

**RANCANGAN JARINGAN KERJA PERAKITAN BLOK ZONA RUANG
MUAT KAPAL SPOB 5000 DWT.**

SKRIPSI

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



OLEH:

**RAHMATULLAH
D31116514**

**DEPARTEMEN TEKNIK PERKAPALAN
FAKULTAS TEKNIK
UNIVERSITAS HASANUDDIN
GOWA
2022**

LEMBAR PENGESAHAN

Tugas akhir ini diajukan untuk memenuhi salah satu syarat dalam mengikuti Seminar dan Ujian Akhir guna memperoleh gelar Sarjana Teknik Perkapalan Program Studi Strata Satu (S1) pada Fakultas Teknik Universitas Hasanuddin Makassar

Judul Skripsi

**RANCANGAN JARINGAN KERJA PERAKITAN BLOK ZONA
RUANG MUAT KAPAL SPOB 5000 DWT**

Disusun Oleh :

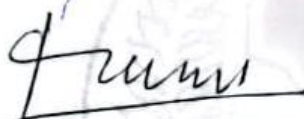
Rahmatullah

D31116514

Gowa, 15 Juli 2022

Telah diperiksa dan disetujui oleh :

Pembimbing I



Farianto Fachruddin L., ST., MT.
Nip. 19700426 199412 1 001

Pembimbing II,



Moh. Rizal Firmansyah, ST., MT., M.Eng
Nip. 19701001 200012 1 001

Mengetahui,

Ketua Departemen Teknik Perkapalan
Fakultas Teknik Universitas Hasanuddin



Dr. Eng. Suanda Baso, ST., MT.
Nip. 19730206 200012 1 002

PERNYATAAN KEASLIAN

Yang bertanda tangan di bawah ini :

Nama : Rahmatullah
NIM : D31116514
Program Studi : Teknik Perkapalan
Jenjang : Strata 1 (S1)

Menyatakan dengan ini bahwa karya tulisan saya berjudul :

**Rancangan Jaringan Kerja Perakitan Blok Zona Ruang Muat Kapal
SPOB 5000 DT**

Adalah karya tulisan saya sendiri, bukan merupakan pengambilan alihan tulisan orang lain dan bahwa skripsi yang saya tulis ini benar-benar merupakan karya saya sendiri.

Apabila dikemudian hari terbukti atau dapat dibuktikan bahwa sebagian atau keseluruhan isi skripsi ini hasil karya orang lain, maka saya bersedia menerima sanksi atas perbuatan tersebut.

Gowa, 15 Juli 2022

Yang Menyatakan,



1000
SEPULUH RIBU RUPIAH
METER
TEMAL
6DCAJX918859227

Rahmatullah

ABSTRAK

Rahmatullah 2022

"JARINGAN KERJA PERAKITAN ZONA RUANG MUAT KAPAL SPOB 5000 DWT"

Study of Case: "Ruang Muat Kapal Self-Propelled Oil Barge (SPOB) 5000 DWT"

Jurusan Teknik Perkapalan Fakultas Teknik, Universitas Hasanuddin

Pembimbing I: Farianto Fachruddin, ST., MT.

Pembimbing II: Moh. Rizal Firmansyah, ST., MT, M.Eng.

Metode pembuatan kapal secara garis besar terdiri dari dua cara yaitu pendekatan konvensional/tradisional dan modern. Dalam suatu proyek pembangunan kapal, pihak pembangun kapal akan berusaha untuk memanfaatkan sumber daya yang tersedia untuk menyelesaikan pekerjaan tepat waktu. Sumber daya galangan akan sangat mempengaruhi urutan perakitan ruang muat sehingga perlu membuat atau merancang sebuah jaringan kerja perakitan yang efisien dan efektif. CPM (Critical Path Method) merupakan salah satu metode perencanaan jaringan yang berorientasi pada waktu yang mengarah pada penentuan jadwal proyek dan perkiraan waktu yang pasti. Tujuan penelitian dengan metode ini adalah untuk mengetahui waktu dan biaya pekerjaan serta mengetahui kegiatan apa saja yang termasuk dalam kegiatan kritis. Selain itu, untuk mengontrol dan mengkoordinasikan berbagai kegiatan agar pekerjaan dapat diselesaikan dalam jangka waktu yang tepat dan juga dapat membantu galangan kapal dalam melakukan perencanaan dan pengendalian pekerjaan dengan waktu dan biaya yang lebih efisien. Objek penelitian pada tugas akhir ini adalah kapal SPOB dengan berat masing masing 131,68 Ton yang dibagi menjadi 2 blok yaitu HFS 6 dan HFS 7. Hasil penelitian dapat disimpulkan bahwa waktu perakitan superstruktur *self-propelled oil barge (SPOB)* adalah 203,3 Jam atau 26 hari kerja dengan asumsi jam kerja tersedia adalah 8 jam/hari dan biaya sebesar Rp2.898.296.816,38 atau Rp2.899.000.000,- (Dua milyar delapan ratus Sembilan puluh Sembilan juta) dengan 16 pekerja.

Kata Kunci: Jaringan kerja, CPM, perakitan, ruang muat, waktu, biaya.

ABSTRAK

Rahmatullah 2022

"NETWORK ASSEMBLY LOADING SPACE ZONE SPOB 5000 DWT SHIP"

Study of Case: "Self-Propelled Oil Barge (SPOB) 5000 DWT Cargo"

Department of Marine Engineering, Faculty of Engineering, Hasanuddin University

Supervisor I: Farianto Fachruddin, ST., MT.

Advisor II: Moh. Rizal Firmansyah, ST., MT, M.Eng.

The shipbuilding method in outline consists of two ways, namely conventional/traditional and modern approaches. In a shipbuilding project, the shipbuilder will try to utilize the available resources to complete the work on time. Shipyard resources will greatly affect the loading space assembly sequence so it is necessary to create or design an efficient and effective assembly network. CPM (Critical Path Method) is a time-oriented network planning method that leads to the determination of project schedules and definite time estimates. The purpose of research with this method is to determine the time and cost of work and to find out what activities are included in critical activities. In addition, to control and coordinate various activities so that work can be completed in the right time frame and can also assist shipyards in planning and controlling work with more efficient time and cost. The object of research in this final project is the SPOB ship with a weight of 131.68 tons each which is divided into 2 blocks, namely HFS 6 and HFS 7. The results can be concluded that the assembly time of the self-propelled oil barge (SPOB) superstructure is 203.3 Hours or 26 working days assuming the available working hours are 8 hours/day and the cost is Rp. 2,898,296,816.38 or Rp. 2,899,000,000,- (Two billion eight hundred and ninety-nine million) with 16 workers.

Keywords: Network, CPM, assembly, loading space, time, cost.

KATA PENGANTAR



Assalamualaikum Warahmatullahi Wabarakatuh

Puji syukur kami panjatkan kehadiran Allah SWT atas limpahan rahmat dan hidayahnya sehingga penulis dapat menyelesaikan penyusunan skripsi yang berjudul “*Jaringan Kerja Perakitan Zona Ruang Muat Kapal Self-Propelled Oil Barge (SPOB) 5000 DWT*“. Shalawat dan salam semoga senantiasa tercurah kepada baginda Nabi Muhammad SAW kepada keluarga dan para pengikutnya yang senantiasa istiqamah pada ajarannya hingga akhir zaman.

Penulis menyadari bahwa keberhasilan penyusunan skripsi ini tidak terlepas dari bantuan berbagai pihak baik langsung maupun tidak langsung. Dalam kesempatan ini, penulis ingin menyampaikan rasa terima kasih yang sebesar-besarnya kepada :

1. Kedua orang tua tersayang Bahar dan Rukayah atas kasih sayang selama ini serta doa yang tak pernah putus, dan adik adikku yang selalu memberi semangat yang tak pernah pudar,
2. Bapak Farianto Fachruddin L. ST, MT. dan Bapak Moh. Rizal Firmansyah, ST., MT, M.Eng. selaku pembimbing I dan pembimbing II yang tidak lelah membimbing dan mengarahkan penulis dalam menyelesaikan tugas akhir ini.
3. Bapak Wahyuddin, ST., MT. dan Bapak Abd. Haris Djalante, ST., MT. selaku tim penguji yang telah memberikan banyak saran untuk penyempurnaan skripsi ini.
4. Bapak Dr. Eng. Suandar Baso, ST., MT selaku Ketua Departemen Teknik Perkapalan Fakultas Teknik Universitas Hasanuddin.
5. Bapak dan Ibu dosen Departemen Teknik Perkapalan Fakultas Teknik Universitas Hasanuddin atas ilmu dan wawasan yang diberikan selama masa studi penulis.
6. Seluruh staf pegawai Departemen Teknik Perkapalan Fakultas Teknik Universitas Hasanuddin yang telah membantu selama ini.
7. Seluruh Anggota Meja Batu yang memberikan semangat dan perjuangan bersama dalam menyelesaikan skripsi ini.
8. Teman-teman seperjuangan Teknik Perkapalan angkatan 2016
9. Segenap Keluarga besar Labo Produksi Departemen Teknik Perkapalan.
10. Serta semua pihak yang telah memberikan bantuan dan dukungan selama penyelesaian tugas akhir ini.

Mudah-mudahan Allah SWT senantiasa memberikan rahmat dan karunianya kepada semua pihak yang telah memberikan segala bantuannya. Hasil penelitian ini tentu saja masih jauh dari kesempurnaan karena keterbatasan kemampuan penulis, sehingga mungkin terdapat banyak kekurangan.

Semoga skripsi ini dapat bermanfaat dan menjadi karya yang memberi dampak positif. Semoga skripsi ini dapat bermanfaat bagi pembaca pada umumnya dan penulis pada khususnya. *Amin Ya Rabbal Alamin*

Wassalamualaikum Warahmatullahi Wabarakatuh.

Gowa, Juli 2022
Penyusun,

Rahmatullah

DAFTAR ISI

PROPOSAL SKRIPSI	i
DAFTAR ISI	i
BAB 1. PENDAHULUAN	1
1.1 Latar Belakang	1
1.2 Rumusan Masalah	4
1.3 Batasan Masalah.....	4
1.4 Tujuan	4
1.5 Manfaat	5
BAB 2. landasan teori	6
2.1 Metode pembangunan kapal	6
2.1.1 Pendekatan Konvensional/ Tradisional.....	7
2.1.2 Pendekatan modern	9
2.2 Product-Work Breakdown Structure (PWBS)	11
2.3 Metode Jalur Kritis / <i>Critical Path Method</i> (CPM)	15
2.4 Pengelasan.....	17
2.4.1 Prosedur Pengelasan.....	18
2.4.2 Posisi Pengelasan	19
2.4.3 Jenis Jenis Pengelasan.....	20
2.5 Kebutuhan Sumber Daya Manusia (SDM)	24
BAB 3. METODE PENELITIAN	27
3.1 Lokasi dan Waktu Penelitian	27
3.1.1 Lokasi Penelitian.....	27

3.1.2 Waktu Penelitian	27
3.2 Data Penelitian	27
3.2.1 Jenis dan Sumber Data.....	27
3.3 Teknik Analisa Data.....	28
3.3.1 Pembuatan Model 3D Ruang Muat.....	28
3.4 Pembuatan Jaringan Kerja.....	28
3.5 Kerangka Pikir	31
BAB 4. HASIL DAN PEMBAHASAN.....	33
4.1 Data Penelitian	33
4.2 Perencanaan Blok Division	34
4.2.1 Perencanaan Block Division	34
4.3 Perencanaan PWBS Blok HFS-6 dan HFS-7	37
4.3.1 Aspek Zona	37
4.4 Identifikasi Komponen Kegiatan	45
4.5 Menyusun komponen kegiatan berdasarkan logika ketergantungan menjadi jaringan kerja.....	46
4.6 Durasi Pekerjaan dan Identifikasi Jaringan Kerja	49
4.7 Perhitungan Maju (<i>Forward Pass</i>) dan Perhitungan Mundur (<i>Backward Pass</i>)	55
4.8 Identifikasi Jalur Kritis.....	58
4.9 Biaya perakitan dan upah kerja.....	61
4.9.1 Menghitung material pelat dan profil.....	61
4.9.2 Perhitungan Biaya Pengelasan	62
4.9.3 Biaya Kebutuhan <i>Crane</i>	63
4.9.4 Menghitung biaya tenaga kerja.....	64

4.10 Hasil Analisa	67
BAB 5. PENUTUP.....	68
5.1 Simpulan	68
5.2 Saran.....	69

Daftar Pustaka

Lampiran

DAFTAR GAMBAR

Gambar 1- 1 Desain Blok Kapal SPOB 5000 DWT.....	3
Gambar 2- 1 Proses kerja pembangunan kapal	7
Gambar 2- 2 <i>Macam-macam Posisi Pengelasan</i>	20
Gambar 3- 1 Kerangka Pikir	32
Gambar 4-1 Desain Blok Kapal SPOB 5000 DWT (Jasman Jafar, 2020).....	34
Gambar 4-2 Perencanaan Blok Zona Ruang Muat Kapal SPOB 5000 DWT (Hasil Olah Data, 2022).....	35
Gambar 4-3 Ilustrasi 3D Block HFS-6 (Hasil Olah Data 2022)	36
Gambar 4-4 Ilustrasi 3D Block HFS-7 (Hasil Olah Data 2022)	36
Gambar 4-5 Ilustrasi 2D Pembagian Blok Parallel Body Kapal SPOB 5000 DWT...	37
Gambar 4-6 Ilustrasi 3D Pembagian Sub-blok dan Panel Blok HFS-6	39
Gambar 4-7 Ilustrasi 3D Pembagian Sub-blok dan Panel Blok HFS-7	40
Gambar 4-8 Manufacturing Perakitan Blok HFS-6 Sub-Blok 4 (Olah data, 2022)....	41
Gambar 4-9 Logika Ketergantungan Perakitan Ruang muat HFS-6 dan HFS-7 (Olah data, 2022).....	48
Gambar 4-10 Perhitungan Maju Perakitan Zona Ruang muat HFS-6 dan HFS-7 (Olah data, 2022).....	56
Gambar 4-11 Perhitungan Mundur Perakitan Zona Ruang muat HFS-6 dan HFS-7 (Olah data, 2022).....	56
Gambar 4-12 Penjadwalan Induk Dalam Keseluruhan Proses Aktivitas Pekerjaan (Olah data, 2022).....	60
Gambar 4- 13 Kurva S Perakitan Zona Ruang Muat (HFS-6 dan HFS-7) Berdasarkan Jam Kerja Setiap Minggu (Olah data, 2022).....	60
Gambar 4- 14 Rincian Biaya Tenaga Kerja Perakitan Zona Ruang Muat (HFS-6 dan HFS-7) Kapal SPOB 5000 DWT (Olah data, 2022).....	66
Gambar 4- 15 Persentase Biaya Tenaga Kerja Perakitan Zona Ruang Muat (HFS-6 dan HFS-7) Kapal SPOB 5000 DWT (Olah data, 2022)	66

DAFTAR TABLE

Tabel 4- 1 PWBS Blok HFS-6 Sub Blok 4 Panel Main deck 2	42
Tabel 4- 2 Berat Setiap Sub-blok dan Panel HFS-6.....	43
Tabel 4- 3 Berat Setiap Sub-blok HFS-7	43
Tabel 4- 4 Perhitungan Panjang Pengelasan Sub-blok 2 Panel Side 1 (Portside).....	44
Tabel 4- 5 Panjang Pengelasan disetiap Sub-blok dan Panel HFS-6	45
Tabel 4- 6 Panjang Pengelasan disetiap Sub-blok dan Panel HFS-7	45
Tabel 4- 7 Kegiatan Perakitan Blok Parallel Body (HFS-6 dan HFS-7)	46
Tabel 4- 8 Rincian Tenaga Kerja	47
Tabel 4- 9 Logika Ketergantungan Perakitan Ruang muat HFS-6 dan HFS-7.....	49
Tabel 4- 10 Beban Pekerjaan Perakitan Zona Ruang Muat HFS-6 dan HFS-7 Kapal SPOB 5000 DWT.....	50
Tabel 4- 11 Perhitungan Durasi Perakitan Blok HFS-6 dan HFS-7	53
Tabel 4- 12 Perhitungan Maju (<i>Forward Pass</i>) dan PerhitunganMundur (<i>Backward Pass</i>) perakitan Zona Ruang Muat (HFS-6 dan HFS-7).	57
Tabel 4- 13 Perhitungan harga material plat dan profil	61
Tabel 4- 14 Perhitungan Kebutuhan Elektroda.....	62
Tabel 4- 15 Perhitungan Harga Kebutuhan Listrik.	63
Tabel 4- 16 Perhitungan biaya crane.....	63
Tabel 4- 17 Biaya Tenaga Kerja Setiap Jenis Pekerjaan.....	65
Tabel 4- 18 Perhitungan Total Biaya Perakitan	67

BAB 1. PENDAHULUAN

Pada bab ini akan menjelaskan beberapa hal yaitu 1. Latar Belakang, 2. Rumusan Masalah, 3. Batasan Masalah 4. Tujuan 5. Manfaat dan 6. Sistematika Penulisan.

1.1 Latar Belakang

Perkembangan ilmu pengetahuan dan teknologi yang semakin tinggi mendorong industri berkembang semakin pesat. Produsen berlomba-lomba menciptakan dan menghasilkan produk, baik berupa barang maupun jasa dengan mengembangkan teknologi untuk meningkatkan kesejahteraan dan taraf hidup rakyat menuju terciptanya suatu masyarakat adil dan makmur. Untuk mewujudkan cita-cita tersebut dibutuhkan peran serta seluruh warga negara diantaranya adalah peran perusahaan-perusahaan, khususnya yang bergerak dalam bidang galangan kapal seperti PT. Bahtera Bahari Shipyard (BBS). Karena dengan Perencanaan Jaringan Kerja Pada Erection Block Kapal adanya perusahaan galangan kapal inilah yang membantu pembangunan dan perbaikan kapal sehingga sarana transportasi laut dapat berjalan dengan lancar yang dapat mendukung pembangunan di negara kita.

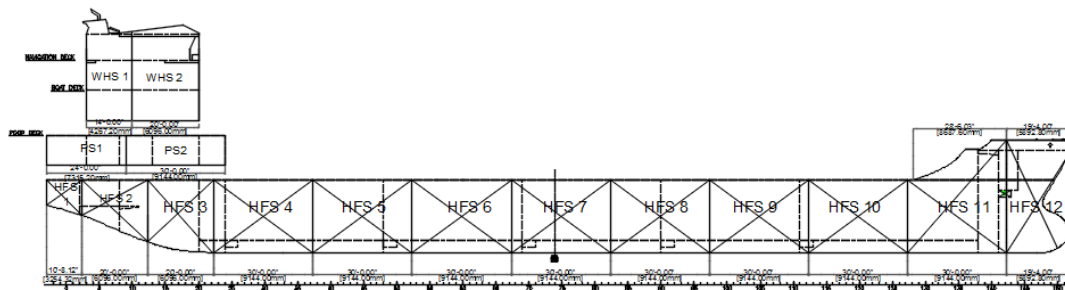
Keberadaan PT. Bahtera Bahari Shipyard (BBS) harus bisa memberikan pelayanan yang optimal sehingga mampu memenuhi kepuasan para pelanggan pemesan kapal. Efisiensi waktu menjadi prioritas utama disamping kualitas. Pembangunan kapal ini memakan waktu lama dan salah satu bagian utama dari proyek

pembangunan kapal tersebut adalah pada bagian erection block kapal (penggabungan block-block kapal menjadi sebuah kapal) sehingga perlu adanya perencanaan untuk manage (mengendalikan) pekerjaan tersebut agar terjadi efisiensi waktu karena perusahaan dituntut untuk dapat memenuhi waktu penyelesaian yang efektif dalam pembuatan kapal tersebut. Adanya keterlambatan pekerjaan pada pengerjaan erection block kapal dan masih kurang efektif waktu pengerjaannya dapat menyebabkan terjadinya delay (waktu menunggu / menunda) penyelesaian pekerjaan, sehingga mengakibatkan munculnya lintasan kritis pada kegiatan-kegiatan dalam erection block kapal tersebut. Beberapa metode telah dikembangkan untuk mengatasi masalah tersebut, diantaranya adalah metode network planning (perencanaan jaringan kerja).

Network Planning (jaringan kerja) merupakan salah satu metode manajemen yang dapat digunakan untuk membantu manage dalam perencanaan dan pengendalian proyek. Terdapat dua metode dasar yang biasa digunakan dalam network planning ini yaitu metode lintasan kritis / Critical Path Method (CPM) dan teknik menilai dan meninjau kembali program /Program Evaluation and Review Technique (PERT).

Salah satu kapal yang di bangun di PT. Bahtera Bahari Shipyard (BBS) adalah kapal SPOB. Dimana kapal SPOB adalah salah satu jenis kapal khusus untuk muatan minyak atau suatu tongkang yang didesain khusus untuk muatan minyak dengan mempunyai alat penggerak. Kapal SPOB yang di maksud adalah kapal dengan kapasitas 5000 DWT. Yang terdiri dari bottom, sisi, sekat dan deck. Seperti terlihat pada Gambar 1. Pada perakitan ruang muat kapal dalam konsep PWBS, biasanya

dikelompokkan produk-produk berdasarkan kesamaan dalam permasalahan produksinya dengan tanpa mempertimbangkan penggunaan akhir system. Dan untuk mendapatkan waktu efektif dalam pembangunan dengan memanfaatkan semaksimal mungkin sumber daya yang tersedia. Bentuk peningkatan kualitas perencanaan dan pengendalian suatu kegiatan kompleks adalah dengan menganalisis jaringan kerja. Dengan adanya perencanaan jaringan kerja, kegiatan-kegiatan dalam proses pembangunan kapal dapat dengan mudah dikontrol sehingga dapat dilakukan secara sistematis.



Gambar 1- 1 Desain Blok Kapal SPOB 5000 DWT.

Berdasarkan Penjelasan diatas maka penulis melakukan penelitian dengan judul “Rencana Jaringan Kerja Perakitan Blok Zona Ruang Muat Kapal SPOB 5000 DWT”. Perakitan blok zona ruang muat kapal SPOB memerlukan strategi agar pengerjaan ruang muat lebih efisien dan ekonomis.

1.2 Rumusan Masalah

Berdasarkan uraian pokok pikiran latar belakang pelaksanaan kegiatan penelitian ini, rumusan masalah penelitian disusun sebagai berikut:

1. Berapa (waktu yang dibutuhkan) untuk pengerjaan perakitan blok ruang muat kapal SPOB 5000 DWT?
2. Berapa jumlah kebutuhan sumber daya (tenaga kerja, peralatan, dan biaya) pada perakitan blok ruang muat kapal SPOB 5000 DWT?

1.3 Batasan Masalah

Untuk memudahkan pengerjaan tugas akhir ini serta menghindari luasnya pembahasan, maka penelitian ini dibatasi pada beberapa hal sebagai berikut;

1. Menentukan *Critical Path Methode* (CPM) atau Metode Jalur Kritis pada pekerjaan perakitan blok ruang muat kapal SPOB 5000 DWT di PT. Bahtera Bahari Shipyard (BBS).
2. Tahapan perakitan blok meliputi, perakitan komponen menjadi panel (panel assembly), kemudian perakitan panel menjadi sub-blok (sub-block assembly), dan perakitan sub-blok menjadi blok (block assembly).
3. Aspek pekerjaan yang dibahas adalah aspek perakitan lambung kapal.
4. Rancangan jaringan kerja akan diverifikasi dengan aplikasi Microsoft Project.

1.4 Tujuan

Tujuan yang akan dicapai pada penelitian adalah ;

1. Menentukan durasi yang di butuhkan dalam pembangunan blok zona ruang muat.
2. Menentukan kebutuhan sumber daya dalam proses pembangunan blok zona ruang muat.

1.5 Manfaat

Hasil dan manfaat yang diperoleh dari hasil penelitian yaitu:

1. Mendapatkan urutan kerja yang efisien dengan memanfaatkan sumber daya yang tersedia di galangan.
2. Hasil dari penelitian ini kiranya dapat menjadi pembelajaran kepada mahasiswa yang ingin mendalami tentang jaringan kerja maupun kepada pihak galangan untuk lebih memahami jaringan kerja dalam perakitan blok ruang muat kapal SPOB 5000 DWT.
3. Hasil dari penelitian ini juga dapat dijadikan sebagai referensi untuk pengembangan penelitian tentang jaringan kerja yang lebih kompleks kedepannya.

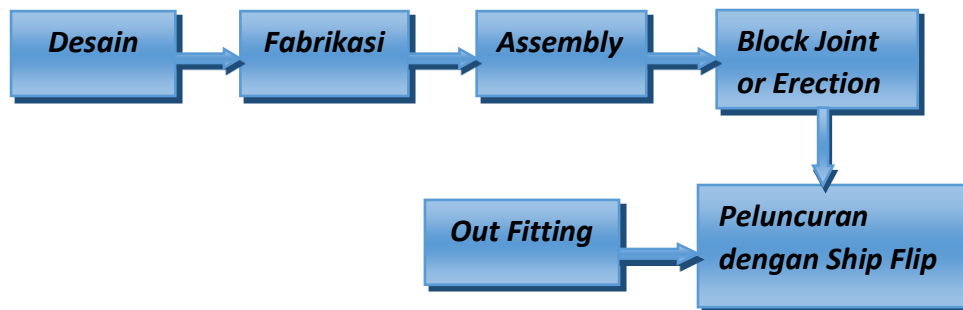
BAB 2. LANDASAN TEORI

Pada bab ini akan menjelaskan dasar teori yang mendukung penelitian seperti metode pembangunan kapal, PWBS, prosedur standar pengelasan, Manajemen pembangunan kapal, kebutuhan sumber daya, durasi kegiatan, penjadwalan.

2.1 Metode pembangunan kapal

Metode pembuatan kapal terdiri dari dua cara yaitu cara pertama berdasarkan sistem, cara kedua berdasarkan tempat. Proses pembuatan kapal berdasarkan sistem terbagi menjadi tiga macam yaitu sistem seksi, sistem blok seksi, sistem blok.

1. Sistem seksi adalah sistem pembuatan kapal dimana bagian-bagian konstruksi dari tubuh kapal dibuat seksi perseksi. (perbagian)
2. Sistem blok seksi adalah sistem pembuatan kapal dimana bagian-bagian konstruksi dari kapal dalam fabrikasi dibuat gabungan seksiseksi sehingga membentuk blok seksi, contoh bagian dari seksi-seksi geladak, seksi lambung dan bulkhead dibuat menjadi satu blok seksi.
3. Sistem blok adalah sistem pembuatan kapal dimana badan kapal terbagi beberapa blok, dimana tiap-tiap blok sudah siap pakai (lengkap dengan sistem perpipaannya).



Gambar 2- 1 Proses kerja pembangunan kapal

Dalam buku ajar *Engineering For Ship Production* (Okayama, 1982).

Pembuatan kapal baru kita mengenal beberapa metode atau pendekatan yakni:

2.1.1 Pendekatan Konvensional/ Tradisional

a. Conventional Hull Construction dan Outfitting (Pendekatan Sistem)

Tahapan pertama ini, diberi nama tahapan sistem/tradisional karena pekerjaan dipusatkan pada masing-masing sistem fungsional yang ada di kapal. Kapal direncanakan dan dibangun sebagai suatu sistem.

Pertama lunas diletakkan, kemudian gading-gadingnya dipasang dikulitnya. Bila badan kapal hampir selesai dirakit pekerjaan *outfitting* dimulai. Pekerjaan *outfitting* direncanakan dan dikerjakan sistem demi sistem, seperti pemasangan ventilasi, sistem pipa, listrik dan mesin.

Metode ini merupakan metode yang paling konvensional dengan tingkat produktifitas masih sangat rendah, karena semua lingkup pekerjaan dilakukan secara berurutan dan saling ketergantungan satu sama lain sehingga membutuhkan waktu yang sangat lama. Mutu hasil pekerjaan sangat rendah karena hampir seluruh pekerjaan

dilakukan secara manual di *building berth*, kondisi tempat kerja kurang mendukung dari segi keamanan, kenyamanan, dan kemudahan/posisi kerja.

Pengorganisasian pekerjaan sistem demi sistem seperti ini merupakan halangan untuk mencapai produktifitas yang tinggi. Mengatur dan mengawasi pekerjaan pembuatan kapal menggunakan ratusan pekerja adalah sukar.

Kegagalan seorang pekerja menyelesaikan suatu pekerjaan yang diperlukan oleh pekerja lain sering mengakibatkan”*overtime*” untuk pekerja tersebut, dan *idleness* bagi pekerja yang lain. Selain itu, hampir semua aktivitas produksi dikerjakan di-*building berth* pada posisi yang relative sulit. Semua keadaan di atas pada prinsipnya sangat menghalangi usaha-usaha untuk menaikkan produktifitas.

b. Hull Block Construction Method dan Pre Outfitting (Sistem Seksi atau Blok Konvesional)

Tahapan ini, dimulai dengan digunakannya teknologi pengelasan pada pembuatan kapal. Proses pembuatan badan kapal kemudian menjadi proses pembuatan blok-blok atau seksi-seksi di las, seperti seksi geladak dan kulit dan lainlain, yang kemudian dirakit menjadi badan kapal. Perubahan ini diikuti dengan perubahan pekerjaan *outfitting*, dimana pekerjaan ini dapat dikerjakan pada blok dan pada badan kapal yang sudah jadi. Perubahan ini dikenal dengan *pre-outfitting*.

Tahapan kedua ini masih dipertimbangkan tradisional, karena design, material *defenition* dan *procurement* masih dikerjakan sistem demi sistem. Sedang proses

produksinya diorganisasi berdasarkan *zone* atau *block*, sehingga tahapan ini juga dikenal sebagai "*sistem/stage*". Karena adanya dua aspek yang bertentangan antara perencanaan dan pengerjaannya, banyak kesempatan untuk perbaikan produktifitas masih tidak dapat dilakukan.

2.1.2 Pendekatan modern

a. Proses Lane Construction dan Zone Outfitting atau Full Outfitting Block System (FOBS)

Evolusi dari teknologi pembangunan kapal moderen dari metode tradisional dimulai pada tahapan ini yang disebut dengan *zone/area/stage*. Tahapan ini ditandai dengan *process lane construction* dan *zone outfitting*, yang merupakan aplikasi group teknologi (GT) pada *hull construction* dan *outfitting work*. GT adalah suatu metode analitis untuk secara sistematis menghasilkan produk dalam kelompok-kelompok yang mempunyai kesamaan dalam perencanaan maupun proses produksinya.

Process lane dari segi praktis adalah suatu seri *work station* (bengkel) yang dilengkapi dengan fasilitas produksi (mesin, peralatan dan tenaga kerja dengan keahlian tertentu) untuk membuat satu kelompok produk yang mempunyai kesamaan dalam proses produksinya. Suatu contoh pengelompokan adalah sebagai berikut: pertama adalah *process lane* untuk subassembly bentuk datar, kurva dan bentuk kompleks. Dengan pengelompokan seperti ini, berarti galangan mengelompokkan proses produksi berdasarkan kesamaan proses produksi, yang memungkinkan pekerja

berpengalaman mengerjakan-pekerjaan di bengkel kerja. Ini adalah suatu faktor yang penting untuk mencapai produktifitas tinggi.

Teknologi yang digunakan dalam metode ini mencakup *zone outfitting*. Teknologi ini membagi pekerjaan outfitting ke dalam 3 tipe yaitu *on unit*, *on block*, dan *on board*.

- *On board outfitting* merupakan pekerjaan outfitting yang dilakukan di dalam *shop/workshop* terdiri dari kumpulan pipa dan sistem pendukung lainnya, tangki, *fitting*, dan kabel listrik yang telah di cat sesuai dengan jenisnya.

- *On block outfitting* terdiri dari serangkaian pekerjaan outfitting yang dipasang pada tahap perakitan blok kapal.

On board outfitting merupakan tahap pekerjaan outfitting yang dilakukan setelah tahap *erection* atau setelah kapal diluncurkan.

b. Integrated Hull Construction, Outfitting and Painting (IHOP)

Tahapan keempat ditandai dengan suatu kondisi dimana pekerjaan pembuatan badan kapal, *outfitting* dan pengecatan sudah diintegrasikan. Keadaan ini digunakan untuk menggambarkan teknologi yang paling maju di industri perkapalan, yang telah dicapai IHI Jepang. Pada tahapan ini proses pengecatan dilakukan sebagai bagian dari proses pembuatan kapal yang terjadi dalam setiap *stage*. Selain itu karakteristik utama dari tahapan ini adalah digunakannya teknik-teknik manajemen yang bersifat analitis,

khususnya analisa statistik untuk mengontrol proses produksi atau yang dikenal sebagai *accuracy control system*.

Dalam modul *construction and IHOP for increa* (Agarwala, 2014). Ketika metode IHOP diterapkan pada industri dan pekerjaan profesional yang lebih besar, konstruksi blok mulai di subkontrakkan. Tingkat perlengkapan yang lebih besar dimungkinkan dilakukan di bengkel oleh kontraktor. Dengan berbagai perlengkapan yang perlu dilakukan termasuk baja (penetrasi, baki kabel, pipa kabel, fondasi, alat kelengkapan, dll.), lambung kapal, mesin, dek, interior, dan listrik, ada kecenderungan mengalami keterlambatan, pengerjaan ulang dan sub-optimisasi karena kurangnya koordinasi dan perencanaan yang kurang rinci. Masalah-masalah ini diselesaikan secara kompleks.

2.2 Product-Work Breakdown Structure (PWBS)

Konsep Struktur Pembagian Kerja yang berorientasi produk (PWBS) yang dijelaskan disini, *Group Teknologi* (GT) dan *Family Manufacturing* (FM) adalah sama. Semua menunjukkan pengklasifikasian yang memungkinkan pengelompokan produkproduk berdasarkan kesamaan dalam permasalahan produksinya dengan tanpa mempertimbangkan penggunaan akhir system. Secara logika, PWBS pertama membagi proses pembangunan kapal kedalam tiga jenis pekerjaan dasar yaitu konstruksi lambung (*hull construction*), outfitting dan pengecatan (*painting*), karena masing-masing menunjukkan permasalahan yang dengan jelas berbeda satu sama lain. Lebih lanjut, masing-masing dapat segera

dibagi lagi menjadi jenis-jenis pekerjaan untuk fabrikasi dan assembly. Pembagian pada tahapan assembly inilah yang secara umum dihubungkan dengan zone dan yang merupakan dasar untuk penentuan zone dalam siklus manajemen dari perusahaan-perusahaan galangan kapal yang paling kompetitif. Produksi yang berorientasi zone yaitu: Metode Konstruksi Blok Lambung (*Hull Block Construction Method/HBCM*), telah diterapkan untuk proses konstruksi lambung oleh sebagian besar galangan-galangan. Tetapi logika yang sama belum digunakan dimana-mana untuk outfitting berdasarkan zone yang lebih kompleks dan sulit untuk dilaksanakan.

Kedua, PWBS mengklasifikasi produk antara sesuai dengan kebutuhannya untuk sumberdaya-sumberdaya, yaitu material, tenaga kerja, fasilitas dan pembiayaan. Sebagai contoh, panel struktur yang berbeda dengan tanpa memperhatikan lokasi tujuannya di dalam sebuah kapal, mempunyai sumberdaya-sumberdaya yang diklasifikasikan dan dialokasikan sesuai dengan parameter-parameter umumnya.

Demikian juga, unit-unit outfitting yang berbeda diperlakukan dengan cara yang sama. Definisi dari sumberdaya-sumberdaya produk adalah :

- 1) Material, digunakan untuk produksi baik secara langsung maupun tidak langsung misalnya pelat baja, permesinan, kabel, minyak, dll.
- 2) Tenaga kerja, yang melaksanakan produksi baik langsung maupun tidak

langsung misalnya *welder, gas cutter, fitter, finisher, rigger, material arranger, transporter, dll*

- 3) Fasilitas, yang digunakan untuk produksi baik langsung maupun tidak langsung misalnya bangunan-bangunan, dok, mesin-mesin produksi, peralatan, dll.
- 4) Pembiayaan, digunakan untuk membiayai proses produksi baik langsung maupun tidak langsung misalnya design, transportasi, sea trial, dll.

Untuk mengoptimalkan produktivitas dalam lingkungan yang praktis, sebuah kapal harus dikonstruksi sesuai dengan rencana yang dengan cermat dibuat yang menunjukkan :

- 1) Proses-proses untuk manufacturing bagian-bagian dan sub assembly yang mengarah ke outfit unit-unit dan blok-blok struktur dalam kerangka waktu yang dapat dikoordinasikan dan,
- 2) Penggunaan secara serentak dari masing-masing proses sebagai persyaratanpersyaratan dari system yang berbeda bahkan untuk kapal yang berbeda.

Pengklasifikasian yang ketiga adalah berdasarkan aspek-aspek produk yang menunjukkan kebutuhan-kebutuhan ini karena berisi kebutuhan-kebutuhan yang penting untuk mengendalikan proses-proses produksi.

Dua aspek produk, yaitu system dan zone digunakan untuk membagi sebuah design kapal kedalam paket terencana yang dapat diatur. Masing-masing sebagai contoh dapat diterapkan pada sejumlah bagian-bagian atau pada sebuah assembly tertentu. Masing-masing dari assembly itu biasanya ditunjukkan dengan sebuah paket kerja yang terpisah. Dua aspek produk yang lain yaitu *area* dan *stage* digunakan untuk membagi proses kerja yang dimulai dari pembelian material hingga penyerahan kapal yang lengkap. Aspek-aspek produk itu adalah :

- a. *System*-sebuah fungsi struktur atau sebuah fungsi operasional dari sebuah produk yaitu sekat longitudinal, sekat melintang, *mooring system*, *fuel oil service system*, *lighting system*, dll.
- b. *Zone*-sebuah sasaran produksi dari sebuah pembagian secara geografis dari sebuah produk yaitu: Ruang muat (*cargo hold*), bangunan atas (*super structure*), ruang mesin, dll. Dan sub-divisi – sub-divisi atau kombinasi (yaitu sebuah struktur blok atau unit outfit, sebuah assembly dari sebuah bagian atau komponen).
- c. *Area*- sebuah pembagian dari proses produksi ke dalam sebuah permasalahan berdasarkan jenis kerja yang sama yang dapat berupa:
 - 1) berdasarkan sifat (yaitu blok datar vs kurva, struktur aluminium vs baja, pipa diameter besar vs diameter kecil, material pipa, dll)

- 2) berdasarkan jumlah (yaitu *job by job* vs jalur aliran, *volume outfitting on* blok untuk ruang mesin vs *volume outfitting on* blok untuk ruang selain ruang mesin, dll)
 - 3) berdasarkan kualitas (yaitu tingkatan pekerja yang dibutuhkan, tingkatan fasilitas yang dibutuhkan, dll)
 - 4) berdasarkan jenis kerja (yaitu *marking, cutting, bending, welding, blasting, bolting, painting, testing, cleaning, etc*) dan
 - 5) berdasarkan hal lain yang menunjukkan permasalahan kerja yang berbeda
- d. *Stage*- sebuah pembagian proses produksi berdasarkan urutan kerjanya yaitu substeps fabrikasi, *sub-assembly, assembly, erection, outfitting on unit, outfitting on block, dan outfitting on board*.

2.3 Metode Jalur Kritis / *Critical Path Method (CPM)*

Berbagai macam teknik analisis jaringan kerja yang pemakaiannya cukup luas adalah jalur kritis atau CPM (*Critical Path Method*). Menurut Shurrab dalam Zia (2016), CPM merupakan teknik yang dikembangkan untuk membuat perencanaan dan penjadwalan, dimana aspek yang terkait dengan metode ini antara lain: Pemecahan masalah pada praktek bisnis, membutuhkan matematika modern, membutuhkan sumber daya komputer yang besar (masa itu).

Langkah dasar untuk mengerjakan CPM yaitu (Shiddiq, 2015) :

- 1) Mendefinisikan proyek dan menyiapkan struktur pecahan kerja.

- 2) Membangun hubungan antar kegiatan. Memutuskan kegiatan mana yang harus lebih dahulu mana yang harus mengikuti.
- 3) Menggambarkan jaringan kerja yang menghubungkan keseluruhan kegiatan.
- 4) Menetapkan perkiraan waktu dan/atau biaya untuk tiap kegiatan.
- 5) Menghitung jalur waktu terpanjang melalui jaringan. Ini yang disebut jalur kritis.
- 6) Menggunakan jaringan untuk membantu perencanaan, penjadwalan, dan pengembalian proyek.

Jalur kritis memiliki sifat atau ciri-ciri sebagai berikut (Gitosudarmo dalam Rahmawati ,2007):

1. Jalur kritis merupakan jalur yang mempunyai waktu terpanjang dalam proses produksi.
2. Jalur kritis tidak memiliki tenggang waktu antara waktu selesainya suatu tahap kegiatan dengan waktu mulainya suatu tahap kegiatan yang lain dalam proses produksi.

CPM memberikan manfaat sebagai berikut:

1. Memberikan tampilan grafis dari alur kegiatan sebuah proyek,
2. Memprediksi waktu yang dibutuhkan untuk menyelesaikan sebuah proyek,
3. Menunjukkan alur kegiatan mana saja yang penting diperhatikan dalam menjaga jadwal penyelesaian proyek.

2.4 Pengelasan

Pengelasan adalah Sebuah ikatan karena adanya proses metalurgi pada sambungan logam paduan yang dilaksanakan dalam keadaan cair. Dari pengertian tersebut dapat dijabarkan lebih lanjut bahwa pengertian las adalah sebuah sambungan setempat dari beberapa batang logam dengan menggunakan energi panas baik sumbernya dari panas aliran listrik maupun api dari pembakaran gas.

Pengelasan menurut DIN (Deutch Industrie Normen) las adalah suatu ikatan metalurgi pada sambungan logam paduan yang dilaksanakan dalam keadaan lumer atau cair. Dari definisi tersebut dapat dijabarkan lebih lanjut bahwa las adalah sambungan setempat dari beberapa batang logam dengan menggunakan energi panas (Wiryosumarto dan Okumura, 2000).

Menurut Eyres (2007), dengan adanya teknologi las bagian-bagian seperti gading-gading dapat langsung dilakukan dengan pelat kulit, lunas dapat disambung dengan bagian geladak dan sekat sekaligus membentuk panel, sub-blok atau bahkan blok. Teknologi las juga membuat banyak pekerjaan perakitan dapat dilakukan dengan baik dengan tingkat akurasi, efesiensi dan keamanan yang tinggi di landasan peluncuran maupun di bengkel-bengkel kerja. Blok telah dikerjakan dengan menggunakan teknologi las dapat ditegakkan (*erected*) antara blok dengan blok lain membentuk sebuah kapal. Proses ini diistilahkan berorientasi zone (*zone oriented*).

2.4.1 Prosedur Pengelasan

Prosedur pengelasan atau lebih umum disebut dengan *Welding Procedure Specification* (WPS) adalah suatu perencanaan untuk pelaksanaan pengelasan meliputi cara pembuatan konstruksi pengelasan sesuai dengan rencana dan spesifikasinya dengan menentukan semua hal penting dalam pelaksanaan tersebut. Karena itu penentuan prosedur pengelasan harus didasari oleh pengetahuan tentang bahan dan teknologi pengelasan itu sendiri sehingga efisiensi dapat tercapai. Ada dua hal harus terpenuhi terkait pengelasan yaitu:

- (1) Kualifikasi prosedur las (*Welding Procedure Specification*) atau biasa disingkat dengan WPS.
- (2) Kualifikasi juru las (*welder*).

Spesifikasi prosedur pengelasan (*Welding Procedure Specification*) disingkat WPS yaitu sebuah dokumen tentang prosedur pengelasan berkualifikasi tertulis yang harus disiapkan untuk dijadikan petunjuk pengelasan sesuai dengan persyaratan Codes, Rules dan standart konstruksi lainnya. Prosedur ini dibuat mulai dari pembuatan konsep, review konsep, persiapan dan pelaksanaan pra kualifikasi prosedur, pengujian sampai disetujui oleh badan klasifikasi yang berkenan, sehingga WPS tersebut dapat diberlakukan sebagai acuan dalam pekerjaan pengelasan sesuai dengan persyaratan *Code* atau *Rules* yang digunakan, hal ini untuk mendapatkan rekomendasi pelaksanaan pengelasan produk.

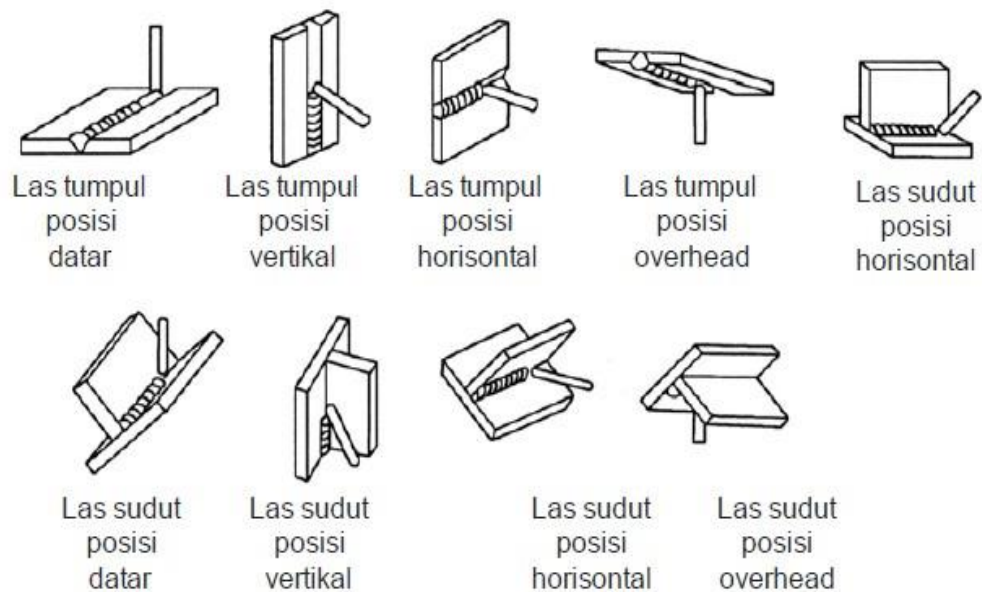
Dalam membuat kualifikasi sebuah WPS dapat diikuti urutan kegiatan sebagai berikut :

1. Pembuatan konsep WPS dan review konsep bila terjadi
2. Pengelasan sebuah contoh uji berpedoman pada WPS yang direncanakan dengan memperhatikan ukuran Test Piece, menyiapkan mesin las yang telah terkalibrasi, penyiapan kawat las yang sesuai dengan logam induk, gas pelindung yang disesuaikan dengan proses, peralatan ukur dan peralatan pendukung lainnya serta menunjuk juru las yang berkualifikasi untuk melaksanakan pengelasan pada pembuatan WPS tersebut.
3. Melaksanakan pengujian, mengamati selama proses berlangsung dan mengevaluasi hasil pengujian.
4. Mendokumentasikan hasil pengujian pada catatan prosedur kualifikasi (Procedure Qualification Record) atau PQR. Catatan prosedur kualifikasi (PQR) adalah catatan atau rekaman hasil kualifikasi prosedur pengelasan sejak awal hingga hasil uji NDT / DT beserta data pendukung sesuai dengan persyaratan Code, Rules dan standart konstruksi lainnya.

2.4.2 Posisi Pengelasan

Terdapat empat posisi pengelasan: datar, vertikal, horisontal dan diatas kepala (overhead), seperti ditampilkan pada Gambar 2.8. Ketinggian meja dan bangku kerja harus disetel untuk memudahkan pengelasan dilakukan pada posisi

yang nyaman dan untuk mempertinggi efisiensi. Pengelasan *overhead* dan pengelasan pipa sangat sulit sehingga untuk menghasilkan sambungan las yang baik dan efisiensi pengelasan tinggi diperlukan juru las terlatih. Oleh karena itu sedapat mungkin pengelasan dilakukan dalam posisi datar dengan menggunakan positioner.



Gambar 2- 2 *Macam-macam Posisi Pengelasan*

(Sumber: IACS, 2004)

2.4.3 Jenis Jenis Pengelasan

Secara proses, pengelasan dapat di bedakan atas beberapa macam antara lain sebagai berikut.

A. Shielded Metal Arc Welding (SMAW)

SMAW merupakan yang paling populer dan banyak digunakan. SMAW sering digunakan baik untuk memenuhi kebutuhan skala rumahan maupun proyek yang besar.

Pengelasan SMAW menggunakan elektroda terbungkus yang ikut mencair dan sekaligus sebagai bahan pengisi. Elektroda sekaligus berfungsi sebagai kutub negatif dan benda kerja sebagai kutub positif. Panas berasal dari adanya busur listrik yang menyebabkan elektroda dan logam dasar melebur secara bersamaan. Fluks elektroda (pembungkus elektroda) berfungsi untuk melindungi logam las agar tidak bereaksi dengan lingkungan/atmosfer.

Elektroda dengan diameter kecil, maka arus yang digunakan juga lebih rendah. Elektroda jenis ini biasa digunakan untuk material carbon steel yang tipis pada semua posisi pengelasan. Jenis elektroda dengan diameter besar, maka yang digunakan juga arus tinggi. Elektroda jenis ini biasanya untuk pengelasan material carbon steel yang tebal pada posisi flat dan horisontal.

Pengelasan SMAW digunakan hampir pada semua jenis material, sederhana, ringan dan biaya rendah. Contoh kode filler metal yang sering digunakan dalam AWS adalah E 7018.

B. Gas Metal Arc Welding (GMAW/MIG)

Pengelasan berikutnya adalah Gas Metal Arc Welding. Ada 2 macam pada pengelasan jenis ini yaitu MIG (*Metal Inert Gas*) dan MAG (*Metal Active Gas*). Perbedaan keduanya adalah pada gas yang digunakan dalam proses pengelasan. Proses MIG memakai gas mulia saja; Argon, Helium, sedangkan MAG menggunakan gas CO₂ atau campuran dengan argon.

Pengelasan GMAW biasanya digunakan pada pengelasan fabrikasi *steel structure* material CS menggunakan CO₂ atau campurannya. Sangat menguntungkan untuk tonase yang besar karena kecepatannya sangat tinggi (tanpa harus berhenti mengganti kawat las). Contoh *filler* dalam AWS: ER 70 S-6

C. Submerged Arc Welding (SAW)

Pengelasan dengan *consumable electrode* yang selanjutnya adalah *Submerged Arc Welding* (SAW). Busur listrik dan logam cair dilindungi oleh fluks cair dan lapisan partikel fluks yg berbentuk *granular*. Ujung elektroda yang dimakan secara kontinu, dibenamkan ke dalam fluks dan pada saat itu busur listrik tidak berfungsi.

Proses pengoperasiannya dilakukan secara mekanik dan semi otomatis. Sistem mekanik dapat digunakan bila posisi pengelasan *flat*, sedangkan system semi otomatis digunakan apabila pekerjaan memerlukan kualitas las yang konsisten.

Proses pengelasan SAW banyak digunakan pada material yang berbentuk plat yang tebal. Upaya untuk mendapat kedalaman penetrasi sambungan, maka digunakan arus DCEP. Sambungan dapat di-*backing* dengan Cu, fluks, berbagai jenis isolasi ataupun baja. Proses pengelasan SAW dapat digunakan untuk baja karbon, baja paduan semua *grade*. Contoh *filler metal* dan fluksnya dalam AWS *class* adalah F7A6-EM12K.

D. Flux Core Arc Welding (FCAW)

Pengelasan FCAW merupakan macam-macam pengelasan yang hampir sama dengan proses GMAW. Proses pengelasan FCAW menggunakan elektroda berinti sebagai pengganti *solid electrode* dan digunakan untuk menyambung logam *ferrous*.

Inti logam dapat berupa atau mengandung mineral, serbuk paduan besi dan material yang dapat berfungsi sebagai *shielding gas*, *deoxidizer* dan pembentuk *slag*. Penambahan ini dapat meningkatkan *arc stability*, sifat mekanik material dan membentuk kontur las. Contoh *filler metal* dalam AWS adalah E 81 T1 B2.

E. Gas Tungsten Arc Welding (GTAW/TIG)

Pengelasan selanjutnya yang juga cukup populer adalah *Gas Tungsten Arc Welding* (GTAW) atau juga sering disebut *Tungsten Inert Gas* (TIG). Elektroda yang digunakan (*tungsten*) tidak ikut melebur, yang melebur adalah bahan pengisi (*filler*)

biasa disebut *welding rod*. Busur listrik terjadi antara elektroda dan material dasar (*base metal*), sedangkan *shielding gas* digunakan untuk melindungi elektroda dan logam cair.

Proses pengelasan GTAW pada umumnya menggunakan pengaturan arus secara DCSP (DCEN/ *direct current electrode negative*) untuk material CS, SS, Ti. Sedangkan untuk pengelasan aluminium, magnesium menggunakan DCEP (*direct current electrode positive*). Gas yang digunakan adalah gas mulia; argon, helium atau campuran argon dan helium.

Penggunaan proses GTAW dilapangan pada umumnya adalah *Full GTAW*, untuk pipa ketebalan ≤ 5 mm dengan diameter ≤ 4 inch untuk material CS atau material SS semua diameter. Selain itu juga digunakan pada plat tipis bahan SS atau pipa aluminium.

Penggunaan berikutnya adalah sebagai *Root* saja (*Filler & Capping* dengan SMAW), biasanya digunakan untuk ketebalan pipa ≥ 6 mm baik material CS atau SS, atau untuk *root welding* pada pipa *cladding*. Contoh *filler metal* dalam AWS adalah ER70SG, ER80SG

2.5 Kebutuhan Sumber Daya Manusia (SDM)

Sumber daya manusia atau tenaga kerja sebagai penentu keberhasilan proyek harus memiliki kualifikasi, keterampilan dan keahlian sesuai dengan kebutuhan untuk mencapai keberhasilan suatu proyek. Perencanaan sumber daya

manusia dalam suatu proyek mempertimbangkan perkiraan jenis pekerjaan, waktu serta lokasi proyek baik secara kualitas maupun secara kuantitas. Faktor-faktor yang perlu dipertimbangkan dalam merencanakan tenaga kerja adalah:

1. Produktivitas tenaga kerja
2. Jumlah tenaga kerja
3. Biaya yang dikeluarkan untuk tenaga kerja
4. Jenis pekerjaan

Tenaga kerja dibagi menjadi 2 jenis yaitu tenaga kerja langsung dan tidak langsung. Tenaga kerja langsung adalah tenaga kerja yang terlibat secara langsung dalam proses produksi seperti *operator, helper, fitter* dan *welder*, sedangkan tenaga kerja tidak langsung adalah tenaga kerja yang tidak terlibat dalam proses produksi secara langsung.

1. Operator alat angkat

Operator alat angkat merupakan tenaga kerja yang bertugas untuk memindahkan material dari suatu tempat ke tempat lain.

2. Juru Las (Welder)

Juru las (*welder*) merupakan tenaga kerja yang bertugas untuk menghubungkan sebuah komponen dengan komponen lainnya dengan cara pengelasan.

3. Juru setel (*Fitter*)

Fitter (juru penyetel) merupakan tenaga kerja yang bertugas untuk menyetel posisi objek sebelum dilakukan pengelasan oleh welder.

4. Juru cat (*Painter*)

Painter merupakan tenaga kerja yang bertugas melakukan pengecatan pada bagian konstruksi dan outfitting pada kapal

5. Helper

Helper atau tenaga kerja bantu bertugas untuk membantu welder atau operator dalam menjalankan tugasnya.