

BAB IV

HASIL DAN PEMBAHASAN

4.1 Objek Penelitian

4.1.1 Data Utama Kapal dan Spesifikasi

Data utama kapal pada studi kasus out of specification meliputi data utama kapal MT ERAWAN 12 sebagai fokus kasus pada penelitian ini dan data utama MT SINAR MAUMERE dan MT SINAR MOROTAI sebagai data pembandingan dengan jenis muatan sama yaitu caustic soda tanpa kasus out of specification.

Ship's Name	: MT. ERAWAN 12	MMSI No.	: 525003643
Call Sign	: YBJM2	Inmarsat - C	: 435137610
Flag	: INDONESIA	Phone	: +870773991022
Port of Registry	: JAKARTA	Email	: erawan12@iec-rptisoft.com
Official No.	: 29503-04-B	Keel Laid	: 22 Apr 2003
IMO No	: 9301366	Launched	: 11 Aug 2003
IMO Company	: 5629864	Delivered	: 29 Oct 2003
Classification	: BK1 - Biro Klasifikasi Indonesia	Ship Builder	: Hakata Shipbulding Co. Ltd. Japan
Class Notification	: NS* (Tankers, Oil Chemical C II&III) MNS* - Flash Point Bellow 60 deg cel		
Owners	: PT. PELAYARAN SAKTI ERAWAN. Jl. Pluit Raya Utara No.54 Jakarta 14450 Phone: (021) 6691009, 6692918, 6694014 - Fax. (021) 6691452		
Operators	: PT. ARCADIA SHIPPING. Jl. Pluit Raya Utara No.54 Jakarta 14450 Phone: (021) 6691009, 6692918, 6694014 - Fax. (021) 6691452		
Commercial Operators	: PT. CHANDRA ASRI PETROCHEMICAL Tbk Wisma Barito Pacific Tower B, 2 nd Floor - Jl. Letjend S Parman Kav. 62-63 Jkt 11410		
DimensionsL.O.A	: 104.989 M	Ext. Breadth	: 17.024 M
L.B.P	: 99.040 M	Molded Breadth	: 17.000 M
G.R.T	: 4432 T	Molded Depth	: 8.50 M
N.R.T	: 2005 T	Height Keel to Mast	: 30.50 M
Draft Summer	: 6.663 M	DWT Summer	: 6464.53 MT
Draft Winter	: 6.524 M	DWT Winter	: 6688.54 MT
Draft Tropical	: 6.663 M	DWT Tropical	: 6688.63 MT
Δ Summer	: 9113.05 MT	Light Ship	: 2424.52 MT
Δ Winter	: 8898.98 MT	TPC Summer Draft	: 15.418 MT
Δ Tropical	: 9113.05 MT	FW Allowance	: 14.7 MT
		Constant	: 98.32 MT

Bridge to Bow	: 80.027 M	
Bridge to Center Manifold	: 28.315 M	
Bow to Center Manifold	: 51.712 M	
Bridge to Stern	: 24.959 M	
Stern to Center Manifold	: 53.275 M	
Manifold to Ships Side	: 2.86 M	
Manifold to Spill Try	: 0.78 M	
Manifold to Above Deck	: 2.90 M	
Manifold to Keel	: 11.40 M	
Height Deck Edge Fishplate	: 160 mm	

MAIN ENGINE	: AKASAKA 6UEC371A	CARGO PUMP	: Deep well (Electric Power)
Output	: 4200PS / 3090KW / 210 RPM		: Hamworthy (KSE) 200 M3/Hrs
Consumption	: - MT/Day	Cargo Tank Coating	: SUS 316 L Stainless Steel
Speed Load / Ballast	: 10.5 Knots / 11.5 Knots		: 10 Tanks P/S
GENERATOR	: YANMAR (2Set)	COT Capacity	: 7242.342 M3 (100%)
Eme'y Generator	: MITSUBI Sozen Machinery 80W Type : FGL912 55KW	Anchor Chain	: 8 Shackles (P) / 9 Shackles (S)
Boiler	: MURA Type - HB-08	Bunker Capacity	: FO:423.46M3 / DO: 124.06M3
FW Generator	: 1Ton/ day	FW Tank Capacity	: 355.98 T
PROPELLOR TYPE	: FIXED PITCH PROPELLER	Ballast Tank Capacity	: 2400.89 T
Serial No	: A030.010		
ANCHOR CHAIN	: PS 8 Shackles / SB 9 Shackles		
Visibility Distance From Bridge to Sea Level:			
In Full Load Condition	: 109.11		
In Full Ballast Condition	: 152.70		
Total Crew Onboard	: 20 Crew - Including Master		
All Crew Indonesia	: 8 Officers & 12 Crew	Master Name:	: Capt. Soelasmono M.Mar

Gambar 4. 1 (Ship Particular MT ERAWAN 12)

4.1.2 Data utama kapal pemandang
 1. Data Utama dan Spesifikasi MT SINAR MAUMERE

NAME OF SHIP		SINAR MOROTAI				
CALL SIGN		Y B S L 2				
PORT OF REGISTRY		JAKARTA				
FLAG		INDONESIA				
OFFICIAL NO / HULL NO		48218 - PEXT / S NO.695				
MMSI NUMBER / INM		525109001 / 452503781				
CLASSIFICATION SOCIETY		BVH'HULL'MACH CH TANKER - OIL TANKER .ESP Unrestricted Navigation IN WATER SURVEY.MOM - SHAFT,CPS (WBT)				
TYPE OF SHIP / IMO TYPE		CHEMICAL TANKER / OIL TANKER / II				
IMO NUMBER		9786384				
BUILDER		SASAKI SHIPBUILDING CO.LTD JAPAN				
KEEL LAID		JULY 22 ND 2016				
DATE OF LAUNCHING		NOV 16 TH 2017				
DATE OF DELIVERY		MARCH 16 TH 2017				
SHIP OWNERS		SAMUDERA ENERGI TANGGUH JL. S PARMAN KAV 35 SLEPI JAKARTA 11480 INDONESIA				
SHIP OPERATORS		SAMUDERA INDONESIA SHIP MANAGEMENT JL. S PARMAN KAV 35 SLEPI JAKARTA 11480 INDONESIA				
SHIP TELP/FAX / E-mail		+870773907973/ + 870783240739 / sinarmorotai@samudera.sailink.id				
PRINCIPAL DIMENSION		FREEBOARD AND DEADWEIGHT				
LOA	95.32 Mtr	ITEM	FREEBOARD (Mtr)	DRAFT (Mtr)	DISPL (MT)	DWT (MT)
LBP	90.08 Mtr	SUMMER	1.478	5.745	5,818.68	3,979.97
BREATH (MOULDED)	14.60 Mtr	WINTER	1.597	5.626	5,678.53	3,839.82
DEPTH (MOULDED)	7.20 Mtr	TROPICAL	1.359	5.864	5,959.78	4,121.07
MAXIMUM HEIGHT	32.80 Mtr	LIGHTSHIP	5.161	2.039	1,838.71	1,838.71
TONNAGE		NORMAL BALLAST	3.590	3.610	3,444.49	1,605.78
GROSS TONNAGE	2,943 Tons					
NET TONNAGE	1,221 Tons					
PARALLEL BODY DISTANCES		Lightship	Normal Ballast	Summer Dwt		
Forward to Mid - Point Manifold		7.80 Mtr	7.80 Mtr	16.25 Mtr		
Aft to Mid - Point Manifold		14.30 Mtr	16.25 Mtr	26.65 Mtr		
Parallel Body Length		22.10 Mtr	24.05 Mtr	42.90 Mtr		
FWA / TPC at Summer Draft			122 mm	11.82 Tons		
PORT / STARBOARD ANCHOR CHAIN : 220 MTR (8 SHACKLES) CHAIN DIA : 38 mm						
ENGINE PARTICULARS						
MAIN ENGINE			AUX. ENGINE			
TYPE	AKASAKA AX33BFD		TYPE	YANMAR 6 AYL - WET		
NUMBER	1 Set		NUMBER	2 SET		
	6 Cycle Single Acting Airless Injection 1,618 Kw X 310 RPM		BHP	491 KW		
			RPM	1800		
PROPELLER			AUX BOILER			
TYPE & NUMBER	4 Bladed .25" Skewed ,solid type fixed Pitch Propeller (ALBC3) 1 Set		HB-06 / VERTICAL WATER TUBE 1 SET			
Maximum Speed	Ballast 12 Knot	Laden 11 Knot	STEAM CONDITION	06-08 MPA		
			HEAT OUTPUT	6000 Kg/Hrs		
			MAKER	IMURA CO.LTD		
CARGO OIL TANK			PUMP ROOM			
CARGO TANK COATING	CAPACITY in m3		Pump Name	Type	Capacity	
STAINLESS STEEL NSCC2120	100% Full	98% Full	Cargo Pump	Screw	360 Cu.M/Hrs (2 Set)	
No.1 COT P&S	934.959	916.259	Striping Pump	Screw	50 Cu.M/Hrs (1 Set)	
No.2 COT P&S	1068.240	1046.875	Ballast Pump	Centrifugal	300 Cu.M/Hrs (1 Set)	
No.3 COT P&S	1084.033	1062.352	Max Loading Rate Per Manifold	300 Cu.M/ Hrs		
No.4 COT P&S	1131.203	1108.579	Number/Size Of Manifold	1 - 8 Inch / JIS		
No.5 SLOP P&S	286.152	280.429	Number/Type Of Reducers	1 - 8 Inch / JIS		
TOTAL	4,504.587	4,414.494	DISTANCES OF MANIFOLD			
DIESEL OIL TANKS (SG=0.87)		CAPACITY		Between Cargo Manifold Centre	700 mm	
	Tonne 100% Full	Tonne 96% Full	Ship Rail to Manifold	1050 mm		
D.O. TANK	P	25.72	Manifold to Ship Side	2550 mm		
D.O. TANK	S	31.68	Top Rail to Centre Of Manifold	530 mm		
TOTAL	57.40	47.94	Main Deck to Centre Of Manifold	2000 mm		
			Spill Tank Greating to Centre Of Manifold	850 mm		
			Manifold to Bow	44600 mm		
			Manifold to stern	45400 mm		
			Maximum Temperature Cargo Heating	60 Tan Celsius		
			Designing specific gravity All Cargo	0.95 Cargo		
			Ballast Tank Capacity	495 M3		
			Fresh Water Tank Capacity	27 M3		
HEAVY FUEL OIL TANKS (SG=0.97)		CAPACITY		TOTAL CREW 16 PERSONS INCLUDE MASTER		
	Tonne 100% Full	Tonne 96% Full				
F.O. TANK	P	128.00				
F.O. TANK	S	128.00				
TOTAL	256.00	238.39	MASTER OF SINAR MOROTAI			

Gambar 4. 2 (Ship Particular MT SINAR MAUMERE)

2. Data utama dan Spesifikasi MT SINAR MOROTAI

NAME OF SHIP		SINAR MOROTAI				
CALL SIGN		Y B S L 2				
PORT OF REGISTRY		JAKARTA				
FLAG		INDONESIA				
OFFICIAL NO / HULL NO		49218 - PEXT / S NO.695				
MMSI NUMBER / INM		525109001 / 452503781				
CLASSIFICATION SOCIETY		BVI'HULL'MACH CH.TANKER - OIL TANKER ,ESP Unrestricted Navigation IN WATER SURVEY,MOM - SHAFT,CPS (WBT)				
TYPE OF SHIP / IMO TYPE		CHEMICAL TANKER / OIL TANKER / II				
IMO NUMBER		9786384				
BUILDER		SASAKI SHIPBUILDING CO.LTD JAPAN				
KEEL LAID		JULY 22 nd 2016				
DATE OF LAUNCHING		NOV 16 th 2017				
DATE OF DELIVERY		MARCH 16 th 2017				
SHIP OWNERS		SAMUDERA ENERGI TANGGUH JL S PARMAN KAV 35 SLIPI JAKARTA 11480 INDONESIA				
SHIP OPERATORS		SAMUDERA INDONESIA SHIP MANAGEMENT JL S PARMAN KAV 35 SLIPI JAKARTA 11480 INDONESIA				
SHIP TEL/FAX / E-mail		+670773907973 / + 870783240739 / sinarmorotai@samudera.sailink.id				
PRINCIPAL DIMENSION		FREEBOARD AND DEADWEIGHT				
LOA	95.32 Mtr	ITEM	FREEBOARD	DRAFT	DISPL	DWT
LBP	90.08 Mtr		(Mtr)	(Mtr)	(MT)	(MT)
BREATH (MOULDED)	14.60 Mtr	SUMMER	1.478	5.745	5.818.68	3.979.97
DEPTH (MOULDED)	7.20 Mtr	WINTER	1.597	5.626	5.678.53	3.839.82
MAXIMUM HEIGHT	32.80 Mtr	TROPICAL	1.359	5.864	5.959.78	4.121.07
TONNAGE		LIGHTSHIP	5.161	2.039	1.838.71	1.838.71
GROSS TONNAGE	2,943 Tons	NORMAL BALLAST	3.590	3.610	3,444.49	1,605.78
NET TONNAGE	1,221 Tons					
PARALLEL BODY DISTANCES		Lightship	Normal Ballast	Summer Dwt		
Forward to Mid - Point Manifold		7.80 Mtr	7.80 Mtr	16.25 Mtr		
Aft to Mid - Point Manifold		14.30 Mtr	16.25 Mtr	26.65 Mtr		
Parallel Body Length		22.10 Mtr	24.05 Mtr	42.90 Mtr		
FWA /TPC at Summer Draft			122 mm	11.82 Tons		
PORT / STARBOARD ANCHOR CHAIN : 220 MTR (8 SHACKLES) CHAIN DIA : 38 mm						
ENGINE PARTICULARS						
MAIN ENGINE			AUX. ENGINE			
TYPE	AKASAKA AX33BFD		TYPE	YANMAR 6 AYL - WET		
NUMBER	1 Set		NUMBER	2 SET		
	6 Cycle Single Acting Airless Injection		BHP	491 KW		
	1,618 Kw X 310 RPM		RPM	1800		
PROPELLER			AUX BOILER			
TYPE & NUMBER	4 Bladed .25" Skewed ,solid type fixed Pitch Propeller (ALBC3) 1 Set		HB-06 / VERTICAL WATER TUBE 1 SET			
	Ballast		STEAM CONDITION			
	Laden		06-08 MPA			
Maximum Speed	12 Knot	11 Knot	HEAT OUTPUT			
			6000 Kg/Hrs			
			MAKER			
			IMURA CO.LTD			
CARGO OIL TANK			PUMP ROOM			
CARGO TANK COATING		CAPACITY in m3		Pump Name	Type	Capacity
STAINLESS STEEL NSCC2120		100% Full	98% Full	Cargo Pump	Screw	360 Cu.M/Hrs (2 Set)
No.1 COT P&S		934.959	916.259	Striping Pump	Screw	50 Cu.M/Hrs (1 Set)
No.2 COT P&S		1068.240	1046.875	Ballast Pump	Centrifugal	300 Cu.M/Hrs (1 Set)
No.3 COT P&S		1084.033	1062.352	Max Loading Rate Per Manifold		
No.4 COT P&S		1131.203	1108.579	Number/Size Of Manifold		
No.5 SLOP P&S		286.152	280.429	Number/Type Of Reducers		
		4,504.587	4,414.494	DISTANCES OF MANIFOLD		
TOTAL				Between Cargo Manifold Centre		
				700 mm		
				Ship Rail to Manifold		
				1050 mm		
				Manifold to Ship Side		
				2550 mm		
				Top Rail to Centre Of Manifold		
				530 mm		
				Main Deck to Centre Of Manifold		
				2000 mm		
				Spill Tank Greating to Centre Of Manifold		
				850 mm		
				Manifold to Bow		
				44600 mm		
				Manifold to stern		
				45400 mm		
				Maximum Temperature Cargo Heating		
				Designing specific graffy All Cargo		
				Ballast Tank Capacity		
				Fresh Water Tank Capacity		
				TOTAL CREW 16 PERSONS INCLUDING MASTER		
				MASTER OF SINAR MOROTAI		
DIESEL OIL TANKS (SG=0.87)		CAPACITY				
		Tonne 100% Full	Tonne 96% Full			
D.O. TANK	P	25.72	21.48			
D.O. TANK	S	31.68	26.46			
TOTAL		57.40	47.94			
HEAVY FUEL OIL TANKS (SG=0.97)		CAPACITY				
		Tonne 100% Full	Tonne 96% Full			
F.O. TANK	P	128.00	119.19			
F.O. TANK	S	128.00	119.19			
TOTAL		256.00	238.39			

Gambar 4. 3 (ship particular MT SINAR MOROTAI)

4.1.3 Karakteristik Caustic Soda

Caustic soda atau natrium hidroksida (NaOH), merupakan senyawa kimia basa kuat berbentuk kristal putih ortorombik yang higroskopis, dengan titik didih pada suhu 1390°C dan titik leleh pada suhu 318.4°C dengan massa jenis 2.13g/cm³ (Amna & Lestari, 2025).

4.2 Identifikasi Penyebab

Proses analisis yang dilakukan pada tahap *static structural* terbagi menjadi *pre-processing*, *solution* dan *post-processing* yang akan dijelaskan secara rinci sebagai berikut:

4.2.1 Analisis Dokumen Sekunder

Berdasarkan pengamatan dari penulis yang telah melakukan pengambilan data sekunder yang berasal dari cargo survey pada MT ERAWAN 12 terdapat beberapa dokumen pendukung peneliti diantaranya;

a) *Report of Analyst*

Pada saat sebelum melakukan cargo survey, sesuai dengan prosedur dalam melakukan loading, pihak surveyor mengambil sample dari muatan yang berada pada tangki darat sebagai representasi kualitas muatan. Pengambilan sample bertujuan untuk memastikan muatan sudah sesuai dengan bill of lading atau sesuai kesepakatan antar charter party. Penulis dan surveyor terkait melakukan sampling muatan pada tangki darat dengan muatan caustic soda dilanjutkan dengan pengujian sample pada laboratorium PT Sulfindo Adi Usaha dengan hasil lampiran gambar dibawah. Setelah dilakukan pengujian sample ditemukan bahwa uji kualitas laboratorium menunjukkan kondisi muatan caustic soda sudah memenuhi standart ditandai dengan stempel on spec pada hasil pengujian.

Product : Caustic Soda Liquid		Date of Sampling : 24 May 2024	
Date of Analysis : 24 May 2024		Lot Number : Composite (S-07240524+ S-02240524)	
Parameters	Spec.	Result	
Purity, % wt	Min. 49.00	Shore Tank Composite	
Density at 30 deg C, g/ml	Min. 1.510	49.60	
Carbonate as Na ₂ CO ₃ , % wt	Max. 0.12	1.515	
Sulphate as SO ₄ , % wt	Max. 0.01	0.056	
Chlorate as NaClO ₃ , ppm	Max. 65	0.0016	
Chloride as NaCl, % wt	Max. 0.01	27.64	
Iron as Fe, ppm	Max. 5	0.004	
Silica as SiO ₂ , ppm	Max. 20	0.81	
Appearance	Clear & NSM	Clear & NSM	

Status : **ON SPEC**

Note : Shore Tank " MT ERAWAN 12 " to Kalimantan, 6000 mt

FORM-QCA-QCL-002 - Rev.0


Gambar 4. 4 (hasil uji sampling tangki darat)

b) *Letter of Protest*

Merupakan sebuah dokumen pendukung yang berisi kendala dalam melakukan *cargo survey* pada saat melakukan loading. Dalam melakukan *cargo survey*, penulis dan surveyor melakukan *one foot sampling* atau pengambilan *sample* yang telah dimuat pada saat muatan setinggi satu kaki di dalam tangki kapal.

Dengan keterangan pengambilan sampling pada tangki nomor 1P/S, 2P/S, 4P/S, dan 5P/S. didapati pada tangki nomor 2S terkontaminasi atau *off specification*, ditemukan timbul *white spot* pada permukaan muatan. Dengan adanya tanda *white spot* disertai buih busa yang tidak normal tim surveyor bersama dengan charter party (pihak kapal, pihak

shipping, dan terminal port) menyepakati bahwa muatan yang berada di tangki 2S dengan status *Out of Specification* (tidak memenuhi spesifikasi).

MARINE & CARGO SURVEYOR OIL & GAS INSPECTOR MARINE CONSULTANT INDUSTRIAL SERVICES CONTAINER REPAIR INSPECTOR		TOMO & SON INDEPENDENT SURVEYOR	P.T. TOMO AND SON Licensed by Indonesian Government Jl. Panglima Polim VI/40 Jakarta 12165 INDONESIA Phone : 62 21 7220194, 7256457 Fax : 62 21 7221147
--	---	---	---

LETTER OF PROTEST

To : THE MASTER / CHIEF OFFICER

APPLICANT	: PT. SULFINDO ADIUSAHA
VESSEL	: MT ERAWAN 12
PRODUCT	: CAUSTIC SODA LIQUID
PORT	: MERAK, INDONESIA
DATE	: MAY 25, 2024

Dear Sirs,

We wish it to be noted that first foot samples of caustic soda liquid was taken by us and witnessed by Vessel's Crew MT ERAWAN 12, Loading Master & Analyst. Taken from vessel's cargo tanks Nos. 1P/S, 2P/S, 4P/S, & 5P/S, sent to PT. Sulfindo Laboratory to be analysis. By the result of analysis :




1. Cargo tank Nos. 1P/S, 2P, 4P/S, & 5P/S was on specification.
2. Cargo tank Nos. 2S was off specification. Detail as per attached laboratory report for Cargo tank No. 2S.

On that case, stowage was change from 2S become 3S. During first foot loading to Cargo tank No. 3S witnessed by surveyor, loading master, analyst, and vessel's crew. Found white particle on surface of cargo. Analyst was declared that the cargo was off specification.

Quantity on cargo tank:

1. No 2S : 28.075 MT
2. No 3S : 2.488 MT

We here with on behalf of our principals hold you responsible for contamination of cargo and we reserve the rights to refer to this matter in the event of a claim.

 VESSEL REPRESENTATIVE	 TERMINAL REPRESENTATIVE	 SURVEYOR
--	---	---

The services of TOMO & SON are made with the best knowledge and skills of its technical and administrative staff but no responsibility will be taken for errors of judgment, mistakes and negligence which may be committed.


Gambar 4. 5 (Letter of Protest)

c) *Tank Cleaning Method*

Tank cleaning termasuk faktor utama yang menentukan keberhasilan muatan dikarenakan dengan adanya tank cleaning method yang sesuai dan tepat dapat menunjang ke steril an muatan tanpa adanya kontaminasi dari muatan yang sebelumnya. Pada studi kasus MT ERAWAN 12 pada penelitian ini muatan sebelumnya adalah FAME. *Fatty Acid Methyl Ester* (FAME) adalah senyawa ester yang dihasilkan dari reaksi *transesterifikasi* antara *trigliserida* (minyak/lemak) dengan metanol, dan merupakan komponen utama biodiesel. (Damiano Agugrah Paskah, 2025).

Pada studi kasus MT ERAWAN 12 muatan yang akan dibawa merupakan *caustic soda* yang bersifat basa kuat yang sangat berlawanan dengan FAME sebagai asam yang beresiko kontaminasi hidrolisis, maka diperlukan *tank cleaning method* yang sesuai untuk memastikan tangki bersih.

MARINE & CARGO SURVEYOR
OIL & GAS INSPECTOR
MARINE CONSULTANT
INDUSTRIAL SERVICES
CONTAINER REPAIR INSPECTOR



TOMO & SON
INDEPENDENT SURVEYOR

P.T. TOMO AND SON
Licensed by Indonesian Government
Jl. Panglima Polim VI/40
Jakarta 12160 INDONESIA
Phone: 62 21 7220164, 7256487
Fax: 62 21 7221147

TANK CLEANING REPORT


~~LOADING/UNLOADING~~ Report No. 2403.31.0814.61

VESSEL MT. "ERAWAN 12" VOY NO. 0524	PORT MERAK, INDONESIA
PRODUCT/CARGO CAUSTIC SODA LIQUID	DATE MAY 25, 2024


The following tank cleaning procedures were supplied by vessel's personal or extracted from vessel's tanks cleaning records. TOMO & SON Independent Surveyor cannot be held responsible for any inaccuracies.

No.	TANK NO.	CLEANING METHOD
1	1P/S, 2P/S, 3S, 4P/S, & 5P/S	<p>PREVIOUS CARGO : FAME</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. B/W with hot sea water 85 deg C each wing tank for 2.0 hrs 2. B/W with fresh water each wing tank for 15 minutes 3. Steaming at 100 deg C each tank 6 hrs 4. Draining of tank, line, and pump each wing tank for 1.0 hr 5. Gas free all tanks 24 hrs 6. Drying and mooping each tank 60 minutes.

Remarks:



Vessel Representative



Surveyor

Gambar 4. 6 (tank cleaning method)

4.2.2 Failure Mode Effect and Analysis (FMEA)

FMEA berguna menciptakan kerangka guna menilai resiko dari setiap mode kegagalan berdasarkan mode kegagalan sedari ketiga faktor antara lain keparahan (severity), Frekuensi (occurrence), dan kemampuan deteksi (detection). Dengan melakukan perhitungan Risk Priority Number (RPN), penulis dapat memprioritaskan mode kegagalan yang paling kritis dan yang berpotensi utama menyebabkan kontaminasi kargo muatan.

Tabel 4. 1 Failure Mode Effect and Analysis (Sumber : Penulis, 2026)

No	Kegagalan Fungsi	Efek dari Potensi Kegagalan	Potensi Penyebab	Pengendalian
1	Kontaminasi 3 Last Cargo	Perubahan kualitas kandungan muatan dikarenakan reaksi dari sisa muatan sebelumnya.	Pembersihan tangki dan inspeksi yang kurang optimal dan maksimal mengakibatkan sisa-sisa muatan tidak terdeteksi.	Pengawasan SOP <i>cleaning tank</i> dan pengoptimalan inspeksi <i>cleanliness tank</i> agar terhindar dari kontaminasi sisa muatan.
2	Cleaning Tank yang Tidak Optimal	Pembersihan tangki yang kurang optimal memberikan dampak kontaminasi sehingga kualitas muatan dapat terganggu, dan muatan dapat dinyatakan <i>offspecs</i> .	Sisa-sisa material yang digunakan untuk pembersihan tangki seperti sea water, detergen, dan beberapa material dengan sisa muatan treatment khusus berpotensi mengkontaminasi muatan selanjutnya.	Pengawasan SOP <i>cleaning tank</i> dan pengoptimalan inspeksi <i>cleanliness tank</i> agar terhindar dari kontaminasi sisa muatan.
3	Kebocoran Pipa atau Valve	Dalam terminal dapat banyak pipa yang berpotongan dengan pipa yang lain, dengan sistem perpipaan yang kompleks kebocoran sedikit saja dapat merusak kondisi muatan pun sama pada kapal yang terdapat berbagai sistem pipa seperti ballast, bahan bakar, dan fresh water.	Kurangnya maintenance pada sistem perpipaan.	Pengecekan berkala untuk maintenance segala pengkat pada pipa dari mulai line pipa, pump, sampai pada valve yang ada
4	Kualitas Washing Water Cleaning	Apabila <i>washing water</i> yang digunakan mengandung material kimia yang beralawanan dengan	Penggunaan water cleaning dan pemilihan metode yang tidak sesuai standar.	Optimalisasi pelaksanaan SOP pembersihan tangki

No	Kegagalan Fungsi	Efek dari Potensi Kegagalan	Potensi Penyebab	Pengendalian
		karakteristik muatan berpotensi merusak kualitas muatan.		
5	Human Error Pada Saat loading/discharge	Salah penentuan metode dalam bongkar muat mengakibatkan kerusakan muatan secara kualitas maupun kuantitas	Penentuan metode teknis yang salah seperti perencanaan pompa yang akan dipakai berakibat fatal untuk kondisi muatan entah pada <i>terminal port</i> maupun pompa pada kapal	Perencanaan matang dan brief team yang akan melakukan proses bongkar dan muat
6	Keterbatasan Alat Inspeksi	Keterbatasan alat inspeksi mempengaruhi kemampuan deteksi potensi bahaya pada kondisi muatan	Keterbatasan alat seperti salah satunya mengenai laboratorium dapat menimbulkan kesulitan untuk menentukan kualitas muatan	Perlu alat yang memadai dan rutin dikalibrasi untuk hasil inspeksi yang maksimal dan valid

Metode FMEA memiliki cara kerja dengan menunjukkan hasil dari nilai keparahan atau kegagalan dari beberapa faktor komponen yang berasal dari nilai RPN (Risk Priority Number), nilai RPN berasal dari penilaian yang diberikan oleh operator atau pihak yang memiliki kapasitas dan wewenang untuk melakukan proses tersebut, pada penelitian ini dengan studi kasusnya berarti memiliki wewenang yaitu sebagai surveyor cargo. Setelah hasil wawancara dan penilaian tersebut menghasilkan nilai RPN yang berguna menunjukkan inti masalah yang berpotensi menyebabkan kontaminasi muatan Caustic Soda yang mengakibatkan Out of Specification pada MT ERAWAN 12.

Pada Tabel 4.1 diperoleh beberapa mode kegagalan serta pengendalian yang sesuai pada setiap faktor yang dapat mempengaruhi kualitas muatan yang berhubungan dengan cargo survey khususnya pada studi kasus MT ERAWAN 12 yang terjadi out of specification pada muatan caustic soda. Wawancara dilakukan pada surveyor cargo di satu perusahaan PT TOMO and SON seminimal mungkin dengan pengalaman kerja satu tahun dan melakukan lebih dari 40 kali survey pada

kurun waktu satu tahun. Berikut Adalah pertanyaan wawancara yang di isi narasumber wawancara yang dapat divalidasi dengan email yang tercantum;

Nilai	Keparahan	Frekuensi	Deteksi
1-3	Keparahan Rendah (dampak minimal)	Sangat jarang terjadi (< 1 kali pertahun)	Sangat mudah terdeteksi (sebelum loading)
4-6	Keparahan sedang (memerlukan perhatian)	Kadang terjadi (beberapa kali pertahun)	Cukup dapat terdeteksi (dengan tersting standar)
7-8	Keparahan tinggi (muatan kemungkinan ditolak)	Sering terjadi (hampir setiap bulan)	Sulit terdeteksi (perlu analisis mendalam)
9-10	Keparahan sangat tinggi/kritis (kerugian besar, resiko keselamatan)	Sangat sering terjadi (hampir setiap cargo survey)	Sangat sulit/tidak terdeteksi (terdeteksi setelah klaim)

Gambar 4. 7 list pertanyaan wawancara

Pertanyaan.

1. Pada faktor dibawah ini manakah yang menjadi penyebab kepaarahan paling tinggi dan rendah dari permasalahan *out of spesification muatan caustic soda* pada kapal MT ERAWAN 12?
(Berikan penilaian 1-10)

Komponen	Nilai
Kontaminasi 3 Last Cargo	
Cleaning Tank yang Tidak Optimal	
Kebocoran Pipa atau Valve	
Kualitas Washing Water Cleaning	
Human Error Pada Saat loading/discharge	
Keterbatasan Alat Inspeksi	

2. Pada komponen dibawah ini manakah yang paling mungkin dan tidak mungkin menjadi penyebab dari permasalahan *out of spesification muatan caustic soda* pada kapal MT ERAWAN 12?
(Berikan penilaian 1-10)

Komponen	Nilai
Kontaminasi 3 Last Cargo	
Cleaning Tank yang Tidak Optimal	
Kebocoran Pipa atau Valve	
Kualitas Washing Water Cleaning	
Human Error Pada Saat loading/discharge	
Keterbatasan Alat Inspeksi	

3. Pada komponen dibawah ini manakah yang paling mudah dan sulit dideteksi menjadi penyebab dari permasalahan *out of spesification muatan caustic soda* pada kapal MT ERAWAN 12?
(Berikan penilaian 1-10)

Komponen	Nilai
Kontaminasi 3 Last Cargo	
Cleaning Tank yang Tidak Optimal	
Kebocoran Pipa atau Valve	
Kualitas Washing Water Cleaning	
Human Error Pada Saat loading/discharge	
Keterbatasan Alat Inspeksi	

4.3 Hasil Analisis Nilai FMEA Berdasarkan Narasumber

A) Hasil Penilaian Narasumber 1 (Umar syariffudin ; surveyor)

No	Komponen	S	O	D	Total RPN
					(SxOxD)
1	Kontaminasi 3 Last Cargo	5	7	6	210
2	Cleaning Tank yang Tidak Optimal	3	8	10	240
3	Kebocoran Pipa atau Valve	4	4	4	64
4	Kualitas Washing Water Cleaning	6	5	5	150
5	Human Error Pada Saat loading/discharge	4	4	6	96
6	Keterbatasan Alat Inspeksi	2	2	6	24

B) Hasil Penilaian Narasumber 2 (Muhammad Agung ; surveyor)

No	Komponen	S	O	D	Total RPN
					(SxOxD)
1	Kontaminasi 3 Last Cargo	4	5	4	80
2	Cleaning Tank yang Tidak Optimal	2	4	3	24
3	Kebocoran Pipa atau Valve	5	6	5	150
4	Kualitas Washing Water Cleaning	4	4	3	48
5	Human Error Pada Saat loading/discharge	6	5	5	150
6	Keterbatasan Alat Inspeksi	5	5	3	75

C) Hasil Penilaian Narasumber 3 (Amirudin ; HR Manager)

No	Komponen	S	O	D	Total RPN
					(SxOxD)
1	Kontaminasi 3 Last Cargo	3	5	3	45
2	Cleaning Tank yang Tidak Optimal	3	5	5	75
3	Kebocoran Pipa atau Valve	2	3	3	18
4	Kualitas Washing Water Cleaning	3	3	2	18
5	Human Error Pada Saat loading/discharge	5	5	4	100
6	Keterbatasan Alat Inspeksi	5	4	5	100

D) Hasil Penilaian Narasumber 4 (Bagas Adisetyantoko ; surveyor)

No	Komponen	S	O	D	Total RPN
					(SxOxD)
1	Kontaminasi 3 Last Cargo	5	7	5	175
2	Cleaning Tank yang Tidak Optimal	3	8	5	120

No	Komponen	S	O	D	Total RPN
					(SxOxD)
3	Kebocoran Pipa atau Valve	8	3	9	216
4	Kualitas Washing Water Cleaning	9	3	9	243
5	Human Error Pada Saat loading/discharge	8	3	8	192
6	Keterbatasan Alat Inspeksi	7	5	7	245

E) Hasil Penilaian Narasumber 5 (Abdurrahman Rizki M ; surveyor)

No	Komponen	S	O	D	Total RPN
					(SxOxD)
1	Kontaminasi 3 Last Cargo	5	5	3	75
2	Cleaning Tank yang Tidak Optimal	7	5	6	210
3	Kebocoran Pipa atau Valve	6	5	6	180
4	Kualitas Washing Water Cleaning	5	3	5	75
5	Human Error Pada Saat loading/discharge	3	3	5	45
6	Keterbatasan Alat Inspeksi	3	2	5	30

F) Hasil Penilaian Narasumber 6 (M Aditya Sukmana ; surveyor)

No	Komponen	S	O	D	Total RPN
					(SxOxD)
1	Kontaminasi 3 Last Cargo	3	9	2	54
2	Cleaning Tank yang Tidak Optimal	3	8	3	72
3	Kebocoran Pipa atau Valve	4	5	5	100
4	Kualitas Washing Water Cleaning	3	3	6	54
5	Human Error Pada Saat loading/discharge	5	2	5	50

No	Komponen	S	O	D	Total RPN
					(SxOxD)
6	Keterbatasan Alat Inspeksi	5	2	5	50

G) Hasil Penilaian Narasumber 7 (M Fikri Afifudin ; surveyor)

No	Komponen	S	O	D	Total RPN
					(SxOxD)
1	Kontaminasi 3 Last Cargo	5	2	6	60
2	Cleaning Tank yang Tidak Optimal	2	3	5	30
3	Kebocoran Pipa atau Valve	3	3	5	45
4	Kualitas Washing Water Cleaning	5	2	5	50
5	Human Error Pada Saat loading/discharge	5	2	6	60
6	Keterbatasan Alat Inspeksi	2	3	5	30

Berdasarkan pada hasil penilaian dari *surveyor cargo* yang berkapasitas untuk melaksanakan *cargo survey* dan pernah mengalami out of spesification pada table diatas didapatkan hasil rata rata nilai RPN (Risk Priority Number) pada setiap faktor komponen keagalann yang menjadi kemungkinan penyebab *out of specification caustic soda*, studi kasus: MT ERAWAN 12

Tabel 4. 2 hasil rata rata nilai RPN (Risk Priority Number)

No	Komponen	S	O	D	Total RPN
					(SxOxD)
1	Kontaminasi 3 Last Cargo	4,28	5,71	4,14	101,45
2	Cleaning Tank yang Tidak Optimal	3,28	5,85	5,28	101,72
3	Kebocoran Pipa atau Valve	4,57	4,14	5,28	100,1
4	Kualitas Washing Water Cleaning	5	3,28	5	82,14

No	Komponen	S	O	D	Total RPN
					(SxOxD)
5	Human Error Pada Saat loading/discharge	5,14	3,42	5,57	98,23
6	Keterbatasan Alat Inspeksi	4,14	3,28	5,14	70

Berdasarkan rata-rata penilaian terhadap nilai *Severity*, *Occurence*, dan *Detection* sehingga didapatkan nilai total RPN (*Risk Priority Number*) untuk masing-masing faktor mode kegagalan pada *out of specification cargo survey* studi kasus: MT ERAWAN 12 dari penilaian penggabungan 7 narasumber.

4.3.1 Matriks Dampak Probabilitas Berdasarkan Penilaian Data

Matriks probabilitas atau dampak yang digunakan sebagai alat untuk menilai tingkat resiko suatu kejadian dengan mengelompokkannya ke dalam kategori rendah, sedang, dan tinggi. Resiko dengan tingkat rendah ditandai dengan warna hijau dan berada pada bagian kiri matriks, sedangkan resiko tinggi ditunjukkan dengan warna merah yang terletak di sisi kanan serta perlu dihindari. Sementara itu, resiko sedang digambarkan dengan warna kuning yang berada diantara kedua kategori tersebut. Hasil penilaian prioritas resiko menggunakan matriks ini menunjukkan kesesuaian dengan nilai *Risk Priority Number* (RPN) yang diperoleh metode FMEA (Ariany et al., 2023).

Hubungan antara nilai *Risk Priority Number* (RPN) dalam metode FMEA dengan matriks resiko 5×5 terletak pada kesamaan fungsinya dalam mengevaluasi tingkat resiko suatu kegagalan. Nilai RPN dapat dipetakan kedalam matriks resiko 5×5 untuk menentukan prioritas resiko dengan mempertimbangkan dua komponen utama, yaitu tingkat keparahan (*Severity*) dan frekuensi terjadinya (*Occurence*). Dalam metode FMEA, penilaian resiko melibatkan tiga aspek, yaitu *Severity* (S), *Occurence* (O), dan *detection* (D). Sementara itu, matriks probabilitas/dampak hanya dua aspek pertama yaitu keparahan (S) dan frekuensi (O) tanpa mempertimbangkan aspek *detection*. Oleh karena itu, meskipun kedua pendekatan tersebut sama-sama digunakan untuk mengidentifikasi dan memprioritaskan resiko, matriks 5×5 tidak mencakup seluruh elemen analisis yang terdapat dalam metode FMEA (Gunawan et al., 2024).

Tabel 4. 3 table matriks dampak probabilitas

Description	Very Low (1)	Low (2/3)	Medium (4/5)	High (6/7/8)	Very High (9/10)
Very Likely to Occur (9/10)					
Likely To Occur (6/7/8)					
May Occur (4/5)		<ul style="list-style-type: none"> • <i>Cleaning tank yang tidak optimal</i> 	<ul style="list-style-type: none"> • Kontaminasi 3 <i>last cargo</i> • Kebocoran pipa atau valve 		
Unlike To Occur (2/3)			<ul style="list-style-type: none"> • Kualitas washing water cleaning • Human error pada saat loading/discharging • Keterbatasan alat inspeksi 		
Very Unlikely to Occur (1)					

Berdasarkan table matriks dampak probabilitas menunjukkan hasil yang diperoleh faktor terjadinya *out of spesification* pada *cargo survey* studi kasus: MT ERAWAN 12 adalah pada Tingkat kritikal tinggi kosong, serta untuk faktor kegagalan yang menempati kritikal medium ditempati kontaminasi 3 *last cargo* dan kebocoran pipa atau valve, dilanjutkan kualitas *washing water cleaning*, *human error* pada saat loading/dischARGE, dan keterbatasan alat inspeksi. dan yang terakhir faktor kegagalan yang menempati kritikal *low* ada *cleaning tank* yang tidak optimal.

4.4 Validasi Data

Untuk memastikan validasi dan tingkat akurasi serta objektivitas hasil analisis pada penelitian ini dibutuhkan validasi data menggunakan mode triangulasi. Triangulasi adalah teknik pemeriksaan keabsahan data yang memanfaatkan sesuatu yang lain diluar data tersebut untuk keperluan pengecekan atau sebagai pembanding dari data tersebut. Pada penelitian ini, triangulasi dibagi tiga bentuk, yaitu (Susanto et al., 2023)

1. Triangulasi sumber

Validasi dilakukan dengan cara membandingkan hasil wawancara dari tujuh narasumber yang berbeda yaitu 5 surveyor lapangan baik yang lebih dari 1 tahun pengalaman kerja maupun lebih dari 3 tahun pengalaman kerja ditambah dengan satu Assistant Manager Ship Marine & Industrial Services Department dan satu Manager Utama dari satu perusahaan PT Tomo and Son, yang memberikan penilaian terhadap enam faktor mode kegagalan pada proses cargo survey studi kasus: MT ERAWAN 12 menggunakan parameter *severity*, *occurence*, dan *detection*. Hasil penilaian diolah menjadi perhitungan nilai mean, modus dan RPN (*Risk Priority Number*) dari masing masing komponen.

2. Triangulasi Teknik

Pengumpulan data tidak hanya melalui wawancara dan pengisian responden dengan tujuh pekerja terkait di satu perusahaan, namun melalui:

- A. Observasi lapangan dan terlibat pada proses Cargo survey pada data primer dan data pembanding
- B. Studi dokumentasi, surveyor document, letter of protest, lab analyst, particular dimention, *tank cleaning method*
- C. Studi literatur dari jurnal ilmiah serta referensi akademik yang mendukung validitas teori dan metode FMEA sesuai dengan penelitian mengenai cargo survey.

3. Triangulasi Waktu

Pengumpulan data pada saat wawancara dilakukan pada waktu yang berbeda dengan waktu studi kasus terjadi dan untuk studi kasus yang dibahas memiliki latar waktu yang berbeda dengan data pembanding dengan kapal pembanding muatan yang sama yaitu *caustic soda*. Hal ini bertujuan untuk memastikan hasil analisis berasal dari pokok permasalahan studi kasus ditinjau dari sudut pandang ilmiah akademik bukan hanya berasal dari respon reaktif kondisi sesaat.

Pendekatan triangulasi menunjukkan bahwa data yang digunakan dalam penyusunan analisa FMEA terbukti valid dan memiliki integritas karena konsistensi antar narasumber dan teknik pengumpulan data, dukungan data dokumentasi dan observasi lapangan, relevansi teori serta referensi ilmiah terkait FMEA dan proses *cargo survey*. Dengan validasi ini, didapatkan nilai RPN yang diperoleh dalam penelitian bertujuan sebagai dasar penentuan keputusan nilai prioritas perbaikan serta tindakan pencegahan pada proses *cargo survey* tidak hanya pada MT ERAWAN 12.

4.5 Hasil Analisis Metode FMEA (*Failure Mode Effect and Analysis*) dan RPN (*Risk Priority Number*)

Berdasar pada nilai rata rata RPN secara keseluruhan dari tujuh narasumber wawancara diperoleh urutan akhir faktor mode kegagalan nilai RPN (Risk Priority Number) dari yang tertinggi sampai dengan yang paling rendah, sebagai berikut :

Tabel 4. 4 urutan akhir faktor mode kegagalan nilai RPN

No	komponen	Total RPN
1	Cleaning Tank yang Tidak Optimal	101,72
2	Kontaminasi 3 Last Cargo	101,45
3	Kebocoran Pipa atau Valve	100,1
4	Human Error Pada Saat loading/discharge	98.23
5	Kualitas Washing Water Cleaning	82.14
6	Keterbatasan alat inspeksi	70

Berdasarkan urutan prioritas dari rata-rata nilai RPN, didapatkan faktor mode kegagalan yang tertinggi adalah tank Cleaning yang tidak optimal dengan nilai RPN sebesar 101,72, pada urutan kedua terdapat Kontaminasi 3 last cargo dengan nilai RPN sebesar 101,45, pada urutan ketiga terdapat. Kebocoran pipa atau valve dengan nilai RPN sebesar 100,1, selanjutnya terdapat Human error pada saat loading /discharge dengan nilai RPN sebesar 98,23, selanjutnya Kualitas washing water cleaning dengan nilai RPN sebesar 82,14, dan yang terakhir terdapat Keterbatasan alat inspeksi dengan nilai RPN 70 menjadi nilai RPN terendah.