

BAB IV

ANALISA DAN PEMBAHASAN

4.1 Overview Kondisi Galangan dan Perusahaan

Pada bab ini penulis akan melakukan pengamatan perbaikan kapal pada galangan kapal. Pengamatan dilakukan untuk mencari data seperti yang sudah dijabarkan pada bab sebelumnya. Pada bab ini, dijabarkan proses reparasi Kapal X di galangan kapal. Proses pencarian data dilakukan dengan wawancara dan mencatat data pengerjaan yang ada di arsip Perusahaan.

PT. XX adalah salah satu perusahaan yang bergerak di bidang pembuatan dan reparasi kapal . PT. XX merupakan salah satu perusahaan swasta berlevel nasional yang telah berdiri dan beroperasi sejak bulan april 1993 dengan Nomor Izin Usaha Perdagangan (SIUP) : 503 / 9941.A / 436.611 / 2012, dan dengan Nomor Tanda Daftar Perusahaan (TDP) : 13.01.1.35.10770. dengan kepemilikan nomor pendaftaran dan izin usaha tersebut PT. XX telah terdaftar sebagai perusahaan di Dinas Perindustrian dan Perdagangan (DISPERINDAG) Provinsi Jawa Timur.

Untuk memenuhi permintaan *Dock space* yang semakin meningkat PT. Ben Santosa telah menyiapkan lahan seluas 90.000 m² yang berlokasi di selat Madura .disamping untuk perluasan dan pengembangan Graving Dock yang sudah ada, lahan tersebut juga dipersiapkan untuk pembangunan kapal – kapal baru.

4.1.1 Docking Report Perbaikan Kapal X

Laporan hasil *repair* kapal di dok PT. XX. Dokumen ini dibutuhkan, karenamenjelaskan uraian pekerjaan yang lengkap mengenai hasil pengerjaan perbaikan material plat lambung kapal baik dan hasil pengerjaanya Kapal X . Dimana data Kapal X seperti dalam Tabel 4.1 di bawah ini,

SHIP NAME / TYPE	KM. X (General Cargo)
FLAG	INDONESIA
CALL SIGN	JZQD
PORT OF REGISTRY	SURABAYA
OWNER / AGENT	PT. X
GROSS TONNAGE	662
NET TONNAGE	225
LENGTH OVER ALL (LOA)	58.00 Meter
BREADHT	9.50 Meter
HEIGHT	5.50 Meter
DRAFT	3.258 Meter
CLASS SOCIETY	Badan Kalsifikasi Indonesia (BKI)
BUILDER	OSAKIZOSEN – JAPAN
YEARS OF BUILT	1992
MAIN ENGINE	MATSUI ML-627 G SC-35 / 1000 HP
AUXILARY ENGINE	YANMAR 6 HAL / 110 HP
SERVICE SPEED	8 Knots

Tabel 4.1 Data Kapal X

Dalam dokumen berita acara pelaksanaan pekerjaan pada Kapal X.berisi uraian pekerjaan yang sudah dilakukan pada kapal yang bersangkutan,volume pekerjaan,durasi pekerjaan, dan keterangan tertentu yang menjelaskan pekerjaan dari kapal bersangkutan. Jenis pekerjaan yang dilakukan dalam *repairlist* kapal ini meliputi:

o Repair list Kapal X

REPAIR LIST DOCKING KAPAL X						
N O	K O D E	SISTEM - SUB SISTEM	URAIAN KEGIATAN		JM L	SA T
1	2	3	4		5	6
	00	SERVICE ITEM			-	-
1	01	DOCKING	Laksanakan penyediaan sarana pemeliharaan docking :			
			a.	Asistensi pada saat kapal naik turun dok	1	Is
			b.	Docking / Undocking	1	Is
			c.	Pengedokan selama 17 hari untuk perbaikan pemeliharaan BGA	17	hari
			d.	Assistensi naik dan turun dock, disiapkan ganjal dan diberikan pelayanan tali - temali	1	Is
			e.	disediakan fasilitas sandar / tambat dilokasi dock sebelum dan sesudah docking	1	Is
2	02	OLAH GERAK KAPAL	Olah Gerak Kapal :			
			a.	Shifting / olah gerak kapal pada saat kapal datang dan keluar dari lokasi dock	1	Is
			b.	olah gerak sandar selama kapal dilokasi dock	1	Is
3	03	LISTRİK	Laksanakan dukungan fasilitas Listrik			
			a.	Selama kapal diatas dok diberikan aliran listrik 220 V / 40 A	17	Hari
			b.	Sambung dan lepas kabel saluran listrik	1	Is
4	04	MCK	disediakan fasilitas MCK selama kapal naik dock		19	Hari
5	05	AIR TAWAR	Sediakan fasilitas air tawar			
			a.	Supply air tawar	30	Ton
			b.	Bongkar Pasang selang air tawar	1	Is

6	06	CLEANING	disediakan Cleaning :				
			a.	Pembuangan Sampah kedarat	1	Is	
			b.	Pembuangan sampah lumpur hasil cleaning tangki kapal	1	Is	
7.	07	PMK	disediakan Fasilitas PMK :				
			a.	Penjagaan PMK Selama kapal dalam perbaikan diatas dock	17	hari	
		LAMBUNG KAPAL					
		-					
8	01	BOTTOM AREA	Laksanakan pemeliharaan / perbaikan Bottom 668 m2				
		(BGA = 668 m ²)	a.	Scraping 668 m2	668	m ²	
			b.	Cuci Air Tawar sebelum sandblast	668	m ²	
			c.	Sandblast total	668	m ²	
			d.	Cuci Air Tawar setelah sandblast	668	m ²	
			e.	Cat sesuai prosedur (1 x Primer, 2 x AC, 2 x AF)	1	m ²	
9	02	BOTTOP AREA	Badan kapal diatas garis air (AGA) sampai dengan bullwark				
		(AGA = 100 m ²)	a.	di Cuci air tawar	100	m ²	
			b.	di Sandblast	100	m ²	
			c.	Dicat 1x Primer		m ²	
			d.	Dicat 1x Finish		m ²	
10	03	SEA CHEST	di buka, dibersihkan dan ditutup kembali			4	bua h
11	04	SEA VALVE	katu - katup diadakan perawatan, (dibuka, dibersihkan, dipoles, diskur, dicat dan dipasang lagi)				
			a.	Uk. Ø	4 inch	1 bua h	
			b.	Uk. Ø	3 inch	4 bua h	
			c.	Uk. Ø	2 inch	2 bua h	
			d.	Uk. Ø	1,5 inch	1 bua h	
			e.	Uk. Ø	1 inch	3 bua h	
			f.	Mur Baut SS Uk. 16 Mr x 40 mm	6	bua h	
			g.	Reamers Packing Uk. 4 mm	1	mtr	

					Uk. 6 mm	2	mtr
					Uk. 8 mm	1	mtr
			h.	Packing karet Uk. 1000 x 1000 x 3mm		1	mtr
1 2	05	ULTRASO NIC TEST	a.	Dilakukan ultrasonic test bagian lambung			
			b.	dibuatkan gambar bukaan kulit @ 6 set		178	titik
			c.	dibuatkan laporan dock @6 set			
1 3	06	ZINK ANODE		Pasang baru zink anode S-8		46	Bua h
1 4	07	JANGKAR	a.	dilaksanakan timbang jangkar kanan dan kiri dan dibuatkan laporan		1	ls
			b.	Pengukuran Clearance rantai jangkar dan dibuatkan laporan		1	ls
		REPLATING					
1 5	01	LAMBUNG	a	lajur A fr. 50/51 - 53-54 uk.1500 x 1600 x 12 mm			
				lajur A fr. 58/59 - 60/61 uk.1450 x 1600 x 12 mm			
				lajur A fr. 60/63 - 62/63 uk.1270 x 1600 x 12 mm			
				lajur A fr. 72/73 - 74/75 uk.1400 x 1600 x 12 mm			
				lajur A fr. 74/75 - 76/77 uk.1020 x 1500 x 12 mm			
				lajur A B fr. 80/81 - 83/84 uk.1450 x 1950 x 12 mm			
				lajur A B fr. 83/84 - 85/86 uk.1530 x 1720 x 12 mm			
				lajur A B fr. 85/86 - 87/88 uk.1330 x 1440 x 12 mm			
				lajur A B fr. 80/81 - 83/84 uk.1450 x 1600 x 12 mm			
				lajur A B fr. 94/95 - fore end uk, 2000 x 1300 x 12 mm			
				lajur B fr. 76/77 - 78/79 uk.1300 x 1000 x 12 mm			
				lajur B fr. 78/79 - 80/81 uk.900 x 950 x 12 mm			
				lajur C fr. 20/21 - 25/26 uk.3300 x 1150 x 12 mm			
				lajur C fr. 25/26 - 29/30 uk.2900 x 1250 x 12 mm			
				lajur C fr. 29/30 - 31/32 uk.1300 x 1450 x 12 mm			
				lajur C fr. 31/32 - 34/35 uk.1230 x 1460 x 12 mm			
				lajur C fr. 34/35 - 39/40 uk.3050 x 1470 x 12			

				mm		
				lajur C fr. 39/40 - 45/46 uk.3030 x 1470 x 12 mm		
				lajur C fr. 45/46 - 50/51 uk. 3060 x 1470 x 12 mm		
				lajur C fr. 50/51 - 56/57 uk. 2950 x 1470 x 12 mm		
				lajur C fr. 56/57 - 61/62 uk. 3150 x 1470 x 12 mm		
				lajur C fr. 61/62 - 65/67 uk. 1970 x1470/1420 x 12 mm		
				lajur C fr. 65/67 - 67/68 uk.1200 x 1420/1350 x 12 mm		
				lajur C fr. 67/68 - 70/71 uk.1730 x 1350/1230 x 12 mm		
				lajur C fr. 70/71 - 72/73 uk. 1300 x 1230/1160 x 12 mm		
				lajur C fr. 72/73 - 76/77 uk. 2700 x 1160/980 x 12 mm		
				lajur D fr. 31/32 - 35/36 uk. 2100 x 1530 x 12 mm		
		POROS DAN BALING				
1 6	01	POROS DAN BALING BALING	a.	dilaksanakan pengukuran clearance poros baling baling dan dibuatkan laporan	1	ls
			b.	bongkar pasang poros baling baling untuk dilaksanakan perawatan dan perbaikan dibengkel	1	ls
			c.	dilaksanakan uji keretakan / mpt test pada cones dan rumah spie poros baling – baling	1	ls
			d.	bongkar pasang skerm poros baling baling	1	ls
			e.	ganti baru water seal / EVK - seal poros baling baling	1	ls
			f.	ganti baru emergency seal (seal ex. Dock) termasuk bongkar pasang rumah emergency seal	1	ls
			g.	bongkar pasang bostle poros baling baling		
1 7	02	BALING BALING	a.	bongkar pasang baling baling untuk pemeriksaan ditempat dan dilaksanakan perawatan	1	bua h
			b.	daun baling baling dibersihkan, dipopok las pada keempat ujung daun baling baling	1	unit
			c.	dilaksanakan balansir baling baling	1	ls
1 8	03	BENGKEL	a.	cek kelurusan diatas bangku bubut poros baling baling dan di cuci permukaan sleeve / liner	1	bua h
			b.	bubut rata permukaan cederval / dudukan	1	set

				EVK-Seal		
		POROS DAN KEMUDI				
1 9	01	POROS KEMUDI	a.	pengukuran clearance poros kemudi dan dibuatkan laporan	1	ls
			b.	bongkar pasang kembali poros kemudi untuk perawatan dan perbaikan	1	ls
			c.	dilaksanakan uji keretakan / mpt tes pada flends dan rumah spie poros kemudi	1	ls
			d.	bongkar pasang kembali kwadrant hidrolis poros kemudi termasuk penyetelan indikator	1	ls
			e.	ganti baru bush pintel kemudi	1	bua h
			f.	dilaksanakan alignment kedudukan bush poros kemudi	1	bua h
	02	DAUN KEMUDI	a.	bongkar pasang daun kemudi	1	bua h
			b.	perawatan daun kemudi (dibersihkan, disandblasting dan di cat ac/af)	1	bua h
	03	BENGKEL	a.	cek kelurusan diatas bangku bubut poros kemudi dan di cuci	1	ls
			b.	bubut brush bronze pintel kemudi	1	bua h

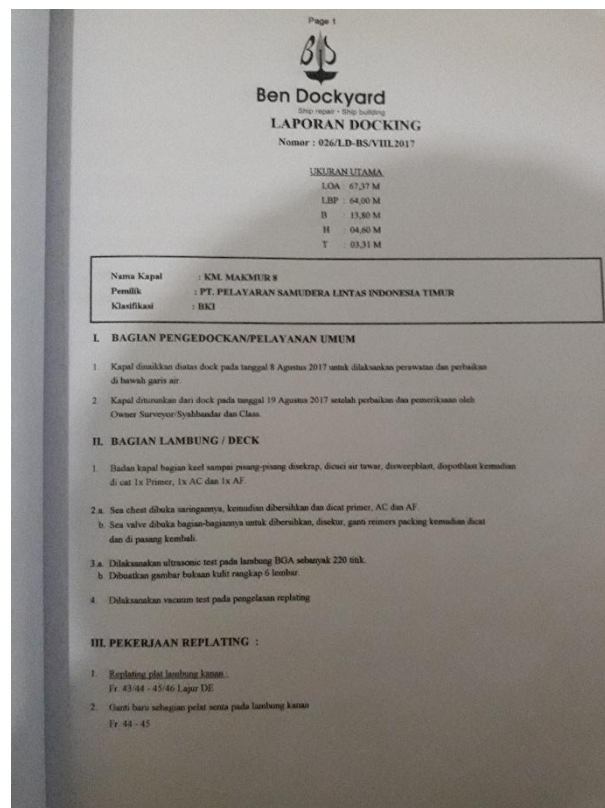
Tabel 4.2 Repair list Kapal X

- Laporan Docking KM. Makmur 8
 - I. Bagian Penedockan/Pelayanan Umum
 - Kapal dinaikkan diatas dock pada tanggal 8 agustus 2017 untuk dilaksanakan perawatan dan perbaikan di bawah garis air.
 - Kapal diturunkan dari dock pada tanggal 19 agustus 2017 setelah perbaikan dan pemeriksaan oleh Owner Surveyor/Syahbandar dan Class
 - II. Bagian Lambung / Deck

- Badan kapal bagian keel sampai pisang-pisang disekrap, dicuci air tawar, disweepblast, dispotblast kemudian di cat 1x Primer, 1x AC dan 1x Af.
- Sea chest di buka saringannya, kemudian dibersihkan dan di cat primer AC dan AF.
- Sea valve dibuka bagian – bagiannya untuk dibersihkan, disekur, ganti reimers packing kemudian dicat dan dipasang kembali.
- Dilaksanakan ultrasonic test pada lambung BGA sebanyak 220 titik.
- Dibuatkan gambar bukaan kulit rangkap 6 lembar.
- Dilaksanakan vacuum test pada pengelasan replating

III. Pekerjaan Replating

- Replating plat lambung kanan : Fr.43/44 – 45/46 lajur DE.
- Ganti baru sebagian plat senta pada lambung kanan : Fr.44 – 45



Gambar 4.1 Foto Laporan Docking

4.1.2 Tahapan-Tahapan Proses Perbaikan Kapal

Proses Perbaikan Kapal yang berlangsung di PT. XX dilakukan Sesuai *Standart Operation Procedure* yang telah dibuat oleh galangan. Berdasarkan pengamatan di galangan maka proses yang terjadi di galangan adalah :

1. *Pra-Docking*

a. Pengajuan *Repair List*

Disini yang bekerja adalah para owner yang di wakikan owner surveyor (OS). OS ini akan mengajukan repair list yang mereka buat berdasarkan hasil temuan dari ABK dan list rencana repair yang mereka jadwalkan untuk kapal mereka. Umumnya repair list ini berisi lebih sedikit dari repair list akhir yang keluar.

b. Survey Awal

Survey awal dilakukan untuk memastikan kondisi kapal sebelum masuk dok dan dicocokkan ke repair list yang mereka ajukan. Hal ini dilakukan untuk menghindari ketidaksamaan pandangan pada kondisi kapal yang mengakibatkan kerugian di satu pihak.

c. Perhitungan Material & Harga

Perhitungan material dilakukan untuk mendapatkan harga awal untuk kontrak pengerjaannya. Materialnya sendiri adalah hasil perhitungan dari repair list yang telah disetujui oleh galangan.

d. Perintah Kerja

Disini galangan mengeluarkan perintah kerja berdasarkan hasil temuan dari repair list di galangan, nantinya perintah kerja ini disebarkan ke semua penanggung jawab dari pekerjaan repair kapal.

e. Koordinasi

Koordinasi dilakukan untuk menyamakan persepsi dan briefing semua pihak yang terlibat dan bertanggung jawab terhadap proyek. Tahap ini dilaksanakan oleh pimpinan proyek. Dimana pimpinan proyek berkoordinasi dengan pihak terkait sebelum dimulainya pekerjaan.

2. Docking

a. Persiapan

Tahap persiapan yaitu tahap sebelum kapal masuk ke *floating dock* atau menambat di *floating dock*. Pada tahap persiapan ini galangan mulai menyiapkan listrik, air tawar, penerangan, keamanan, dan hal – hal lain yang dibutuhkan selama pengerjaan docking.

b. Kapal Masuk Dok

Pada tahap ini kapal dimasukkan ke dok atau ditambatkan kedalam dok apung dengan arahan dok master dan bantuan kapal tunda.

c. Survey

Survey ini dilakukan untuk melihat kondisi kapal yang berada di bawah garis air.

Dikarenakan bagian kapal dibawah garis air belum dilakukan survey maka bagian

tersebut dilakukan survey ketika kapal sudah berada di atas dok apung.

d. Proses Pelaksanaan

Proses pelaksanaan perbaikan kapal di galangan seperti pada umumnya.

e. Pemeriksaan dan Tes Hasil Perbaikan Kapal

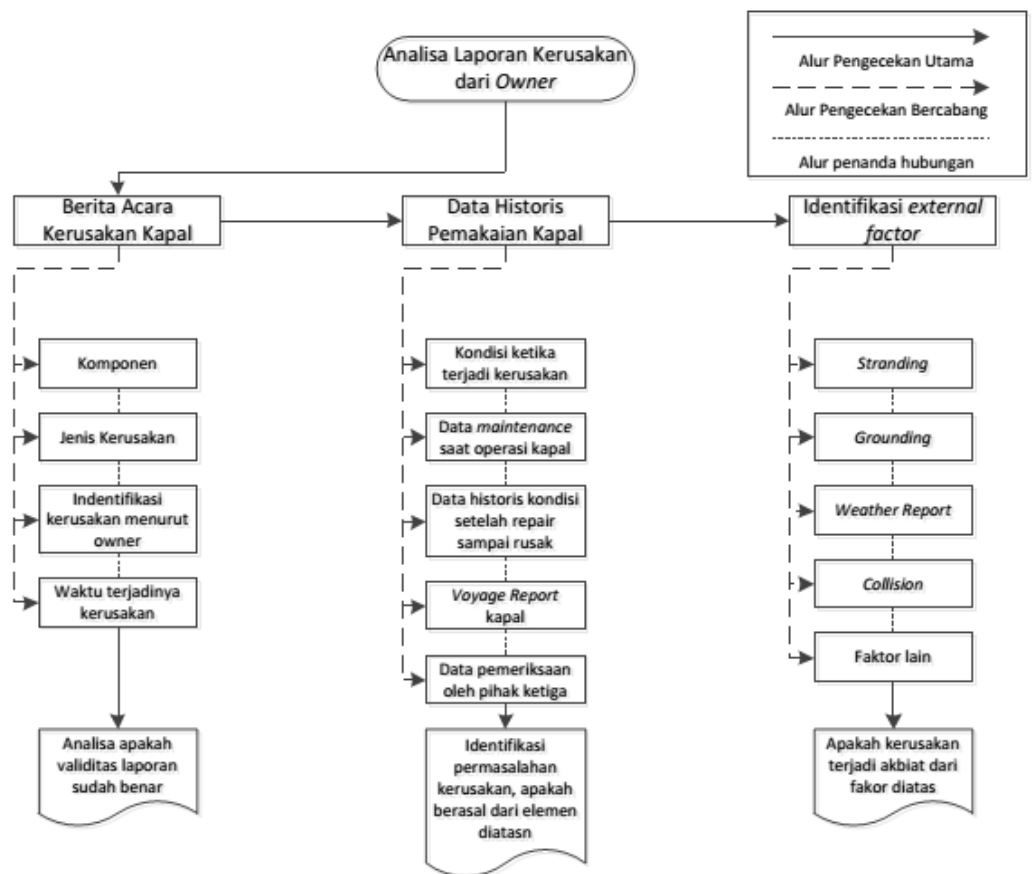
Kegiatan ini dilakukan untuk mengecek kualitas hasil perbaikan kapal.

3. Keluar Dok

4. Sea Trial

4.1.3 Pengecekan Latar Belakang Kerusakan pada Perbaikan Kapal

Pada awal indentifikasi permasalahan keandalan pada perbaikan kapal, ada tahap penting sebelum melakukan identifikasi pada galangan kapal. Tahap tersebut adalah tahap analisa laporan kerusakan kapal yang dikeluarkan oleh owner kapal. tahapan ini dilakukan untuk melakukan validasi apakah kerusakan yang terjadi karena kesalahan galangan dalam perbaikan kapal atau karena kesalahan dalam operasi kapal., seperti Gambar Bagan di bawah ini,



Gambar4.2 Bagan Proses Identifikasi Kerusakan pada Perbaikan Kapal tahapan dengan penjelasan seperti berikut:

1. Pemeriksaan awal berupa identifikasi kelengkapan data berita acara kerusakan kapal yang berisi tentang komponen, jenis kerusakan, alasan kerusakan menurut owner, dan

waktu terjadinya kerusakan. Tahapan ini bertujuan untuk melihat apakah data yang dikeluarkan oleh owner tentang kerusakan kapal sudah menunjukkan bahwa kerusakan terjadi karena kesalahan galangan. Hal ini dilakukan berhubungan dengan klaim garansi yang ditujukan terhadap galangan kapal.

2. Tahap kedua berupa analisa data historis pemakaian kapal saat operasi kapal berlangsung. Tahap ini dilakukan untuk mengidentifikasi apakah kerusakan yang terjadi dikarenakan proses perbaikan kapal yang tidak andal atau tidak karena operasi kapal yang salah.
3. Tahap ketiga dilakukan jika operasi kapal sudah sesuai aturan namun masih terjadi kerusakan pada komponen kapal. Tahap ketiga berupa identifikasi faktor luar yang dapat menyebabkan kerusakan pada kapal. Faktor eksternal yang dinilai berdasarkan historis perjalanan kapal secara nyata melalui wawancara dengan kapten kapal. Ketika tahapan analisa diatas sudah dilakukan dan ditemukan hasil yang menunjukkan bahwa operasi kapal sudah sesuai petunjuk dan tidak ada faktor eksternal yang menyebabkan kerusakan, maka dilakukanlah identifikasi terhadap proses perbaikan kapal.

4.1.4 Proses Manajemen Logistik pada Material Pelat Lambung Kapal

Proses Manajemen terhadap logistik material pelat lambung kapal X, terbagi dalam beberapa kumpulan fungsi-fungsi/prosedur-prosedur untuk tujuan tertentu yang sudah siap digunakan, sehingga dapat mempermudah dan mempercepat penjelasan alur kerja suatu kegiatan besar, yang dalam kasus ini adalah perbaikan kapal. Framework membuat sebuah pekerjaan lebih tertata dan terorganisir, sehingga dalam pencarian kesalahan dalam sebuah pekerjaan dan hasil dari pekerjaan akan lebih mudah dideteksi dan

diidentifikasi. Pada dasarnya, framework adalah pondasi yang menjelaskan sebuah alur kerja dari sebuah sistem atau sebuah pekerjaan. Langkah pertama adalah menentukan pekerjaan yang diidentifikasi, kemudian tentukan proses dan terapkan proses di atas framework. Tanpa framework kita akan kesulitan untuk membuat program kerja. Ada beberapa alasan mengapa menggunakan framework:

- Mempercepat dan mempermudah pembangunan sebuah proses kerja,
- Memudahkan dalam proses pencarian masalah karena sudah ada pola tertentu dalam setiap framework,
- Framework menyertakan proses-proses umum yang dipakai sehingga jika ingin dilakukan pengembangan tidak perlu lagi membuat dari awal,
- Framework digunakan sebagai salah satu sumber Reliability Block Diagram.

Framework ini dipakai sebagai penyedia informasi umum tentang perbaikan kapal. Nantinya informasi ini akan digunakan lebih lanjut dalam memprediksi penyebabnya, berikut proses teknik perbaikan pelat lambung yakni;

- Utamakan dan usahakan tidak berpindah dari lajur pelat missal pada lajur kanan atau kiri lambung
- Perhatikan ketentuan pada pemotongan arah memanjang lajur sebagaimana ditentukan seperempat (1/4) jarak gading
- Pemotongan pelat yang berkaitan dengan komponen konstruksi terkait jangan sampai mengurangi ukuran dari komponen – komponen tkonstruksi tersebut.
- Pemotongan pelat lambung kapal dapat dilakukan dari luar badan kapal dengan mentaati prosedur urutan pemotongan dengan

menggunakan *bender las* potong, namun harus diperhatikan apabila lambung yang dipotong berada diruang ABK (anak buah kapal), ruang tanki (FO & LO) harus ada pengawas yang berjaga dengan tersedia peralatan pemadam api.

- Jika pemotongan dilakukan dari dalam lambung kapal, maka yang perlu diperhatikan bahwa gas harus free bila berupa tanki (FO & LO), harus diperhatikan juga bila dalam kamar ABK (anak buah kapal) dijaga jangan sampai terjadi kebakaran akibat percikan api yang ditimbulkan.
- Setelah selesai pemotongan pelat kemudian diukur dengan tepat atau dibuatkan mal (Master) untuk dipakai sebagai ukuran pelat baru
- Untuk pemasangan pelat baru, setelah ukuran yang kita dapatkan dari mal (Master) maka dilakukan pemotongan pelat baru, ukuran pelat baru biasanya 1,5cm dari ukuran yang didapat, tebal pelat disesuaikan dengan tebal pelat standar.
- Upayakan penempatan pelat baru pada dua sisi yang tepat, sehingga pemotongan kelebihan pelat hanya pada dua sisi yang lain
- Diperlukan las bantu berupa las titik (setelah ukuran pelat baru tepat dengan lubang pelat lama) antara lain pada pelat lama dengan pelat baru dengan gading gading utama, panjang las titik 1 – 2 cm.
- Pada pelat baru sebelum dilas secara penuh maka pelat baru diberi alur las.

4.1.5 Kasus Ketidakandalan pada saat proses pekerjaan Material Plat Lambung Kapal

Dari hasil pengamatan penulis yang dilakukan, penulis mendapatkan beberapa temuan tentang kondisi keandalan dan kasus keandalan di galangan. Kasus dan kondisi diceritakan oleh beberapa narasumber berbeda. Temuan-

temuan tersebut akan coba dikaitkan dengan kondisi keandalan yang ada di galangan kapal. Temuan-temuan tersebut adalah:

- Tidak ada strategi khusus untuk menghitung atau menjadikan keandalan sebagai elemen pengambilan keputusan dalam perbaikan kapal. Kepala Quality Control berpendapat bahwa selama perbaikan kapal dilakukan dengan mengikuti standard yang ada, maka hasil perbaikan kapal akan baik dan andal.
- Pengawasan berlanjut dilakukan namun tidak untuk semua komponen kapal. Pengawasan berlanjut dilakukan untuk beberapa komponen penting kapal seperti pompa-pompa, kelistrikan, dan mesin. Sedangkan untuk komponen lain belum.
- Peralatan di galangan selalu dalam kondisi baik. Namun perlu diteliti lagi apakah maintenance yang dilakukan untuk menjaga kondisi mesin perbaikan di galangan sudah menggunakan kaidah keandalan atau belum.
- Kurangnya pencatatan untuk setiap kegagalan dan kesalahan yang terjadi di galangan. Di sisi lain, proses pencatatan history sangat penting untuk membangun sebuah sitem yang berbasis keandalan.
- Sumber daya manusia yang dapat dikatakan kurang memenuhi kebutuhan skill dari proyek sehingga menyebabkan keterlambatan proyek. Jika kita melihat ke teori keandalan, skill dan experience manusia sangat dibutuhkan untuk mencapai nilai keandalan yang baik pada perbaikan kapal.

4.1.6 Standar Operation Procedur (SOP) Proses Pekerjaan Terhadap Material Plat Lambung Kapal

Dalam proses pekerjaan untuk menentukan andal atau tidak andal plat lambung kapal, dalam hal ini Kapal X, melalui beberapa tahapan-tahapan yakni:

1. SOP Tahapan Identifikasi:

- Dari hasil survey dapat berapa banyak plat yang ditentukan atau plat yang diperbaiki.
- Nahkoda membuat order kepada bagian purchasing material yang dibutuhkan.
- Purchasing meminta persetujuan manajer operasional atau manajer teknik untuk pembelian material tersebut.
- Purchasing melakukan pembelian ke supliyer, sekaligus order agar plat di sunblasting dan di primer coat bolak balik.

2. SOP Tahapan Alur Distribusi Pelat Lambung :

- Pengiriman plat ke kapal via trucking.
- Plat dikirim ke tempat kapal atau dock dimana kapal di perbaiki.
- Pembelian material untuk keperluan perbaikan kapal.
- Memanggil sub kontraktor atau mengadakan kontrak kerjasama dengan sub kontraktor untuk perbaikan terapung atau diatas air untuk perbaikan kapal.
- Berkoordinasi dengan galangan kapal tentang pelaksanaan docking, jika sudah ada kesepakatan waktu, kapal akan dibawa ke galangan.
- Proses pelaksanaan docking dan survey class BKI (Biro Klasifikasi Indonesia).

3. SOP Tahapan Pemasangan Material Plat Lambung:

- Dilaksanakannya UT test, apabila ketebalan material telah susut sekitar 20% maka penggantian plat wajib diganti.
- Pengukuran Material yang mau di ganti dengan memberi ukuran lebih 1,5 cm
- Pemasangan Material Plat Lambung Kapal
- Proses sunblasting
- Dilakukan Vacuum Test.

4. SOP Pengecekan Material Plat Lambung:

- Material dilakukan pengecekan secara keseluruhan baik itu secara visual (pengamatan) terhadap permukaan material maupun dengan menggunakan alat bantu untuk cek.
- Prosesnya sistem langsung beli sesuai kebutuhan material plat lambung
- Yang terpenting 2 tahun sekali akan diadakan UT tes.

5. SOP Manajemen Perawatan Material Plat Lambung :

- Perawatan secara khusus pada material dilakukan dengan menyimpan material plat lambung sesuai dengan petunjuk dari pabrik pembuatan material plat tersebut atau sesuai katalog manual dari pabrik, berdasarkan tingkat kelembaman, kondisi suhu di ruangan material dan sinar matahari.
- Hanya melakukan chipping pada tiap bulan
- Setelah chipping lalu di sunblasting
- Pengecatan di lakukan terhadap material plat lambung, guna menghindari korosi.

4.2 Pendekatan Keandalan Pada Proses Reparasi Pelat Lambung Kapal X.

Pada bab ini dilakukan analisa terhadap permasalahan ketidakandalan pada perbaikan kapal, khususnya material plat lambung Kapal X berdasarkan dari hasil wawancara. Analisa dilakukan menerapkan metode *Root Cause Analysis* (RCA) yang mana merupakan metode yang terstruktur untuk menemukan secara pasti awal kesalahan yang menjadi akar penyebab dari kegagalan sebuah sistem, kemudian dengan bantuan *5 why analysis* dan *tools fishbone diagram* . *Analysis 5 Why* adalah suatu pendekatan terstruktur di mana mengajukan pertanyaan mengapa berulang kali untuk memahami penyebab masalah kegagalan yang mengakibatkan tidak andal, dan untuk menghasilkan tindakan pencegahan yang efektif untuk mengurangi insiden kegagalan terjadi kembali, sedangkan *Fishbone diagram* merupakan suatu alat visual untuk mengidentifikasi, mengeksplorasi, dan secara grafik menggambarkan secara detail semua penyebab yang berhubungan dengan suatu permasalahan. Setelah itu

dengan membuat kerangka kerja, melakukan failure analysis, dan menyimpulkan hasil analisa kegagalan yang berhubungan dengan perbaikan kapal di galangan. Output yang dituju dari studi perbaikan kapal adalah komponen/elemen pada proses perbaikan kapal yang perlu di lakukan perbaikan atau implementasi keandalan sehingga hasil kegagalan yang terjadi pada komponen kapal yang telah diperbaiki tidak terjadi atau menurun kemungkinan gagalnya.

4.2.1 *Root Cause Analysis (RCA)*

Menurut (Vorley; 2008). Berikut merupakan poin utama dalam metode *Root Cause Analysis RCA*:

- a. *Identify the problem*
- b. *Define the problem*
- c. *Understand the problem*
- d. *Identify the root cause*
- e. *Corrective action*
- f. *Monitor the system*

Root Cause Analysis merupakan alat untuk menunjukkan akar penyebab masalah, hal tersebut seperti dalam penjelasan B4T Kementerian Perindustrian yakni, ditunjukkan untuk mengetahui penyebab terjadinya kerusakan yang spesifik dari peralatan, perlengkapan, dan instalasi pabrik serta untuk menentukan tindakan pencegahan agar kerusakan tidak terulang.

Untuk penelitian ini, analisa keandalan lebih difokuskan ke penyebab terjadinya kegagalan atau ketidakandalan dari komponen kapal hasil perbaikan kapal, khususnya material plat lambung. Dari sana kesimpulan dapat ditarik untuk memperbaiki proses dan hasil perbaikan kapal secara keseluruhan. Analisa kegagalan pada tahap ini menggunakan metode RCA karena metode ini mejabarkan jenis-jenis kegagalan yang mungkin terjadi sehingga dapat dilakukan mitigasi terhadap akar masalahnya. Data RCA dalam penelitian ini adalah hasil reduksi data untuk disesuaikan untuk mencapai kesimpulan yang ingin dituju. Failure List dalam penelitian ini berguna untuk menyediakan informasi tentang kegagalan yang terjadi pada hasil perbaikan kapal dan penyebabnya. Lalu Tujuan metode FMEA :

- Membantu memilih alternative disain dengan tingkat keandalan dan keselamatan yang tinggi, khususnya ditahap awal sebuah sistem.
- Memastikan bahwa semua modus kegagalan potensial serta efek terhadap komponen/sub-sistem/sistem telah secara dini dapat diprediksi dan diantisipasi.
- Mengetahui daftar kegagalan potensial serta mengetahui besaran (magnitude) efek yang diakibatkannya.
- Mengembangkan kriteria awal untuk perencanaan pengujian.
- Memberikan dasar bagi analisa keandalan dan ketersediaan secara kualitatif
- Mendokumentasikan sejarah kegagalan dari komponen /sub sistem/ sistem untuk dapat dijadikan sebagai rujukan dalam pengoperasian dan perawatan di masa yang akan datang atau bahkan rujukan bagi perubahan disain jika diperlukan
- Memberikan dasar dan pijakan bagi pengembangan prioritas tindakan korektif terhadap sistem
- Membantu member justifikasi terhadap penentuan reduksi, sistem deteksi kegagalan serta otomatisasi.

Dari tujuan metode FMEA digunakan untuk menentukan penyebab kegagalan dari kapal X. berdasarkan wawancara proses reparasi pada kapal x di dapatkan beberapa masalah yang menyebabkan kegagalan dari kapal X dalam rentan waktu beroperasinya kegagalan tersebut diantaranya :

- Crack
- Deformasi bentuk
- Korosi material

Nantinya penyebabnya akan dianalisa untuk ditarik kesimpulan menggunakan metode Root Cause Analysis. elemen dari proses perbaikan kapal X yang mana yang sering menyebabkan ketidakandalan dalam perbaikan kapal oleh galangan.

Checklist yang digunakan berisi:

- o Komponen kapal
Komponen kapal yang dimaksud adalah komponen atau material hasil reparasi kapal X yang kemudian digunakan kapal dalam beroperasi, dalam hal ini plat material lambung.
- o Definisi kegagalan
Definisi kegagalan disini digunakan sebagai patokan untuk menentukan jenis-jenis kegagalan. Definisi kegagalan dianggap penting untuk menentukan standar sebuah barang dapat dikatakan gagal, dalam penelitian ini, yakni material pelat lambung kapal X dikatakan gagal apabila tidak dapat andal sesuai rentang waktu yang diinginkan dalam kondisi dan penggunaan selama operasi kapal X
- o Jenis kegagalan
Jenis kegagalan dimasukkan ke dalam checklist untuk memetakan kerusakan ke dalam komponen dan material yang lebih spesifik. Dalam penelitian material pelat lambung Kapal X, terdiri dari 3 jenis kegagalan, yakni : Crack, Deformasi bentuk material pelat dan Korosi terhadap material plat lambung Kapal X.

- Penyebab kegagalan

Penyebab kegagalan adalah hasil identifikasi dari masalah dan penyebab kenapa komponen tersebut gagal. Penyebab kegagalan ini spesifik untuk jenis kegagalan tertentu. Untuk checklist ini dispesifikan penyebab kegagalan yang terjadi ketika proses perbaikan kapal X.

Failure List ini dibuat dengan melihat *Failure Mode and Effect Analysis* dari

penelitian-penelitian yang ada sebelumnya, tujuan FMEA sendiri melakukan wawancara kepada *owner surveyor* tentang komponen yang rentan rusak lagi walaupun sudah lolos *quality control* dari galangan, dan hasil studi literatur. *Failure list* dari hasil *Failure Analysis* of Identify the Root Cause seperti dalam Tabel di bawah ini,

Tabel Identifikasi Masalah dari Wawancara Reparasi Material Pelat Lambung

Identifikasi Masalah				Root Cause					
Komponen	Definisi Kegagalan	Jenis Kegagalan	Penyebab Kegagalan	Man	Mchn	Mtrl	Dsgn	EC	Total
Pelat Lambung (Baja)	Pelat kapal dapat bertahan terhadap bentuk awal dalam kondisi operasi dan dalam kurun waktu yang sudah ditentukan sesuai dengan petunjuk dari katalog pabrik material tersebut	Crack	Proses pekerjaan las yang tidak sesuai SOP	1					1
			Tegangan berlebih akibat salah perencanaan				1		1
			Material yang tidak memenuhi standart			1			1
			Kondisi lingkungan pengelasan yang tidak memenuhi standart		1				1
		pengelasan yang baik							
		Deformasi	Proses pengelasan yang	1					1

		Bentuk	salah						
			Tegangan berlebih akibat salah perencanaan				1		1
			Filler Metal yang tidak cocok dengan pelat			1			1
		Korosi Material	Coating yang buruk			1			1
			Tidak tercover zinc anoda				1		1
			Pemasangan coating tidak dilakukan oleh orang yang berkompentensi	1					1
			Alat coating yang tidak cocok dengan coating		1				1

Analisa Penyebab Kegagalan Material Pelat Lambung KM MAKMUR 8	
Sumber Daya Manusia (Man)	3
Sarana Prasarana (Mchn)	2
Material (Mtrl)	3
Planning (Dsgn)	3
Faktor External (EC)	0
Total	11

4.2.2 Kerangka Kerja (Framework) Perbaikan Kapal

Kerangka kerja adalah kumpulan fungsi-fungsi/prosedur-prosedur untuk tujuan tertentu yang sudah siap digunakan, sehingga dapat mempermudah dan mempercepat penjelasan alur kerja suatu kegiatan besar, yang dalam kasus ini adalah perbaikan kapal.

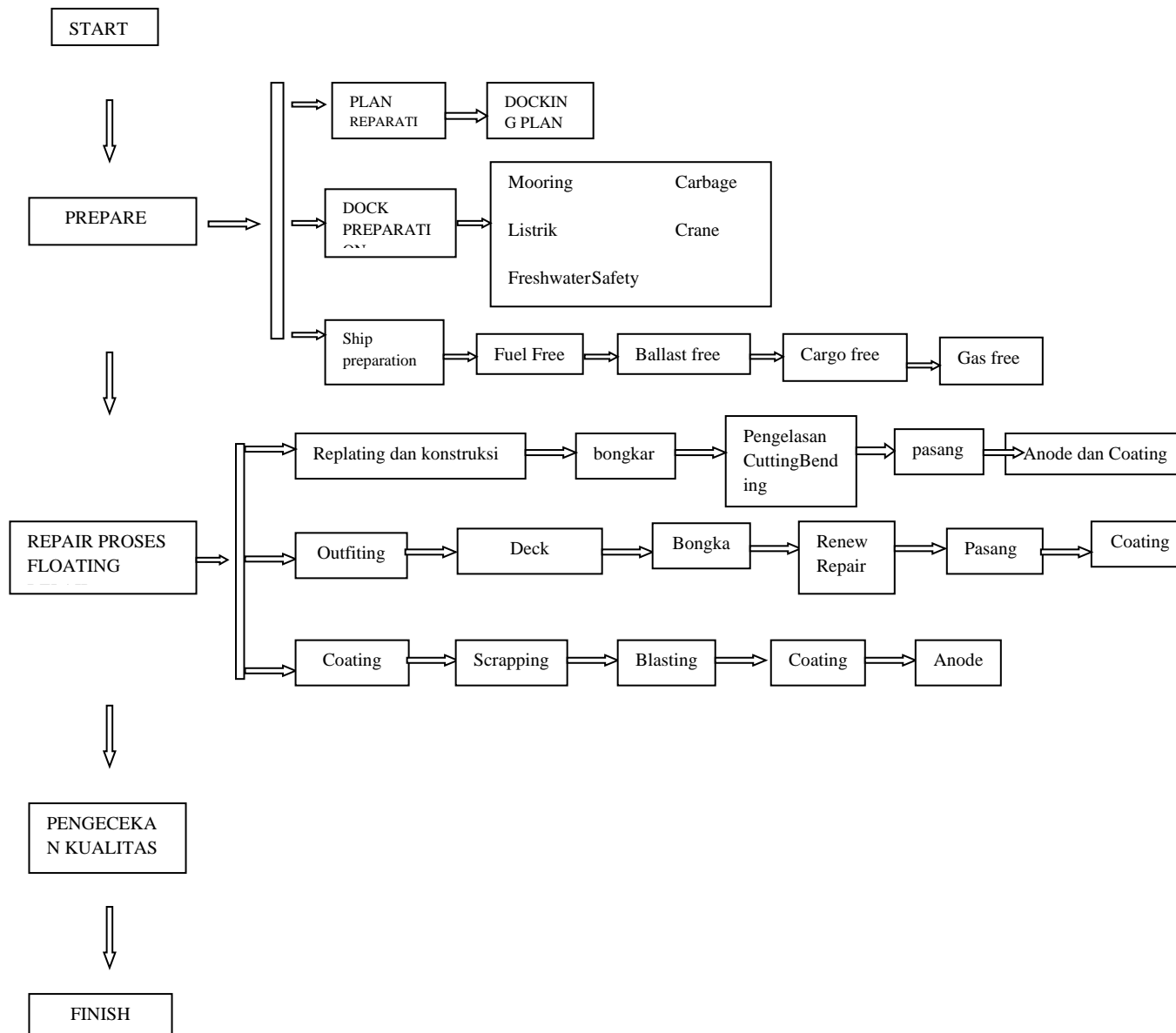
Framework membuat sebuah pekerjaan lebih tertata dan terorganisir, sehingga dalam pencarian kesalahan dalam sebuah pekerjaan dan hasil dari pekerjaan akan lebih mudah dideteksi dan diidentifikasi. Pada dasarnya, framework adalah pondasi yang menjelaskan sebuah alur kerja dari sebuah sistem atau sebuah pekerjaan. Langkah pertama adalah menentukan pekerjaan yang diidentifikasi, kemudian tentukan proses dan terapkan proses di atas framework. Tanpa framework kita akan kesulitan untuk membuat program kerja. Ada beberapa alasan mengapa menggunakan framework:

- Mempercepat dan mempermudah pembangunan sebuah proses kerja.
- Memudahkan dalam proses pencarian masalah karena sudah ada pola tertentu dalam setiap framework.
- Framework menyertakan proses-proses umum yang dipakai sehingga jika ingin dilakukan pengembangan tidak perlu lagi membuat dari awal.
- Framework digunakan sebagai salah satu sumber Reliability Block Diagram.
- Framework ini dipakai sebagai penyedia informasi umum tentang perbaikan kapal.

Nantinya informasi ini akan digunakan lebih lanjut dalam memprediksi penyebab ketidakandalan komponen dan material hasil perbaikan kapal. Identifikasi penyebab kegagalan komponen nantinya akan disediakan dalam bentuk daftar kegagalan.

Framework hasil pengerjaan dijabarkan pada Gambar di bawah ini, yakni kerangka kerja tersebut berisi tentang kegiatan dan aktivitas perbaikan kapal digalangan secara ber-alur. Kerangka kerja tersebut diciptakan dengan

melihat step by step proses dari perbaikan kapal. Dimulai dari tahap preparation kemudia lanjut ke tahap perbaikan kapal dan diakhiri degan tahap pemeriksaan hasil perbaikan kapal.



4.3 Gambar Kerangka Kerja Perbaikan untuk pelat lambung kapal

4.2.3 List of Fact Five Why Analysis

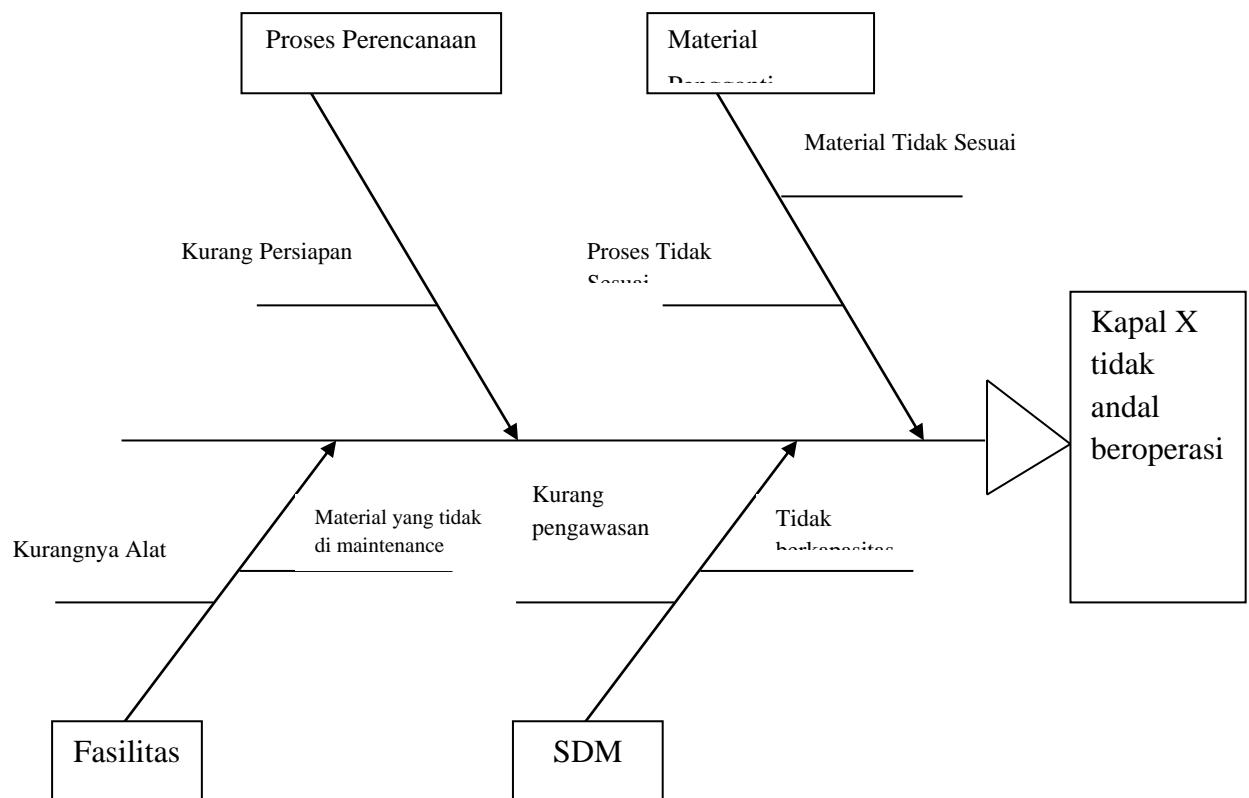
Berdasarkan hasil wawancara yang telah dilakukan di dapatkan fakta – fakta yang dapat di implementasikan kedalam metode ini, adapun analisa metode ini sebagai berikut:

Tabel Why-Analysis Ketidakandalan Kapal X

Kasus Ketidakandalan	Kapal X tidak andal beroperasi selama kurun waktu yang ditentukan.
	Sebab
Kenapa ?	<u>Material Pelat Lambung</u> Kapal X harus diganti sebelum waktunya
Kenapa ?	<u>Material Pelat Lambung</u> terjadi <u>korosi, crack dan defromasi bentuk</u>
Kenapa ?	Material Lambung tidak: Kondisi lingkungan pengelasan yang tidak memenuhi standart pengelasan yang baik, Proses pengelasan yang salah, Coating yang buruk, Tidak tercover zinc anoda, Pemasangan coating tidak dilakukan oleh orang yang berkompentensi dan Alat coating yang tidak cocok dengan coating
Kenapa ?	Tidak melaksanakan proses pekerjaan sesuai SOP
Penyebab	Tidak bekerja sesuai dengan SOP

4.2.4 FishBone Diagram

Konsep dasar dari diagram *fishbone* adalah permasalahan mendasar diletakkan pada bagian kanan dari diagram atau pada bagian kepala dari kerangka tulang ikannya. Penyebab permasalahan digambarkan pada sirip dan durinya. Kategori penyebab permasalahan yang sering digunakan sebagai start awal meliputi materials (bahan baku), machines and equipment (mesin dan peralatan), manpower (sumber daya manusia), methods (metode), Mother Nature/environment (lingkungan), dan measurement (pengukuran). Keenam penyebab munculnya masalah ini sering disingkat dengan 6M. Penyebab lain dari masalah selain 6M tersebut dapat dipilih jika diperlukan. Untuk mencari penyebab dari permasalahan, baik yang berasal dari 6M seperti dijelaskan di atas maupun penyebab yang mungkin lainnya dapat digunakan teknik brainstorming.



Gambar :Fishbone Diagram Ketidakandalan KAPAL X

Dari hasil analisa kegagalan di atas, ada empat elemen utama yang menyebabkan

ketidakandalannya sebuah hasil perbaikan kapal yaitu:

- Manusia (SDM)

SDM mempengaruhi hasil perbaikan karena SDM lah yang mengeksekusi pengerjaan repair. Apabila SDM yang melakukan pekerjaan repair tidak memiliki kapasitas untuk melakukan sebuah pekerjaan. Maka walau hasilnya awalnya bagus, tapi untuk kedepannya tidak dapat diketahui kualitasnya. Kurangnya controlling yang baik dari galangan untuk setiap step.

- Sarana dan Prasarana Galangan

Sarana dan prasana di galangan berpengaruh besar terhadap hasil perbaikan kapal. Ada beberapa penyebab kegagalan komponen kapal yang berasal dari ketidakcocokan mesin atau alat yang dipakai untuk memperbaiki kapal. Material yang tidak di maintain dengan baik juga berpengaruh besar terhadap keandalan dari barang yang dihasilkannya.

- Material Pengganti

Dari empat penyebab terbesar, yang paling berpengaruh adalah karena materialnya. Pemakaian material yang tidak sesuai menyebabkan kegagalan komponen sebelum waktunya. Material yang dimaksud adalah material pengganti komponen yang rusak. Penggunaan material yang tidak cocok juga mempengaruhi nilai keandalan dari hasil perbaikan kapal.

- Proses Perencanaan Perbaikan Kapal

Planning yang dimaksud disini berhubungan dengan persiapan galangan dalam melakukan repair dan desain yang dibuat galangan untuk perbaikan kapal. Persiapan galangan berpengaruh terhadap elemen material, SDM, dan sarana dan prasarana. Oleh karena itu persiapan berpengaruh terhadap keandalan dari komponen kapal.

Diantara keempat elemen tersebut ada dua elemen lain yang menyebabkan ketidakandalan pada komponen hasil reparasi kapal yaitu faktor eksternal dan faktor sistem galangan. Faktor eksternal disini adalah faktor yang tidak dapat di diatur misal hujan atau banjir. Faktor sistem galangan

disini adalah kemampuan sebuah sistem tersebut untuk menopang proses perbaikan kapal sehingga dapat menghasilkan komponen kapal yang andal.

Jadi perlu melakukan analisa apakah sistem di galangan tersebut sudah mendukung untuk menghasilkan perbaikan kapal yang andal. Selanjutnya akan dibahas masalah mitigasi penurunan keandalan dan cara mengimplementasikan keandalan sebagai basis perbaikan kapal.

4.2.5 Tahapan *Corrective action* dari *Root Cause Analysis (RCA)* Untuk Material Pelat Lambung Kapal X.

Pada failure list yang dibuat sebelumnya, material pengganti berpengaruh sangat besar

dalam nilai keandalan dari perbaikan repair. Penyebab ketidakandalan hasil repair yang berhubungan dengan material adalah:

- 1) Material dibawah standard.
- 2) Pemasangan material yang buruk.
- 3) Ketidakcocokan material terhadap requirement.

Keandalan material disini dibagi menjadi dua yaitu; material sekali pakai dan material

yang nantinya menjadi bahan repair. Untuk keandalan material sekali pakai lebih ditenkankan untuk persentase keberhasilan material ketika dipakai. Apakah langsung failure atau berhasil. Misal satu jenis peluru dites dengan ditembakkan sebanyak 100 kali. Dari 100 tembakan ada 1 buah peluru yang tidak meledak. Maka presentasi keandalannya adalah 99%. Untuk keandalan material yang nantinya akan menjadi bagian dari kapal yang direparasi maka keandalan adalah kemungkinan material tersebut untuk bekerja tanpa gagal dalam jangka waktu dan kondisi yang ditentukan.

Untuk menghitung failure rate dari sebuah material adalah dengan melakukan tes atau

dengan menghitung umur pakai dari material tersebut. Jadi failure rate dari material untuk repair memerlukan perhiungan khusus yang tidak dapat dilakukan dalam tugas akhir ini. Tapi kita dapat melakukan analisa pengaruh tiga penyebab ketidakandalan elemen di atas dan pengaruhnya terhadap nilai keandalan.

- **Bad Material Quality**

Untuk pengaruh kualitas material terhadap failure rate dari sebuah komponen sebenarnya sangat item specific dan tidak dapat ditarik kesimpulan umum dari pengaruhnya. Umumnya pengaruh kualitas material berujung ke semakin besarnya Mean Time Between failure. Dimana waktu yang dibutuhkan untuk mesin menjadi gagal semakin singkat. Penyebab buruknya kualitas material dapat disebabkan karena buruknya material handling dari galangan, jeleknya sarana penyimpanan material, tidak dilakukannya material preparation sehingga berkurang kualitasnya.

- **Unsuitable material**

Yang dimaksud dengan material yang tidak cocok adalah ketidak samaan spesifikasi material yang dipakai untuk memperbaiki atau maintenance kapal. Apabila kita memakai material yang tidak cocok untuk sebuah mesin maka kemungkinan besar akan terjadi kegagalan lebih cepat akibat ketidak cocokan.

- **Under Specification**

Untuk penyebab ketidakandalan ini disebabkan karena spesifikasi yang dibawah standard yang dibutuhkan oleh sebuah komponen kapal. Jika bad material quality lebih disebabkan karena kualitas material yang buruk, under specification disebabkan karena spesifikasi material yang dipakai tidak memenuhi apa yang rencanakan.

Setelah diketahui pengaruh dari penyebab-penyebab ketidakandalan material di atas. Dan kemudian kita analisa secara kasar pengaruh material terhadap failure rate sebuah hasil perbaikan maka dapat disimpulkan bahwa pengaruh material terhadap failure rate adalah:

- 1) Pengaruh terhadap failure rate akibat perubahan material harus dihitung menggunakan teknik perhitungan failure probability atau dengan menggunakan data historis kegagalan.

2) Besarnya pengaruh sebuah perbedaan material yang dipakai berbanding lurus dengan penyimpangan yang terjadi. Semakin jauh perbedaan material yang digunakan, semakin besar failure ratenya.

Identifikasi pada faktor Material di galangan untuk mencari penyebab ketidakandalan, dengan parameter pemeriksaan:

1) Kualitas material pengganti tidak memenuhi. Kualitas turun karena beberapa alasan, alasan pertama adalah karena; Material handling yang buruk, Lingkungan penyimpanan yang buruk, dan karena material preparation yang buruk. Semua alasan diatas dapat ditangani dengan melakukan mitigasi yang akan dibahas berikutnya.

2) Spec Requirement material pengganti tidak memenuhi. Untuk dapat melakukan identifikasi, maka requirement dari material dibagi menjadi dimensional, mechanical, standard specification, dan class requirement. Empat hal tersebut menjadi patokan untuk mengecek requirement dari material pengganti.

3) Kecocokan material pengganti dengan material yang rusak tidak memenuhi. Dalam perbaikan kapal tentunya ada banyak pilihan dalam menentukan material pengganti, dan pemilihan material alternatif menjadi salah satu langkah yang dapat dilakukan untuk Perawatan Lambung, yakni

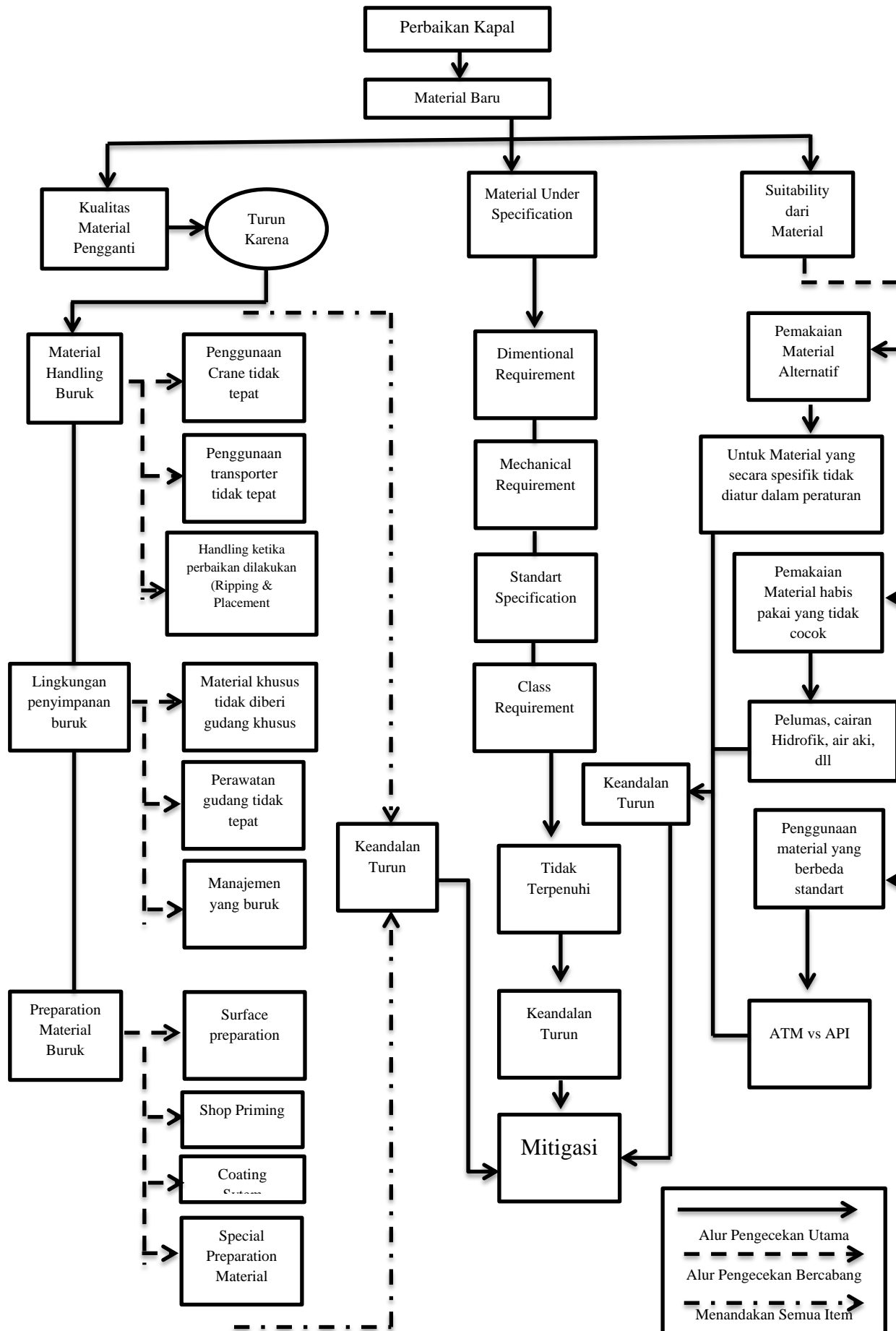
- a. Scraping.
- b. Sandblasting.
- c. Pembersihan dengan udara bertekanan.
- d. Penggantian zinc anode.
- e. Coating

Dengan Pekerjaan replating, perbaikan bangunan kapal dan peralatan di atas deck, yakni:

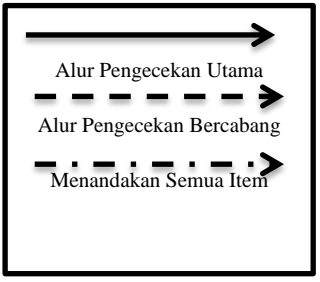
- 1) Bending.
- 2) Cutting.
- 3) Welding
- 4) Grinding.
- 5) Material Handling and Transportasi.

4.3 Model Mitigasi Keandalan Berkelanjutan Pada Plat Lambung Kapal di Galangan Kapal.

Dalam memilih material pengganti ada beberapa hal yang dapat menyebabkan turunya keandalan pada hasil perbaikan kapal. Ketidakcocokan tersebut berawal dari tidak samanya standar dan requirement.



Gambar 4.5 Flowchart Mitigasi



Untuk mencegah agar ketidakandalan hasil pekerjaan yang diakibatkan material tidak terjadi, atau setidaknya diminimalisir. Maka galangan harus:

- 1) Penyimpanan material harus dilakukan dengan benar.
- 2) Proses preparation material harus dilakukan *step by step* dengan benar.
- 3) Pada saat proses perencanaan perbaikan kapal dilakukan perencanaan keandalan untuk melihat umur material, sehingga keandalan dari material dapat diketahui lebih awal.
- 4) Pengawasan penggunaan material harus lebih diawasi oleh supervisor sehingga tidak Ada kecurangan yang dapat dilakukan. Atau setidaknya kesempatan untuk menggunakan material yang *bad quality* dan *underspec* lebih kecil.

Untuk dapat meningkatkan keandalan material di galangan, galangan harus membagi material menjadi beberapa kriteria. Hal ini disebabkan material memiliki cakupan yang luas sehingga teknik peningkatan keandalannya juga banyak. Dalam studi ini yang ingin diperbaiki keandalannya dari perbaikan kapal dalam konteks material adalah:

- 1) Material Handling

Untuk material handling, peningkatan keandalan dilakukan dengan melakukan perbaikan SOP pada material handling. Kemudian melakukan analisa keandalan sederhana dengan Root Cause Analysis. Dapat juga dilakukan peningkatan keandalan dengan melakukan RCM pada sarana material handling seperti crane dan transporter.

- 2) Material Management

Untuk material management, penerapan keandalan yang minimal harus dicapai adalah sistem manajemen dalam kondisi dimana setiap material mempunyai strategi pemakaian yang terpisah, material sudah terhubung dengan BOM dan Repair List, melakukan manajemen suku cadang ABM (dimana suku cadang A tidak boleh sampai tidak ada).

- 3) Material for Repairing

Untuk meningkatkan keandalan material untuk perbaikan, keandalan harus sudah dihitung pada tahap desain dengan menggunakan pendekatan

perhitungan keandalan untuk sebuah komponen kapal. Sehingga ketidakandalan dari komponen kapal dapat diturunkan.

Hal yang penting dilakukan untuk meningkatkan keandalan dari material pada perbaikan kapal adalah dengan melakukan pencatatan untuk semua kegagalan yang berhubungan dengan material yang digunakan, difabrikasi, dan dihasilkan oleh galangan. Sehingga galangan mempunyai data kuantitas dan kualitas sebagai dasar pengembangan keandalan dari perbaikan kapal.

4.4 Strategi Implementasi Keandalan Material

Strategi untuk mengimplementasi keandalan pada material perbaikan kapal di galangan kapal, galangan direkomendasikan untuk melakukan beberapa hal yaitu:

1. Melakukan perbaikan terhadap semua sistem yang terhubung dengan material seperti sistem penyimpanan barang di gudang, sistem manajemen material, sistem penamaan barang, dan sistem sistem transportasi material.
2. Mulai melakukan integrasi antara material dan desain yang didukung oleh sebuah sistem informasi di galangan kapal.
3. Selalu melakukan pengecekan terhadap kualitas dari material yang disimpan digudang, sehingga kualitas material akan selalu terpantau kondisinya.
4. Menghindari penggunaan material alternatif yang lebih murah namun kualitas dan umur pemakaiannya belum terjamin.

4.5 Perhitungan Laju Korosi

Tabel 4.5.1 Tebal awal dan Tebal Akhir Plat Lambung

No	Lajur	Frame	To (mm)	Ta (mm)	T (waktu)
1	A	50 - 53	11.8	11.6	2.5
2	A	58 - 60	11.5	11	2.5
3	A	60 - 62	11.7	11.4	2.5
4	A	72 - 74	11.8	11.6	2.5

5	A	74 - 76	11.7	11.4	2.5
6	A	80 - 83	11.8	11.6	2.5
7	A	83 - 85	11.7	11.4	2.5
8	A	85 - 87	11.8	11.6	2.5
9	A	87 - 90	11.7	11.4	2.5
10	A	93 - 97	11.8	11.6	2.5
11	B	76 - 78	11.7	11.4	2.5
12	B	78 - 80	11.5	11	2.5
13	C	20 - 25	11.5	11	2.5
14	C	25 - 29	11.8	11.6	2.5
15	C	29 - 31	11.8	11.6	2.5
16	C	31 - 34	11.9	11.8	2.5
17	C	34 - 39	11.7	11.4	2.5
18	C	39 - 45	11.8	11.6	2.5
19	C	45 - 50	11.8	11.6	2.5
20	C	50 - 56	11.8	11.6	2.5
21	C	56 - 61	11.9	11.8	2.5
22	C	61 - 65	11.9	11.8	2.5
23	C	65 - 67	11.7	11.4	2.5
24	C	67 - 70	11.9	11.8	2.5
25	C	70 - 72	11.6	11.2	2.5
26	C	72 - 76	11.9	11.8	2.5
27	D	31 - 35	11.9	11.8	2.5

(Sumber : Data hasil Ultrasonic Test dari PT. X)

Tabel 4.5.2 Persentase Pengurangan Tebal Plat Lambung pada Lajur A

No	Lajur	Frame	To (mm)	Ta (mm)	T (waktu)	Δt (mm)	Δt (%)
1	A	50 - 53	11.8	11.6	2.5	0.2	1.67
2	A	58 - 60	11.5	11	2.5	0.5	4.17
3	A	60 - 62	11.7	11.4	2.5	0.3	2.5
4	A	72 - 74	11.8	11.6	2.5	0.2	1.67
5	A	74 - 76	11.7	11.4	2.5	0.3	2.5
6	A	80 - 83	11.8	11.6	2.5	0.2	1.67
7	A	83 - 85	11.7	11.4	2.5	0.3	2.5
8	A	85 - 87	11.8	11.6	2.5	0.2	1.67
9	A	87 - 90	11.7	11.4	2.5	0.3	2.5
10	A	93 - 97	11.8	11.6	2.5	0.2	1.67
						Total	22.52
						Rata2	2.252

Hasil pengurangan tebal plat pada lajur A dapat diketahui terjadi dengan persentase besaran pada Frame 58 – 60 dengan besaran persentase 0.0417 %.

Tabel 4.5.3 Persentase Pengurangan Tebal Plat Lambung pada Lajur B

No	Lajur	Frame	To (mm)	Ta (mm)	T (waktu)	Δt (mm)	Δt (%)
1	B	76 - 78	11.7	11.4	2.5	0.3	2.5
2	B	78 - 80	11.5	11	2.5	0.5	4.17
						Total	6.67
						Rata2	3.335

Hasil pengurangan tebal plat lambung pada Lajur B dapat diketahui terjadi dengan persentase besaran pada Frame 78 – 80 dengan persentase besaran 0.0417%

Tabel 4.5.4 Persentase Pengurangan Tebal Plat Lambung pada Lajur C

No	Lajur	Frame	To (mm)	Ta (mm)	T (waktu)	Δt (mm)	Δt (%)
1.	C	20 - 25	11.5	11	2.5	0.5	4.17
2.	C	25 - 29	11.8	11.6	2.5	0.2	1.67
3.	C	29 - 31	11.8	11.6	2.5	0.2	1.67
4.	C	31 - 34	11.9	11.8	2.5	0.1	0.83
5.	C	34 - 39	11.7	11.4	2.5	0.3	2.5

6.	C	39 - 45	11.8	11.6	2.5	0.2	1.67	
7.	C	45 - 50	11.8	11.6	2.5	0.2	1.67	
8.	C	50 - 56	11.8	11.6	2.5	0.2	1.67	
9.	C	56 - 61	11.9	11.8	2.5	0.1	0.83	
10.	C	61 - 65	11.9	11.8	2.5	0.1	0.83	
11.	C	65 - 67	11.7	11.4	2.5	0.3	2.5	
12.	C	67 - 70	11.9	11.8	2.5	0.1	0.83	
13.	C	70 - 72	11.6	11.2	2.5	0.4	3.34	
14.	C	72 - 76	11.9	11.8	2.5	0.1	0.83	
							Total	25.01
							Rata2	1.923846154

Hasil pengurangan tebal plat lambung pada Lajur C dapat diketahui terjadi dengan persentase besaran pada Frame 20 – 25 dengan persentase besaran 0.0417%.

Tabel 4.5.5 Persentase Pengurangan Tebal Plat Lambung pada Lajur D

No	Lajur	Frame	To (mm)	Ta (mm)	T (waktu)	Δt (mm)	Δt (%)	
11	D	31 - 35	11.9	11.8	2.5	0.3	2.5	
							Total	2.5
							Rata2	2.5

Hasil rata-rata dari table diatas untuk bagian pengurangan tebal plat yang terjadi pada lajur A Frame 58 – 60, Lajur B Frame 78 – 80 dan Lajur C Frame 20 – 25 sebesar 0.0417%. jadi tiap bagian lambung kapal ada lajur yang mengalami pengurangan tebal yang paling menonjol.

4.6 Menghitung Laju Korosi pada Material Plat Lambung Kapal.

Hasil dari pengukuran tebal plat pada tabel berikut selanjutnya dilakukan perhitungan laju korosi pada plat lambung. Laju korosi dihitung pada bagian lambung kapal. Sehingga perhitungannya adalah sebagai berikut :

4.6.1 Laju Korosi pada Plat Lambung

Sebelum dilakukan perhitungan laju korosi, terlebih dahulu harus dihitung berat plat awal (W_o) dan berat plat akhir (W_a) dari setiap lajur plat. Rumus yang digunakan adalah sebagai berikut :

$$W_o = P \times L \times t_o \times D \dots\dots\dots$$

$$W_a = P \times L \times t_a \times D \dots\dots\dots$$

Dimana W_o = berat awal (gram) t_o = tebal awal (m)

W_a = berat akhir (gram) t_a = tebal akhir (m)

P = Panjang Plat (m)

L = Lebar Plat (m) D = density (7,85 ton/m³)

Dengan menggunakan persamaan berikut maka didapatkan hasil perhitungan berat plat seperti pada tabel dibawah ini.

Tabel 4.6.1.1 Tabel Berat Plat Lambung

No	Lajur	Frame	P (m)	L(m)	To (m)	Ta (m)	Density	Wo (gr)	Wa (gr)
1	A	50 - 53	1.5	1.6	0.0118	0.0116	7.85	0.222312	0.218544
2	A	58 - 60	1.45	1.6	0.0115	0.0111	7.85	0.209438	0.202153
3	A	60 - 62	1.27	1.6	0.0117	0.0114	7.85	0.186629	0.181843
4	A	72 - 74	1.4	1.6	0.0118	0.0116	7.85	0.207491	0.203974
5	A	74 - 76	1.02	1.5	0.0117	0.0114	7.85	0.140522	0.136919
6	A	80 - 83	1.45	1.95	0.0118	0.0116	7.85	0.261911	0.257472
7	A	83 - 85	1.53	1.72	0.0117	0.0114	7.85	0.241699	0.235501
8	A	85 - 87	1.33	1.44	0.0118	0.0116	7.85	0.177404	0.174398
9	A	87 - 90	1.45	1.6	0.0117	0.0114	7.85	0.21308	0.207616
10	A	93 - 97	2	1.3	0.0118	0.0116	7.85	0.240838	0.236756
11	B	76 - 78	1.3	1	0.0117	0.0114	7.85	0.119398	0.116337
12	B	78 - 80	0.9	0.95	0.0115	0.0111	7.85	0.077185	0.0745
13	C	20 - 25	3.3	1.15	0.0115	0.0111	7.85	0.342593	0.330677
14	C	25 - 29	2.9	1.25	0.0118	0.0116	7.85	0.335783	0.330092
15	C	29 - 31	1.3	1.45	0.0118	0.0116	7.85	0.174607	0.171648
16	C	31 - 34	1.23	1.46	0.0119	0.0118	7.85	0.167754	0.166344
17	C	34 - 39	3.05	1.47	0.0117	0.0114	7.85	0.411787	0.401228
18	C	39 - 45	3.03	1.47	0.0118	0.0116	7.85	0.412583	0.40559
19	C	45 - 50	3.06	1.47	0.0118	0.0116	7.85	0.416668	0.409606
20	C	50 - 56	2.95	1.47	0.0118	0.0116	7.85	0.401689	0.394881
21	C	56 - 61	3.15	1.47	0.0119	0.0118	7.85	0.432558	0.428923
22	C	61 - 65	1.97	1.47	0.0119	0.0118	7.85	0.27052	0.268247

23	C	65 - 67	1.2	1.42	0.0117	0.0114	7.85	0.156503	0.15249
24	C	67 - 70	1.73	1.35	0.0119	0.0118	7.85	0.21817	0.216337
25	C	70 - 72	1.3	1.23	0.0116	0.0112	7.85	0.145604	0.140584
26	C	72 - 76	2.7	1.16	0.0119	0.0118	7.85	0.292575	0.290117
27	D	31 - 35	2.1	1.53	0.0119	0.0118	7.85	0.300142	0.29762

Selanjutnya adalah menghitung selisih berat plat antara berat plat saat diukur pada docking tahun 2010 dengan berat plat saat kapal docking tahun 2013. Rumus yang digunakan adalah :

$$\Delta W = W_o - W_a \dots\dots\dots$$

Dimana ΔW = selisih berat plat

W_o = berat awal

W_a = berat akhir.

Tabel 4.6.1.2 Tabel Selisih Berat Plat Lambung Lajur A.

No	Lajur	Frame	Wo (gr)	Wa (gr)	ΔW (gr)
1	A	50 - 53	0.222312	0.218544	0.003768
2	A	58 - 60	0.209438	0.202153	0.007285
3	A	60 - 62	0.186629	0.181843	0.004786
4	A	72 - 74	0.207491	0.203974	0.003517
5	A	74 - 76	0.140522	0.136919	0.003603
6	A	80 - 83	0.261911	0.257472	0.004439
7	A	83 - 85	0.241699	0.235501	0.006198
8	A	85 - 87	0.177404	0.174398	0.003006
9	A	87 - 90	0.21308	0.207616	0.005464
10	A	93 - 97	0.240838	0.236756	0.004082
Total					0.046148
Rata-rata					0.004615

Tabel 4.6.1.3 Selisih Berat Plat Lambung Lajur B

No	Lajur	Frame	Wo (gr)	Wa (gr)	ΔW (gr)
1	B	76 - 78	0.119398	0.116337	0.003061
2	B	78 - 80	0.077185	0.0745	0.002685
				Total	0.005746
				Rata-rata	0.002873

Tabel 4.6.1.4 Selisih Berat Plat Lambung Lajur C

No	Lajur	Frame	Wo (gr)	Wa (gr)	ΔW (gr)
1	C	20 - 25	0.342593	0.330677	0.011916
2	C	25 - 29	0.335783	0.330092	0.005691
3	C	29 - 31	0.174607	0.171648	0.002959
4	C	31 - 34	0.167754	0.166344	0.00141
5	C	34 - 39	0.411787	0.401228	0.010559
6	C	39 - 45	0.412583	0.40559	0.006993
7	C	45 - 50	0.416668	0.409606	0.007062
8	C	50 - 56	0.401689	0.394881	0.006808
9	C	56 - 61	0.432558	0.428923	0.003635
10	C	61 - 65	0.27052	0.268247	0.002273
11	C	65 - 67	0.156503	0.15249	0.004013
12	C	67 - 70	0.21817	0.216337	0.001833
13	C	70 - 72	0.145604	0.140584	0.00502
14	C	72 - 76	0.292575	0.290117	0.002458
				Total	0.07263
				Rata-rata	0.005188

Tabel 4.6.1.5 Selisih Berat Plat Lambung Lajur D

No	Lajur	Frame	Wo (gr)	Wa (gr)	ΔW (gr)
1	D	31 - 35	0.300142	0.29762	0.002522
				Total	0.002522
				Rata-rata	0.002522

Dari hasil persentase sebelumnya berdampak juga pada selisih berat dari material tersebut, dan lajur C frame 20 – 25 mengalami kehilangan berat sebesar 0.011916 gr pada wilayah lambung kapal.

Menghitung Luas pada masing – masing lajur plat dengan menggunakan rumus $P \times L$. sehingga hasilnya pada tabel berikut ini.

Tabel 4.6.1.6 Tabel Luas Plat pada lambung kapal

No	Lajur	Frame	P (cm)	L (cm)	Area (cm ²)
1	A	50 - 53	150	160	24000
2	A	58 - 60	145	160	23200
3	A	60 - 62	127	160	20320
4	A	72 - 74	140	160	22400
5	A	74 - 76	102	150	15300
6	A	80 - 83	145	195	28275
7	A	83 - 85	153	172	26316
8	A	85 - 87	133	144	19152
9	A	87 - 90	145	160	23200
10	A	93 - 97	200	130	26000
11	B	76 - 78	130	100	13000
12	B	78 - 80	90	95	8550
13	C	20 - 25	330	115	37950
14	C	25 - 29	290	125	36250
15	C	29 - 31	130	145	18850

16	C	31 - 34	123	146	17958
17	C	34 - 39	305	147	44835
18	C	39 - 45	303	147	44541
19	C	45 - 50	306	147	44982
20	C	50 - 56	295	147	43365
21	C	56 - 61	315	147	46305
22	C	61 - 65	197	147	28959
23	C	65 - 67	120	142	17040
24	C	67 - 70	173	135	23355
25	C	70 - 72	130	123	15990
26	C	72 - 76	270	116	31320
27	D	31 - 35	210	153	32130

Dengan menggunakan rumus laju korosi pada persamaan berikut, maka didapatkan hasil laju korosi seperti tabel berikut dibawah ini.

Tabel 4.6.1.7 Tabel Laju Korosi pada Plat Lambung Kapal pada Lajur A

No	Lajur	Frame	ΔW (gr)	Area (cm ²)	K	Density	T (th)	Laju Korosi (cm/th)
1	A	50 - 53	0.003768	24000	0.082	7.85	2.5	0.0000002527
2	A	58 - 60	0.007285	23200	0.082	7.85	2.5	0.0000005053
3	A	60 - 62	0.004786	20320	0.082	7.85	2.5	0.0000003790
4	A	72 - 74	0.003517	22400	0.082	7.85	2.5	0.0000002526
5	A	74 - 76	0.003603	15300	0.082	7.85	2.5	0.000000379
6	A	80 - 83	0.004439	28275	0.082	7.85	2.5	0.0000002526
7	A	83 - 85	0.006198	26316	0.082	7.85	2.5	0.000000379
8	A	85 - 87	0.003006	19152	0.082	7.85	2.5	0.0000002526
9	A	87 - 90	0.005464	23200	0.082	7.85	2.5	0.000000379
10	A	93 - 97	0.004082	26000	0.082	7.85	2.5	0.0000002527

Tabel 4.6.1.8 Laju Korosi pada Plat Lambung Kapal pada Lajur B

No	Lajur	Frame	ΔW (gr)	Area (cm ²)	K	Density	T (th)	Laju Korosi (cm/th)
1	B	76 - 78	0.003061	13000	0.082	7.85	2.5	0.0000003789
2	B	78 - 80	0.002685	8550	0.082	7.85	2.5	0.0000005054

Tabel 4.6.1.9 Laju korosi pada plat lambung kapal pada lajur C

No	Lajur	Frame	ΔW (gr)	Area (cm ²)	K	Density	T (th)	Laju Korosi (cm/th)
1.	C	20 - 25	0.011916	37950	0.082	7.85	2.5	0.0000005053
2.	C	25 - 29	0.005691	36250	0.082	7.85	2.5	0.0000002526
3.	C	29 - 31	0.002959	18850	0.082	7.85	2.5	0.0000002526
4.	C	31 - 34	0.00141	17958	0.082	7.85	2.5	0.0000001263
5.	C	34 - 39	0.010559	44835	0.082	7.85	2.5	0.0000003790
6.	C	39 - 45	0.006993	44541	0.082	7.85	2.5	0.0000002527
7.	C	45 - 50	0.007062	44982	0.082	7.85	2.5	0.0000002526
8.	C	50 - 56	0.006808	43365	0.082	7.85	2.5	0.0000002526
9.	C	56 - 61	0.003635	46305	0.082	7.85	2.5	0.0000001263
10.	C	61 - 65	0.002273	28959	0.082	7.85	2.5	0.0000001263
11.	C	65 - 67	0.004013	17040	0.082	7.85	2.5	0.0000003789
12.	C	67 - 70	0.001833	23355	0.082	7.85	2.5	0.0000001263
13.	C	70 - 72	0.00502	15990	0.082	7.85	2.5	0.0000005052
14.	C	72 - 76	0.002458	31320	0.082	7.85	2.5	0.0000001262

Tabel 4.6.1.10 Laju korosi pada plat lambung kapal pada lajur D

No	Lajur	Frame	ΔW (gr)	Area (cm ²)	K	Density	T (th)	Laju Korosi (cm/th)
1.	D	31 - 35	0.002522	32130	0.082	7.85	2.5	0.0000001263

Hasil selisih berat dan Laju korosi pada lambung kapal berdampak pailurus dengan hasil pengurangan tebal yang menunjukkan Lajur B pada Frame 78 – 80 mengalami kecepatan laju korosi sebesar 0.0000005054 cm/th.