



INSTITUT TEKNOLOGI ADHI TAMA SURABAYA
Program Hibah Kompetisi A-2
Jurusan Teknik Perkapalan



S E R T I F I K A T

Diberikan kepada :

Intan Baroroh

Sebagai :

Pemakalah

Dalam Seminar Nasional:

" TEKNOLOGI DAN MANAJEMEN PRODUKSI PEMBANGUNAN KAPAL DI INDONESIA "

Pada Tanggal 10 Desember 2008, di Kampus Institut Teknologi Adhi Tama Surabaya (ITATS)

Surabaya, 10 Desember 2008

Dekan,
Fakultas Teknologi Mineral dan Kelautan

A. Kholrul Anam, ST.MT.

NIP. 951056

ISBN 978-979-15621-2-6

② $\frac{p}{m} = \frac{m}{m}$

Prof.
Intan

PROSIDING

SEMINAR NASIONAL TEKNOLOGI DAN MANAJEMEN PRODUKSI PEMBANGUNAN KAPAL DI INDONESIA



10 DESEMBER 2008

KAMPUS INSTITUT TEKNOLOGI ADHI TAMA SURABAYA

DISELENGGARAKAN OLEH:

JURUSAN TEKNIK PERKAPALAN

INSTITUT TEKNOLOGI ADHI TAMA SURABAYA (ITATS)

DENGAN

PROGRAM HIBAH KOMPETISI A2, KPIPT DIRJEN DIKTI

DEPARTEMEN PENDIDIKAN NASIONAL



KATA PENGANTAR

Salah satu sektor yang sampai saat ini belum tergarap secara maksimal adalah sektor maritim yang mempunyai luas sumber daya kurang lebih 2/3 dari seluruh luas Indonesia. Menurut Dahuri (2003) terdapat tujuh sumber daya maritim yang cukup potensial, dan saat ini ibarat raksasa ekonomi yang sedang tidur. Sektor maritim yang mengandung sumberdaya alam hayati dan non hayati, meliputi: perikanan, pertambangan, energi dan perhubungan laut. Untuk menggarap sektor ini perlu dilakukan pengembangan sumber daya manusia, sarana dan prasarana, kerjasama sinergis antar lembaga dan adanya inovasi-inovasi teknologi.

Seminar Nasional dengan tema **“TEKNOLOGI DAN MANAJEMEN PRODUKSI PEMBANGUNAN KAPAL DI INDONESIA”** akan membahas masalah-masalah teknologi dan manajemen pembangunan kapal di Indonesia baik dari pendekatan sosial budaya, ekonomi, dan teknologi. Forum ini mempertemukan berbagai peserta dengan latar belakang yang berbeda untuk saling tukar pikiran dan pengalaman sesama para peserta, peneliti, instansi pemerintah, swasta dan industri.

Prosiding ini berisikan makalah-makalah yang merupakan hasil penelitian dan pemikiran konseptual dari berbagai staff peneliti, staf perguruan tinggi maupun instansi pemerintah dan swasta dari berbagai bidang dan disiplin yang mengarah ke transportasi laut. Diharapkan dari seminar ini akan terpetakan permasalahan dan kemungkinan penyelesaiannya sehingga dapat disumbangkan oleh Jurusan Teknik Perkapalan Institut Teknologi Adhi Tama Surabaya (ITATS) kepada pemerintah, sebagai tanda kepedulian terhadap permasalahan yang dihadapi oleh bangsa Indonesia saat ini.

Surabaya, Desember 2008

Ketua Pelaksana,

Ali Azhar

DAFTAR ISI

	Judul	halaman
1.	Survey Bangunan Baru (Zainul Arifin)	1-32
2.	Peranan Perguruan Tinggi dalam Perkembangan Teknologi Produk Perkapalan Di Indonesia (Sunaryo)	33-38
3.	Konfigurasi Katamaran Staggerred sebagai Proposal Kapal Hemat Energi (Murdijanto, I Ketut Aria Pria Utama)	39-49
4.	Studi Komparatif Pemasangan Bulbous Bow Tipe B, C dan R pada Kapal Penumpang dan Barang 500 GRT ditinjau dari Segi Hambatan Kapal (I Ketut Aria Pria Utama, P A Dewanda)	50-56
5.	Studi Pengembangan Model Manajemen Resiko Usaha Bangunan Baru pada Industri Galangan Kapal (Minto Basuki, Sjarief Widjaja)	57-66
6.	Formal Safety Asesment pada Bagian Kamar Mesin Kapal Fast Patrol Boat 38 M Milik Bea Cukai (Minto Basuki, Arief Rachman)	67-77
7.	Model Perhitungan Berat Konstruksi Kapal Baja (Pramudya IS, Ali Azhar, Sugiarto)	78-91
8.	Metode Full Outfiting Block Systems untuk Meningkatkan Produktifitas Pembangunan Kapal Di PT PAL Indonesia (Petrus Kelake Raya, Dodik Setyawan)	92-102
9.	Model Pemilihan dan Optimulisasi Alat Penangkapan Ikan Di Pantai Selatan Jawa Timur (Petrus Kelake Raya, Ali Azhar)	103-110
10.	Konsep Upaya Pembangunan Armada Perikanan Lokal yang Efisien (Irfan Eko Sandjaja, Nandiko Rizal)	111-118
11.	Teknologi Pembangunan Kapal Ikan Jenis FRP Long Line (Irfan Eko Sandjaja)	119-128
12.	Studi Perencanaan Kawasan Terpadu Industri Perkapalan berbasis Analisa Pasar (Kasus Daerah Tanjung Api-Api Propinsi Sumatera Selatan) (Triwilaswandio WP, Norman Thagard Arifin)	129-136

13. Perancangan Produk Dan Disain, Serta Karakteristik Produk Sabuk Pembalik Kapal Dalam Peningkatan Mutu Teknologi Perbaikan Kapal
(Intan Baroroh) 137-146
14. Permodelan Peningkatan Kapasitas Bengkel *Sub Assembly* Galangan Kapal Dengan Metode Simulasi
(Studi Kasus Di Divisi Kapal Niaga PT. PAL INDONESIA)
(Intan Baroroh) 147-157
15. Aplikasi Manajemen Produksi Pada Komisioning Instalasi Tenaga Listrik Kapal (Studi Kasus Di Kapal Arumda Jaya)
(R Ahmad Cholilurrahman) 158-171
16. Monitoring Over Load Pada Multi Generator Kapal Niaga M000236 dengan Automatic Meter Reading (AMR) Nirkabel
(Agus Kiswantono) 172-179
17. Analisis Kausalitas Penurunan Kualitas Ikan Tangkapan Studi Kasus PPN Prigi Trenggalek
(Indra Kusna Djaya, D. Bambang Setiono Adi) 180-196
18. Kajian Teknis Laju Korosi Pelat Baja Grade A Pada Kapal Yang Beroperasi Di Perairan Surabaya
(Tri Agung Kristiyono, Heri Supomo) 197-207
19. Perencanaan Konstruksi Ramp Door Pada Kapal Motor Penyeberangan Joko Tole Lintasan Ujung - Kamal
(Ahmad Rafii, Petrus Kelake Raya) 208-222
20. Analisa Perbandingan Pemakaian Asetilin Dengan Elpiji Pada Proses Pemotongan Baja Badan Kapal Ditinjau Dari Segi Teknis Dan Ekonomis
(Raden Haryanto Agung.N, Aris Wacana Putra) 223-233
21. Studi Kelayakan untuk Pengembangan Galangan Kapal Kayu Tradisional Di daerah Sangkapura Bawean
(Suci Raharjo, A.Khoirul Anam) 234-239
22. Studi Penerapan Metode OLS(Ordinary Least Square) untuk Perkiraan Kebutuhan Jam Orang Pada Pekerjaan Pembuatan Block Badan Kapal
(Mochammad Taufiq, Soejitno) 240-246
23. Analisa Efektifitas Kapal Penyeberangan Ujung-Kamal dengan Penambahan Rampdoor pada KMP. Joko Tole
(Hanu Nano Saputro, Minto Basuki) 247-260

Pemodelan Peningkatan Kapasitas Bengkel *Sub Assembly* Galangan Kapal Dengan Metode Simulasi (Studi Kasus Di Divisi Kapal Niaga PT. PAL INDONESIA)

Intan Baroroh

Naval Architecture Department, School of Engineering, Hang Tuah University
Jl. Arif Rahman Hakim 150 Surabaya 60111, Indonesia

ABSTRAK

PT PAL INDONESIA merupakan industri domestic yang bertaraf internasional yang bergerak dalam bidang perkapalan selalu berbenah diri dalam perbaikan produksinya. Latar belakang penelitian ini adalah ketidaksesuaiannya kapasitas produksi dari yang ditargetkan. Hal ini dikarenakan

Beberapa masalah seperti lamanya waktu tunggu baik dari tenaga kerja maupun mesinnya, transportasi yang tidak efisien, ketidak sesuaiannya jadwal produksi dan tidak seimbangny lini produksi. Untuk mengatasi proses produksi yang tidak seimbangny proses produksi, pendekatan yang dilakukan dengan metode simulasi dengan menggunakan software GPSS yang akan diimplementasikan. Software ini dapat mensimulasikan model dengan beberapa scenario seperti lembur di luar jam kerja ataupun di luar hari kerja (Sabtu dan minggu) . Dari hasil Simulasi GPSS dapat diidentifikasi faktor – faktor produksi penting yang berpengaruh terhadap perbaikan kapasitas produksi yaitu penambahan hari (Sabtu dan minggu) sangat besar. Dari analisa scenario simulasi produksi menunjukkan pemampatan waktu produksi sampai 48% dengan penambahan biaya produksi 4,8 %.

Kata kunci : *Simulasi., Model, lini produksi, kapasitas produksi.*

ABSTRACT

PT PAL INDONESIA as Internationally class domestic industry which is moving on naval architect is always improving its productivity. The background of this research is unreachable production capacity from the target. It is caused by various problems which emerge, such as: idle in time of workers, machines, inefficient time of transportation, unsuitable production schedule, unbalance production line. To overcome the balance production process, the software GPSS can be implemented. This software can simulate the modeling of the non conductive procedure and conduct the new strategy implementation with various scenarios, such as : over time and over day (Saturday and Sunday). The GPSS simulation indicates that the most effecting factor on production capacity improvement is over day (Saturday and Sunday). It is showed on the GPSS simulation result, as the biggest. The analysis of the production scenario shows that the shortened project duration reach until 48% with increased production cost until 4,8%.

Keywords: *Simulation, Modeling, production line, production capacity*

1. PENDAHULUAN

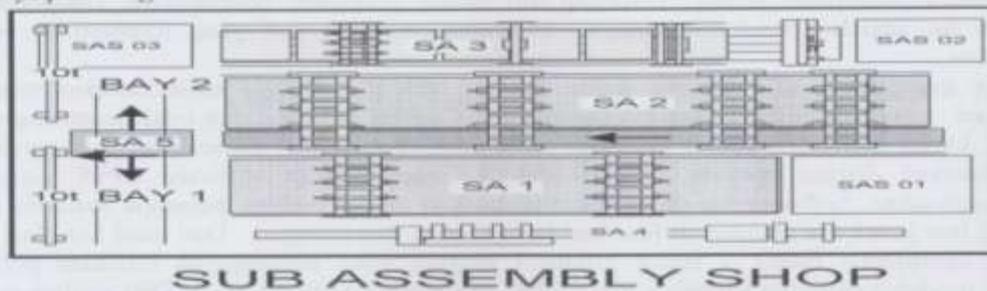
Industri galangan kapal merupakan salah satu industri yang terkena dampak globalisasi dunia dengan adanya perdagangan bebas Asia Tenggara dan berlakunya perdagangan bebas dunia pada tahun 2020. Hal ini yang memacu galangan kapal nasional untuk lebih berperan aktif dalam peningkatan produksi pembuatan kapal. Salah satunya yang terdapat di Surabaya adalah PT. PAL Indonesia, telah mendapat pesanan kapal dari dalam negeri maupun luar negeri seperti Jerman , Turki dan Italia. Perusahaan ini disamping tugas utamanya membangun kapal baru juga ikut serta membangun dan memajukan teknologi dan industri maritim yang ada di Indonesia. Kondisi di atas harus dijawab dengan meningkatkan kapasitas produksi dengan perencanaan yang matang dan terperinci dari *resources* yang ada seperti tenaga kerja, peralatan, dana, material dan sarana produksi. Produktivitas yang tinggi merupakan tujuan dari PT. PAL Indonesia. Sebagai

tolak ukur produksi adalah tercapainya keseimbangan dari 3 faktor: *Quality, Delivery time, Cost*.

Perbaikan mutu kapal dari segi kualitas maupun produktivitas mutlak diperlukan. Berdasarkan latar belakang di atas, maka permasalahan dapat dirumuskan menggunakan model *output* produksi di bengkel produksi PT PAL Indonesia untuk mendapatkan output yang maksimal dan waktu yang terpendek, serta biaya yang minimal.

2. METODE PENELITIAN

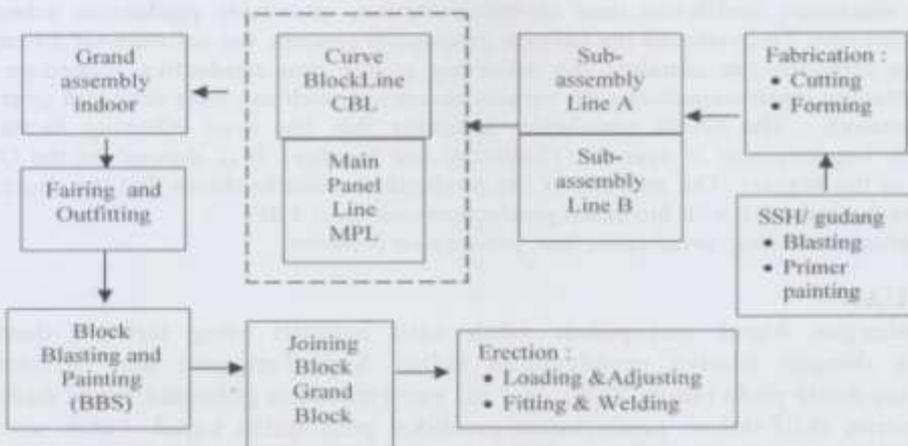
Survey lapangan yang dilakukan sesuai dengan aliran *production line* pada tiap-tiap bengkel produksi mulai dari *steel stock house, fabrikasi, sub assembly, assembly, grand assembly, painting dan erection*.



SUB ASSEMBLY SHOP

Gambar 1. Gambar bengkel sub assembly pada divisi kapal niaga. PT. PAL Indonesia

Identifikasi masalah merupakan tahap awal dari penelitian ini. Dengan mengetahui permasalahan dari sistem yang diamati akan memudahkan pembangunan model. Permasalahan yang akan diteliti adalah bagaimanakah pemodelan kapasitas produksi di Divisi Kapal Niaga PT PAL Indonesia sesuai metode simulasi.



Gambar 2. Alur Produksi

Untuk mengetahui rute aliran model yaitu dengan cara mengidentifikasi langsung ke bengkel *Fabrikasi, sub assembly, assembly, painting, grand assembly, erection* dan dengan melakukan wawancara langsung kepada karyawan PT. PAL Indonesia. Hal ini digunakan

sebagai model awal, adapun input data pemodelan peningkatan kapasitas produksi pada bengkel sub *assembly* adalah data kedatangan blok dan durasi proses produksi.

Penggambaran sistem dalam bentuk diagram membantu pembuatan model pada tahap konseptualisasi struktur sistem. Namun bila sampai pada tahap pemodelan pada komputer, konsep ini harus diterjemahkan dalam bentuk hubungan matematis. Setelah diketahui variabel yang ada, langkah berikutnya adalah penerjemahan model ke dalam bahasa program GPSS. Kemudian persamaan matematis yang telah terbentuk dapat dimasukkan ke dalam persamaan sistem. Tujuan *running* percobaan adalah mengetahui atau mencari kesalahan program simulasi yang telah dibuat dan juga untuk tujuan validasi. Hasil yang berupa angka dan animasi yang diperoleh dari *running* percobaan harus diperiksa dengan cermat oleh ahli sistem untuk mendeteksi kesalahan dalam asumsi model, kemudian model dimodifikasi sesuai dengan perubahan yang diusulkan. Animasi yang realistik dapat saja menambah data dari model simulasi.

Penggambaran sistem dalam bentuk diagram membantu pembuatan model pada tahap konseptualisasi struktur sistem. Salah satu teknik verifikasi yang digunakan dalam penelitian ini adalah *trace* (Law & Kelton, 1991). Dengan teknik *trace*, status dari sistem yang disimulasikan yaitu isi dari *event list*, *variable*, *fasilitas*, dan lain-lain ditampilkan setelah suatu kejadian dan dapat dilihat apakah sesuai dengan harapan.

Tujuan *running* percobaan adalah mengetahui atau mencari kesalahan program simulasi yang telah dibuat dan juga untuk tujuan validasi. Hasilnya berupa angka dan animasi yang diperoleh dari *running* percobaan. Langkah verifikasi dilakukan untuk mengetahui apakah model yang terbentuk sudah terbukti keakuratannya dan sudah sesuai dengan logika berpikir. Sedangkan validasi model dilakukan untuk membuktikan apakah bentuk model telah menggambarkan sistem nyata. Proses validasi ini dilakukan terhadap pemodelan awal yang telah dilakukan. Hasil dari pemodelan ini kemudian dibandingkan dengan hasil sebenarnya. Jika ternyata hasilnya tidak valid maka akan dilakukan pengulangan pada tahap pembentukan model.

Asumsi-asumsi pemodelan

Model simulasi bengkel produksi mempunyai beberapa batasan dan asumsi sebagai berikut:

Dalam satu *shift* terdapat 8 jam kerja dan 1 bulan ada 20 hari kerja, diambil waktu kerja yang ideal. Semua bahan baku (*plate*, *stiffener*, *web*) tersedia atau tidak ada keterlambatan supply material. Tidak ada kerusakan pada mesin, dengan kata lain mesin telah terpelihara pemakaiannya secara kontinyu. Tidak ada pekerjaan *rework*, sehingga tidak akan mengganggu proses produksi untuk selanjutnya. Waktu proses material handling sudah dimasukkan ke dalam waktu proses tiap-tiap aktivitas. Jumlah pekerja bengkel *assembly* tetap, tetapi boleh berbeda. Penelitian ini dilakukan pada bengkel *assembly* di Divisi Kapal Niaga PT. PAL Indonesia, sedangkan bengkel yang lainnya adalah sebagai *constraint* pembentukan model 2006 sampai 2007.

3. HASIL DAN PEMBAHASAN

Software Simulasi GPSS.

GPSS digunakan untuk simulasi dalam penyelesaian problem industri. Sebelum masuk pada pemodelan GPSS terlebih dahulu dibuat *flowchart logic* untuk memudahkan pembuatan model. Bahasa pemrograman yang ada pada GPSS dalam pembangunan *block* seperti *seize*, *release*, *assemble*, *advance*, *enter*, *test* dan *queue* yang mempunyai aliran *logic* pada model. Seperti pemodelan dapat ditentukan oleh pengguna menurut gaya kerja masing-masing dan tidak ada penentuan prosedur. Bagian dari model dapat dirinci dan disederhanakan langkah demi langkah kapan saja, hal ini sangat penting dalam

penggunaanya karena optimistisme sistem dan proses bisnis sering memerlukan perubahan model.

Pada program software simulasi GPSS terdapat beberapa menu antara lain: (a) *mathematical operators and library function*, (b) *sistem numerical attributes*, (c) *commennds*, (d) *control statements*.

Model Simulasi Kapasitas Produksi

Sistem yang diteliti dalam penelitian ini adalah sistem yang ada pada masing-masing bengkel di divisi Niaga dengan jam kerja masing-masing bengkel adalah 7.30 - 16.30 dan waktu istirahat 11.30 - 12.20 dalam 5 hari kerja. Alur kerja masing-masing bengkel digambarkan pada operasi tiap-tiap bengkel produksi saling berkaitan satu dengan yang lain, sehingga merupakan rangkaian yang terus menerus dan tidak terpisahkan.

Material masuk ke bengkel fabrikasi kemudian hasilnya masuk ke *sub assembly* tetapi ada juga beberapa hasil dari fabrikasi tidak diolah dulu di bengkel *sub assembly* tetapi langsung ke *assembly*. Hal ini bisa terjadi karena perakitan material tersebut tidak memerlukan proses di bengkel *sub assembly*. Kemudian masuk ke *block blasting and painting*, lalu ada yang ke *grand assembly* dan sebagian langsung ke *erection*.

Pekerjaan yang terdapat pada gambar rangkaian proses produksi antara bengkel tersebut telah dialokasikan secara tetap untuk tiap-tiap tahapan proses. Pada pengamatan masing-masing bengkel selama beberapa hari ternyata jumlah orang yang bekerja dari hari ke hari di setiap bengkel adalah sama atau jumlah tenaga orangnya tetap dan hal ini dibuktikan juga dari data skunder yang didapatkan bahwa untuk masing-masing blok dicatat kapan dimulai pengerjaan dan kapan selesainya. Oleh karena itu, analisis awal dilakukan terhadap data tersebut untuk mendapatkan data waktu antar kedatangan masing-masing pekerjaan di bengkel fabrikasi, serta waktu proses setiap blok di setiap bengkel.

Pada saat terjadi proses produksi sering terjadi pada *material list* dari *production drawing* terlambat dan untuk memesan material juga membutuhkan waktu. Berbagai permasalahan mulai muncul dalam produksi di bengkel-bengkel Divisi kapal niaga seperti misalnya ada pekerja yang menganggur (*idle time*), mesin yang menganggur, waktu transport dalam pabrik tidak efisien, jadwal produksi yang tidak ditepati, keterlambatan material, lintasan produksi yang tidak seimbang sehingga terjadi *bottle-neck*. Hal tersebut yang mengakibatkan *output* produksi menurun dari perencanaan awal dan ini sulit untuk dihindari dalam internal Divisi kapal niaga, namun dapat diatasi dengan simulasi. Hal ini dilakukan dengan catatan bahwa material tersebut sebelum diproses harus menunggu pada *buffer* sesuai dengan antriannya secara teratur sehingga memudahkan pekerja untuk pelayanan proses produksi tersebut. Spesifikasi kapal M225 dan M236 dapat dilihat pada tabel 1.

Tabel 1. Data proyek yang telah selesai atau delivery tahun 2007 (sumber PPC Divisi Niaga Pal Indonesia)

No. Kapal	Jenis Kapal	Owner	LOA (m)	LPP (m)	B (m)	Height (m)	T (Draft) (m)	Class
M000225	DCV 18.500 DWT	CUBE S.p.A (Italy)	147,35	140,3	22,5	12,85	8,25	BV
M000236	DSBC 50.000DWT	Reederei M Lauterjung GmbH	189,9	182	30,5	17,5	11	NK

Langkah selanjutnya adalah membuat model simulasi dengan menggunakan GPSS, untuk membandingkan pengaruh penerapan kebijakan pengadaan lembur di setiap shift atau lembur Sabtu Minggu maka dibuat 5 model.

Keempat scenario atau model tersebut adalah :

- Skenario 1 : sistem kerja dengan jumlah jam kerja normal.
- Skenario 2 : sistem kerja dengan jumlah jam kerja masing-masing shift 8 +1,5 jam.
- Skenario 3 : sistem kerja dengan jumlah jam kerja masing-masing shift 10 jam.
- Skenario 4 : sistem kerja dengan jumlah jam kerja masing-masing shift 11 jam.
- Skenario 5 : sistem kerja dengan jumlah jam kerja masing-masing shift 14 jam.

Model simulasi yang dibuat adalah terminating sehingga sudah ada waktu yang tepat untuk periode simulasi. Sesuai dengan sistem yang diamati maka model akan dijalankan, sedangkan waktu simulasi ditetapkan dalam satuan jam.

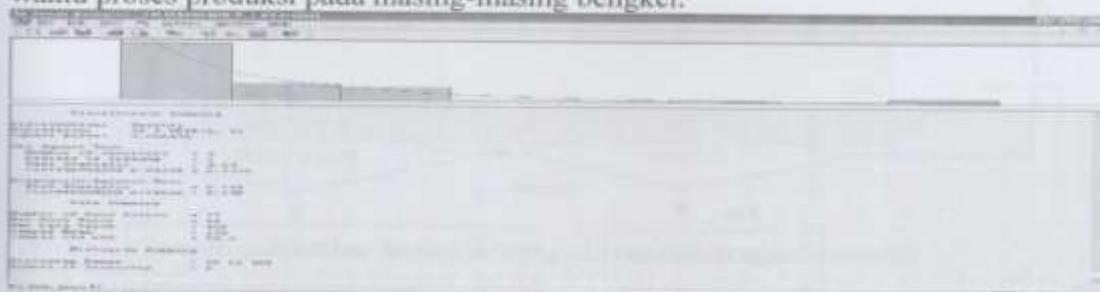
Verifikasi dilakukan untuk memastikan bahwa model sudah bekerja dengan benar yang dilakukan dengan melakukan *tracing* terhadap alur model. Kemudian dilakukan *pilot run* untuk memperoleh data dalam validasi model. Validasi dilakukan untuk memastikan bahwa model cukup merepresentasikan sistem nyata, Validasi dilakukan kepada output dengan membandingkan output yang diperoleh dari sistem dengan output dari simulasi. Langkah berikutnya dilakukan perancangan dari eksperimen yang meliputi penentuan ukuran kinerja. Eksperimen yang dilakukan, periode simulasi dan jumlah replikasi. Sesuai dengan rancangan dilakukan eksperimentasi. Hasil eksperimen dianalisis untuk mengetahui perubahan waktu pengerjaan antara model-model 2,3,4,5 terhadap model 1.

Tabel 2. Jam lembur

Lembur	Jam (WIB)
Overtime	16.30 - 21.00
Sabtu - Minggu	8.00 - 16.00
Minggu	8.00 - 16.00

Sehingga penentuan jam kerja 8 jam dan ada waktu yang tidak termanfaatkan dapat diisi dengan lembur.

Definisi lembur adalah waktu kerja yang melebihi 8 (delapan) jam dalam sehari dari penentuan jam kerja 8 jam, bila ada waktu yang tidak termanfaatkan dapat diisi dengan lembur. Selain itu juga bisa waktu kerja yang melebihi 8 (delapan) jam dalam sehari dan 40 (empat puluh) jam dalam satu minggu. Untuk kerja normal 1 Jam Orang (JO) dihargai \$3,5 atau Rp. 31.500,00. Hasil dari analisa terhadap input ditampilkan gambar beserta tabelnya yang meliputi waktu kedatangan material block di bengkel Sub Assembly dan waktu proses produksi pada masing-masing bengkel.



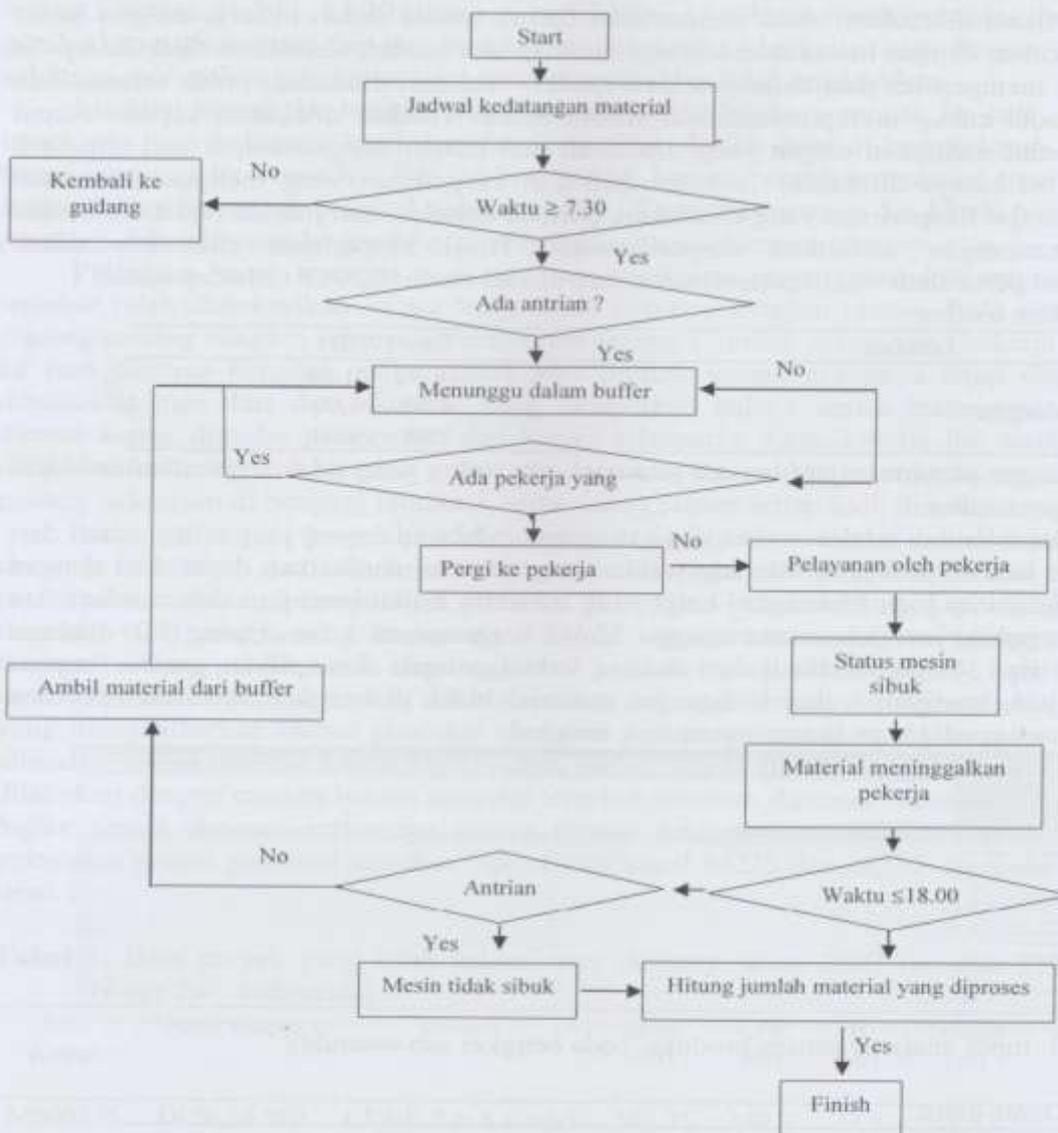
Gambar 3. Input analyzer proses produksi pada bengkel sub assembly

Tabel 3. Jenis input

Jenis Input	Distribusi
Jumlah kedatangan di sub assembly	77
Waktu proses di sub assembly	$56 \pm \text{width}(67,4,0,24)$

Model Simulasi

Diagram model untuk lembur 2 jam, 3 jam adalah sama seperti gambar 3 dengan mengganti jam-jamnya sesuai dengan berapa jam mereka lembur. Sedangkan lembur Sabtu dan Minggu diagramnya sama dengan diagram normal. Diagram alir untuk semua model di atas kemudian diterjemahkan ke dalam program simulasi yang dibuat dengan GPSS Tm (minute man software, 2006) dengan tampilan berikut.



Gambar 4. Bagan alir model simulasi untuk lembur dalam satu shift

4. ANALISIS HASIL SIMULASI

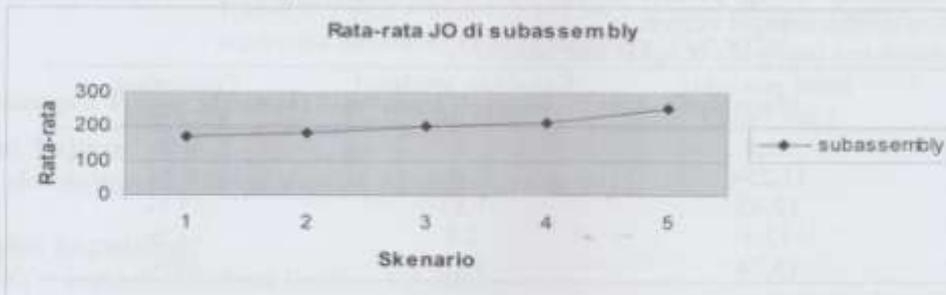
Dari running simulasi pada bengkel sub assembly dengan variasi 5 skenario didapatkan hasil rata-rata JO dan tingkat utilitas mesin yang digunakan. Hasil simulasi dan skenario-skenario di atas dapat dilihat pada tabel dan telah digambarkan.

Tabel 4. Skenario hasil simulasi

Skenario	Bengkel	Jam	Jumlah Pekerja	JOP*JP	Biaya
skenario 1	Sub assembly	169.656	12	2035.87	64129968
skenario 2	Sub assembly	180.98	12	2171.76	68410440
skenario 3	Sub assembly	199.227	12	2390.72	75307806
skenario 4	Sub assembly	209.699	12	2516.39	79266222
skenario 5	Sub assembly	252.17	12	3026.04	95320260

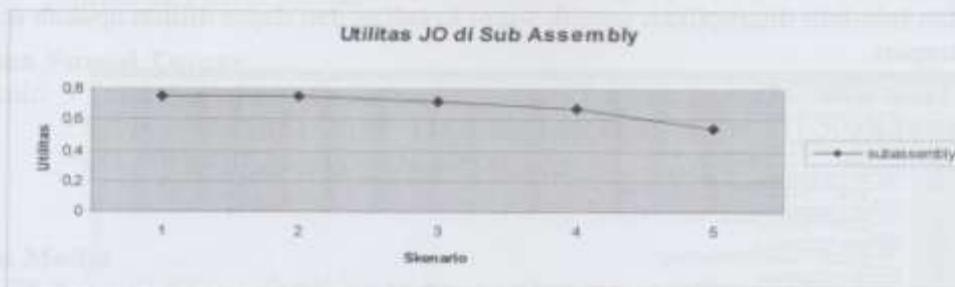
Grafik Hasil Simulasi di Bengkel Sub Assembly

Pada gambar di atas rata-rata JO yang dimiliki bengkel sub assembly mulai dari skenario 1 sampai skenario ke 5 terjadi peningkatan rata-rata JO untuk setiap pekerja dalam satu bulan antar 169.656 JO sampai 252.17 JO



Gambar 4. Rata-rata JO untuk bengkel Sub assembly

Grafik Hasil Simulasi Utilitas JO di Bengkel Sub Assembly



Gambar 5. Rata-rata utilitas untuk bengkel assembly

Pada bengkel sub assembly tingkat utilitas JO dari skenario 1 sampai skenario 5 terjadi penurunan utilitas dari 75% sampai 53%.

Kapasitas Bengkel Produksi Bengkel Sub Assembly

Dari simulasi bengkel assembly diambil hasil sebagai berikut.

Tabel 4. Tabel peningkatan kapasitas produksi bengkel Sub *assembly*

Skenario fabrikasi	Peningkatan jam tiap bulan (jam)	Peningkatan jam tiap tahun (jam)	Peningkatan kapasitas (jam)	Prosentase
Skenario 1	169,656	3647,604	1	0
Skenario 2	180,98	3891,07	244,096	6,7%
Skenario 3	199,227	4283,3805	635,7405	17,4%
Skenario 4	209,699	4508,5285	806,9245	22,1%
Skenario 5	252,17	5421,655	1774,015	48,6%

Tabel 5. Tabel peningkatan biaya produksi

Skenario fabrikasi	Biaya produksi	Kenaikan biaya	Prosentase
Skenario 1	64129968	0	0
Skenario 2	68410440	4280472	0,6%
Skenario 3	75307806	11177838	1,74%
Skenario 4	79266222	15136254	2,36%
Skenario 5	95320260	31190292	4,8%

Peningkatan Ton Baja Bengkel Produksi

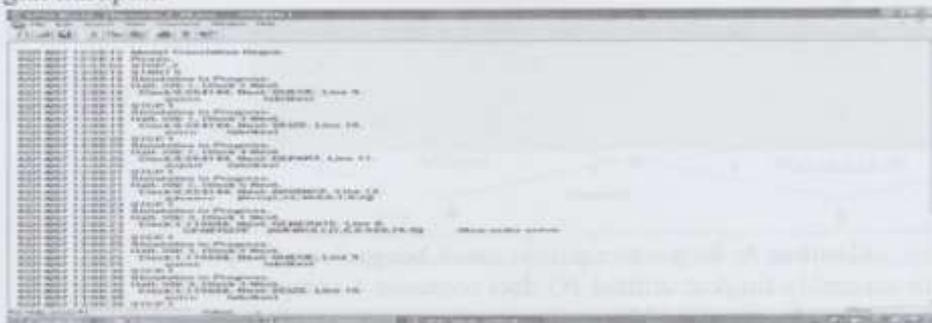
Dari standar JO di atas dapat dilihat bahwa terjadi peningkatan ton baja yang diproduksi pada bengkel sub *assembly* setiap pekerja dalam satu bulan didapat dari jumlah JO dibagi indek produktifitasnya adalah sebagai berikut .

Tabel 6. Kenaikan ton baja pada bengkel Sub *assembly*

Skenario	Hasil produksi (ton Baja)	Kenaikan produksi (ton baja)	Prosentase kenaikan
Skenario 1	10,6	0	0 %
Skenario 2	11,254	0,65	6 %
Skenario 3	12,45	1,85	17 %
Skenario 4	13,1	2,5	23 %
Skenario 5	15,76	5,16	48%

Verifikasi Simulasi

Ada beberapa teknik yang diajukan untuk melakukan validasi. Salah satu teknik verifikasi yang digunakan dalam tesis ini adalah *trace* (Law & Kelton, 2000). Dengan teknik *trace*, status dari system yang disimulasikan yaitu isi dari *event list*, variabel, fasilitas, dan lain-lain ditampilkan setelah suatu kejadian dan dapat dilihat apakah sesuai dengan harapan.



Gambar 6. Gambar hasil verifikasi untuk skenario 5

Validasi Simulasi

Untuk melakukan validasi dilakukan *pilot runs* dengan model yang telah dibuat. Ada beberapa teknik yang dapat diterapkan untuk meningkatkan validitas dari model simulasi. Teknik yang diterapkan dalam penelitian ini adalah "input validasi" yaitu membandingkan input-input parameter yang dihasilkan dari model dengan data yang terkumpul.

Tabel 7. Hasil validasi input skenario 1 sampai 5

Nama Input	Bengkel	Average Nyata (X)	Average Simulasi (Y)	X - Y	Stdr Deviasi (SD)	N	SQRT (X-Y)/(SD*SQRT (N))	(X-Y)/(SD*SQRT (N))
Durasi Proses	Sub Assembly Skenario 1	171.558	169.656	1.902	88.8	77	8.775	0.0024
Durasi Proses	Sub Assembly Skenario 2	180.812	188.066	7.254	92.1	77	8.775	0.0090
Durasi Proses	Sub Assembly Skenario 3	200.098	203.453	3.355	92.4	77	8.775	0.0041
Durasi Proses	Sub Assembly Skenario 4	271.558	271.006	0.552	92.7	77	8.775	0.0007
Durasi Proses	Sub Assembly Skenario 5	237.998	237.089	0.909	94.1	77	8.775	0.0011

Keterangan perhitungan:

- Average Nyata (X): nilai rata-rata durasi proses yang dihasilkan dari input proses produksi secara riil.
- Average Simulasi (Y): nilai rata-rata durasi proses yang dihasilkan dari input proses produksi hasil simulasi.
- X - Y: pengurangan dari average nyata dengan average hasil simulasi.
- Stdr Deviasi (SD): akar dari sigma I=1 sampai n dalam kurung rata-rata xi-x kuadrat dibagi degan n-1.
- (X-Y)/(SD*SQRT(N)): pembuktian apakah hasil simulasi sudah benar dengan berpedoman pada $-1,96 < (X-Y)/(SD*SQRT(N)) < 1,96$, sebab dengan angka tersebut bisa dipercaya bahwa 95 % kebenarannya telah teruji.

Perhitungan Biaya Minimal Optimasi dengan TORA Shoftware

Fungsi Tujuan

Meminimalkan biaya produksi (upah karyawan)

Variabel keputusan

- X_1 = jumlah hari buat lembur 1.5 jam
 X_2 = jumlah hari buat lembur 2 jam
 X_3 = jumlah hari buat lembur 3 jam
 X_4 = jumlah hari buat lembur hari libur
 X_5 = jumlah hari kerja normal

Rumusan Fungsi Tujuan

$$Z_{min} = (31.500)(1,5)(1)(6) X_1 + (31.500)(2)(0,5)(6) X_2 + (31.500)(1,5)(1)(6) X_3 + (31.500)(2)(1)(6) X_4 + (31.500)(1,5)(1)(6) X_5 + (31.500)(2)(2)(6) X_6 + (31.500)(2)(7)(6) X_7 + (31.500)(6) X_8$$

Batasan Model

$$(1,5 * X_1) + (2 * X_2) + (3 * X_3) + (6 * X_4) + (15 * X_5) = 4229$$

$$X_1 + X_2 + X_3 \leq X_5$$

$$8 * X_4 \leq X_5$$

$$1,5/8 X_1 + 2/8 X_2 + 3/8 X_3 + 7/8 X_4 + X_5 \leq 284. \quad \text{Nilai ini target dari tingkat}$$

$$X_1, X_2, X_3, X_4, X_5 \geq 0$$

Ketentuan Perhitungan Biaya

Upah = RP 31.500,00/jam

Lembur pada hari kerja

- Jam I : 1,5 x 1 x upah lembur/jam
 Jam II ,dst : 2 x (jumlah jam lembur - 1) x upah lembur/jam

Lembur pada hari sabtu/minggu/hari libur

Jam Is/d VIII : 2 x jumlah jam lembur x upah lembur/jam

Jam IX : 3 x (jml jam lembur - 8) x upah lembur/jam

Jam X, dst : 4 x (jml jam lembur - 9) x upah lembur/jam

Jumlah jam lembur pada hari sabtu/minggu/hari libur maksimal hanya 6 jam/hari.

Jam kerja normal: Shift 1: 7.30 - 16.30 kemudian untuk Jumlah jam kerja normal per hari = 8 jam.

Perhitungan Biaya Minimal (Dengan TORA)

Dari hasil perhitungan ternyata untuk menyelesaikan 1 kapal dengan biaya yang dikeluarkan minimal, kita harus melakukan kerja lembur 3 jam sebanyak 543 kali dan kerja normal sebanyak 543 kali, dan kerja lembur sabtu dan minggu sebesar 109 kali. Jadi, kalau dihitung, biaya yang dikeluarkan adalah



Gambar 7. Gambar linear programming untuk optimasi JO bengkel produksi

5. KESIMPULAN

Dari kelima skenario simulasi dapat diketahui tingkat kenaikan kapasitas produksi dan kenaikan biaya produksi sebagai berikut.

Tabel 9. Tabel peningkatan kapasitas produksi dan biaya

Model Skenario	PeningkatanTon baja	Peningkatan kapasitas produksi	Peningkatan biaya produksi
Skenario 1	0 %	0	0
Skenario 2	6 %	6,7%	0,6%
Skenario 3	17 %	17,4%	1,74%
Skenario 4	23 %	22,1%	2,36%
Skenario 5	48%	48,6%	4,8%

Dari kelima skenario didapatkan peningkatan kapasitas produksi yang tertinggi pada skenario 5 yaitu 48,6% dengan kenaikan biaya 4,8%. Dari hasil perhitungan dengan optimasi menggunakan linear programming ternyata untuk menyelesaikan 1 kapal dengan biaya yang dikeluarkan minimal, kita harus melakukan kerja lembur 3 jam sebanyak 543 kali dan kerja normal sebanyak 543 kali, dan kerja lembur Sabtu dan Minggu sebesar 109 kali dengan biaya Rp.913.484.250,00. Peningkatan kapasitas produksi harus dibarengi dengan peningkatan kemampuan pekerja dan tingkat disiplin yang tinggi sehingga diharapkan produksi meningkat.

DAFTAR PUSTAKA

- Abadi dan Zandy, R. 2006. *Optimasi Output Produksi Kapal Niaga PT PAL Indonesia*. Teknik kelautan, Fakultas teknologi kelautan. ITS. Surabaya.
- Chisman dan James, A. 1992. *Introduction to simulation modeling using GPSS/PC Miniteman Software*, Englewood cliffs, New Jersey.
- Fibriyantono dan Erwin. 2006. *Penentuan jumlah team work (tenaga kerja) pada proses perawatan pesawat terbang dengan menggunakan metode simulasi*. Fakultas Teknik Industri ITS. Surabaya.
- Herijono dan Budi. 2001. *Analisis Penggunaan Model Simulasi Dalam Membangun Konstruksi Lambung Kapal Pada Fasilitas Main Assembly Line*. Program Pasca Sarjana ITS. Surabaya.
- Irawan, S dan Reggy. 2001. *Analisa Proses Produksi Untuk Penambahan Fasilitas Produksi yang Optimal dengan Menggunakan Metode Simulasi*. Fakultas Teknik Industri ITS. Surabaya.
- Kelton, W. David dan Averill. Law, M. 1991. *Simulasi Modelling and Analysis*. Mc Graw-Hill. United States of America.
- Lage, F dan Fachrudin. 2000. *Pengembangan Model Pemilihan Relokasi Galangan Kapal Kelas Menengah*. Program Pasca Sarjana ITS. Surabaya.
- Mulyatno dan Imam, P. 2002. *Analisa Sensitifitas Pada Pengukuran Produktifitas Galangan di Indonesia*, Program Pasca Sarjana ITS. Surabaya.
- Sunarto.1999. *Metode Analisis Produksi Dan Kemampuan Bersaing Galangan indonesia di Era Global*. Tugas akhir, FTK-ITS. Surabaya.
- Suryanto.1994. *Analisa Sensitivitas pada Tingkat Produksi di PT. DOK Perkapalan Surabaya*, Tugas akhir, FTK-ITS. Surabaya.
- Simatupang dan Toar, M. 1995. *Teori Sistem: Suatu Prespektif Teknik Industri*. Andi Offset. Yogyakarta.
- Setiawan dan Sandi.1991. *Simulasi Teknik Pemrograman dan Metode Analisis*.
- Taha dan Hamdany, A. 1996. *Riset Operasi*. Jakarta.
- Widiantoro, H. 2000. *Analisa Line Balancing dengan Metode aturan Larges – Candidate pada Proses Produksi di SPB 30.000 PT. PAL Indonesi*. Teknik Perkapalan ITS. Surabaya.
- Warpole dan Myers, Y. 1997. *Probability and Statistics for Engineers and Swcientists*. Person. Prentice Hall.