

# **SKRIPSI**

## **ANALISA KEBUTUHAN JURU CAT, PERALATAN CAT DAN MATERIAL CAT PADA BANGUNAN ATAS KAPAL FERRY 300 GT**

*Diajukan guna memenuhi persyaratan untuk meraih gelar Sarjana Teknik*

*pada Program Studi Teknik Perkapalan Fakultas Teknik Universitas Hasanuddin*



Oleh :

**ZEIN AKBAR  
D311 14 313**

**DEPARTEMEN TEKNIK PERKAPALAN  
FAKULTAS TEKNIK  
UNIVERSITAS HASANUDDIN**

**GOWA  
2019**





**KEMENTERIAN RISET, TEKNOLOGI DAN PENDIDIKAN TINGGI**  
**DEPARTEMEN TEKNIK PERKAPALAN**  
**FAKULTAS TEKNIK UNIVERSITAS HASANUDDIN**  
Jl. Poros Malino Km. 6, Bontomarannu (92172) Gowa, Sulawesi Selatan  
Telp. (0411)-588400 Fax. (0411) 2006

### LEMBAR PENGESAHAN

Tugas akhir ini diajukan untuk memenuhi salah satu syarat dalam mengikuti seminar dan ujian akhir guna memperoleh gelar Sarjana Teknik pada Departemen Teknik Perkapalan Fakultas Teknik Universitas Hasanuddin

#### JUDUL SKRIPSI

**“ANALISA KEBUTUHAN MATERIAL CAT, PERALATAN CAT DAN JURU CAT PADA BANGUNAN ATAS KAPAL FERRY 300 GT”**

Oleh :

**ZEIN AKBAR**

**D311 14 313**

Telah diperiksa dan disetujui oleh Dosen Pembimbing  
Gowa, 8 Maret 2019

Pembimbing I

Pembimbing II

**Fachrianto Fachruddin, ST., MT.**

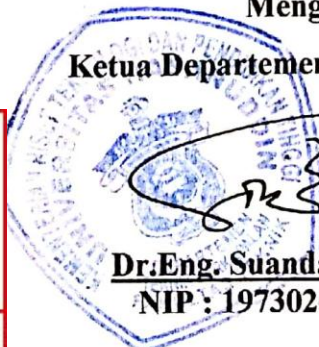
**NIP: 19700426 199412 1 001**

**Wahyuddin, ST., MT.**

**NIP: 19720205 199903 1 002**

Mengetahui :

**Ketua Departemen Teknik Perkapalan**



**Dr.Eng. Suandar Baso, ST., MT.**

**NIP : 19730206 200012 1 002**



Optimization Software:  
[www.balesio.com](http://www.balesio.com)

# ANALISA KEBUTUHAN MATERIAL CAT, PERALATAN CAT DAN JURU CAT PADA BANGUNAN ATAS KAPAL FERRY 300 GT

Oleh: Zein Akbar

Departemen Teknik Perkapalan Fakultas Teknik Universitas Hasanuddin

Pembimbing 1: Farianto Fachruddin, ST.,MT.

Pembimbing 2: Wahyuddin, ST.,MT.

## ABSTRAK

Pengecatan merupakan salah satu teknologi pelapisan permukaan logam paling umum diterapkan pada berbagai kondisi dan menjadi aspek pengendalian terhadap korosi. Perencanaan pengecatan dalam pembangunan kapal menjadi aspek penting meliputi perencanaan kebutuhan material cat, juru cat dan peralatan cat. Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui luasan objek pengecatan, kebutuhan material cat yang akan digunakan, kebutuhan peralatan serta juru cat pada perakitan bangunan atas kapal Ferry 300 GT terdiri dari (15) blok. Pencapaian tujuan dilaksanakan melalui perencanaan *PWBS (Product Work Breakdown Structure)* bangunan atas kapal dengan tujuan mengidentifikasi komponen-komponen konstruksi bangunan atas kapal. Kemudian membuat dokumen kebutuhan material cat untuk bangunan baru (*New Building Specification*). Hasil penelitian menunjukkan bahwa beban pengecatan bangunan atas kapal adalah 3835,13m<sup>2</sup> dengan indeks terbesar 1,06 (blok DK1) dan indeks terkecil 0,90 (blok DN4). Beban kerja pengecatan membutuhkan material cat sebanyak 1576 liter. Perhitungan kebutuhan waktu pengecatan blok bangunan atas kapal menggunakan asumsi yaitu delapan (8) hari dengan kebutuhan juru empat (4) orang dan kebutuhan empat (4) unit peralatan cat. Ratio kumulatif panjang pengecatan terhadap objek luasan kapal adalah 0,409 liter/m<sup>2</sup>

Kata kunci: *Pengecatan, Ferry 300 GT, Kebutuhan Juru Cat, Kebutuhan Peralatan Cat, Kebutuhan Material Cat*



## KATA PENGANTAR

Penelitian ini merupakan tugas akhir sebagai syarat kelulusan dan meraih gelar Sarjana Teknik Universitas Hasanuddin. Skripsi ini berisi penelitian tentang analisa kebutuhan kebutuhan juru cat, peralatan cat, dan material cat pada bangunan atas kapal ferry Ro-Ro 300 GT.

Dalam rangkaian penelitian ini, dipaparkan hal – hal yang melatarbelakangi penelitian, batasan masalah, tujuan penelitian, manfaat penelitian, referensi – referensi terkait penelitian, hasil yang diperoleh, serta saran dan kesimpulan. Skripsi ini memuat literatur tentang teori – teori berkaitan dengan metode pengecatan kapal, produktivitas, serta kebutuhan peralatan dan juru cat.

Tugas akhir masih jauh dari kesempurnaan, oleh karena itu masukan dan saran sangat diharapkan. Semoga tugas akhir ini dapat memberi manfaat bagi para pembaca secara umum dan terkhusus bagi penulis.

Gowa, 1 Maret 2019

Penulis



## UCAPAN TERIMA KASIH



Puji syukur kami panjatkan kehadirat Allah Subhahana Wataallah yang telah melimpahkan rahmat dan hidayah-Nya sehingga skripsi ini dapat terselesaikan. Sholawat dan salam kepada junjungan baginda Rasulullah SAW. Didasari bahwa apa yang disajikan pada tugas akhir ini masih jauh dari kesempurnaan, oleh karena itu penulis mengharapkan saran dan kritik yang bersifat membangun demi kesempurnaan skripsi ini.

Selama proses pengerjaan skripsi ini, penulis telah mendapatkan banyak bantuan dari berbagai pihak, untuk itu pada kesempatan kali ini penulis mengucapkan terima kasih yang sebesar – besarnya kepada:

1. Kedua orang tua tercinta, ayahanda Ikhsan Nazaruddin dan ibunda tercinta Habsah Tutwuri Handayani serta kakakku yakni Muhammad Zufar dan adikku Ahmad Rafif, Ahmad Nabil atas segala doa, dukungan dan kasih sayang yang tak terkira.
2. Bapak Fachrianto Fachruddin L., ST.,MT., selaku Pembimbing I yang senantiasa meluangkan waktu kepada penulis, dalam mengarahkan dan mendorong sehingga penulisan ini dapat diselesaikan.
3. Bapak Wahyuddin, ST.,MT., selaku Pembimbing II dan juga ketua Labo

Produksi yang penuh dengan ide – ide dalam berkonsultasi, sehingga penulisan ini dapat terselesaikan.



4. Bapak Dr.Eng. Suandar Baso, ST.,MT., selaku Ketua Departemen Teknik Perkapalan Fakultas Teknik Universitas Hasanuddin.
5. Bapak Abdul Haris Djalante, ST.,MT., selaku Penasehat Akademik yang selalu memberikan saran dan arahan dimanapun berada.
6. Bapak / Ibu Dosen, Staf dan seluruh civitas akademik Departemen Teknik Perkapalan Fakultas Teknik Universitas Hasanuddin.
7. Bapak Juri Mulyani, ST., selaku *coating inspector* dari PT. International Paint Indonesia yang telah memberi arahan dan masukan seputar penelitian penulis.
8. Bude Zohra Nazaruddin, Bude Ida, Pakde Wahyu, Pakde Asdul dan saudari Fitri Ramadhani yang senantiasa memotivasi dan mengizinkan penulis untuk tinggal di kediamannya selama menjalani perkuliahan
9. Teman – teman Teknik Perkapalan angkatan 2014 yang telah menemani penulis mulai dari gelap hingga terbitnya terang.
10. Seluruh kawan – kawan Labo Produksi angkatan 2014 yakni Sahar, Guntur, Fathul, Uppi, Awal, Zyawal, Accang, Agus, Ammar, Arfah, Multazam, Korce Tia, Cika, Henni, dan Fanny
11. Teman – teman mahasiswa KKN UNHAS gelombang 96 kecamatan suppa terkhusus posko kelurahan wattang suppa yakni bang Ridal, Ciddo, Afra, Vivi dan Tien
12. Kawan – kawan exos gc yakni Mono, Ridho, Cica, Fina, Tharco, Fifi, Sofi, Nurfauzan dan Fathir.



13. Penghuni Pondok Naura saudara Ismail sang Silat Boy dan Sahuddin Sparco yang telah menemani dan menyediakan tempat bermukim bagi penulis dalam mengerjakan skripsi ini.

14. Saudara – saudaraku angkatan 2014 (ZTRINGER) yang telah mengajarkan penulis untuk tidak mencari kedudukan yang tinggi bila hanya untuk diri sendiri.

Akhir kata, sekali lagi terima kasih yang sebesar – besarnya semoga Allah Azza Wa Jalla membalas segala kebaikan yang telah membantu dengan sebaik – baik balasan.

Gowa, 09 Januari 2019

Penulis



## DAFTAR ISI

HALAMAN JUDUL .....	i
LEMBAR PENGESAHAN .....	ii
ABSTRAK .....	iii
KATA PENGANTAR.....	iv
UCAPAN TERIMA KASIH.....	v
DAFTAR ISI.....	viii
DAFTAR TABEL.....	xi
DAFTAR GAMBAR.....	xiv
DAFTAR PERSAMAAN.....	xvi

### BAB I PENDAHULUAN

1.1. Latar Belakang.....	1
1.2. Rumusan Masalah .....	3
1.3.. Batasan Masalah .....	3
1.4. Tujuan .....	4
1.5. Manfaat .....	4
1.6. Sistematika Penulisan.....	4

### BAB II LANDASAN TEORI

2.1 Teknologi Produksi Kapal.....	6
2.2. Pengecatan Kapal .....	15
Produktivitas .....	39
Metode Pengecatan Dengan <i>Airless Spray</i> .....	56
Rumus – Rumus Menghitung Luasan.....	57





2.6. Alat Mengukur Ketebalan Cat ( <i>Coating Thickness</i> ).....	58
2.7. International Paint .....	60

### **BAB III METODOLOGI PENELITIAN**

3.1. Jenis Penelitian .....	61
3.2. Lokasi Penelitian .....	61
3.3. Pengumpulan Data.....	61
3.4. Teknik Perencanaan Data.....	61
3.5. Diagram Alur Penelitian.....	65

### **BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN**

4.1. Objek Penelitian .....	66
4.2. PWBS Komponen Konstruksi Bangunan Atas Kapal .....	68
4.3. Urutan Perakitan Bangunan Atas Kapal .....	71
4.4. Luasan Pengecatan .....	74
4.5. Produktivitas .....	79
4.6. Kebutuhan Cat dan Thinner Sesuai Rumusan PT. International Paint Indonesia .....	94
4.7. Kebutuhan Cat dan Thinner Sesuai Kondisi Lapangan .....	99
4.8. Perhitungan Kebutuhan Jumlah Juru Cat dan Peralatan Cat .....	104
4.9. Peralatan Cat.....	106
4.10. Pembahasan .....	106

### **BAB V KESIMPULAN DAN SARAN**

Kesimpulan .....	115
Saran .....	117



**DAFTAR PUSTAKA**  
**LAMPIRAN**



## DAFTAR TABEL

Tabel 4 - 1 Dimensi dan Luasan Blok Bangunan Atas	
Kapal Ferry Ro – Ro 300 GT .....	68
Tabel 4 - 2 Komponen Konstruksi Bangunan Atas Kapal .....	70
Tabel 4 - 3 Luasan Pengecatan Luar dan Dalam Kapal .....	78
Tabel 4 - 4 Elemen Pekerjaan Pengecatan .....	80
Tabel 4 - 5 Penentuan Batas Kontrol Pekerjaan Cat .....	81
Tabel 4 - 6 Elemen Pekerjaan Sandblasting .....	82
Tabel 4 - 7 Penentuan Batas Kontrol pekerjaan samblasting .....	83
Tabel 4 - 8 Pengecekan Kecukupan Data Total Pekerjaan .....	84
Tabel 4 - 9 Data Pengamatan Seharusnya (N') Pekerjaan Pengecatan .....	88
Tabel 4 - 10 Data Pengamatan Seharusnya (N') Sandblasting .....	92
Tabel 4 - 11 Produktivitas Item Pekerjaan .....	94
Tabel 4 - 12 Perhitungan Kebutuhan Cat untuk Top Side Area .....	95
Tabel 4 - 13 Perhitungan Kebutuhan Thinner untuk Top Side Area .....	96
Tabel 4 - 14 Perhitungan Kebutuhan Cat untuk	
Lambung Bagian Dalam dan Deck .....	96
Tabel 4 - 15 Perhitungan Kebutuhan Thinner untuk	
Lambung Bagian Dalam dan Deck .....	96
Tabel 4 - 16 Perhitungan Kebutuhan Cat untuk Dinding Luar Rumah Geladak	96
Tabel 4 - 17 Perhitungan Kebutuhan Thinner untuk	
Dinding Luar Rumah Geladak .....	97
Tabel 4 - 18 Perhitungan Kebutuhan Cat untuk	
Dinding Dalam Rumah Geladak .....	97
Tabel 4 - 19 Perhitungan Kebutuhan Thinner untuk	
Dinding Dalam Rumah Geladak .....	97
Tabel 4 - 20 Perhitungan Kebutuhan Cat untuk	



Langit – Langit Geladak Kendaraan .....	97
Tabel 4 - 21 Perhitungan Kebutuhan Thinner untuk	
Langit – Langit Geladak Kendaraan .....	98
Tabel 4 - 22 Perhitungan Kebutuhan Cat untuk Geladak Akomodasi .....	98
Tabel 4 - 23 Perhitungan Kebutuhan Thinner untuk Geladak Akomodasi .....	98
Tabel 4 - 24 Perhitungan Kebutuhan Cat untuk Kamar Mandi .....	98
Tabel 4 - 25 Perhitungan Kebutuhan Thinner untuk Kamar Mandi .....	98
Tabel 4 - 26 Perhitungan Kebutuhan Cat untuk Top Deck .....	99
Tabel 4 - 27 Perhitungan Kebutuhan Thinner untuk Top Deck .....	99
Tabel 4 - 28 Perhitungan Kebutuhan Cat untuk Top Side Area .....	99
Tabel 4 - 29 Perhitungan Kebutuhan Thinner untuk Top Side Area .....	100
Tabel 4 - 30 Perhitungan Kebutuhan Cat untuk	
Lambung Bagian Dalam dan Deck .....	100
Tabel 4 - 31 Perhitungan Kebutuhan Thinner untuk	
Lambung Bagian Dalam dan Deck .....	100
Tabel 4 - 32 Perhitungan Kebutuhan Cat untuk Dinding Luar Rumah Geladak	
.....	100
Tabel 4 - 33 Perhitungan Kebutuhan Thinner untuk	
Dinding Luar Rumah Geladak .....	101
Tabel 4 - 34 Perhitungan Kebutuhan Cat untuk	
Dinding Dalam Rumah Geladak .....	101
Tabel 4 - 35 Perhitungan Kebutuhan Thinner untuk	
Dinding Dalam Rumah Geladak .....	101
Tabel 4 - 36 Perhitungan Kebutuhan Cat untuk	
Langit – Langit Geladak Kendaraan .....	102
Tabel 4 - 37 Perhitungan Kebutuhan Thinner untuk Langit –	
Langit Geladak Kendaraan .....	102
38 Perhitungan Kebutuhan Cat untuk Geladak Akomodasi .....	102
39 Perhitungan Kebutuhan Thinner untuk Geladak Akomodasi .....	102



Tabel 4 - 40 Perhitungan Kebutuhan Cat untuk Kamar Mandi .....	102
Tabel 4 - 41 Perhitungan Kebutuhan Thinner untuk Kamar Mandi .....	103
Tabel 4 - 42 Perhitungan Kebutuhan Cat untuk Top Deck.....	103
Tabel 4 - 43 Perhitungan Kebutuhan Thinner untuk Top Deck.....	103
Tabel 4 - 44 Perhitungan Kebutuhan Juru Cat dan Waktu Pengerjaan.....	104
Tabel 4 - 45 Indeks Beban Kerja Pengecatan .....	107



## DAFTAR GAMBAR

Gambar 2 - 1 Sejarah Perkembangan Metode Pembangunan Kapal .....	7
Gambar 2 - 2 Pembangunan Kapal Sistem Blok.....	9
Gambar 2 - 3 Komponen-komponen Teknologi PWBS .....	11
Gambar 2 - 4 Zona Pengecatan Kapal.....	23
Gambar 2 - 5 Tingkat Kebersihan Permukaan Menurut ISO 8501-1 .....	27
Gambar 2 - 6 Klasifikasi Permukaan Pelat Baja Sebelum Coating .....	28
Gambar 2 - 7 Peralatan painting.....	57
Gambar 2 - 8 WFT Gauge.....	59
Gambar 2 - 9 DFT Gauge.....	59
Gambar 4- 1 Pembagian Blok Bangunan Atas Kapal Ferry RO-RO 300 GT ....	68
Gambar 4- 2 Pembagian Blok Bangunan Atas Kapal Ferry Ro-Ro 300 GT (Gambar 3D) .....	69
Gambar 4- 3 Blok Bangunan Atas Kapal Ferry Ro-Ro 300 GT .....	69
Gambar 4- 4 Pembagian Blok Kapal DK 5 Menjadi Sub-Blok dan Komponen	70
Gambar 4- 5 Urutan Perakitan Blok Kapal .....	73
Gambar 4- 6 Top Side Area .....	74
Gambar 4- 7 Dinding Bagian Dalam .....	75
Gambar 4- 8 Dinding Luar Rumah Geladak .....	75
Gambar 4- 9 Dinding Dalam Rumah Geladak .....	76
Gambar 4- 10 Langit – Langit Geladak Kendaraan .....	76



Gambar 4- 11 Geladak Akomodasi.....	77
Gambar 4- 12 Kamar Mandi .....	77
Gambar 4- 13 Top Deck.....	78
Gambar 4- 14 Grafik Batas Kontrol Atas dan Batas Kontrol Bawah Data Pengecatan .....	82
Gambar 4- 15 Grafik Batas Kontrol Atas dan Batas Kontrol Bawah Data Sandblasting .....	84
Gambar 4- 16 Grafik Kebutuhan Cat .....	108
Gambar 4- 17 Grafik Selisih Kebutuhan Cat .....	109
Gambar 4- 18 Grafik Kebutuhan Thinner .....	110
Gambar 4- 19 Grafik Selisih Kebutuhan Thinner .....	111
Gambar 4- 20 Ilustrasi Teknik Penyemprotan Yang Salah.....	112
Gambar 4- 21 Ilustrasi Teknik Penyemprotan Yang Benar .....	113



## DAFTAR PERSAMAAN

Persamaan 1 .....	35
Persamaan 2 .....	36
Persamaan 3 .....	37
Persamaan 4 .....	37
Persamaan 5 .....	37
Persamaan 6 .....	38
Persamaan 7 .....	38
Persamaan 8 .....	46
Persamaan 9 .....	48
Persamaan 10 .....	48
Persamaan 11 .....	48
Persamaan 12 .....	51
Persamaan 13 .....	52
Persamaan 14 .....	52
Persamaan 15 .....	53
Persamaan 16 .....	54
Persamaan 17 .....	54
Persamaan 18 .....	55
Persamaan 19 .....	55
Persamaan 20 .....	56





# BAB I

## PENDAHULUAN

### 1.1. Latar Belakang

Perkembangan industri perkapalan maupun industri maritim harus diimbangi dengan peningkatan mutu alat transportasi (kapal) sebagai sarana penghubung utama. Pembangunan kapal sangat diperlukan guna mendukung konsep pemerintah menjadikan negara Indonesia sebagai poros maritim dunia. Salah satu komponen kegiatan dalam pembangunan kapal adalah pengecatan kapal. Selain berfungsi memperindah kapal, pengecatan memiliki fungsi lain yaitu pelindung baja (anti korosi).

Berkenaan dengan kualitas dan mutu kapal, teknik dan bahan pengecatan menentukan kualitas kapal tahan terhadap sifat korosi air laut dan udara. Sehingga umur operasional kapal khususnya pada material lambung kapal menjadi panjang. Mengingat kebutuhan material cat merupakan material bersifat langsung dan primer, perencanaan kebutuhannya adalah penting.

Selain perencanaan kebutuhan material, sumber daya manusia terkait dengan kegiatan pengecatan kapal sifatnya adalah penting untuk direncanakan sebaik mungkin. Faktor terpenting dari aspek sumber daya manusia dan berdampak langsung terhadap produktivitas secara keseluruhan dari pembangunan kapal

mengetahui nilai atau tingkat produktivitas pekerja pengecatan.



Produktivitas merupakan salah satu variabel dalam menilai suatu galangan kapal. Produktivitas tinggi berarti hasil luaran pekerjaan pembangunan kapal suatu galangan meningkat setiap tahunnya. Hal ini sebagai target terencana dari perusahaan galangan kapal.

Kapal ferry sebagai moda angkutan penyeberangan memiliki sifat angkutan dari aspek muatan yaitu: 1/. Kapal pengangkut penumpang, dan 2/. Pengangkut kendaraan baik roda dua maupun roda empat atau lebih. Umumnya penciri kapal ferry adalah memiliki geladak kendaraan sebagai geladak utama kapal. Selain geladak kendaraan, kapal ferry juga memiliki geladak penumpang berjumlah satu atau lebih dan geladak navigasi. Penciri lainnya adalah konstruksi *ramp door* merupakan jembatan penghubung antara kapal dengan dermaga. *Ramp door* umumnya terletak pada haluan kapal dan atau pada buritan kapal.

Dalam proses pembangunan kapal, kebutuhan material, sumber daya manusia dan peralatan adalah hal penting direncanakan. Berdasarkan hal tersebut, dipandang perlu melakukan kajian terkait perencanaan kebutuhan material dan tenaga kerja langsung pada tahap pekerjaan perakitan *block* bangunan atas kapal ferry. Kajian ini dituangkan sebagai laporan tugas akhir “SKRIPSI” dengan judul:

**“ANALISA KEBUTUHAN MATERIAL CAT, PERALATAN CAT DAN  
JURU CAT PADA BANGUNAN ATAS KAPAL FERRY 300 GT”**



## 1.2 Rumusan Masalah

Berdasarkan latar belakang diatas maka masalah penelitian dirumuskan sebagai berikut:

1. Berapa luas (*area*) pengecatan?
2. Berapa jumlah dan jenis kebutuhan material cat?
3. Berapa produktivitas juru cat sub kontraktor di PT. IKI?
4. Berapa waktu pengerjaan pengecatan bangunan atas kapal ferry 300 GT, jumlah kebutuhan juru dan peralatan cat pada perakitan *block* bangunan atas kapal ferry 300 GT?
5. Berapa nilai indeks beban kerja pengecatan pada perakitan *block* bangunan atas kapal ferry 300 GT?

## 1.3 Batasan Masalah

Karena begitu luas permasalahan serta pertimbangan keterbatasan penulis maka penulis akan membatasi permasalahan hanya terbatas hal – hal berikut :

1. Penentuan ketebalan pengecatan menggunakan standar ISO 12944;
2. Pemilihan jenis atau tipe cat sesuai dengan standar SSPC (*Steel Structure Painting Council*);
3. Daerah datar dan lengkung diperlakukan sama;
4. Pengecatan dilakukan dengan metode pengecatan (*spray*);
5. Merek cat yang digunakan sebagai objek penelitian menggunakan produk dari PT. International Paint Indonesia (IPI);
6. Pengukuran produktivitas seputar juru cat (*painter*);
7. Produktivitas pengecatan di dalam bangunan kapal diasumsikan sama dengan pengecatan di luar bangunan kapal.



## 1.4 Tujuan

Tujuan yang didapat dari penelitian ini adalah:

1. Menentukan jumlah luas (*area*) yang akan dicat dalam pembangunan kapal Ferry 300 GT.
2. Menentukan jumlah dan jenis kebutuhan material cat yang akan dipakai.
3. Menentukan produktivitas juru cat sub kontraktor PT. IKI.
4. Menentukan waktu pengerjaan pengecatan bangunan atas kapal ferry 300 GT, jumlah kebutuhan juru dan peralatan cat pada perakitan *block* bangunan atas kapal ferry 300 GT.
5. Menentukan nilai indeks beban kerja pengecatan pada perakitan *block* bangunan atas kapal ferry 300 GT.

## 1.5 Manfaat

Manfaat yang didapatkan dari penelitian ini yaitu sebagai berikut:

1. Menjadi referensi kepada pemilik kapal tentang metode menghitung kebutuhan material cat dalam pembangunan kapal pada umumnya;
2. Bagi peneliti dapat menjadi referensi khususnya mengkaji tentang penggunaan cat dan perencanaannya, sehingga dapat diaplikasikan nantinya pada proyek pembangunan kapal.

## 1.6 Sistematika Penulisan

Sistematika penulisan yang digunakan adalah membagi kerangka masalah dalam beberapa bagian, secara garis besarnya terdiri atas 5 bab sebagai berikut:



Pendahuluan bab ini menjelaskan latar belakang masalah, rumusan masalah, batasan masalah yang spesifik berfokus pada kebutuhan juru,

peralatan dan material cat yang akan digunakan dalam mengecat, tujuan masalah serta sistematika penulisan.

BAB 2 : Landasan teori, bab ini menjelaskan teori – teori yang berkaitan dengan pembahasan cat.

BAB 3 : Metode Penelitian, bab ini menjelaskan jenis penelitian lokasi dan waktu penelitian, perolehan data, penyajian data dan kerangka pemikiran.

BAB 4 : Hasil dan Pembahasan, bab ini menjelaskan hasil yang diperoleh dari pengolahan data dan penelitian.

BAB 5 : Penutup, bab ini menjelaskan kesimpulan yang diperoleh dari analisa data dan saran – saran.

Daftar Pustaka



## BAB II

### LANDASAN TEORI

#### 2.1. Teknologi Produksi Kapal

##### 2.1.1 Proses Pembangunan Kapal dan Perkembangannya

Metode pembangunan kapal baru dipengaruhi oleh fasilitas galangan kapal tersebut. Metode tersebut pada dasarnya bertujuan untuk mempermudah proses pengerjaan dan memperluas area pekerjaan, sehingga mutu pekerjaan dapat dimonitor dengan baik. Pembangunan kapal dengan sistim seksi dan pembangunan kapal dengan sistim blok merupakan metode umum dalam pembangunan kapal di galangan.

Seiring penemuan teknologi las (*welding technology*) menggantikan teknologi keling (*riveting technology*), maka teknologi perakitan kapalpun mengalami evolusi teknologi. Teknologi untuk merakit kapal mengalami perkembangan mulai dari sistem komponen atau metode tradisional/konvensional sampai dengan sistem blok atau metode modern. Setelah teknologi las menggantikan sistem keling (*riveting*) dapat dilakukan pengembangan metode/teknologi pembangunan kapal. Menurut David Eyres (2006), Berkat teknologi las, komponen konstruksi seperti gading-gading dapat langsung disatukan dengan pelat kulit, lunas dapat disambung dengan pelat bottom dan *centre girder* serta wrang sekaligus membentuk panel, sub-blok dan blok.

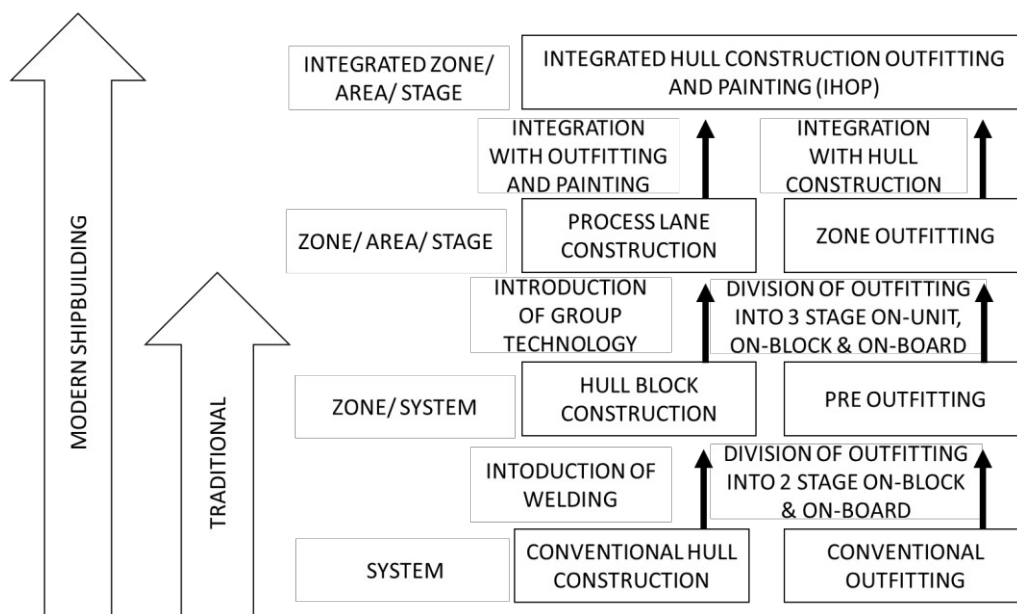
Di las juga membuat banyak pekerjaan perakitan dapat dilakukan dengan tingkat akurasi, efesiensi serta keamanan tinggi dilandaskan peluncuran



maupun di bengkel kerja. Blok telah dikerjakan dengan menggunakan teknologi las dapat ditegakkan (*erected*) antara blok dengan blok lain membentuk sebuah lambung kapal (Wahyuddin, 2011).

### 2.1.2. Teknologi Pembangunan Kapal Sistem Blok

Menurut Chirillo (1982), perkembangan teknologi produksi bangunan kapal dapat dibagi ke dalam empat jenis tahapan sesuai dengan teknologi pada proses produksinya seperti ditunjukkan pada Gambar 2-1



Gambar 2 - 1 Sejarah Perkembangan Metode Pembangunan Kapal

(Sumber: Chirillo, 1982)

Adapun tahapan perkembangan teknologi produksi kapal sebagaimana ditunjukkan pada Gambar 2-1 adalah sebagai berikut:

*Conventional Hull Construction and Outfitting* merupakan teknologi produksi pada sistem atau fungsi di kapal dan pekerjaan pembangunan kapal



terpusat pada *building berth*. Proses pekerjaan diawali dengan peletakan lunas, kemudian dilanjutkan dengan pemasangan gading, kulit dan seterusnya sampai ke bangunan atas dan diakhiri pada pekerjaan *outfitting* dimana pekerjaan tersebut dilakukan berdasarkan sistem per sistem.

Tahap ini merupakan penerapan teknologi paling konvensional dengan tingkat produktifitas masih sangat rendah, karena semua lingkup pekerjaan dilakukan secara berurutan dan saling ketergantungan satu sama lain sehingga membutuhkan waktu sangat lama dan mutu pekerjaan sangat rendah. Hal ini dikarenakan hampir seluruh pekerjaan dilakukan secara manual di *building berth*, dimana kondisi tempat kerja kurang mendukung dari segi keamanan, kenyamanan, dan kemudahan kerja.

Selanjutnya gambaran tentang proses pada tahap ini adalah pertama-tama lunas diletakkan kemudian komponen-komponen konstruksi kapal seperti gading-gading, penegar-penegar, *wrang* dan kulit dipasang beruruta. Bila lambung kapal telah selesai, barulah pekerjaan *outfitting* dimulai. Pekerjaan *outfitting* direncanakan dan dikerjakan sistem demi sistem, seperti pemasangan ventilasi, sistem pipa, listrik dan mesin. Pengorganisasian pekerjaan sistem demi sistem ini merupakan halangan untuk mencapai produktivitas tinggi. Mengatur dan mengawasi pekerjaan pembuatan kapal dengan menggunakan ratusan pekerja adalah sangat sukar. Kegagalan seorang pekerja dalam menyelesaikan suatu pekerjaan oleh pekerja lain sering mengakibatkan *overtime* untuk pekerja tersebut

*ness* bagi pekerja lain. Selain itu, hamper semua aktivitas produksi n di *building berth* pada posisi yang relatif sulit. Dengan demikian semua

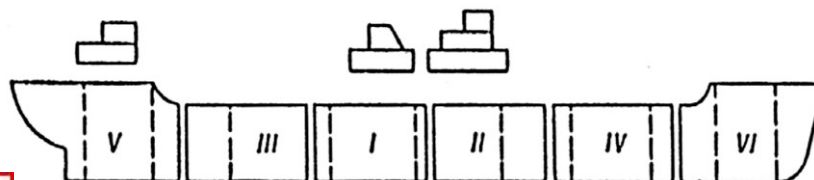




keadaan tersebut pada prinsipnya akan menghalangi usaha-usaha meningkatkan produktivitas.

Kedua, *Hull Block Construction Method (HBCM) and Pre Outfitting* merupakan teknologi pembangunan kapal diawali sejak dikenal dan dikembangkannya teknologi pengelasan pada proses pembangunan kapal, dimana kapal sudah sudah dibuat dalam bentuk seksi-seksi dan blok-blok yang kemudian disambung satu sama lain melalui pengelasan menjadi badan kapal pada *building berth*. Selain itu, beberapa pekerjaan *outfitting* sudah mulai dilakukan pada blok atau badan kapal yang telah jadi.

Dengan menerapkan teknologi *HBCM and Pre Outfitting*, keluaran (*output*) dalam satuan *ton-steel/year* mengalami peningkatan dan mutu pekerjaan dihasilkan menjadi lebih baik. Hal ini dikarenakan oleh volume pekerjaan pada *building berth* berkurang dan pekerjaan pengelasan lebih banyak dilakukan pada bengkel-bengkel dengan kondisi lingkungan kerja yang lebih nyaman, aman dan mudah. Pekerjaan pengelasan juga sudah dapat dilakukan dengan menggunakan mesin las semi-otomatis dengan posisi *down-hand*. Dengan peran lebih ini akan mendapatkan kecepatan pengelasan lebih cepat.



Gambar 2 - 2 Pembangunan Kapal Sistem Blok



Ketiga, *Process-lane Hull Construction and Zone Outfitting* merupakan teknologi produksi bangunan kapal sudah dapat dikategorikan sebagai teknologi modern. Pada teknologi ini sudah mulai diperkenalkan dan diterapkan tentang konsep *Group Technology* dalam proses pembangunan badan kapal (*Hull*) dan pekerjaan *outfitting* (Storch, 1995). Ranson (1972) memberikan definisi dari *Group Technology* sebagai pengaturan dan pentahapan yang berdasarkan logika dalam seluruh aspek pelaksanaan perusahaan untuk memperoleh keuntungan dari produksi massal (*mass-product*) yang memiliki keragaman jenis dan kuantitas produk.

Penggunaan *Group Technology* dalam proses pembangunan kapal dikarenakan rendahnya produktivitas (*high cost*) yang dicapai dalam pembangunan kapal (Storch, 1995) utamanya dalam kurun waktu tahun 1970 sampai dengan tahun 1980 (Hammon, 1980).

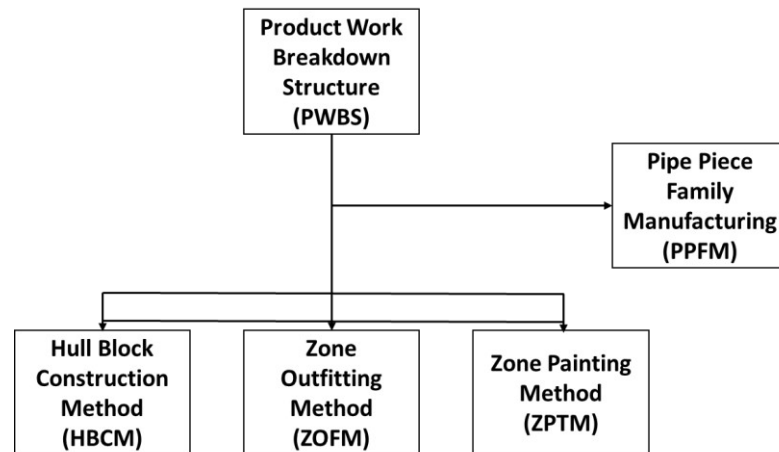
Melalui konsep *Group Technology* ini, Okayama dan Chirillo (1982) mengemukakan bahwa proses produksi bangunan kapal telah diarahkan pada sistem yang berorientasikan produk yang dikenal dengan sebutan “*Product-Oriented Work Breakdown Structure (PWBS)*”. Adapun komponen atau lingkup pekerjaan dari sistem PWBS dikelompokkan dalam empat metode yaitu:

- *Hull Block Construction Method (HBCM)*.
- *Zone Outfitting Method (ZOFM)*.
- *Zone Painting Method (ZPTM)*.

- *Piece Piece Family Manufacturing (PPFM)*.



Selanjutnya untuk lebih memperjelas tentang komponen *Product-oriented Work Breakdown Structure (PWBS)*, skema komponen PWBS diperlihatkan pada Gambar 2- 3



Gambar 2 - 3 Komponen-komponen Teknologi PWBS

(Sumber: Storch, 1995)

Keempat, *Integrated Hull Construction, Outfitting and Painting (IHOP)*, merupakan tahapan berikutnya ditandai dengan suatu kondisi dimana pekerjaan pembuatan badan kapal, *Outfitting* dan pengecatan sudah diintegrasikan. Keadaan ini digunakan untuk menggambarkan teknologi paling *advance* di industri galangan kapal, hanya dapat dicapai oleh *Ishikawajima Harima Heavy Industry Co.Ltd. (IHI)*. Pada tahap ini proses pengecatan dilakukan sebagai bagian dari proses pembuatan kapal di setiap *stage*. Selain itu, karakteristik utama dari tahap ini adalah digunakannya teknik-teknik manajemen analitis, khususnya analisa statistik untuk kontrol proses produksi atau dikenal sebagai *Accuracy Control System*.

Salah satu itu metode produksi ini akan dapat mengurangi waktu penyelesaian pembuatan kapal secara drastis. Metode ini juga memberikan keluwesan dimana



dibutuhkan dalam memproduksi beragam blok berbeda dengan melengkapi *Outfitting* terlebih dahulu sebelum tahap *erection*. Metode ini akan membawa dampak positif pada proses perencanaan dan koordinasi antara semua bagian organisasi terkait di galangan.

### 2.1.3. Konsep PWBS

Skema klasifikasi perincian pekerjaan berdasarkan produk antara dapat di lihat dari perspektif pembagian/perincian struktur pekerjaan berorientasi produk (*PWBS- product oriented work breakdown structure*). Komponen-komponen dan *sub-assembly* digrupkan secara permanen berdasarkan karakteristik dan klasifikasinya dengan memperhatikan atribut-atribut desain dan manufaktur. Tipikal parameter khusus sistem klasifikasinya seperti bentuk, dimensi, toleransi, bahan serta jenis dan kerumitan pengoperasian mesin produksi. Skema klasifikasi sedapat mungkin dapat diaplikasikan untuk manufaktur sehingga dibutuhkan tata kode dalam proses pencatatan data.

Konsep *PWBS* dideskripsikan menggunakan *GT (group technology)* dan *FM (family manufacture)*. Logikanya *PWBS* membagi proses produksi kapal menjadi tiga jenis pekerjaan yaitu:

1. Klasifikasi pertama adalah : *Hull Construction*, *Outfitting* dan *Painting*. Dari ketiga jenis pekerjaan tersebut masing-masing mempunyai masalah dan sifat berbeda dari jenis lainnya. Selanjutnya, masing-masing pekerjaan tersebut dibagi lagi ke dalam pekerjaan *fabrikasi* dan *assembly*. Subdivisi *assembly* adalah terkait dengan *zona* dan merupakan dominasi dasar bagi *zona* di siklus manajemen pembangunan kapal. *Zona* berorientasi produk, yaitu *Hull Blok*



*Construction Method (HBCM)* dan sudah diterapkan untuk konstruksi lambung oleh sebagian besar galangan kapal.

2. Klasifikasi kedua adalah mengklasifikasi produk berdasarkan produk antara (*interim product*) sesuai dengan kebutuhan sumber daya, misalnya produk antara di bengkel *fabrication*, *assembly* dan bengkel *erection*. Sumber daya tersebut meliputi :
  - Bahan (*Material*), digunakan untuk proses produksi, baik langsung maupun tidak langsung, misalnya pelat baja, mesin, kabel, minyak, dan lain- lain.
  - Tenaga Kerja (*Manpower*), dikenakan untuk biaya produksi, baik langsung atau tidak langsung, misalnya tenaga pengelasan, *outfitting* dan lain- lain.
  - Fasilitas (*Facilities*), digunakan untuk proses produksi, baik langsung maupun tidak langsung, misalnya, gedung, dermaga, mesin, perlengkapan, peralatan dan lain – lain.
  - Biaya (*Exspenses*), dikenakan untuk biaya produksi, baik langsung maupun tidak langsung, misalnya, desain, transportasi, percobaan laut (*sea trial*), seremoni, dan lain-lain.
3. Klasifikasi ketiga adalah klasifikasi berdasarkan empat aspek produksi, hal ini dimaksudkan untuk mempermudah pengendalian proses produksi. Aspek pertama dan kedua adalah *system* dan *zone*, merupakan sarana untuk membagi desain kapal ke masing – masing bidang perencanaan untuk di produksi. Dua aspek produksi lainnya yaitu *area* dan *stage* merupakan sarana

untuk membagi proses kerja mulai dari pengadaan material untuk



pembangunan kapal sampai pada saat kapal diserahkan kepada *owner*.

Definisi dari keempat aspek produksi tersebut adalah sebagai berikut:

- a. *System* adalah sebuah fungsi struktural atau fungsi operasional produksi, misalnya sekat longitudinal, sekat transversal, sistem tambat, bahan bakar minyak, sistem pelayanan, sistem pencahayaan, dan lain – lain.
- b. *Zona* adalah suatu tujuan proses produksi dalam pembagian lokasi suatu produk, misalnya, ruang muat, *superstructure*, kamar mesin, dan lain – lain.
- c. *Area* adalah pembagian proses produksi menurut kesamaan proses produksi ataupun masalah pekerjaan berdasarkan pada:
  - Bentuk (misalnya melengkung dengan blok datar, baja dengan struktur aluminium, diameter kecil dengan diameter besar pipa, dan lain - lain)
  - Kuantitas (misalnya pekerjaan dengan jalur aliran, volume *outfitting on-block* untuk ruang mesin dengan volume *outfitting on-block* selain untuk ruang mesin, dan lain - lain).
  - Kualitas (misalnya kebutuhan akan kelas pekerja, kelas fasilitas, dan lain - lain).
  - Jenis pekerjaan (misalnya, penandaan (*marking*), pemotongan (*cutting*), pembengkokan (*bending*), pengelasan (*welding*), pengecatan (*painting*), pengujian (*testing*), dan lain – lain).
- d. *Stage* adalah pembagian proses produksi sesuai dengan urutan pekerjaan, misalnya sub-pembuatan (*sub-steps of fabrication*), sub-perakitan (*sub-embly*), perakitan (*assembly*), pemasangan (*erection*), perlengkapan *on-*



*unit (outfitting on-unit)*, perlengkapan *on-block (outfitting on-block)*, dan perlengkapan *on-board (outfitting on-board)*.

## 2.2. Pengecatan Kapal

Sebutan untuk *marine coating* atau *marine paint*, dalam bahasa Indonesia dikenal dengan sebutan cat kapal, cat kapal terdiri dari dua bagian yaitu cat kapal besi untuk mengecat kapal yang terbuat dari besi dan cat kapal kayu untuk mengecat kapal yang terbuat dari kayu. Cat kapal termasuk deretan jenis cat yang berkelas dan berkualitas, karena cat kapal sendiri di fungsikan untuk melindungi bagian – bagian kapal agar terhindar dari korosi dalam jangka waktu yang cukup lama. sifat proteksi pada cat kapal sangat diutamakan mengingat kapal terus menerus berhadapan dengan air laut yang mengandung garam (NaCl), disamping itu cat kapal sendiri juga berhadapan langsung dengan cuaca yang ekstrim yang tiada henti – hentinya, yaitu hujan, panas dan dingin.

Kombinasi resin dan pigmen serta *addictive* dalam material cat kapal mempunyai sifat atau karakteristik yang sangat baik, Salah memilih tipe cat kapal untuk aplikasi penerapan cat kapal dapat mengakibatkan sifat proteksi menurun dalam kurun waktu yang sangat cepat.

### 2.2.1. Fungsi dan Jenis – Jenis Cat Kapal



fungsi cat kapal yaitu untuk melindungi gangguan dari luar salah satunya korosi. Didalam praktek bahwa pengecatan dapat dilakukan sebelum

difabrikasi didalam maupun diluar ruangan, bertahap atau penuh secara berkesinambungan sangat tergantung pada jenis konstruksi yang dicat.

Berikut ini jenis – jenis cat kapal yang umum dipakai antara lain :

1. *Anti Corrosion (AC)* / Anti Korosi for Under Water / Bottom

Merupakan cat primer dengan basis resin yang dapat mencegah resapan air laut masuk menembus bidang besi / kayu. Cat anti corrosion (AC) ini merupakan kapal yang dipergunakan untuk bagian bawah lambung kapal atau disebut sebagai *under water* atau *bottom*. Setelah di cat menggunakan cat anti corrosion (AC) selanjutnya gunakan cat intermediate. Cat kapal *anti corrosion* (AC) ini umumnya tersedia warna Red Oxide dan Grey. Basin resin yang dipergunakan setelah Acrylic, Rubber, Epoxy dan Alkyd.

2. *Intermediate Coat (IC)*

Merupakan cat kapal *Intemediate Coat* (cat antara) yang dipakai untuk mengecat bagian lambung kapal, cat kapal *Intermediate Coat* (cat antara) ini mempunyai basis pigmen yang dapat melindungi lambung kapal dari resapan air laut, disamping fungsinya sebagai penebal cat.

3. *Anti Fouling (AF)*

Merupakan salah satu cat kapal atau cat akhir yang dipergunakan untuk bagian bawah lambung kapal, cat anti *fouling* ini mengandung resin dan pigment yang dapat menolak lumut dan tiram atau binatang laut lainnya, sehingga lambung bagian bawah kapal menjadi bersih dari kontaminasi binatang laut dan lumut. Pada

cat anti fouling berwarna Red atau Brown.

*potoping*





Merupakan cat kapal cat akhir yang dipakai untuk mengecat sisi atas lambung kapal. Cat bootoping coat ini mempunyai basis pigment yang tahan terhadap cuaca (anti weathering) dan tahan terhadap air laut (salt water resistant) di kombinasi dengan resin yang khusus. Basis resin yang dipakai ada beberapa pilihan diantaranya rubber resin, alkyd resin, epoxy resin dan polymide resin. Dianjurkan menggunakan polyamide resin (dapat bertahan dalam kurun waktu yang cukup lama) dalam kurun waktu kurang lebih 10 tahun. Umumnya cat bootoping mempunyai beberapa pilihan warna sesuai permintaan customer.

#### 5. *Primer Coat*

Merupakan cat dasar yang dipakai untuk mengecat bagian atas kapal yang tidak terendam air. Cat ini mempunyai basis pigment yang dapat melindungi kapal dari korosi di kombinasi dengan resin yang dapat mencegah besi dari korosi/karat. Basis resin yang dipakai ada beberapa pilihan diantaranya rubber resin alkyd resin dan epoxy resin. Dianjurkan menggunakan epoxy resin (dapat menahan korosi lebih baik dalam waktu yang lama). Umumnya cat primer coat ini tersedia dalam warna grey, red oxide dan white.

#### 6. *Top Side*

Fungsi utama adalah sebagai proteksi atau protective dan merupakan cat akhir yang dipakai untuk mengecat bagian atas struktur kapal. Cat top side coat ini mempunyai basis pigment yang tahan terhadap cuaca (anti weathering) di kombinasi dengan resin yang istimewa. Basis resin yang dipakai ada beberapa

diantaranya rubber resin, alkyd resin, epoxy resin dan polymide resin. an menggunakan polymide resin (dapat bertahan dalam waktu yang lama).



Fungsi yang lain dari pada top side coat adalah dekorasi. Umumnya customer dapat memilih warna sesuai permintaan RAL sesuai permintaan customer.

#### 7. *Deck Side* atau *Deck Paint*

Merupakan cat finish atau cat akhir yang dipakai untuk mengecat bagian lantai kapal. Cat deck side ini mempunyai basis resin yang dapat menahan goresan kapal dari pijakan atau benda lain. Di kombinasi dengan resin yang mempunyai ketahanan cuaca (anti weathering). Basis resin yang dipakai ada beberapa pilihan diantaranya rubber resin, alkyd resin dan epoxy resin. Dianjurkan menggunakan epoxy resin (dapat menahan korosi lebih baik dalam kurun waktu yang lama). Umumnya cat deck adalah berwarna hijau.

#### 8. *Anchor Paint*

Merupakan cat akhir yang dipakai untuk mengecat bagian rantai kapal dan jangkar kapal. Cat akhir ini mempunyai basis resin yang dapat menahan korosi. Di kombinasi dengan resin yang mempunyai ketahanan cuaca (anti weathering) dan resapan air laut. Basis resin yang dipakai ada beberapa pilihan diantaranya rubber resin dan alkyd resin. Dianjurkan menggunakan alkyd resin. Cat Bituminous Paint ini berwarna black.

#### 9. *Shop Primer*

Merupakan cat primer atau cat dasar dengan basis resin dan pigment yang dapat mencegah besi/steel supaya tidak timbul karat. Shop primer dipakai pada permukaan plat steel sebelum proses pemotongan dan pengelasan, sehingga pada bagian tidak timbul porosity. Cat shop primer ini merupakan cat kapal yang digunakan untuk bagian semua struktur kapal. Umumnya berwarna grey.



## 10. *Heat Resistance Paint*

Heat Resistance Coating up to 1000 °C merupakan cat akhir yang dipakai untuk mengecat bagian mesin yang menimbulkan temperature (panas) yang tinggi. Heat resistance coating ini mempunyai basis pigment yang tahan terhadap panas hingga 1000 °C di kombinasi dengan resin yang khusus yang bernama silicon resin. Tersedia dalam pilihan warna RAL sesuai permintaan customer.

### 2.2.2. Urutan Pengecatan Kapal

Pada saat pengecatan badan kapal, urutan pelapisan cat harus diperhatikan. Hal ini mengingat tiap-tiap lapisan cat menggunakan jenis cat yang berbeda.

#### a. Lapisan Pertama

Primer diterapkan langsung ke permukaan baja yang dibersihkan atau, dalam kasus sistem dupleks, lapisan logam tertutup. Tujuannya adalah untuk membasahi permukaan dan untuk memberikan adhesi yang baik untuk mantel yang selanjutnya diterapkan. Untuk primer yang diterapkan langsung ke permukaan baja, ini juga biasanya diperlukan untuk memberikan penghambatan korosi.

#### b. Lapisan Kedua

Mantel perantara diterapkan untuk 'membangun' total ketebalan film dari sistem. Umumnya, semakin tebal lapisan semakin lama hidup. Mantel perantara dirancang khusus untuk meningkatkan perlindungan keseluruhan dan, ketika diterapkan dengan benar, menurunkan permeabilitas terhadap oksigen dan air.

Adanya pigmen laminar, seperti *micaceous iron oxide* (MIO), mengurangi laju penetrasi kelembaban di atmosfer yang lembab dan meningkatkan



kekuatan tarik. Spesifikasi modern sekarang termasuk pigmen lembam seperti serpihan kaca untuk bertindak sebagai pigmen laminar. Lapisan bawah harus tetap kompatibel dengan lapisan akhir saat ada penundaan yang tak terhindarkan dalam penerapannya.

c. Lapisan Ketiga

Lapisan akhir memberikan penampilan dan ketahanan permukaan sistem yang diperlukan. Tergantung pada kondisi paparan, itu juga harus memberikan perlindungan pertama terhadap cuaca dan sinar matahari, paparan terbuka, dan kondensasi.

### 2.2.3. Pemilihan Sistem Pengecatan Yang Tepat

Memilih sistem cat yang tepat untuk perlindungan terhadap korosi memerlukan berbagai faktor yang harus diperhitungkan untuk memastikan bahwa solusi yang paling ekonomis dan teknis terbaik dicapai.

Ada beberapa faktor yang penting untuk dipertimbangkan dalam proses pengecatan, yaitu:

1. Lingkungan Korosivitas

Ketika memilih sistem cat itu sangat penting untuk bekerja di luar kondisi di mana struktur, fasilitas atau instalasi untuk beroperasi.

Untuk menentukan efek dari korosivitas environmental, faktor-faktor

harus dipertimbangkan:

kelembaban dan suhu (layanan suhu dan gradient suhu)



- Keberadaan radiasi UV
- Paparan kimia (exposure tertentu misalnya pada tanaman industry)
- Kerusakan mesin (dampak, abrasi dll)

Dalam hal struktur yang dikuburkan (ditanam) maka porositasnya harus dipertimbangkan dan kondisi tanah subject yang di tempati. Kelembaban dan pH dari paparan medan dan biologis untuk bakteri dan mikro-organisme yang kritis sangat penting. Dalam kasus air, komposisi jenis dan kimia dari air yang juga harus signifikan. Agresivitas korosif lingkungan akan berpengaruh pada:

- Jenis cat digunakan untuk perlindungan
- Ketebalan total sistem cat
- Persiapan permukaan yang dibutuhkan
- *Re-coating* interval minimum dan maksimum

Standar ISO 12944-2 memberikan klasifikasi korosi untuk kondisi atmosfer, tanah dan air. Standar ini adalah evaluasi yang sangat umum berdasarkan korosi waktu untuk baja karbon dan seng. Tidak mencerminkan bahan kimia tertentu, mekanis atau paparan suhu. Namun spesifikasi standar masih dapat diterima sebagai indikator untuk pengecatan sistem proyek secara keseluruhan. Diuraikan di bawah ini adalah bagaimana klasifikasi ini diterapkan.

Tabel 2 - 1 Kategori Lingkungan Korosi Menurut ISO 12944

Kategori	Contoh Lingkungan
Korosi	Daerah pedesaan (kelembaban rendah). Daerah pedesaan merupakan daerah yang paling rendah laju korosinya.



C3 (Medium)	Daerah perkotaan, polusi sulfur chlorida sedang.
C4 (High)	Daerah perindustrian dan daerah pantai kelembaban sedang. Lingkungan pinggir laut yang lembab dan adanya uap air dan garam merupakan lingkungan yang agresif.
C5-I (Very High) (Industrial)	Industry daerah kelembaban tinggi dan suasana agresif.
C5-M (Very High) (Marine)	Daerah laut/perindustrian dengan kelembaban tinggi. Merupakan daerah dengan tingkat korosi yang paling tinggi karena kelembaban tinggi dan air laut.

---

## 2. Daya Tahan Yang Dibutuhkan Untuk Sistem Pengecatan

Masa pakainya cat diasumsikan dapat bertahan pada periode melewati waktu sampai pemeliharaan yang diperlukan setelah aplikasi.

Standar ISO 12944 menetapkan tiga kisaran frame waktu untuk mengkategorikan daya tahan:

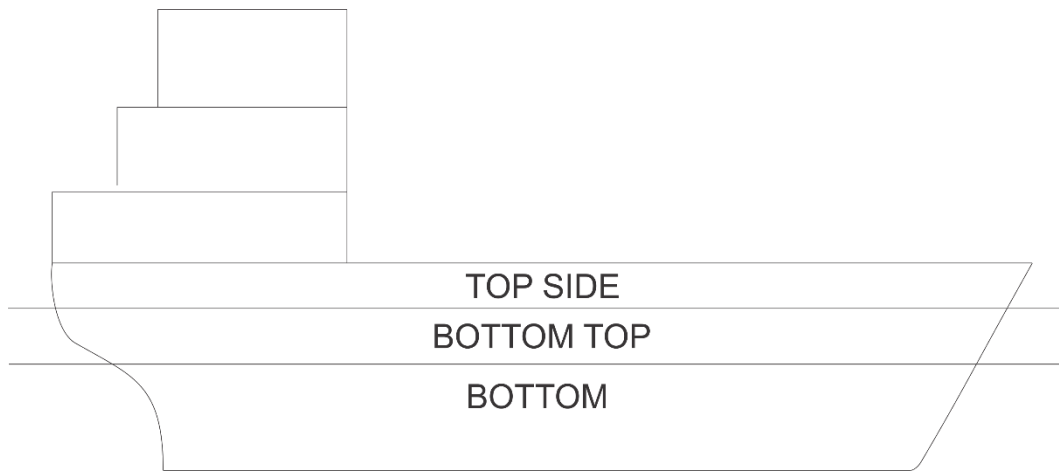
*Low-L* : 2 sampai 5 tahun

*Medium-M* : 5 sampai 15 tahun

*High-H* : Lebih dari 15 tahun

## 3. Pembagian Zona Pengecatan





Gambar 2 - 4 Zona Pengecatan Pada Kapal

Berdasarkan ketentuan ISO 12944-2 tentang *Classification of Environment* kategori C5 – *Marine*, maka kapal dibagi kedalam tiga zona sesuai kondisi lingkungan pengecatannya sebagai berikut.

1. Zona Atmosfer atau bagian *top side* merupakan *area* pada kapal dimana seluruh permukaan kapal yang termasuk zona ini berada pada sarat garis air kapal maksimum dan terpapar langsung dengan cuaca.
2. Zona splash atau zona *bottom top* merupakan area antara sarat garis air kapal maksimum dan sarat air garis kapal minimum kapal dimana kecenderungan untuk terkena hampasan air laut dan terpapar udara secara bersamaan.
3. Zona Immersion atau zona *bottom* merupakan area pada kapal yang terendam air laut.

Tabel 2 - 2 Tingkat Laju Korosi per Tahun

AREA	LAJU KOROSI PER TAHUN
Atmosphere	80 – 200 micron (3-8 mils)
Splash	200 – 500 micron (8-20 mils)



Zona Immersion

100 – 200 micron (4-8 mils)

---

Sumber: ISO 12944-2

#### 4. Proses Perencanaan Aplikasi Cat

Jadwal pembangunan dan berbagai tahap pembangunan proyek tertentu menentukan bagaimana dan kapan sistem cat perlu diterapkan. Pertimbangan perlu diberikan untuk bahan pada tahap fabrikasi, ketika komponen sedang pre-fabrikasi baik *off* maupun *on* dan ketika tahap pembangunan sudah lengkap.

Perlu untuk merencanakan pekerjaan sehingga persiapan permukaan dan waktu pengeringan produk cat dalam kaitannya dengan suhu dan kelembaban. Juga jika salah satu tahap konstruksi berlangsung dalam lingkungan yang dilindungi dan tahap selanjutnya kemudian terjadi, interval *re-coating* juga harus diperhitungkan.

#### 2.2.4. Langkah – Langkah Pengecatan

Langkah – langkah pengecatan dibagi kedalam 4 tahapan, yaitu sebagai berikut.

##### 1. Pre Inspection

Merupakan pemeriksaan awal terhadap permukaan material yang akan dicat dengan tujuan agar diperoleh perekatan secara maksimal untuk proses pengecatan atau *painting*. Permukaan dibersihkan dari berbagai kotoran yang menempel pada pelatnya misalnya minyak, garam dan lumpur. Pembersihan dapat dilakukan

menyemprotkan air tawar bertekanan tinggi. Selain pemeriksaan material,





pemeriksaan juga dilakukan terhadap peralatan yang digunakan oleh *blaster* maupun *painter* apakah layak digunakan atau tidak.

## 2. Surface Preparation

Ada banyak cara untuk mengklarifikasikan nilai persiapan permukaan baja tetapi penelitian ini memfokuskan kelas dari permukaan sesuai dengan Standar ISO 8501-1 yang diuraikan di bawah ini:

### a. *Blast Cleaning*

Empat tingkat kebersihan diberikan untuk *Blast Cleaning*:

- **Sa 1 *Light Blast Cleaning* atau *Brush Off Cleaning***

Apabila dilihat tanpa pembesaran (dengan kaca pembesar), permukaan besi bersih dari minyak, *grease*, debu dan juga bersih dari kelupasan *Mill Scale*, karat, dan bekas cat lama.

- **Sa 2 *Thorough Blast Cleaning (Commercial Cleaning)***

Apabila dilihat dengan mata telanjang, permukaan besi/baja bersih dari minyak, *grease*, debu dan sebagian besar *Mill Scale*, karat dan bekas cat lama. Sisa kotoran yang tertinggal hanyalah yang melekat sangat kuat diatas permukaan besi.

- **Sa 2<sup>1/2</sup> *Very Thorough Blast Cleaning (Near White Cleaning)***

Apabila dilihat dengan mata telanjang, permukaan besi/baja bersih dari minyak, *grease*, debu dan sebagian besar *Mill Scale*, karat dan bekas cat lama. Sisa kotoran yang tertinggal hanyalah karat tipis yang berupa titik-titik atau garis-garis

2, B Sa 2<sup>1/2</sup>, C Sa 2<sup>1/2</sup> dan D Sa 2<sup>1/2</sup>).

***Blast Cleaning to visually clean Steel (White Cleaning)***



Apabila dilihat dengan mata telanjang, permukaan besi bersih dari minyak, *grease*, debu, *Mill Scale*, karat, dan bekas cat lama. Dalam Sa 3 ini, besi akan memunculkan warna aslinya yaitu warna metalik.

b. *Hand and Power tool Cleaning*

Dua tingkat kebersihan diberikan untuk *Hand and Power tool Cleaning* yaitu “St 2” dan “St 3”. “St 1” tidak termasuk dalam standard *Coating* dan hanya digunakan untuk permukaan yang tidak dapat dilakukan *Coating Painting*.

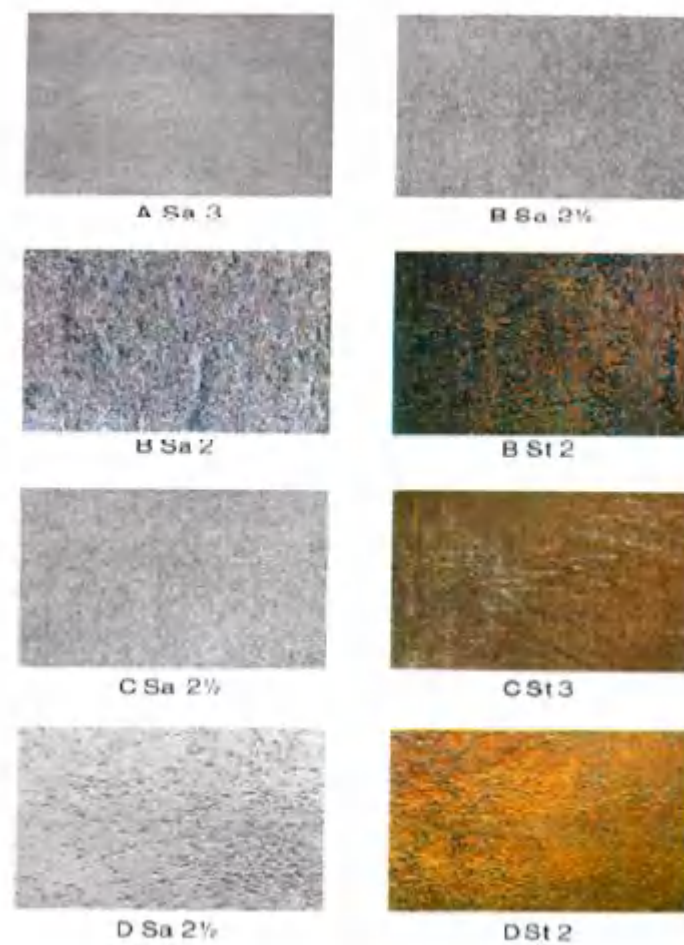
- ***St 2 Thorough Hand and Power Tool Cleaning***

Apabila dilihat dengan mata telanjang, permukaan besi bersih dari minyak, *grease*, debu dan kelupasan-kelupasan *Mill Scale*, karat, dan bekas cat lama.

- ***St 3 Very Thorough Hand and Power Tool Cleaning***

Apabila dilihat dengan mata telanjang, permukaan besi bersih dari minyak, *grease*, debu, *Mill Scale*, karat, dan bekas cat lama. Permukaan akan terlihat seperti warna metalik (Warna besi/metal).





Gambar 2 - 5 Tingkat Kebersihan Permukaan Menurut ISO 8501-1

c. *Flame Cleaning*

*Surface preparation* dengan metode *flame cleaning* (pembakaran) diindikasikan dengan singkatan “F1”. Namun sebelum dilakukan *cleaning*, lapisan karat yang tebal harus dihilangkan dengan menggunakan *chipping* (penyongkelan) dan kemudian dibersihkan dengan *power tool wirebrushing*.



Untuk bangunan baru seperti *offshore*, diperlukan minimal baja dengan *Rust Grade B*. Namun untuk kasus tertentu *Grade C* masih dapat

dipertimbangkan. *Rust Grade D* sangat tidak dipertimbangkan untuk bangunan baru. Didalam Standar ISO 8501 juga disebutkan bahwa permukaan besi harus bersih dari material asing. Termasuk di dalamnya adalah air yang mengandung garam, sisa pengelasan (*weld smoke* dan *weld spatter*). Biasanya dapat dihilangkan dengan mengaplikasikan *wet Blasted*.



Gambar 2 - 6 Klasifikasi Permukaan Pelat Baja Sebelum *Coating*

Di Negara Amerika, Standar Amerika yang dikeluarkan oleh SSPC (*Steel Structure Painting Council*), *vis 1 (Guide and Reference Photographs for Steel Surface Prepared by Dry Abrasive Blast Cleaning)* dan *Vis 3 (Visual Standard for Power and Hand Tool cleaned Steel)* lebih banyak digunakan daripada ISO 8501-

Di ISO 8501-1, SSPC Vis 1 dan SSPC Vis 3 juga merupakan pictorial



- Vis 1 merupakan standard yang menunjukkan foto berwarna dari berbagai permukaan besi sebelum dan sesudah dilakukan pembersihan dengan blasting. Tingkatannya dinyatakan dengan SP 5 (Sa 3), SP 6 (Sa 2), SP 7 (Sa 1), dan SP 10 (Sa 2<sup>1/2</sup>).
- Vis 3 adalah visual standard yang menunjukkan hasil permukaan besi yang dibersihkan menggunakan *Hand* dan *Power Tool*. Vis 3 sedikit berbeda dengan Vis 1, yang mana Vis 3 membagi 7 (tujuh) tingkatan karat (*rust grade*) A, B, C, dan D untuk konstruksi baru dan E, F, dan G untuk *maintenance* atau perawatan dimana besi tersebut sudah dicat.

Pekerjaan utama yang dilakukan pada tahap *Surface Preparation* adalah blasting. Obyeksi utama dari persiapan permukaan adalah didapatkannya pendekatan maksimal untuk coating.

Persiapan permukaan memiliki 3 kegunaan utama yaitu:

- a. Persiapan permukaan menghilangkan kontaminasi atau pencemaran dari dasar menghapus oksida metal, sisa-sisa coating lama yang merekat erat, bahan kimia, kotoran dan sebagainya. Pengeluaran dari material kontaminasi ini akan membuat lapisan primer dapat kontak langsung dengan bidang ini sehingga menghasilkan perekatan yang maksimal.
- b. Persiapan permukaan dengan cara menaikkan tingkat kekasarannya akan membuat *coating* dapat merekat secara efektif.



pemilihan abrasive material akan menentukan profil permukaan yang dihasilkan. Ada 2 jenis abrasive yang umum digunakan, yaitu:

### 1. Metallic Abrasive

Material yang termasuk dalam metallic abrasive adalah stell shot dan steel grit yang penggunaannya menggunakan mesin blasting atau biasa disebut autoblast dan dikendalikan oleh operator dari dalam ruang control.

### 2. Non Metallic Abrasive

Material yang termasuk dalam non metallic abrasive adalah copper slagranit, silica alluminium oxide dan lainnya. Pengerjaan blasting ini dilakukan secara manual yang dilakukan oleh blaster dan dibantu oleh helper.

Peralatan – peralatan yang digunakan dalam proses *blasting* antara lain :

- a) Air Compressor
- b) Air Receiver berfungsi sebagai penerima udara untuk disalurkan ke separator dan sand pot
- c) After cooler berfungsi untuk mendinginkan udara yang berasal dari receiver untuk pernafasan blaster
- d) Separator
- e) Sand pot berfungsi sebagai tempat material abrasive
- f) Nozzle alat penyemprot pasir/material abrasive yang perlu diperhatikan dalam

blasting adalah besarnya tekanan udara yang berasal dari kompresor harus sesuai dengan material abrasive yang keluar sehingga kedalam profil yang



diinginkan akan tercapai. Pemilihan dari abrasive ini merupakan faktor utama dalam kecepatan pembersihan. Jika pada suatu proses blasting menggunakan abrasive ukuran kecil dimaksudkan untuk menaikkan kecepatan pembersihan pada baja baru atau yang mengalami sedikit karat, abrasi dengan ukuran besar biasa digunakan untuk baja yang memiliki tingkat karat yang tinggi atau bias juga digunakan untuk material yang keras.

Pada saat proses blasting sedang berlangsung proteksi harus diberikan kepada operator dan pekerja yang berada di blasting area agar terhindar dari sisa – sisa penggosok dan pencemar yang dikeluarkan dari udara. Setelah proses blasting selesai, hasilnya dicek dengan menggunakan proses press-o-film sehingga diketahui kedalaman profil. Jika hasil yang didapat tidak sesuai dengan yang diharapkan maka proses blasting harus diulang.

### 3. Paint Preparation

Merupakan tahap persiapan sebelum dimulai proses painting, yang dilakukan antara lain :

- a. Persiapan peralatan painting dan perlengkapan painter. Peralatan yang digunakan sama dengan pada proses blasting hanya saja sand pot yang merupakan tempat abrasive material diganti dengan paint pot sebagai tempat cat. Dalam paint pot terdapat *mixer* yang berfungsi untuk menjaga agar cat tidak menggumpal. Alat yang digunakan untuk menyemprotkan cat ke permukaan

t dengan *spray gun*.



- b. Mixing adalah proses penyampuran cadangan *curing agent*. *Curing* adalah cairan yang bersifat perekat namun memiliki fungsi sebagai pengencer. Jika hasil campurannya kurang sesuai dapat ditambahkan thinner.

#### 4. Paint Application

Setelah proses pengecatan harus dilakukan pemeriksaan terhadap hasil pengecatan, terutama pada ketebalan dari cat apakah sudah sesuai dengan standar yang diminta, kondisi pengecatan dapat berupa dalam kondisi basah atau kering. Alat yang digunakan adalah *Dry Film Thickness*.

Ada 4 macam metode pengecatan kapal yang dapat diaplikasikan untuk pengecatan kapal. Berikut adalah keempat metode pengecatan tersebut:

##### 1. Metode I

Pada metode I ini tahapan-tahapan coating yang harus dijalani adalah sebagai berikut:

- a. *Blasting* untuk seluruh area *bottom* yaitu bagian lantai tangki dan dinding tangki dengan ketinggian maksimum *2m*.
- b. Setelah proses *blasting* selesai maka dilanjutkan dengan pengecatan lapisan pertama seluruh area *bottom*.
- c. Cat ditunggu hingga mengering kemudian dilakukan pemasangan *scaffold* / perancah.
- d. Setelah *scaffold* / perancah terpasang maka dilanjutkan proses selanjutnya yaitu *blasting* di atas ketinggian *2m* dari *bottom* dan atap tangki.





- e. Setelah proses blasting selesai dilakukan pengecatan untuk seluruh upper area.
- f. Cat ditunggu hingga mengering kemudian dilakukan pembongkaran scaffold / perancah bagian yang rusak akibat pemasangan dan pembongkaran perancah.
- g. Setelah perbaikan selesai maka dilanjutkan pengecatan lapisan kedua untuk seluruh bagian bottom.

## 2. Metode II

Pada metode I ini tahapan-tahapan coating yang harus dijalani adalah sebagai berikut:

- a. Pemasangan alat perancah
- b. Setelah *scaffold* / perancah terpasang dilakukan *blasting* untuk seluruh *upper area* yang meliputi atap tangki dan dinding tangki yang diatas ketinggian 2 m dari *bottom*.
- c. *Blasting* selesai, dilanjutkan pengecatan seluruh bagian *upper area* yang meliputi atap tangki dan dinding tangki yang diatas ketinggian 2m dari *bottom*.
- d. Cat ditunggu hingga kering. Kemudian dilakukan pembongkaran perancah / *scaffold*. Setelah selesai pembongkaran dilakukan perbaikan-perbaikan bagian yang rusak akibat bongkar pasang perancah.
- e. Setelah selesai perbaikan maka dilanjutkan ke proses *blasting* untuk bagian *bottom* area yang meliputi bagian *bottom* / alas tangki dan dinding tangki dengan ketinggian 2m.



f. *Blasting* selesai dikerjakan, dilakukan pengecatan untuk seluruh area *bottom*.

### 3. Metode III

Pada metode III ini tahapan-tahapan coating yang harus dijalani adalah sebagai berikut:

- a. Pemasangan perancah / *scaffold*.
- b. Setelah *scaffold* / perancah terpasang dilakukan *blasting* untuk seluruh area permukaan tangki. Baik *upper area* maupun *bottom area*.
- c. *Blasting* selesai, dilanjutkan pengecatan lapisan pertama seluruh area permukaan tangki.
- d. Setelah cat mengering, dilakukan pengecatan lapisan kedua untuk *upper area*.
- e. Setelah cat bagian *upper area* mengering, perancah dibongkar dan dilakukan perbaikan bagian yang rusak akibat bongkar pasang perancah.
- f. Kemudian dilakukan pengecatan lapisan kedua untuk bagian *bottom area*.

### 4. Metode IV

Pada metode IV ini tahapan-tahapan coating yang harus dijalani adalah sebagai berikut :

- a. Pemasangan perancah / *scaffold*.
- b. Setelah *scaffold* / perancah terpasang dilakukan *blasting* untuk seluruh area permukaan tangki. Baik *upper area* maupun *bottom area*.

*Blasting* selesai, dilanjutkan pengecatan seluruh area permukaan tangki.



- d. Setelah cat mengering perancah dibongkar yang kemudian dilanjutkan perbaikan – perbaikan bagian yang rusak akibat bongkat pasang perancah dan tidak dilakukan pengecatan ulang.

Ada 4 macam metode pengecatan kapal yang dapat diaplikasikan untuk pengecatan kapal. Empat metode pengecatan tersebut ada yang menggunakan skema 1 layer dan 2 layer cat dalam pengaplikasiannya. Hal tersebut mempengaruhi *loss factor* dari cat. Sehingga empat metode pengecatan tersebut memiliki kelebihan dan kekurangan ditinjau dari biaya, waktu pengerjaan dan konsumsi cat.

#### 2.2.5. Perhitungan Kebutuhan Material Cat

Ada beberapa definisi penggunaan dan istilah yang digunakan dalam teknologi pengecatan antara lain:

- a. Volume Solid

*Volume solid* (VS) mengungkapkan angka sebagai persentase rasio:

$$\begin{aligned} \text{VS} &= \frac{\text{DFT } (\mu\text{m})}{\text{WFT } (\mu\text{m})} \times 100\% \dots\dots\dots (1) \\ &= \dots\dots\dots (\mu\text{m}) \end{aligned}$$

Keterangan: VS = Volume Solid (%)

DFT = Dry film thickness ( $\mu\text{m}$ )

WFT = Wet film thickness ( $\mu\text{m}$ )



Model lain telah ditentukan sebagai rasio antara *dry film thickness* dan *wet film thickness* dari lapisan diterapkan dalam ketebalan yang ditunjukkan dalam kondisi laboratorium, dimana tidak ada kerugian cat telah ditentukan.

b. *Dry Film Thickness* (DFT)

*Dry film thickness* (DFT) adalah lapisan ketebalan kering minimum yang direkomendasikan oleh pabrik pembuat cat, yang berfungsi untuk memberikan lapisan proteksi suatu objek. Ketebalan film kering untuk sebuah aplikasi dapat ditentukan jika volume *precen solid* dan ketebalan film basah diketahui, Informasi ini dapat diperoleh dari lembar data teknikal cat (PDS). Persamaan untuk menghitung ketebalan film kering adalah:

$$\text{DFT} = \frac{\text{WFT } (\mu\text{m}) \times \text{VS } (\%)}{100\%} \dots\dots\dots (2)$$

$$= \dots\dots\dots (\mu\text{m})$$

Keterangan: DFT = Dry film thickness ( $\mu\text{m}$ )

WFT = Wet film thickness ( $\mu\text{m}$ )

VS = Present Volume Solid (%)

c. *Theoretical Spreading Rate* (TSR)

Tingkat penyebaran teoritis dari cat dalam ketebalan film kering diberikan

permukaan objek luasan, dihitung dengan menggunakan rumus sebagai

ut:



$$\begin{aligned} \text{TSR} &= \frac{\text{VS} (\%) \times 10}{\text{DFT} (\mu\text{m})} \dots\dots\dots(3) \\ &= \dots\dots\dots(\text{m}^2/\text{liter}) \end{aligned}$$

Keterangan:      TSR = Theoretical Spreading Rate (m<sup>2</sup>/liter)  
                          DFT = Dry film thickness (μm)  
                          VS = Present Volume Solid (%)

d. *Practical Spreading Rate (PSR)*

Tingkat penyebaran praktis dari cat setelah dikurangi oleh *loss factor* pada permukaan objek luasan, dihitung dengan menggunakan rumus sebagai berikut:

$$\begin{aligned} \text{PSR} &= \text{TSR} \times \text{Loss Factor} \dots\dots\dots(4) \\ &= \dots\dots\dots(\text{m}^2/\text{liter}) \end{aligned}$$

Keterangan:      PSR = Practical Spreading Rate (m<sup>2</sup>/liter)  
                          TSR = Theoretical Spreading Rate (m<sup>2</sup>/liter)  
                          LF = Presentase kehilangan material cat (%)

e. *Konsumsi cat dengan daya sebar cat*

Konsumsi teoritis lapisan dapat ditentukan jika area padat persen volume (% VS) dan ketebalan film kering (DFT) yang diinginkan diketahui. Persamaan untuk mendapatkan konsumsi teoritis adalah:

$$\begin{aligned} \text{Konsumsi cat} &= \frac{\text{Area (m}^2) \times \text{DFT} (\mu\text{m})}{10 \times \text{VS} (\%)} \dots\dots\dots(5) \\ &= \dots\dots\dots(\text{liter}) \end{aligned}$$



$$\text{Konsumsi cat} = \frac{\text{Area (m}^2\text{)}}{\text{PSR } \left(\frac{\text{m}^2}{\text{l}}\right)} \dots\dots\dots(6)$$

$$= \dots\dots\dots(\text{liter})$$

Keterangan: Konsumsi Cat = (liter)

DFT = Dry film thickness ( $\mu\text{m}$ )

VS = Present Volume Solid (%)

f. Konsumsi cat dengan faktor kehilangan dan kekasaran permukaan.

*Blast cleaning* akan meningkatkan kekasaran permukaan dengan demikian akan menambah volume permukaan yang akan dicat. Kekasaran permukaan tergantung pada saat dilakukan persiapan permukaan yang diinginkan. Sehingga konsumsi cat akan bertambah akibat dari factor kekasaran permukaan. Jumlah cat yang diperlukan untuk mengisi kekasaran ditunjukkan di bawah ini:

$$\text{Total konsumsi cat} = \frac{\text{Area (m}^2\text{)} \times \text{DV (L/m}^2\text{)} \times 100}{10 \times \text{VS (\%)}} \dots\dots\dots(7)$$

$$= \dots\dots\dots(\text{liter})$$

Keterangan: Area = ( $\text{m}^2$ )

DV = Dead volume ( $\text{liter/m}^2$ )

VS = Present Volume Solid (%)

LF = Loss factor (%)



3 Tingkat Kekasaran Permukaan

Kekasaran permukaan	Dead volume
(Mikron)	(l/m <sup>2</sup> )
30	0,02
45	0,03
60	0,04
75	0,05

### 2.3. Produktivitas

Pengertian produktivitas sangat berbeda dengan produksi, produksi merupakan salah satu komponen dari usaha produktivitas, selain kualitas dan hasil keluarannya. Produksi adalah suatu kegiatan yang berhubungan dengan hasil keluaran dan umumnya dinyatakan dengan volume produksi, sedangkan produktivitas berhubungan dengan efisiensi penggunaan sumber daya (masukan dalam menghasilkan tingkat perbandingan antara keluaran dan masukan).

Produktivitas mengandung arti sebagai perbandingan antara hasil yang dicapai (output) dengan keseluruhan sumber daya yang digunakan (input). Dengan kata lain bahwa produktivitas memiliki dua dimensi. Dimensi pertama adalah efektivitas yang mengarah kepada pencapaian target berkaitan dengan upaya membandingkan input dengan realisasi penggunaannya atau bagaimana pekerjaan tersebut dilaksanakan.

Produktivitas merupakan suatu ukuran kinerja perusahaan yang menunjukkan seberapa baik pemanfaatan input menjadi output. Input merupakan



segala bentuk sumber daya yang digunakan dalam produksi dan membentuk biaya produksi seperti tenaga kerja (man-hours), material energy, kapital yang meliputi peralatan dan mesin, dll. Menurut Pardede, P. M. (2005), input atau sumber daya adalah berbagai jenis barang dan jasa yang dibutuhkan perusahaan untuk diolah dalam membuat barang dan jasa lain. Jenis sumber daya meliputi bahan baku dan bahan pendukung, mesin dan perlatan, tenaga kerja, dan teknologi. Output merupakan hasil aktivitas produksi yang bermanfaat bagi perusahaan (revenues). Output dapat berupa penjualan, jumlah produksi, dll. Pengukuran produktivitas ditujukan kepada manajemen agar memahami tindakan perbaikan terhadap pemanfaatan sumber daya produksi dalam meningkatkan output.

### 2.3.1. Unsur – unsur Produktivitas

Ada beberapa unsur produktivitas yang perlu diketahui, seperti.

#### 1. Efisiensi

Produktivitas sebagai rasio output/input merupakan ukuran efisiensi pemakaian sumber daya (input). Efisiensi merupakan suatu ukuran dalam membandingkan penggunaan masukan (input) yang direncanakan dengan penggunaan masukan yang sebenarnya terlaksana. Pengertian efisiensi berorientasi kepada masukan.

#### 2. Efektivitas

Efektivitas merupakan suatu ukuran yang memberikan gambaran seberapa

target yang dapat tercapai baik secara kuantitas maupun waktu. Makin besar persentase target tercapai, makin tinggi tingkat efektivitasnya. Konsep ini





berorientasi pada keluaran. Peningkatan efektivitas belum tentu dibarengi dengan peningkatan efisiensi dan sebaliknya. Gabungan kedua hal ini membentuk pengertian produktivitas dengan cara sebagai berikut :

$$\text{Efektivitas} = \frac{\text{Efektivitas pelaksanaan tugas mencapai tujuan}}{\text{Efisiensi penggunaan sumber – sumber masukan ke proses}}$$

### 3. Kualitas

Secara umum kualitas adalah ukuran yang menyatakan seberapa jauh pemenuhan persyaratan, spesifikasi, dan harapan konsumen. Kualitas merupakan salah satu ukuran produktivitas. Meskipun kualitas sulit diukur secara matematis melalui rasio output/input, namun jelas bahwa kualitas input dan kualitas proses akan meningkatkan kualitas output.

#### 2.3.2. Manfaat Produktivitas

Menurut Vincent (1998), suatu organisasi perusahaan perlu mengetahui pada tingkat produktivitas nama perusahaan itu beroperasi, agar dapat membandingkannya dengan produktivitas standar yang telah ditetapkan manajemen, mengukur tingkat produktivitas dari waktu ke waktu, dan membandingkan dengan produktivitas industry sejenis yang menghasilkan produk serupa.

Manfaat pengukuran produktivitas dalam suatu organisasi perusahaan,

n :



1. Perusahaan dapat menilai efisiensi konvensi sumber dayanya, agar dapat meningkatkan produktivitas melalui penggunaan sumber – sumber daya tersebut.
2. Perancangan sumber – sumber daya akan menjadi lebih efektif dan efisien melalui pengukuran produktivitas, baik dalam perencanaan jangka pendek maupun jangka panjang.
3. Tujuan ekonomis dan non ekonomis dari perusahaan dapat diorganisasikan kembali dengan cara memberikan prioritas tertentu yang dipandang dari sudut produktivitas.
4. Perencanaan target tingkat produktivitas di masa mendatang dapat dimodifikasi kembali berdasarkan informasi pengukuran tingkat produktivitas sekarang.

### 2.3.3. Produktivitas Kerja

Produktivitas kerja adalah kemampuan menghasilkan barang dan jasa dari berbagai sumber daya atau faktor produksi yang digunakan untuk meningkatkan kualitas dan kuantitas pekerjaan yang dihasilkan dalam suatu perusahaan.

Pengukuran produktivitas tenaga kerja menurut sistem pemasukan fisik perorangan atau per jam kerja orang diterima secara luas, namun dari sudut pandangan atau pengawasan harian, pengukuran – pengukuran tersebut pada umumnya tidak memuaskan, dikarenakan adanya variasi dalam jumlah yang

perlu untuk memproduksi satu unit produk yang berbeda. Oleh karena itu, metode pengukuran waktu tenaga kerja (jam, hari atau tahun).



Pengeluaran diubah ke dalam unit – unit pekerja yang biasanya diartikan sebagai jumlah kerja yang dapat dilakukan dalam satu jam oleh pekerja yang terpercaya yang bekerja menurut pelaksanaan standar.

Hasil maupun pemasukan dapat dinyatakan dalam waktu, produktivitas tenaga kerja dapat dinyatakan sebagai suatu indeks yang sangat sederhana. Untuk mengukur suatu produktivitas perusahaan dapatlah digunakan dua jenis ukuran jam kerja manusia, yakni jam–jam kerja yang harus dibayar dan jam–jam kerja uang dipergunakan untuk bekerja. Jam kerja yang harus dibayar meliputi semua jam–jam kerja yang harus dibayar, ditambah jam–jam yang tidak digunakan untuk bekerja namun harus dibayar, liburan, cuti, libur karena sakit, tugas luar dan sisa lainnya. Jadi bagi keperluan pengukuran umum produktivitas tenaga kerja kita memiliki unit-unit yang diperlukan, yakni kuantitas hasil dan kuantitas penggunaan masukan tenaga kerja (Smungan, 2003)

#### **2.3.4. Pengukuran Produktivitas Kerja**

Pengukuran produktivitas kerja perlu dilakukan untuk mengetahui produktivitas dari setiap karyawan. Pengukuran produktivitas tenaga kerja menurut system pemasukan fisik perorang atau per jam kerja ialah diterima secara luas, dengan menggunakan metode pengukuran waktu tenaga kerja (jam, hari atau tahun). Pengukuran diubah ke dalam unit-unit pekerja yang diartikan sebagai jumlah kerja yang dapat dilakukan dalam satu jam oleh pekerja yang bekerja

pelaksanaan standar. (Muchdarsyah Sinungan, 2005)



Menurut Henry Sumamora (2004) faktor – faktor yang digunakan dalam pengukuran produktivitas kerja meliputi kuantitas kerja, kualitas kerja dan ketepatan waktu.

1. Kuantitas kerja adalah merupakan suatu hasil yang dicapai oleh karyawan dalam jumlah tertentu dengan perbandingan standar ada atau ditetapkan oleh perusahaan.
2. Kualitas kerja adalah merupakan suatu standar hasil yang berkaitan dengan mutu dari suatu produk yang dihasilkan oleh karyawan dalam hal ini merupakan suatu kemampuan karyawan dalam menyelesaikan pekerjaan secara teknis dengan perbandingan standar yang ditetapkan oleh perusahaan.
3. Ketepatan waktu merupakan tingkat suatu aktivitas diselesaikan pada awal waktu yang ditentukan, dilihat dari sudut koordinasi dengan hasil output serta memaksimalkan waktu yang tersedia untuk aktivitas lain. Ketepatan waktu diukur dari persepsi karyawan terhadap suatu aktivitas yang disediakan diawal waktu sampai menjadi output.

### 2.3.5. Metode Pengukuran Waktu

Pengukuran waktu (time study) adalah waktu usaha untuk menentukan lama kerja yang dibutuhkan seorang operator dalam suatu pekerjaan yang spesifik pada tingkat kecepatan kerja yang normal dalam lingkungan kerja yang terbaik pada saat

Metode pengukuran yang dapat digunakan adalah pengukuran waktu secara langsung dengan metode sebagai berikut :



a. Pengukuran Waktu Secara Langsung

Pengukuran waktu secara langsung, terbagi atas dua metode yaitu :

1. Metode Jam Henti (*stopwatch*)

Pengukuran waktu kerja dengan menggunakan jam henti diperkenalkan pertama kali oleh Feresrick W. Taylor sekitar abad 19. Metode ini diaplikasikan untuk pekerjaan-pekerjaan yang berlangsung singkat, berulang-ulang, terspesifikasi jelas, dan menghasilkan output yang relative sama. Dari hasil pengukuran, maka diperoleh waktu baku yang dibutuhkan untuk menyelesaikan suatu siklus pekerjaan dimana waktu baku merupakan waktu yang dibutuhkan oleh seorang pekerja dengan tingkat kemampuan rata-rata untuk menyelesaikan suatu pekerjaan.

Menurut Wignjosoebroto (2003), waktu baku sangat diperlukan terutama untuk :

- Perencanaan kebutuhan tenaga kerja (Man Power Planning);
- Estimasi biaya-biaya untuk upah karyawan / pekerja;
- Penjadwalan produksi dan penganggaran;
- Perencanaan system pemberian bonus dan intensif bagi karyawan/pekerja yang berprestasi
- Indeks keluaran (output) yang mampu dihasilkan oleh seorang pekerja.

Secara garis besar langkah untuk pelaksanaan pengukuran waktu kerja dengan metode jam henti ini dapat diuraikan sebagai berikut :

a. Definisi pekerjaan yang akan diteliti ;

Catat semua informasi yang berkaitan erat dengan penyelesaian pekerjaan;



- c. Bagi operasi kerja dalam elemen – elemen kerja sedetail – detailnya tapi masih dalam batas – batas kemudahan untuk pengukuran waktunya;
- d. Amati, ukur, dan catat waktu yang dibutuhkan oleh operator untuk menyelesaikan pekerjaan tersebut;
- e. Tetapkan jumlah siklus kerja yang harus diukur dan dicata;
- f. Tetapkan *rate of performance* dari operator saat melaksanakan aktivitas kerja yang diukur dan dicapai waktunya;
- g. Sesuaikan waktu pengamatan berdasarkan *performance* yang ditunjukkan oleh operator;
- h. Tetapkan waktu longgar (*allowance time*) guna memberikan fleksibilitas;
- i. Tetapkan waktu kerja baku (*standard time*) yaitu jumlah total antara waktu normal dan waktu longgar.

Aktivitas pengukuran kerja pada dasarnya merupakan pengukuran proses sampling. Semakin besar jumlah siklus kerja yang diamati / diukur maka akan semakin mendekati kebenaran akan data yang diperoleh. Konsekuensi dari hasil pengukuran dan pembacaan waktu oleh *stopwatch* merupakan hal yang diinginkan dalam proses pengukuran kerja. Untuk mendapatkan jumlah pengamatan yang seharusnya dilakukan ( $N'$ ), maka terlebih dahulu harus ditentukan derajat ketelitian dan tingkat kepercayaan untuk pengukuran kerja ini. Dengan demikian untuk mendapatkan nilai  $N'$  digunakan rumus sebagai berikut (Wignjosoebroto, 2003) :

$$N' = \left[ \frac{\frac{k}{s} \sqrt{N \sum x^2 - (\sum x)^2}}{\sum x} \right]^2 \dots\dots\dots (8)$$



- X = waktu untuk pengamatan dari setiap elemen kerja masing – masing siklus yang diukur
- K = angka deviasi standard yang besarnya tergantung pada tingkat kepercayaan (*confidence level*) yang diambil, dimana :
- Tingkat kepercayaan 68 %, nilai  $k = 1$
  - Tingkat kepercayaan 95 %, nilai  $k = 2$
  - Tingkat kepercayaan 99 %, nilai  $k = 3$
- s = derajat ketelitian dari data yang diperoleh, menunjukkan maksimum presentase penyimpangan yang bisa diterima dari nilai  $x$  yang sebenarnya
- $N'$  = jumlah siklus pengukuran yang sebenarnya dilakukan agar diperoleh kesalahan minimum dengan mengekstimasi  $x$  sebesar  $s$
- N = jumlah pengukuran data awal yang telah dilakukan untuk tiap elemen kerja

Selain kecukupan data yang harus dipenuhi dalam pelaksanaan *time study*, maka yang tak kalah pentingnya adalah bahwa data yang diperoleh haruslah juga seragam. Tes keseragaman data bisa dilakukan dengan cara visual dan atau mengaplikasikan peta control (*control chart*). Tes keseragaman data secara visual dilakukan secara sederhana, mudah, dan tepat. Disini, kita hanya sekedar melihat data terkumpul lalu mengidentifikasi data yang terlalu ekstrim. Data yang terlalu ekstrim tidak dimasukkan dalam perhitungan selanjutnya. Sedangkan pada tes keseragaman data dengan menggunakan peta control, kita akan menentukan batas control atas (BKA) dan batas control bawah (BKB) untuk data yang diperoleh. Data yang melewati BKA dan BKB selanjutnya tidak akan digunakan dalam

an selanjutnya.



Nilai batas control atas (BKA) dan nilai batas control bawah (BKB) dapat digunakan rumus sebagai berikut (Hari Purnomo, 2003) :

$$BKA = \bar{x} + k \cdot SD \dots\dots\dots (9)$$

$$BKB = \bar{x} - k \cdot SD \dots\dots\dots (10)$$

Dimana :

BKA = batas control atas

BKB = batas control bawah

$\bar{x}$  = nilai rata – rata jumlah waktu keseluruhan pekerjaan (detik)

k = angka deviasi standard yang besarnya tergantung pada tingkat kepercayaan (*confidence level*) yang diambil, dimana :

- Tingkat kepercayaan 68 %, nilai k = 1
- Tingkat kepercayaan 95 %, nilai k = 2
- Tingkat kepercayaan 99 %, nilai k = 3

SD = standar deviasi

$$= \frac{\sqrt{\sum_{i=1}^n (xi-x)^2}}{n-1} \dots\dots\dots (11)$$

Kegiatan evaluasi kecepatan atau tempo kerja operator pada saat pengukuran kerja berlangsung dikenal sebagai *rating performance* atau *rating factor*. Rating faktor pada umumnya dinyatakan dalam presentase (%) atau angka decimal. Apabila operator bekerja secara normal maka *rating factor* ini diambil sama dengan satu (p=1). Pada tahun 1927, Westing House Company

menalkan sistem untuk menghitung *performance rating* yang disebut *House System's Rating*. Dalam system ini dianggap bahwa operator





bekerja secara normal. Tetapi, dalam penentuan *performance rating*, Westing House menambahkan angka – angka berdasarkan tingkatan yang ada untuk masing – masing faktor yang mempengaruhi *performance* yaitu kecakapan, usaha, kondisi kerja, dan konsistensi. Sehingga *performance rating* dapat diperoleh dengan menggunakan nilai *performance rating* untuk operator yang bekerja normal dengan jumlah *rating factor* yang dipilih sesuai dengan yang diinginkan oleh operator.

Setelah *Skill*, *Effort*, *Condition* dan *Consistency* dari proses telah ditentukan, dan nilai kesetaraanya telah ditetapkan, peneliti dapat menentukan keseluruhan produktivitas dengan menggabungkan keempat nilai dan menjumlahkannya.(Freivalds, 2009).

a. *Skill*

*Skill* didefinisikan sebagai kecakapan dalam metode yang diberikan dan keterkaitan dengan keahlian, seperti koordinasi yang tepat antara pikiran dengan tangan. *Skill* pekerja merupakan hasil dari pengalaman dan kemampuan yang dimilikinya, seperti koordinasi natural dan ritme. *Skill* meningkat seiring berjalannya waktu, karena meningkatnya kebiasaan dengan pekerjaan yang membutuhkan kecepatan, keluwesan gerakan, serta bebas dari keragu-raguan dan salah gerakan. Penurunan *skill* biasanya disebabkan oleh beberapa pelemahan kemampuan, dikarenakan faktor fisik maupun psikologi seperti menurunnya pengelihatan, berkurangnya refleks, dan hilangnya kemampuan otot. Oleh karena itu kemampuan seseorang dapat bervariasi dari satu kerjaan ke kerjaan lainnya.



*Effort* didefinisikan sebagai hasil dari keinginan untuk bekerja secara efektif. *Effort* adalah perwakilan dari skill yang diterapkan. Ketika mengevaluasi *effort* pekerja, pengamat harus menilai efektif dari *effort* efektif-nya saja, karena kadang-kadang pekerja akan menerapkan *effort* yang salah hanya untuk meningkatkan penilaian waktu siklus.

c. *Condition*.

*Condition* akan mempengaruhi pekerja, bukan proses kerjanya, yang termasuk di dalamnya adalah suhu, ventilasi, cahaya dan tingkat kebisingan. Faktor yang mempengaruhi hasil kerja, seperti bahan dan peralatan, tidak akan dipedulikan dalam menerapkan *performance rating* pada bagian *condition*.

d. *Consistency*.

*Consistency* harus dievaluasi jika penelitian dilakukan menggunakan metode *snap-back*. Nilai waktu yang konstan dilakukan berulang memiliki *consistency* yang sempurna. Situasi ini sangat sering terjadi, karena ada kecenderungan keragaman karena kekerasan bahan, alat gunting, pelumas, dan elemen asing. Proses kerja yang dikendalikan secara mekanisasi akan mempunyai nilai *consistency* yang hampir sempurna.

Tabel 2 - 4 *Performance Rating* Dengan Sistem *Westing House*

SKILL	EFFORT
+0.15 A1 Superskill	+0.15 A1 Superskill
	+0.12 A2
Excellent	+0.10 B1 Excellent



+0.08 B2	+0.08 B2
+0.06 C1 Good	+0.05 C1 Good
+0.03 C2	+0.02 C2
+0.00 D Average	+0.00 D Average
-0.05 E1 Fair	-0.04 E1 Fair
-0.10 E2	-0.08 E2
-0.16 F1 Poor	-0.12 F1 Poor
-0.22 F2	-0.17 F2
<b>CONDITION</b>	<b>CONSISTENCY</b>
+0.06 A Ideal	+0.06 A Ideal
+0.04 B Excellent	+0.04 B Excellent
+0.02 C Good	+0.02 C Good
+0.00 D Average	+0.00 D Average
-0.03 E Fair	-0.03 E Fair
-0.07 F Poor	-0.07 F Poor

Setelah memperoleh nilai dari *performance rating*, maka selanjutnya waktu normal dapat dihitung dengan rumus sebagai berikut (Wignjosoebroto, 2003) :

$$NT = OT \cdot performance\ rating \dots\dots\dots (12)$$

Dimana :

NT = waktu normal (*normal time*) (detik)

OT = waktu pengamatan (*observation time*) (detik)



Waktu normal untuk suatu elemen operasi kerja menunjukkan bahwa seorang operator yang berkualifikasi baik akan bekerja menyelesaikan pekerjaan pada kecepatan kerja yang normal. Tapi, pada kenyatannya operator akan sering menghentikan kerja dan membutuhkan waktu untuk kebutuhan pribadi, istirahat melepas lelah dan alasan lain yang di luar kontrol operator. Waktu – waktu tersebut termasuk dalam waktu longgar (*allowance time*) yang bias diklasifikasikan menjadi *personal allowance*, *fatigue allowance*, dan *delay allowance*. Waktu longgar (*allowance time*) diperoleh dengan formulasi sebagai berikut (Wignjosoebroto, 2003):

$$\%allowance = \frac{\text{rata-rata allowance}}{\text{observasi}} \dots\dots\dots (13)$$

Sehingga waktu baku diperoleh dari penambahan waktu normal dengan cadangan – cadangan waktu untuk kebutuhan pribadi, kelelahan fisik, dan *delay*. Dengan demikian, waktu baku dapat diperoleh dengan formulasi sebagai berikut (Wignjosoebroto, 2003) :

$$ST = NT \cdot \frac{100\%}{100\% - \%allowance} \dots\dots\dots (14)$$

Dimana :

ST = waktu baku (*standart time*) (menit/unit produk)

NT = waktu normal (*normal time*) (detik)

Waktu baku mengidentifikasi keluaran (*output standard*) yang bisa dihasilkan oleh seorang pekerja. Adapun indicator produktivitas kerja yang digunakan dalam penelitian ini adalah kuantitas volume kerja / kuantitas pengguna tenaga kerja orang. Sehingga dapat dikatakan bahwa produktivitas pekerja



berbanding terbalik dengan waktu baku atau ditulis dalam rumus berikut (Wignjosuebrotto, 2003) :

$$Produktivitas = \frac{1}{Standard\ Time} (unit\ produk/jam).....(15)$$

### 2.3.6. Teori Gejala Pusat

Ukuran gejala pusat adalah suatu ukuran yang digunakan untuk mengetahui kumpulan data mengenai sampel atau populasi yang disajikan dalam tabel atau diagram yang dapat mewakili sampel. Ada beberapa macam ukuran tendensi sentral, yaitu rata – rata (*mean*), median, modus, kuartil, desil dan persentil. Gejala pusat sebagai nilai rata-rata yang mempunyai kecenderungan memusat, sehingga sering disebut ukuran kecenderungan memusat (*measures of central tendency*). Beberapa jenis rata-rata yang sering digunakan adalah rata-rata hitung (arithmetic mean atau sering disingkat mean saja), lalu rata-rata ukur (*geometric mean*), kemudian rata-rata harmonis (*harmonic mean*). Dan umumnya terdapat istilah mean, median dan modus.

Gejala pusat pada hakekatnya menganggap rata-rata (average) dapat merupakan nilai yang cukup representatif bagi penggambaran nilai-nilai yang terdapat dalam data yang bersangkutan. Rata-rata sedemikian itu dapat dianggap sebagai nilai sentral dan dapat digunakan sebagai pengukuran lokasi sebuah distribusi frekuensi. Statistik mengenal bermacam-macam rata-rata dengan nama-

ng khas, yaitu rata-rata hitung (*mean*), median, modus, rata-rata ukur dan harmonis itu semua merupakan jenis rata-rata yang lazim digunakan



sebagai pengukuran lokasi atau pengukuran tendensi sentral (*central tendency*) dari sebuah distribusi.

a, *Mean* (rata – rata hitung)

Dalam kegiatan penelitian, rata-rata (*mean*) mempunyai kedudukan yang penting dibandingkan ukuran gejala pusat lainnya. Hampir setiap kegiatan penelitian ilmiah selalu menggunakan rata-rata (*mean*).

Rumus untuk menghitung rata – rata data tunggal untuk seluruh skornya berfrekuensi satu adalah sebagai berikut:

$$\bar{x} = \frac{\sum_{i=1}^n x_i}{n} \dots\dots\dots (16)$$

Keterangan:

Sedangkan rumus untuk menghitung rata – rata data tunggal untuk seluruh skornya berfrekuensi lebih dari satu adalah sebagai berikut:

$$\bar{x} = \frac{\sum_{i=1}^n f_i x_i}{N} \dots\dots\dots (17)$$

Dimana:

$\bar{X}$  = rata – rata data

n = jumlah data

xi = data ke-i

fi = frekuensi interval ke-i

b, *Modus*

Modus adalah nilai yang mempunyai frekuensi paling banyak. Modus

us tunggal, artinya nilainya bisa lebih dari satu. Adapun cara mencari



modus untuk data tunggal tinggal dilihat frekuensinya. Untuk data dalam daftar distribusi frekuensi, modus ditentukan dengan rumus:

$$M_0 = b + p \left( \frac{b_1}{b_1 + b_2} \right) \dots\dots\dots (18)$$

Dimana:

$M_0$  = rata – rata data

b = batas bawah kelas modus

p = panjang interval kelas modus

$b_1$  = frekuensi kelas modus dikurangi frekuensi kelas sebelum kelas modus

$b_2$  = frekuensi kelas modus dikurangi frekuensi kelas setelah kelas modus

c. Median

Median adalah suatu nilai yang membagi distribusi data menjadi dua bagian yang sama besar atau suatu nilai yang membagi 50% frekuensi bagian atas dan 50% frekuensi bagian bawah, sehingga frekuensi yang terdapat di atas sama dengan frekuensi yang terdapat di bawah. Oleh karena itu median dari sejumlah data tergantung pada frekuensinya bukan variasi nilai-nilainya.

Adapun cara mencari median, antara lain:



$$e = \left\{ \begin{array}{l} \frac{X_{n+1}}{2} \text{ (untuk n ganjil)} \dots\dots\dots (19) \end{array} \right.$$

$$\frac{X_{n+1} + X_{\left(\frac{n}{2}\right)+1}}{2} \text{(untuk } n \text{ genap)} \dots \dots \dots (20)$$

Dimana:

Me = nilai tengah data

n = jumlah data

#### 2.4. Metode Pengecatan Dengan *Airless Spray*

Dengan menggunakan alat ini hasil yang didapat cukup memuaskan dengan penetrasi cat yang sempurna, ini karena tekanan pada *airless* cukup tinggi dimana cat di dorong oleh *piston (hydraulic system)*. Sehingga dengan alat ini didapatkan tekanan osmotic yang baik (terjadinya proses atomisasi) dan sangat menguntungkan pada proses pengecatan dimana cat dapat mereka sempurna. Pada penggunaan *airless spray* yang perlu kita perhatikan adalah penggunaan *gun*. Ada beberapa jenis *gun* dengan variasi pada lebar serta lubang *nozzle*-nya. Factor lain yang mempengaruhi penggunaan *airless* ke *gun* ini sangat besar pengaruhnya, karena semakin panjang *hose* yang digunakan semakin besar pula kerugiannya (*loss factor*), seperti terlihat pada Gambar 2 - 4.

Gambar 2.2 diatas adalah skema peralatan paintin yang umum digunakan di lapangan. Secara garis besar jenis peralatan dan alur kerjanya sama dengan blasting. Perbedaan yang nyata terletak pada peralatan pada output. Pada proses painting udara dari separator masuk ke *paint pot* untuk kemudian disalurkan menuju *spray gun*, karena tekanan yang diperlukan tidak sebesar *nozzle* blas-ting jumlah *spray gun* yang dapat dipasang

lebih banyak dari blaster.







Gambar 2 - 7 Peralatan painting

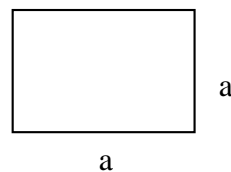
(Sumber: [www.migas Indonesia.com](http://www.migas Indonesia.com), di akses february 2018)

## 2.5. Rumus – Rumus Menghitung Luasan

### a. Rumus Bujur Sangkar

Bujur sangkar adalah bangun datar yang memiliki empat buah sisi sama panjang.

Luas : Sisi dikali sisi ( $a \times a$ )

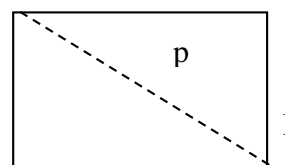


### b. Rumus Persegi Panjang

Persegi panjang adalah bangun datar mirip bujur sangkar namun dua sisi yang berhadapan lebih pendek atau lebih panjang dari dua sisi yang lain.

Dua sisi yang panjang disebut panjang, sedangkan yang pendek disebut lebar.

panjang dikali lebar ( $p \times l$ )



## 2.6. Alat Mengukur Ketebalan Cat (*Coating Thickness*)

Dalam pengecatan kapal, pengukuran terhadap tebal cat sangat mempengaruhi terkait dengan tingkat ketahanan material terhadap korosi setelah mengalami pengecatan. Tebal ini sangat penting untuk diperhatikan, dimana apabila permukaan kapal yang telah dilapisi cat terlalu tipis, maka material cat yang dilapisi akan lebih mudah mengalami korosi, namun apabila sebaliknya jika permukaan kapal dilapisi cat terlalu tebal maka akan berdampak pada kerugian dalam hal biaya pengecatan. Pengukuran tebal cat dapat dilakukan dengan dua cara yaitu :

### a. Pengukuran *Wet Film Thickness*

Pengukuran tebal lapisan basah (WFT) harus segera dilakukan setelah pengaplikasian *coating*. Hal ini dilakukan untuk mengetahui apakah sudah tercapai ketebalan yang diinginkan. Pengukuran *wet film thickness* dilakukan menggunakan alat WFT *gauge* atau *elcometer*. Pengukuran WFT akan merusak *integrity* dari lapisan cat dan permukaan cat harus segera dilapisi kembali setelah pengukuran selesai. Cara melakukan pengukuran yaitu sisi dari alat tersebut ditekan dengan mantap dan tegak lurus kedalam lapisan yang masih basah. Kemudian sisi alat tersebut dilepas dengan hati – hati dan periksalah secara visual. *WFT gauge* akan membaca skala paling tinggi dari celah dimana material *coating* melekat. Pengukuran harus dilakukan tiga kali (*triplicate*).





Gambar 2 - 8 WFT Gauge

(Sumber: [www.elcometer.com](http://www.elcometer.com), diakses desember 2018)

b. Pengukuran *Dry Film Thickness*

Pengukuran tebal lapisan kering (DFT) dilakukan untuk mengetahui apakah ketebalan kering cat sudah dicapai sesuai dengan spesifikasi. Pengukuran dilakukan setelah proses *curing* selesai. Kesalahan pengukuran berkisar antara 3% – 10%



Gambar 2 - 9 DFT Gauge

(Sumber: [www.defelsko.com](http://www.defelsko.com), diakses desember 2018)



## 2.7. Internasional Paint

PT. Internasional Paint Indonesia (IPI) perusahaan yang menangani cat kapal digalangan seluruh Indonesia. Perusahaan ini menyediakan berbagai macam cat untuk melapisi material baja pada kapal agar mengatasi korosi yang di timbulkan oleh air laut maupun lingkungan sekitarnya. Adapun daerah-daerah pengecatan sebagai berikut:

- *Top Side Area* atau Dinding Luar Kapal
- Dinding Bagian Dalam, dan Deck
- Dinding Dalam Rumah Geladak
- Dinding Luar Rumah Geladak
- Langit – Langit Geladak Kendaraan;
- Geladak Akomodasi;
- Kamar Mandi;
- *Top Deck*

Adapun ketebalan daerah pengecatan yang dari PT. Internasional Paint yaitu:

Tabel 2 - 5 Ketebalan Daerah Pengecatan Standar ISO 12944

Daerah – Daerah Pengecatan	Tebal Minimal ( $\mu\text{m}$ )
Top Side Area	125 $\mu\text{m}$
Dinding Bagian Dalam Deck	125 $\mu\text{m}$
Dinding Dalam Rumah Geladak	125 $\mu\text{m}$
Dinding Luar Rumah Geladak	90 $\mu\text{m}$
Langit – Langit Geladak Kendaraan	125 $\mu\text{m}$
Geladak Akomodasi	150 $\mu\text{m}$
Kamar Mandi	150 $\mu\text{m}$
Top Deck	175 $\mu\text{m}$

