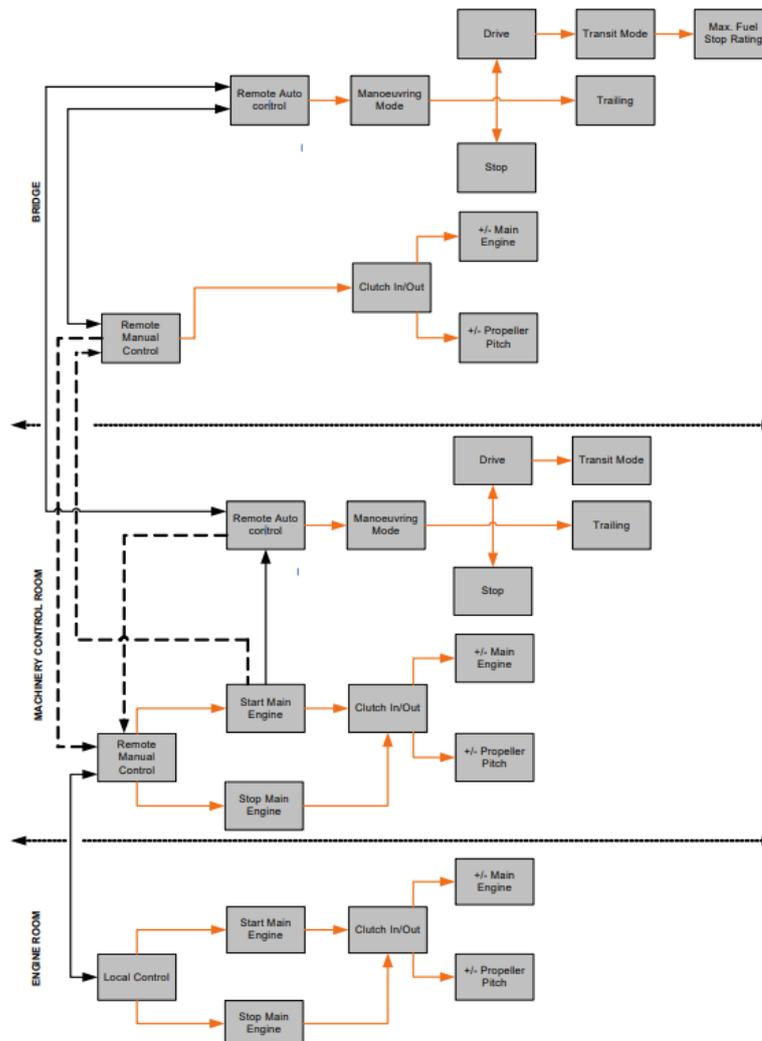
Gambar 2.2 Diagram Alir Penentuan Kelaikan

2.6 Sistem Pada Kapal Kelas SIGMA

Berdasarkan *ship system manual* milik TNI-AL terdapat banyak sistem penyusun dalam kapal kelas SIGMA yaitu :

2.6.1 Propulsion System

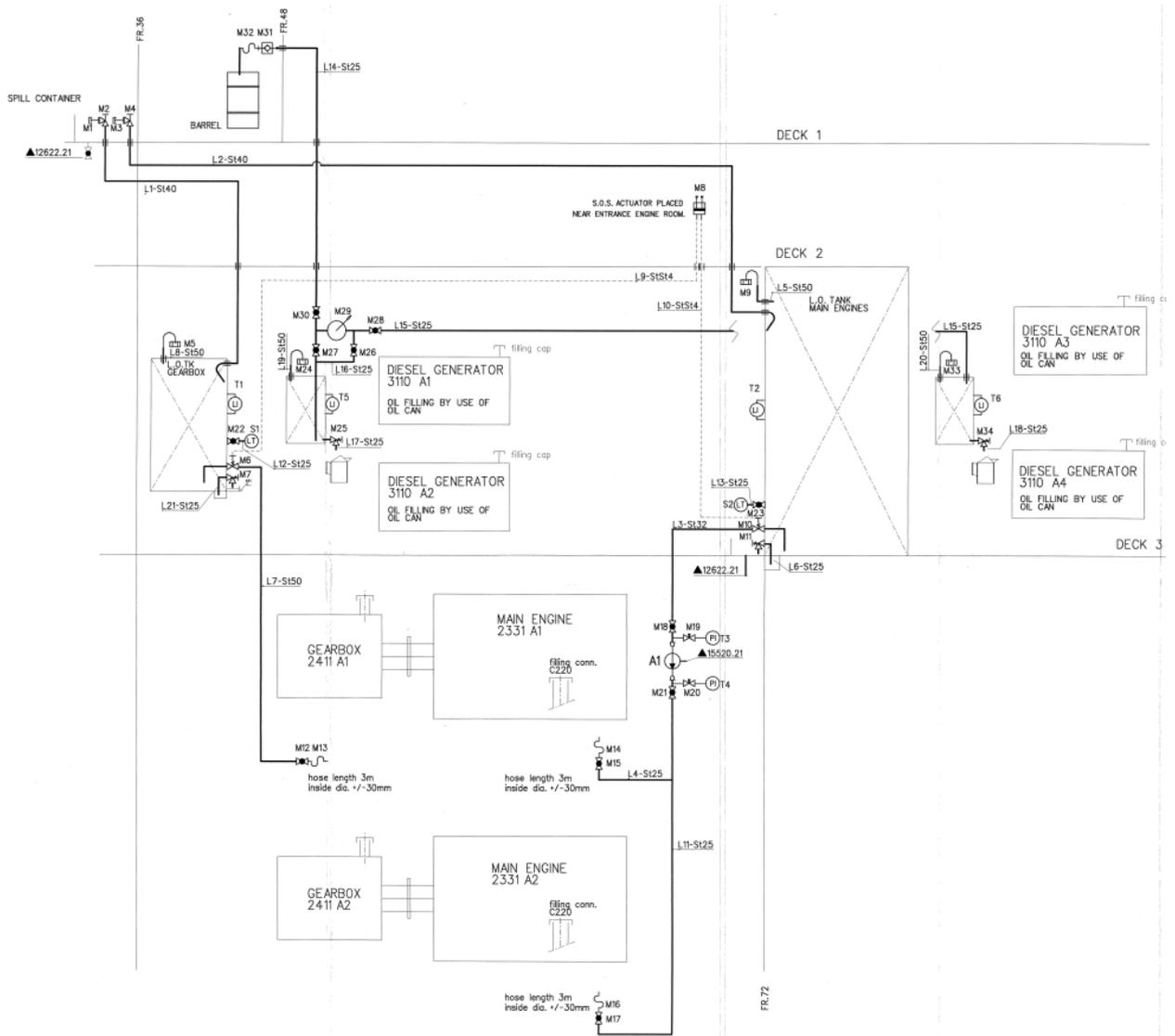
Main propulsion plant pada kelompok sistem penggerak berfungsi untuk menyediakan tenaga penggerak untuk kapal. Pada kapal Kelas SIGMA terdapat dua buah *main engine* (ME) yang masing-masing terhubung ke *power take in* (PTI) pada *gearbox*. Kedua *gearbox* memiliki satu buah PTI dan *power take out* (PTO) serta *clutch* untuk sambungan antara PTI dan PTO. Lalu terdapat dua buah *shaft* terhubung pada sisi PTO *gearbox* yang masing-masing dipasangi *controllable pitch propeller* (CPP). Yang terakhir ada satu buah *propulsion control system* (PCS) yang berfungsi mengatur, mengawasi, setra menjaga *output* sistem propulsi. (Schelde Naval Shipbuilding, 2007)



Gambar 2.3 Diagram kontrol pada kapal kelas SIGMA (Schelde Naval Shipbuilding, 2007)

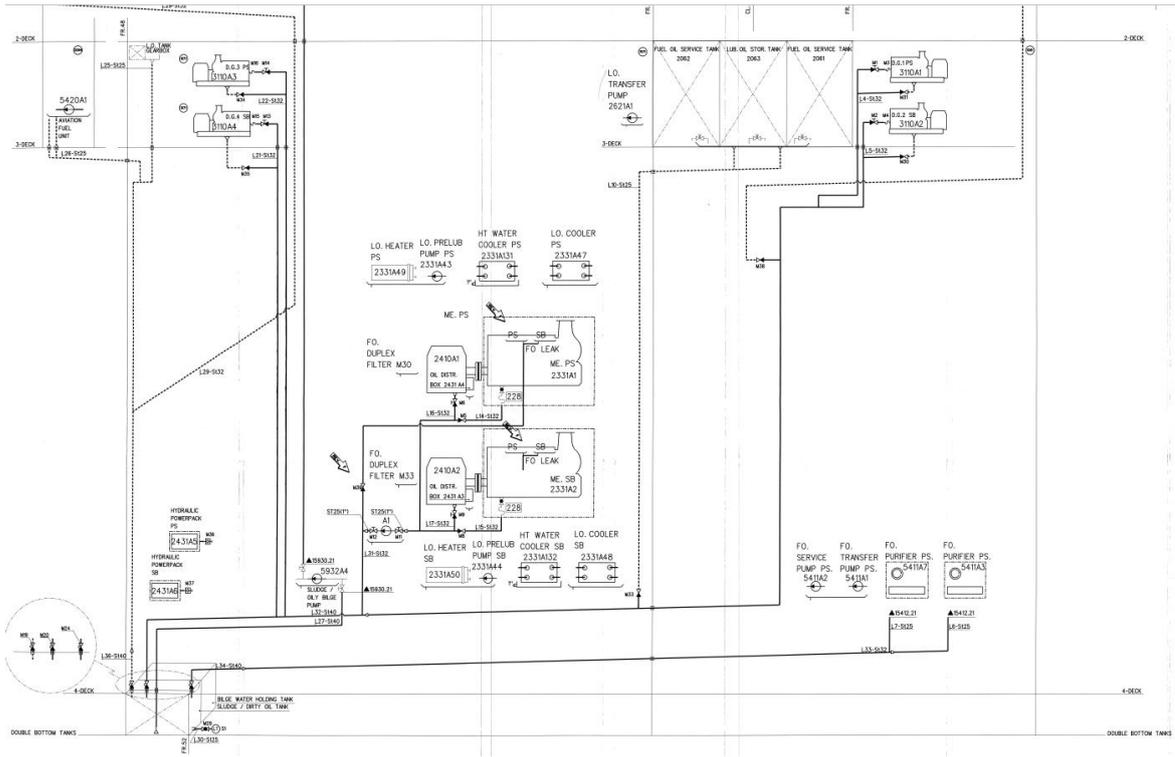
2.6.2 Lubrication Oil System

Lub oil transfer system berfungsi untuk menyimpan dan mentransfer lubrication oil yang ada di kapal. Sistem ini terdiri dari ME lubrication storage tank, gearbox, lubrication storage tank, lub oil transfer pump, serta 2 DG lubrication storage tank yang masing-masing terletak di engine room dan di generator room. (Schelde Naval Shipbuilding, 2007)

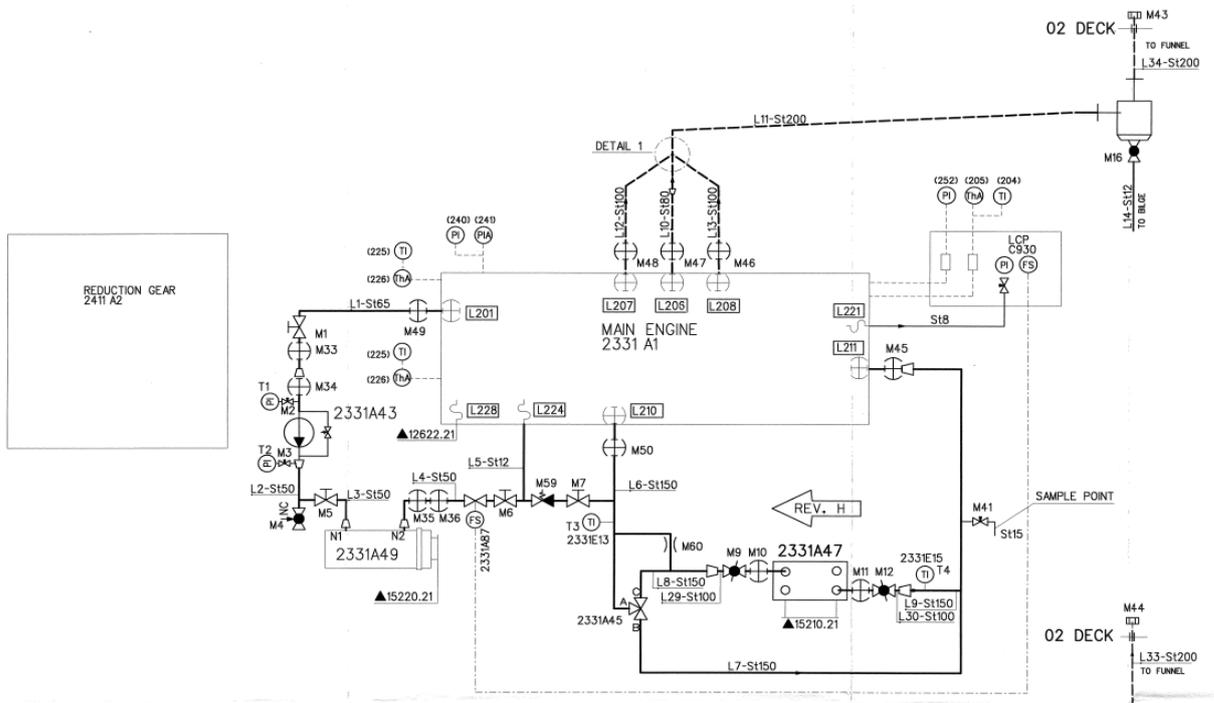


Gambar 2.4 Diagram *lubrication oil transfer system* pada kapal kelas SIGMA (Schelde Naval Shipbuilding, 2007)

Dirty oil collecting system berfungsi untuk mengumpulkan dan menyimpan *dirty oil* yang sudah digunakan pada sistem di kapal. Nantinya *dirty oil* yang terkumpul akan di keluarkan melalui *shore connection* menggunakan *sludge pump*. Komponen pada sistem ini terdiri dari *sludge/dirty oil pump* dan *sludge/dirty oil tank*. (Schelde Naval Shipbuilding, 2007)



Gambar 2.5 Diagram *dirty oil collecting system* pada kapal kelas SIGMA(Schelde Naval Shipbuilding, 2007)



Gambar 2.6 Diagram *lubrication oil service system* pada kapal kelas SIGMA(Schelde Naval Shipbuilding, 2007)

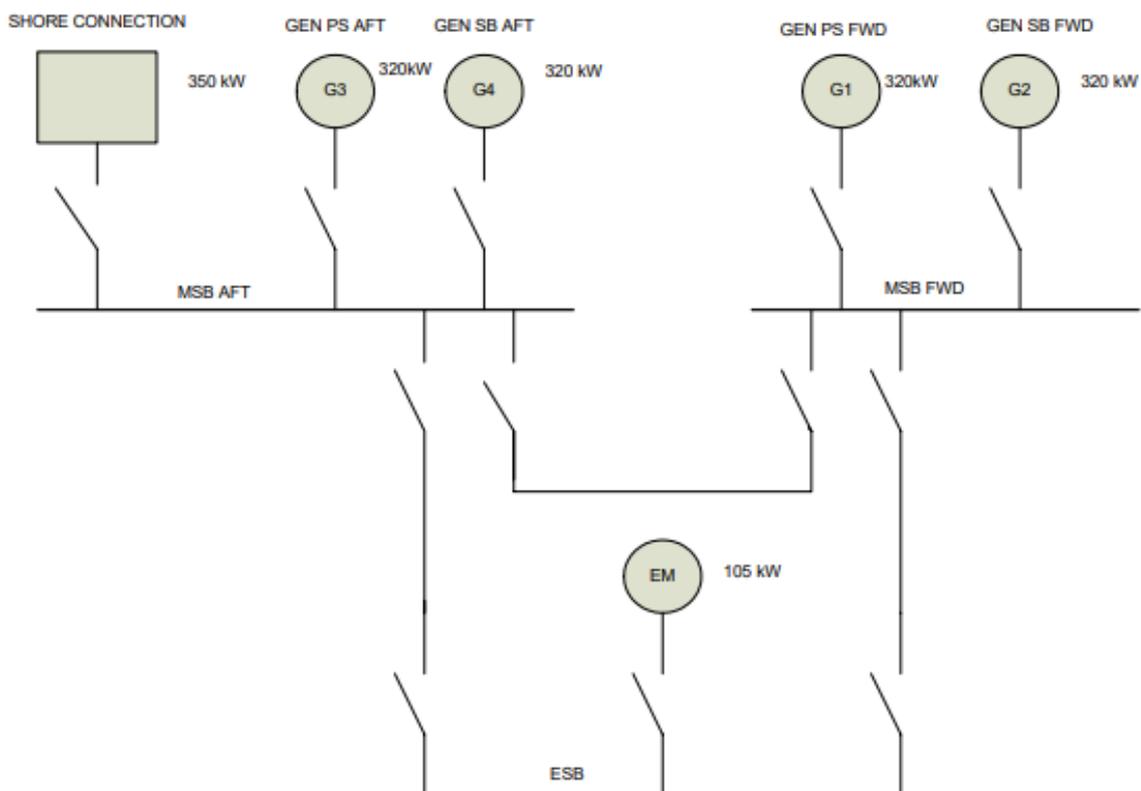
Lub oil service system bekerja ketika mesin penggerak utama dinyalakan, *engine driven pump* mengambil pelumas dari *sump* melalui *strainer*. Pompa tersebut menyalurkan *lub oil*

melalui *thermostatic valve* dan *self-cleaning filter*. *Thermostatic valve* mengarahkan sebagian aliran ke *lub oil cooler* atau ke *bypass*, untuk mengatur suhu masuk *lub oil*. Dalam kondisi mesin mati *lub oil* dialirkan menggunakan *pre-lub pump*. Pompa mengambil pelumas dari *sump* dan menyalurkan *lub oil* melalui *strainer* ke *lub oil heater*. (Schelde Naval Shipbuilding, 2007)

Komponen dari *lub oil service system* terdiri dari mesin penggerak utama, *pre-lub oil pump*, *lub oil heater*, *lub oil cooler*, *thermostatic valve*, *flow switch*, dan *fire safety stop panel*. Seluruh *lub oil system* termasuk ke dalam kelompok sistem penggerak kapal.

2.6.3 Power Supply System

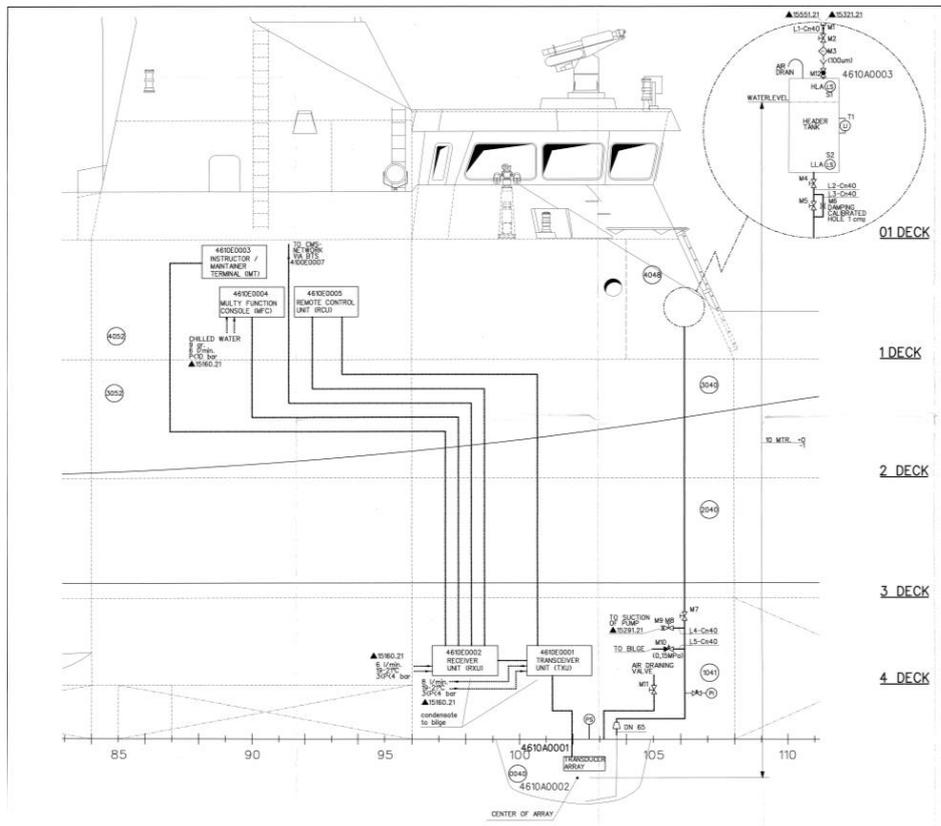
Power supply system berfungsi menyuplai daya untuk keperluan kapal. Pada kapal kelas SIGMA sistem ini terdiri dari dua buah DG pada *generator room* dan dua lagi pada *engine room*, lalu ada satu *emergency generator* pada *emergency generator room*, *main switch board* (MSB) dan *emergency switch board* (ESB) digunakan untuk mendistribusikan daya listrik ke seluruh kapal, kemudian ada *un-interrupted power supply units* (UPS) atau baterai yang digunakan pada saat keadaan *emergency* apabila terjadi “*black out*” dan *emergency generator* tidak dapat digunakan, dan juga ada *shore connection unit* yang dapat digunakan untuk menerima daya dari pelabuhan atau dari kapal lain dan dapat juga mentransfer daya ke kapal lain. Sistem *power supply* dan *shore connection* serta sambungan di dalam kapal termasuk ke dalam kelompok sistem kelistrikan kapal. (Schelde Naval Shipbuilding, 2007)



Gambar 2.7 Diagram *single line* dari *main electrical plant* pada kapal kelas SIGMA (Schelde Naval Shipbuilding, 2007)

2.6.4 Sonar System

Sonar system terdiri dari *header tank* dan *sonar dome* pada bagian bawah kapal. *Header tank* dilengkapi dengan *high* dan *low level alarm*, *level gauge*, dan *filling connection*. Fungsi dari sistem sonar adalah mencegah tekanan air berlebih pada sonar dome supaya unit sonar tidak mengalami kerusakan yang disebabkan oleh tubrukan di laut. Sistem sonar termasuk pada kelompok sistem sensor. (Schelde Naval Shipbuilding, 2007)



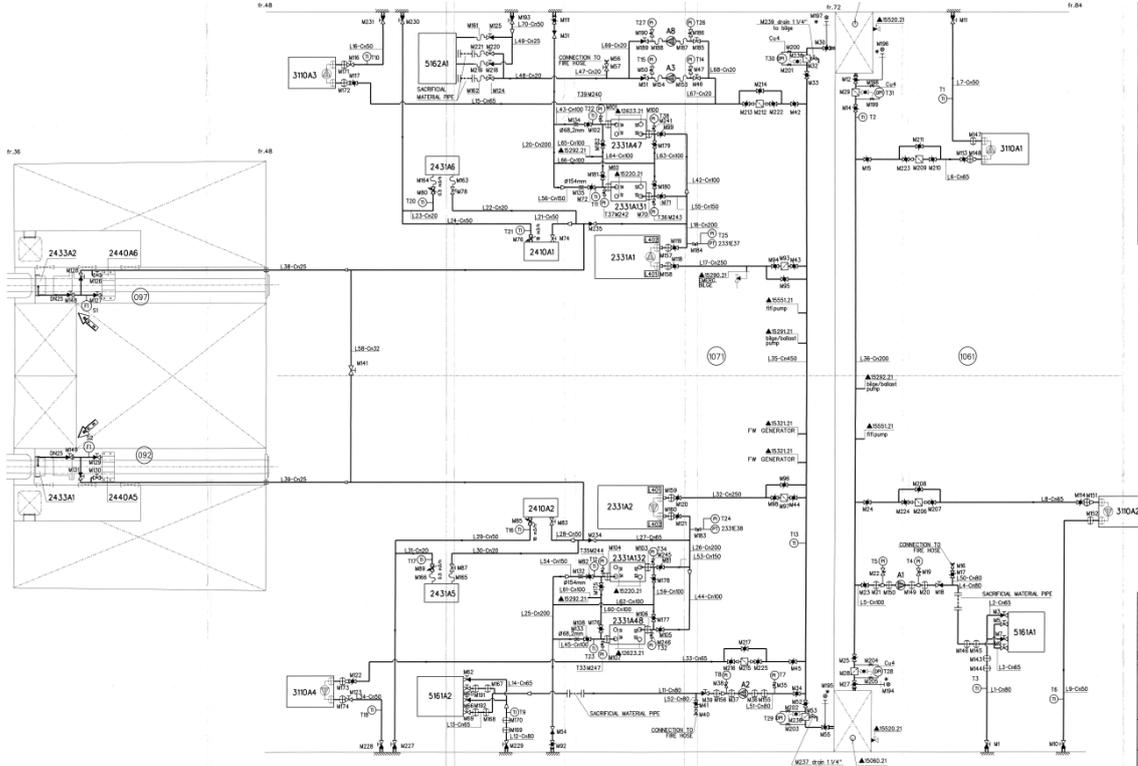
Gambar 2.8 Diagram *sonar system* pada kapal kelas SIGMA(Schelde Naval Shipbuilding, 2007)

2.6.5 Cooling System

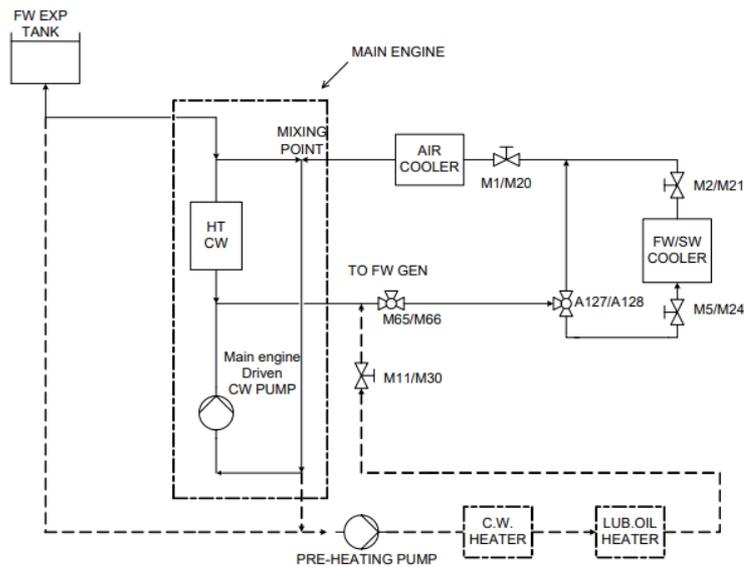
Pada *sea water cooling system* semua pipa air laut dibuat dari *cunifer*. *Cunifer* adalah paduan yang terdiri dari *Copper*, *Nikel* dan *Ferro*. *Cunifer* tahan terhadap air laut. 2 buah *seachest*, satu pada sisi PS dan satu di sisi SB, diatur di *generator room*. Kedua *seachest* terhubung dengan satu sama lain dengan menggunakan dua pipa *crossover*. Satu pipa *crossover* terletak di *generator room*, satu lagi terletak di *engine room*. Di setiap sisi pipa *crossover*, dipasang *strainer*. Masing-masing *strainer* dilengkapi dengan *isolation valve*. Kapal kelas SIGMA ini juga dilengkapi dengan "*Impressed Current Anti-Fouling*" (ICAF) sistem. Sistem ICAF mencegah *fouling* dari biota laut di *seachest* dan *sea water cooling system*. (Schelde Naval Shipbuilding, 2007)

Setiap sistem propulsi terdiri dari satu pompa pendingin air laut utama yang digerakkan oleh mesin. Pompa ini menyediakan air pendingin ke ME, *gearbox*, *stern shaft bearing*, dan

hydraulic power pack unit. Setiap sistem generator diesel terdiri dari satu pompa air pendingin laut yang digerakkan oleh mesin Pompa ini menyediakan air pendingin ke DG. Pompa pendingin air laut tambahan menyediakan air pendingin ke *chiller unit*, dan *refrigerator unit*. (Schelde Naval Shipbuilding, 2007)



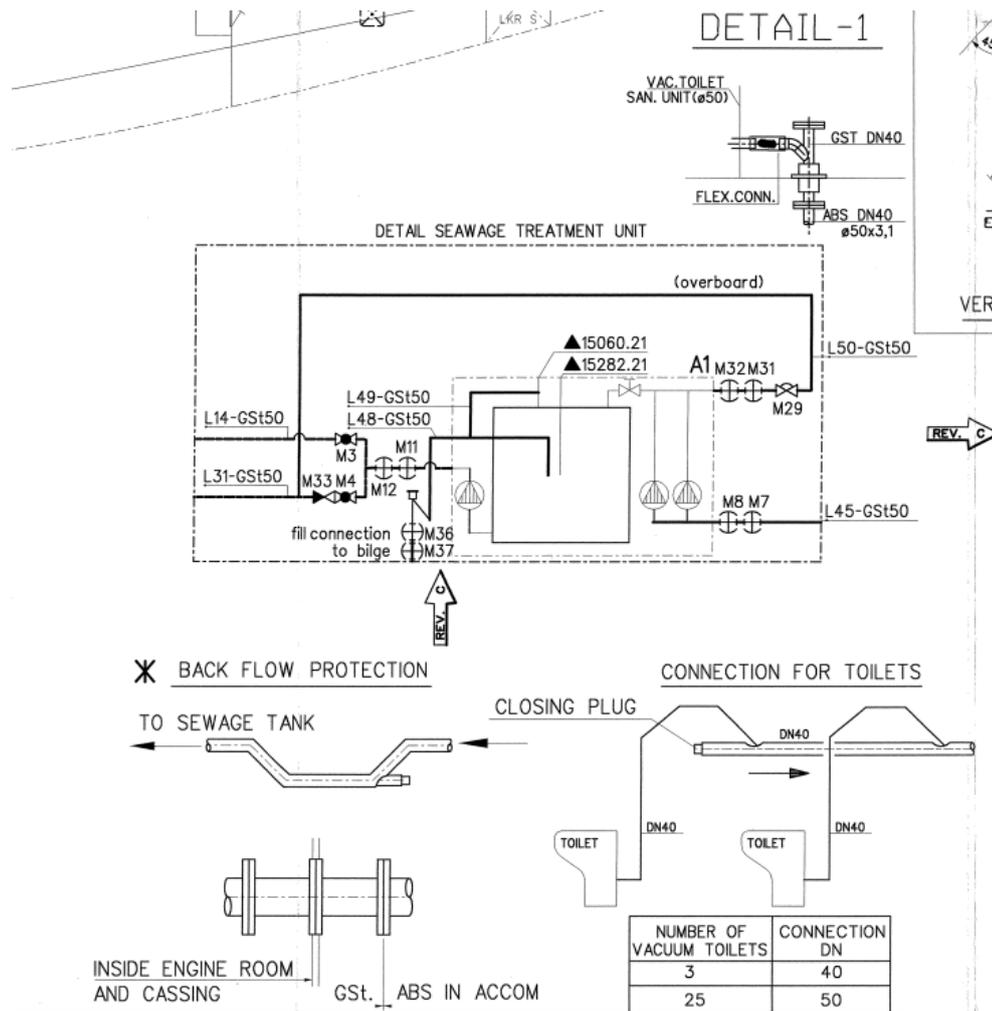
Gambar 2.9 Diagram SW *cooling system* pada kapal kelas SIGMA(Schelde Naval Shipbuilding, 2007)



Gambar 2.10 Diagram FW *cooling system* pada kapal kelas SIGMA(Schelde Naval Shipbuilding, 2007)

2.6.6 Sewage Treatment

Setiap toilet terhubung ke pipa *vacuum discharge* melalui *valve*. Selama siklus *discharge*, limbah tersedot ke dalam pipa *vacuum* dan diangkut ke *vacuumarator*. *Macerator* yang terintegrasi dalam *vacuumarator* akan menghancurkan limbah sambil memompanya ke *sewage treatment unit*. *Sewage treatment unit* memproses limbah sesuai dengan aturan IMO/Marpol. Dari *sewage treatment unit*, limbah yang sudah di *treatment* dipompa dan dibuang ke laut. Sistem *sewage treatment* termasuk ke dalam kelompok sistem kontrol kesehatan lingkungan. (Schelde Naval Shipbuilding, 2007)



Gambar 2.11 Diagram *sewage treatment system* pada kapal kelas SIGMA (Schelde Naval Shipbuilding, 2007)

Sewage treatment unit juga mengolah grey water. Grey water system terdiri dari 9 grey water interface tank, washing water holding tank, grease trap, dan vacuumator dari sewage treatment system. Semua air limbah diarahkan lewat grey water interface tank, grease trap, atau washing water holding tank ke sewage treatment plant. Grey water system menggunakan isolation valve supaya sistem dapat dibagi menjadi beberapa section. (Schelde Naval Shipbuilding, 2007)

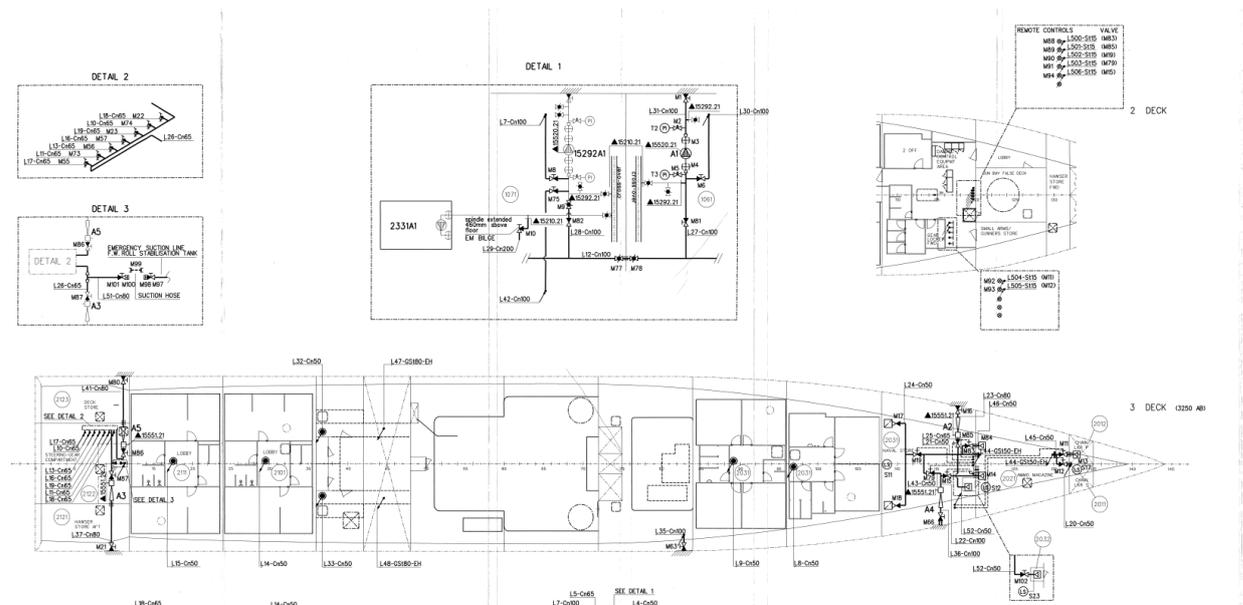
Grey water dari shower, washbasin, air handling unit (AHU), dan fan coil unit mengalir ke salah satu grey water interface tank yang ada di kapal. Grey water dari galley mengalir ke grease trap. Grey water dari mesin cuci di ruang laundry mengalir ke washing water holding tank yang terletak di bawah mesin cuci.

2.6.7 Domestic Fresh Water System

Fungsi dari *domestic fresh water system* adalah distribusi air minum dingin dan panas melalui kapal. Pompa air tawar memindahkan air minum dari tangki air minum ke *hydrophore* kapal. Pada sistem air dingin, dari *hydrophore*, air mengalir melewati *carbon-* dan *uv-steriliser filter*. Setelah melewati *filter*, air mengalir titik keran dan ke *hot water calorifier*. Pada sistem air panas, Air disirkulasikan melalui pipa utama air panas di sekitar kapal, untuk mencegah pertumbuhan bakteri *legionella*. Sistem sirkulasi terdiri dari pompa sirkulasi air panas, *hot water calorifier*, dan pipa air panas utama. Pipa ke titik keran bercabang dari pipa air panas utama dan dibuat sependek mungkin. Sistem air dingin dan panas dipisahkan dengan *isolation valve*. Sistem *domestic fresh water* termasuk ke dalam kelompok sistem domestik. (Schelde Naval Shipbuilding, 2007)

2.6.8 Bilge System

Bilge system digunakan untuk membuang air dalam jumlah besar dari dalam ruang kapal. 3 *bilge pump* digerakkan secara elektrik digunakan untuk membuang air dari *engine room*. 4 *bilge eductors* digunakan untuk membuang air dari kompartemen kedap air selain *engine room*. Alarm pada *bilge wells* dapat dimonitor lewat IPMS. *Bilge system* terbagi menjadi 3 *section* yaitu *machinery spaces bilge system*, *forward bilge system*, dan *aft bilge system*. (Schelde Naval Shipbuilding, 2007)

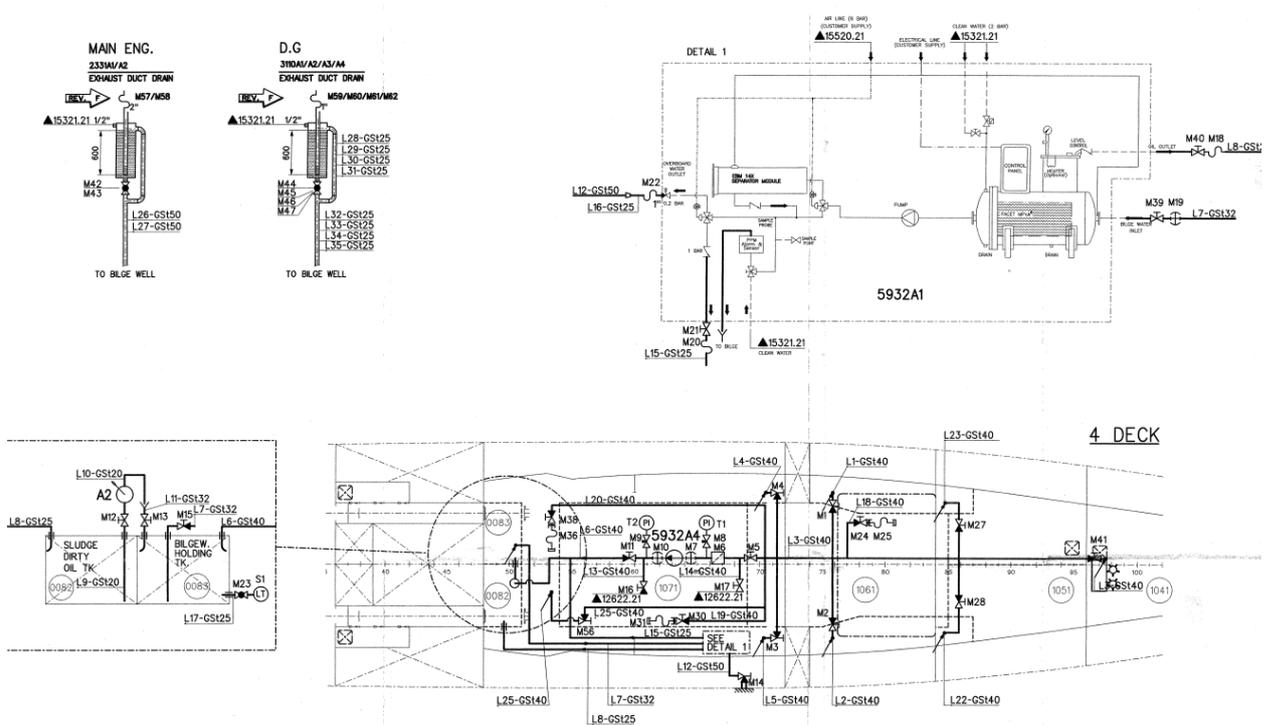


Machinery spaces bilge system mencakup engine room, generator room, pump room, cofferdam, dan sonar equipment room. Air yang berlebih dapat dikeluarkan dari engine room dengan beberapa cara melewati direct bilge line, emergency bilge line, dan main bilge line. Emergency bilge line hanya digunakan jika kapasitas dari bilge pump lainnya tidak mencukupi untuk mengeluarkan air dari engine room. Bilge system termasuk dalam kelompok sistem penanggulangan kebocoran. (Schelde Naval Shipbuilding, 2007)

2.6.9 Oily Bilge System

Fungsi dari *oily bilge system* adalah untuk mengumpulkan *oily bilge water* dari *engine room* dan memindahkannya ke *bilge water holding tank*. Setelah melalui *oily bilge water separator*, air dapat dibuang dari *bilge water holding tank* ke *overboard* setelah memenuhi regulasi dari IMO/MARPOL.

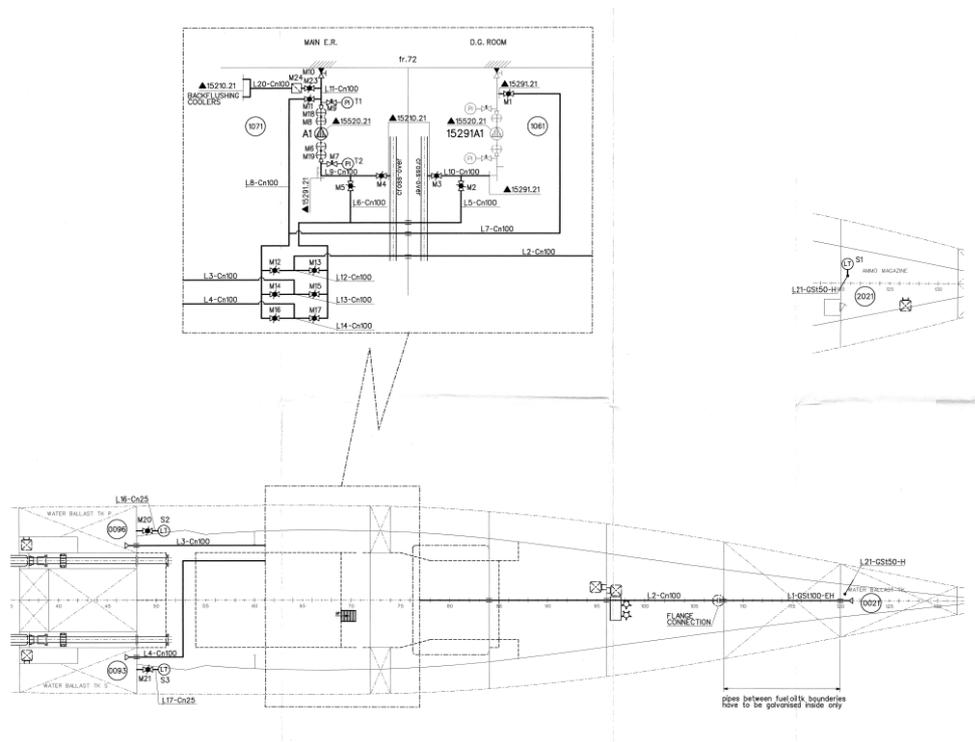
Oily bilge system juga termasuk kedalam *dirty oil collecting system* yang berfungsi mengumpulkan dan menyimpan *dirty oil* pada *sludge tank*. *Dirty oil* dari ME dan gearbox dipindahkan menggunakan pompa sedangkan *dirty oil* dari DG dipindahkan dengan gaya gravitasi. *Oily water bilge separator* dan *fuel oil separator* memindahkan *dirty oil* menggunakan *small air pump* dari *separator*. Semua *dirty oil* yang dikumpulkan di *sludge tank* dikeluarkan melalui *shore connection* menggunakan *sludge pump*. (Schelde Naval Shipbuilding, 2007)



Gambar 2.13 Diagram *oily bilge system* pada kapal kelas SIGMA (Schelde Naval Shipbuilding, 2007)

2.6.10 Ballast System

Ballast system digunakan untuk memvariasikan *displacement* kapal untuk melawan penggunaan bahan bakar dan air. Tujuannya adalah untuk mengoreksi *heel* dan/atau *trim* dengan cara memompa air laut ke dalam atau ke luar *ballast tank*. Oleh karena itu, penggunaan *ballast system* penting untuk manajemen stabilitas kapal. (Schelde Naval Shipbuilding, 2007)

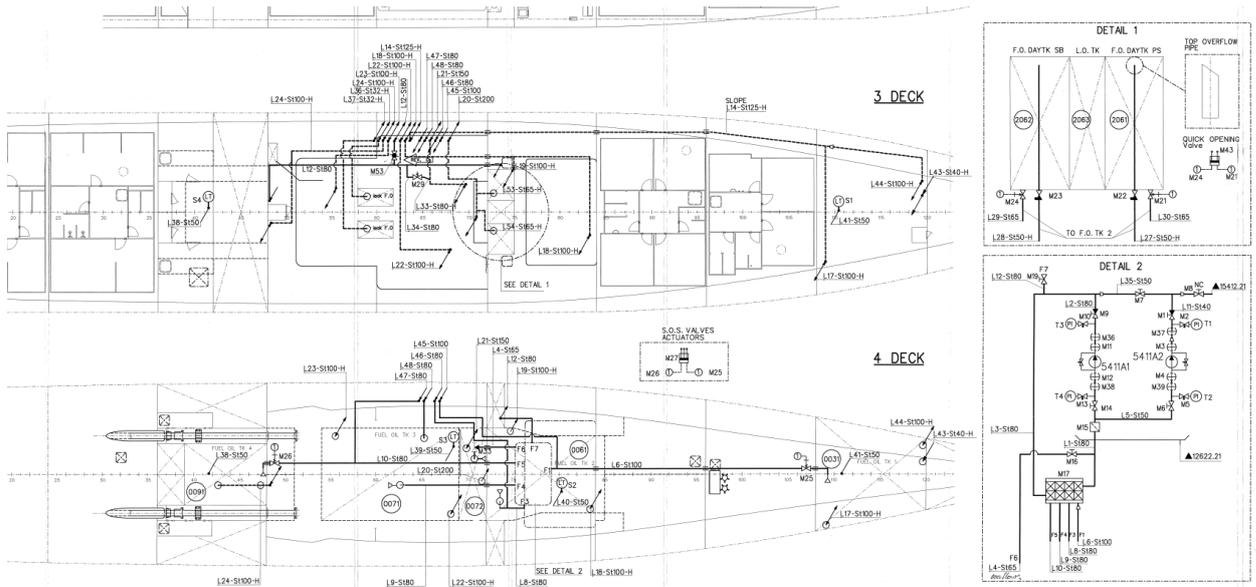


Gambar 2.14 Diagram *ballast system* pada kapal kelas SIGMA (Schelde Naval Shipbuilding, 2007)

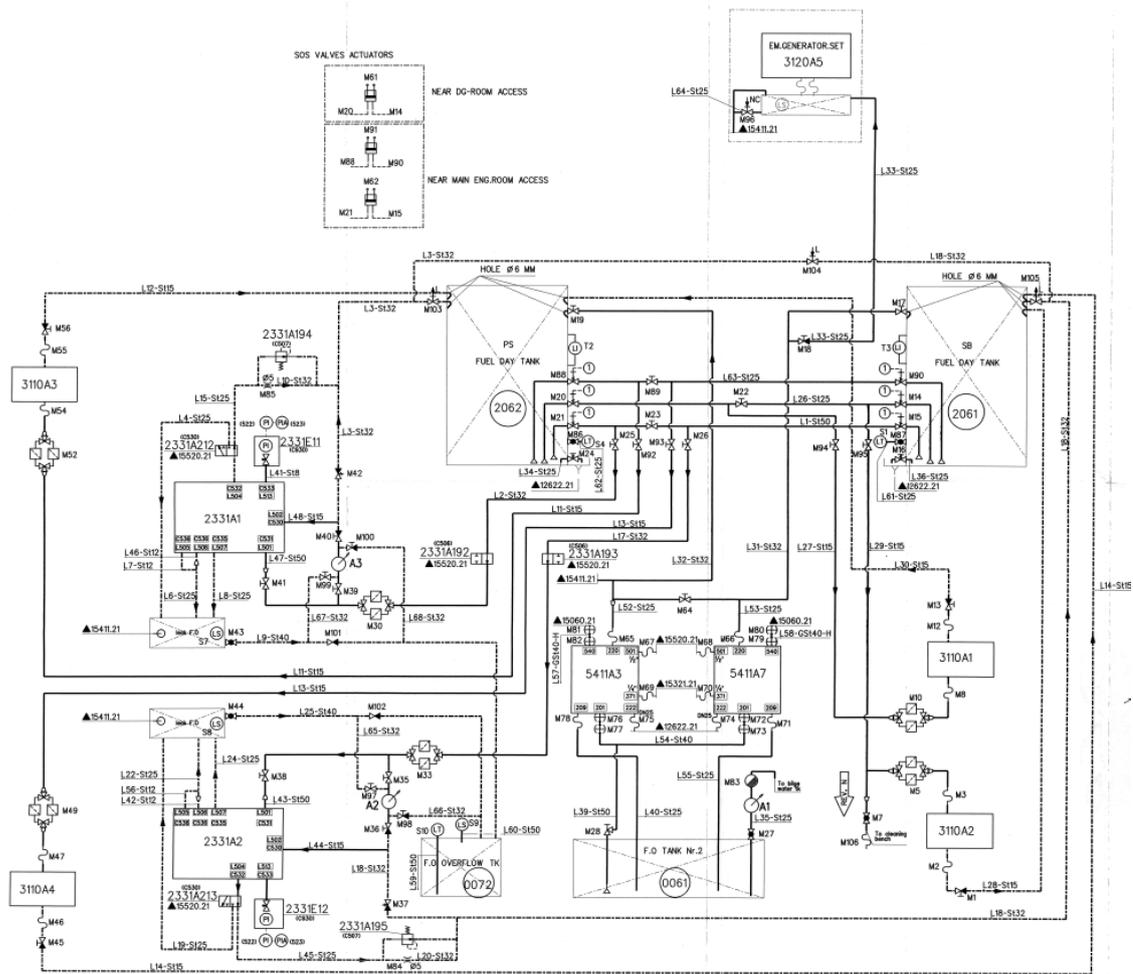
2.6.11 Fuel Oil System

Fungsi *fuel oil transfer system* adalah untuk menerima/mengirimkan *fuel oil* atau mentransfer *fuel oil* antar tank. *Fuel oil filling* dan *transfer* terdiri dari 4 *fuel oil storage tank* yang berguna juga untuk kestabilan kapal, *load trunk*, *overflow tank*, 1 *filling connection*, 1 *transfer pump*, 1 *service pump*.

Fuel oil service system terdiri dari 2 fuel oil separator, 2 daily tank, dan emergency generator fuel oil tank. Fuel oil service system berfungsi menyuplai daily tank yang digunakan ME dan DG. Emergency generator menggunakan fuel oil dari emergency generator fuel oil tank yang terletak di bawah emergency generator. Fuel oil separator menyaring menggunakan filter dari storage tank. Fuel oil yang sudah melewati separator baru dialirkan ke daily tank dan emergency generator fuel oil tank. Fuel oil separator dapat digunakan secara continuous menyaring dari storage tank ke daily tank. Apabila kedua daily tank penuh, fuel oil yang disuplai akan mengalir kembali melalui overflow pipe kembali ke storage tank. (Schelde Naval Shipbuilding, 2007)



Gambar 2.15 Diagram FO transfer system pada kapal kelas (Schelde Naval Shipbuilding, 2007)



Gambar 2.16 Diagram FO service system pada kapal kelas SIGMA (Schelde Naval Shipbuilding, 2007)

2.6.13 Fire Fighting System

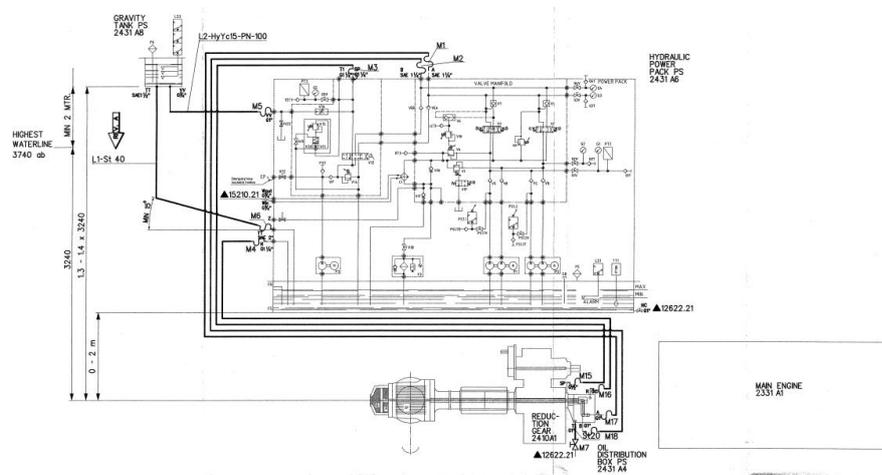
Fire main system berfungsi menyediakan/menyalurkan air laut ke seluruh kapal. Terdiri dari 3 *fire pump* dan 1 *jockey pump*. Keempat pompa tersebut terletak di beberapa tempat berbeda di seluruh kapal untuk meningkatkan *redundancy* dalam *fire fighting system*. Fungsi dari *jockey pump* adalah untuk menjaga sistem tetap dalam keadaan bertekanan karena diperlukan respons yang cepat pada *sprinkle system*. Tekanan dalam sistem dapat dipantau pada IPMS. Operator dapat menyalakan pompa jika tekanan pada sistem terlalu rendah. *Sprinkle system* terletak pada titik penting di seluruh kapal. Seluruh *section sprinkle* terhubung dengan *fire fighting system* dengan *remote control valve*. (Schelde Naval Shipbuilding, 2007)

Fungsi dari *water mist system* adalah menciptakan kabut air untuk memadamkan kebakaran pada zona atau peralatan berbahaya tertentu. Beberapa komponen yang dilindungi di antaranya mesin penggerak utama, DG, dan *fuel oil separator*. *Water mist system* harus bisa beroperasi secara otomatis, efektif dalam memadamkan kebakaran, memiliki *weight ratio* yang rendah, dan media pemadam harus 100% ramah lingkungan. (Schelde Naval Shipbuilding, 2007)

CO2 system berfungsi memadamkan api dengan mengurangi kadar oksigen di udara sampai pada titik di mana pembakaran berhenti. *CO2 system* memungkinkan pemadaman api pada saat terjadi kebakaran di *engine room* ataupun di *generator room*. Sistem ini terdiri dari 16 buah *CO2 cylinder*, *CO2 release cabinets*, *CO2 nozzle* pada *engine room* dan *generator room*. (Schelde Naval Shipbuilding, 2007)

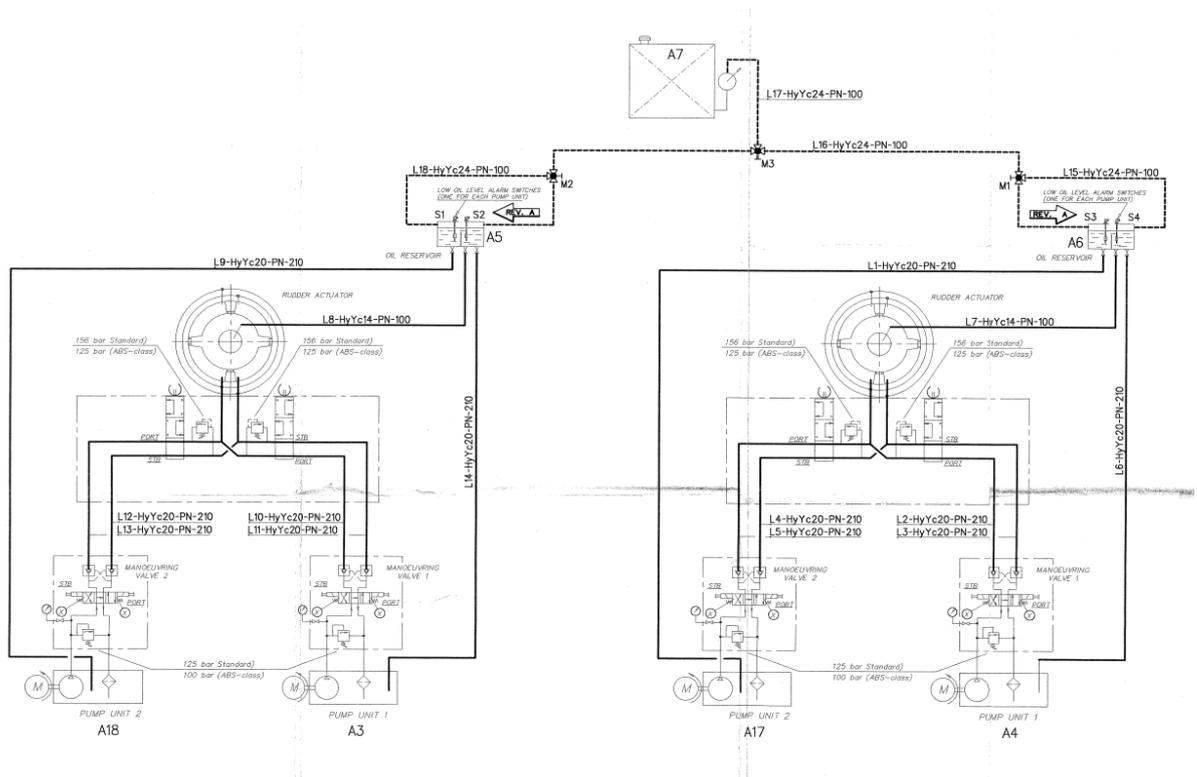
Foam system berfungsi menyediakan atau menyuplai *foam* ke seluruh kapal. *Foam system* terdiri dari *bladder foam tank* dengan *proportional mixer*, *foam sprinkle* pada *aviation fuel room*, 2 *foam hydrant* pada *deck 1*. Terdapat 2 buah *portable foam unit* yang terletak pada *deck 2* di dekat pintu masuk *engine room* dan *generator room*. Bahan *foam* sangat korosif apabila terkena aluminium sehingga harus dibilas menggunakan air bersih setelah pemakaian. (Schelde Naval Shipbuilding, 2007)

2.6.14 Hydraulic System



Gambar 2.19 Diagram *hydraulic system* pada kapal kelas SIGMA (Schelde Naval Shipbuilding, 2007)

Fungsi dari *hydraulic system* adalah mengatur *pitch* pada *propeller*. Terdiri dari *hydraulic power pack*, *oil distribution box*, dan *gravity tank*. *Hydraulic system* pada *steering gear* berfungsi untuk mengatur sudut *rudder*. *Steering gear system* terdiri dari *storage tank*, 2 *oil reservoirs*, 4 *pump units*, dan 2 *rudder actuators*. (Schelde Naval Shipbuilding, 2007)



Gambar 2.20 Diagram *hydraulic system steering gear* pada kapal kelas SIGMA (Schelde Naval Shipbuilding, 2007)

2.6.15 Rigid Inflatable Boats (RIB)

Kapal kelas SIGMA dilengkapi dengan 2 buah RIB yang masing-masing disimpan pada *cradle* di PS dan SB kapal. Setiap RIB dapat diakses dengan mudah dan diluncurkan dengan cepat dari *lifting frame* menggunakan *quick release hook*. Kedua RIB dirancang sesuai peraturan dari SOLAS dan digerakkan oleh *petrol driven engine* 90 HP. RIB pada SB disesuaikan dan digunakan sebagai *Admiralty Boat*. Sedangkan RIB pada PS di siapkan untuk beroperasi sebagai *Man Overboard Boat*.

Sesuai dengan petunjuk *European Union Council 96/98 EC – Bureau Veritas*, diperlukan minimal dua orang untuk mengoperasikan kapal yaitu satu orang *Pilot* dan satu orang *Sea Rescuer*. RIB sendiri mampu menampung maksimal 6 orang, termasuk 1 berbaring pada *stretcher*. Kru diwajibkan menggunakan *life jackets*, *immersion suits*, dan helm saat beroperasi pada RIB.

Terdapat 2 buah *start batteries* dan 2 *fuel tank* 70 liter pada setiap RIB lengkap dengan peralatan seperti kompas, *bailer*, jangkar, *first aid kit*, *electric torch*, dan *repair kit*. Penggunaan bahan bakar pada kondisi laut normal dengan *output* 80% sekitar 15 liter/jam. Sehingga jangkauan radius 9 jam dengan total 140 liter bahan bakar.

RIB juga dilengkapi dengan *self-righting frame* yang memastikan RIB akan tegak dengan sendirinya ketika terbalik. Hal ini dikarenakan terdapat *inflatable balloon* yang terletak pada bagian atas *frame*. (Schelde Naval Shipbuilding, 2007)

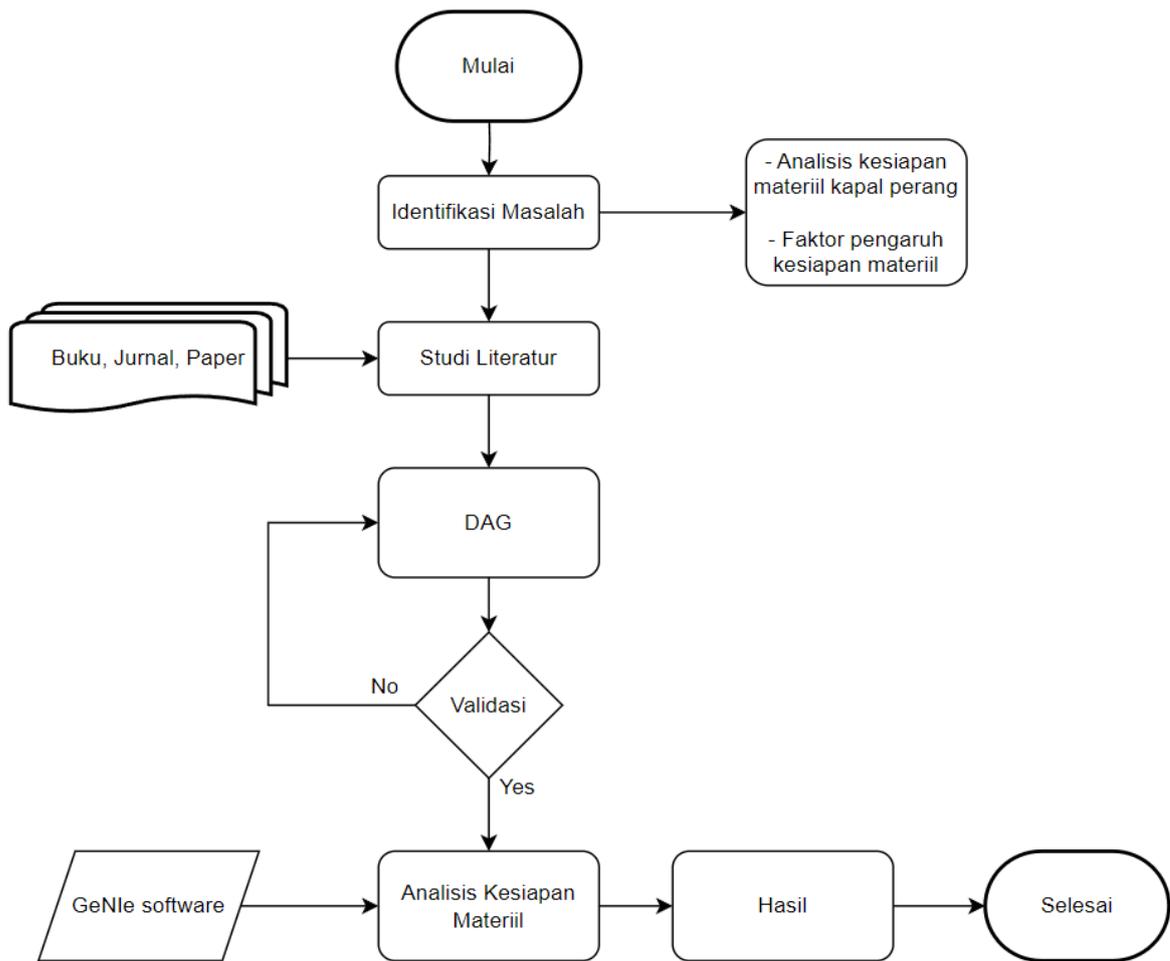


Gambar 2.21 *Rigid Inflatable Boats* pada kapal kelas SIGMA(Schelde Naval Shipbuilding, 2007)

Halaman ini sengaja dikosongkan

BAB 3 METODOLOGI PENELITIAN

3.1 Diagram Alir Penelitian



Gambar 3.1 Diagram Alir Penelitian

3.2 Identifikasi Masalah

Penelitian ini diawali dengan melakukan pendefinisian atau penetapan lingkup ruang penelitian. Lingkup ruang penelitian berfungsi untuk membatasi penelitian sehingga tidak membahas hal yang lebih luas dan hanya berfokus pada topik penelitian.

3.3 Studi Literatur

Penelitian ini dilanjutkan dengan melakukan studi literatur untuk mendapatkan pandangan-pandangan terbaru mengenai topik penelitian yang akan di analisis. Studi literatur dapat diambil

dari berbagai macam sumber seperti jurnal, makalah, buku, proyek penelitian dari tahun sebelumnya, dan hasil konferensi atau seminar.

3.4 Pembuatan DAG

Setelah tahap studi literatur, penelitian dapat dilanjut untuk pembuatan model *Bayesian Network* faktor yang mempengaruhi kesiapan materiil kapal perang. DAG tersusun dari berbagai *node* yang mewakili suatu komponen dan mempengaruhi *node* sistem yang nantinya akan merepresentasikan nilai kesiapan materiil kapal tersebut.

- SDKK
 - Pemadam Kebakaran Air Laut
 - Pompa Darurat Pemadam Kebakaran
 - Peralatan Pemadam Kebakaran
 - Peringatan Bahaya Kebakaran & Kebocoran
 - Penanggulangan Kebocoran
 - Peralatan Keselamatan Kru
 - Sistem Kontrol Kesehatan Lingkungan
- SDKA
 - Bangunan Kapal
 - Sistem Domestik
 - Sistem Kelistrikan
 - Sistem Penggerak
 - Sistem Peralatan Bantu
 - Sistem Navigasi
 - Sistem Komunikasi
- SDKG
 - Sistem Kelistrikan
 - Sistem Penggerak
 - Sistem Navigasi
 - Sistem Komunikasi
- SDKL
 - Sistem Domestik
 - Sistem Kelistrikan
 - Sistem Penggerak
 - Sistem Peralatan Bantu
 - Sistem Navigasi
 - Sistem Komunikasi
 - Persenjataan
- SDKT
 - Persenjataan
 - Helipad
 - *Degaussing*
 - NBCD
 - Sensor
 - Sistem Navigasi

3.5 Validasi

Setelah mendapatkan model DAG, dilakukan validasi untuk memastikan hubungan antar *node* sudah sesuai dengan pendapat ahli. Pada tahap ini juga ditentukan bobot pengaruh suatu *node* pada *node* lainnya. Validasi dan pembobotan didapat dari analisis penelitian, sumber studi literatur ataupun dari wawancara dan kuesioner personel TNI-AL.

3.6 Analisis Data

Setelah pembobotan masing-masing *node*, dilakukan analisis kesiapan materiil secara keseluruhan. Analisis dilakukan dengan pengujian sesuai pada model DAG yang telah dibuat sebelumnya. DAG tersebut dibentuk ulang dalam *software* GeNIe versi akademi sehingga akan terlihat faktor mana yang paling berpengaruh pada kesiapan materiil kapal.

3.7 Kesimpulan dan Saran

Penarikan kesimpulan dari seluruh analisis yang telah dilakukan. Pada tahap ini juga dituliskan masukan tentang kekurangan dari penelitian ini dan saran untuk penelitian selanjutnya.

Halaman ini sengaja dikosongkan

BAB 4

HASIL DAN PEMBAHASAN

4.1 Model DAG Kesiapan Materiil KRI Kelas SIGMA

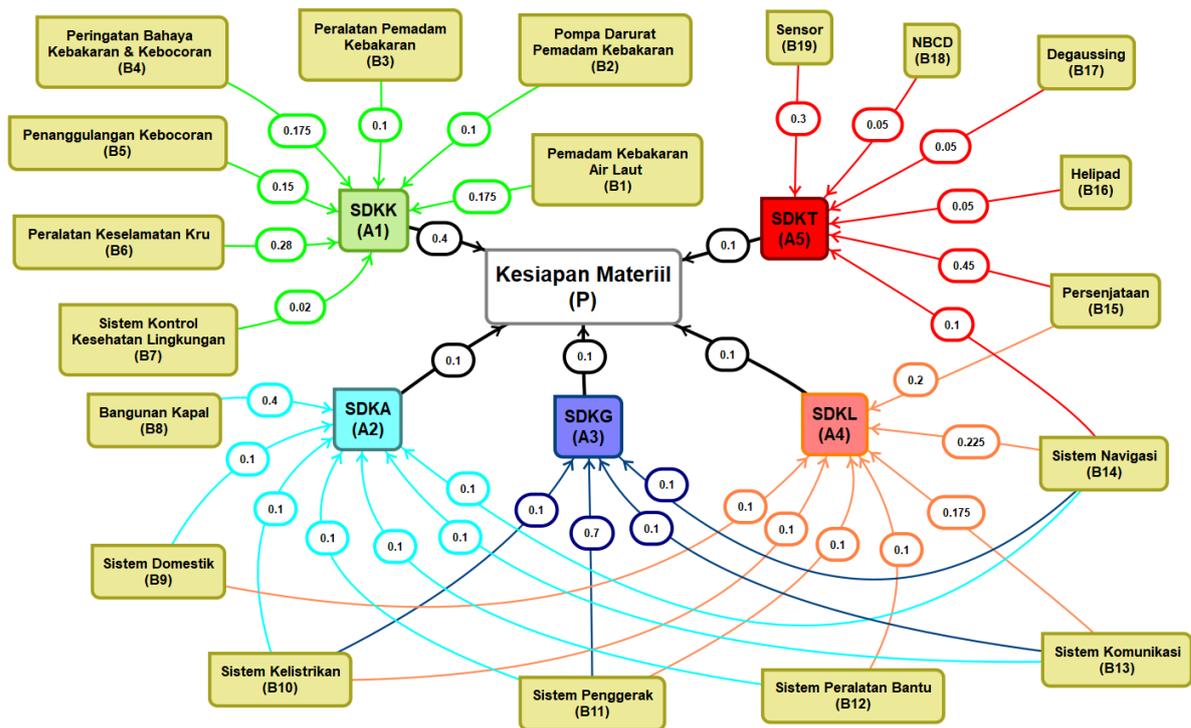
Dari data kelompok sistem yang telah dikumpulkan berdasarkan Publikasi Umum milik TNI Angkatan Laut yang diputuskan oleh Kepala Staff Angkatan Laut (KASAL) pada saat itu Laksamana Muda TNI Suyitno, S.Pi., M.M. dengan metode pembentukan kelompok kerja untuk menghasilkan standarisasi. Publikasi Umum tersebut dijadikan pedoman dalam penyusunan buku petunjuk untuk masing-masing kelas KRI.

Berikut ini merupakan data pengelompokan sistem dan kode node yang digunakan dalam analisis pada KRI kelas SIGMA :

Tabel 4.1 Pengelompokan Sistem dan Daftar Kode Node

Daftar Kode	Node DAG
P	Kesiapan Materiil
A1	Sistem Dukungan Kemampuan Keselamatan
A2	Sistem Dukungan Kemampuan Apung
A3	Sistem Dukungan Kemampuan Gerak
A4	Sistem Dukungan Kemampuan Layar
A5	Sistem Dukungan Kemampuan Tempur
B1	Kelompok Sistem Pemadam Kebakaran Air Laut
B2	Kelompok Sistem Pompa Darurat Pemadam Kebakaran
B3	Kelompok Sistem Peralatan Pemadam Kebakaran
B4	Kelompok Sistem Peringatan Bahaya Kebakaran & Kebocoran
B5	Kelompok Sistem Penanggulangan Kebocoran
B6	Kelompok Sistem Peralatan Keselamatan Kru
B7	Kelompok Sistem Kontrol Kesehatan Lingkungan
B8	Kelompok Sistem Bangunan Kapal
B9	Kelompok Sistem Domestik
B10	Kelompok Sistem Kelistrikan
B11	Kelompok Sistem Penggerak
B12	Kelompok Sistem Peralatan Bantu
B13	Kelompok Sistem Komunikasi
B14	Kelompok Sistem Navigasi
B15	Kelompok Sistem Persenjataan
B16	Kelompok Sistem <i>Degaussing</i>
B17	Kelompok Sistem Helipad
B18	Kelompok Sistem NBCD
B19	Kelompok Sistem Sensor

Kelompok sistem tersebut digambarkan sebagai node masing-masing pada *Directed Acyclic Graph* (DAG) yang menggambarkan keterkaitan antar sistemnya. Setiap hubungan antar node memiliki bobotnya masing-masing yang akan berpengaruh terhadap nilai kesiapan materiil dari KRI Kelas SIGMA. Di bawah ini merupakan gambar rangkaian DAG :



Gambar 4.1 *Directed Acyclic Graph* Kesiapan Materiil

4.2 Bobot Kesiapan Materiil KRI Kelas SIGMA

Berdasarkan buku Publikasi Umum TNI-AL tentang pedoman penilaian kelaikan materiil kapal perang, ada beberapa syarat dan tahapan yang secara berurutan yang diberikan untuk suatu kapal perang, yaitu sistem dukungan kemampuan keselamatan (SDKK), sistem dukungan kemampuan apung (SDKA), sistem dukungan kemampuan gerak (SDKG) sistem dukungan kemampuan berlayar (SDKL), dan sistem dukungan kemampuan tempur (SDKT). Tabel di bawah ini menunjukkan nilai bobot dari masing-masing sistem dukungan terhadap kesiapan materiil secara keseluruhan.

Tabel 4.2 Bobot Kesiapan Materiil

Kode	Kesiapan Materiil (P)	Bobot (W)
A1	Sistem Dukungan Kemampuan Keselamatan	0.4
A2	Sistem Dukungan Kemampuan Apung	0.3
A3	Sistem Dukungan Kemampuan Gerak	0.1
A4	Sistem Dukungan Kemampuan Layar	0.1
A5	Sistem Dukungan Kemampuan Tempur	0.1

4.2.1 Bobot SDKK KRI Kelas SIGMA

Sebagai persyaratan dalam menunjang kesiapan materiil dari kapal, SDKK atau sistem dukungan kemampuan keselamatan diperlukan dengan bobot 40% terhadap kesiapan materiil dari kapal itu sendiri. Dalam SDKK terdapat 7 kelompok sistem yang menjadi parameter

kesiapan dari sistem dukungan kemampuan keselamatan. Di bawah ini merupakan tabel bobot yang didapat berdasarkan data Publikasi Umum milik TNI-AL yang dijadikan pedoman dalam penilaian kelaikan materiil kapal.

Tabel 4.3 Bobot SDKK

Kode	Kelompok Sistem SDKK (A1)	Bobot (W)
B1	Pemadam Kebakaran Air Laut	0.175
B2	Pompa Darurat Pemadam Kebakaran	0.1
B3	Peralatan Pemadam Kebakaran	0.1
B4	Peringatan Bahaya Kebakaran & Kebocoran	0.175
B5	Penanggulangan Kebocoran	0.15
B6	Peralatan Keselamatan Kru	0.28
B7	Kontrol Kesehatan Lingkungan	0.02

4.2.2 Bobot SDKA KRI Kelas SIGMA

Persyaratan setelah memenuhi nilai SDKK dalam menunjang kesiapan materiil dari kapal adalah SDKA atau sistem dukungan kemampuan apung. SDKA memiliki bobot 30% terhadap kesiapan materiil dari kapal itu sendiri. Dalam SDKA terdapat 7 kelompok sistem yang menjadi parameter kesiapan dari sistem dukungan kemampuan apung. Masing-masing kelompok sistem memiliki bobot pengaruh berbeda terhadap kesiapan SDKA. Di bawah ini merupakan tabel bobot yang didapat berdasarkan data Publikasi Umum milik TNI-AL yang dijadikan pedoman dalam penilaian kelaikan materiil kapal.

Tabel 4.4 Bobot SDKA

Kode	Kelompok Sistem SDKA (A2)	Bobot (W)
B8	Bangunan Kapal	0.4
B9	Sistem Domestik	0.1
B10	Sistem Penggerak	0.1
B11	Sistem Kelistrikan	0.1
B12	Sistem Peralatan Bantu	0.1
B13	Sistem Komunikasi	0.1
B14	Sistem Navigasi	0.1

4.2.3 Bobot SDKG KRI Kelas SIGMA

Sistem dukungan selanjutnya dalam menunjang kesiapan materiil dari kapal adalah SDKG atau sistem dukungan kemampuan gerak. Dalam buku Publikasi Umum TNI-AL, SDKG memiliki bobot 10% terhadap kesiapan materiil dari kapal itu sendiri. Dalam SDKG terdapat 4 kelompok sistem yang menjadi parameter kesiapan dari sistem dukungan kemampuan gerak. Masing-masing kelompok sistem memiliki bobot pengaruh berbeda terhadap kesiapan SDKG.

Di bawah ini merupakan tabel bobot yang didapat berdasarkan data Publikasi Umum milik TNI-AL yang dijadikan pedoman dalam penilaian kelaikan materiil kapal.

Tabel 4.5 Bobot SDKG

Kode	Kelompok Sistem SDKG (A3)	Bobot (W)
B10	Sistem Penggerak	0.7
B11	Sistem Kelistrikan	0.1
B13	Sistem Komunikasi	0.1
B14	Sistem Navigasi	0.1

4.2.4 Bobot SDKL KRI Kelas SIGMA

Sistem dukungan selanjutnya dalam menunjang kesiapan materiil dari kapal adalah SDKL atau sistem dukungan kemampuan layar. Dalam buku Publikasi Umum TNI-AL, SDKL memiliki bobot 10% terhadap kesiapan materiil dari kapal itu sendiri. Dalam SDKL terdapat 7 kelompok sistem yang menjadi parameter kesiapan dari sistem dukungan kemampuan layar. Masing-masing kelompok sistem memiliki bobot pengaruh berbeda terhadap kesiapan SDKL. Di bawah ini merupakan tabel bobot yang didapat berdasarkan data Publikasi Umum milik TNI-AL yang dijadikan pedoman dalam penilaian kelaikan materiil kapal.

Tabel 4.6 Bobot SDKL

Kode	Kelompok Sistem SDKL (A4)	Bobot (W)
B9	Sistem Domestik	0.1
B10	Sistem Penggerak	0.1
B11	Sistem Kelistrikan	0.1
B12	Sistem Peralatan Bantu	0.1
B13	Sistem Komunikasi	0.225
B14	Sistem Navigasi	0.175
B15	Persenjataan	0.2

4.2.5 Bobot SDKT KRI Kelas SIGMA

Sistem dukungan terakhir dalam menunjang kesiapan materiil dari kapal adalah SDKT atau sistem dukungan kemampuan tempur. Dalam buku Publikasi Umum TNI-AL, SDKT memiliki bobot 10% terhadap kesiapan materiil dari kapal itu sendiri. Dalam SDKT terdapat 6 kelompok sistem yang menjadi parameter kesiapan dari sistem dukungan kemampuan tempur. Masing-masing kelompok sistem memiliki bobot pengaruh berbeda terhadap kesiapan SDKT. Di bawah ini merupakan tabel bobot yang didapat berdasarkan data Publikasi Umum milik TNI-AL yang dijadikan pedoman dalam penilaian kelaikan materiil kapal.

Tabel 4.7 Bobot SDKT

Kode	Kelompok Sistem SDKT	Bobot
-------------	-----------------------------	--------------

	(A5)	(W)
B14	Sistem Navigasi	0.1
B15	Persenjataan	0.45
B16	Helipad	0.05
B17	<i>Degaussing</i>	0.05
B18	NBCD	0.05
B19	Sensor	0.3

4.3 Penentuan NKT Minimum Kelompok Sistem

Nilai Kondisi Teknis (NKT) minimum untuk masing-masing sistem dukungan telah ditetapkan berdasarkan buku pedoman penilaian kelaikan materiil untuk setiap tingkat kelaikan. Tetapi pada tingkat kelompok sistem, NKT minimum untuk KRI Kelas SIGMA belum ditentukan sehingga perlu dilakukan pengumpulan data.

Dilakukan kuesioner yang melibatkan 50 personel TNI-AL untuk menentukan rata-rata NKT minimum yang diperlukan supaya suatu kelompok sistem dapat digunakan pada sistem dukungan masing-masing. NKT minimum inilah yang menjadi pembatas suatu sistem dapat difaktorkan ke dalam perhitungan kesiapan. Berikut ini adalah hasil kuesioner NKT minimum untuk setiap sistem dukungan :

Tabel 4.8 NKT min SDKK

Kode	Kelompok Sistem SDKK (A1)	NKT (min)
B1	Pemadam Kebakaran Air Laut	0.651
B2	Pompa Darurat Pemadam Kebakaran	0.751
B3	Peralatan Pemadam Kebakaran	0.658
B4	Peringatan Bahaya Kebakaran & Kebocoran	0.76
B5	Penanggulangan Kebocoran	0.716
B6	Peralatan Keselamatan Kru	0.717
B7	Kontrol Kesehatan Lingkungan	0.679

Tabel 4.9 NKT min SDKA

Kode	Kelompok Sistem SDKA (A2)	NKT (min)
B8	Bangunan Kapal	0.702
B9	Sistem Domestik	0.608
B10	Sistem Penggerak	0.59
B11	Sistem Kelistrikan	0.48
B12	Sistem Peralatan Bantu	0.524
B13	Sistem Komunikasi	0.503
B14	Sistem Navigasi	0.482

Tabel 4.10 NKT min SDKG

Kode	Kelompok Sistem SDKG (A3)	NKT (min)
B10	Sistem Penggerak	0.686
B11	Sistem Kelistrikan	0.617
B13	Sistem Komunikasi	0.587
B14	Sistem Navigasi	0.554

Tabel 4.11 NKT min SDKL

Kode	Kelompok Sistem SDKL (A4)	NKT (min)
B9	Sistem Domestik	0.712
B10	Sistem Penggerak	0.723
B11	Sistem Kelistrikan	0.683
B12	Sistem Peralatan Bantu	0.702
B13	Sistem Komunikasi	0.783
B14	Sistem Navigasi	0.779
B15	Persenjataan	0.625

Tabel 4.12 NKT min SDKT

Kode	Kelompok Sistem SDKT (A5)	NKT (min)
B14	Sistem Navigasi	0.819
B15	Persenjataan	0.816
B16	Helipad	0.632
B17	<i>Degaussing</i>	0.629
B18	NBCD	0.634
B19	Sensor	0.856

4.4 Laporan NKT KRI Kelas SIGMA

Data laporan nilai kondisi teknis (NKT) sistem pada KRI SIGMA dikumpulkan mulai dari bulan Juni 2023 hingga bulan Mei 2024. Data yang dikumpulkan merupakan data salah satu hari di bulan tersebut secara acak. Dari data yang dikumpulkan, berikut ini merupakan tabel NKT dari KRI SIGMA selama 1 tahun dibagi berdasarkan kelompok sistemnya.

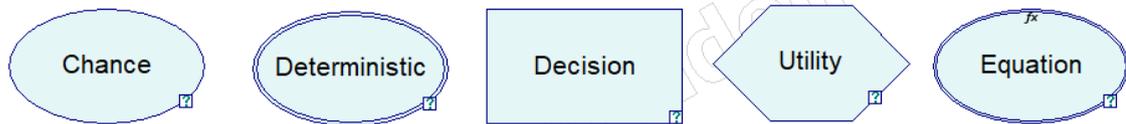
Tabel 4.13 NKT laporan KRI SIGMA

Kode	Jun- 23	Jul- 23	Agu- 23	Sep- 23	Okt- 23	Nov- 23	Des- 23	Jan- 24	Feb- 24	Mar- 24	Apr- 24	Mei- 24
B1	60	60	80	80	80	80	80	80	80	80	80	80
B2	80	80	80	80	80	80	80	80	80	80	80	80
B3	80	80	80	70	70	80	80	80	80	80	80	80
B4	80	80	80	80	80	80	80	80	80	60	80	80
B5	80	80	80	80	80	80	80	80	80	75	80	80

B6	80	80	75	75	75	75	75	80	80	80	80	80
B7	80	80	80	80	80	80	70	80	80	80	80	80
B8	70	80	80	80	80	80	80	80	80	80	80	80
B9	80	80	80	80	50	50	70	80	80	80	80	80
B10	50	80	80	80	60	80	80	80	70	80	70	80
B11	80	80	80	50	80	80	80	70	60	80	80	75
B12	70	70	80	70	70	80	80	80	70	70	80	70
B13	80	80	80	80	80	80	80	80	80	80	80	80
B14	80	80	80	80	80	80	80	80	80	80	70	70
B15	70	60	80	80	80	80	80	80	80	80	80	70
B16	80	80	80	80	80	80	80	80	80	80	80	80
B17	80	80	80	80	80	80	80	80	80	80	80	80
B18	80	80	80	80	80	80	80	80	80	80	80	80
B19	80	80	80	80	80	70	70	80	80	70	70	70

4.5 Analisis Pada GeNIe

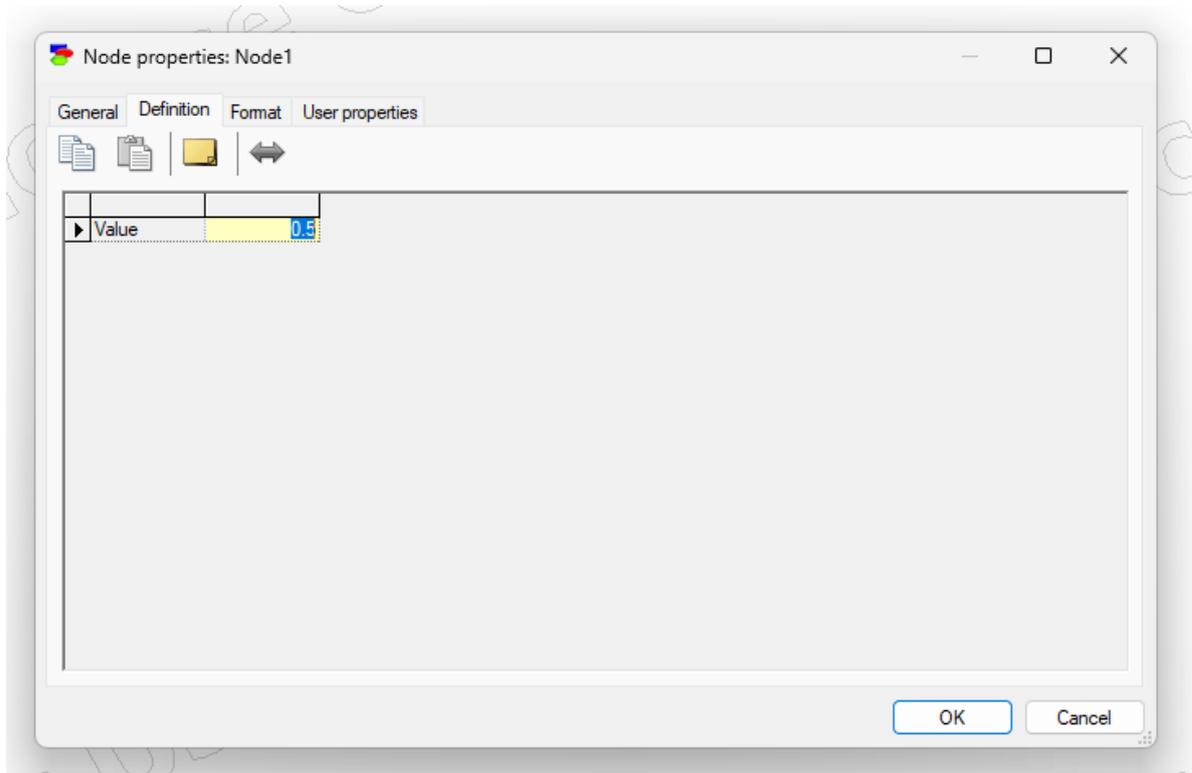
Tahapan analisis menggunakan *software* GeNIe versi akademi diawali dengan pembuatan setiap node dan rangkaian *bayesian network*. Dalam GeNIe terdapat berbagai macam tipe node seperti *chance node*, *deterministic node*, *decision node*, *value/utility node*, dan *equation node*. Semua tipe node tersebut memiliki fungsi dan kegunaan dalam tipe *bayesian network* yang berbeda tergantung dengan jenis rangkaian dan jenis data dari setiap node.



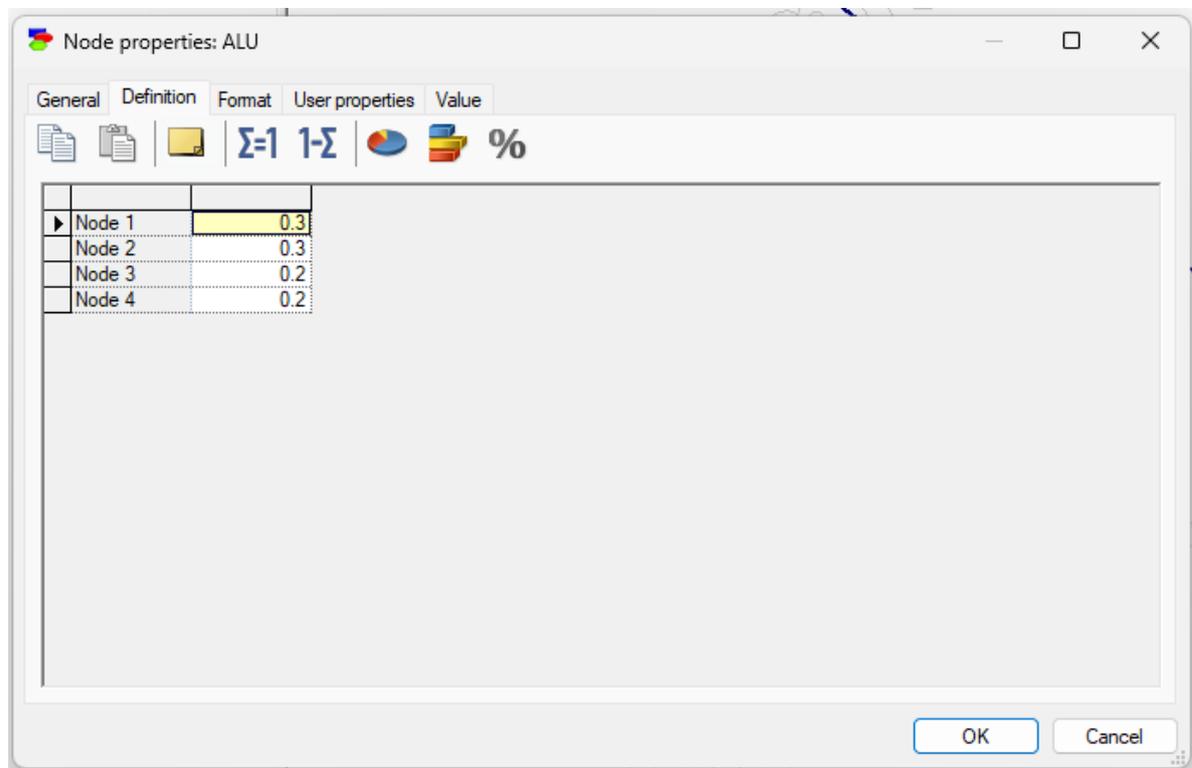
Gambar 4.2 Tipe node GeNIe

Pada penelitian ini, analisis dilakukan menggunakan node dengan tipe *Value/Utility*, *Additive Linear Utility* (ALU), dan *Multi-Attribute Utility* (MAU). Tipe *Value* atau *Utility* memberikan nilai dari 0 hingga 1 yang nantinya node tersebut dapat dihubungkan ke node lain dengan tipe ALU ataupun tipe MAU. Tipe-tipe node inilah yang dinilai sesuai untuk digunakan dalam tipe *bayesian network* pada penelitian kali ini. Tipe pertama yaitu *value* memberikan nilai 0 hingga 1 dan menjadi node variabel yang dapat diubah untuk analisis. Contoh node *value* ada pada gambar 4.3.

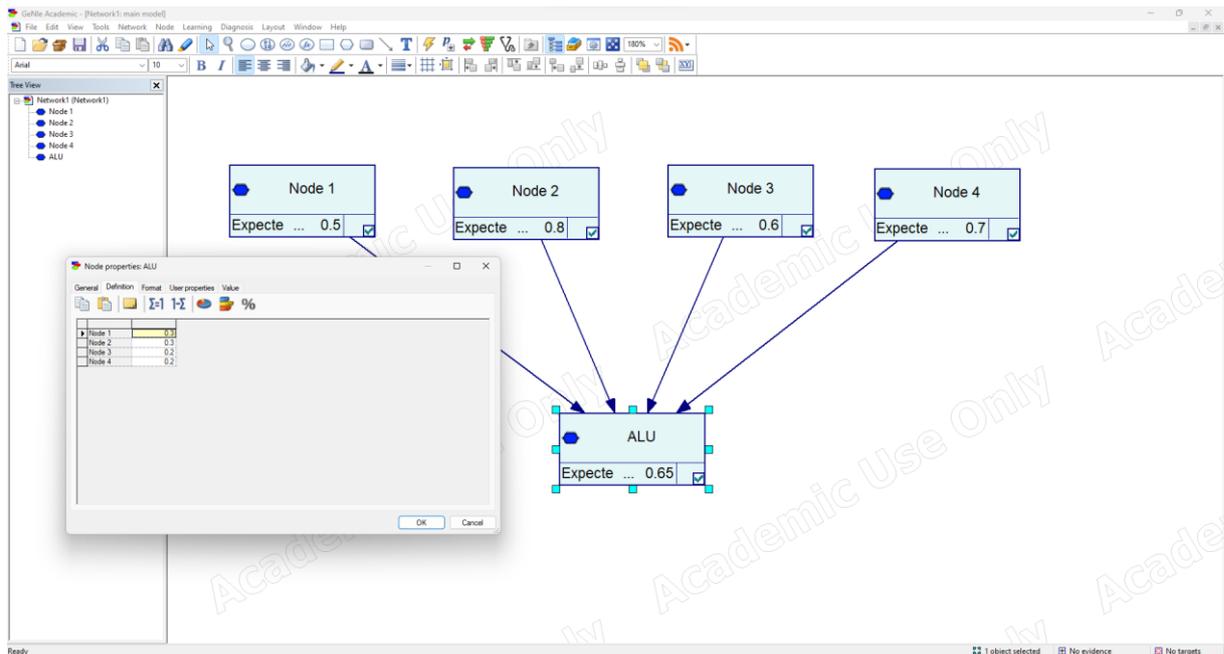
Tipe ALU seperti namanya *Additive Linear Utility*, akan menerima nilai dari node *value* lalu dikalikan dengan bobot pengaruh dari masing-masing node terhadap node ALU tersebut, dan menjumlahkan total keseluruhan nilai nya. Node ini digunakan sebagai node utama pada saat menghitung nilai kesiapan materiil akhir. Contoh node ALU ada pada gambar 4.4 dan gambar 4.5.



Gambar 4.3 Contoh nilai yang diberikan node value

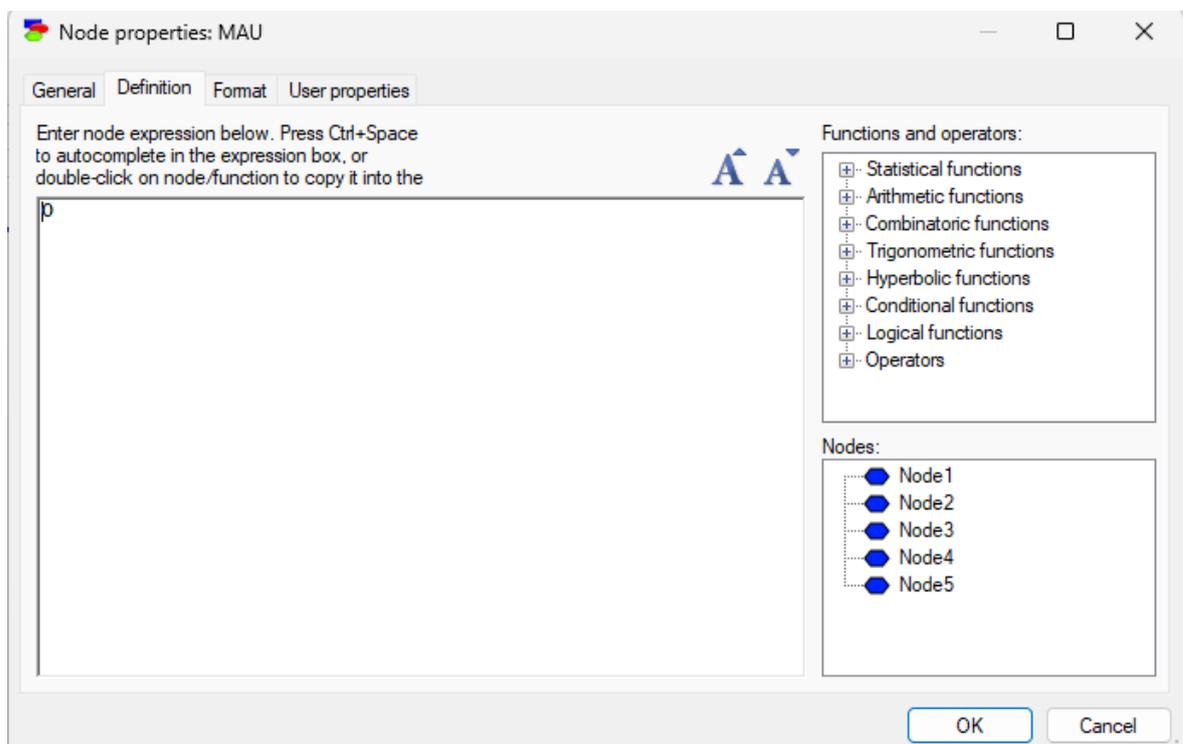


Gambar 4.4 Contoh bobot masing-masing node terhadap ALU



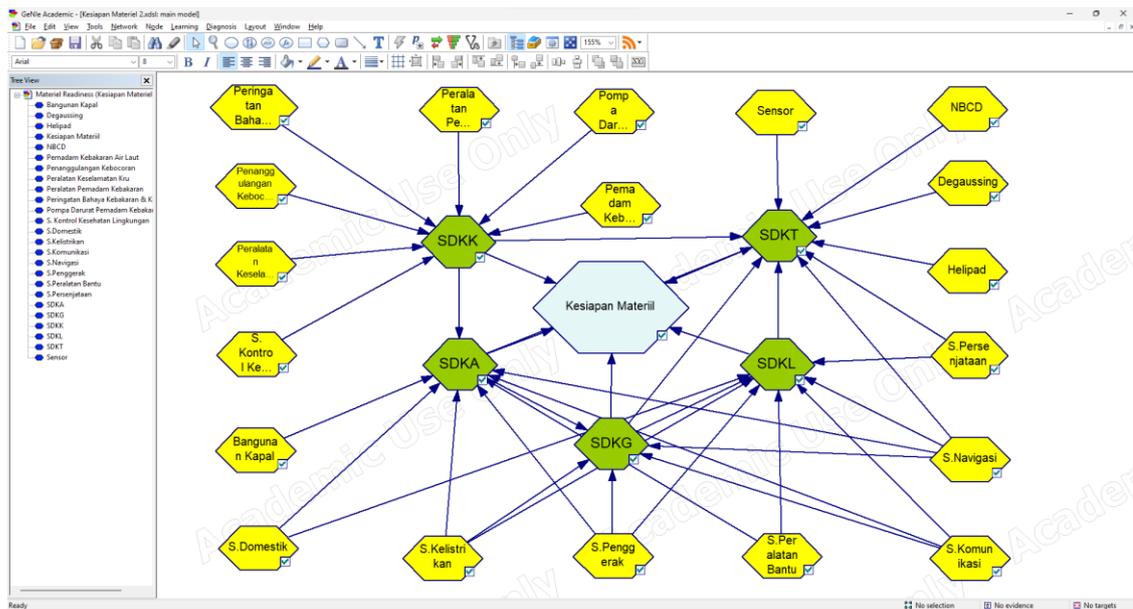
Gambar 4.5 Contoh hasil yang didapat node ALU

Tipe node MAU dapat menerima nilai dari node *value* kemudian memasukkannya ke dalam kolom persamaan dan menambahkan berbagai fungsi seperti fungsi kondisional ke dalam persamaan tersebut. Tipe node ini yang digunakan sebagai pembatas untuk nilai kondisi teknis minimum dan faktor pengali dari persamaan yang digunakan dalam penelitian kali ini. Node ini digunakan pada setiap sistem dukungan untuk menghitung NKT tiap kelompok sistem serta menambahkan fungsi-fungsi kondisional dalam persamaannya.

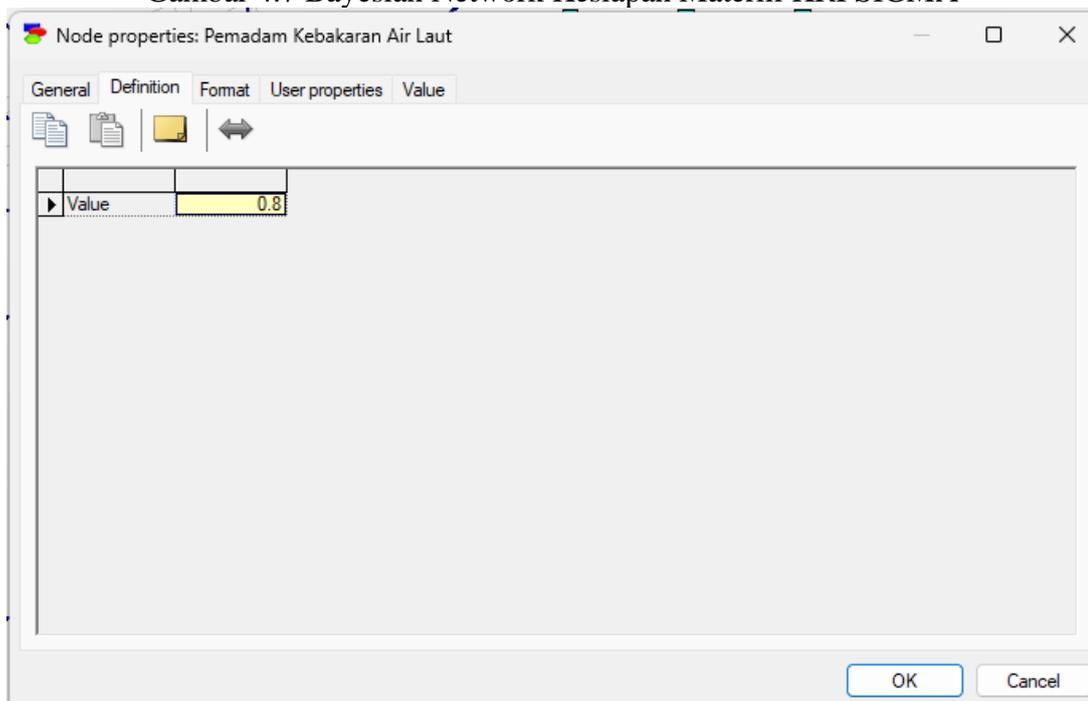


Gambar 4.6 Contoh kolom persamaan dalam node MAU

Sesuai tahapan, kesiapan materiil KRI SIGMA dibuat dengan tiga macam node yang sudah disebutkan sebelumnya sehingga membentuk *bayesian network* sebagaimana dalam rangkaian DAG yang sudah dibuat. Node berwarna kuning menggunakan tipe *value* dengan nilai yang didapat berdasarkan laporan bulanan nilai kondisi teknis sistem dari KRI SIGMA. Node berwarna hijau menggunakan tipe MAU karena memperhitungkan NKT minimum setiap sistem dari node *value* yang nantinya melibatkan fungsi *conditional* di dalam persamaannya. Node utama Kesiapan Materiil berwarna biru menggunakan tipe ALU yang menjumlahkan nilai dari masing-masing sistem dukungan dengan memperhitungkan bobotnya terhadap kesiapan materiil total.



Gambar 4.7 Bayesian Network Kesiapan Materiil KRI SIGMA



Gambar 4.8 Node value (B1) Kelompok Sistem Pemadam Kebakaran Air Laut

Setelah rangkaian bayesian network tersusun, data dan persamaan dimasukkan pada tiap node seperti pada gambar 4.8. Node kuning dengan tipe *value* tersebut berisi NKT dari laporan bulanan. Terdapat 19 node dengan kode awal B dari B1 hingga B19 yang masing-masing mewakili NKT kelompok sistemnya.

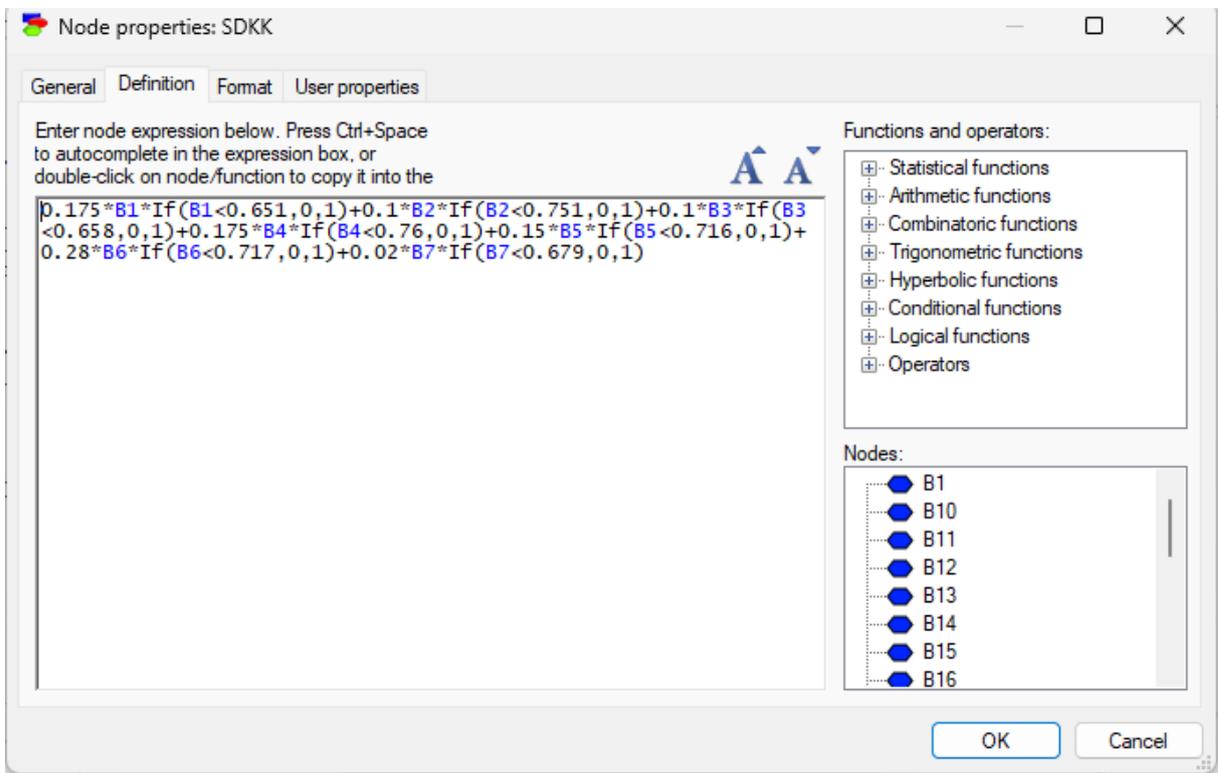
Node hijau dengan tipe node MAU berisi persamaan dengan nilai yang didapat dari node *value* dikalikan dengan bobot node tersebut dan dijumlahkan untuk mendapatkan nilai akhir. Terdapat 5 node dengan kode awal A dari A1 hingga A5 yang mewakili setiap sistem dukungan. Persamaan yang digunakan di dalam node adalah sebagai berikut :

$$P(A_n) = W_{B_1} * B_1 + W_{B_2} * B_2 + \dots W_{B_n} * B_n$$

Dengan P(A_n) adalah hasil nilai kesiapan sistem dukungan, W adalah bobot node dari tabel pada bab 4.2 dan kode B adalah NKT dari masing-masing kelompok sistem sesuai pada laporan bab 4.4 Tetapi dikarenakan nilai *value* sebelumnya memiliki NKT minimum pada bab 4.3, diperlukan fungsi kondisional seperti berikut ini :

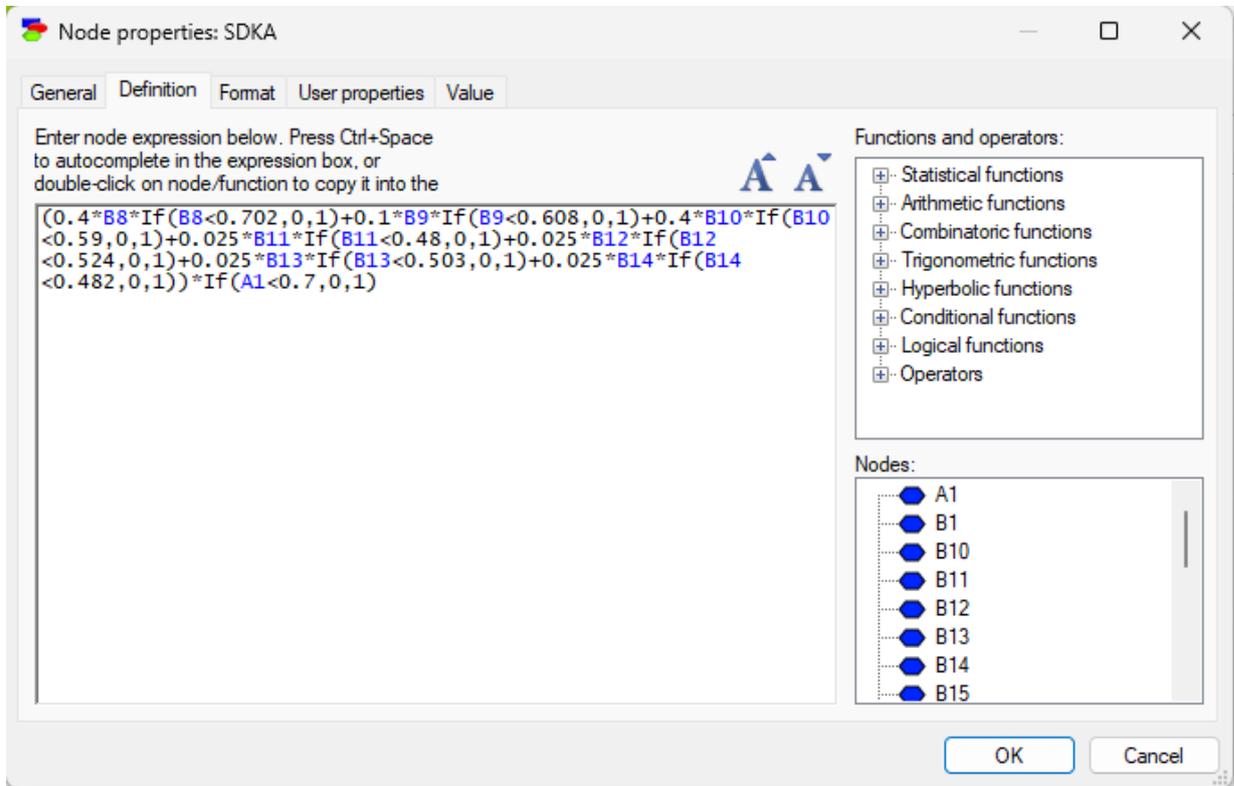
$$P(A_n) = W_{B_1} * B_1 * \text{if}(B_1 < NKT_{(\min)B_1}, 0,1) + \dots + W_{B_n} * B_n * \text{if}(B_n < NKT_{(\min)B_n}, 0,1)$$

Fungsi kondisional memastikan bahwa nilai kelompok sistem B sudah di atas dari NKT minimum kelompok sistem tersebut. Apabila NKT dari laporan berada di bawah NKT minimum, maka bobot akan dikalikan dengan nilai 0 sehingga akan berpengaruh terhadap nilai kesiapan total dari sistem dukungan tersebut.



Gambar 4.9 Node MAU (A1) SDKK

Pada SDKA atau node A2 dan seterusnya, diperlukan fungsi kondisional tambahan yang memastikan sistem dukungan sebelumnya yaitu A1, telah memenuhi syarat kelaikan seperti pada tabel 2.2 yang di mana menyebutkan syarat dari SDKK adalah > 70%. Sehingga apabila syarat tersebut tidak terpenuhi, SDKA dan node seterusnya akan otomatis dikalikan dengan nilai 0 yang menyebabkan nilai kesiapan akhir berkurang.



Gambar 4.10 Node MAU (A2) SDKA

Setelah nilai dari semua node A1 hingga A5 sudah ditemukan, node berwarna biru atau node utama Kesiapan Materiil dengan tipe ALU mengalikan semua nilai dengan masing-masing bobot atau pengaruh sistem dukungan terhadap kesiapan materiil.

$$P = W_{A_1} * P(A_1) + \dots + W_{A_n} * P(A_n)$$

Setelah semua rumus dan bobot diatur untuk setiap node, nilai untuk setiap kelompok sistem dari laporan dapat dimasukkan pada setiap node ujung atau node berwarna kuning dengan tipe *value*. Dengan menjalankan *update beliefs*, analisis akan dilakukan oleh *software* GeNIe. Hasil nilai kesiapan akan muncul pada setiap node sistem dukungan atau node berwarna hijau dan nilai kesiapan materiil akhir akan muncul pada node utama Kesiapan Materiil berwarna biru.

Node properties: Kesiapan Materiil

General Definition Format User properties Value

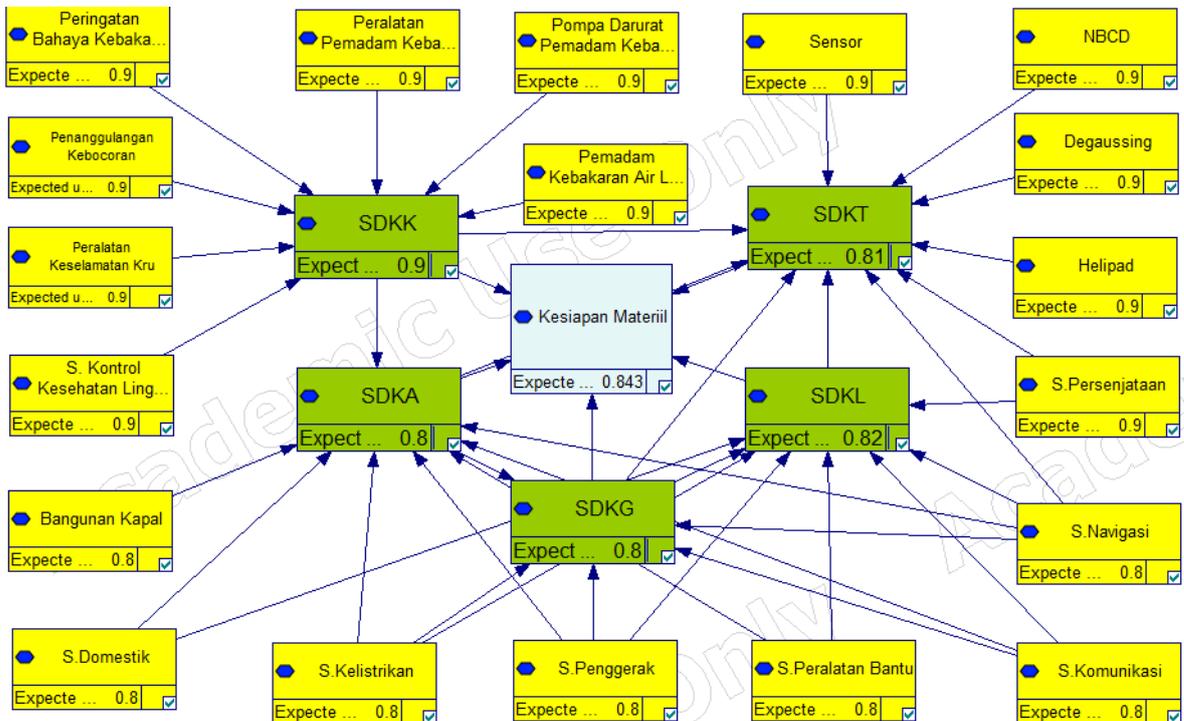
SDKK	0.4
SDKA	0.3
SDKG	0.1
SDKL	0.1
SDKT	0.1

OK Cancel

Gambar 4.11 Node ALU (P) Kesiapan Materiil

4.5.1 Tes Sensitivitas Model GeNIe

Sebelum digunakan dalam analisis, model GeNIe di tes terlebih dahulu dengan melihat hasil analisis model apabila seluruh nilai diatur pada kondisi nilai optimal, lalu mengubah beberapa variabel nilai untuk melihat apakah nilai hasil berubah sesuai dengan perkiraan atau jauh di luar dari perkiraan. Berikut ini merupakan hasil tes pada kondisi optimal.

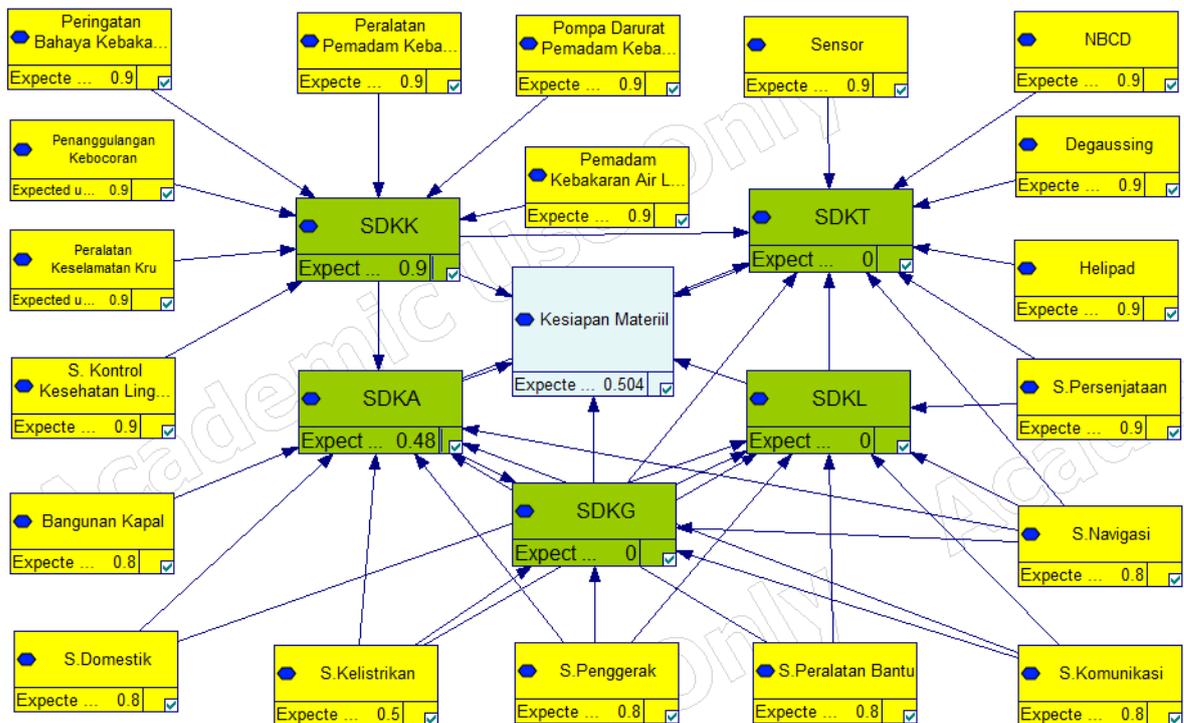


Gambar 4.12 Tes nilai Kesiapan Materiil dengan kondisi optimal

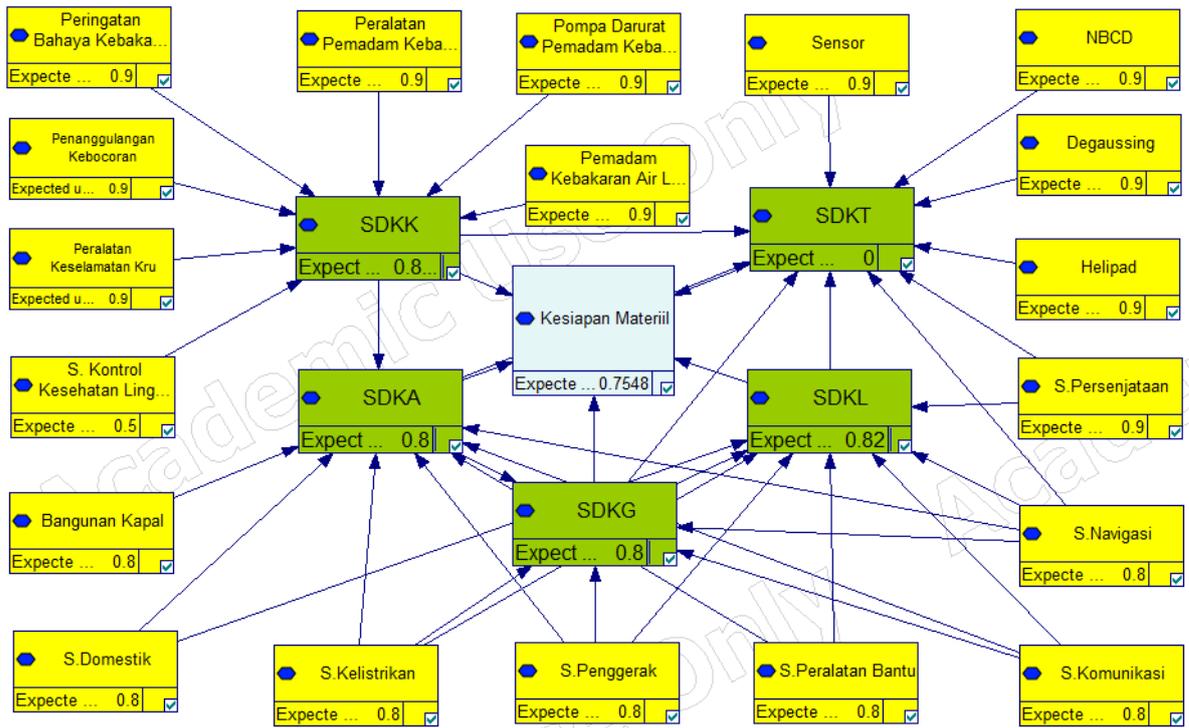
Hasil nilai kesiapan materiil pada saat seluruh kelompok sistem SDKK dan SDKT diatur dengan NKT 90 dan kelompok sistem pada sistem dukungan lain diatur dengan NKT 80 menunjukkan nilai normal. Total nilai kesiapan materiil sebesar 84,3% dan sistem dukungan memenuhi seluruh syarat kelaikan menunjukkan hasil analisis penilaian kondisi Laik Tempur. Selanjutnya salah satu NKT kelompok sistem dengan bobot pengaruh besar akan divariasikan.

Pada tes variasi 1 dengan memvariasikan NKT kelompok sistem kelistrikan pada 50 menunjukkan hasil total kesiapan materiil sebesar 50,4% dan hanya SDKK yang memenuhi syarat kelaikan. SDKA pada tes kali ini tidak memenuhi syarat kelaikan yaitu 70% sehingga sistem dukungan selanjutnya dikalikan dengan nilai 0 dan hasil analisis penilaian menunjukan bahwa kondisi dari kapal Tidak Laik. Hasil tes ini sesuai dengan perkiraan dikarenakan kelompok sistem kelistrikan memiliki bobot pengaruh yang besar terhadap SDKA dan juga sistem dukungan lainnya sehingga apabila kelompok sistem kelistrikan tidak memenuhi NKT minimum, pengaruhnya terhadap nilai total kesiapan materiil akan sangat besar. Selanjutnya salah satu NKT kelompok sistem dengan bobot pengaruh kecil akan divariasikan.

Pada tes variasi 2 dengan memvariasikan NKT kelompok sistem kesehatan lingkungan pada 50 menunjukkan hasil total kesiapan materiil sebesar 75,5%. Tes kali ini sudah sesuai dikarenakan bobot pengaruh kelompok sistem kesehatan lingkungan tidak terlalu mempengaruhi nilai total kesiapan materiil. Dan juga SDKT memiliki syarat kelaikan di mana SDKK harus di atas 90% maka dari itu SDKT dikalikan dengan 0 sesuai tabel syarat kelaikan 2.2 sebelumnya. Hasil analisis penilaian menunjukan bahwa kondisi dari kapal Laik Layar.



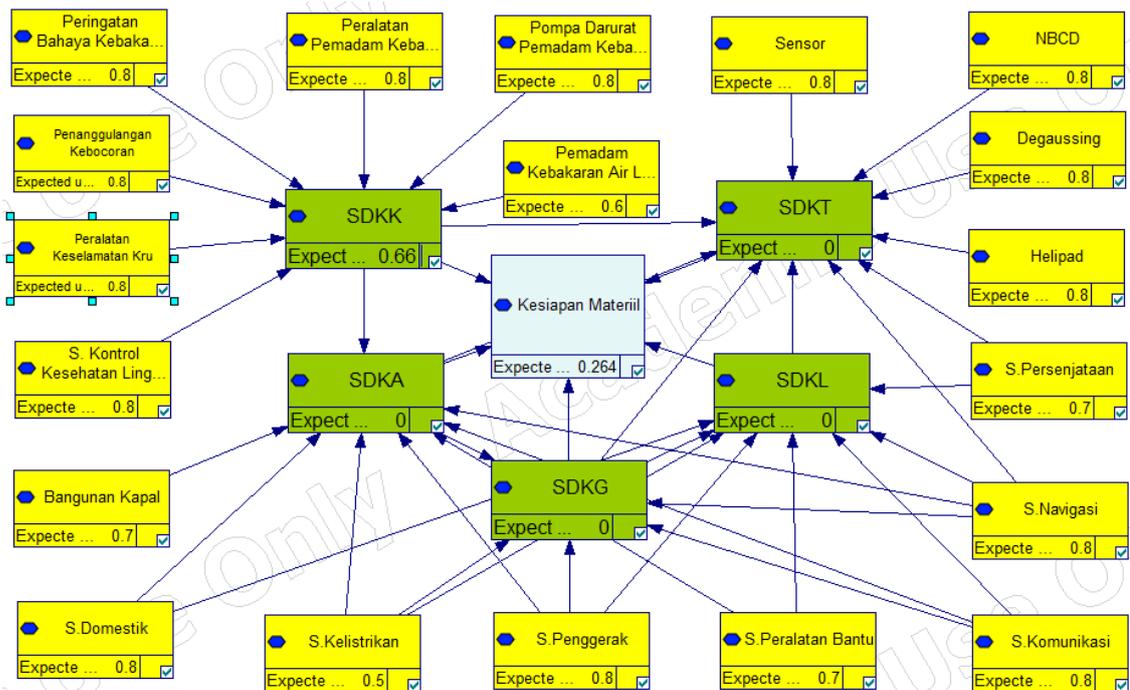
Gambar 4.13 Tes nilai Kesiapan Materiil dengan kondisi variasi 1



Gambar 4.14 Tes nilai Kesiapan Materiiil dengan kondisi variasi 2

Dari hasil tes sensitivitas ini, dapat disimpulkan model sudah sesuai dan dapat dilakukan tes menggunakan NKT dari hasil laporan KRI Kelas SIGMA.

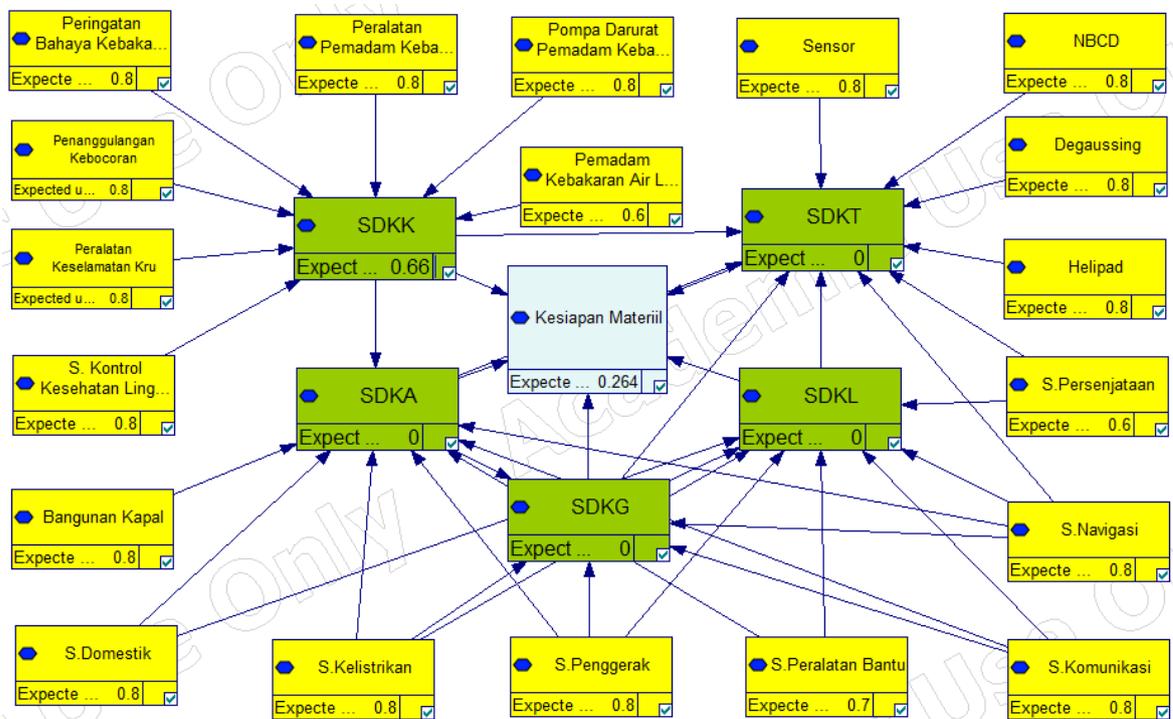
4.5.2 Analisis Laporan Juni 2023



Gambar 4.15 Hasil Analisis Laporan Juni 2023

Berdasarkan hasil analisis pada gambar 4.15 menunjukkan nilai total kesiapan materiil KRI Kelas SIGMA pada bulan Juni 2023 sebesar 26,4%. Nilai yang sangat rendah ini disebabkan oleh NKT dari kelompok sistem pemadam kebakaran air laut yang menurut laporan hanya bernilai 60. Diketahui NKT minimum dari kelompok sistem pemadam kebakaran air laut adalah 65,1 dan bobot kelompok sistem pemadam kebakaran air laut terhadap SDKK adalah 17,5%. Bobot pengaruh sistem yang besar menyebabkan nilai SDKK hanya sebesar 66%, tidak memenuhi syarat kelaikan di atas 70% dan mengakibatkan nilai sistem dukungan seterusnya dikalikan dengan 0 meskipun banyak kelompok sistem lain yang masih pada kondisi optimal dengan nilai berkisar antara 70 hingga 80 kecuali kelompok sistem kelistrikan dengan nilai 50. Hasil analisis penilaian menunjukan bahwa kondisi dari KRI Kelas SIGMA pada bulan Juni tahun 2023 dinyatakan Tidak Laik.

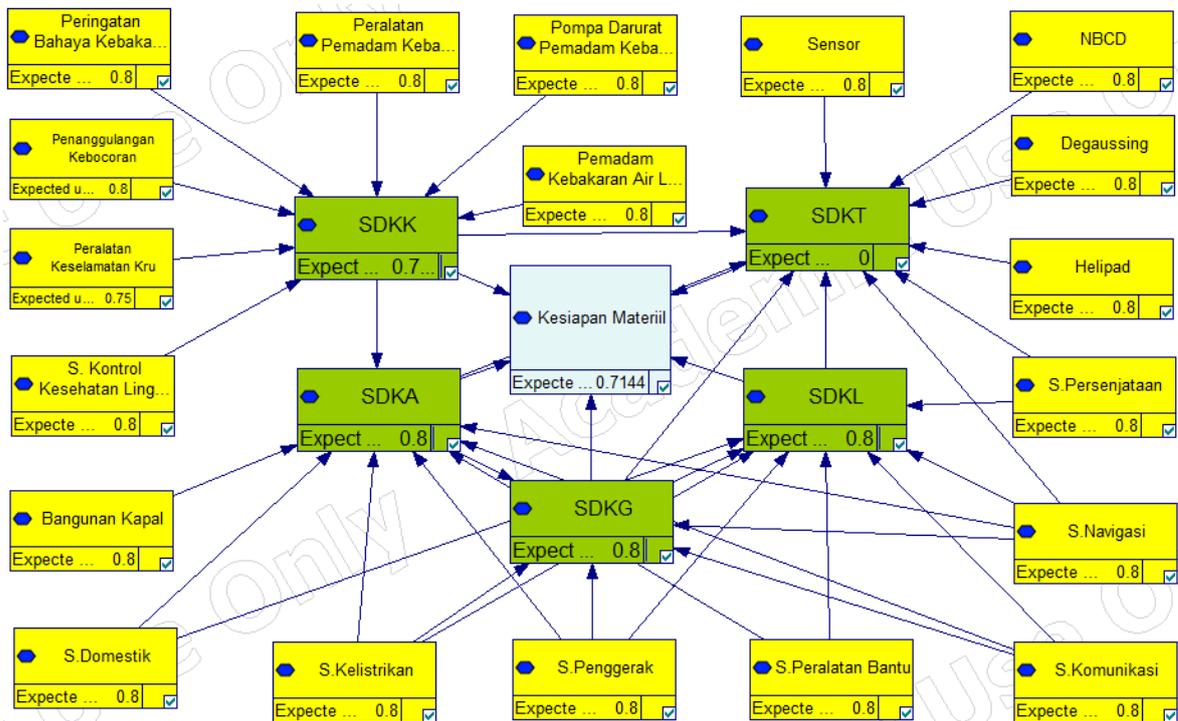
4.5.3 Analisis Laporan Juli 2023



Gambar 4.16 Hasil Analisis Laporan Juli 2023

Berdasarkan hasil analisis pada gambar 4.16 menunjukkan nilai total kesiapan materiil KRI Kelas SIGMA pada bulan Juli 2023 masih sebesar 26,4%. Alasan nilai yang sangat rendah ini masih disebabkan oleh NKT dari kelompok sistem pemadam kebakaran air laut yang menurut laporan hanya bernilai 60. Diketahui NKT minimum dari kelompok sistem pemadam kebakaran air laut adalah 65,1 dan bobot kelompok sistem pemadam kebakaran air laut terhadap SDKK adalah 17,5%. Bobot pengaruh sistem yang besar menyebabkan nilai SDKK hanya sebesar 66%, tidak memenuhi syarat kelaikan di atas 70% dan mengakibatkan nilai sistem dukungan seterusnya dikalikan dengan 0. Seluruh kelompok sistem lain tercatat masih pada kondisi optimal dengan nilai berkisar antara 70 hingga 80. Hasil analisis penilaian menunjukan bahwa kondisi dari KRI Kelas SIGMA pada bulan Juli tahun 2023 dinyatakan Tidak Laik.

4.5.4 Analisis Laporan Agustus 2023



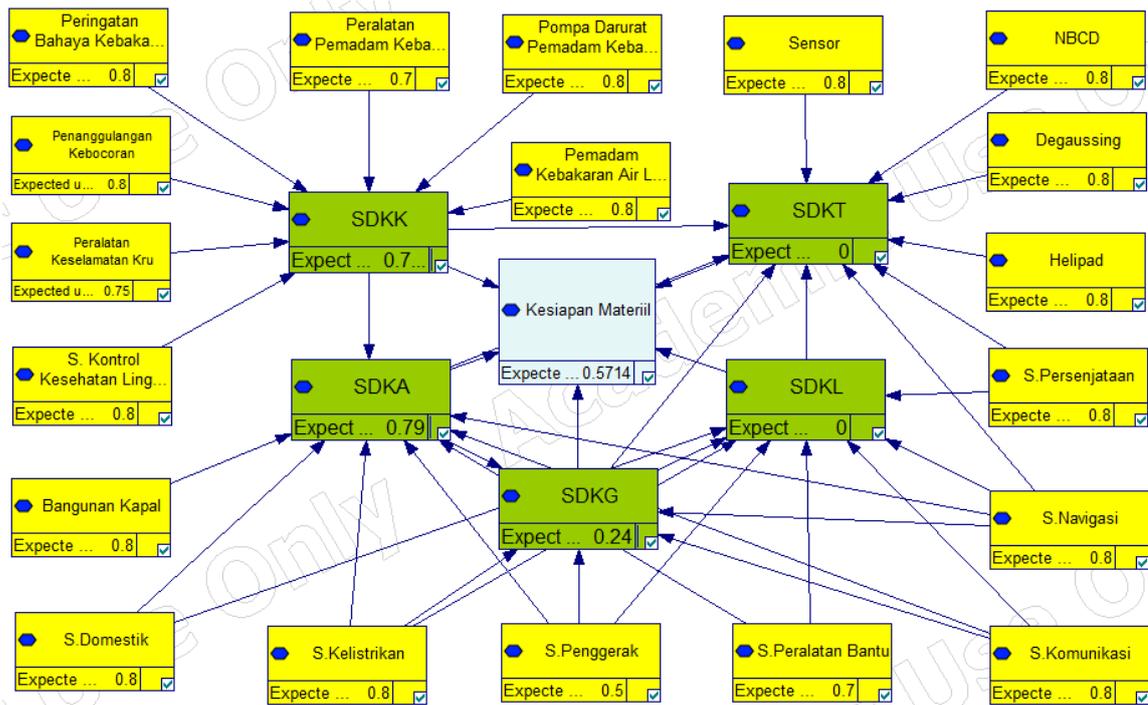
Gambar 4.17 Hasil Analisis Laporan Agustus 2023

Berdasarkan hasil analisis pada gambar 4.17 menunjukkan nilai total kesiapan materiil KRI Kelas SIGMA pada bulan Agustus 2023 sebesar 71,4%. Nilai yang cukup tinggi ini sudah memenuhi beberapa syarat kelaikan, tetapi nilai SDKK yang masih di bawah 90% menyebabkan SDKT dikalikan dengan 0. Ini karena syarat kelaikan dari SDKT yang mewajibkan nilai SDKK yang tinggi, alasannya karena untuk suatu kapal perang sangat mementingkan keselamatan dari bangunan kapal atau keselamatan materiil dan juga keselamatan kru kapal. Oleh karena itu, untuk mendapatkan tingkat kelaikan Laik Tempur diperlukan nilai syarat kelaikan yang sangat tinggi. Berdasarkan laporan rata-rata kelompok sistem pada SDKK berkisar antara 75 hingga 80 sehingga nilai kesiapan SDKK hanya sekitar 78%. Sistem dukungan lain memiliki nilai yang standar pada 80%. Hasil analisis penilaian menunjukan bahwa kondisi dari KRI Kelas SIGMA pada bulan Agustus tahun 2023 dinyatakan Laik Layar.

4.5.5 Analisis Laporan September 2023

Berdasarkan hasil analisis pada gambar 4.18 menunjukkan nilai total kesiapan materiil KRI Kelas SIGMA pada bulan September 2023 sebesar 57,1%. SDKK sudah memenuhi nilai syarat kelaikan di atas 70% dan SDKA sudah memenuhi nilai syarat kelaikan di atas 60% tetapi pada SDKG hanya mendapat nilai sekitar 24%. SDKG tidak memenuhi syarat kelaikan di atas 65% sehingga sistem dukungan seterusnya dikalikan dengan 0. Kelompok sistem yang berpengaruh terhadap rendahnya nilai SDKG adalah kelompok sistem penggerak dengan nilai 50. Diketahui NKT minimum dari kelompok sistem penggerak pada SDKG adalah 68,6 dan bobot kelompok

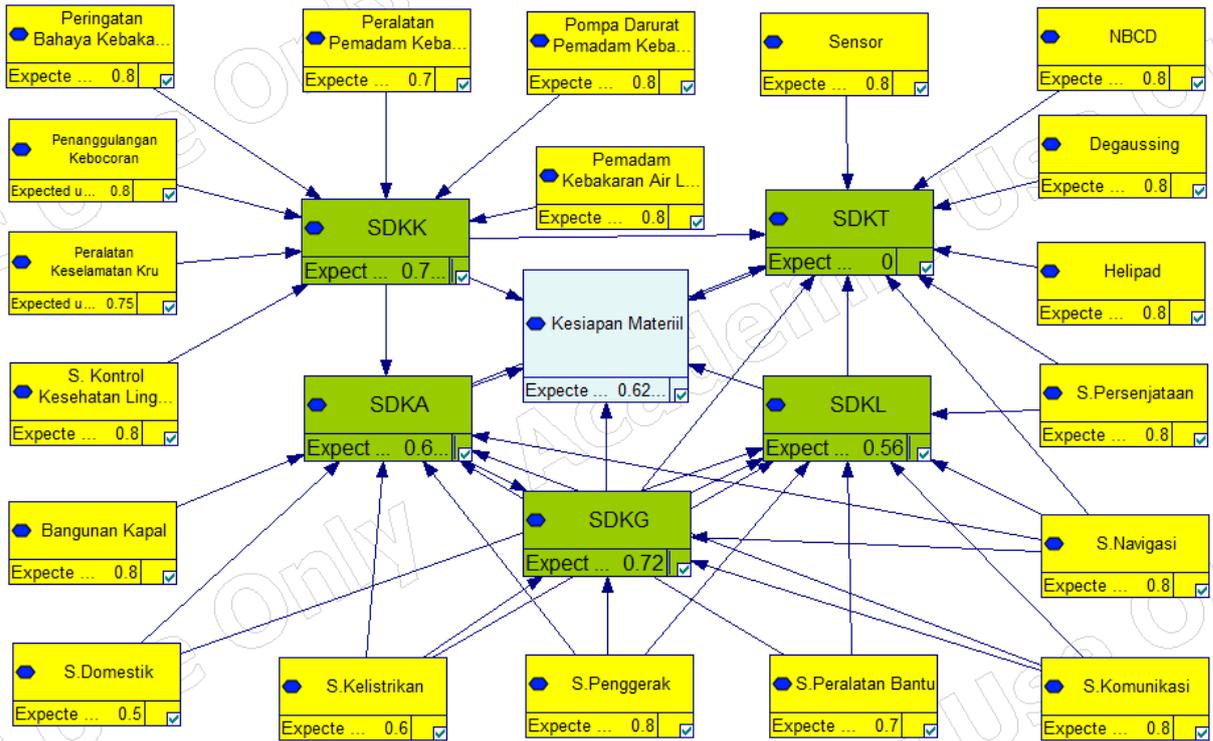
sistem penggerak terhadap SDKG adalah 70%. Bobot pengaruh sistem yang sangat besar inilah yang menyebabkan nilai SDKG sangat rendah pada saat kelompok sistem tersebut mengalami kerusakan. Kelompok sistem selain kelompok sistem penggerak pada laporan bulan ini menunjukkan rata-rata dalam keadaan standar antara 70 hingga 80. Meskipun kelompok sistem penggerak memiliki pengaruh terhadap SDKA, dikarenakan bobot pengaruhnya hanya 10%, nilai dari SDKA masih memenuhi syarat kelaikan dan hasil analisis penilaian menunjukan bahwa kondisi dari KRI Kelas SIGMA pada bulan September tahun 2023 dinyatakan Laik Apung.



Gambar 4.18 Hasil Analisis Laporan September 2023

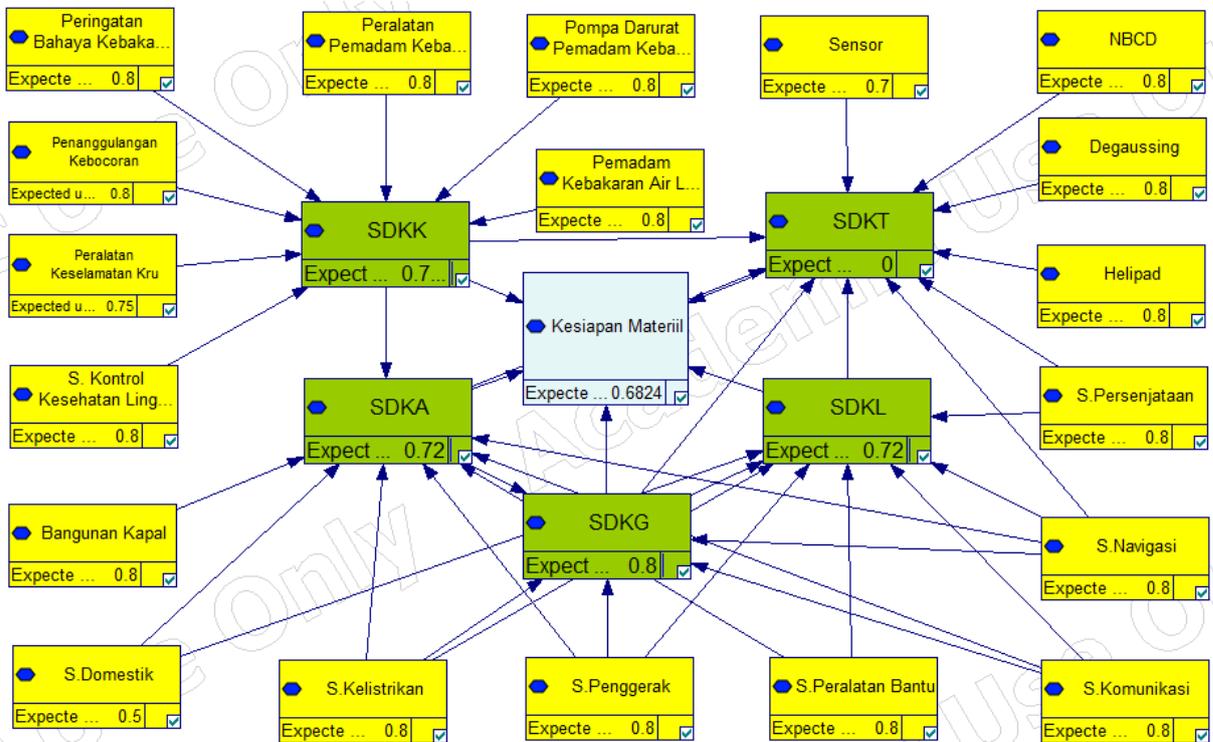
4.5.6 Analisis Laporan Oktober 2023

Berdasarkan hasil analisis pada gambar 4.19 menunjukkan nilai total kesiapan materiil KRI Kelas SIGMA pada bulan Oktober 2023 sebesar 62%. SDKK sudah memenuhi nilai syarat kelaikan di atas 70%, SDKA sudah memenuhi nilai syarat kelaikan di atas 60%, dan SDKG sudah memenuhi nilai syarat kelaikan di atas 65%. SDKL hanya mendapat nilai sekitar 56% sehingga tidak memenuhi syarat kelaikan di atas 70%. Kelompok sistem yang berpengaruh terhadap SDKL di sini adalah kelompok sistem domestik dengan NKT minimum 71,2 bobot 10% dan kelompok sistem kelistrikan dengan NKT minimum 68,3 bobot 10%. Kelompok sistem selain dari kelompok sistem domestik dan kelompok sistem kelistrikan pada laporan bulan ini menunjukkan rata-rata dalam kondisi optimal berkisar antara 70 hingga 80. SDKT dikalikan dengan 0 karena sistem dukungan sebelumnya masih belum memenuhi syarat kelaikan untuk SDKT. Hasil analisis penilaian menunjukan bahwa kondisi dari KRI Kelas SIGMA 1 pada bulan Oktober tahun 2023 dinyatakan Laik Gerak.



Gambar 4.19 Hasil Analisis Laporan Oktober 2023

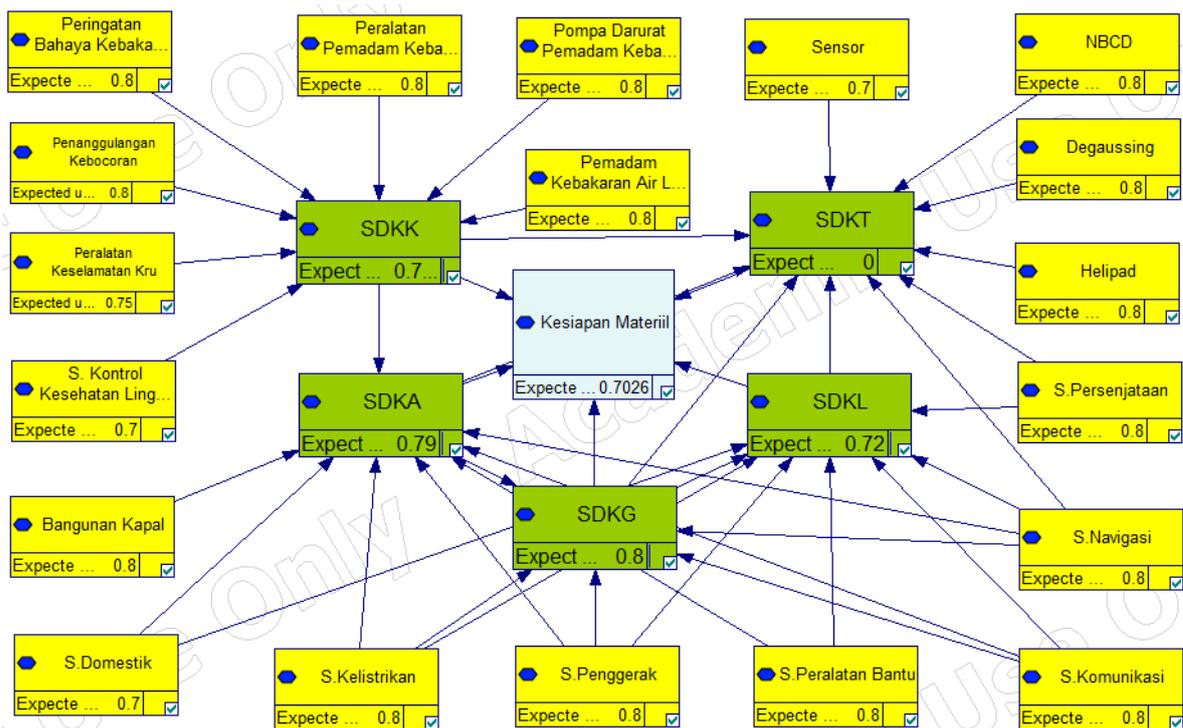
4.5.7 Analisis Laporan November 2023



Gambar 4.20 Hasil Analisis Laporan November 2023

Berdasarkan hasil analisis pada gambar 4.20 menunjukkan nilai total kesiapan materiil KRI Kelas SIGMA pada bulan November 2023 sebesar 68,2%. Nilai yang cukup tinggi ini sudah memenuhi beberapa syarat kelaikan, tetapi nilai SDKK yang masih di bawah 90% dan nilai sistem dukungan lain yang masih di bawah 80% menyebabkan SDKT dikalikan dengan 0. Ini karena syarat kelaikan dari SDKT yang mewajibkan nilai SDKK yang tinggi, alasannya karena untuk suatu kapal perang sangat mementingkan keselamatan dari bangunan kapal atau keselamatan materiil dan juga keselamatan kru kapal atau personel TNI. Oleh karena itu, untuk mendapatkan tingkat kelaikan Laik Tempur diperlukan nilai syarat kelaikan yang sangat tinggi. Berdasarkan laporan rata-rata kelompok sistem pada SDKK berkisar antara 75 hingga 80 sehingga nilai kesiapan SDKK hanya sekitar 78%. Sistem dukungan lain memiliki nilai 72% dan SDKG pada 80%. Semua kelompok sistem lain memiliki nilai standar berkisar antara 75 hingga 80 kecuali kelompok sistem domestik dengan nilai 50, Tetapi dikarenakan bobot dari kelompok sistem domestik yang tidak terlalu signifikan memungkinkan sistem dukungan untuk mencapai nilai syarat kelaikan. Hasil analisis penilaian menunjukan bahwa kondisi dari KRI Kelas SIGMA pada bulan November tahun 2023 dinyatakan Laik Layar.

4.5.8 Analisis Laporan Desember 2023

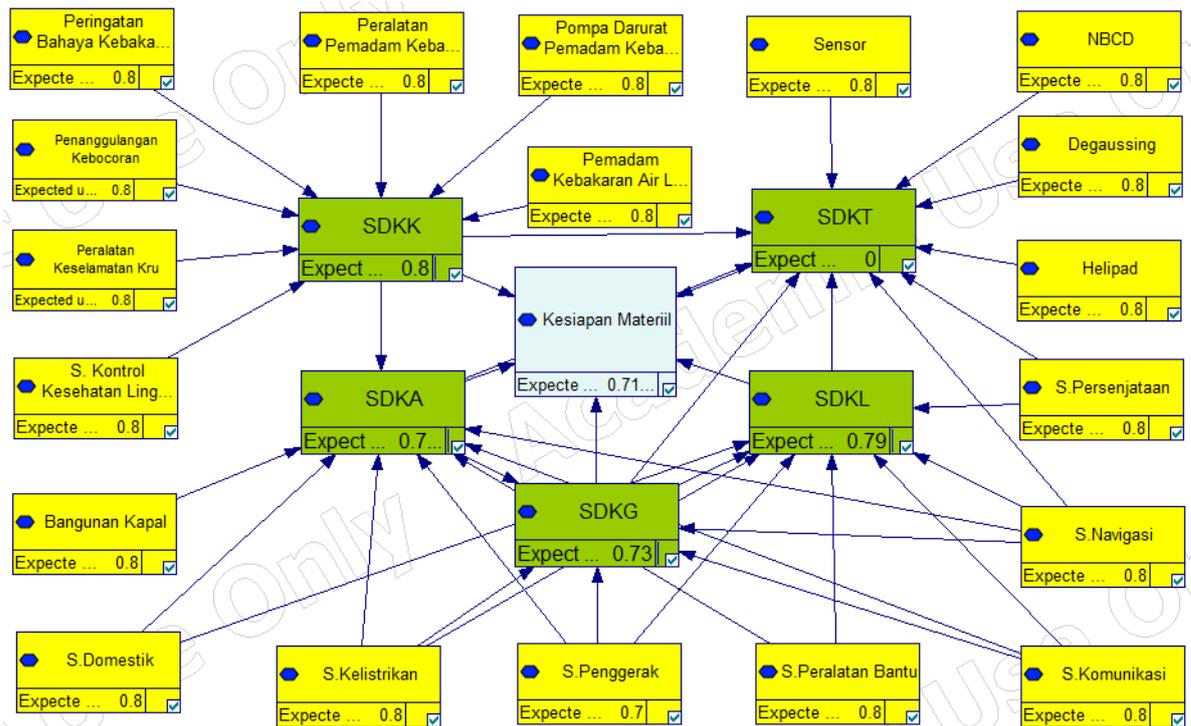


Gambar 4.21 Hasil Analisis Laporan Desember 2023

Berdasarkan hasil analisis pada gambar 4.21 menunjukkan nilai total kesiapan materiil KRI Kelas SIGMA pada bulan Desember 2023 sebesar 70,3%. Nilai yang cukup tinggi ini sudah memenuhi beberapa syarat kelaikan, tetapi nilai SDKK yang masih di bawah 90% dan nilai sistem dukungan lain yang masih di bawah 80% menyebabkan SDKT dikalikan dengan 0. Ini karena syarat kelaikan dari SDKT yang mewajibkan nilai SDKK yang tinggi, alasannya karena untuk suatu kapal perang sangat mementingkan keselamatan dari bangunan kapal atau keselamatan materiil dan juga keselamatan kru kapal atau personel TNI. Oleh karena itu, untuk mendapatkan tingkat kelaikan Laik Tempur diperlukan nilai syarat kelaikan yang sangat tinggi. Berdasarkan laporan rata-rata kelompok sistem pada SDKK berkisar antara 75 hingga 80 sehingga nilai kesiapan SDKK hanya sekitar 78%. Sistem dukungan lain memiliki nilai 72% dan SDKG pada 80%. Semua kelompok sistem lain memiliki nilai standar berkisar antara 75 hingga 80 kecuali kelompok sistem domestik dengan nilai 50, Tetapi dikarenakan bobot dari kelompok sistem domestik yang tidak terlalu signifikan memungkinkan sistem dukungan untuk mencapai nilai syarat kelaikan. Hasil analisis penilaian menunjukan bahwa kondisi dari KRI Kelas SIGMA pada bulan Desember tahun 2023 dinyatakan Laik Layar.

keselamatan materiil dan juga keselamatan kru kapal atau personel TNI. Oleh karena itu, untuk mendapatkan tingkat kelaikan Laik Tempur diperlukan nilai syarat kelaikan yang sangat tinggi. Berdasarkan laporan rata-rata kelompok sistem pada SDKK berkisar antara 75 hingga 80 sehingga nilai kesiapan SDKK hanya sekitar 78%. SDKA memiliki nilai 79%, SDKG memiliki nilai 80% dan SDKL memiliki nilai 72%. Semua kelompok sistem lain memiliki nilai standar berkisar antara 70 hingga 80. Hasil analisis penilaian menunjukan bahwa kondisi dari KRI Kelas SIGMA pada bulan Desember tahun 2023 dinyatakan Laik Layar.

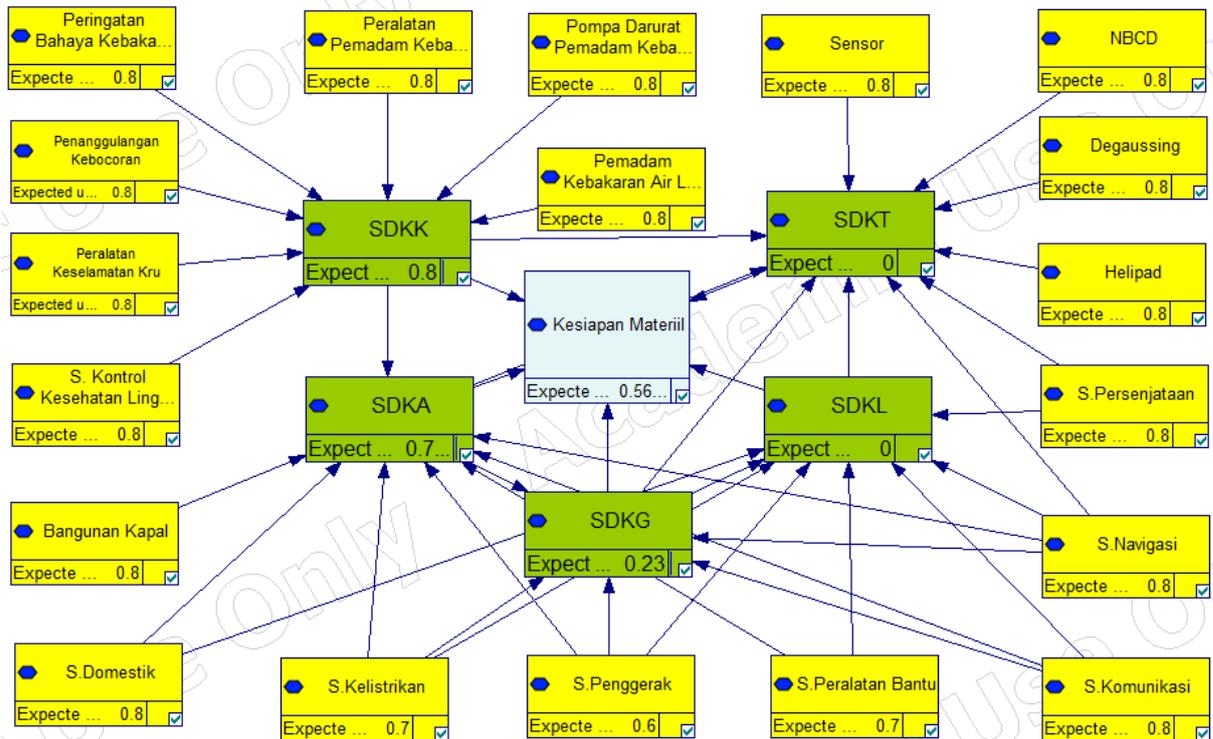
4.5.9 Analisis Laporan Januari 2024



Gambar 4.22 Hasil Analisis Laporan Januari 2024

Berdasarkan hasil analisis pada gambar 4.22 menunjukkan nilai total kesiapan materiil KRI Kelas SIGMA pada bulan Januari 2024 sebesar 71%. Nilai ini sudah cukup tinggi, tetapi nilai SDKK yang masih di bawah 90% dan nilai sistem dukungan lain yang masih di bawah 80% menyebabkan SDKT dikalikan dengan 0. Ini karena syarat kelaikan dari SDKT yang mewajibkan nilai SDKK yang tinggi, alasannya karena untuk suatu kapal perang sangat mementingkan keselamatan dari bangunan kapal atau keselamatan materiil dan juga keselamatan kru kapal atau personel TNI. Oleh karena itu, untuk mendapatkan tingkat kelaikan Laik Tempur diperlukan nilai syarat kelaikan yang sangat tinggi. Berdasarkan laporan semua kelompok sistem pada SDKK bernilai 80 sehingga nilai kesiapan SDKK 80%. SDKA memiliki nilai 79,8%, SDKG memiliki nilai 73% dan SDKL memiliki nilai 79%. Semua kelompok sistem lain memiliki nilai standar berkisar antara 70 hingga 80. Hasil analisis penilaian menunjukan bahwa kondisi dari KRI Kelas SIGMA pada bulan Januari tahun 2024 dinyatakan Laik Layar.

4.5.10 Analisis Laporan Februari 2024



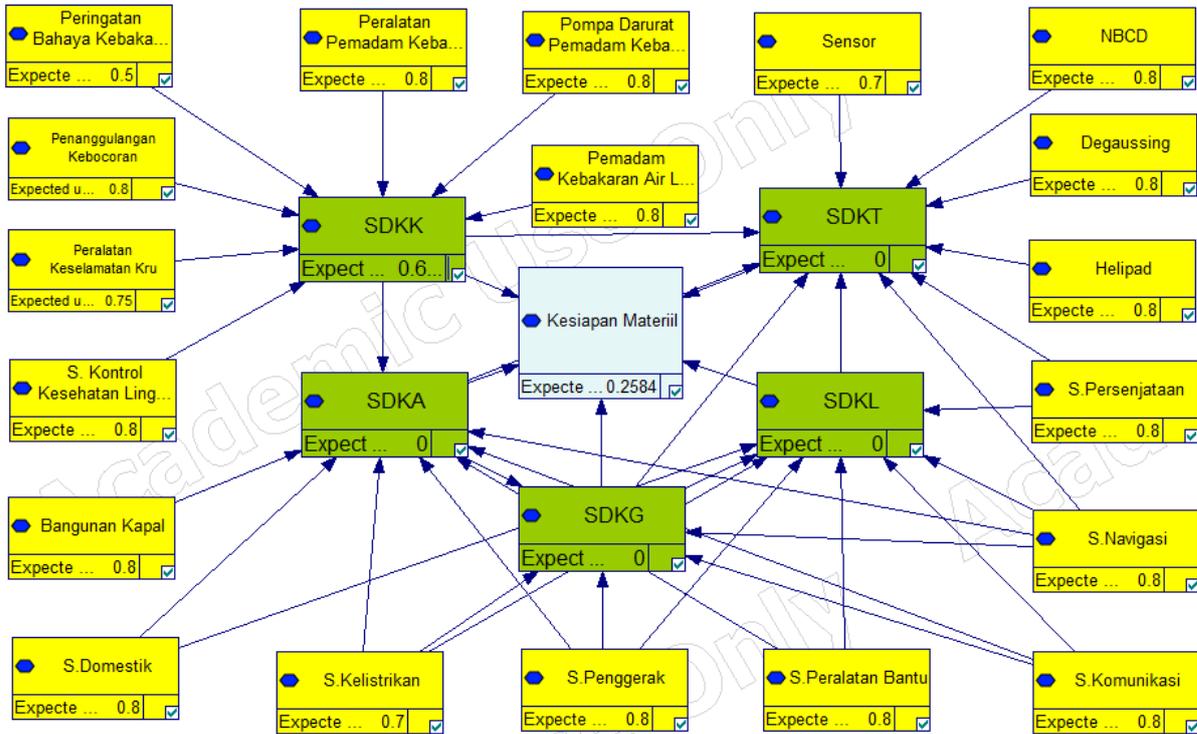
Gambar 4.23 Hasil Analisis Laporan Februari 2024

Berdasarkan hasil analisis pada gambar 4.23 menunjukkan nilai total kesiapan materiil KRI Kelas SIGMA pada bulan Februari 2024 sebesar 56%. SDKK sudah memenuhi nilai syarat kelaikan di atas 70% dan SDKA sudah memenuhi nilai syarat kelaikan di atas 60% tetapi pada SDKG hanya mendapat nilai sekitar 23%. SDKG tidak memenuhi syarat kelaikan di atas 65% sehingga sistem dukungan seterusnya dikalikan dengan 0. Kelompok sistem yang berpengaruh terhadap rendahnya nilai SDKG adalah kelompok sistem penggerak dengan nilai 60. Diketahui NKT minimum dari kelompok sistem penggerak pada SDKG adalah 68,6 dan bobot kelompok sistem penggerak terhadap SDKG adalah 70%. Bobot pengaruh sistem yang sangat besar inilah yang menyebabkan nilai SDKG sangat rendah pada saat kelompok sistem tersebut mengalami kerusakan. Kelompok sistem selain kelompok sistem penggerak pada laporan bulan ini menunjukkan rata-rata dalam keadaan standar antara 70 hingga 80. Meskipun kelompok sistem penggerak memiliki pengaruh terhadap SDKA, dikarenakan bobot pengaruhnya hanya 10%, nilai dari SDKA masih memenuhi syarat kelaikan dan hasil analisis penilaian menunjukan bahwa kondisi dari KRI Kelas SIGMA pada bulan Februari tahun 2024 dinyatakan Laik Apung.

4.5.11 Analisis Laporan Maret 2024

Berdasarkan hasil analisis pada gambar 4.24 menunjukkan nilai total kesiapan materiil KRI Kelas SIGMA pada bulan Maret 2024 sebesar 25,8%. Nilai yang sangat rendah ini disebabkan oleh NKT dari kelompok sistem peringatan bahaya kebakaran dan kebocoran yang menurut laporan hanya bernilai 50. Diketahui NKT minimum dari kelompok sistem peringatan bahaya kebakaran dan kebocoran adalah 76 dan bobot kelompok sistem pemadam kebakaran air laut

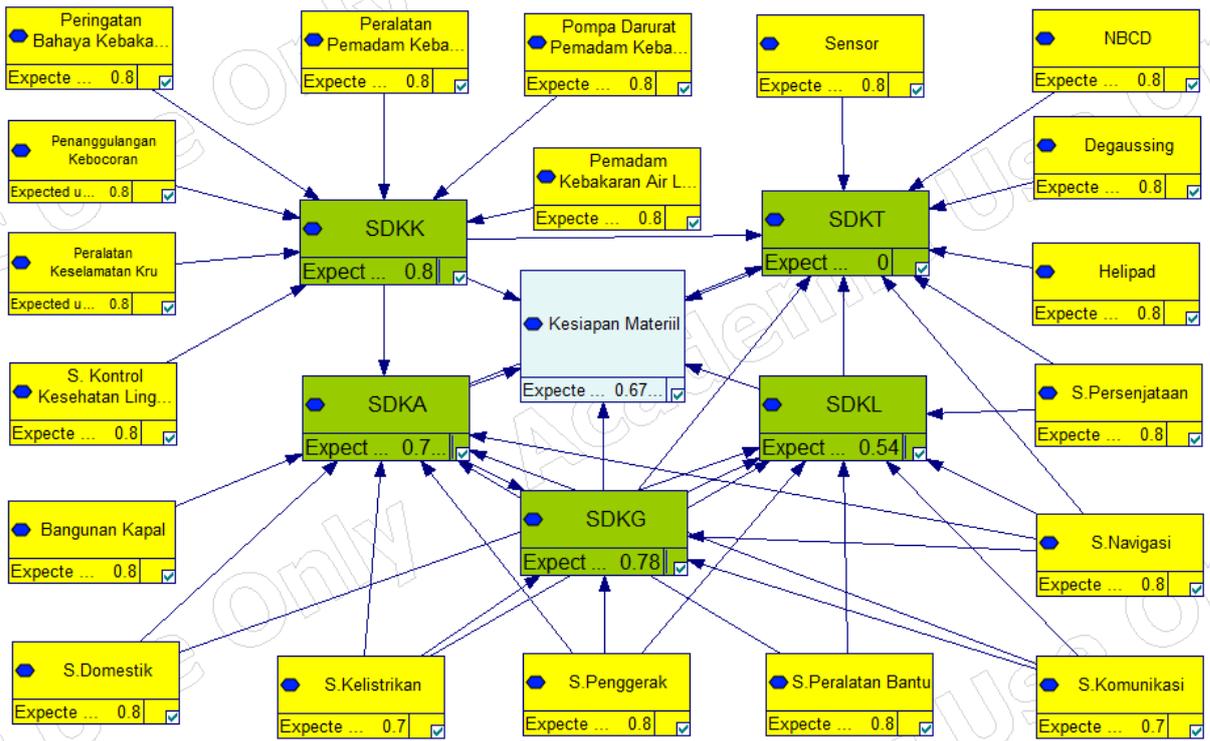
terhadap SDKK adalah 17,5%. Bobot pengaruh sistem yang besar menyebabkan nilai SDKK hanya sebesar 65,5%, tidak memenuhi syarat kelaikan di atas 70% dan mengakibatkan nilai sistem dukungan seterusnya dikalikan dengan 0. Seluruh kelompok sistem lain tercatat masih pada kondisi optimal dengan nilai berkisar antara 70 hingga 80. Hasil analisis penilaian menunjukan bahwa kondisi dari KRI Kelas SIGMA pada bulan Maret tahun 2024 dinyatakan Tidak Laik.



Gambar 4.24 Hasil Analisis Laporan Maret 2024

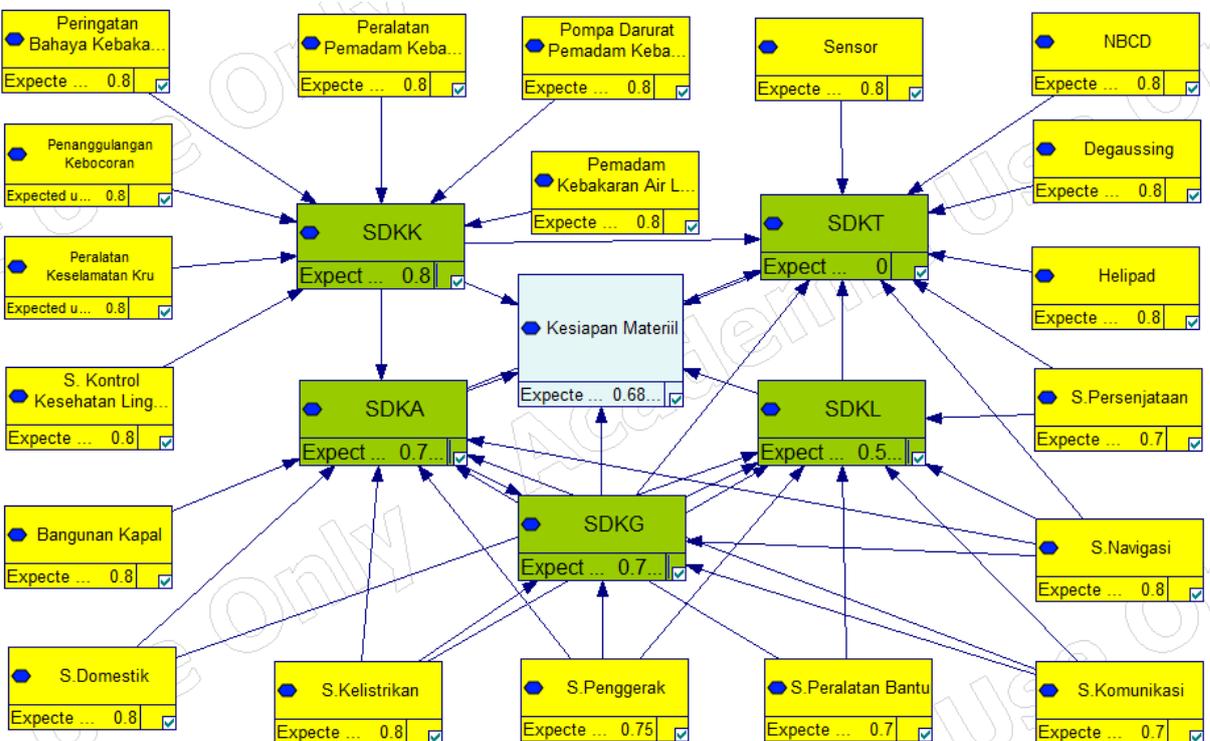
4.5.12 Analisis Laporan April 2024

Berdasarkan hasil analisis pada gambar 4.25 menunjukkan nilai total kesiapan materiil KRI Kelas SIGMA pada bulan April 2024 sebesar 67%. SDKK sudah memenuhi nilai syarat kelaikan di atas 70%, SDKA sudah memenuhi nilai syarat kelaikan di atas 60%, dan SDKG sudah memenuhi nilai syarat kelaikan di atas 65%. SDKL hanya mendapat nilai sekitar 54% sehingga tidak memenuhi syarat kelaikan di atas 70%. Kelompok sistem yang berpengaruh di sini adalah kelompok sistem komunikasi dengan NKT minimum pada SDKL sebesar 78,3 dan bobot pengaruh terhadap SDKL sebesar 17,5%. Kelompok sistem lain pada laporan bulan ini tercatat masih pada kondisi optimal dengan nilai berkisar antara 70 hingga 80. SDKK memiliki nilai 80%, SDKA memiliki nilai 75,8% dan SDKG memiliki nilai 78%. SDKT dikalikan dengan 0 karena sistem dukungan sebelumnya masih belum memenuhi syarat kelaikan untuk SDKT. Hasil analisis penilaian menunjukan bahwa kondisi dari KRI Kelas SIGMA I pada bulan April tahun 2024 dinyatakan Laik Gerak.



Gambar 4.25 Hasil Analisis Laporan April 2024

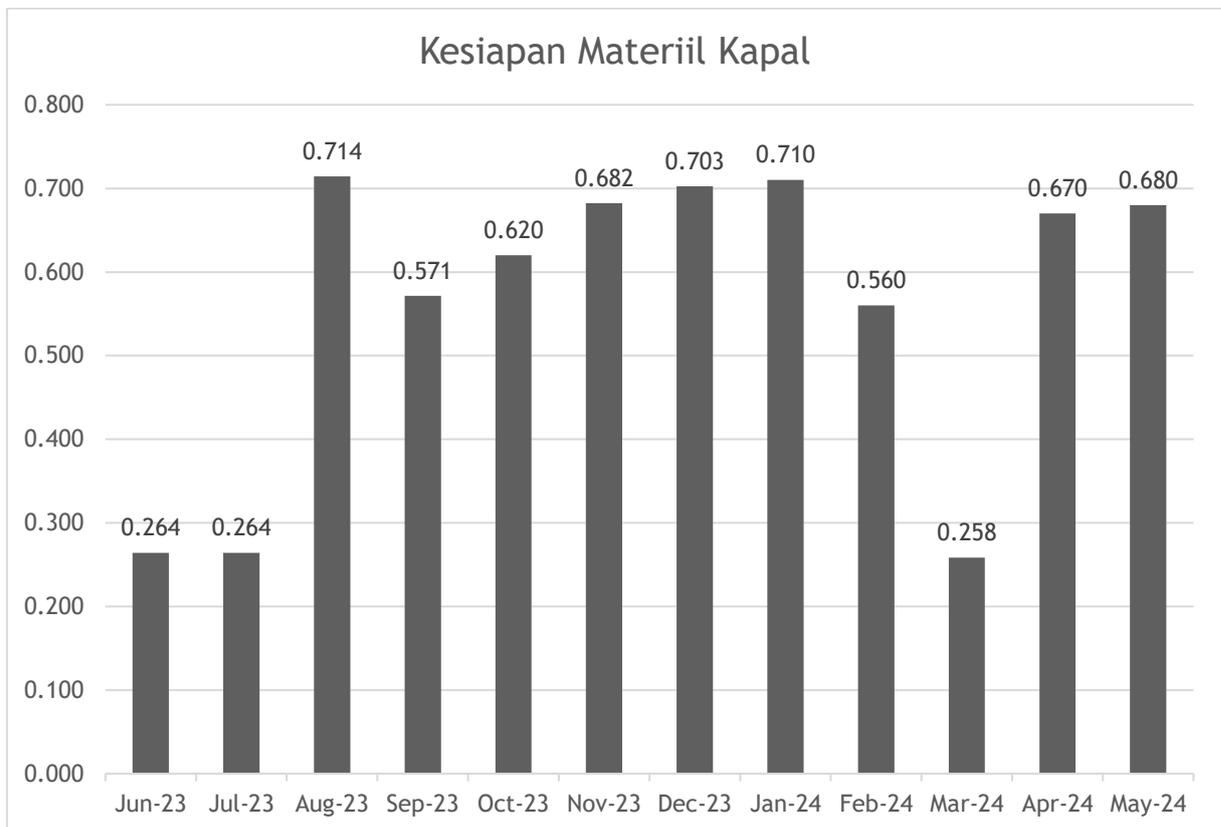
4.5.13 Analisis Laporan Mei 2024



Gambar 4.26 Hasil Analisis Laporan Mei 2024

Berdasarkan hasil analisis pada gambar 4.26 menunjukkan nilai total kesiapan materiil KRI Kelas SIGMA pada bulan Mei 2024 sebesar 68%. SDKK sudah memenuhi nilai syarat kelaikan di atas 70%, SDKA sudah memenuhi nilai syarat kelaikan di atas 60%, dan SDKG sudah memenuhi nilai syarat kelaikan di atas 65%. SDKL hanya mendapat nilai sekitar 51,5% sehingga tidak memenuhi syarat kelaikan di atas 70%. Kelompok sistem yang berpengaruh di sini adalah kelompok sistem komunikasi dengan NKT minimum pada SDKL sebesar 78,3 dan bobot pengaruh terhadap SDKL sebesar 17,5%. Kelompok sistem lain pada laporan bulan ini tercatat masih pada kondisi optimal dengan nilai berkisar antara 70 hingga 80. SDKK memiliki nilai 80%, SDKA memiliki nilai 79,4% dan SDKG memiliki nilai 75,5%. SDKT dikalikan dengan 0 karena sistem dukungan sebelumnya masih belum memenuhi syarat kelaikan untuk SDKT. Hasil analisis penilaian menunjukan bahwa kondisi dari KRI Kelas SIGMA pada bulan Mei tahun 2024 dinyatakan Laik Gerak.

4.6 Kesimpulan Hasil Analisis KRI Kelas SIGMA



Gambar 4.27 Grafik Hasil Analisis Laporan KRI Kelas SIGMA

Setelah nilai kesiapan materiil dikumpulkan dari hasil analisis data laporan NKT kelompok sistem pada KRI Kelas SIGMA, dapat disusun dan dilihat naik turunnya kondisi kesiapan materiil pada setiap bulan. Bisa disimpulkan kondisi kesiapan materiil yang sangat rendah bersangkutan dengan NKT dari kelompok sistem yang ada di SDKK atau kelompok sistem yang berhubungan dengan keselamatan dari bangunan kapal / keselamatan materiil dan keselamatan kru kapal. Ini dikarenakan syarat ketat yang diberikan pada buku Publikasi Umum milik TNI-AL yang menekankan tentang keselamatan itu sendiri.

NKT yang rendah dari laporan biasanya diberi keterangan salah satu sistem atau salah satu komponen alat dalam kelompok sistem tersebut sedang dilakukan perawatan, peningkatan sistem, ataupun sedang rusak dan segera diperbaiki. Pengelompokan sistem dan peralatan menjadi suatu kelompok sistem menyebabkan penentuan NKT kurang akurat karena nilai dari beberapa sistem dijadikan satu dan penentuan nilai untuk sistem yang *redundant* menjadi objektif sehingga bergantung kepada laporan dari kepala kamar mesin yang membuat atau menyusun laporan.

Dari seluruh hasil analisis, kapal sama sekali tidak pernah memenuhi tingkat Laik Tempur. Berdasarkan NKT dari laporan, SDKK tidak pernah menyentuh syarat kelaikan 90% yang diperlukan untuk SDKT. Ini disebabkan karena KRI Kelas SIGMA merupakan kapal yang tergolong lama dan telah beroperasi sejak tahun 2008.

Untuk mencapai tingkat kelaikan Laik Tempur, terdapat beberapa faktor yang harus dipenuhi. Pada SDKK yang memiliki bobot pengaruh terbesar terhadap kesiapan materiil, kelompok sistem pemadam kebakaran air laut, sistem peringatan bahaya kebakaran dan kebocoran, serta peralatan keselamatan kru, menjadi hal yang sangat penting dan perlu diperhatikan. Ketika kapal akan digunakan untuk operasi tempur, kelompok-kelompok peralatan keselamatan tersebut perlu diganti baru ataupun dilakukan *retrofit*.

Diperlukan juga pengecekan secara menyeluruh pada kondisi lambung dan bangunan kapal untuk memenuhi persyaratan SDKA. Pengecekan dan perbaikan pada kelompok sistem penggerak terutama *main engine* dan *gearbox* dalam SDKG. Pembaruan peralatan radio pada kelompok sistem komunikasi serta kelompok sistem navigasi dalam SDKL. Serta perawatan dan perbaikan pada sistem persenjataan dan sonar dalam SDKT. Seluruh pengecekan dan perbaikan tersebut memungkinkan nilai maksimal kesiapan materiil kapal dan dapat memastikan kapal Laik Tempur sebelum menjalankan operasi.

BAB 5

KESIMPULAN DAN SARAN

5.1 Kesimpulan

Dalam penelitian ini, digunakan metode *bayesian network* dibantu dengan menggunakan *software* GeNIe versi akademi dalam menganalisis dan menentukan nilai Kesiapan Materiil dari KRI Kelas SIGMA. Berdasarkan analisis yang telah dilakukan, berikut ini adalah hasil yang didapatkan :

1. Dalam menganalisis Kesiapan Materiil kapal, diperlukan :
 - a. Nilai kondisi teknis (NKT) dari sistem atau komponen dari kapal tersebut yang didapat dari laporan. Perlu ditentukan juga NKT minimum yang menjadi standar NKT suatu kelompok sistem dalam sistem dukungan tertentu.
 - b. *Directed acyclic graph* (DAG) yang menunjukkan keterkaitan dan pengaruh antara suatu kelompok sistem dengan kelompok sistem lainnya. Bobot pengaruh perlu dicari dan ditentukan terlebih dahulu dengan metode yang telah disepakati.
 - c. Metode tambahan dalam perhitungan yang digabungkan ke dalam *bayesian network* seperti sistem hierarki dan faktor pengali yang dibutuhkan untuk penentuan tingkat kelaikan dan memberikan pengaruh terhadap hasil akhir dari nilai kesiapan materiil.
2. Faktor-faktor yang mempengaruhi Kesiapan Materiil pada kapal di antaranya :
 - a. SDKK yang terdiri dari berbagai sistem penunjang keselamatan baik itu keselamatan bangunan kapal/materiil maupun keselamatan kru kapal / personel dari TNI-AL.
 - b. SDKA yang mencakup kondisi bangunan kapal dan sistem-sistem yang menunjang kemampuan kapal untuk digunakan sebagai tempat kegiatan administratif selama bersandar di dermaga.
 - c. SDKG yang mencakup sistem-sistem dasar untuk memungkinkan kapal dapat bergerak di area pangkalan.
 - d. SDKL yang mencakup sistem penunjang kemampuan komunikasi dan navigasi serta sistem persenjataan utama untuk melaksanakan pelayaran.
 - e. SDKT yang mencakup seluruh sistem persenjataan dan sensor yang mendukung untuk pelaksanaan operasi.

5.2 Saran

Adapun saran dari pembahasan di tugas akhir ini adalah sebagai berikut :

1. Analisis kesiapan materiil pada penelitian kali ini dibatasi pada tingkat sistem atau kelompok sistem sehingga hasil yang didapatkan masih kurang detail. Ke depannya penelitian dapat dilakukan pada tingkat yang lebih detail seperti pada tingkat komponen sehingga bisa memperhitungkan nilai kondisi teknis setiap komponennya dan dapat memfaktorkan kondisi di mana terdapat sistem yang *redundant*.
2. Analisis kesiapan materiil kapal perang kali ini merujuk kepada aturan-aturan dari TNI-AL yang menekankan keselamatan. Apabila analisis dilakukan pada jenis kapal lain, penilaian dan pembobotan dapat ditentukan dengan merujuk kepada aturan internasional seperti IMO ataupun SOLAS.

DAFTAR PUSTAKA

- Bayes' Theorem. (2008). In *The Concise Encyclopedia of Statistics* (pp. 30–31). Springer New York. https://doi.org/10.1007/978-0-387-32833-1_21
- Chen, R., Zhang, C., Wang, S., Zio, E., Dui, H., & Zhang, Y. (2023). Importance measures for critical components in complex system based on Copula Hierarchical Bayesian Network. *Reliability Engineering & System Safety*, 230, 108883. <https://doi.org/10.1016/j.ress.2022.108883>
- Codetta-Raiteri, D., & Portinale, L. (2017). Generalized Continuous Time Bayesian Networks as a modelling and analysis formalism for dependable systems. *Reliability Engineering & System Safety*, 167, 639–651. <https://doi.org/10.1016/j.ress.2017.04.014>
- Daya, A., & Lazakis, I. (2023). Component Criticality Analysis for Improved Ship Machinery Reliability. *Machines*, 11(7), 737. <https://doi.org/10.3390/machines11070737>
- Heckerman, D. (2008). A Tutorial on Learning with Bayesian Networks. In *Innovations in Bayesian Networks* (pp. 33–82). Springer Berlin Heidelberg. https://doi.org/10.1007/978-3-540-85066-3_3
- Lee, D., Kim, S., Lee, K., Shin, S., Choi, J., Park, B. J., & Kang, H. J. (2021). Performance-based on-board damage control system for ships. *Ocean Engineering*, 223, 108636. <https://doi.org/10.1016/j.oceaneng.2021.108636>
- Li, G.-G., Zhu, X.-D., & Zhou, F.-J. (2012). Study on relation model between operational availability and Materiel Readiness of equipment. *2012 International Conference on Quality, Reliability, Risk, Maintenance, and Safety Engineering*, 1246–1248. <https://doi.org/10.1109/ICQR2MSE.2012.6246445>
- Melnyk, O., Onishchenko, O., Vasalatii, N., & Varlan, T. (2022). INTRODUCTION OF MODERN MARINE TECHNOLOGIES IN SHIP NAVIGATION PROCESS. *Grail of Science*, 18–19, 181–185. <https://doi.org/10.36074/grail-of-science.26.08.2022.33>
- Publikasi Umum TNI AL. (2014). *Buku Petunjuk Teknis Penilaian Kelaikan Materiil KRI. Schelde Naval Shipbuilding. (2007). Ship's Information Manual.*
- Stephen Saunders. (2015). *Jane's fighting ships 2015-2016.*

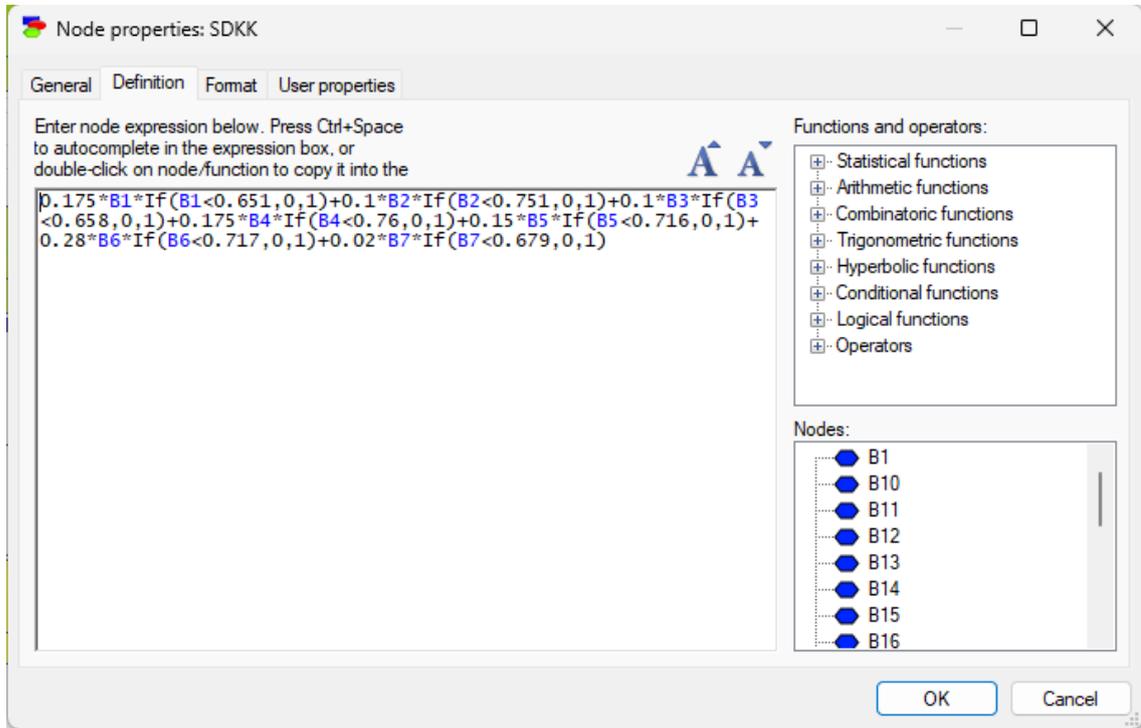
UNCTAD. (2021). Review of Maritime Report 2021. In United Nations Publications.

Yanif, D. K., & Iman, T. D. (2007). An Investigation into the Application of Maintenance Management Concept Based on Reliability Centered Maintenance of Tni-AI Fleet (Case Study of Corvette / Parchim Class). IPTEK The Journal for Technology and Science, 18(1). <https://doi.org/10.12962/j20882033.v18i1.180>

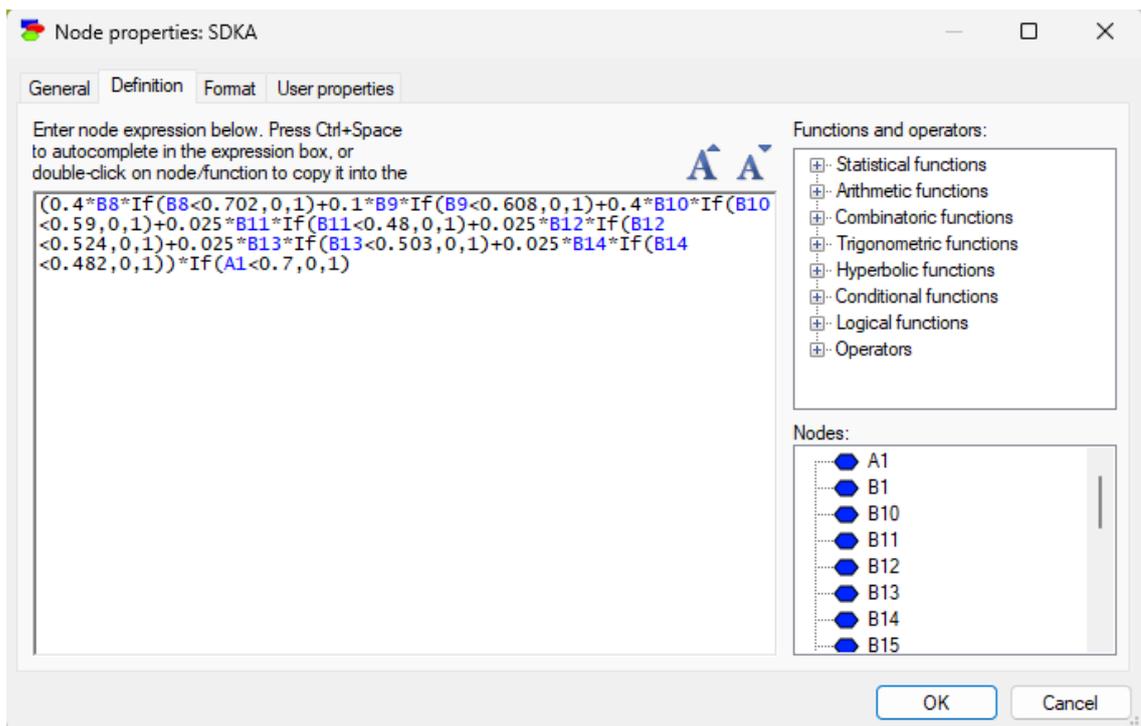
LAMPIRAN

RUMUS DALAM NODE A1-A5

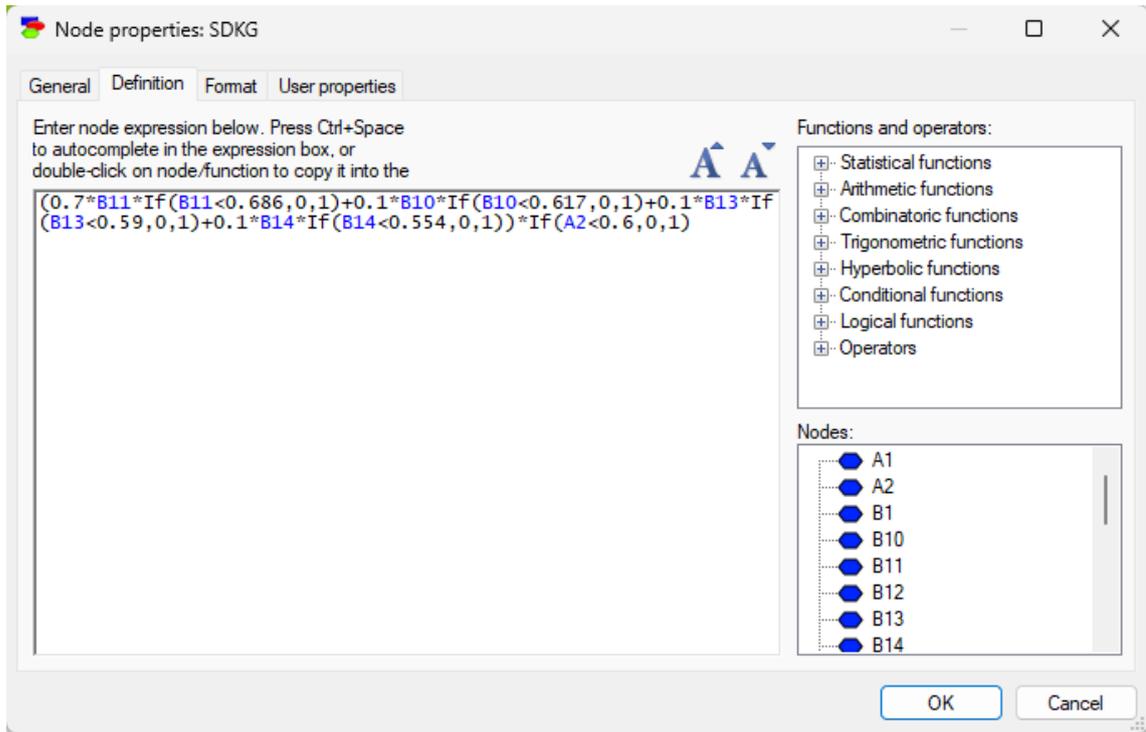
- Node A1 (SDKK)



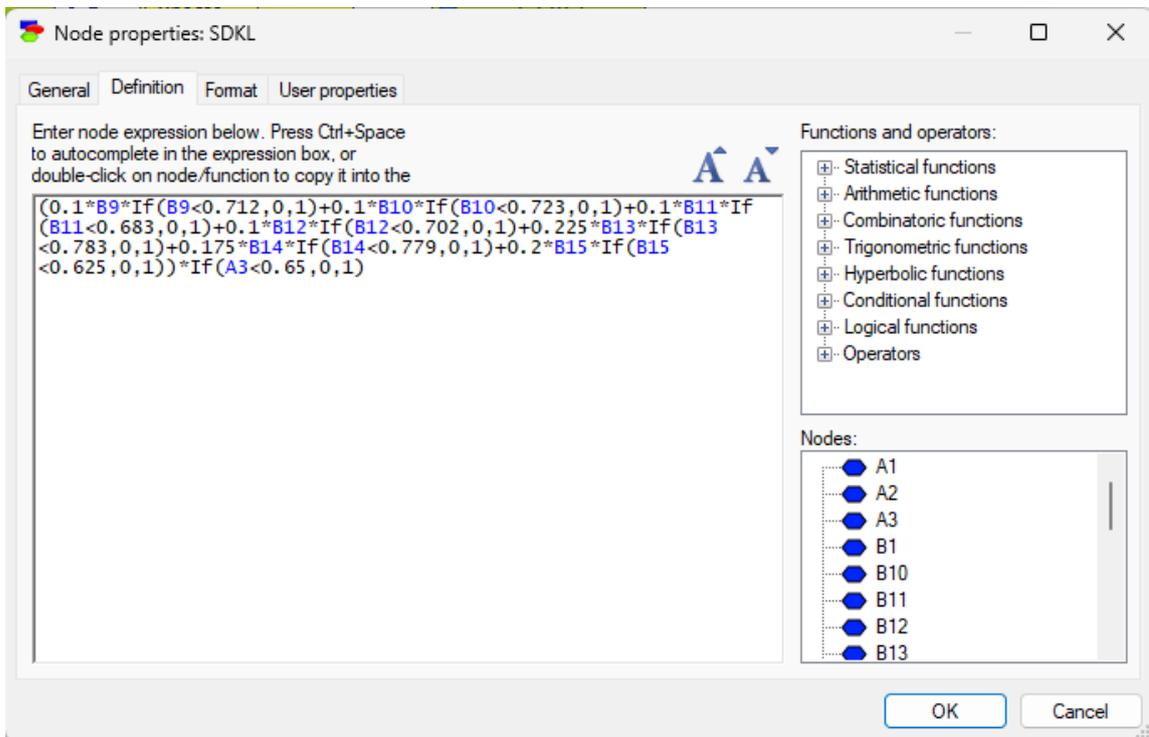
- Node A2 SDKA



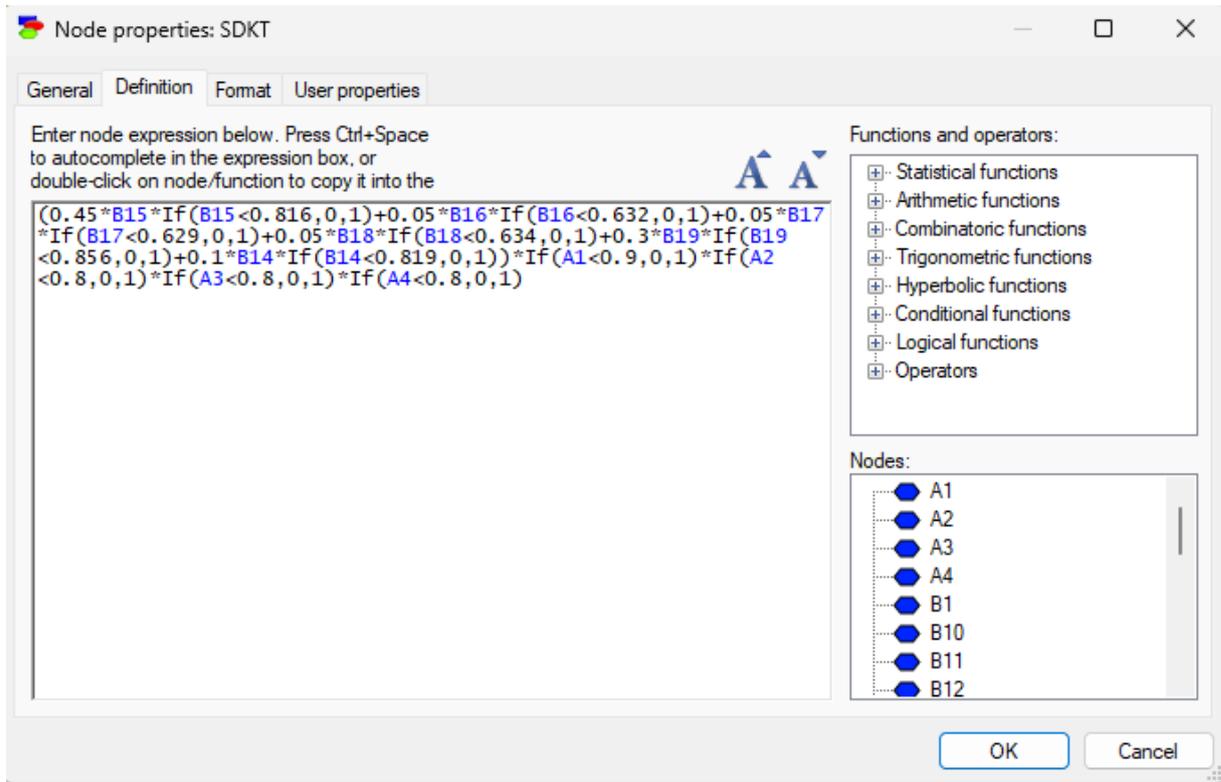
- Node A3 SDKG



- Node A4 SDKL



- Node A5 SDKT



KUESIONER

Kesiapan Materiil (*Materiel Readiness*)

Kesiapan materiil (*materiel readiness*) adalah probabilitas peralatan untuk siap digunakan dalam melaksanakan tugas pada saat itu, atau peralatan dalam keadaan rusak dengan tersedia waktu yang cukup untuk diperbaiki, ataupun jika ada peralatan cadangan yang dapat digunakan untuk menggantikan peralatan utama tersebut.

Pada angket ini, jawaban Anda akan memberikan gambaran berapa nilai kondisi teknis minimum masing-masing sistem yang ada dalam kapal terhadap setiap sistem dukungan, sehingga dapat ditarik suatu kesimpulan dalam penelitian.

Kuesioner Penentuan Nilai Kondisi Teknis Minimum

Data diri pengisi form

Nama :

Pangkat :

Nrp :

Teknis Penilaian berdasarkan PUM pada batas bawah :

90 = Sangat Baik = Sistem/peralatan baru yang baru-baru ini dipasang

80 = Baik = Sistem/peralatan masih belum lama dipakai, atau baru diperbaiki

65 = Cukup Baik = Sistem/peralatan yang sudah cukup lama dipakai dan berfungsi normal

50 = Rusak Ringan = Sistem/peralatan dengan fungsi utama yang masih berfungsi normal

35 = Rusak Sedang = Sistem/peralatan masih berfungsi sebagian

0 = Rusak Berat = Sistem/peralatan rusak total atau tidak berfungsi sama sekali

Sistem Dukungan Kemampuan Keselamatan (SDKK)

SDKK mencakup sistem dan peralatan yang mengutamakan keselamatan baik itu keselamatan materiil atau bangunan kapal, keselamatan personil, ataupun keselamatan seluruh sistem yang berada di dalam kapal.

Berdasarkan Publikasi Umum TNI-AL tahun 2014, SDKK dipengaruhi oleh 7 kelompok sistem

- Kelompok Sistem Pemadam Kebakaran Air Laut dengan Bobot 17,5%,
- Kelompok Sistem Pompa Darurat Pemadam Kebakaran dengan bobot 10%,
- Kelompok Sistem Peralatan Pemadam Kebakaran dengan bobot 10%,
- Kelompok Sistem Peringatan Bahaya Kebakaran & Kebocoran dengan bobot 17,5%,
- Kelompok Sistem Penanggulangan Kebocoran dengan bobot 15%,
- Kelompok Sistem Peralatan Keselamatan Kru dengan bobot 10%,
- Kelompok Sistem Kontrol Kesehatan Lingkungan dengan bobot 10%.

1. Menurut Anda, berapa nilai minimum kondisi teknis Kelompok Sistem **Pemadam Kebakaran Air Laut** untuk **SDKK** ?
 90 80 65 50 35 0
2. Menurut Anda, berapa nilai minimum kondisi teknis Kelompok Sistem **Pompa Darurat Pemadam Kebakaran** untuk **SDKK** ?
 90 80 65 50 35 0
3. Menurut Anda, berapa nilai minimum kondisi teknis Kelompok Sistem **Peralatan Pemadam Kebakaran** untuk **SDKK** ?
 90 80 65 50 35 0
4. Menurut Anda, berapa nilai minimum kondisi teknis Kelompok Sistem **Peringatan Bahaya Kebakaran & Kebocoran** untuk **SDKK** ?
 90 80 65 50 35 0
5. Menurut Anda, berapa nilai minimum kondisi teknis Kelompok Sistem **Penanggulangan Kebocoran** untuk **SDKK** ?
 90 80 65 50 35 0
6. Menurut Anda, berapa nilai minimum kondisi teknis Kelompok Sistem **Peralatan Keselamatan Kru** untuk **SDKK** ?
 90 80 65 50 35 0
7. Menurut Anda, berapa nilai minimum kondisi teknis Kelompok Sistem **Sistem Kontrol Kesehatan Lingkungan** untuk **SDKK** ?
 90 80 65 50 35 0

Sistem Dukungan Kemampuan Apung (SDKA)

SDKA mengutamakan kondisi kelaikan kapal untuk dapat mengapung dan juga melaksanakan kegiatan administratif yang ada dikapal tersebut selama bersandar di dermaga.

Berdasarkan Publikasi Umum TNI-AL tahun 2014, SDKA dipengaruhi oleh 7 kelompok sistem

- Kelompok Sistem Bangunan Kapal dengan bobot 40%,
- Kelompok Sistem Domestik dengan bobot 10%,
- Kelompok Sistem Penggerak Kelistrikan dengan bobot 10%,
- Kelompok Sistem Kelistrikan Penggerak dengan bobot 10%,
- Kelompok Sistem Peralatan Bantu dengan bobot 10%,
- Kelompok Sistem Navigasi dan Meteorologi dengan bobot 10%,
- Kelompok Sistem Komunikasi dengan bobot 10%.

8. Menurut Anda, berapa nilai minimum kondisi teknis Kelompok Sistem **Bangunan Kapal** untuk **SDKA** ?
 90 80 65 50 35 0
9. Menurut Anda, berapa nilai minimum kondisi teknis Kelompok Sistem **Domestik** untuk **SDKA** ?
 90 80 65 50 35 0
10. Menurut Anda, berapa nilai minimum kondisi teknis Kelompok Sistem **Penggerak** untuk **SDKA** ?
 90 80 65 50 35 0
11. Menurut Anda, berapa nilai minimum kondisi teknis Kelompok Sistem **Kelistrikan** untuk **SDKA** ?
 90 80 65 50 35 0
12. Menurut Anda, berapa nilai minimum kondisi teknis Kelompok Sistem **Peralatan Bantu** untuk **SDKA** ?
 90 80 65 50 35 0
13. Menurut Anda, berapa nilai minimum kondisi teknis Kelompok Sistem **Komunikasi** untuk **SDKA** ?
 90 80 65 50 35 0
14. Menurut Anda, berapa nilai minimum kondisi teknis Kelompok Sistem **Navigasi dan Meteorologi** untuk **SDKA** ?
 90 80 65 50 35 0

Sistem Dukungan Kemampuan Gerak (SDKG)

SDKG mengutamakan sistem propulsi yang mencakup kondisi dari mesin penggerak utama demi memenuhi kemampuan untuk kapal dapat berpindah di sekitar dermaga.

Berdasarkan Publikasi Umum TNI-AL tahun 2014, SDKG dipengaruhi oleh 4 kelompok sistem

- Kelompok Sistem Penggerak dengan bobot 70%,
- Kelompok Sistem Kelistrikan dengan bobot 10%,
- Kelompok Sistem Navigasi dan Meteorologi dengan bobot 10%,
- Kelompok Sistem Komunikasi dengan bobot 10%.

15. Menurut Anda, berapa nilai minimum kondisi teknis Kelompok Sistem **Penggerak** untuk **SDKG** ?
 90 80 65 50 35 0
16. Menurut Anda, berapa nilai minimum kondisi teknis Kelompok Sistem **Kelistrikan** untuk **SDKG** ?
 90 80 65 50 35 0
17. Menurut Anda, berapa nilai minimum kondisi teknis Kelompok Sistem **Komunikasi** untuk **SDKG** ?
 90 80 65 50 35 0
18. Menurut Anda, berapa nilai minimum kondisi teknis Kelompok Sistem **Navigasi dan Meteorologi** untuk **SDKG** ?
 90 80 65 50 35 0

Sistem Dukungan Kemampuan Layar (SDKL)

SDKL mengutamakan sistem navigasi dan komunikasi dan harus dipenuhi jika kapal ingin mampu melaksanakan pelayaran secara normal tanpa ada kendala.

Berdasarkan Publikasi Umum TNI-AL tahun 2014, SDKL dipengaruhi oleh 7 kelompok sistem

- Kelompok Sistem Domestik dengan bobot 10%,
- Kelompok Sistem Penggerak dengan bobot 10%,
- Kelompok Sistem Kelistrikan dengan bobot 10%,
- Kelompok Sistem Peralatan Bantu dengan bobot 10%,
- Kelompok Sistem Navigasi dan Meteorologi dengan bobot 22,5%,
- Kelompok Sistem Komunikasi dengan bobot 17,5%.
- Kelompok Sistem Persenjataan dengan bobot 20%.

19. Menurut Anda, berapa nilai minimum kondisi teknis Kelompok Sistem **Domestik** untuk **SDKL** ?
 90 80 65 50 35 0
20. Menurut Anda, berapa nilai minimum kondisi teknis Kelompok Sistem **Penggerak** untuk **SDKL** ?
 90 80 65 50 35 0
21. Menurut Anda, berapa nilai minimum kondisi teknis Kelompok Sistem **Kelistrikan** untuk **SDKL** ?
 90 80 65 50 35 0
22. Menurut Anda, berapa nilai minimum kondisi teknis Kelompok Sistem **Peralatan Bantu** untuk **SDKL** ?
 90 80 65 50 35 0
23. Menurut Anda, berapa nilai minimum kondisi teknis Kelompok Sistem **Komunikasi** untuk **SDKL** ?
 90 80 65 50 35 0
24. Menurut Anda, berapa nilai minimum kondisi teknis Kelompok Sistem **Navigasi dan Meteorologi** untuk **SDKL** ?
 90 80 65 50 35 0

25. Menurut Anda, berapa nilai minimum kondisi teknis Kelompok Sistem **Persenjataan** untuk **SDKL** ?
 90 80 65 50 35 0

Sistem Dukungan Kemampuan Layar (SDKT)

SDKT menjadi syarat agar kapal dapat dinyatakan layak tempur dengan mengutamakan kesiapan dari persenjataan dan sistem sensor pada kapal perang.

Berdasarkan Publikasi Umum TNI-AL tahun 2014, SDKT dipengaruhi oleh 6 kelompok sistem

- Kelompok Sistem Persenjataan dengan bobot 45%.
- Kelompok Sistem Helipad dengan bobot 5%,
- Kelompok Sistem *Degaussing* dengan bobot 5%,
- Kelompok Sistem NBCD dengan bobot 5%,
- Kelompok Sistem Sensor dengan bobot 30%,
- Kelompok Sistem Navigasi dan Meteorologi dengan bobot 10%.

26. Menurut Anda, berapa nilai minimum kondisi teknis Kelompok Sistem **Persenjataan** untuk **SDKT** ?
 90 80 65 50 35 0

27. Menurut Anda, berapa nilai minimum kondisi teknis Kelompok Sistem **Helipad** untuk **SDKT** ?
 90 80 65 50 35 0

28. Menurut Anda, berapa nilai minimum kondisi teknis Kelompok Sistem **Degaussing** untuk **SDKT** ?
 90 80 65 50 35 0

29. Menurut Anda, berapa nilai minimum kondisi teknis Kelompok Sistem **NBCD** untuk **SDKT** ?
 90 80 65 50 35 0

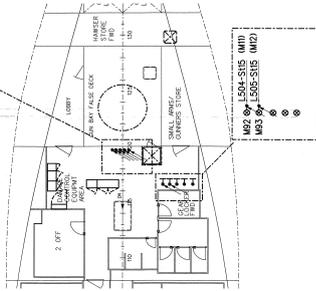
30. Menurut Anda, berapa nilai minimum kondisi teknis Kelompok Sistem **Sensor** untuk **SDKT** ?
 90 80 65 50 35 0

31. Menurut Anda, berapa nilai minimum kondisi teknis Kelompok Sistem **Navigasi dan Meteorologi** untuk **SDKT** ?
 90 80 65 50 35 0

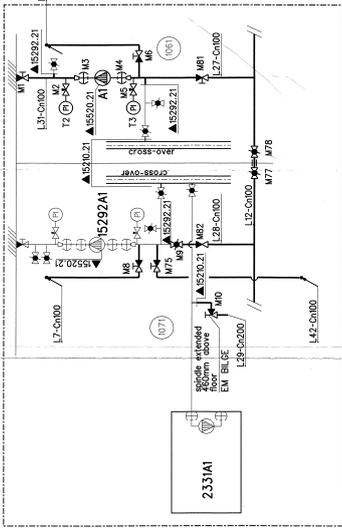
DIAGRAM SISTEM KRI KELAS SIGMA

REMOTE CONTROL VALVE
 M88 @ L500-S16 (M87)
 M89 @ L501-S16 (M85)
 M90 @ L502-S16 (M85)
 M91 @ L503-S16 (M78)
 M92 @ L504-S16 (M85)
 M93 @ L505-S16 (M85)

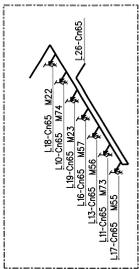
2 DECK



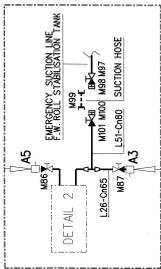
DETAIL 1



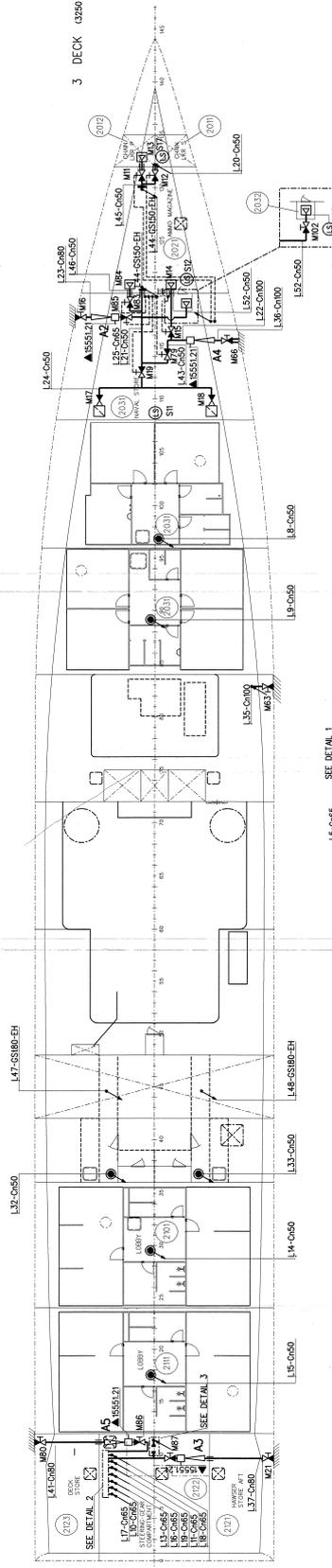
DETAIL 2



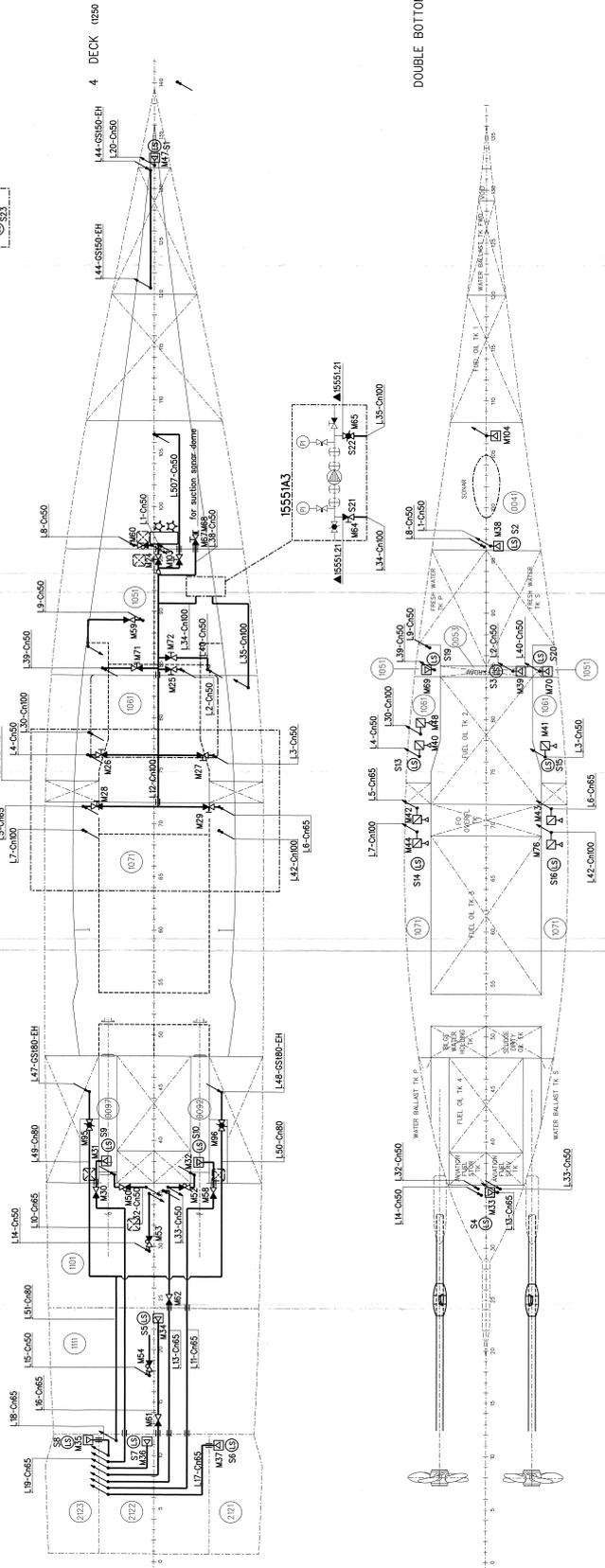
DETAIL 3



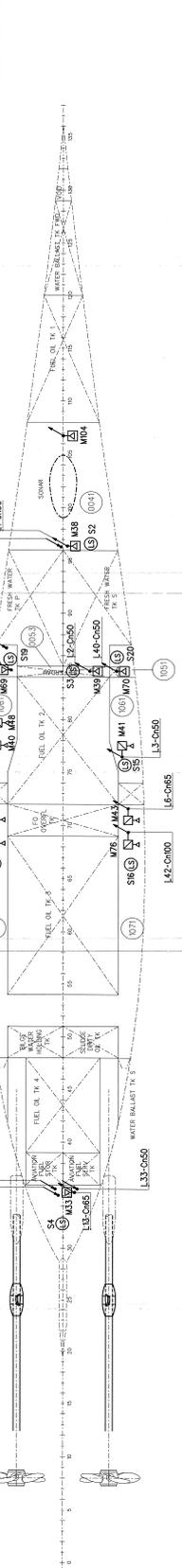
3 DECK (3250 AB)

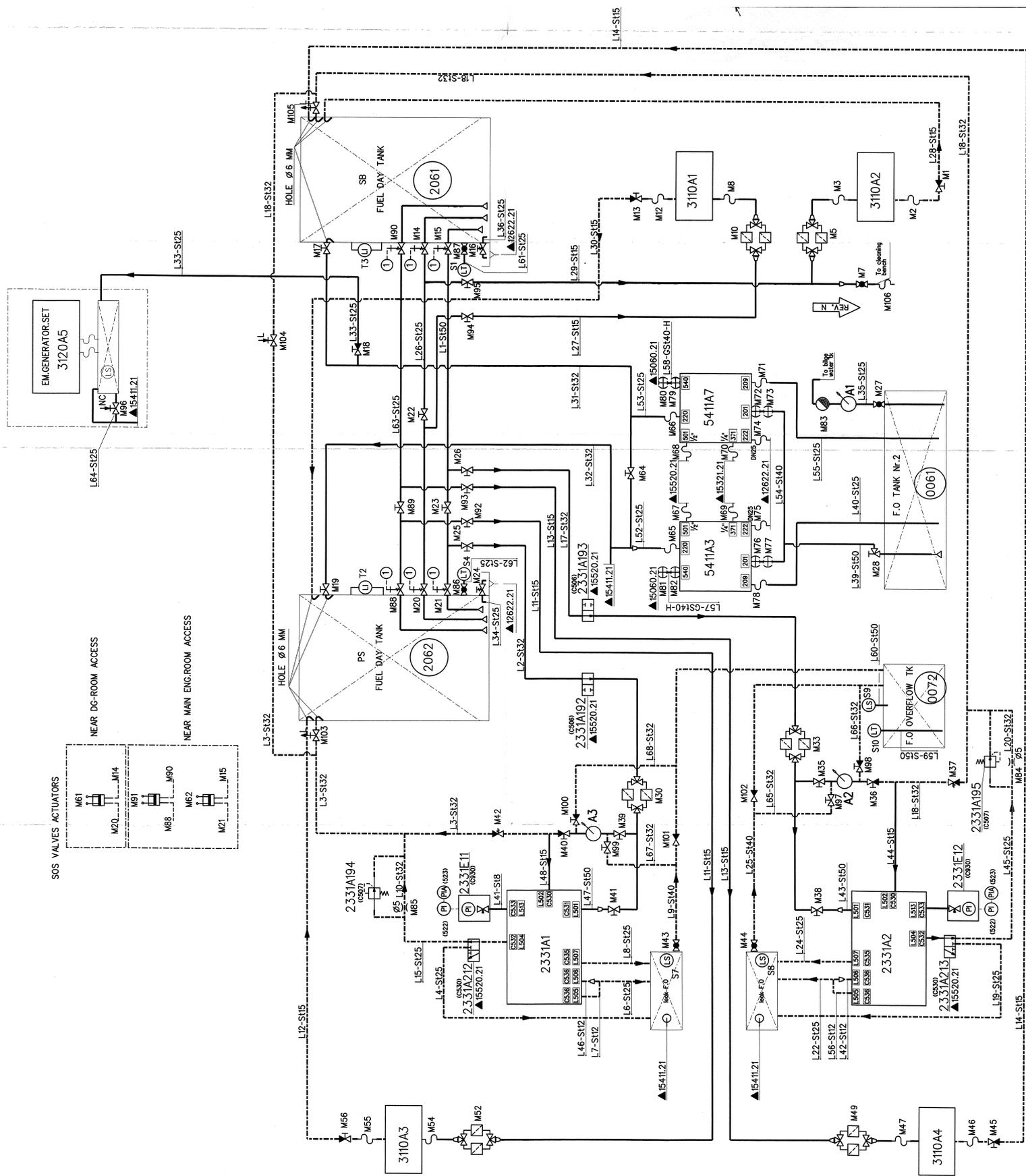


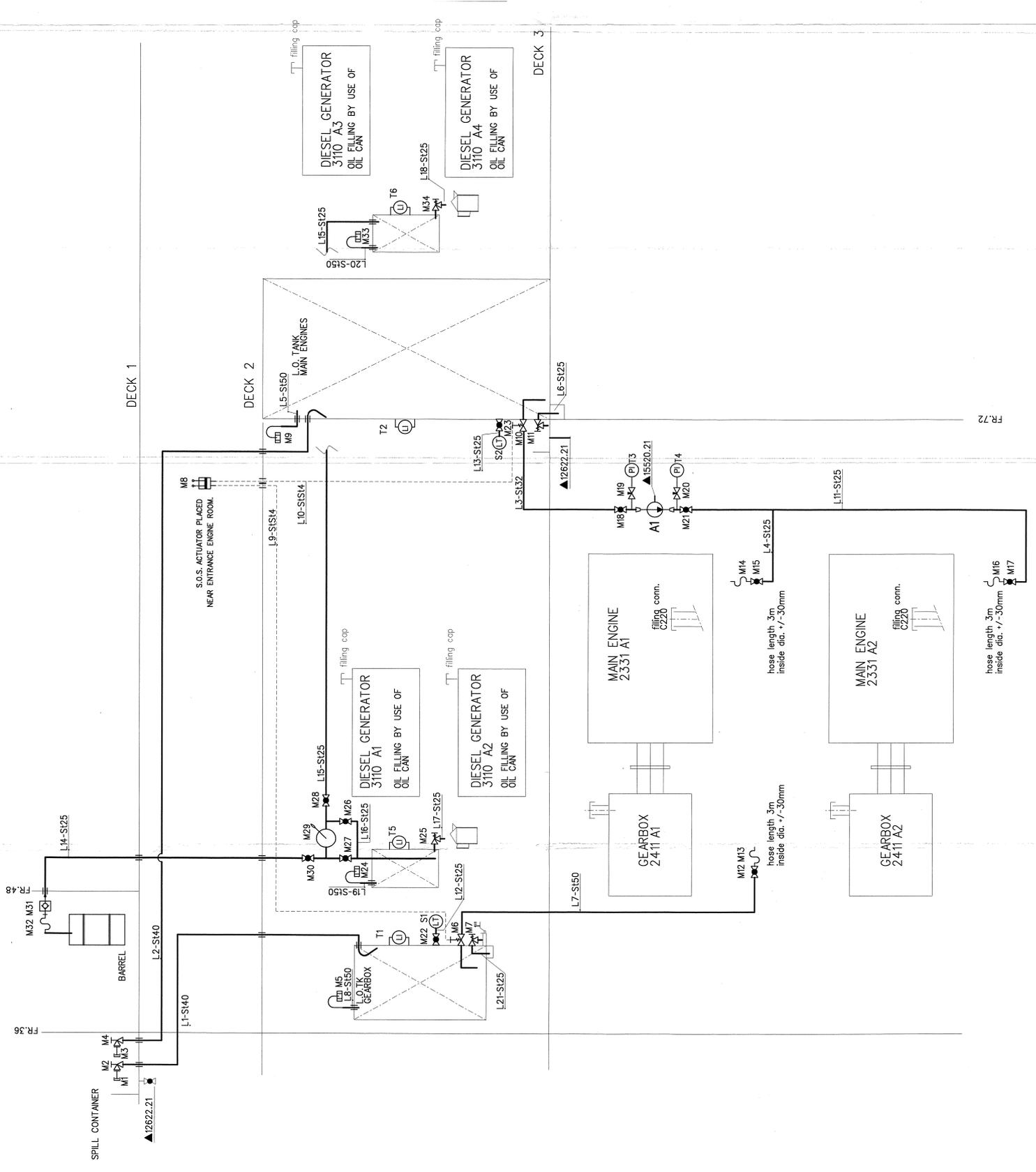
4 DECK (0250 AB)



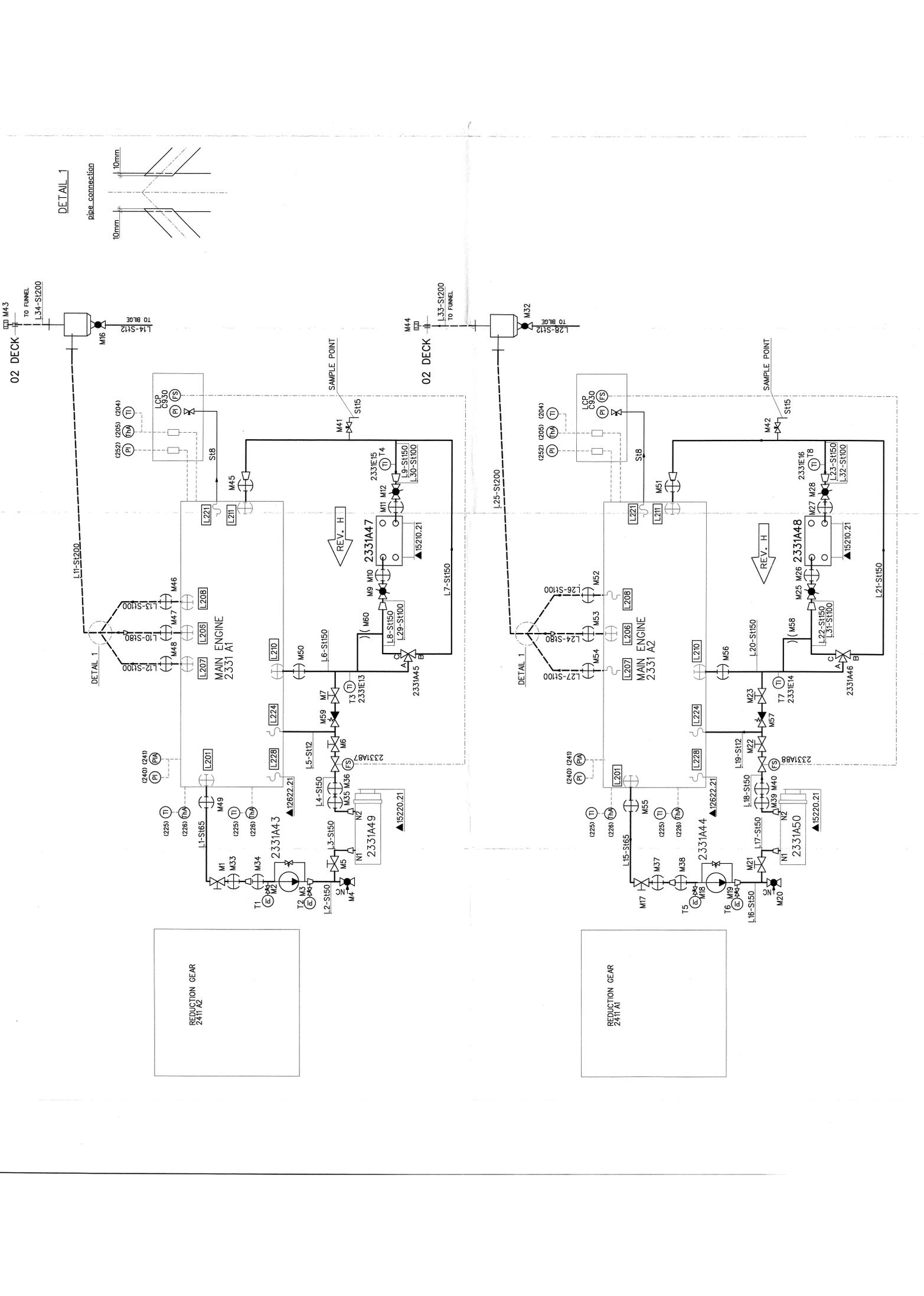
DOUBLE BOTTOM TANKS



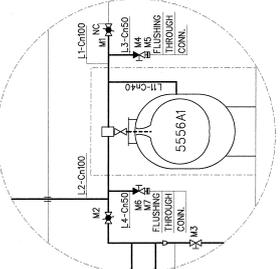




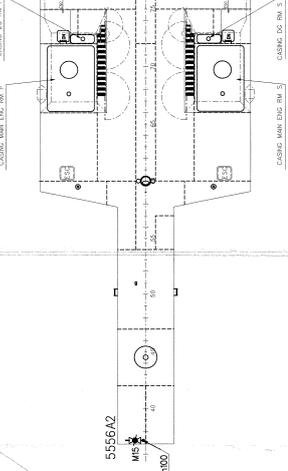
FR.72



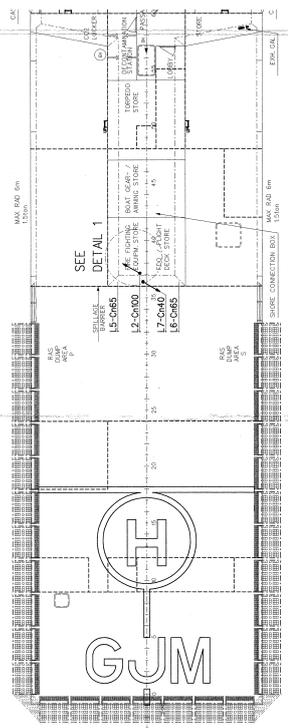
DETAIL 1
FIRE FIGHTING
EQUIP. STORE



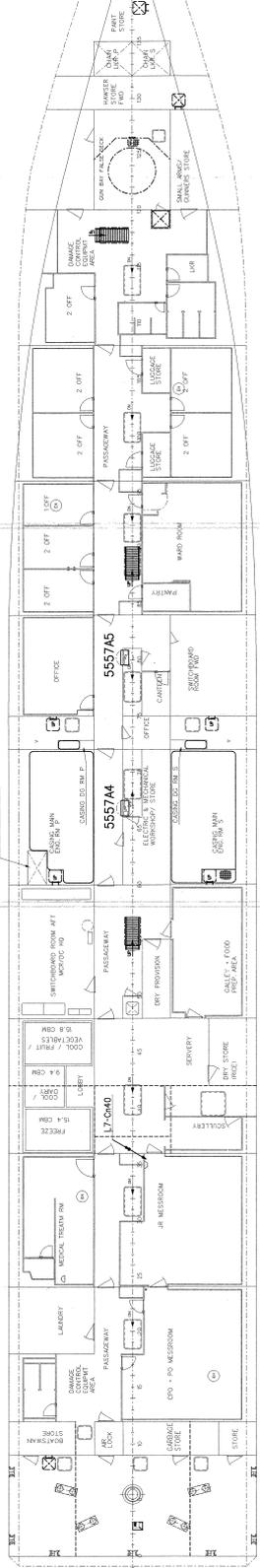
01 DECK (1800 AB)



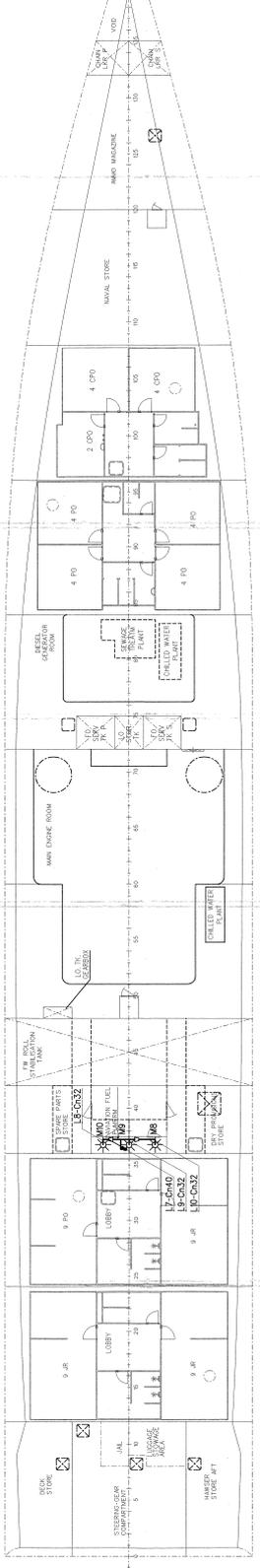
1 DECK (8750 AB)



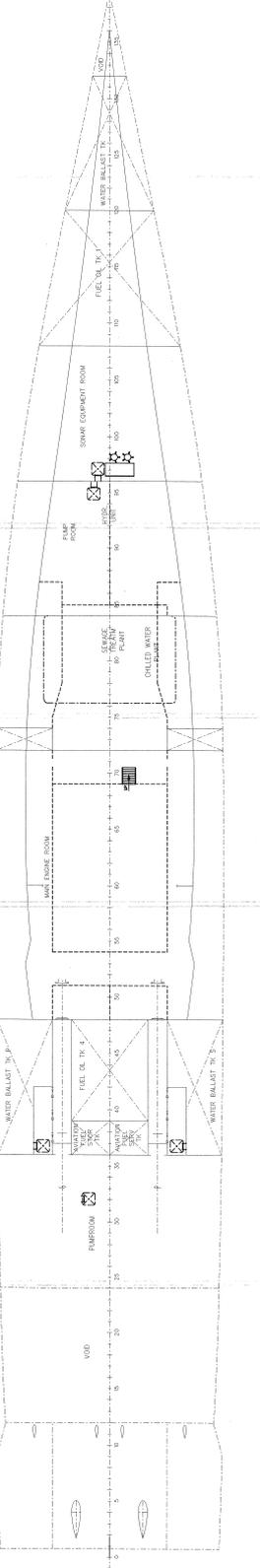
2 DECK (6000 AB)

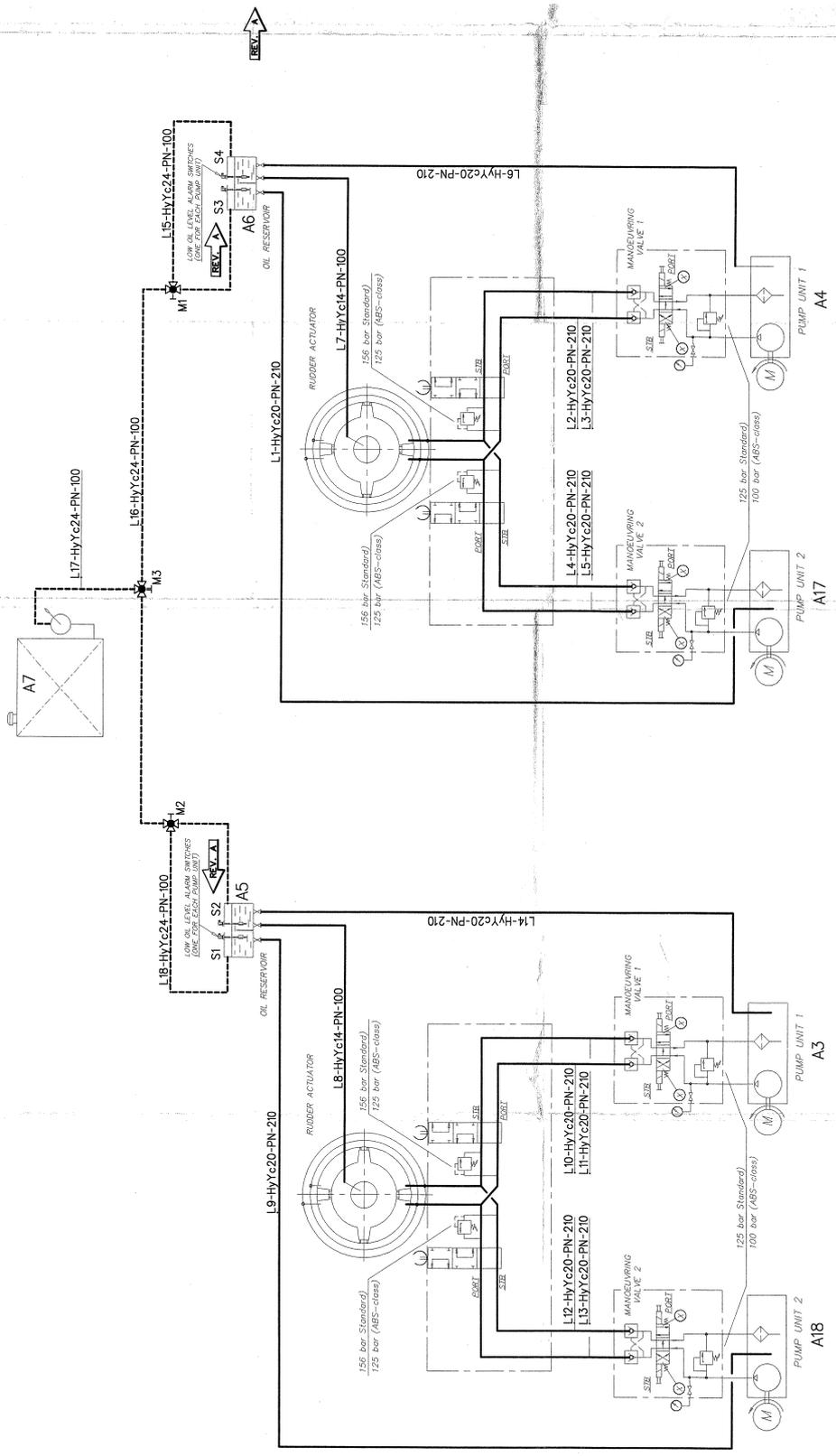


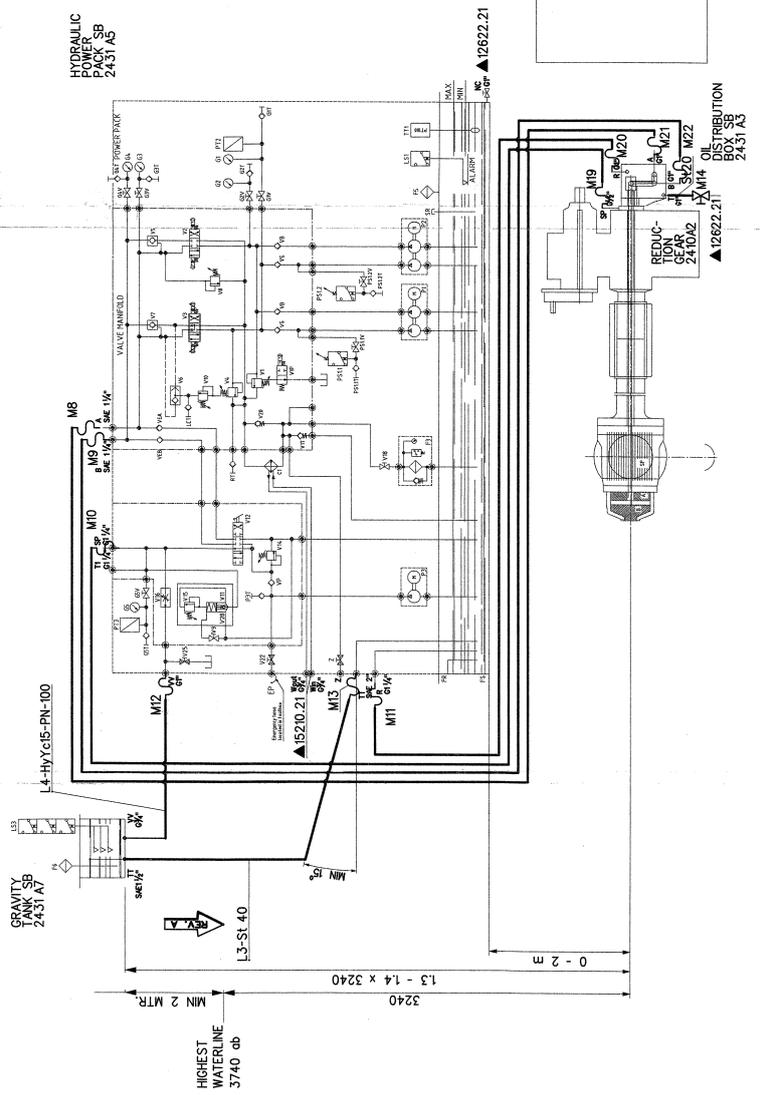
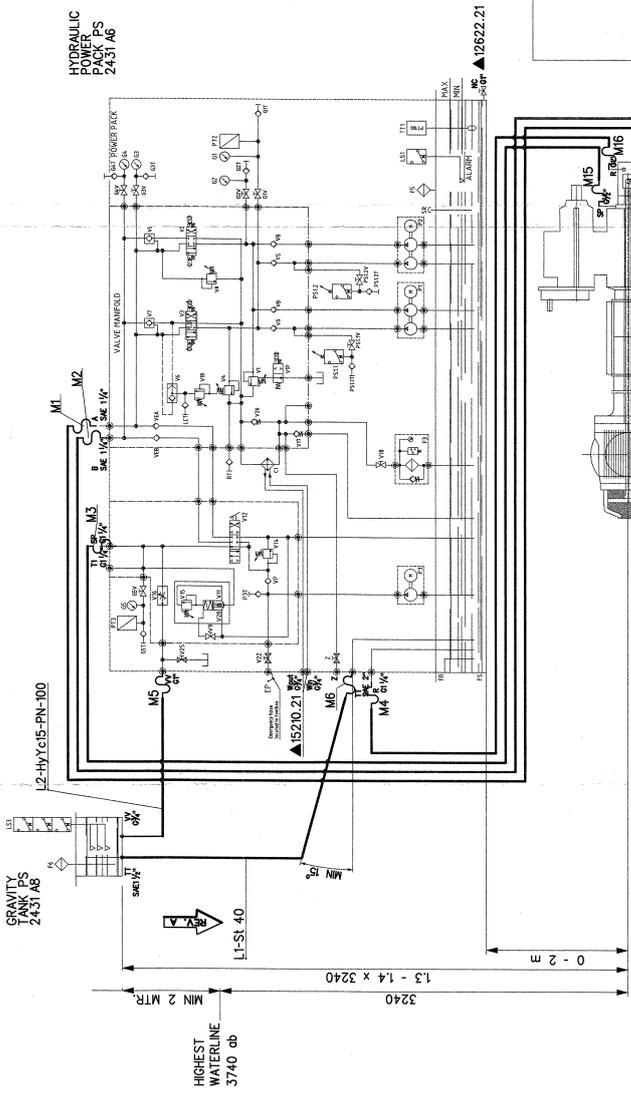
3 DECK (3250 AB)

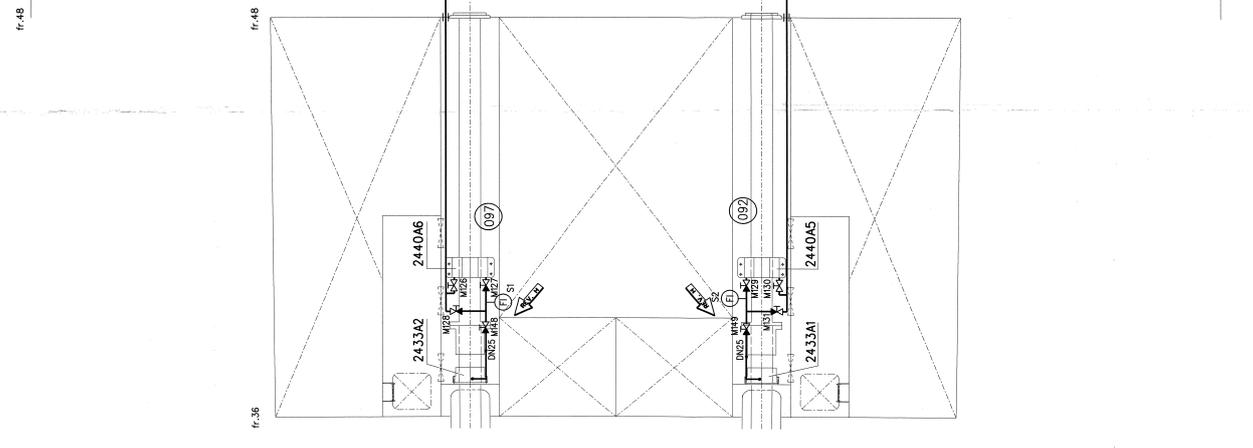
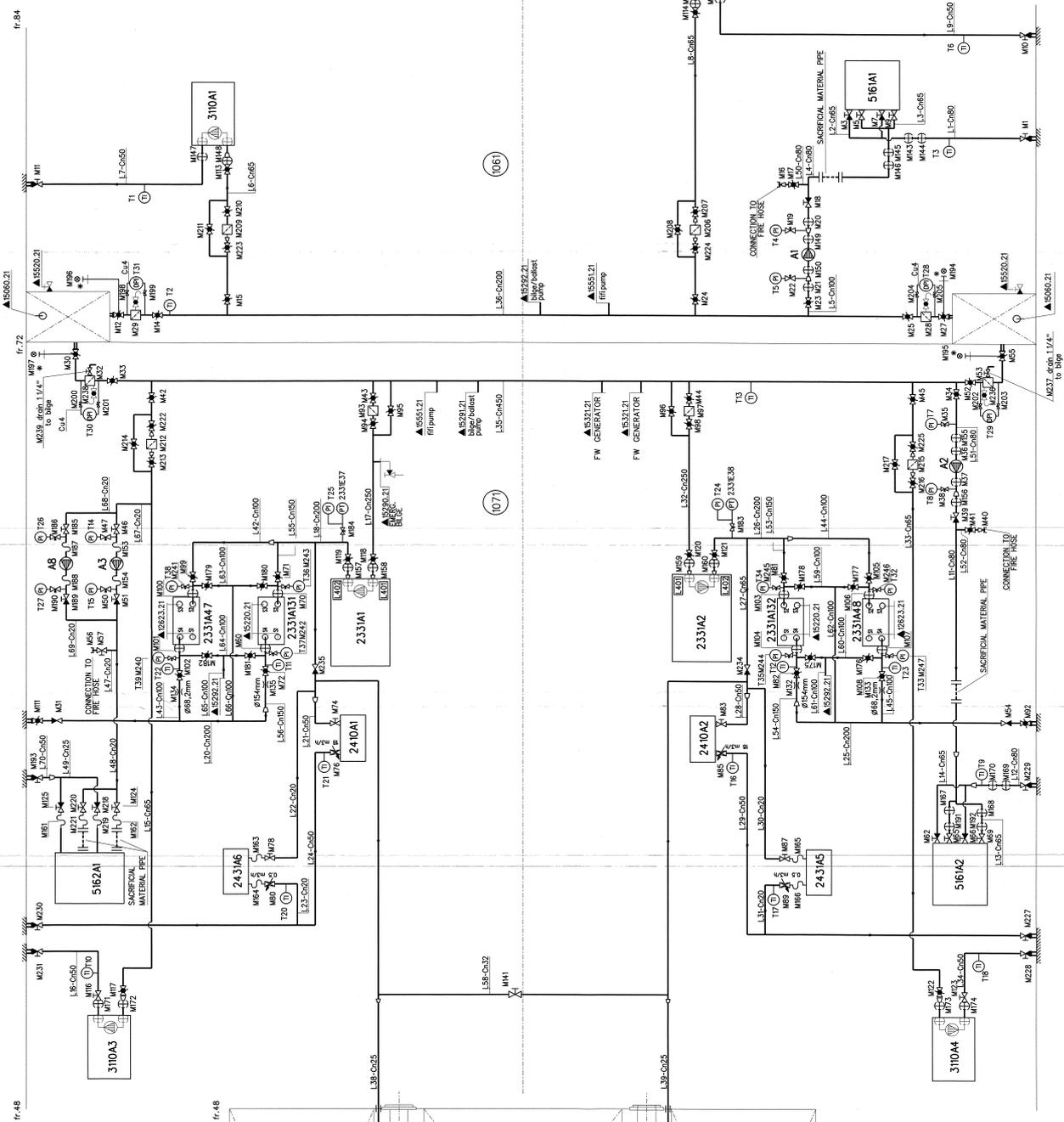
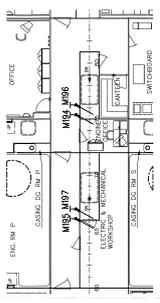


4 DECK (1250 AB)



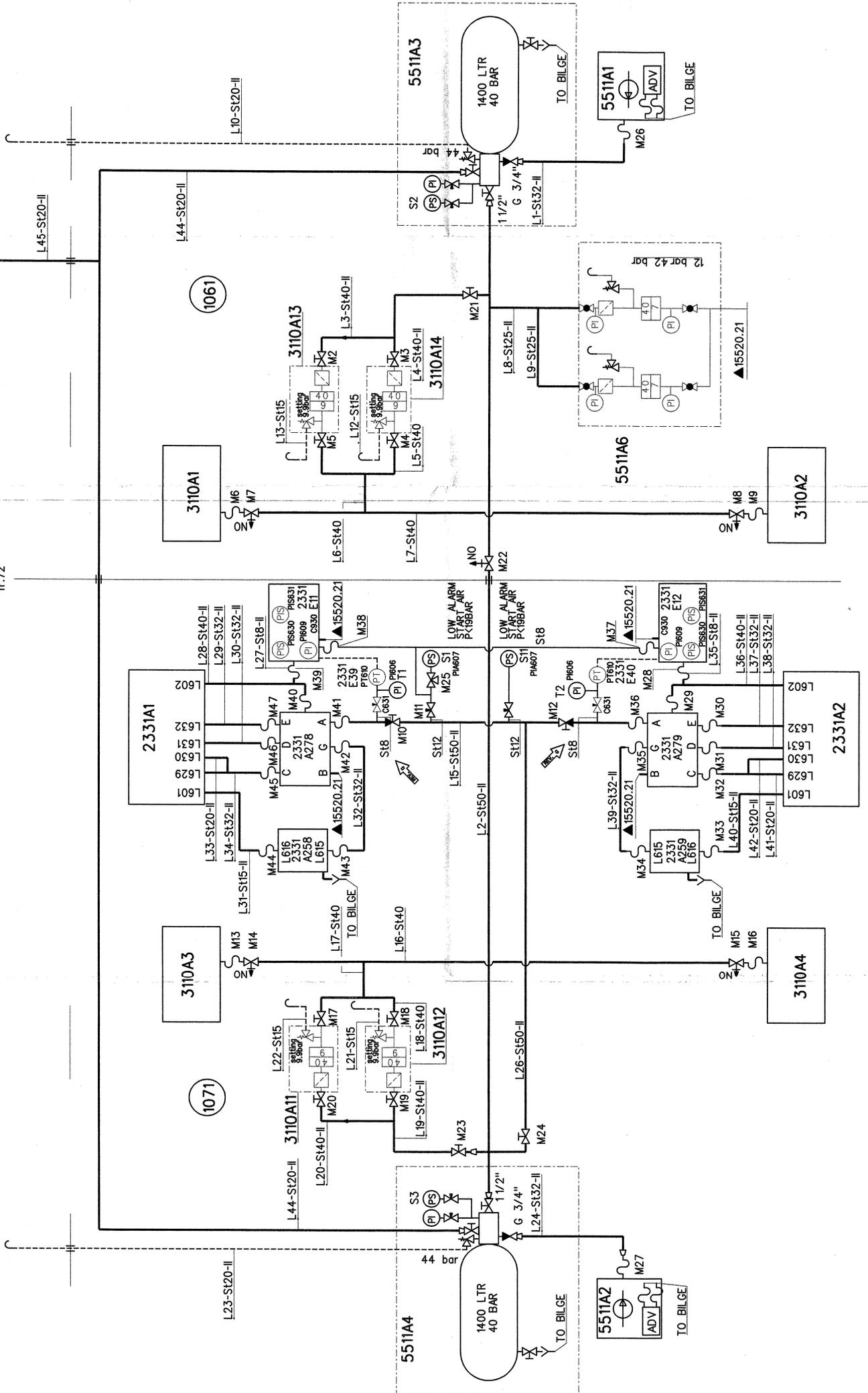






4211E5001

fr.72



3110A1

1061

2331A1

3110A3

1071

3110A11

5511A4

5511A3

3110A2

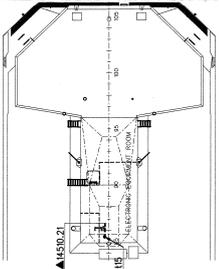
3110A4

2331A2

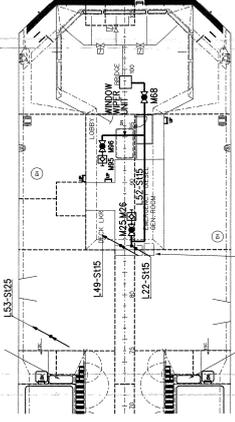
5511A2

5511A1

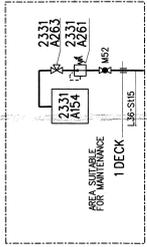
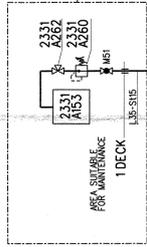
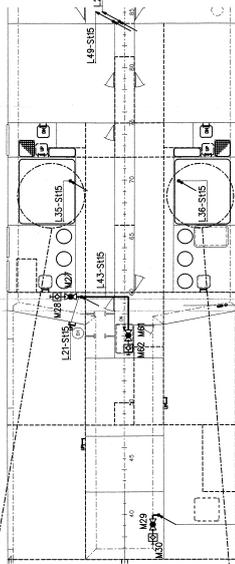
02 DECK



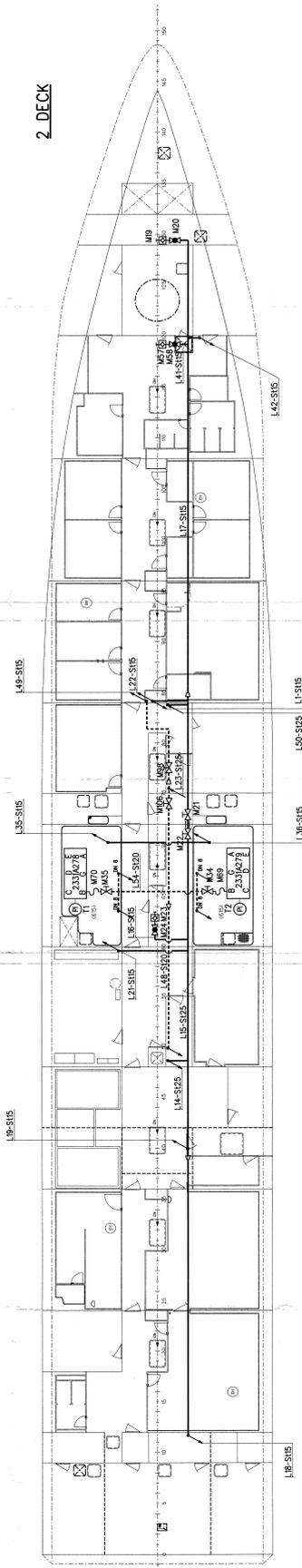
01 DECK



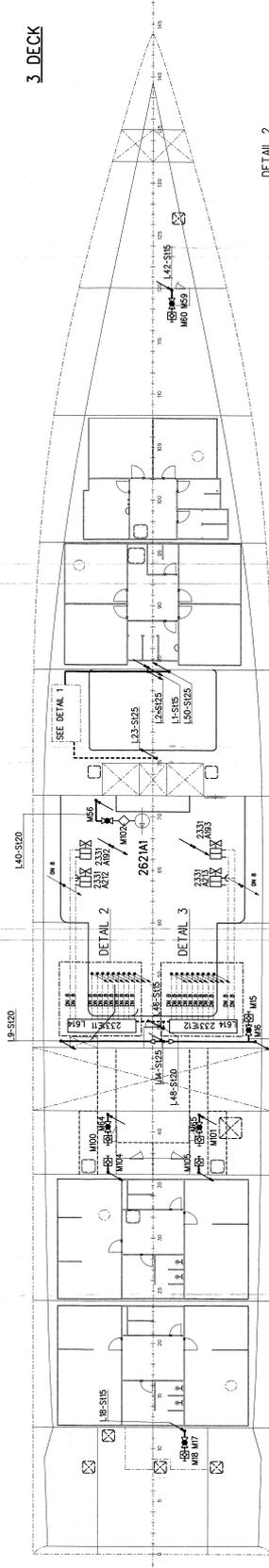
1 DECK



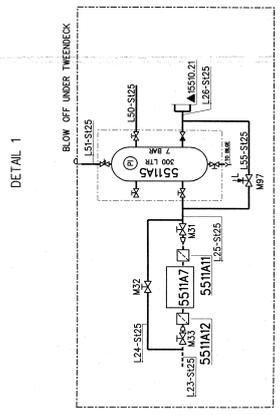
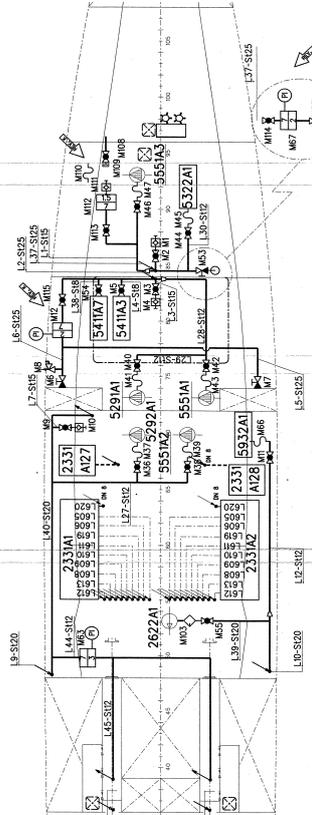
2 DECK



3 DECK



4 DECK



BIODATA PENULIS



Penulis dilahirkan di Batam, 26 April 2002, merupakan anak pertama dari 3 bersaudara. Penulis telah menempuh pendidikan formal yaitu di TK Al-Asy'ari Bandung, SDIT Aqidah Cikarang, SMPN 1 Cikarang Utara, dan SMAN 1 Cikarang Utara. Setelah lulus dari SMAN tahun 2020, Penulis mengikuti SBMPTN dan diterima di Departemen Teknik Sistem Perkapalan FTK - ITS pada tahun 2020 dan terdaftar dengan NRP 5019201058.

Selama menjalani perkuliahan di Departemen Teknik Sistem Perkapalan, penulis mengikuti beberapa kegiatan seminar dan pelatihan dari Departemen, Himpunan Mahasiswa Teknik Sistem Perkapalan (Himasiskal), maupun kegiatan seminar skala nasional sampai internasional dari luar Departemen. Penulis juga aktif sebagai anggota tim UKM robotika Banyubramanta bagian divisi mekanik dan memenangkan beberapa kejuaraan, serta menjadi anggota dari Laboratorium Digital Marine Operation dan Maintenance System.