

SKRIPSI

**RENCANA INDUK *ULTIMATE* GALANGAN KAPAL LAYAR
PERKASA NUSANTARA *SHIPYARD* KABUPATEN BARRU,
PROVINSI SULAWESI SELATAN**

Disusun dan diajukan oleh :

MUHAMMAD IKBAL

D031191100



PROGRAM STUDI SARJANA TEKNIK PERKAPALAN

FAKULTAS TEKNIK

UNIVERSITAS HASANUDDIN

GOWA

2023



LEMBAR PENGESAHAN SKRIPSI

RENCANA INDUK *ULTIMATE* GALANGAN KAPAL LAYAR PERKASA NUSANTARA *SHIPYARD* KABUPATEN BARRU, PROVINSI SULAWESI SELATAN

Disusun dan diajukan oleh

MUHAMMAD IKBAL

D031191100

Telah dipertahankan di hadapan Panitia Ujian yang dibentuk dalam rangka Penyelesaian Studi Program Sarjana pada Program Studi Teknik Perkapalan Fakultas Teknik Universitas Hasanuddin Pada tanggal 23 Februari 2024 dan dinyatakan telah memenuhi syarat kelulusan

Menyetujui,

Pembimbing Utama,



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

Pembimbing Pendamping,



Wahyuddin ST., MT.
NIP 19720205 199903 1 002

Ketua Program Studi,



Prof. Dr. Eng. Suandar Baso. ST., MT.
NIP 19730206 200012 1 002



PERNYATAAN KEASLIAN

Yang bertanda tangan dibawah ini ;
Nama : Muhammad Iqbal
NIM : D031191100
Program Studi : Teknik Perkapalan
Jenjang : S1

Menyatakan dengan ini bahwa karya tulisan saya berjudul

**RENCANA INDUK *ULTIMATE* GALANGAN KAPAL LAYAR PERKASA
NUSANTARA *SHIPYARD* KABUPATEN BARRU, PROVINSI SULAWESI
SELATAN**

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

Semua informasi yang ditulis dalam skripsi yang berasal dari penulis lain telah diberi penghargaan, yakni dengan mengutip sumber dan tahun penerbitannya. Oleh karena itu semua tulisan dalam skripsi ini sepenuhnya menjadi tanggung jawab penulis. Apabila ada pihak manapun yang merasa ada kesamaan judul dan atau hasil temuan dalam skripsi ini, maka penulis siap untuk diklarifikasi dan mempertanggungjawabkan segala resiko.

Segala data dan informasi yang diperoleh selama proses pembuatan skripsi, yang akan dipublikasi oleh Penulis di masa depan harus mendapat persetujuan dari Dosen Pembimbing.

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, 4 Maret 2024

Yang Menyatakan




Muhammad Iqbal



ABSTRAK

MUHAMMAD IKBAL. *RENCANA INDUK ULTIMATE GALANGAN KAPAL LAYAR PERKASA NUSANTARA SHIPYARD KABUPATEN BARRU, PROVINSI SULAWESI SELATAN* (dibimbing oleh Farianto Fachruddin dan Wahyuddin)

Rencana induk *ultimate* galangan kapal merupakan sebuah upaya strategis dalam mengembangkan fasilitas galangan kapal dengan kualitas dan daya saing tinggi. Penelitian ini bertujuan untuk merumuskan rencana induk *ultimate* komprehensif untuk galangan kapal dalam mencapai visi misi. Metode penelitian yang digunakan meliputi studi literatur, analisis kondisi eksisting galangan kapal, analisis potensi pengembangan galangan kapal, analisis potensi pasar dan pangsa pasar, serta *systematic layout planning* dalam pembuatan *layout* galangan kapal. Hasil penelitian menunjukkan bahwa rencana induk *ultimate* galangan kapal mencakup berbagai aspek penting, termasuk pangsa pasar, fasilitas, pengembangan area, dan *layout* galangan kapal. Dengan menerapkan rencana induk *ultimate* galangan kapal, diharapkan dapat tercipta sebuah pusat industri maritim yang inovatif, efisien, dan berkelanjutan. Implikasi dari penelitian ini adalah pentingnya kolaborasi antara pemerintah, industri, dan akademisi dalam mewujudkan visi bersama untuk mengembangkan sektor galangan kapal sebagai pendorong utama pertumbuhan ekonomi dan pembangunan maritim di wilayah ini.

Kata Kunci: Rencana Induk *Ultimate*, Galangan Kapal, *Systematic Layout Planning*



ABSTRACT

MUHAMMAD IKBAL. *MASTER PLAN ULTIMATE OF SHIPYARD PERKASA NUSANTARA SAILING SHIP IN BARRU DISTRICT, SOUTH SULAWESI PROVINCE* (supervised by Farianto Fachruddin and Wahyuddin)

The ultimate shipyard master plan is a strategic effort in developing shipyard facilities with high quality and competitiveness. This study aims to formulate a comprehensive ultimate master plan for shipyards in achieving the vision and mission. The research methods used include literature studies, analysis of existing shipyard conditions, analysis of shipyard development potential, analysis of market potential and market share, as well as systematic layout planning in making shipyard layouts. The results show that the ultimate shipyard master plan includes various important aspects, including market share, facilities, area development, and shipyard layout. By implementing the ultimate shipyard master plan, it is hoped that an innovative, efficient, and sustainable maritime industry center can be created. The implication of this research is the importance of collaboration between the government, industry, and academia in realizing the shared vision to develop the shipyard sector as the main driver of economic growth and maritime development in this region.

Keywords: Ultimate Master Plan, Shipyard, Systematic Layout Planning



KATA PENGANTAR

Bismillahirrahmanirahim...

Assalamualaikum warahmatullahi Wabarakatuh

Segala Puja dan Puji Syukur terpanjatkan kepada Tuhan Yang Maha Esa Allah *Subhanahu Wa Ta'ala* atas berkat, nikmat, bimbingan dan kasih karunia-NYA yang dilimpahkan kepada penulis, sehingga akhirnya penulis dapat menyelesaikan penulisan skripsi ini yang berjudul **“RENCANA INDUK ULTIMATE GALANGAN KAPAL LAYAR PERKASA NUSANTARA SHIPYARD KABUPATEN BARRU, PROVINSI SULAWESI SELATAN”** sebagai salah satu persyaratan untuk memperoleh gelar Sarjana Pendidikan (S1) pada Departemen Teknik Perkapalan Fakultas Teknik Universitas Hasanuddin. Dalam menyusun skripsi ini, penulis tidak luput dari berbagai kesulitan dan hambatan, namun atas bantuan dan dorongan dari berbagai pihak akhirnya penulisan skripsi ini dapat terselesaikan.

Untuk itu, pada kesempatan ini penulis ingin menyampaikan rasa terima kasih yang sebesar-besarnya dan penghargaan yang setinggi-tingginya kepada semua pihak yang telah membantu serta mendukung penulis dalam menyusun dan menyelesaikan skripsi ini, yaitu kepada:

1. Keluarga Tercinta, Ibunda Bunga Asse, Almarhum Ayahanda Burhanuddin, dan saudara sedarah atas segala ketulusan yang telah diberikan sebagai bentuk kasih sayang yang mendalam.
2. Bapak Farianto Fachruddin L.,ST.,MT. selaku pembimbing I dan Bapak Wahyuddin, ST.,MT. selaku pembimbing II yang telah banyak memberikan bimbingan dalam pengerjaan skripsi ini.
3. Bapak Prof. Dr. Eng. Suandar Baso, ST.,MT selaku ketua Departemen Teknik Perkapalan Universitas Hasanuddin.
4. Bapak Wahyuddin, ST.,MT. selaku Kepala Labo Rancang Bangun Kapal, Bapak Ir. Syamsul Asri, ST., MT., dan Bapak Dr.Eng. Suandar Baso, ST., MT. selaku penguji dalam tugas akhir ini.

berbagai pihak di PT Layar Perkasa Nusantara *Shipyards* atas waktu,



kesempatan serta data yang diberikan untuk membantu kelancaran pengerjaan skripsi ini.

7. Bapak Prof. Dr. Eng. Ir. Muhammad Isran Ramli, S.T., M.T., selaku Dekan Fakultas Teknik Universitas Hasanuddin beserta seluruh jajaran stafnya.
8. Bapak Prof. Dr. Ir. Jamaluddin Jompa, M.Sc., selaku Rektor Universitas Hasanuddin yang telah memberikan kesempatan kepada penulis menempuh pendidikan program S1 di Universitas Hasanuddin.
9. Seluruh Dosen Departemen Teknik Perkapalan Fakultas Teknik Universitas Hasanuddin atas segala kebaikan dan kemurahan hatinya.
10. Seluruh Staf Departemen Perkapalan Fakultas Teknik Universitas Hasanuddin atas segala kebaikan dan kesabarannya selama penulis mengurus segala administrasi di kampus.
11. Teman-teman seperjuangan di Teknik Perkapalan 2019 yang telah memberikan pembelajaran dan tambahan ilmu selama menempuh pendidikan dan perkuliahan.
12. Saudara(i) keluarga di ZTARBOARD'19 yang senantiasa kebersamai mendukung, memberi semangat, kekompakan, bantuan dan rasa persaudaraan yang telah kalian tunjukkan kepada penulis selama berkuliah di Fakultas Teknik Universitas Hasanuddin.

Penulis menyadari bahwa didalam tugas akhir ini masih banyak terdapat kekurangan. Oleh karena itu penulis memohon kritik dan saran yang membangun dari berbagai pihak demi perbaikan dan peningkatan kualitas penyusunan skripsi di masa yang akan datang. Penulis berharap tugas akhir (skripsi) ini dapat bermanfaat bagi pembaca dan terkhusus pada penulis.

Gowa, Januari 2024



PENULIS

DAFTAR ISI

| | |
|--|------|
| LEMBAR PENGESAHAN | ii |
| PERNYATAAN KEASLIAN..... | iii |
| ABSTRAK | iv |
| ABSTRACT | v |
| KATA PENGANTAR | vi |
| DAFTAR ISI..... | viii |
| DAFTAR GAMBAR | xi |
| DAFTAR TABEL..... | xiv |
| DAFTAR LAMPRAN | xvi |
| BAB I PENDAHULUAN | 1 |
| 1.1 Latar Belakang | 1 |
| 1.2 Rumusan Masalah | 2 |
| 1.3 Tujuan Penelitian | 2 |
| 1.4 Manfaat Penelitian | 2 |
| 1.5 Ruang Lingkup..... | 2 |
| BAB II TINJAUAN PUSTAKA..... | 3 |
| 2.1 Rencana Induk..... | 3 |
| 2.2 Ultimate..... | 3 |
| 2.3 Batimetri..... | 4 |
| 2.4 Pasang Surut..... | 4 |
| 2.5 Galangan Kapal..... | 9 |
| 2.5.1 Fasilitas Utama Galangan Kapal | 10 |
| 2.5.2 Fasilitas Penunjang Galangan Kapal..... | 14 |
| 2.6 Proses Pembangunan Kapal | 22 |
| 2.7 Proses Penedokan Kapal | 23 |
| 2.8 Pemilihan Fasilitas Utama untuk Reparasi Kapal | 23 |
| 2.8.1 Letak Fasilitas | 25 |
| 2.8.2 Tata Letak..... | 26 |



| | |
|---|-----|
| 2.11 Systematic Layout Planning (SLP) | 32 |
| 2.12 Activity Relationship Chart (ARC)..... | 33 |
| 2.13 Algoritma Konstruksi BLOCPLAN..... | 35 |
| 2.14 Activity Relationship Diagram (ARD) | 36 |
| BAB III METODE PENELITIAN..... | 37 |
| 3.1 Waktu dan Lokasi Penelitian | 37 |
| 3.2 Jenis Penelitian..... | 37 |
| 3.3 Teknik Pengumpulan Data..... | 37 |
| 3.4 Teknik Analisis | 37 |
| BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN | 40 |
| 4.1 Analisis Potensi dan Pangsa Pasar | 40 |
| 4.2 Analisis Kondisi Eksisting Galangan LPN Shipyard..... | 57 |
| 4.3 Analisis Pengembangan Galangan LPN Shipyard..... | 59 |
| 4.4 Analisis Data Batimetri..... | 60 |
| 4.5 Klasifikasi Pekerjaan Reparasi dan Pembangunan Kapal..... | 71 |
| 4.5.1 Klasifikasi Pekerjaan Reparasi Kapal | 71 |
| 4.5.2 Klasifikasi Pekerjaan Pembangunan Kapal | 75 |
| 4.6 Perencanaan Pengembangan Area | 81 |
| 4.6.1 Perencanaan Penambahan Fasilitas Utama & Penunjang..... | 81 |
| 4.6.2 Perhitungan Kebutuhan Luas Fasilitas di Area Pengembangan | 85 |
| 4.7 Perhitungan Kebutuhan Luas Fasilitas..... | 88 |
| 4.8 Perencanaan Layout Galangan..... | 90 |
| 4.8.1 Activity Relationship Chart (ARC)..... | 90 |
| 4.8.2 Pengolahan Data dengan Algoritma BLOCPLAN | 93 |
| 4.8.3 Pembuatan Activity Relationship Diagram (ARD) | 99 |
| 4.8.4 Pembuatan Layout Terpilih..... | 100 |
| 4.9 Perencanaan Layout Galangan induk ultimate galangan kapal LPN Shipyard..... | 101 |
| BAB V PENUTUPAN, KESIMPULAN DAN SARAN..... | 102 |
| 5.1 Kesimpulan | 102 |



| | |
|----------------------|-----|
| 5.2 Saran..... | 102 |
| DAFTAR PUSTAKA | 104 |
| LAMPIRAN..... | 106 |



DAFTAR GAMBAR

| | |
|---|----|
| Gambar 1 Diagram alir pengolahan data pasang surut metode admiralty | 5 |
| Gambar 2 Building berth (sumber: KTU Shipyard Sagulung) | 10 |
| Gambar 3 Graving dock (sumber: noatum) | 11 |
| Gambar 4 Floating dock (sumber: Heger Dry Dock, Inc.) | 12 |
| Gambar 5 Lift dock (sumber: SHM Shipcare)..... | 12 |
| Gambar 6 Slipway jenis end launching (sumber: Damen Shipyards)..... | 13 |
| Gambar 7 Slipway jenis side launching (sumber: Wikimedia Commons) | 13 |
| Gambar 8 Airbags dock (sumber: LPN Shipyard)..... | 14 |
| Gambar 9 Kantor (sumber: KTU SHPYARD Sagulung) | 15 |
| Gambar 10 Bengkel fabrikasi (sumber: KTU SHPYARD Sagulung)..... | 15 |
| Gambar 11 Bengkel listrik (sumber: KTU SHPYARD Sagulung)..... | 16 |
| Gambar 12 Bengkel mesin (sumber: KTU SHPYARD Sagulung) | 16 |
| Gambar 13 Gudang (sumber: KTU SHPYARD Sagulung)..... | 18 |
| Gambar 14 Forklift (sumber: Forklift Jateng)..... | 18 |
| Gambar 15 Excavator loader (sumber: Alibaba.com)..... | 19 |
| Gambar 16 Excavator bobcat (sumber: Bobcat Company)..... | 19 |
| Gambar 17 Rail way jib crane (sumber: Alibaba.com)..... | 20 |
| Gambar 18 Gantry crane (sumber: Kino Cranes) | 20 |
| Gambar 19 Mobil crane (sumber: DirectIndustry)..... | 21 |
| Gambar 20 Over head crane (sumber: The Great Lakes Group) | 21 |
| Gambar 21 Tug boat (sumber: Solar Industri) | 22 |
| Gambar 22 Skema perencanaan fasilitas (sumber: Tompkins, 2010)..... | 25 |

| | |
|---|----|
| 23 Klasifikasi Volume-Variasi Tata Letak (sumber: Tomkins 2010, h. 72) | 27 |
| 24 <i>Fixed Product Layout</i> (sumber: Tomkins 2010, h. 289)..... | 27 |



| | |
|--|----|
| Gambar 25 <i>Product Layout</i> (sumber: Tompkins 2010, h. 289)..... | 29 |
| Gambar 26 <i>Process Layout</i> (sumber: Tompkins 2010, h. 289)..... | 30 |
| Gambar 27 <i>Group technology layout</i> (sumber: Tompkins 2010, h. 289)..... | 31 |
| Gambar 28 Diagram alir SLP..... | 32 |
| Gambar 29 <i>Relationship chart</i> | 34 |
| Gambar 30 Diagram alir penelitian..... | 39 |
| Gambar 31 Kondisi lahan galangan LPN Shipyard..... | 58 |
| Gambar 32 <i>Layout LPN SHIPYARD</i> | 59 |
| Gambar 33 Area pengembangan..... | 60 |
| Gambar 34 Penggambaran titik HHWL..... | 70 |
| Gambar 35 Penentuan titik penggambaran HHWL..... | 70 |
| Gambar 36 <i>Block Construction Process Routes</i> (Mitsui Engineering & Shipbuilding Co., 1989)..... | 76 |
| Gambar 37 contoh jumlah part dan aliran material fabrikasi(Mitsui Engineering & Shipbuilding Co., 1989)..... | 78 |
| Gambar 38 <i>Flow of fabrication</i> (Mitsui Engineering & Shipbuilding Co., 1989)..... | 79 |
| Gambar 39 <i>Flow of assembly</i> (Mitsui Engineering & Shipbuilding Co., 1989)..... | 80 |
| Gambar 40 Proses pembuatan kapal serta kapasitas dan sumber daya terkait..... | 85 |
| Gambar 41 <i>CNC plasma cutting machine</i> (sumber: Alibaba.com)..... | 86 |
| Gambar 42 <i>Plate bending machine</i> (sumber: Alibaba.com)..... | 87 |
| Gambar 43 <i>Activity relationship chart</i> fasilitas galangan kapal..... | 92 |
| Gambar 44 Tampilan awal DOSBox 0.74..... | 93 |
| Gambar 45 Halaman awal BLOCPLAN..... | 93 |
| Gambar 46 Tampilan pernyataan jenis Tindakan..... | 94 |
| Gambar 47 Tampilan input jumlah departemen..... | 94 |
| Gambar 48 Tampilan pengisian nama dan luas fasilitas..... | 95 |
| Gambar 49 Tampilan ARC..... | 95 |



| | |
|--|-----|
| Gambar 50 Tampilan rasio panjang dan lebar | 96 |
| Gambar 51 Tampilan pertanyaan jumlah alternatif layout | 96 |
| Gambar 52 Tampilan nilai notasi ARC..... | 97 |
| Gambar 53 Tampilan skor tiap alternatif layout | 97 |
| Gambar 54 Tampilan layout terpilih..... | 98 |
| Gambar 55 Tampilan pusat ordinat dan dimensi tiap fasilitas..... | 98 |
| Gambar 56 Area Allocation Diagram | 99 |
| Gambar 57 Layout terpilih..... | 100 |



DAFTAR TABEL

| | |
|---|----|
| Tabel 1 Skema II metode admiralty | 6 |
| Tabel 2 Skema III metode admiralty..... | 6 |
| Tabel 3 Skema VII metode admiralty | 6 |
| Tabel 4 Hasil akhir metode admiralty | 7 |
| Tabel 5 Klasifikasi pasang surut bilangan formzahl | 8 |
| Tabel 6 Kelebihan dan kekurangan fixed product layout | 28 |
| Tabel 7 Kelebihan dan kekurangan product layout..... | 29 |
| Tabel 8 Kelebihan dan kekurangan process layout..... | 30 |
| Tabel 9 Kelebihan dan kekurangan Group technology layout..... | 31 |
| Tabel 10 Huruf dan arti dalam ARC | 34 |
| Tabel 11 Jenis garis dalam ARD..... | 36 |
| Tabel 12 Data kostumer reparasi LPN Shipyard periode 2021-2022 | 40 |
| Tabel 13 Data kapal hasil analisis potensi pasar | 43 |
| Tabel 14 Pengelompokan kapal berdasarkan jenis kapal..... | 55 |
| Tabel 15 Pengelompokan kapal berdasarkan GT kapal..... | 55 |
| Tabel 16 Pengelompokan kapal berdasarkan LBP kapal..... | 56 |
| Tabel 17 Pengelompokan kapal berdasarkan kepemilikan kapal | 56 |
| Tabel 18 Penggolongan kapal berdasarkan kapasitas maksimum LPN Shipyard | 57 |
| Tabel 19 Profil LPN Shipyard..... | 58 |
| Tabel 20 Hasil skema I metode admiralty..... | 62 |
| Tabel 21 Hasil skema II dan III metode admiralty | 64 |
| Tabel 22 Hasil skema IV metode admiralty..... | 66 |
| Hasil skema V, VI dan VII metode admiralty | 67 |
| Hasil skema VIII metode admiralty | 68 |
| Hasil akhir metode admiralty..... | 68 |



| | |
|---|----|
| Tabel 26 Jenis pasang surut berdasarkan bilangan formzhal | 69 |
| Tabel 12 Kategori ukuran kapal dari potensi pasar..... | 84 |
| Tabel 27 Spesifikasi CNC plasma cutting machine for plate | 86 |
| Tabel 28 Spesifikasi Plate bending machine..... | 87 |
| Tabel 29 Spesifikasi overhead crane..... | 88 |
| Tabel 30 Daftar fasilitas dan ruangan eksisting galangan..... | 89 |
| Tabel 31 Daftar fasilitas dan ruangan tambahan..... | 89 |
| Tabel 32 Daftar fasilitas galangan kapal..... | 90 |



DAFTAR LAMPIRAN

| | |
|--|-----|
| Lampiran 1 Layout eksisting galangan LPN SHIPYARD..... | 107 |
| Lampiran 2 Daftar fasilitas dan ruangan LPN SHIPYARD | 108 |
| Lampiran 3 Daftar kostumer LPN SHIPYARD tahun 2023..... | 109 |
| Lampiran 4 Daftar peralatan LPN SHIPYARD..... | 110 |
| Lampiran 5 Data tenggat pasang surut air laut Perairan Batupute..... | 111 |
| Lampiran 6 Layout Master Plan Ultimate..... | 123 |



BAB I

PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Rencana induk merupakan rencana pembangunan dan pengembangan teknologi di sebuah institusi untuk penjaminan kinerja seluruh sumber daya demi kepentingan dan kebutuhan institusi (Afrina, 2017). Rencana induk berisi visi, tujuan, sasaran, strategi, dan rencana aksi terintegrasi untuk pencapaian tujuan institusi. Rencana induk juga merupakan sebuah dokumen perencanaan tata ruang dengan tujuan pengaturan letak fasilitas umum dan sosial sesuai dengan fungsi lahan. Secara lebih lanjut, Rencana induk berfungsi untuk perincian rencana strategis komprehensif untuk pengaktualisasian potensi pengembangan, data informasi besaran biaya pembangunan dan pengembangan, sebagai alat pengawasan dan evaluasi serta sebagai referensi penyediaan infrastruktur dan pengelolaan lahan.

Dalam kaitannya dengan dunia industri telah dimaktubkan dalam Undang-Undang No. 3 Tahun 2014, bahwa segala bentuk aktivitas ekonomi dalam pemanfaatan sumber daya untuk penmbuatan barang dengan nilai tambah atau manfaat termasuk layanan industri. Sebagai bagian dari rencana dan tujuannya, diterbitkan Peraturan Pemerintah No. 14 Tahun 2015 tentang Rencana Industri Pembangunan Industri Nasional (RIPIN) dimana diharapkan dengan ini dapat tercipta kerangka kerja yang kokoh untuk pertumbuhan ekonomi yang berkelanjutan dan inklusif melalui pengembangan sektor industri yang kuat. Rencana induk berisi skenario arah kebijakan dan tujuan program pengembangan industri bersifat strategis dan disusun berdasarkan analisis teknoratis melalui: i) Telaah kebijakan pembangunan/pengembangan; ii) Analisis peningkatan potensi industri; iii) Klasifikasi kelas industri; dan iv) Analisis data dan informasi industri secara tabular dan parsial. Selanjunya, fungsi rencana induk diantaranya adalah: a) Konektivitas infrastruktur dan jaringan kelembagaan atau komponen industri; dan b) Koordinasi manajemen pemerintahan (tata kelola) dalam pengembangan (Joseph, et al., 2020; Joseph, et al., 2020).

a halnya dengan kawasan industri, galangan kapal juga butuh rencana bagaimana urgensinya dalam perwujudan visi dan misi galangan kapal di



masa depan. Dalam penelitian ini, galangan kapal PT Layar Perkasa Nusantara (LPN) Shipyard dijadikan studi kasus. Lingkup dalam pembahasan rancangan rencana induk harus mencakup infrastruktur, alokasi ruang sesuai aktivitas, dan jangka waktu implementasi (Hendrayani, et al., 2022).

Sehingga penulis tertarik untuk melakukan penelitian dengan judul “RENCANA INDUK *ULTIMATE* GALANGAN KAPAL PT LAYAR PERKASA NUSANTARA (LPN) KABUPATEN BARRU PROVINSI SULAWESI SELATAN”

1.2 Rumusan Masalah

Berdasarkan pemaparan latar belakang penulisan maka rumusan masalah dalam penelitian ini adalah bagaimana rancangan rencana induk *ultimate* galangan kapal LPN *Shipyard*?

1.3 Tujuan Penelitian

Tujuan penelitian pada penelitian ini adalah menyusun rencana induk *ultimate* galangan kapal LPN *Shipyard*.

1.4 Manfaat Penelitian

Dalam penelitian ini diharapkan pemberian wawasan mendalam terkait potensi galangan kapal LPN *Shipyard* dalam industri galangan kapal. rencana induk *ultimate* disusun sebagai panduan strategis bagi pihak galangan kapal dalam peningkatan daya saing, efisiensi operasional, dan pemaksimalan potensi galangan kapal.

1.5 Ruang Lingkup

Dalam penelitian ini akan dibatasi pada relevansi antara analisis pada aspek kondisi, strategis, operasional dan teknis galangan kapal LPN *Shipyard* dengan penyusunan rencana induk *ultimate* galangan kapal. Aspek lain seperti biaya dan regulasi administrasi terkait pembangunan tidak diperhitungkan.



BAB II

TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Rencana Induk

Rencana induk adalah syarat pembangunan sesuai dengan arahan dari Menteri Perhubungan RI, Keputusan Menteri Perhubungan KM 31 Tahun 2006 tentang Pedoman dan Proses Perencanaan di lingkungan Kementerian Perhubungan. Proses perencanaan rencana induk (*master plan*) mempunyai manfaat sebagai berikut: i) Arah pembangunan menjadi jelas, bersinergi dan terpadu dengan tata ruang wilayah; ii) Tahapan Pembangunan menjadi lebih terukur, dengan demikian tahapan pembangunan/pengembangan disesuaikan dengan kebutuhan; iii) Penggunaan anggaran untuk Pembangunan menjadi lebih efisien; iv) Kebutuhan lahan dapat diantisipasi lebih awal (Pandey, 2016)

Rencana induk dibuat untuk penentuan apa yang akan dilakukan, mengapa melakukan sesuatu, bagaimana melakukannya, kapan harus dilakukan, dimana akan dilakukan, dan siapa yang melakukan. Karena rencana induk ini terkait dengan siklus perencanaan, dimulai dari penentuan kebutuhan, tujuan, sasaran, metode, pengujian, simulasi, implementasi, dan berakhir dengan *control* dan *monitoring* (Saleh, 2011)

2.2 Ultimate

Ultimate adalah istilah penggambaran sesuatu terbaik, tertinggi, atau paling mutakhir dalam kategori tertentu. Dalam konteks lain, *ultimate* diartikan pencapaian maksimal atau tingkat akhir dari suatu hal. Konsep *ultimate* dalam industri ditujukan pada pencapaian tertinggi, keunggulan, atau tingkat optimal dalam suatu industri (Collins, 2001). Hal ini dapat mencakup pencapaian efisiensi, inovasi teknologi, kepuasan pelanggan, dan keberlanjutan, di antara banyak aspek lainnya.

Pencapaian efisiensi tertinggi adalah salah satu aspek kunci dari konsep *Ultimate* dalam industri. Efisiensi produksi yang tinggi dapat mengarah pada pengurangan biaya, peningkatan produktivitas, dan peningkatan kualitas produk. Hal ini berarti mencari cara untuk memaksimalkan produksi dengan menggunakan sumber daya yang tersedia secara efisien dan optimal.



Dalam rangka mencapai pencapaian *Ultimate* dalam industri ada 4 konsep utama yang harus diterapkan, yaitu “*level 5 leadership*” pemimpin dengan kombinasi kebijakan personal dengan dedikasi tinggi terhadap kesuksesan Perusahaan, “*the hedgehog concept*” perusahaan hebat mengenali dirinya sendiri, “*a culture of discipline*” pentingnya kedisiplinan sebagai kunci keberhasilan jangka panjang dan “*the flywheel effect*” perubahan bertahap namun konsisten dapat menciptakan momen yang memajukan perusahaan (Collins, 2001). Dengan demikian, konsep *Ultimate* dalam industri mewakili aspirasi untuk mencapai yang terbaik dalam setiap aspek kegiatan bisnis.

2.3 Batimetri

Batimetri merupakan sebuah proses penggambaran kontur kedalaman dasar perairan dengan tahapan pengukuran, pengolahan, dan visualisasi data (Djunarsjah, 2001). Garis kontur kedalaman dihasilkan dengan penginterpolasian titik-titik pengukuran kedalaman yang tersebar di lokasi penelitian. Selain informasi mengenai kedalaman, diperlukan juga informasi posisi titik-titik kedalaman tersebut dan muka air laut dalam keadaan pasang surut. Kegiatan untuk menentukan posisi dan kedalaman suatu titik ini umumnya disebut sebagai pemeruman. Data pemeruman ini sangat penting karena dapat digunakan untuk membuat topografi dasar perairan yang lebih komprehensif dan akurat. Dengan demikian, batimetri memainkan peran sangat penting dalam pemahaman struktur bawah laut dan memfasilitasi berbagai kegiatan di perairan seperti pembuatan galangan kapal, dermaga, konstruksi, navigasi, dan penelitian ilmiah.

2.4 Pasang Surut

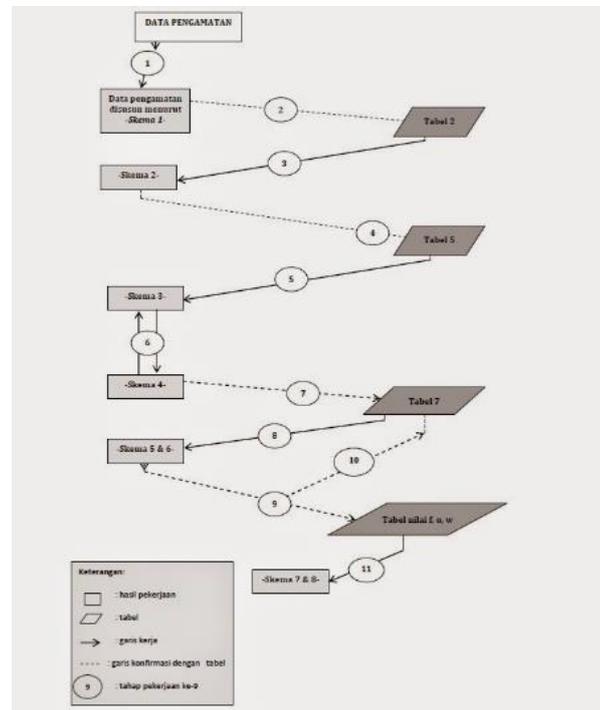
Pasang surut merupakan perubahan ritmis dalam muka air laut yang naik dan turun disebabkan oleh gaya tarik dari benda langit seperti bulan dan matahari terhadap massa air di bumi. Fenomena ini dipengaruhi oleh gaya gravitasi dan tarikan benda langit seperti bulan, bumi, dan matahari. Tinggi pasang surut diukur dari puncak air pasang hingga lembah air surut secara berurutan, sementara periode pasang surut adalah waktu yang dibutuhkan untuk kembali ke posisi yang sama

(djo, 1999).

Salah satu metode dalam analisis pasang surut adalah metode Admiralty, yang digunakan untuk menghitung konstanta pasang surut harmonik dari



pengamatan ketinggian air laut selama periode tertentu (Hikmah, et al., 2021). Metode ini memungkinkan perhitungan efisien dan akurat, serta fleksibel terhadap waktu pengamatan.



Gambar 1 Diagram alir pengolahan data pasang surut metode admiralty

Penyusunan skema perhitungan untuk mencari komponen pasang surut dengan metode *Admiralty* melibatkan delapan langkah sebagai berikut:

1. Penyusunan Skema I: Data lapangan dari pengamatan alat diolah terlebih dahulu dengan proses smoothing untuk menghilangkan noise. Data tersebut dimasukkan ke dalam kolom-kolom pada skema I, di mana kolom mengacu pada waktu pengamatan dari pukul 00:00 sampai 23:00, dan baris mengacu pada tanggal pengamatan.
2. Penyusunan Skema II: Pengisian setiap kolom pada skema II didasarkan pada konstanta pengali yang telah ditetapkan. Nilai pengamatan dikalikan dengan

konstanta pengali untuk setiap hari pengamatan. Perhitungan dilakukan dengan mengalikan nilai pengamatan dengan konstanta pengali dan dimasukkan ke dalam kolom yang sesuai.



Tabel 1 Skema II metode admiralty

| X1 | | Y1 | | X2 | | Y2 | | X4 | | Y4 | |
|----|---|----|---|----|---|----|---|----|---|----|---|
| + | - | + | - | + | - | + | - | + | - | + | - |

3. Penyusun Skema III: Pengisian kolom-kolom pada skema III adalah hasil penjumlahan dari perhitungan pada kolom-kolom skema II. Misalnya, X_0 (+) merupakan penjumlahan antara X_1 (+) dengan X_1 (-), sedangkan untuk kolom X_1 , Y_1 , X_2 , Y_2 , X_4 , dan Y_4 , penjumlahan dilakukan dengan mempertimbangkan tanda (+) dan (-), dengan ketentuan nilai 2000 untuk mengatasi hasil yang tidak boleh negatif.

Tabel 2 Skema III metode admiralty

| X0 | X1 | Y1 | X2 | Y2 | X4 | Y4 |
|----|------|------|------|------|------|------|
| + | 2000 | 2000 | 2000 | 2000 | 2000 | 2000 |

4. Penyusun Skema IV: Seluruh kolom pada skema IV diisi dengan penjumlahan hasil perhitungan skema III, dibantu dengan konstanta pengali yang telah ditetapkan.
5. Penyusun Skema V dan Skema VI: Skema V berisi pengurangan nilai X dan Y pada skema IV, dibantu dengan konstanta pengali. Sedangkan skema VI berisi penjumlahan nilai X dan Y pada skema IV, juga dibantu dengan konstanta pengali.
6. Penyusun Skema VII: merupakan penjumlahan dari skema V dan skema VI, dengan bantuan konstanta pengali, serta nilai hasil perhitungan f , V , u , dan r .

Tabel 3 Skema VII metode admiralty

| | | | | | | | |
|-----------------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|--------|
| S_0 | M_2 | S_2 | N_2 | K_1 | O_1 | M_4 | MS_4 |
| $V : PR \cos r$ | | | | | | | |



| S_0 | M_2 | S_2 | N_2 | K_1 | O_1 | M_4 | MS_4 |
|----------------------------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|--------|
| VI : PR sin r | | | | | | | |
| PR | | | | | | | |
| Tabel Nilai.f | | | | | | | |
| Skema VIII : (1+w) | | | | | | | |
| Tabel Nilai : V | | | | | | | |
| Tabel Nilai : u | | | | | | | |
| Skema VIII : w | | | | | | | |
| Tabel 3 : p | | | | | | | |
| Tabel 4 : r | | | | | | | |
| Jumlah = s | | | | | | | |
| G | | | | | | | |
| $A=PR/((P \times f \times$ | | | | | | | |
| $(1+w))$ | | | | | | | |

7. Penyusun Skema VIII: berisi hasil akhir dari perhitungan metode Admiralty, yaitu nilai konstanta harmonik utama pasang surut.

Tabel 4 Hasil akhir metode admiralty

| Hasil Akhir | | | | | | | | | | |
|-------------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|--------|-------|-------|--|
| S_0 | M_2 | S_2 | N_2 | K_1 | O_1 | M_4 | MS_4 | K_2 | P_1 | |
| A (cm) | | | | | | | | | | |
| g | | | | | | | | | | |

setelah komponen-komponen yaitu amplitude dan keterlambatan fase tersebut didapatkan maka dihitung:

$$MSL = AS_0 \quad (1)$$

$$= AS_0 - (AM_2 + AK_1 + AO_1 + AP_1 + AK_2) \quad (2)$$

$$= AS_0 + (AM_2 + AK_1 + AO_1 + AP_1 + AK_2) \quad (3)$$



- MSL = *mean sea level*
 LWS = *lowest water spring*
 HWS = *high water spring*
 M₂ = pasang pantai akibat bulan
 S₂ = pasang parsial akibat matahari
 N₂ = pasang parsial akibat elips
 K₂ = pasang parsial akibat deklinasi bulan/matahari
 K₁ = pasang parsial akibat deklinasi bulan/matahari
 O₁ = pasang parsial akibat deklinasi bulan
 P₁ = pasang parsial akibat deklinasi matahari
 M₄ = dua kali kecepatan sudut M₂
 MS₄ = interaksi M₂ dan M₄

Bilangan *formzahl* digunakan untuk menentukan tipe pasang surut berdasarkan perbandingan amplitudo konstanta pasang surut harian utama dengan amplitudo konstanta pasang surut ganda utama. Perhitungan persamaan *formzahl* sebagai berikut:

$$F = \frac{AK_1 + AO_1}{AM_2 + AS_2} \quad (4)$$

dimana,

- F = angka pasang surut (bilangan *formzahl*)
 AK₁ = amplitude dari komponen pasang surut K₁
 AO₁ = amplitude dari komponen pasang surut O₁
 AM₂ = amplitude dari komponen pasang surut M₂
 AS₂ = amplitude dari komponen pasang surut S₂

Tabel 5 Klasifikasi pasang surut bilangan *formzahl*

| F (<i>formzahl</i>) | Uraian |
|-----------------------|--|
| 0 – 0,25 | Harian ganda beraturan (<i>semi diurnal</i>) |
| 0,25 – 1,50 | Campuran condong ke harian ganda (<i>mixed semi-diurnal</i>) |
| 1,50 – 3,00 | Campuran condong ke harian Tunggal (<i>mixed-diurnal</i>) |
| > 3,00 | Harian Tunggal beraturan (<i>diurnal</i>) |



Elevasi muka air laut rencana penting dalam perencanaan bangunan pantai, yang merupakan hasil penjumlahan dari beberapa parameter termasuk pasang surut, wave setup, wind setup, dan perubahan suhu global. Beberapa elevasi penting termasuk muka air tinggi, muka air rendah, muka air tinggi rerata, muka air rendah rerata, muka air laut rerata, muka air tinggi tertinggi, dan muka air rendah terendah. Perencanaan elevasi muka air rencana didasarkan pada komponen-komponen pasang surut yang diperoleh dari analisis menggunakan metode Admiralty. Meskipun demikian, fluktuasi masih terjadi dalam grafik pasang-surut karena panjang data pengamatan yang terbatas.

2.5 Galangan Kapal

Galangan kapal adalah lokasi di perairan dengan fungsi pembangunan kapal baru (*new building*), perbaikan kapal (*ship repair*), dan pemeliharaan (*maintenance*). Proses pembangunan kapal terdiri dari langkah-langkah seperti perencanaan awal, pemasangan pelat lambung, instalasi peralatan, pengujian keberlangsungan, hingga pengklasifikasian oleh badan klasifikasi yang ditunjuk. Sementara itu, proses perbaikan dan pemeliharaan biasanya melibatkan perbaikan struktur lambung, perbaikan *propeller* dan *stern tube*, serta perawatan mesin utama dan peralatan lainnya.

Galangan kapal adalah fasilitas industri khusus digunakan untuk pembangunan, pemperbaikan, dan perawatan kapal-kapal. Galangan kapal berperan penting dalam industri maritim dan perdagangan global. Berdasarkan aktifitas galangan kapal dapat dibedakan menjadi 3 jenis, yaitu (Andreasson, 1980):

1. Galangan khusus bangunan baru (*new building*): merupakan tempat pembangunan kapal-kapal baru. Jangka waktu pembangunan kapal baru relatif panjang. Perbandingan antara volume pekerjaan dan jumlah tenaga kerja tidak selalu konstan. Di awal dan akhir proses produksi jumlah pekerjaan lebih sedikit dibanding dengan jumlah tenaga kerja tersedia. Hal ini menyebabkan galangan kapal menjadi kurang efisien ditambah lagi dengan jumlah pesanan yang relatif sedikit

Galangan kapal khusus reparasi (*ship repair*): merupakan tempat pekerjaan reparasi kapal, seperti perbaikan lambung kapal, instalasi permesinan, instalasi peralatan, dan lain-lain. Beberapa pekerjaan kapal galangan jenis ini dapat



dilakukan dalam kurun waktu yang relatif singkat dan kebutuhan kapal atas jasa reparasi sangat banyak, maka galangan kapal jenis ini lebih terjamin keberangsungannya.

- Galangan kapal gabungan antara reparasi dan bangunan baru: merupakan galangan kapal dengan aktifitas ganda. Galangan kapal jenis ini paling banyak terdapat di Indonesia, karena tenaga kerja dapat dialihfungsikan ke berbagai aktifitas. Sehingga kontinuitas pekerjaan dan kelangsungan hidup galangan kapal lebih terjamin.

2.5.1 Fasilitas Utama Galangan Kapal

Jenis fasilitas utama terdiri dari berbagai tipe dok pendedokan (Soejitno, 1996), sebagai berikut:

1. *Building berth*

Building berth adalah lokasi di mana kapal tidak hanya dibangun, tetapi juga diluncurkan setelah selesai dibangun. Variasi metode konstruksi kapal diterapkan di *building berth*, baik pembangunan kapal secara *per-section* maupun *per-blok* terlebih dahulu. Ilustrasi pada Gambar 1 menggambarkan contoh fasilitas dasar dari *building berth*.



Gambar 2 *Building berth* (sumber: KTU Shipyard Sagulung)



dock (Graving dock)

dock merupakan suatu fasilitas pendedokan kapal berbentuk seperti kolam an peletakan dekat pantai. Fasilitas ini memiliki elemen penting seperti

pintu penutup yang terhubung ke perairan pantai, pompa-pompa pengering, mesin gulung (*cupstand*), tangga-tangga untuk akses ke dasar dan atas kolam, *crane* untuk transportasi, dan lainnya. Struktur *dry dock* harus tahan air dan berkemampuan daya angkat kapal di ketinggian tertentu dari air laut. Keuntungan *dry dock* mencakup keamanan, umur panjang, dan kemampuan untuk pembangunan kapal baru. Namun, biaya pembangunan yang tinggi, sifat permanennya, dan ketergantungan pada lokasi tertentu menjadi kerugiannya.



Gambar 3 *Graving dock* (sumber: noatum)

3. *Floating Dock*

Floating Dock adalah jenis dok fleksibel dengan dapat dipindahkan karena terbuat dari pelat baja. Proses pengedokan pengapungan dan penenggelaman dok pada kedalaman tertentu dengan bantuan pompa. Pengaturan urutan pompa ke dalam kompartemen/tangki penting untuk terhindar dari defleksi berlebihan. *Floating dock* dibagi menjadi dua kelas utama, yaitu *Caisson Dock* (tidak dapat melakukan pengedokan sendiri) dan *Self Docking* (memungkinkan pengedokan mandiri dengan bagian dapat dilepas).





Gambar 4 Floating dock (sumber: Heger Dry Dock, Inc.)

4. *Lift Dock*

Lift Dock atau *Ship Lift* adalah jenis dok sederhana dengan metode pengangkatan *platform* tempat pengerjaan kapal dari bawah air secara vertikal. Kapal diapungkan di atas platform kemudian dinaikkan hingga seluruhnya berada di atas air. *Lift dock* harus dilengkapi pesawat pengangkat dengan dikendalikan secara elektrik dan digerakkan dengan bantuan kabel atau rantai baja. Ada dua varian, yaitu *syncrolift* dengan kabel baja dan *chain lift* dengan rantai.



Gambar 5 Lift dock (sumber: SHM Shipcare)



way

way adalah salah satu sarana pokok untuk reparasi kapal, terdiri dari rel yang dipasang pada landasan beton. Kereta atau *cradle* dapat dinaikkan atau

diturunkan di atas rel dengan bantuan mesin derek atau *winch*. Terdapat dua jenis *slipway*, yaitu *slipway end launching* dan *slipway side launching*. Keuntungan *slipway* yaitu pengoperasian mudah, biaya lebih rendah, dan kecepatan dalam proses pengedokan. Komponen utama *slipway* termasuk landasan beton, track/rel, *shifter*, *cradle*, dan *winch*/derek.



Gambar 6 Slipway jenis end launching (sumber: Damen Shipyards)



Gambar 7 Slipway jenis side launching (sumber: Wikimedia Commons)

Slipways dock



Optimization Software:
www.balesio.com

Slipways dock atau dikenal juga dengan istilah bantalan udara dok, merupakan teknologi dalam proses pengedokan kapal dan perbaikan kapal. Bantalan udara ini berfungsi sebagai alat pengangkatan kapal dari perairan dan

penjagaan posisi kapal tanpa merusak kapal atau struktur lainnya. *Airbags dock* terbuat dari bahan kuat dan tahan lama, seperti karet diperkuat dengan lapisan pelindung. Bantalan udara ini dirancang sebagai penahan tekanan udara di dalamnya (Yau & Yeung, 2007).



Gambar 8 Airbags dock (sumber: LPN Shipyard)

2.5.2 Fasilitas Penunjang Galangan Kapal

Persyaratan untuk menjadi sebuah galangan kapal adalah harus memiliki fasilitas-fasilitas baik fasilitas pokok maupun penunjang untuk kemudahan proses pengerjaan. Fasilitas-fasilitas galangan kapal ini merupakan pembeda kelas setiap galangan baik digunakan untuk pembangunan kapal maupun reparasi. Dalam kemudahan proses pengerjaan, biasanya terdapat berbagai macam fasilitas pendukung di galangan kapal. Di antaranya adalah sebagai berikut:

- Kantor

Kantor merupakan pusat dilakukannya proses administrasi segala kebutuhan galangan. Katakanlah seperti pengaturan keluar masuknya keuangan dan seluruh kegiatan terkait dengan manajemen Perusahaan.





Gambar 9 Kantor (sumber: KTU SHPYARD Sagulung)

- Bengkel fabrikasi

Di tempat ini kapal-kapal melalui proses fabrikas. Di antaranya seperti plat lunas, pembuatan sekat kapal, gading kapal, pipa dan sebagainya.



Gambar 10 Bengkel fabrikasi (sumber: KTU SHPYARD Sagulung)

- Bengkel listrik

Bengkel listrik ini digunakan sebagai tempat untuk memasang listrik dan panel-panel listrik pada kapal. Selain itu, di bengkel ini juga dilakukan memperbaiki dan pemasangan motor-motor listrik generatornya.





Gambar 11 Bengkel listrik (sumber: KTU SHPYARD Sagulung)

- Bengkel mesin

Bengkel mesin bertugas sebagai tempat pengerjaan berkaitan dengan permesinan kapal, seperti bubut, skrap, frais, bor, dan lain-lain.



Gambar 12 Bengkel mesin (sumber: KTU SHPYARD Sagulung)



- *Pump room*
Pump room berisi mesin pompa dan generator dengan fungsi sebagai pemasok air ke dalam ataupun luar dok. *Pump room* berlokasi sangat dekat dengan Pantai dan dok
- *Sludge tank*
Tempat pembuangan oli kotor, biasanya direncanakan di sisi *graving dock* untuk kemudahan akses.
- *Fresh water tank*
Tempat penampungan air tawar sementara digunakan sebagai persediaan air tawar bersih untuk keperluan reparasi kapal, pembersihan kapal, dan lain-lain. Kebutuhan air tawar disuplai oleh pompa air dan disalurkan melalui system perpipaan.
- *Fuel tank*
Tempat penyimpanan sementara bahan bakar kapal dan ditempatkan sedikit menjauh dari beberapa fasilitas galangan serta mendekati batas luar galangan. Truk tangki digunakan untuk pelayanan pengisian *fuel* pada galangan.
- Gas O₂ dan CO₂ tank
Tangki gas diperlukan untuk kebutuhan pengelasan, pemotongan dan lain-lain. Suplai gas disediakan dari tangki khusus terhubung dengan fasilitas lain seperti bengkel, *graving dock*, dan *slipway* melalui system perpipaan.
- *Staging (scaffolding)*
Fasilitas konstruksi pembantu sementara digunakan sebagai penyangga peralatan, material dan pekerja. Untuk pengangkutan *staging* biasanya digunakan alat berat (forklift, truk, dan crane)
- *Accomodation ladder*
Tangga sebagai akses penghubung antara area galangan kapal dengan kapal.
- Gudang

sebagai tempat penyimpanan material seperti pelat, profil, dan lainnya (*material stock area*), penyimpanan material kecil seperti elektroda, kabel, dan lainnya (*warehouse*), penyimpanan material *sand blasting (sand store)*,



dan area penyimpanan peralatan-peralatan berat, seperti crane, truk, forklift, dan ekskavator (*equipment stock yard*)



Gambar 13 Gudang (sumber: KTU SHPYARD Sagulung)

- Forklift

Kendaraan angkut beban di bagian depan dengan *fork* dan *carriage*



Gambar 14 Forklift (sumber: Forklift Jateng)



truk tangki air

Kendaraan angkut air tawar multifungsi dalam kegiatan suplai

- Truk angkut

Kendaraan angkut material seperti pasir, besi, dan lain-lain.

- Ekskavator dan loader

Alat berat multifungsi digunakan dalam kegiatan bongkar muat material dan lain-lain



Gambar 15 Excavator loader (sumber: Alibaba.com)

- Ekskavator bobcat

Alat berat ini digunakan dalam area sempit seperti bagian muatan kapal, ataupun dasar drydock serta sisi-sisi kapal yang direparasi.



Gambar 16 Excavator bobcat (sumber: Bobcat Company)



ail way jib crane

Crane dapat berjalan sebagai pengangkut material. Crane dapat ditempatkan di sisi graving dock



Gambar 17 Rail way jib crane (sumber: Alibaba.com)

- *Gantry crane*

Jenis crane portal tinggi berkaki tegak pengangkut benda dengan hoist terpasang di sebuah troli hoist dan dapat bergerak secara horizontal pada rel atau sepasang rel dipasang di bawah balok atau rantai kerja.



Gambar 18 Gantry crane (sumber: Kino Cranes)

- Mobil crane

alat pengangkut dapat berpindah-pindah sehingga dapat digunakan dimana saja.





Gambar 19 Mobil crane (sumber: DirectIndustry)

- *Over head crane*

Crane tersebut terdapat di setiap bengkel dan memiliki rel melintang dan memanjang dengan kapasitas 10 hingga 20 ton.



Gambar 20 Over head crane (sumber: The Great Lakes Group)

- Kapal Tunda

Kapal tunda pada galangan kapal merupakan sarana penunjang operasional dengan fungsi penarik dan pendorong kapal masuk atau keluar dari dok.





Gambar 21 Tug boat (sumber: Solar Industri)

2.6 Proses Pembangunan Kapal

Permbangunan kapal merupakan rangkaian proses dengan masing-masing tahap memiliki berbagai variasi item kegiatan dan pproduk antara, kemudian disatukan menjadi bentuk akhir kompleks (Storch, et al., 1995). Konsep dalam galangan kapal yaitu “*assembly line of material flow*” dimana proses produksi dilakukan dari bagian sederhana (fabrikasi) hingga *erection* tanpa adanya interupsi. Proses produksi kapal dapat dikelompokkan ke dalam beberapa tahap, termasuk perumusan persyaratan teknis, desain konsep, kontrak desain, proses produksi, percobaan, dan penyerahan.

Penggolongan proses produks kapal dibagi menjadi dua sebagai berikut (Widjaja, 1996):

1. Proses kapal secara tradisional

Proses produksi lambung kapal (*ship hull construction process*) dalam kategori proses panas (contohnya: pengelasan dan pemotongan) dan proses produksi *outfitting* (*ship outfitting process*) dalam kategori dingin (contohnya: *test* dan *trial*)

Proses produksi kapal secara modern

Proses ini menggunakan metode produksi “*assembly line of material flow*” dan optimalisasi fasilitas galangan untuk meningkatkan kapasitas produksi.



Beberapa metode produksi modern mencakup sistem pendekatan (*system orientad*), orientasi produk, dan metode *advance* dengan pengintegrasian Pembangunan lambung kapal, outfitting, dan pengecatan dalam satu blok dengan kelengkapannya, contohnya IHOP (*integrated hull, outfitting, and painting*)

2.7 Proses Penedokan Kapal

Proses penedokan kapal adalah tahapan di mana kapal dipindahkan dari perairan ke suatu dok menggunakan fasilitas penedokan. Untuk menjalankan proses penedokan kapal ini, diperlukan perencanaan yang cermat mengingat setiap kapal memiliki bentuk dan spesifikasi yang berbeda-beda. Adapun tahapan-tahapan dalam reparasi kapal di dok atau galangan meliputi:

1. Penerimaan kapal di dermaga.
2. Persiapan tempat penedokan atau penempatan kapal.
3. Penedokan kapal itu sendiri.
4. Membersihkan bagian bawah kapal.
5. Memeriksa kerusakan pada lambung dan komponen konstruksi lainnya.
6. Melakukan pekerjaan perbaikan, termasuk di dalamnya konstruksi badan kapal, mesin, dan sistem listrik.
7. Memeriksa hasil pekerjaan yang telah dilakukan.
8. Melakukan pengecatan pada lambung kapal.
9. Menurunkan kapal kembali ke dalam air (undocking).
10. Menyelesaikan pekerjaan sambil kapal bersandar di jetty atau di atas air.
11. Melakukan uji coba atau trial.
12. Akhirnya, kapal diserahkan kembali kepada pemiliknya.

2.8 Pemilihan Fasilitas Utama untuk Reparasi Kapal

Pemilihan fasilitas utama untuk proses reparasi kapal melibatkan sejumlah pertimbangan kunci, yang dapat dikelompokkan menjadi dua aspek utama: pertimbangan ekonomis dan pertimbangan teknis. (Cornick, 2016)

1. Pertimbangan Ekonomis

asitas: Dalam hal *graving dock* dan *floating dock*, tidak ada batasan pada asitas maksimum. Namun, untuk *slipway*, kapasitasnya biasanya dibatasi ga sekitar 5000 ton dan panjang kapal sekitar 350 kaki (100 meter). Hal



ini dikarenakan panjang slipway yang berlebihan, baik di atas maupun di bawah air, memerlukan area yang luas dan dalam, dan dapat menghambat proses penarikan kapal.

- b) Biaya Awal Pembangunan: Slipway mempertimbangkan ketersediaan lahan sebagai faktor utama, sementara untuk floating dock, perlu memastikan akses yang memadai dari daratan ke floating dock. Biaya awal pembangunan juga mencakup persiapan tempat dan akses bagi pengangkutan material ke dalam dok.
- c) Biaya Perawatan dan Perbaikan: Slipway cenderung memiliki biaya perawatan lebih rendah dibandingkan dengan *graving dock* dan floating dock. Floating dock memerlukan inspeksi reguler dan pengecatan untuk badan floating dock, sementara *graving dock* dan floating dock lebih memperhatikan perawatan pompa.
- d) Biaya Operasional: Slipway memiliki beban operasional yang relatif lebih rendah dibandingkan *graving dock* dan floating dock, karena tenaga yang digunakan saat menarik kapal cenderung lebih kecil daripada tenaga yang diperlukan untuk mengoperasikan pompa air pada dok atau mengisi air ke floating dock. Tenaga pompa yang dibutuhkan untuk *graving dock* pada kapasitas yang sama jauh lebih besar daripada floating dock.
- e) Ketahanan (Durability): Umumnya, floating dock memiliki umur pakai sekitar 30 tahun, namun dapat mengalami korosi. Sementara *graving dock* tidak memiliki batasan waktu yang pasti.
- f) Kemampuan Beradaptasi: Faktor-faktor yang memengaruhi pemilihan antara *graving dock* dan floating dock termasuk ketersediaan lahan, kondisi perairan yang lebih dalam, mobilitas floating dock yang dapat dipindahkan, keselamatan dalam operasi, jumlah pompa yang diperlukan, biaya material konstruksi, durasi pembangunan, dan biaya perawatan.

2. Pertimbangan Teknis:

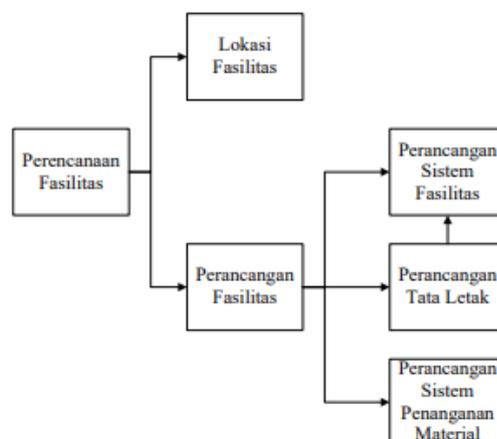
Pertimbangan teknis dalam pemilihan space dock melibatkan penilaian kondisi perairan yang relevan, seperti:



- a) Slipway perlu ada area perairan yang cukup luas dan dalam untuk proses peluncuran kapal secara longitudinal dan agar kapal dapat masuk ke rel dengan aman.
- b) *Graving dock* membutuhkan lahan yang luas.
- c) Floating dock memerlukan perairan yang dalam untuk memungkinkan tenggelamnya dok.
- d) Lift dock juga memerlukan perairan yang dalam agar kapal dapat naik ke platform dengan lancar.
- e) Airbags dock memerlukan perairan yang cukup dalam

2.9 Tata Letak Fasilitas

Tata letak fasilitas adalah konsep organisasi ruang yang melibatkan pengaturan bangunan sedemikian rupa sehingga manusia, material, dan mesin dapat bekerja secara kolaboratif untuk mencapai tujuan tertentu (Heragu, 2009). Tata letak fasilitas juga dapat didefinisikan sebagai tata cara pengaturan fasilitas-fasilitas guna menunjang kelancaran proses produksi (Wignjosoebroto, 2000). Kegiatan dalam perancangan fasilitas berhubungan dengan perancangan susunan unsur fisik dari suatu lingkungan terbagi, dibagi dalam beberapa kegiatan seperti menganalisis, membentuk konsep, merancang, dan mewujudkan system bagi pembuatan barang atau jasa.



Gambar 22 Skema perencanaan fasilitas (sumber: Tompkins, 2010)



Tata letak pabrik adalah pengaturan lokasi, konfigurasi departemen, stasiun kerja, peralatan, dan mesin yang digunakan untuk memproduksi barang atau jasa. Tujuan dari tata letak pabrik adalah meminimalkan biaya material, memungkinkan pergerakan material yang efisien, dan menghasilkan output dengan biaya minimal dan kualitas yang optimal. Tata letak pabrik mencakup penempatan yang tepat dari peralatan dan mesin untuk memungkinkan proses produksi yang efektif, dengan jarak dan waktu yang sesingkat mungkin. Selanjutnya, tata letak pabrik bertujuan mencapai efisiensi dalam pengaturan fasilitas industri, termasuk personil, peralatan operasi, ruang penyimpanan, material handling, dan layanan pendukung lainnya (Sharma, 2016).

Faktor-faktor yang mempengaruhi tata letak pabrik meliputi organisasi, lokasi departemen, Jenis produksi, metode produksi, proses produksi, kapasitas produksi, jenis industri, pengelompokan mesin, pola aliran material, kebutuhan ruang untuk peralatan, area kerja, material handling, penyimpanan, dan fasilitas lainnya, faktor keamanan, kesehatan dan faktor-faktor lainnya seperti ventilasi, pencahayaan alami, dan asap, penyediaan untuk perkembangan masa depan serta fleksibilitas dalam menghadapi perubahan di masa mendatang (Sharma, 2016).

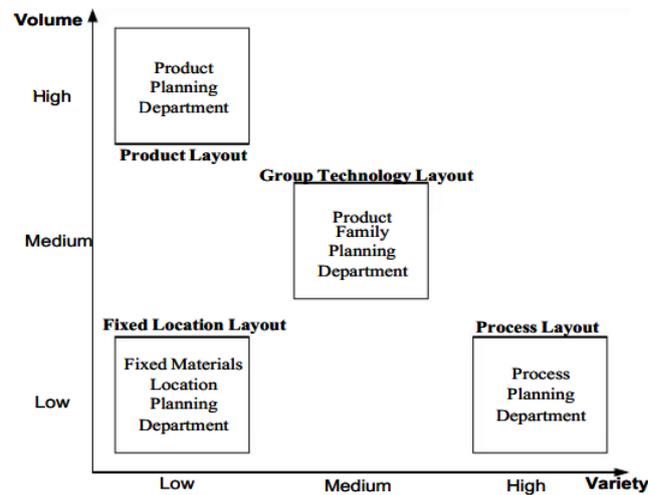
Pengaturan tata letak pabrik harus direvisi jika operasi tidak efisien, terdapat perubahan dalam desain produk atau jasa, atau ada perubahan dalam proses produksi, campuran produksi, atau jumlah output. Alasan lain dapat meliputi kemacetan di pabrik, kurangnya ruang penyimpanan, tingginya tingkat kecelakaan, atau perubahan dalam regulasi. (Sharma, 2016)

2.10 Jenis Tata Letak

Terdapat empat kategori dasar tata letak yang bisa diterapkan dalam perancangan fasilitas pabrik. Setiap kategori memiliki keunggulan dan kelemahan yang harus dipertimbangkan (Tomkins, 2010). Kategori ini dapat dikelompokkan sebagaimana yang ditunjukkan dalam ilustrasi pada Gambar 1. Harap dicatat bahwa pemilihan tipe tata letak yang tepat untuk suatu pabrik tidak selalu identik dari satu pabrik ke pabrik lainnya. Faktor-faktor seperti tingkat produksi dan karakteristik

dari pabrik tersebut memainkan peran penting dalam menentukan pilihan paling sesuai.

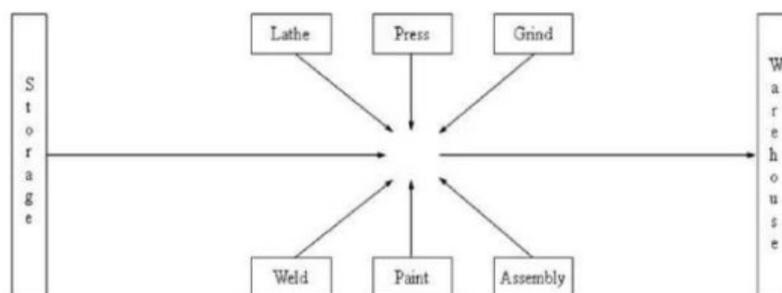




Gambar 23 Klasifikasi Volume-Variasi Tata Letak (sumber: Tomkins 2010, h. 72)

1. Fixed Product Layout

Dalam *fixed product layout*, stasiun kerja yang digunakan untuk proses produksi tetap dan tidak berpindah. Tata letak ini sering digunakan dalam konteks perakitan pesawat terbang atau pembuatan kapal. *Fixed product layout* cocok untuk situasi di mana produk dibuat sesuai pesanan (*make-to-order*) dengan volume produksi yang terbatas. Ilustrasi mengenai *fixed product layout* dapat dilihat pada Gambar 2.



Gambar 24 Fixed Product Layout (sumber: Tomkins 2010, h. 289)

Kelebihan dan kekurangan dari *fixed product layout* ini adalah sebagai berikut (Tomkins, 2010)



Tabel 6 Kelebihan dan kekurangan *fixed product layout*

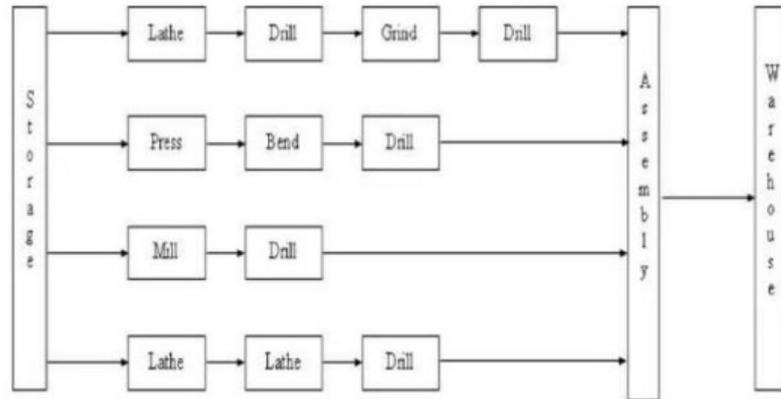
| Kelebihan | Kekurangan |
|---|---|
| Reduksi dalam pergerakan material merupakan efek positif pertama. | Meningkatkan mobilitas operator dan peralatan adalah keuntungan lainnya. |
| Membuka peluang bagi individu atau tim untuk melakukan pekerjaan dalam "lingkup pekerjaan keseluruhan." | Adanya potensi duplikasi peralatan menjadi salah satu karakteristiknya. |
| Kelangsungan operasi dan tanggung jawab tim menjadi fokus penting. | Memerlukan operator dengan keterampilan tinggi. |
| Tingkat fleksibilitas yang tinggi, dapat menyesuaikan diri dengan perubahan desain produk, variasi produk, dan volume produksi. | Pengawasan biasanya bersifat umum. |
| Keterlepasan dari pusat memungkinkan penjadwalan yang efisien untuk mencapai waktu produksi minimum. | Biaya material dan mesin yang tinggi, sekaligus pemanfaatan material yang rendah, adalah hal yang harus diperhitungkan. |

Sumber: Tompkins 2010, h. 290

2. *Product Layout*

Product layout dibuat berdasarkan urutan proses produksi yang dialami oleh tiap produk atau komponen. Material mengalir dari 1 stasiun ke stasiun lainnya berdekatan sehingga susunan dari stasiun-stasiun tersebut akan membentuk sebuah lintasan. *Product layout* digunakan untuk volume produksi tinggi dan variasi rendah. Gambaran mengenai *product layout* dilihat pada Gambar 3.





Gambar 25 Product Layout (sumber: Tomkins 2010, h. 289)

Kelebihan dan kekurangan dari *product layout* ini adalah sebagai berikut (Tomkins, 2010)

Tabel 7 Kelebihan dan kekurangan *product layout*

| Kelebihan | Kekurangan |
|--|--|
| Tata letak dirancang untuk menciptakan aliran yang lancar dan sesuai dengan urutan operasi | Jika ada kerusakan pada salah satu mesin, maka akan berdampak pada berhentinya proses berikutnya dalam lintasan tersebut |
| Inventori dalam prosesnya minim (materi mentransfer dari satu langkah ke langkah berikutnya). Waktu total produksi per unit relatif singkat. | Perubahan desain produk karena tata letaknya didasarkan pada produk. Kecepatan produksi ditentukan mesin bekerja dengan durasi terpanjang. |
| Aktivitas material handling berkurang. | Pengawasan bersifat umum dan bukan khusus. |
| Operator dengan keterampilan rata-rata, pelatihan yang sederhana, dan biaya pelatihan rendah. | Memerlukan investasi besar karena mesin serupa terkadang didistribusikan sepanjang aliran produksi. |
| Sistem perencanaan produksi bisa dikelola dengan mudah. | |

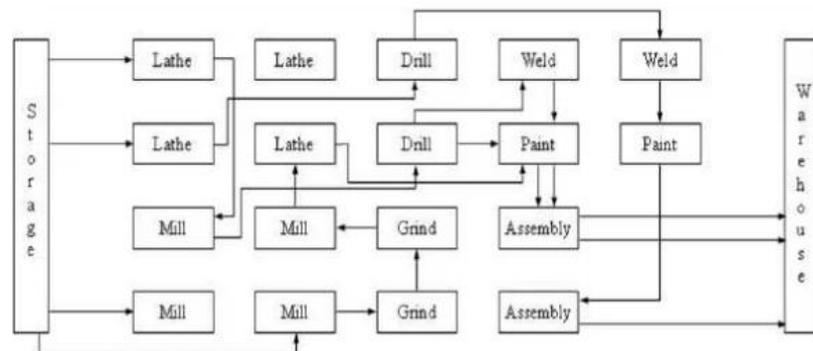
Sumber: Tompkins 2010, h. 290



ess layout

ut ini cocok untuk situasi di mana volume produksi rendah dan variasi uk tinggi, seperti yang ditemukan dalam sistem manufaktur batch dan job

shop. Tata letak ini dikembangkan dengan mengelompokkan proses-proses serupa. Anda bisa melihat contoh tata letak ini dalam Gambar 4.



Gambar 26 Process Layout (sumber: Tompkins 2010, h. 289)

Kelebihan dan kekurangan dari *process layout* ini adalah sebagai berikut (Tomkins, 2010)

Tabel 8 Kelebihan dan kekurangan *process layout*

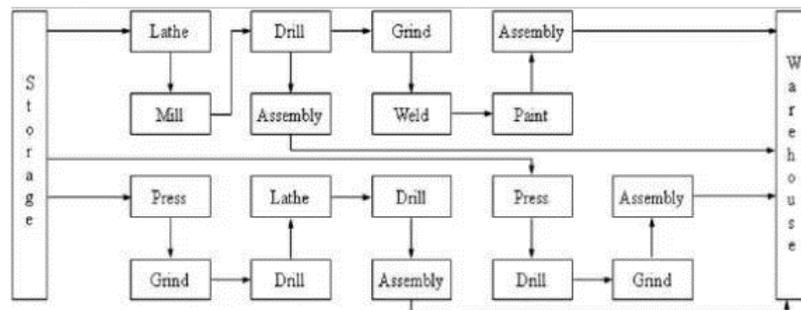
| Kelebihan | Kekurangan |
|---|--|
| Mesin dimanfaatkan secara optimal | Memerlukan peralatan pengangkut yang mahal karena lintasannya panjang |
| Tingkat fleksibilitas tinggi terhadap penggunaan peralatan atau operator untuk tugas-tugas khusus | Keterkaitan erat antara perencanaan produksi dan sistem pengendalian |
| Memerlukan investasi yang relatif kecil | Waktu total produksi lebih lama |
| Operator tidak cepat merasa jenuh dengan pekerjaannya karena melibatkan berbagai tugas | Inventori cenderung lebih besar karena ada banyak barang dalam proses produksi (WIP) |
| Memungkinkan dilakukan pengawasan khusus | Memerlukan area penyimpanan sementara |
| | Operator yang diperlukan harus memiliki keterampilan tinggi. |

Sumber: Tompkins 2010, h. 291



...p technology layout

Prinsip tata letak berbasis grup teknologi memungkinkan penggunaan sistem dengan ukuran batch kecil yang mirip dengan produksi dalam suatu workshop, dan sekaligus menjaga fleksibilitas sistem job shop. Tata letak ini dirancang dengan cara mengelompokkan komponen-komponen untuk membentuk sejumlah keluarga produk. Ilustrasi tentang tata letak berdasarkan prinsip grup teknologi dapat ditemukan dalam Gambar 5.



Gambar 27 Group technology layout (sumber: Tompkins 2010, h. 289)

Kelebihan dan kekurangan dari *Group technology layout* ini adalah sebagai berikut (Tomkins, 2010)

Tabel 9 Kelebihan dan kekurangan *Group technology layout*

| Kelebihan | Kekurangan |
|--|---|
| Meningkatkan efisiensi penggunaan mesin | Memerlukan pengawasan umum |
| Mendorong kerjasama tim yang efektif | Mengharuskan operator yang sangat terampil |
| Menggabungkan keunggulan dari tata letak berbasis produk dan proses, memberikan manfaat maksimal | Menggabungkan pendekatan tata letak produk dan proses, dengan beberapa kendala yang terkait |
| Mendukung penggunaan peralatan secara umum | Mengharuskan penyediaan ruang penyimpanan sementara |
| Menyediakan jarak transportasi yang lebih pendek dan efisien daripada tata letak berbasis proses | Penggunaan mesin kurang efisien dibandingkan dengan tata letak berbasis proses |

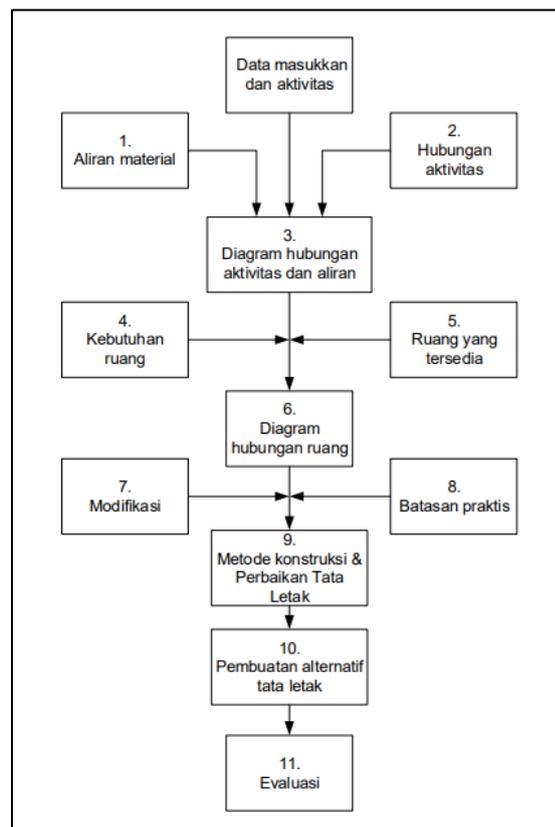
Sumber: Tompkins 2010, h. 291



2.11 Systematic Layout Planning (SLP)

Systematic Layout Planning (SLP) merupakan suatu pendekatan yang digunakan dengan tujuan untuk meningkatkan efisiensi aliran dalam suatu lingkungan kerja melalui perancangan tata letak yang optimal. Metode ini memperhatikan urutan proses produksi serta interaksi antara setiap aktivitas yang terjadi dalam suatu sistem kerja. Dengan menerapkan SLP, perancang dapat merancang tata letak dan fasilitas yang memungkinkan aliran material dan informasi berlangsung secara lancar dan efisien.

SLP melibatkan langkah-langkah analitis yang cermat dalam proses perancangan. Pertama, analisis menyeluruh dilakukan untuk memahami sepenuhnya kebutuhan produksi, alur kerja, dan interaksi antara berbagai elemen dalam lingkungan kerja. Setelah itu, perancang menggunakan informasi ini untuk merancang layout yang mengoptimalkan penggunaan ruang, meminimalkan waktu perjalanan material, dan memfasilitasi proses produksi yang efisien.



Gambar 28 Diagram alir SLP



Gambar menggambarkan langkah-langkah konkret yang harus diikuti dalam proses perancangan tata letak berdasarkan metode SLP. Ini mungkin mencakup langkah-langkah seperti analisis alur kerja, pemetaan zona kerja, penentuan lokasi fasilitas, dan evaluasi berkelanjutan untuk memastikan keberhasilan implementasi. Dengan demikian, SLP memberikan suatu kerangka kerja yang sistematis dan terstruktur untuk merancang tata letak dan fasilitas dengan tujuan meningkatkan efisiensi operasional dan kinerja keseluruhan suatu sistem kerja.

2.12 Activity Relationship Chart (ARC)

Metode ARC adalah pendekatan simpel digunakan untuk merencanakan tata letak fasilitas atau departemen dengan mempertimbangkan tingkat hubungan antara aktivitas, yang cenderung berdasarkan penilaian subyektif mengenai fasilitas dan departemen tersebut (Wignjosoebroto, 2000).

Dalam merancang tata letak fasilitas atau departemen mendasarkan pada derajat hubungan aktivitas dan dianalisis dengan menggunakan kode huruf yang mencerminkan tingkat kedekatan hubungan antar departemen. Kode huruf tersebut juga dijelaskan dengan kode angka yang mengindikasikan alasan di balik pemilihan kode huruf tersebut. Pembuatan metode ARC melibatkan serangkaian langkah-langkah, termasuk (Tomkins, 2010):

- a) Membuat daftar semua departemen yang akan dimasukkan dalam relationship chart.
- b) Menentukan kriteria yang akan digunakan untuk menilai tingkat kedekatan antar departemen dan merinci kriteria tersebut. Kriteria ini digunakan sebagai alasan untuk memberi nilai hubungan dalam relationship chart.
- c) Menetapkan nilai hubungan dan memberikan alasan nilai yang diberikan untuk setiap pasangan departemen dalam relationship chart.

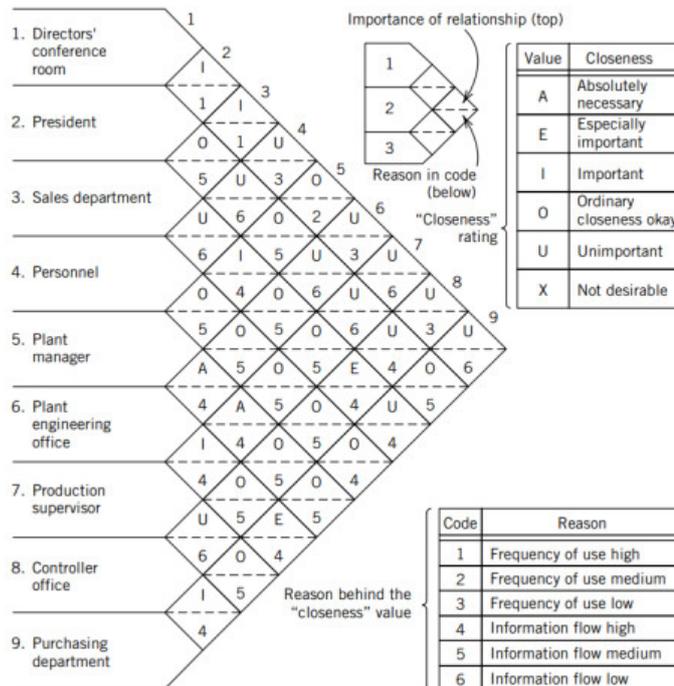
Richard Muther memperkenalkan teknik analisis ARC, yang melibatkan penentuan tingkat pentingnya hubungan antar aktivitas atau lokasi dengan menggunakan notasi huruf.



Tabel 10 Huruf dan arti dalam ARC

| Kode | Arti |
|------|-----------------------------|
| A | <i>Absolutely necessary</i> |
| E | <i>Especially important</i> |
| I | <i>Important</i> |
| O | <i>Ordinary closeness</i> |
| U | <i>Unimportant</i> |
| X | <i>Undesirable</i> |

Saat menyusun ARC, alasan yang mendukung setiap tingkat hubungan perlu diidentifikasi dan diberi nomor, yang kemudian dicatat di bagian bawah ARC. Beberapa contoh alasan yang dapat digunakan untuk menilai hubungan antara aktivitas atau lokasi termasuk penggunaan informasi, personil, ruang, keamanan, kebersihan, aliran material atau data langsung, penggunaan peralatan dan fasilitas yang sama, serta kebutuhan koordinasi antar personil.



Gambar 29 Relationship chart



2.13 Algoritma Konstruksi BLOCPLAN

BLOCPLAN adalah sistem perancangan tata letak fasilitas yang dikembangkan oleh Donaghey dan Pire di Departemen Teknik Industri, Universitas Houston. Program ini dibuat untuk membuat dan mengevaluasi tata letak fasilitas berdasarkan data masukan. BLOCPLAN menggunakan keterkaitan fasilitas sebagai input data.

BLOCPLAN adalah singkatan dari *Block Layout Overview with Computerized Planning using Logic and Algorithm*. Algoritma BLOCPLAN dapat menggunakan data kuantitatif dari *Activity Relationship Chart (ARC)* atau data aliran produk dan ukuran area bangunan (Widodo, 2006). Proses pengembangan layout dalam BLOCPLAN melibatkan penggunaan tiga cara, yaitu secara acak (*random*), dengan algoritma perbaikan (*Improvement Algorithm*), dan dengan algoritma pencarian otomatis (*Automatic Search Algorithm*). Prinsip analisis BLOCPLAN adalah memilih layout terbaik berdasarkan nilai *R-Score* terbesar dari 20 iterasi, dengan nilai *Rel-disk score* yang terkecil sebagai penentu jika terdapat nilai *R-Score* yang sama.

Langkah-langkah penggunaan software BLOCPLAN terdiri dari memasukkan departemen beserta luas area, *Activity Relationship Chart*, dan data luas lokasi. Kemudian, pengguna memilih jenis layout dan membuatnya secara acak. Hasil layout dievaluasi, dan proses ini dapat diulang hingga maksimal 20 kali.

Dalam pemilihan layout dengan mempertimbangkan nilai *layout score* dan *real dist*, umumnya yang diinginkan adalah nilai yang paling besar untuk *layout score* dan nilai yang paling kecil untuk *real dist*. Ini karena:

- *Layout Score* yang Paling Besar:
Sebuah *layout score* yang besar menandakan kualitas tata letak yang tinggi. Semakin besar skor, semakin baik tata letaknya dianggap. Skor yang tinggi biasanya mencerminkan efisiensi penggunaan ruang, optimalisasi aliran kerja, dan pemenuhan kebutuhan fungsional.
- *Real Dist* yang Paling Kecil:

real dist atau nilai jarak nyata yang paling kecil menandakan bahwa terdapat ketergantungan atau jarak antar aktivitas yang minimal. Semakin



kecil nilai *real dist*, semakin dekat dan terkait antar aktivitas, yang dapat meningkatkan efisiensi operasional dan aliran kerja.

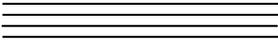
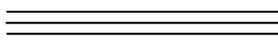
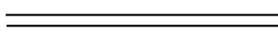
Dalam banyak kasus, evaluasi holistik yang mempertimbangkan kedua faktor ini bersama-sama akan memberikan pandangan yang lebih komprehensif dan membantu memastikan bahwa tata letak yang dipilih memenuhi berbagai aspek kebutuhan dan tujuan yang telah ditetapkan.

2.14 Activity Relationship Diagram (ARD)

Activity relationship diagram (ARD) merupakan tahapan lanjutan dari *Activity Relationship Chart* (ARC), di mana ARC memberikan informasi tentang tingkat kepentingan antar aktivitas. Dengan kata lain, ARC menunjukkan bahwa beberapa aktivitas harus berdekatan dengan aktivitas lainnya, dan sebaliknya. Oleh karena itu, hubungan antar aktivitas tersebut memengaruhi tingkat kedekatan dalam tata letak aktivitas. Detail mengenai kedekatan tata letak tersebut diilustrasikan melalui *Activity relationship diagram*(ARD).

Pembuatan ARD dilakukan dengan pendekatan Systematic Layout Planning, yaitu dengan menggambar diagram balok yang dihubungkan dengan suatu garis tertentu. Terdapat beberapa jenis garis yang mendeskripsikan Tingkat hubungan kedekatan antar fasilitas, yaitu (Muther, 2015)

Tabel 11 Jenis garis dalam ARD

| Jenis garis | bentuk garis | Kode |
|------------------------------------|--|------|
| 4 garis lurus |  | A |
| 3 garis lurus |  | E |
| 2 garis lurus |  | I |
| 1 garis lurus |  | O |
| Tidak ada garis | | U |
| 1 garis lengkung atau bergelombang |  | X |

