

PENERAPAN PENJADWALAN PRODUKSI PADA PEMBUATAN BLOK KAPAL DI PT. DOK DAN PERKAPALAN SURABAYA (PERSERO) UNTUK MEMINIMASI MAKESPAN

Gerry Avi Perdana

S1 Pend Teknik Mesin, Fakultas Teknik, Universitas Negeri Surabaya

gaviperdana@gmail.com

Ir. H. Umar Wiwi, MT.

S1 Pend Teknik Mesin, Fakultas Teknik, Universitas Negeri Surabaya

umar.wiwi@yahoo.com

Abstrak

Penjadwalan proyek yang baik dibutuhkan dalam suatu proses pembangunan kapal di perusahaan galangan kapal yang menerapkan *job order system* dalam setiap aktifitas kerjanya. Banyaknya tenaga kerja yang tidak bekerja optimal serta adanya ketidakseimbangan beban kerja antara stasiun kerja yang satu dengan yang lainnya adalah beberapa contoh faktor yang mempengaruhi keterlambatan dalam pembuatan suatu kapal khususnya dalam pembangunan blok kapal yang tentunya sangat merugikan perusahaan galangan kapal dan juga pemilik kapal. Dengan menggunakan metode algoritma Johnson untuk mencari total waktu minimal (minimasi *makespan*) pada proses pembuatan blok kapal. Penelitian ini dilakukan di PT. Dok dan Perkapalan Surabaya (Persero). Objek dalam penelitian ini tentu saja adalah proyek pembuatan blok untuk lambung kapal jenis tanker dengan ukuran 6500 DWT. Dan tujuan akhir dari penelitian ini sendiri adalah untuk menyusun penjadwalan proyek pada pembuatan blok kapal yang lebih efektif dan efisien agar tidak terjadi keterlambatan lagi pada proses pembangunannya serta untuk melihat penerapan algoritma Johnson pada proyek pembangunan kapal. Dari hasil penelitian dapat dilihat bahwa hasil penjadwalan proyek pembangunan blok kapal jenis tanker dengan menggunakan metode algoritma Johnson dapat meminimasi *makespan*. Dari semula *makespan* yang dihasilkan perusahaan sebesar 1445 jam menjadi 1312 jam dengan penjadwalan algoritma johnson. Selisih waktu pembangunan blok antara hasil penjadwalan yang dilakukan perusahaan dengan waktu yang dihasilkan oleh metode algoritma Johnson adalah 133 jam atau 16 hari.

Kata Kunci : Penjadwalan proyek, Algoritma Johnson, Minimasi *Makespan*.

Abstract

Good project scheduling required in a process vessel development in shipbuilding companies that implement job order system works in any activity. The amount of labor that does not work optimally with the workload imbalance between work stations with each other are some examples of factors that influence the delay in making a particular vessel in ship building blocks that must have hurt the company shipbuilding and ship owners. By using the method of Johnson's algorithm to find the minimum total time (*makespan* minimization) in the process of making the block ships. The research was conducted at PT. Dok dan Perkapalan Surabaya (Persero). Objects in this study course is a project of the blocks for the hull type tankers with 6500 DWT size. And the ultimate goal of this research is to develop its own project scheduling block making ships more effectively and efficiently in order to avoid further delays in the development process and to see the application of the algorithm in the construction of ships Johnson. From the research it can be seen that the construction project scheduling block tanker ship type using Johnson's algorithm to minimize *makespan*. From the beginning the company produced *makespan* of 1445 hours to 1312 hours with scheduling algorithms johnson. Difference in time between the scheduling building blocks of the company with the time generated by the algorithm Johnson is 133 hours or 16 days.

Keywords : *Project Scheduling, Algorithm Johnson, Minimize makespan*.

PENDAHULUAN

Perusahaan yang banyak memiliki pelanggan saat ini pastinya adalah perusahaan yang memiliki sistem produksi yang efektif dan efisien sehingga dapat selesai dengan tepat waktu. Perusahaan yang bersifat proyek pun

dituntut untuk membuat jadwal dengan waktu yang minimum dan realistik. Aliran proses produksi dari suatu departemen ke departemen lainnya tentu saja membutuhkan waktu proses (waktu siklus). Dan apabila terjadi suatu hambatan atau ketidakefisiensian dalam suatu departemen akan mengakibatkan tidak lancarnya

aliran material ke departemen berikutnya, sehingga hal ini menyebabkan terjadinya waktu menunggu (*delay time*) dan penumpukan material (*material in process storage*). Upaya untuk meminimalkan *makespan* yang ada di suatu perusahaan maka sebaiknya setiap departemen harus memiliki tingkat efisiensi yang tinggi dan berusaha untuk memenuhi rencana produksi yang telah ditetapkan.

PT. Dok dan Perkapalan Surabaya (Persero) merupakan salah satu perusahaan di Indonesia yang memiliki kapabilitas di bidang perkapalan khususnya dalam hal pembangunan kapal baru. Karena perusahaan menganut sistem proyek, maka PT. Dok dan Perkapalan Surabaya juga tak lepas dari proses aktifitas penjadwalan produksi pada setiap proyek yang diterima perusahaan tersebut. Selama ini pada setiap proses produksinya, perusahaan hanya berpatokan pada pengalaman dan data histori mereka dalam membangun kapal yang disesuaikan dengan bentuk/tipe kapal yang sedang dikerjakan. Hal ini tentu saja mengakibatkan terjadinya ketidaksesuaian antara perancangan dan waktu realisasi yang telah ditentukan dan lebih jauhnya perusahaan serta konsumen pun merasa dirugikan akibat keterlambatan pembangunan kapal ini.

Pada proyek pembuatan kapal baru ada beberapa tahapan proses produksi mulai dari perancangan dan persiapan gambar kerja, persiapan tenaga kerja, pembuatan mal atau gambar produksi sampai pada pembangunan blok kapal. Dalam pembuatan blok kapal ada beberapa aktivitas dengan beban kerja yang berbeda-beda, tetapi semua aktivitas ini harus dikerjakan dengan teknik pembangunan kapal yang berurutan sesuai dengan proses yang sudah ada selama ini. Permasalahan yang kemudian timbul adalah bagaimana mengurutkan job/pekerjaan dari tiap blok di tiap stasiun kerja agar total waktu penyelesaian di stasiun-stasiun kerja tersebut minimal.

Pada kenyataannya di lapangan dalam pembuatan sebuah blok kapal tidak semua aktivitas pembangunannya dikerjakan oleh karyawan PT. Dok dan Perkapalan Surabaya (Persero). Ada beberapa bagian

dalam pembuatan blok kapal itu yang dikerjakan oleh sub-kontraktor. Seperti pada proses *sub assembly* atau penggabungan plat yang sudah dipotong menjadi komponen/seksi blok dan juga proses *assembly* atau penyambungan komponen/seksi blok tadi menjadi sebuah blok yang penggerjaannya dilakukan oleh para sub-kontraktor.

Maka dari itu pihak perusahaan harus dapat mengendalikan proses awal dalam bentuk pengaturan job/pekerjaan di dua stasiun kerja awal (*mould loft* dan fabrikasi) agar nantinya dapat tercapai total waktu minimalnya. Sehingga pada waktu penyerahan kepada pihak sub-kontraktor nantinya untuk penggerjaan proses *sub assembly* dan *assembly*-nya dapat dilakukan dengan waktu yang lebih cepat.

Objek utama yang dijadikan bahan untuk penelitian ini adalah proses pembangunan kapal jenis tanker milik Pertamina yang sedang dikerjakan oleh PT. Dok dan Perkapalan Surabaya (Persero) saat ini. Ada 3 kapal jenis tanker pesanan Pertamina dengan bobot ukuran yang sama yaitu 6500 DWT yang sedang dalam proses pembuatan di galangan PT. Dok dan Perkapalan (Persero). Namun saat ini satu kapal tanker (Kamojang) sudah selesai pembuatannya dan sudah diserahkan oleh PT. Dok dan Perkapalan Surabaya (Persero) kepada Pertamina dengan waktu penyelesaian selama 2 tahun. Dan saat ini yang sedang berjalan adalah pembuatan kapal tanker ke-2 (Kakap) yang sudah berjalan 6 bulan. Hasil yang diharapkan dari penelitian ini adalah adanya proses pembuatan blok kapal dengan waktu yang lebih cepat sehingga nantinya ketika perusahaan membangun kapal tanker Pertamina yang ke-3 waktu penyelesaiannya bisa lebih cepat dari proses pembuatan kapal terdahulu.

Berdasarkan latar belakang, identifikasi masalah dan batasan masalah yang ada, maka rumusan masalahnya adalah sebagai berikut :

- Bagaimana menentukan penjadwalan produksi pembuatan blok kapal dengan menggunakan algoritma Johnson sehingga total waktu (*makespan*) terkecil dapat tercapai ?

Adapun tujuan dari penelitian ini adalah sebagai berikut :

- Menyusun penjadwalan produksi pembuatan blok kapal yang lebih efektif dan efisien agar perusahaan tidak perlu lagi membayar denda kepada *owner* (pemilik kapal) akibat dari keterlambatan proses produksinya.
- Melihat penerapan aturan Johnson pada proyek pembangunan kapal.

Adapun manfaat yang dapat diambil dari penelitian ini adalah :

- Untuk menambah pengetahuan mengenai penjadwalan produksi serta studi banding antara pengetahuan secara teori yang diterima di bangku perkuliahan dengan kenyataan yang terjadi di lapangan.
- Membantu pihak manajemen perusahaan dalam pelaksanaan proyek pembuatan blok kapal yang efektif dan efisien sehingga total waktu (*makespan*) minimal dapat tercapai.
- Sebagai referensi mahasiswa aktif yang lainnya serta sebagai alat perbandingan untuk melakukan penelitian lebih lanjut oleh mahasiswa teknik mesin, khususnya mengenai penjadwalan produksi.

METODE

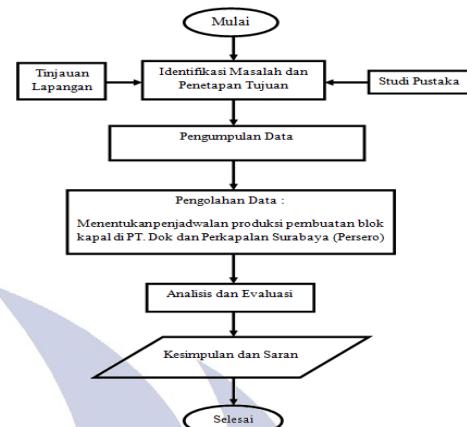
Waktu dan Tempat Penelitian

1. Waktu

Penelitian dimulai setelah ujian seminar proposal dilakukan, yakni mulai bulan April 2012 sampai data-data yang dibutuhkan dalam penelitian skripsi terpenuhi.

2. Tempat

Adapun penelitian ini dilakukan di PT. Dok dan Perkapalan Surabaya (Persero) Jalan Tanjung Perak Barat 433-435 Surabaya. Data penelitian ini diperoleh dari divisi Rencana dan Pengendalian (Rendal) di PT. Dok dan Perkapalan Surabaya (Persero).



Gambar 1. Rancangan Penelitian

Variabel Penelitian

Variabel penelitian pada penelitian ini adalah antara lain :

- Durasi penyelesaian pada proses di *mould loft*.
- Durasi penyelesaian pada proses di fabrikasi.

Teknik Pengumpulan Data

a. Observasi

Melakukan pengamatan langsung pada objek penelitian untuk memperoleh gambaran yang jelas mengenai proses pembangunan blok kapal di lapangan, yang untuk selanjutnya membuat catatan-catatan hasil pengamatan tersebut.

b. Wawancara

Melakukan wawancara secara langsung dengan pihak-pihak yang terkait yang dibutuhkan untuk memperoleh data-data seperti data aktivitas-aktivitas pembuatan blok kapal, waktu pelaksanaan dari setiap aktivitas dalam proses pembuatan blok kapal, serta ketergantungan tiap aktivitas terhadap aktivitas lain.

c. Studi Literatur

Mengumpulkan data-data dengan membaca dan mempelajari teori-teori dan literatur-literatur yang berkaitan dengan proses pembuatan blok kapal.

Teknik analisa data

Langkah-langkah untuk menganalisis data dengan menggunakan aturan Johnson adalah sebagai berikut :

1. Daftar semua waktu proses dari pembuatan blok di *mould loft* dan fabrikasi.
2. Waktu proses yang terendah dipilih sebagai kandidat yang dijadwalkan terlebih dahulu.
3. Bila waktu proses minimal terjadi pada *mould loft*, letakkan *job* pada urutan pertama. Dan bila pada fabrikasi, tempatkan *job* pada urutan terakhir.
4. *Job* yang telah dijadwalkan, dihilangkan dari daftar *job* dan ulangi langkah diatas mulai dari langkah 2. Lakukan hingga semua *job* selesai dijadwalkan.

Kutipan dan Acuan

Penjadwalan Produksi

Penjadwalan atau *scheduling* adalah pengalokasian waktu yang tersedia untuk melaksanakan masing-masing pekerjaan dalam rangka menyelesaikan suatu proyek hingga tercapai hasil optimal dengan mempertimbangkan keterbatasan-keterbatasan yang ada (Abrar Husen, 2011, hal 149).

Bedworth (1987), mengidentifikasi beberapa tujuan dari aktifitas penjadwalan adalah sebagai berikut :

1. Meningkatkan penggunaan sumber daya atau mengurangi waktu tunggunya sehingga total waktu proses dapat berkurang dan produktivitas dapat meningkat.
2. Mengurangi persediaan barang setengah jadi atau mengurangi sejumlah pekerjaan yang menunggu dalam antrian ketika sumber daya yang ada masih mengerjakan tugas yang lain. Teori baker mengatakan, jika aliran kerja suatu jadwal konstan, maka antrian yang mengurangi rata-rata waktu alir akan mengurangi rata-rata persediaan barang setengah jadi.
3. Mengurangi beberapa kelambatan pada pekerjaan yang mempunyai batas waktu penyelesaian sehingga akan meminimasi *penalty cost* (biaya kelambatan).
4. Membantu pengambilan keputusan mengenai perencanaan kapasitas pabrik dan jenis kapasitas yang dibutuhkan sehingga penambahan biaya yang mahal dapat dihindarkan.

Secara umum penjadwalan mempunyai manfaat-manfaat seperti berikut (Abrar Husen, 2011, hal 149) :

1. Memberikan pedoman terhadap unit pekerjaan/kegiatan mengenai batas-batas waktu untuk mulai dan akhir dari masing-masing tugas.
2. Memberikan sarana bagi manajemen untuk koordinasi secara sistematis dan realistik dalam penentuan alokasi prioritas terhadap sumber daya dan waktu.
3. Memberikan sarana untuk menilai kemajuan pekerjaan.
4. Menghindari pemakaian sumber daya yang berlebihan, dengan harapan proyek dapat selesai sebelum waktu yang ditetapkan.
5. Memberikan kepastian waktu pelaksanaan pekerjaan.
6. Merupakan sarana penting dalam pengendalian proyek.

Penjadwalan produksi memiliki beberapa fungsi dalam sistem produksi. Aktifitas-aktifitas fungsi tersebut adalah sebagai berikut (Teguh Baroto, 2002, hal 167) :

1. *Loading* (pembebatan). Bertujuan mengkompromikan antara kebutuhan yang diminta dengan kapasitas yang ada. *Loading* ini untuk menentukan fasilitas, operator, dan peralatan.
2. *Sequencing* (penentuan urutan). Bertujuan membuat prioritas pengerjaan dalam pemrosesan *order-order* yang masuk.
3. *Dispatching*. Pemberian perintah-perintah kerja ke tiap mesin atau fasilitas lainnya.
4. Pengendalian kinerja penjadwalan, dengan cara merancang ulang *sequencing*, bila ada kesalahan atau ada prioritas utama baru.
5. *Updating schedules*. Pelaksanaan jadwal biasanya selalu ada masalah baru yang berbeda dari saat pembuatan jadwal, maka jadwal harus segera di-*update* bila ada permasalahan baru yang memang perlu diakomodasi.

Dalam pelaksanaannya, penjadwalan produksi akan mengalami gangguan atau hambatan. Gangguan dan hambatan yang terjadi antara lain:

1. Mesin rusak

Pada saat mesin rusak operasi-operasi yang akan menggunakan mesin tersebut tidak dapat dikerjakan dan harus menunggu sampai mesin selesai diperbaiki. Hal ini menyebabkan terhentinya proses produksi dan penjadwalan produksi semua menjadi tidak terpenuhi. Oleh karena itu perlu dilakukan penyesuaian pada jadwal semula sehingga diperoleh kembali jadwal produksi yang *feasible*. Penjadwalan ulang ini dikenal dengan nama *rescheduling*.

2. Penambahan pesanan baru

Pada saat produksi sedang berjalan, tidak tertutup kemungkinan adanya penambahan pesanan baru. Hal ini mengakibatkan pelaksanaan penjadwalan yang belum memperhitungkan pesanan baru tersebut akan mengalami gangguan atau kekacauan, oleh karena itu diperlukan penjadwalan ulang dengan mempertimbangkan pesanan baru tersebut sehingga produksi akan tetap berada pada kondisi yang optimal.

3. Perubahan prioritas

Perubahan prioritas pembuatan produk akan mempengaruhi penjadwalan yang telah dilakukan.

4. Perubahan *due date*

Produk yang mengalami perubahan *due date* akan menyebabkan perubahan pada jadwal produksi semula. Perubahan *due date* ada dua macam yaitu *due date* semakin maju atau *due date* yang semakin mundur. Penjadwalan produksi yang semakin mundur tidak akan mengubah penjadwalan produksi dan tidak akan mengakibatkan perubahan pada performansi penjadwalan semula. Tetapi perubahan *due date* yang semakin maju akan mengubah penjadwalan produksi awal, agar performansi yang dipilih dapat tetap dipertahankan dengan adanya perubahan *due date* tersebut.

5. Adanya produk yang memerlukan pengulangan operasi

Apabila ada produk yang dinyatakan cacat maka produk tersebut harus dikerjakan ulang untuk memenuhi spesifikasi yang diinginkan. Akibat dari

pengulangan tersebut maka waktu operasi produk bertambah dan operasi produk lain tertunda. Maka dari itu dibutuhkan penjadwalan ulang mesin dengan data tambahan seperti produk yang akan diulang operasi yang diulang serta mesin yang digunakan untuk proses pengulangan tersebut.

Algoritma Johnson

Algoritma Johnson merupakan suatu algoritma yang digunakan untuk mendapatkan *optimal sequence* (pengurutan penjadwalan yang optimal) untuk jenis *flow shop*.

Adapun tahapan-tahapan dari algoritma Johnson adalah :

1. Buatlah daftar waktu proses untuk seluruh pekerjaan tersebut, baik pada mesin pertama (M1) dan mesin terakhir (M2).
2. Carilah seluruh waktu proses untuk seluruh pekerjaan. Tentukan waktu proses yang minimal.
3. Jika waktu proses berada pada mesin pertama (M1), tempatkan pekerjaan tersebut pada urutan yang paling awal. Jika terletak pada mesin kedua (M2), tempatkan pekerjaan-pekerjaan tersebut pada urutan paling akhir.
4. Hilangkan pekerjaan yang telah ditugaskan (telah ditempatkan dalam urutan dan sebagai hasil dari langkah 3) dan ulangi langkah 2 dan langkah 3 sehingga seluruh pekerjaan telah diurutkan.

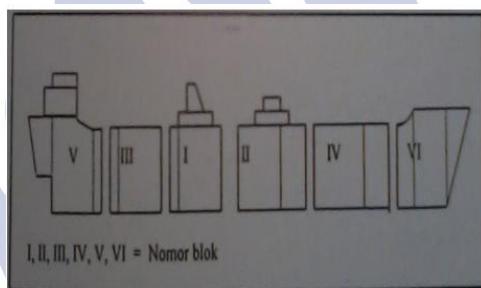
Gantt Chart (Peta Gannt)

Gantt chart adalah suatu alat yang bernilai khususnya untuk proyek-proyek dengan jumlah anggota tim yang sedikit. Pada permasalahan proyek yang kompleks, suatu representasi visual yang menunjukkan macam-macam pekerjaan beserta waktu dan nilai uang yang terlibat biasanya sangat membantu pelaksanaan proyek tersebut. Salah satu representasi visual tersebut adalah *bar chart* yang dikembangkan oleh Henry Gannt sekitar tahun 1900 sehingga *bar chart* sering juga disebut sebagai *Gantt Chart*. *Chart* ini terdiri dari dua koordinat aksis, dimana satu aksis mempresentasikan waktu yang telah dilalui dan aksis lainnya mempresentasikan pekerjaan atau aktifitas

yang dilakukan. Pekerjaan dinyatakan dalam bentuk batangan (Arman Hakim Nasution, 2006, hal 341).

Proses Pembuatan Blok Kapal

Pada pembentukan badan kapal dengan metode blok, kapal dibagi-bagi menjadi beberapa blok dengan arah memanjang. Setelah seluruhnya selesai dibuat, blok-blok tadi diangkut ke building berth untuk di ereksi/penggabungan blok menjadi sebuah kapal yang utuh. Pada proses ereksi blok di *building berth* sendiri ada dua macam cara pengurutan yang banyak dilakukan oleh galangan kapal dalam pembuatan kapal yaitu proses ereksi yang dimulai dari tengah kapal dan juga proses ereksi yang dimulai dari buritan kapal.



Gambar 2. Urutan proses ereksi blok kapal di *building berth*

Untuk proses ereksi blok kapal yang dimulai dari tengah, urutan pekerjaannya adalah sebagai berikut :

- Letakkan blok 1 sebagai blok dasar pada *building berth*
- Kemudian rakit blok 3 dan blok 2 ke blok 1
- Setelah blok 1, blok 2, dan blok 3 sudah tergabung, rakit juga blok 5 dan blok 4, serta blok 6 sehingga menjadi suatu kapal yang utuh.

Sementara pada proses ereksi blok kapal yang dimulai dari buritan, urutan pengjerjaannya yaitu :

- Letakkan blok 5 yang ada di buritan sebagai blok dasar pada *building berth*

Kemudian rakit secara berurutan kearah depan mulai dari blok 3, blok 1, blok 2, blok 4, dan blok 6 (haluan kapal) ke blok 5 hingga menjadi sebuah kapal yang utuh.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Data yang diambil untuk penelitian ini adalah data perencanaan waktu penyelesaian aktifitas-aktifitas pada proyek pembangunan blok kapal tanker di PT. Dok dan Perkapalan Surabaya yang berjumlah 18 blok mulai dari *After Peak* sampai *Super Structure A*. Pada data proses pembangunan blok kapal tanker yang didapat dari perusahaan, terdapat 5 aktifitas pekerjaan yang ada di stasiun kerja *mould loft* dan fabrikasi untuk tiap-tiap blok. Aktifitas-aktifitas pekerjaan tersebut antara lain adalah :

Tabel 1 Deskripsi Aktifitas Pembuatan Blok Kapal di Stasiun Kerja Mould Loft dan Fabrikasi

No.	Aktifitas
Mould Loft	
1.	Drawing
2.	Marking
Fabrikasi	
3.	Marking
4.	Cutting
5.	Bending

Dalam setiap aktifitas pekerjaan untuk menyelesaikan proyek pembangunan di tiap-tiap blok kapal khususnya pada stasiun kerja *mould loft* dan fabrikasi, PT. Dok dan Perkapalan Surabaya memiliki beberapa kriteria untuk kualifikasi tenaga kerja yang digunakan beserta jumlahnya. Seperti yang dapat dilihat pada tabel-tabel berikut ini :

Tabel 2 Kapasitas Sumber Daya Manusia yang Digunakan Untuk Pembuatan Tiap-tiap Blok di Stasiun Kerja Mould Loft

No.	Aktifitas	Jumlah Tenaga Kerja
1.	Drawing	1
2.	Marking	1

Tabel 3 Kapasitas Sumber Daya Manusia yang Digunakan Untuk Pembuatan Tiap-tiap Blok di Stasiun Kerja Fabrikasi

No.	Aktifitas	Jumlah Tenaga Kerja
1.	Marking	1
2.	Cutting	1
3.	Bending	2

Data berikut ini adalah perkiraan dari perusahaan yang dibuat berdasarkan pengalaman terdahulu untuk jenis aktifitas yang hampir sama. Adapun data aktifitas beserta waktu penggerjaan pada proses *mould loft* dan fabrikasi yang diperoleh dari perusahaan dapat dilihat pada tabel berikut :

Tabel 4 Data Durasi Penggerjaan Pembuatan Blok Kapal di Stasiun Kerja *Mould Loft* dan Fabrikasi (dalam hari)

Job	Work Stasiun	
	Mould Loft	Fabrikasi
Blok 1	5	12
Blok 2	7	10,5
Blok 3	9	13,5
Blok 4	10	10,5
Blok 5	-	16,5
Blok 6	-	10,5
Blok 7	-	15
Blok 8	-	13,5
Blok 9	-	10,5
Blok 10	8	12
Blok 11	5	7,5
Blok 12	2	7,5
Blok 13	2	4,5
Blok 14	3	4,5
Blok 15	3	4,5
Blok 16	3	4,5
Blok 17	1,5	1,5
Blok 18	2	3

Pengolahan Data

Berdasarkan dari tabel data durasi penggerjaan pembuatan blok untuk lambung kapal tanker di stasiun kerja *mould loft* dan fabrikasi, maka dapat durasi waktu penggerjaan dalam skala jam seperti yang terlihat pada tabel berikut ini :

Tabel 5 Waktu Penggerjaan Pada Tiap Blok di Stasiun Kerja *Mould Loft* dan Fabrikasi (dalam jam)

Job	B1	B2	B3	B4	B5	B6	B7	B8	B9	B10	B11	B12	B13	B14	B15	B16	B17	B18
Mould Loft (M1)	40	56	72	80	-	-	-	-	64	40	16	16	24	24	24	12	16	
Fabrikasi (M2)	96	84	108	84	132	94	120	108	84	96	60	60	36	36	36	12	24	

Keterangan : Dengan asumsi jam kerja pada perusahaan 8 jam per hari mulai dari hari senin sampai hari sabtu.

Pada tabel diatas, untuk stasiun kerja *mould loft* (M1) di blok 5 sampai blok 9 tidak ada waktu penggerjaannya karena sudah terwakili dari hasil penggerjaan di blok 4 karena kesamaan struktur gambar lambung kapal yang akan dibangun.

Waktu proses terkecil yang pertama adalah 12 jam pada penggerjaan blok 17 yang ada di stasiun kerja *mould loft* (M1) maupun stasiun kerja fabrikasi (M2). Karena durasinya sama, maka menurut Johnson kedua proses penggerjaan dapat dipilih baik itu yang di *mould loft* maupun fabrikasi. Misalkan yang diambil durasi penggerjaan pada fabrikasi, Maka tempatkan pada kolom urutan paling belakang. Blok 17 dihapus dari jadwal.

Waktu terkecil berikutnya yaitu 16 jam pada blok 12, 13, dan blok 18 di stasiun kerja *mould loft* (M1). Pilih blok 12 dan tempatkan pada kolom urutan pertama. Setelah itu hapus blok 12 dari daftar. Sehingga sekarang waktu terkecil yang tersisa masih 16 jam pada blok 13 dan blok 18 di stasiun kerja *mould loft* (M1). Pilih blok 13 dan tempatkan pada kolom setelah blok 12. Sementara untuk blok 18 tempatkan di kolom setelah blok 13. Kemudian hapus blok 13 dan blok 18.

Waktu proses terkecil selanjutnya adalah 24 jam yang ada pada blok 14, 15, dan blok 16 di stasiun kerja *mould loft* (M1). Seperti pada proses sebelumnya kita pilih blok 14 terlebih dahulu untuk ditempatkan pada kolom setelah blok 18. Lalu blok 15 ditempatkan di kolom setelah blok 14 serta blok 16 diletakkan pada kolom setelah blok 15. Setelah itu hapus blok 14, 15, dan blok 16 dari *list job*.

Waktu terkecil berikutnya adalah 40 jam pada blok 1 dan blok 11 di *mould loft* (M1). Pilih blok 1 lebih dahulu dan letakkan pada kolom setelah blok 16. Kemudian waktu penggerjaan di blok 11 dipilih berikutnya serta tempatkan di kolom setelah blok 1. Hapus blok 1 dan blok 11 dari daftar.

56 jam pada blok 2 stasiun kerja *mould loft* (M1) menjadi waktu terkecil selanjutnya. Tempatkan blok 2 pada kolom setelah blok 11. Hapus juga blok 2 dari jadwal.

Waktu terkecil selanjutnya adalah 64 jam yang ada di blok 10 stasiun kerja *mould loft* (M1). Letakkan blok 10 di kolom setelah blok 2. Lalu hapus dari daftar.

Kemudian 72 pada blok 3 stasiun kerja *mould loft* (M1) menjadi waktu terkecil berikutnya. Tempatkan blok 3 pada kolom setelah blok 10 dan setelah itu hapus dari *list job*.

Durasi penggeraan di blok 4 stasiun kerja *mould loft* (M1) sebesar 80 jam menjadi waktu terkecil selanjutnya. Pilih dan letakkan blok 4 pada kolom setelah blok 3. Hapus blok 4 dari daftar.

Waktu terkecil berikutnya ialah 84 jam pada blok 6 dan blok 9 stasiun kerja fabrikasi (M2). Pilih blok 6 lebih dahulu dan kemudian tempatkan pada kolom setelah blok 4. Baru kemudian diikuti blok 9 yang di letakkan pada kolom setelah blok 6. Hapus blok 6 dan blok 9 dari *list job*.

Setelah itu waktu penggeraan blok 8 stasiun kerja fabrikasi (M2) sebesar 108 jam dipilih berikutnya. Tempatkan blok 8 pada kolom setelah blok 9. Lalu hapus dari daftar.

Waktu 120 jam yang terdapat di blok 7 stasiun kerja fabrikasi (M2) menjadi waktu terkecil selanjutnya. Letakkan blok 7 di kolom sesudah blok 8 dan kemudian hapus dari daftar yang belum terjadwal.

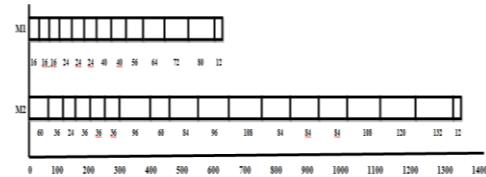
Tersisa 1 job dengan waktu 132 jam yang terletak pada blok 5 stasiun kerja fabrikasi (M2). Tempatkan blok 5 di kolom antara blok 7 dan blok 17. Kemudian hapus dari *list job*.

Sehingga secara keseluruhan berdasarkan tabel urutan penugasan (*job sequence*) yang didapat setelah pengurutan sesuai dengan waktu terkecil dalam pembuatan blok kapal tanker menurut algoritma Johnson adalah :

Job sequence : ML B12 – ML B13 – ML B18 – ML B14 – ML B15 – ML B16 – ML B1 – ML B11 – ML B2 – ML B10 – ML B3 – ML B4-B9 - F B6 – F B9 – F B8 – F B7 – F B5 – ML B17

Berikut gannt chart yang dihasilkan dari penjadwalan produksi dengan metode algoritma Johnson

ML	ML	ML	ML	ML	ML	ML	ML	ML	ML	ML	F	F	F	F	ML
B12	B13	B18	B14	B15	B16	B1	B11	B2	B10	B3	B4	B6	B9	B7	B5



$$Makespan = 1312 \text{ jam}$$

Gambar 3. *Gantt Chart* Penjadwalan Berdasarkan Algoritma Johnson

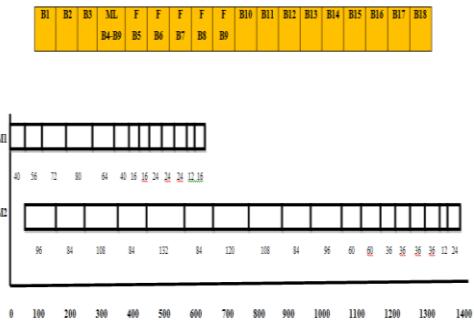
Alternatif penjadwalan lain yang bisa digunakan untuk mengatur proses penggeraan blok kapal adalah dengan mengacu pada penggunaan teknologi pembuatan kapal. Ada dua teknologi pembuatan kapal yang sering digunakan dalam pembuatan kapal baru saat ini yaitu yang pertama sistem perakitan dari belakang kapal dan yang kedua sistem perakitan kapal tidak beraturan yang berdasarkan keseimbangan pada proses pembangunan kapal itu sendiri. Pada teknologi pembuatan blok kapal yang pertama ini sistem perakitannya dimulai dari bagian belakang kapal terlebih dahulu baru kemudian berurutan ke bagian depan kapal. Berikut hasil penjadwalan yang diperoleh jika menggunakan teknologi pembuatan kapal alternatif ke-1 :

Job sequence : B1 – B2 – B3 - ML B4-B9 –F B5 – F B6 – F B7 – F B8 – F B9 – B10 – B11 – B12 – B13 – B14 – B15 – B16 – B17 – B18

Sedangkan jika menggunakan sistem perakitan kapal yang berdasarkan keseimbangan, pembangunannya dimulai dari blok yang paling tengah terlebih dulu baru kemudian menyusul pembuatan blok untuk bagian belakang dan depan kapal hingga terbentuklah lambung kapal. Berikut hasil penjadwalan yang diperoleh jika menggunakan teknologi pembangunan kapal yang ke-2 ini :

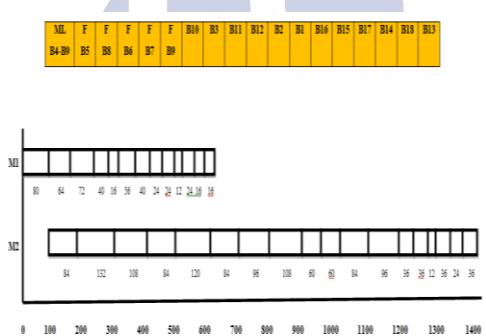
Job Sequence : ML B4-B9 – F B5 – F B8 – F B6 – F B7 – F B9 – B 10 – B 3 – B 11 – B 12 – B 2 – B 1 – B 16 – B 15 – B 17 – B 14 – B 18 – B 13

Berikut gannt chart dari 2 alternatif penjadwalan menurut teknologi pembuatan kapal :



Makespan = 1336 jam

Gambar 4. *Gantt Chart* Penjadwalan Berdasarkan Teknologi Pembuatan Kapal Alternatif 1



Makespan = 1376 jam

Gambar 5. *Gantt Chart* Penjadwalan Berdasarkan Teknologi Pembuatan Kapal Alternatif 2

Analisa Hasil Penjadwalan

Dari total waktu perhitungan *makespan* dengan menggunakan tiga metode penjadwalan yang telah dilakukan, berikut dibawah ini selisih waktu yang terjadi untuk mengetahui penggunaan metode dengan waktu yang paling efektif :

Tabel 6 Hasil Penjadwalan Produksi

NO.	METODE	URUTAN PENJADWALAN	MAKESPAN
1.	<u>Algoritma Johnson</u>	ML B12 – ML B13 – ML B18 – ML B14 – ML B15 – ML B16 – ML B1 – ML B11 – ML B2 – ML B10 – ML B3 – ML B4-B9 – F B6 – F B9 – F B8 – F B7 – F B5 – ML B17	1312 Jam
2.	<u>Teknologi</u> <u>Pembuatan Kapal</u> <u>Alternatif 1</u>	B1 – B2 – B3 – ML B4-B9 – F B5 – F B6 – F B7 – F B8 – F B9 – B10 – B11 – B12 – B13 – B14 – B15 – B16 – B17 – B18	1336 Jam
3.	<u>Teknologi</u> <u>Pembuatan Kapal</u> <u>Alternatif 2</u>	ML B4-B9 – F B5 – F B8 – F B6 – F B7 – F B9 – B 10 – B 3 – B 11 – B 12 – B 2 – B 1 – B 16 – B 15 – B 17 – B 14 – B 18 – B 13	1376 Jam

Dari tabel diatas, maka diperoleh penjadwalan terbaik yang dapat meminimasi *makespan*, yaitu berdasarkan algoritma Johnson dengan urutan penjadwalan : ML B12 – ML B13 – ML B18 – ML B14 – ML B15 – ML B16 – ML B1 – ML B11 – ML B2 – ML B10 – ML B3 – ML B4-B9 - F B6 – F B9 – F B8 – F B7 – F B5 – ML B17 dengan *makespan* 1312.

Berikut dibawah ini merupakan selisih waktu paling kecil antara kondisi riil perusahaan dengan metode usulan untuk mengetahui penggunaan dengan waktu yang paling efektif :

Tabel 7 Selisih Waktu Proses Pengerjaan Job
(Makespan)

Makespan Perusahaan (jam)	Makespan Algoritma Johnson (jam)	Selisih (jam)	Selisih (hari)
1445	1312	133	16

Sementara untuk selisih waktu yang terjadi antara *makespan* perusahaan dengan *makespan* yang dihasilkan oleh penjadwalan menurut teknologi pembuatan kapal alternatif 1 (pembangunan kapal yang dimulai dari buritan kapal) adalah 109 jam (13 hari). Sedangkan selisih waktu untuk pembangunan kapal menurut alternatif yang ke-2 dengan *makespan* yang dihasilkan perusahaan yaitu 69 jam (8 hari).

Terdapat beberapa faktor yang menyebabkan molornya waktu penyelesaian pembangunan blok kapal yang dilakukan perusahaan salah satunya adalah seringnya terjadi pemadaman listrik sehingga mesin-mesin pemotong plat baja seperti mesin cnc dan mesin bending tidak dapat bekerja. Selain itu lamanya penggeraan di stasiun kerja fabrikasi dikarenakan mesin cnc yang ada tiba-tiba mengalami kerusakan sehingga memerlukan waktu untuk perbaikan. Tentu saja hal ini juga memperlambat selesainya proses pemotongan plat.

Dalam hal ini ketiga metode usulan dapat digunakan oleh perusahaan dalam pembuatan blok kapal tergantung jenis kapal yang akan dibuat serta berapa lama waktu pengerjaannya yang harus dipertimbangkan dengan

benar. Penjadwalan dengan menggunakan metode algoritma Johnson bisa diterapkan perusahaan pada pembangunan blok kapal apabila perusahaan dapat menyediakan area khusus sebagai tempat untuk menempatkan blok kapal yang dibangun terlebih dahulu sebelum dirakit/digabungkan menjadi lambung kapal. Hal ini dikarenakan dengan menggunakan metode algoritma Johnson pembangunan blok kapalnya secara acak menurut waktu yang paling terkecil dahulu sehingga bisa saja blok yang berdasarkan teknologi yang diterapkan di perusahaan berada pada urutan terakhir menjadi yang pertama kali dibangun menurut aturan Johnson.

Kesimpulan yang dapat diambil berdasarkan penjadwalan yang telah dilakukan adalah *makespan* sebesar 1312 jam yang dihasilkan dengan menggunakan metode algoritma Johnson maupun *makespan* berdasarkan teknologi yang diterapkan baik alternatif 1 (pembangunan dari buritan) dan alternatif 2 (pembangunan yang dimulai dari tengah) jauh lebih baik daripada *makespan* perusahaan yang sebesar 1445 jam.

PENUTUP

Simpulan

- Hasil penjadwalan yang dilakukan dengan menggunakan algoritma Johnson menunjukkan terjadinya penghematan waktu pada pembangunan blok untuk lambung kapal. Dari *makespan* perusahaan yang awalnya sebesar 1445 jam menjadi hanya 1312 jam sehingga terdapat selisih waktu 133 jam atau 16 hari.
- Agar penerapan Johnson dapat digunakan dalam pembangunan blok lambung kapal, maka perusahaan perlu menyediakan area khusus untuk menempatkan blok kapal yang sudah jadi terlebih dahulu khususnya untuk blok kapal mulai dari blok 13 sampai 18 sebelum nantinya dapat dirakit/digabungkan dengan blok-blok yang ada didasarnya (blok 1 sampai blok 12). Dan untuk blok 1 sampai blok 12 yang sudah jadi bisa langsung ditempatkan atau disusun pada *building berth* sesuai dengan urutan blok masing-masing.

Saran

- Perlu di tingkatkan lagi kesadaran dari tiap-tiap operator pada proses *mould loft* dan fabrikasi tentang tanggung jawab terhadap pekerjaan-pekerjaan yang dilakukan. Disiplin serta kesungguhan kerja adalah masalah utama yang harus diperhatikan dalam rangka mencapai hasil produksi yang optimal khususnya pada proses *mould loft* dan fabrikasi.
- Pimpinan proyek sebaiknya memperhatikan produk yang dihasilkan oleh tiap-tiap stasiun kerja untuk menghindari terjadinya *bottlenecks*.
- Pimpinan proyek sebaiknya secara terus-menerus melakukan pengukuran waktu kerja (*time study*) agar lebih meningkatkan pengawasan jalannya produksi dan menjadi data untuk pekerjaan sejenis di lain waktu.

DAFTAR PUSTAKA

- Baroto, Teguh. 2002. *Perencanaan dan Pengendalian Produksi*. Jakarta : Ghilia Indonesia.
- Biegel, John E. 1992. *Pengendalian Produksi Suatu Pendekatan Kualitatif*.
- Dormidontov, VK. 1993. *Ship Building Technology*. Moscow: MIR Publisher.
- Djatmiko S, dkk. 1983. *Teknik Galangan Kapal dan Dok* 2. Jakarta: Departemen Pendidikan dan Kebudayaan.
- Nasution, Arman Hakim. 1999. *Perencanaan dan Pengendalian Produksi*. Jakarta: PT. Candimas Metropole.
- Husen, Abrar. 2009. *Manajemen Proyek*. Yogyakarta: C.V Andi Offset.
- Sanjaya, Riki. 2012. *Proses Pembangunan Kapal Baru*, (online), (<http://havaleengineering.blogspot.com>), diakses 15 Maret 2012.
- Supadi, dkk. 2010. *Panduan Penulisan Skripsi Program S-I*. Surabaya: Jurusan Pendidikan Teknik Mesin Fakultas Teknik Universitas Negeri Surabaya.