



BAB 2

TINJAUAN PUSTAKA

2.1. Beberapa Ahli Teknologi Produksi Kapal Terkemuka

Berbagai literature yang digunakan sebagai referensi utama pada penelitian ini merupakan karya-karya ilmiah dari beberapa ahli teknologi produksi kapal terkemuka, antara lain :

- Louis D. Chirillo : Beliau memiliki pengalaman 30 tahun lebih dalam bidang produksi kapal, Manajer Program R & D pada Todd-Pacific Shipyards, dan sangat familiar dengan Japanese Shipbuilding Technology. Beliau telah menulis banyak karya ilmiah yang dipublikasikan oleh The National Shipbuilding Research Program (NSRP).
- Prof. DR. Richard L. Storch (Dept. of Mechanical Engineering, University of Washington) : Sebagai anggota SNAME Ship Production Committee, beliau telah menulis banyak karya ilmiah mengenai A/C dan Teknologi Bangunan Kapal, dan pernah melakukan penelitian mengenai A/C pada Lockheed Shipbuilding.
- Thomas Lamb : Beliau memiliki pengalaman 30 tahun lebih dalam bidang produksi kapal di Inggris dan Amerika Serikat, dan juga sebagai anggota NSRP yang telah menulis banyak karya ilmiah.

2.2. Sejarah Singkat Metode Advanced Outfitting

Terciptanya metode advanced outfitting berawal dari keinginan Dr. Hisashi Shinto, Direktur IHI Jepang (Ishikawajima-Harima Heavy Industries Co. of Japan) pada tahun 1950-an, untuk meningkatkan efisiensi pekerjaan outfitting yang konvensional.

Pada saat itu, pekerjaan outfitting dikenal sebagai pekerjaan yang membutuhkan waktu lama dan pekerja yang banyak (time consuming and labour intensive). Pekerjaan ini meliputi pembelian atau pembuatan material-material outfitting dan pemasangannya pada badan kapal yang telah selesai dirakit. Dalam



melakukan pekerjaan ini, para pekerja berpedoman pada gambar-gambar sistim (line diagram) yang dibuat untuk merencanakan dan menunjukkan fungsi sistim-sistim yang ada di kapal. Dibandingkan dengan pekerjaan konstruksi yang sudah dapat dilakukan dengan efisiensi tinggi, efisiensi pekerjaan outfitting pada saat itu masih sangat rendah.

Keadaan itulah yang kemudian mendorong beliau untuk memikirkan suatu cara untuk meningkatkan efisiensi pekerjaan outfitting. Setelah mengamati pekerjaan outfitting yang kompleks di kamar mesin hampir 2 jam setiap hari selama beberapa bulan, beliau mencoba mengembangkan ide untuk melakukan pekerjaan outfitting zona demi zona. Dengan kata lain, kapal dibagi menjadi beberapa zona pengerjaan yang dilakukan dengan membuat gambar-gambar komposit (*composite drawings*) untuk mengorganisasi pekerjaan dalam zona-zona tersebut.

Gambar komposit untuk masing-masing zona tersebut dibuat dengan membagi gambar-gambar diagram garis atau system arrangement pada sistim konvensional dan pengelompokannya sesuai dengan zonanya, dengan tidak memperhatikan fungsi masing-masing sistim tersebut. Dengan demikian dalam suatu gambar komposit akan terdapat informasi teknis mengenai motor bantu, pipa, kabel listrik dan lain-lain dari berbagai sistim yang ada di kapal. Material atau peralatan yang dibeli untuk masing-masing zona tersebut disediakan dalam palet-palet yang disusun berdasarkan urutan pengerjaan dalam zona-zona tersebut.

Setelah masa implementasi yang cukup lama, khususnya untuk mengubah kebiasaan kerja pada bagian disain dan produksi dari sistim yang konvensional ke sistim yang baru, ide tersebut menjadi kenyataan pada tahun 1957. Metode inilah yang kemudian dikenal sebagai *zone outfitting* atau *advanced outfitting* dan apabila tingkatan pekerjaan outfitting yang diselesaikan sebelum peluncuran mencapai 90% atau lebih, metode ini dikenal sebagai *full outfitting block system*.

Dengan metode inilah kemudian Jepang mendominasi pasaran perkapalan dunia pada tahun 1970-an. Teknologi ini tetap tertutup di luar Jepang sampai kira-kira tahun 1970-an, ketika galangan-galangan kapal di Amerika melakukan alih teknologi dari IHI Jepang, yang kemudian didokumentasikan oleh *National Shipping Research Program (NSRP)*, sebuah lembaga di bawah SNAME Ship Production Committee.



2.3. Tahapan Perkembangan Teknologi Produksi Kapal

Dalam evaluasi tentang perkembangan teknologi produksi kapal yang telah dilakukan oleh Chirillo (Chirillo, 1980), sistim modul yang merupakan bagian dari metode advanced outfitting berada pada tahapan ketiga. Perkembangan teknologi produksi kapal oleh beliau dibagi menjadi 4 (empat) tahapan, berdasarkan teknologi yang digunakan pada proses construction dan outfitting.

a. *Conventional Construction dan Outfitting*

Tahapan pertama ini diberi nama tahapan sistim karena pekerjaan produksi dipusatkan pada masing-masing sistim fungsional. Kapal direncanakan dan dibangun sebagai suatu sistim.

Pertama lunas diletakkan, kemudian gading-gadingnya dipasang dan kulitnya. Bila badan kapal hampir selesai, pekerjaan outfitting dimulai. Pekerjaan outfitting direncanakan dan dikerjakan sistim demi sistim, seperti pemasangan ventilasi, sistim pipa, listrik dan mesin. Pengorganisasian pekerjaan sistim demi sistim merupakan halangan untuk mencapai produktivitas yang tinggi. Mengatur dan mengawasi pekerjaan pembuatan kapal menggunakan ratusan pekerja adalah sangat sukar. Kegagalan seorang pekerja menyelesaikan suatu pekerjaan yang diperlukan oleh pekerja lain sering mengakibatkan "overtime" untuk pekerja tersebut dan "idleness" bagi pekerjaan yang lain. Selain itu, hampir semua aktivitas produksi dikerjakan di building berth pada posisi yang relatif sulit. Semua keadaan diatas pada prinsipnya sangat menghalangi usaha-usaha untuk menaikkan produktivitas.

b. *Hull Block Construction Method dan Pre Outfitting*

Tahapan ini dimulai dengan dipakainya teknologi pengelasan pada pembuatan kapal. Proses pembuatan badan kapal menjadi proses pembuatan blok-blok atau seksi-seksi yang dilas, seperti seksi geladak dan kulit, dll, yang kemudian dirakit menjadi badan kapal. Perubahan ini diikuti dengan perubahan pada pekerjaan outfitting, dimana pekerjaan ini dapat dikerjakan pada blok dan pada badan kapal yang sudah jadi. Perubahan ini dikenal dengan nama "Pre-outfitting".

Tahapan kedua ini masih dipertimbangkan "tradisionil", karena design, material definition dan procurement masih dikerjakan sistim demi sistim. Sedang



proses produksinya diorganisasi berdasarkan zone, sehingga tahapan ini juga dikenal sebagai tahapan "system/stage". Karena adanya dua aspek yang bertentangan antara perencanaan dan pengerjaannya, banyak kesempatan untuk perbaikan produktivitas tidak dapat dilakukan.

c. *Process Lane Construction dan Zone Outfitting*

Tahapan berikutnya diberi nama "zone/area/stage". Kebanyakan galangan di Jepang dan Eropa menggunakan sistim ini. Evolusi dari teknologi pembangunan kapal modern dari metode tradisional dimulai pada tahapan ini. Tahapan ini ditandai dengan "Process Lane Construction" dan "Zone Outfitting", yang merupakan aplikasi Group Technology pada "hull construction" dan "outfitting work". *Group technology* adalah suatu metode analitis untuk secara sistematis mengklasifikasikan "products" dalam kelompok-kelompok yang mempunyai kesamaan dalam perencanaan maupun dalam proses produksinya.

Process Lane dari segi praktis adalah suatu seri "work stations" yang dilengkapi dengan fasilitas produksi (mesin, peralatan dan tenaga kerja dengan keahlian khusus) untuk membuat satu kelompok produk yang mempunyai kesamaan dalam proses produksinya. Suatu contoh pengelompokan adalah sebagai berikut : pertama adalah process lane untuk sub-assembly bentuk yang datar, kedua untuk sub-assembly bentuk yang mempunyai kelengkungan dan ketiga untuk sub-assembly bentuk yang mempunyai bentuk yang kompleks. Dengan pengelompokan seperti ini, berarti galangan mengelompokkan proses produksi berdasarkan kesamaan proses produksi, yang memungkinkan pekerja berpengalaman menyelesaikan pekerjaan-pekerjaan di work station tempat mereka bekerja. Ini adalah suatu faktor yang penting untuk mencapai produktivitas yang tinggi.

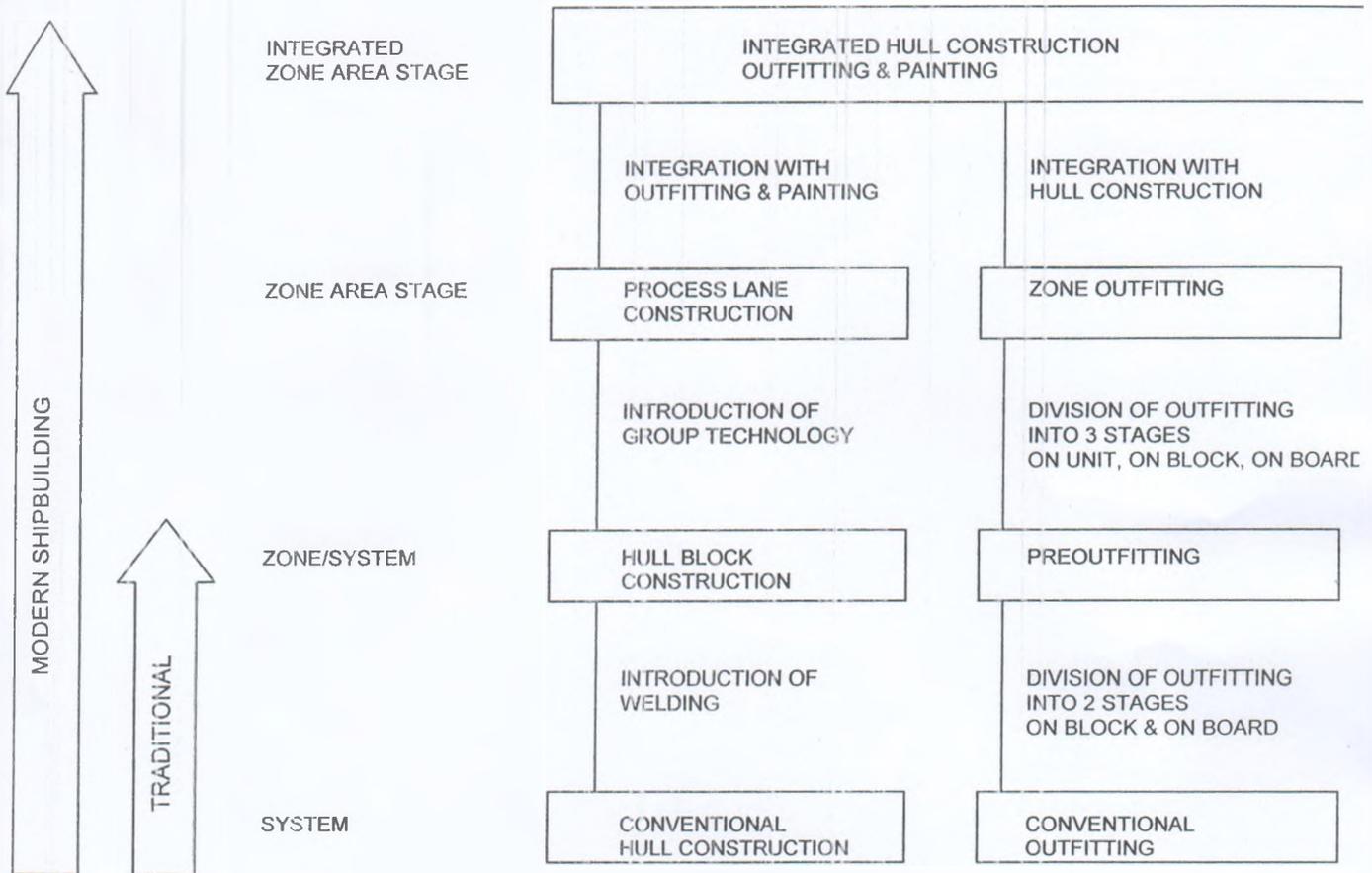
Zone Outfitting adalah teknologi kedua yang membedakan tahapan ini dengan metode tradisional. Istilah "zone outfitting" berarti membagi pekerjaan ini menjadi "region/zone", tidak berdasarkan sistim fungsionalnya. Karakteristik berikutnya dari metode ini adalah dibaginya pekerjaan outfitting menjadi tiga "stage" atau tahapan, ialah **on-unit, on-block, dan on-board**. Galangan modern secara sistematis berusaha meminimalkan pekerjaan outfitting on-board.



d. 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 "advanced" di industri perkapalan, yang hanya dicapai oleh IHI Jepang. Pada tahapan ini proses pengecatan dilakukan sebagai bagian dari proses pembuatan kapal yang terjadi 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*".

Dapat dilihat dari uraian diatas tahapan teknologi yang ingin dicapai oleh galangan kapal di Indonesia adalah Process Lane Construction dan Zone Outfitting atau tahapan berikutnya.



Gambar 2-1 Perkembangan Teknologi Produksi (Chirillo, 1980)



2.4. Fasilitas Sarana & Prasarana Di Galangan X

Unit Galangan X Di Jakarta Utara adalah galangan perluasan dari PT. Pelita Bahari. Sebagai galangan yang telah ada sejak zaman Orde Lama (untuk landas luncurnya/slipway yang dibangun oleh Belanda). Unit Galangan X mempunyai luas sekitar 25 Ha. Adapun lay out galangan dapat dilihat pada lampiran.

Bengkel kerja, peralatan dan tenaga kerja di Unit Galangan X merupakan sarana penunjang dalam kegiatan kerjanya. Bengkel fabrikasi menangani dan melaksanakan pembangunan kapal baru dan di dalam pengembangannya nanti juga akan menangani reparasi hal-hal yang berhubungan dengan material plat baja, profil dan pekerjaan pengelasan.

Flow of material pada bengkel fabrikasi meliputi beberapa tahapan yaitu :

1. Plate Store

Material utama dalam pembangunan kapal Tanker 1500 DWT adalah baja dalam berbagai bentuk seperti pelat, profil, benda-benda tempa dan cor. Baja yang digunakan seluruhnya adalah baja import yang berasal dari Rumania.

Material pelat dan profil disimpan pada daerah penyimpanan pelat untuk selanjutnya dibawa ke bengkel fabrikasi dengan memakai peralatan alat angkat (crane). Yang perlu diperhatikan dalam transportasi material antara lain adalah kemampuan alat transport harus sesuai dengan berat barang yang harus diangkat serta macam barang yang diangkat.

Penyimpanan material disiapkan sehari sebelumnya, dan dapat dilakukan menurut sistem ukuran dan kualitas material atau menurut sistem urutan pengerjaan. Alat transportasi paling penting di dalam gudang pelat adalah crane/keran. Di dalam gudang pelat, keran yang digunakan adalah keran jembatan atau keran portal. Keran jembatan pada prinsipnya mempunyai jembatan yang bergerak di atas rel layang.

2. Pengerjaan Awal Material (Pre Assembly)

Pelat dan profil setelah diwals di pabrik, karena proses pendinginan yang tidak merata selalu mempunyai tegangan internal (tegangan dalam) yang menyebabkan timbulnya deformasi pada material. Deformasi ini bertambah karena akibat transportasi yang kurang hati-hati dari pabrik ke galangan. Perubahan ini harus ada



batas toleransi yang ditetapkan sehingga tidak akan menimbulkan kesukaran pada saat proses assembling.

Pengerjaan awal terdiri dari :

a. Penglurusan Pelat

Untuk mengembalikan material kepada bentuk yang diinginkan, maka material pelat dalam rangka pengerjaan awal perlu diluruskan terlebih dahulu. Biasanya penyimpangan pelat bentuknya berupa lekukan lokal, lengkungan searah dan bergelombang. Sedangkan penyimpangan bentuk profil adalah lengkungan pada kakinya, gelombang pada sisi bebas dari kaki profil dan puntiran. Penglurusan untuk pelat dilakukan dengan proses wals dingin (tanpa panas) dengan mesin wals penglurus. Sedangkan untuk profil dengan mesin pres.

b. Pembersihan

Pada waktu pembuatan pelat dan profil, timbul lapisan kulit kerak yang disebabkan karena proses wals. Kulit kerak ini terdiri atas lapisan-lapisan oksida. Lapisan pertama yang langsung menempel pada bahan dasar adalah Fe.O kemudian lapisan Fe.O +Fe₃O₄ serta lapisan Fe₃O₄. Lapisan paling luar adalah Fe₂O₃. Pembersihan karat dan lapisan kerak di pabrik/lapangan dilakukan dengan cara manual dan bantuan alat-alat seperti alat pneumatis/mechanis yaitu shot/sand blasting, proses thermis dan proses kimiawi.

- Proses Thermis

Dilaksanakan dengan menyemburkan api pada permukaan profil/pelat. Proses ini hanya dilaksanakan di landas bangun karena kecepatannya rendah (5m² s/d 15m²/jam).

- Proses Kimiawi

Didasarkan atas perbedaan reaksi bahan dasar dan kulit kerak terhadap asam. Sering digunakan untuk pelat-pelat tipis (4 mm – 5 mm).

- Proses Mekanis

Dengan menggunakan alat pneumatis seperti shot/sand blasting (semburan pasir). Banyak digunakan pada fase pengerjaan awal.



c. Konservasi Awal

Untuk menghindari pembentukan karat pada permukaan material yang sudah dibersihkan, maka sebaiknya langsung setelah proses pembersihan permukaan material tersebut dicat dengan cat primer. Konservasi awal dengan cat primer tidak perlu dilaksanakan apabila dalam proses produksi selanjutnya tidak terpengaruh oleh cuaca pada kelembaban udara relatif 65%. Cat konservasi awal ini dapat bertahan efektif antara tiga sampai enam bulan tergantung dari waktu antara pembersihan dan saat menempelkan cat pada material.

3. Pembuatan Elemen

Setelah pengerjaan awal, proses berikutnya adalah pembuatan elemen-elemen kapal. Pada proses ini pekerjaan yang terpenting adalah marking (penandaan), cutting (pemotongan), forming (pembentukan), bending (pembengkokan).

Tabel 2-1 Peralatan Galangan X

No.	Nama Alat	Tipe/Ukuran	Merk	Jumlah
1	Rell Crane	45 ton	-	1
2	Rell Crane	100 ton	-	2
3	Rell Crane	32 ton	-	1
4	Forklift	4,5 ton	Nissan	2
5	Forklift	8 ton	Hyster	1
6	Mobil Truck	5 ton	Fuso	2
7	Mobil Crane	150 ton	Hitachi	1
8	Mobil Crane	18 ton	Grove	1
9	Mobil Crane	2 ton	Uniz	1
10	Gerobak / Lori	250 ton	Ex Norway	1
11	Genset Diesel	375 KW-380 V	Caterpillar	2
12	Compressor Listrik	75 KW-380 V	Hitachi	5
13	Air Dryer	HDW-150 X	Hitachi	2
14	Weld Diesel Engine	5,5 KW-250 A	Denso	1
15	Compresor Listrik	7 ton	Denso	1
16	Gentry Crane	15 ton	Ex Norway	2
17	Travo Las AC	LAE 800	NoroGas	90
	Travo Las DC	LAE 600	Lincoln Otomat	4
	Travo Las DC	LAE 100	Electro Belgium	2
	Travo Las DC	TT 200	Fronius / SS	2
	Travo Las DC	GTEG 200	Denki	1



No.	Nama Alat	Tipe/Ukuran	Merk	Jumlah
	Travo Las DC	GTEG 160	Polysonde	1
	Travo Las DC	KAS 20	K. Jellberg	2
	Travo Las DC	ALPA 800	Welson	1
18	Dongkrak Manual	60 ton	Power Team	1
19	Dongkrak Manual	50 ton	Enerpac	3
20	Dongkrak Manual	10 ton	Enerpac	4
21	Takal Kontrek	3 ton	Shrang	11
22	Takal Kontrek	6 ton	Shrang	5
23	Takal Rantai	3,5 & 10 ton	Shrang	39
24	Travo Las DC	RC 500	Esab	97
25	Travo Las DC	LHD 453	Tilarc	15
26	Travo Las DC	LN 25, 600	Lincoln Feder	46
27	Travo Las AC	THF 400	Esab	12
28	Over Head Crane	10 ton	-	3
29	Over Head Crane	15 ton	-	1
30	Over Head Crane	5 ton	-	1
31	Over Head Crane	3 ton	-	1
32	Lampu Potong Optis	25 / 30	Combirex	1
33	Mesin Rel Plat	30 mm	Arbeid	1
34	Mesin Bending Plat	350 ton	Zicom	1
35	Mesin Bending Plat	350 ton	F. Jellman	1
36	Mesin Bending Plat	350 ton	Eclair	1
37	Gentry Crane	15 ton	-	2

2.5. Spesifikasi Kapal Tanker 1500 DWT

Berdasarkan obyek penelitian, diambil salah satu produksi kapal dari galangan Kapal X yaitu Kapal Tanker 1500 DWT yang mempunyai spesifikasi sebagai berikut :

Kapal Tanker yang digunakan :

1. Tipe Kapal : Tanker
2. Bahan : Baja
3. Ukuran Utama :
 - Panjang seluruhnya (LOA) = 66 m
 - Panjang antara garis tegak (LBP) = 62 m
 - Lebar Kapal (B) = 13,80 m
 - Tinggi kapal (D) = 5,50 m
 - Sarat Air Kapal (d) = 4,00 m
 - Bobot Mati (DWT) = 1500 Ton



KOEFISIEN-KOEFISIEN :

- Block Coefficient (cb) = 0,727
- Mid Ship Coefficient (cm) = 0,993
- Water Plane Area Coefficient (cw) = 0,832
- Longitudinal Prismatic Coefficient (cp) = 0,732
- Volume Displacement (V) = 2609 m³

MESIN UTAMA :

- Merk = YANMAR / T 260-ET
- Tipe = 4 Cycle Vert Diesel Engine
- No. of set = one (1)
- Maximum cont output = 1500 PS / 700 Rpm
- Normal Output (90% MCO) = 1350 PS
- No. of Cylinder = 6
- Stroke = 330 mm
- Design fuel rate at NCR = 148 gr/PS/hr + 3%
- Direction of Rotation = clockwise looking from Aft.

Untuk spesifikasi sistim pemipaan di kamar mesin dapat dilihat di lampiran.