

USULAN RANCANGAN SISTEM PENJADWALAN PRODUKSI BERBASIS *VISUAL BASIC FOR APPLICATION* DENGAN MENGGUNAKAN PENDEKATAN *THEORY OF CONSTRAINTS* DI PT X

Raynaldi Ario Putro Budiono, Emsosfi Zaini

Jurusan Teknik Industri
Institut Teknologi Nasional (Itenas) Bandung

Email: raynaldiario@gmail.com

ABSTRAK

Penjadwalan merupakan salah satu perancangan sistem produksi yang digunakan untuk menjadwalkan mesin-mesin yang terdapat di perusahaan dalam melakukan proses produksi. Penjadwalan dilakukan agar pemakaian setiap mesin yang dimiliki oleh perusahaan menjadi optimal. Adanya penumpukan barang setengah jadi pada salah satu stasiun kerja membuat perlu dilakukannya perbaikan pada sistem penjadwalan produksi dengan menggunakan metode Theory of Constraints (TOC). Metode Theory of Constraints memprioritaskan penjadwalan pada stasiun yang menjadi stasiun konstrain. Setelah itu, barulah dilakukan penjadwalan seluruh order yang diterima dengan mengacu pada buffer di stasiun kerja konstrain. Penjadwalan yang dilakukan dibantu dengan bahasa pemrograman visual basic of application agar proses penjadwalan produksi dapat menjadi lebih cepat, lebih mudah, dan tetap menghasilkan nilai yang akurat

Kata Kunci: Sistem Produksi, Penjadwalan, *Theory of Constrain (TOC)*, *Visual Basic for Application (VBA)*

ABSTRACT

Scheduling is one of a production system design that used for scheduled machines in factory to do the production process. Scheduling used to make the utility of all machine become optimal. A bunch of work in process in one of a work stasion make the scheduling system needs to be investigated and improved with the Theory of Constraints (TOC) methods. The Theory of Constraints (TOC) methods make a priority for a work stasion that become constraints stasion. After that, sceduling of all order that gave to the factory can be realized based on a buffer that the constrain work stasion have. The scheduling process will be helped with a coding from visual basic for applicaton to make the scheduling process faster, easier, but still make an exact value.

Keywords: Production System, Scheduling, *Theory of Constrain (TOC)*, *Visual Basic for Application (VBA)*

1. PENDAHULUAN

1.1 Pengantar

PT X merupakan salah satu perusahaan yang bergerak di bidang industri manufaktur. PT X memproduksi berbagai jenis alat-alat teknik yang berbahan dasar karet. PT X memiliki sistem manufaktur dalam menghadapi permintaan konsumen yang bersifat *make to order* (MTO) repetitif, dan sistem produksi *general flow shop*. PT X harus memiliki perencanaan yang kuat dari segala aspek, terutama dari segi sistem produksinya untuk menghadapi persaingan yang ketat di bidang industri manufaktur.

1.2 Identifikasi Masalah

Berdasarkan hasil pengamatan yang dilakukan di PT X, terlihat bahwa terjadi penumpukan barang setengah jadi pada salah satu stasiun kerja. Penumpukan barang setengah jadi ini dapat disebabkan oleh beberapa faktor, antara lain keahlian dari operator, jumlah mesin dan kondisi mesin yang tidak sesuai dengan beban kerja pada stasiun kerja tersebut, maupun urutan penjadwalan *order* yang tidak tepat. Stasiun kerja yang mengalami penumpukan barang setengah jadi atau yang dapat disebut stasiun konstrain dapat menjadi masalah utama dalam pemenuhan *order* dari konsumen. Oleh karena itu, akan dilakukan peninjauan dari segi penjadwalan produksi terhadap stasiun kerja konstrain tersebut. Setelah dilakukan perbaikan, selanjutnya dilakukan penjadwalan terhadap seluruh *order* yang diterima oleh perusahaan dengan acuan dari stasiun kerja konstrain tersebut. Permasalahan tersebut dapat diselesaikan dengan menggunakan sistem penjadwalan produksi dengan metode *Theory of Constraints* yang dikembangkan oleh Halim dan Selamat (2001). Selain itu juga dikarenakan proses penjadwalan produksi untuk *order* yang beragam membutuhkan waktu yang relatif lama dan membutuhkan ketelitian yang tinggi, maka proses penjadwalan dapat dioptimalkan dengan alat bantu berupa program. Oleh karena itu sistem penjadwalan produksi ini akan disempurnakan dengan menggunakan bahasa pemrograman *Visual Basic for Application*.

2. STUDI LITERATUR

2.1 Sistem Manufaktur

Menurut Bertrand *et al.* (1999) dalam Toha (2000), terdapat klasifikasi strategi respon perusahaan dalam menghadapi permintaan konsumen, antara lain:

1. *Engineer To Order*
Pada sistem perusahaan *engineer to order*, terlebih dahulu dilakukan perancangan untuk memenuhi spesifikasi yang diinginkan konsumen. Setelah itu barulah dilakukan aktivitas produksi.
2. *Make To Order*
Pada sistem *make to order*, setiap *order* yang datang memiliki saat kedatangan *order* secara *random*. Selain itu, spesifikasi *order* satu sama lainnya berbeda, sehingga pada sistem *make to order* datangnya pemesanan berupa penawaran kepada konsumen untuk memproduksi *order* dengan harga dan waktu selesai *order* yang beragam.
3. *Assembly To Order*
Pada sistem *assembly to order* perusahaan sudah menyediakan *part* atau sub-rakitan yang biasanya diperlukan untuk membuat produk yang diinginkan konsumen. Apabila konsumen melakukan pemesanan, maka *part* atau sub-rakitan tersebut langsung dirakit sesuai dengan keinginan konsumen.

4. *Make To Stock*

Pada sistem *make to stock* kebutuhan produksi dapat diramalkan dan produk yang dihasilkan adalah produk standar. Apabila terdapat permintaan, hal ini dapat langsung terpenuhi karena sudah terdapat persediaan produk.

2.2 Penjadwalan Produksi

Penjadwalan produksi menurut Baker (1974) didefinisikan sebagai proses pengalokasian sumber atau mesin untuk melakukan sekumpulan tugas dalam jangka waktu tertentu.

Adapun tujuan dilakukannya penjadwalan produksi antara lain:

1. Meningkatkan penggunaan (utilitas) mesin pada stasiun kerja.
2. Mengurangi jumlah barang setengah jadi atau *work in process* (WIP), untuk mengurangi rata-rata jumlah pekerjaan yang menunggu untuk diproses pada mesin.
3. Pemenuhan saat kirim atau *due date* dan mengurangi keterlambatan.

Proses penjadwalan produksi memerlukan tiga informasi dasar untuk setiap *order* yang diterima, yaitu:

1. *Processing time* (t_i) atau waktu proses, yaitu waktu yang dibutuhkan untuk memberikan nilai tambah pada *order* i .
2. *Ready time* (r_i) atau saat siap, yaitu saat paling awal *order* i dapat diproses oleh mesin.
3. *Due date* (d_i) atau saat kirim, yaitu saat pengiriman *order* kepada konsumen.

Dalam penjadwalan dikenal istilah utilitas karena tujuan dari penjadwalan adalah untuk memaksimalkan utilitas mesin. Utilitas mesin adalah perbandingan interval waktu mesin m dibebani (melakukan pemrosesan) dengan *makespan* (Conway, 1967).

2.3 Theory of Constraints (TOC)

Optimized Production Technology (OPT) (Fogarty, dkk., 1991) diperkenalkan secara luas oleh Goldratt melalui bukunya *The Goal: a Process of Ongoing Improvement* yang ditulis pada tahun 1986. Konsep OPT menekankan pada optimasi pemanfaatan stasiun konstrain, sehingga metode ini dikenal dengan nama *Theory of Constraints* (TOC). Metode ini bertujuan untuk mengejar keuntungan yang diterima organisasi dengan meningkatkan *throughput*, sementara persediaan dan pengeluaran operasional sedapat mungkin dikurangi. *Throughput* didefinisikan sebagai aliran uang yang masuk ke perusahaan. Metode penjadwalan yang memusatkan perhatian pada sumber pembatas dan menggunakan prinsip-prinsip dasar TOC adalah sistem penjadwalan Drum-Buffer-Rope (DBR) (Umble dan Srikanth, 1996).

2.4 Penjadwalan Flow Shop dengan Pendekatan Theory of Constraints (TOC)

Halim dan Selamat (2001) mengembangkan algoritma penjadwalan *flow shop* dengan pendekatan TOC. Algoritma ini terdiri dari perhitungan ekspektasi *lead time* dengan Algoritma Zijm (Zijm, 1994), dan penjadwalan dengan pendekatan TOC. Dalam perhitungan ekspektasi *lead time* dengan Algoritma Zijm terdapat beberapa langkah yang harus dikerjakan, antara lain:

- Langkah 1: Menghitung laju permintaan pada setiap operasi di seluruh stasiun kerja untuk setiap *order*.
- Langkah 2: Menghitung laju kedatangan pada setiap operasi di seluruh stasiun kerja untuk setiap *order*.
- Langkah 3: Menghitung waktu proses pada setiap operasi di seluruh stasiun kerja untuk setiap *order*.
- Langkah 4: Menghitung beban kerja pada setiap operasi di seluruh stasiun kerja untuk setiap *order* dan penjumlahan beban kerja untuk setiap stasiun kerjanya.

Langkah 5: Menghitung ekspektasi waktu tunggu pada setiap operasi di seluruh stasiun kerja untuk setiap *order* dan penjumlahan beban kerja untuk setiap stasiun kerjanya.

Langkah 6: Menghitung ekspektasi *lead time* pada setiap operasi di seluruh stasiun kerja untuk setiap *order*.

Penjadwalan dengan pendekatan TOC terdiri dari beberapa algoritma perhitungan, antara lain:

1. Perhitungan nilai *etc* dan *ltc*. Nilai *etc* dan *ltc* digunakan sebagai acuan untuk penjadwalan pada stasiun konstrain
2. Pendistribusian *order* ke dalam mesin-mesin di stasiun konstrain, untuk stasiun konstrain yang memiliki lebih dari 1 mesin. *Order* akan didistribusikan berdasarkan nilai waktu *setup* yang terkecil.
3. Perhitungan nilai *release time* untuk setiap *order*. Penentuan nilai *release time* ini dilakukan sebagai acuan dalam penjadwalan seluruh *order*. Apabila nilai *release time* lebih kecil dari nilai *etc* atau lebih besar dari *ltc*, maka *order* dikatakan tidak layak, dan harus dilakukan perbaikan dengan cara mengganti nilai *release time* dengan nilai *etc*.
4. Penjadwalan seluruh *order*. Penjadwalan ini dilakukan dengan acuan dari stasiun konstrain. Untuk penjadwalan ini, apabila jumlah mesin berbeda maka penjadwalannya pun akan berbeda.

2.5 Gantt Chart

Gantt chart merupakan diagram perencanaan yang digunakan untuk penjadwalan sumber daya dan alokasi waktu (Heizer dan Render, 2006). *Gantt chart* dapat membantu penggunaannya untuk memastikan bahwa:

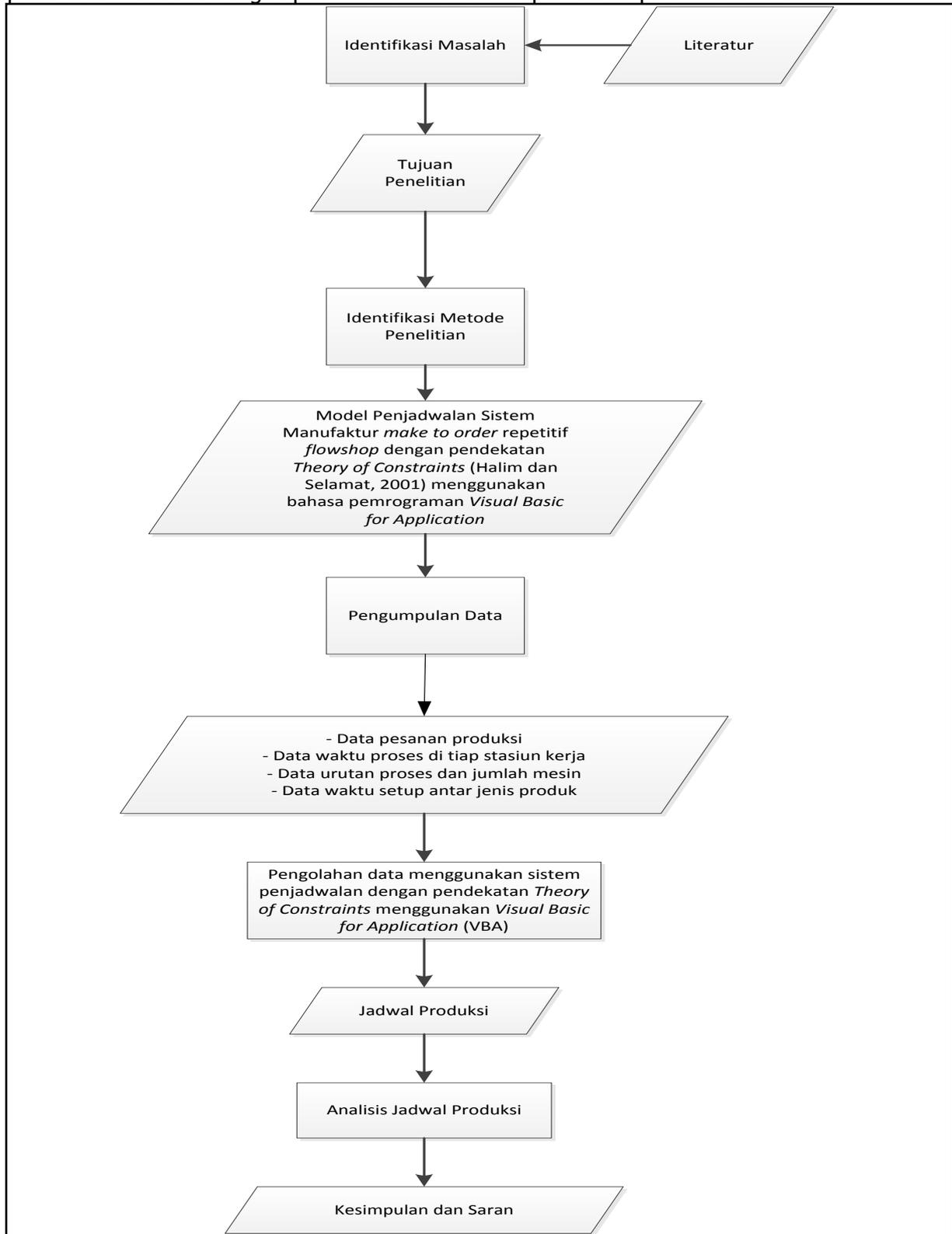
1. Semua kegiatan telah terencanakan
2. Urutan kinerja telah diperhitungkan
3. Perkiraan waktu kegiatan telah tercatat
4. Keseluruhan waktu proyek telah dibuat.

2.6 Visual Basic for Application (VBA)

Bradley dan Millspaugh (2009), mendefinisikan bahwa bahasa *visual basic* adalah sebuah bahasa pemrograman yang digunakan untuk menyusun aplikasi yang bekerja dalam lingkungan sistem operasi Windows. Bahasa pemrograman tersebut terdiri atas sekumpulan intruksi atau perintah yang ditujukan agar pemakai komputer dapat memberikan perintah yang nantinya akan dijalankan oleh komputer. *Visual Basic for Application* (VBA) adalah bahasa VB yang diintegrasikan ke dalam suatu paket aplikasi. Bahasa VBA telah tersedia pada berbagai paket aplikasi, antara lain *Microsoft Office Word, Excel, Access, Powerpoint*, dan *AutoCAD*. VBA merupakan *event-driven programming* yang artinya adalah program akan menunggu sampai adanya *event* (prosedur *event*) akan dijalankan. Dalam VBA, dikenal istilah variabel yang dapat diasumsikan sebagai suatu tempat dalam memori yang digunakan untuk menampung data. Setiap variabel memiliki tipe data. Selain itu juga dikenal istilah ekspresi yang dibentuk oleh operator dan operand, dimana operator merupakan simbol khusus untuk menyatakan suatu operasi tertentu, misalkan +, -, *, /, dll. Lalu pada VBA terdapat beberapa sistem penggunaan seperti penggunaan operator perbandingan dan logika, perintah bersyarat, pengulangan, *subroutine*, *array*, dan *user-defined-type*.

3. METODOLOGI PENELITIAN

Pada metodologi penelitian dibuat kerangka pemecahan masalah. Kerangka pemecahan masalah ini dimulai dari perumusan masalah sampai dengan penarikan kesimpulan serta pemberian saran. Kerangka pemecahan masalah dapat dilihat pada Gambar 1.



Gambar 1. Kerangka Pemecahan Masalah

4. PENGUMPULAN DAN PENGOLAHAN DATA

4.1 Pengumpulan Data

Data yang dikumpulkan pada penelitian di PT X berupa data permintaan pada bulan Oktober 2015, data mesin yang digunakan, dan data waktu proses produksi untuk setiap *order* di setiap stasiun kerja. Data-data tersebut dapat dilihat pada Tabel 1, Tabel 2, dan Tabel 3.

Tabel 1. Data Permintaan Bulan Oktober 2015.

No	Produk	Jumlah yang Dipesan (Unit)	Tanggal Terima	Tanggal Kirim
1	<i>Bellow</i>	15	14-Okt	26-Okt
2	<i>Rubber End</i>	10	14-Okt	26-Okt
3	<i>Rubber Strip</i>	15	14-Okt	26-Okt
4	<i>Rubber Block</i>	12	15-Okt	26-Okt
5	<i>Rubber Skirting</i>	20	15-Okt	26-Okt
6	<i>Rubber Piston Sleeve</i>	10	15-Okt	26-Okt
7	<i>Rubber Membran</i>	13	15-Okt	26-Okt
8	<i>Rubber Ring</i>	21	15-Okt	26-Okt
9	<i>Rubber Seal Onder Tackle Block</i>	25	15-Okt	26-Okt
10	<i>Rubber Waves</i>	10	15-Okt	27-Okt
11	<i>Road Seal Full Rubber</i>	10	16-Okt	27-Okt
12	<i>Relining Roller</i>	12	16-Okt	27-Okt
13	<i>Dumper</i>	8	16-Okt	28-Okt
14	<i>Fender</i>	14	16-Okt	28-Okt

Tabel 2. Data Mesin yang Digunakan

No. SK	Nama Mesin	Jumlah Mesin (unit)	Waktu Setup (jam)
1	Mesin Potong	1	0,18
2	Mesin <i>Kneader</i>	2	0,15
3	Mesin <i>Open Mill</i>	1	0,2
4	Mesin <i>Extruder</i>	1	0,2
5	Mesin <i>Streik</i>	2	0,15
6	Mesin <i>Calander</i>	2	0,19
7	Mesin <i>Fountain</i>	1	0,2
8	Mesin <i>Press</i>	2	0,25

Tabel 3. Data Waktu Proses Produksi

No. Order/SK	Sk1	Sk2	Sk3	Sk4	Sk5	Sk6	Sk7	Sk8
1	6	16	18	0	0	14	0	25
2	5	12	20	0	19	17	0	22
3	5	0	17	19	0	0	15	0
4	0	15	21	0	16	22	0	27
5	5	0	18	0	20	0	14	0
6	5	16	27	0	0	20	13	29
7	5	15	0	0	0	23	16	27

Tabel 3. Data Waktu Proses Produksi (Lanjutan)

No. Order/SK	Sk1	Sk2	Sk3	Sk4	Sk5	Sk6	Sk7	Sk8
8	0	0	20	17	0	17	0	0
9	5	0	19	0	22	0	0	0
10	5	0	17	0	25	21	0	0
11	8	10	15	15	0	0	0	27
12	6	13	14	19	0	0	0	26
13	0	0	23	18	0	22	0	0
14	10	15	25	0	0	0	0	30

4.2 Penentuan Stasiun Kerja Konstrain

Stasiun kerja konstrain merupakan stasiun kerja yang menjadi prioritas utama dalam penjadwalan produksi. Stasiun kerja konstrain ini ditentukan berdasarkan nilai ekspektasi waktu tunggu yang terbesar. Hasil perhitungan ekspektasi waktu tunggu di seluruh stasiun kerja dapat dilihat pada Tabel 4 dan Tabel 5.

Tabel 4. Perhitungan Ekspektasi Waktu Tunggu (SK-1 sampai SK-4)

No Order / SK	SK1	SK2	SK3	SK4
1	0,002	0,005	0,015	0
2	0,001	0,002	0,012	0
3	0,001	0	0,014	0,017
4	0	0,005	0,017	0
5	0,002	0	0,019	0
6	0,001	0,005	0,024	0
7	0,001	0,006	0	0
8	0	0	0,026	0,019
9	0,002	0	0,026	0
10	0,001	0	0,009	0
11	0,003	0,002	0,008	0,008
12	0,002	0,004	0,008	0,014
13	0	0	0,013	0,008
14	0,004	0,005	0,025	0
Jumlah	0,010	0,017	0,113	0,034
			STASIUN KONSTRAIN	

Tabel 5. Perhitungan Ekspektasi Waktu Tunggu (SK-5 sampai SK-8)

No Order / SK	SK5	SK6	SK7	SK8
1	0	0,004	0	0,013
2	0,006	0,005	0	0,008
3	0	0	0,011	0
4	0,006	0,011	0	0,016
5	0,014	0	0,012	0

Tabel 5. Perhitungan Ekspektasi Waktu Tunggu (SK-5 sampai SK-8) (Lanjutan)

No Order / SK	SK5	SK6	SK7	SK8
6	0	0,007	0,006	0,016
7	0	0,013	0,011	0,019
8	0	0,011	0	0
9	0,017	0	0	0
10	0,009	0,007	0	0
11	0	0	0	0,014
12	0	0	0	0,015
13	0	0,006	0	0
14	0	0	0	0,021
Jumlah	0,026	0,033	0,020	0,062

4.3 Perhitungan Ekspektasi *Lead Time*

Ekspektasi *lead time* merupakan batas waktu penyelesaian suatu proses pada stasiun kerja tertentu untuk setiap *order* yang dikerjakan. Nilai ekspektasi *lead time* dipengaruhi oleh waktu tunggu dan waktu proses pengerjaan *order* pada setiap stasiun kerjanya.

4.4 Algoritma Perhitungan Nilai *Etc* dan *Ltc* Pada Stasiun Kerja Konstrain

Nilai *etc* merupakan saat paling awal suatu order dapat dikerjakan dan *ltc* merupakan saat paling akhir suatu order dapat dikerjakan. Setelah dilakukan seluruh perhitungan *etc* dan *ltc*, maka dilakukan pengurutan (*sorting*) berdasarkan nilai *etc* terkecil agar penjadwalan *order* dapat diurutkan sesuai *order* tercepat yang dapat dikerjakan. Hasil perhitungan *etc* dan *ltc* yang diurutkan berdasarkan nilai *etc* terkecil dapat dilihat pada Tabel 8.

Tabel 8. Perhitungan *Etc* dan *Ltc* Diurutkan Berdasarkan Nilai *Etc* Terkecil

Setelah Sorting (Ascending berdasarkan Etc)			
No Order	Nama Order	Etc	Ltc
3	Rubber Strip	113,431	203,55
2	Rubber End	115,166	195,859
1	Bellow	117,837	198,606
8	Rubber Ring	120	200,8
10	Rubber Waves	121,014	212,967
5	Rubber Skirting	121,849	201,8
9	Rubber Seal Onder Tackle Block	122,265	199,883
4	Rubber Block	123,155	190,98
6	Rubber Piston Sleeve	123,836	192,012
7	Rubber Membran	124,670	194,376
13	Dumper	128	220,733
11	Road Seal Full Rubber	131,335	206,024
12	Relining Roller	132,136	201,984
14	Fender	134,172	203,347

4.5 Algoritma Pendistribusian *Order* ke Mesin-Mesin di Stasiun Kerja Konstrain

Algoritma pendistribusian *order* ke mesin-mesin di stasiun kerja konstrain dilakukan untuk mendistribusikan *order* ke mesin-mesin di stasiun kerja konstrain secara merata. Algoritma ini dilakukan apabila terdapat lebih dari satu mesin, sehingga pada penelitian di PT X, perhitungan algoritma 2 tidak digunakan.

4.6 Algoritma Perhitungan *Release Time* Seluruh *Order* pada Stasiun Kerja Konstrain

Algoritma perhitungan *release time* seluruh *order* pada stasiun kerja konstrain dilakukan untuk mengetahui pembatas (*buffer*) pada setiap *order* dengan acuan di stasiun kerja konstrain. Setelah dilakukan perhitungan *release time*, kelayakan dari setiap *order* akan diuji. Apabila nilai *release time* lebih kecil dari *etc* atau lebih besar dari *ltc*, maka *order* dikatakan tidak layak. Solusi yang dilakukan pada kondisi tersebut adalah mengganti nilai *release time* menjadi sama dengan *etc*. Hasil perhitungan *release time* seluruh *order* pada stasiun kerja konstrain dapat dilihat pada Tabel 9.

Tabel 9. Perhitungan Release Time Seluruh Order pada Stasiun Kerja Konstrain

No Order	Nama	Etc	Ltc	Release Time	Kelayakan
3	Rubber Strip	113,431	203,550	113,431	Layak
2	Rubber End	115,166	195,859	117,881	Layak
1	Bellow	117,837	198,606	121,414	Layak
8	Rubber Ring	120,000	200,800	126,114	Layak
10	Rubber Waves	121,014	212,967	133,314	Layak
5	Rubber Skirting	121,849	201,800	136,347	Layak
9	Rubber Seal Onder Tackle Block	122,265	199,883	142,547	Layak
4	Rubber Block	123,155	190,980	150,664	Layak
6	Rubber Piston Sleeve	123,836	192,012	155,064	Layak
7	Rubber Membran	124,670	194,376	159,764	Layak
13	Dumper	128,000	220,733	159,764	Layak
11	Road Seal Full Rubber	131,335	206,024	163,031	Layak
12	Relining Roller	132,136	201,984	165,731	Layak
14	Fender	134,172	203,347	168,731	Layak

4.7 Algoritma Penjadwalan Seluruh *Order*

Penjadwalan seluruh *order* ini dilakukan dengan acuan *release time* pada setiap *order* dari stasiun kerja konstrain. Dari jadwal ini dapat dilihat saat *release* hingga saat selesai dari suatu proses pada suatu stasiun kerja dalam sebuah *order*. Langkah pertama yang dilakukan pada penjadwalan seluruh *order* adalah dengan menjadwalkan stasiun kerja konstrain. Penjadwalan hanya dilakukan pada *order* yang dikerjakan di stasiun kerja tersebut. Hasil penjadwalan pada stasiun kerja konstrain dapat dilihat pada Tabel 10.

Tabel 10. Penjadwalan Mesin 1 di Stasiun Kerja 3 (Stasiun Kerja Konstrain)

No Order	Nama Order	Release Time	Saat Selesai
3	Rubber Strip	113,431	117,881
2	Rubber End	117,881	121,414
1	Bellow	121,414	126,114
8	Rubber Ring	126,114	133,314

Tabel 10. Penjadwalan Mesin 1 di Stasiun Kerja 3 (Stasiun Kerja Konstrain) (Lanjutan)

No Order	Nama Order	Release Time	Saat Selesai
10	Rubber Waves	133,314	136,347
5	Rubber Skirting	136,347	142,547
9	Rubber Seal Onder Tackle Block	142,547	150,664
4	Rubber Block	150,664	155,064
6	Rubber Piston Sleeve	155,064	159,764
13	Dumper	159,764	163,031
11	Road Seal Full Rubber	163,031	165,731
12	Relining Roller	165,731	168,731
14	Fender	168,731	174,764

Setelah dilakukan penjadwalan pada stasiun kerja konstrain, maka penjadwalan pada stasiun kerja setelah stasiun konstrain dan sebelum stasiun konstrain dilakukan dengan mengacu pada hasil penjadwalan di stasiun kerja konstrain. Cara melakukan perhitungan penjadwalan pada stasiun non konstrain adalah dengan menjumlahkan atau mengurangi nilai *release time* dan saat selesai. Contoh hasil penjadwalan pada stasiun kerja setelah konstrain dan stasiun kerja sebelum konstrain dapat dilihat pada Tabel 11, Tabel 12, dan Tabel 13.

Tabel 11. Hasil Penjadwalan Mesin 1 di Stasiun Kerja 2 (Contoh Penjadwalan Stasiun Kerja Sebelum Stasiun Kerja Konstrain)

Penjadwalan		Sk2 mesin 1	
No Order	Nama Order	Release Time	Saat Selesai
2	Rubber End	115,731	117,881
4	Rubber Block	147,514	150,664
7	Rubber Membran	156,364	159,764
12	Relining Roller	162,981	165,731

Tabel 12. Hasil Penjadwalan Mesin 2 di Stasiun Kerja 2 (Contoh Penjadwalan Stasiun Kerja Sebelum Stasiun Kerja Konstrain)

Penjadwalan		Sk2 mesin 2	
No Order	Nama Order	Release Time	Saat Selesai
1	Bellow	117,264	121,414
6	Rubber Piston Sleeve	152,247	155,064
11	Road Seal Full Rubber	161,214	163,031
14	Fender	165,081	168,731

Tabel 13. Hasil Penjadwalan Mesin 1 di Stasiun Kerja 4 (Contoh Penjadwalan Stasiun Kerja Setelah Stasiun Kerja Konstrain)

Penjadwalan		Sk4 mesin 1	
No Order	Nama Order	Release Time	Saat Selesai
2	Rubber End	0,000	3,317
5	Rubber Skirting	0,000	6,817
4	Rubber Block	0,000	3,350

4.8 Utilitas Mesin di Stasiun Kerja Konstrain pada Penjadwalan Awal dan Usulan

Utilitas mesin adalah perbandingan interval waktu mesin m dibebani (melakukan pemrosesan) dengan makespan (Conway, 1967). Perhitungan utilitas di stasiun kerja konstrain dapat dilihat pada Tabel 14.

Tabel 14. Perhitungan Utilitas di Stasiun Kerja Konstrain

Utilitas mesin di stasiun kerja konstrain pada penjadwalan awal	Utilitas mesin di stasiun kerja konstrain pada penjadwalan usulan
82,5%	86%

5. ANALISIS JADWAL PRODUKSI

5.1 Analisis Hasil Rancangan Sistem

Dilihat dari hasil rancangan sistem, bahasa pemrograman *Visual Basic for Application* yang dibuat sudah mengakomodir seluruh proses penjadwalan dengan metode pendekatan *Theory of Constraints* dari awal proses pengerjaan hingga mendapatkan hasil penjadwalan seluruh *order*. Dengan adanya aplikasi ini, maka proses penjadwalan dapat dilakukan dengan sangat cepat dan tetap pada hasil yang akurat. Selain itu, rancangan sistem yang dibuat dapat dilakukan untuk berbagai studi kasus lainnya yang membutuhkan proses penjadwalan dengan pendekatan *Theory of Constraints*.

5.2 Analisis Stasiun Kerja Konstrain

Pada studi kasus, dari 8 stasiun kerja yang dimiliki, stasiun kerja yang menjadi stasiun kerja konstrain terdapat pada stasiun kerja 3, yaitu stasiun kerja *Open Mill*. Hal ini terlihat dari nilai waktu tunggu sebesar 0,113 jam. Berdasarkan hasil perbandingan utilitas antara penjadwalan awal dan usulan di Tabel 14, terlihat bahwa penjadwalan dengan pendekatan *Theory of Constraints* menghasilkan peningkatan utilitas pada stasiun kerja konstrain dibandingkan dengan penjadwalan awal.

5.3 Analisis Hasil Penjadwalan

Analisis hasil penjadwalan dilakukan dengan membandingkan antara penjadwalan dengan menggunakan metode *Theory of Constraints* dengan penjadwalan awal yang dilakukan di PT Agronesia Inkaba. Penjadwalan awal di PT Agronesia Inkaba dilakukan dengan *forward scheduling* dimana *order* paling awal dikerjakan terlebih dahulu.

Tabel 20. Perbandingan Nilai Makespan Penjadwalan Awal dengan Usulan

Makespan penjadwalan awal	Makespan penjadwalan usulan
186,4 jam	183,4 jam

Dari hasil ini terlihat bahwa penjadwalan dengan metode pendekatan TOC menghasilkan nilai *makespan* yang lebih kecil dari nilai *makespan* penjadwalan awal, sehingga dapat dilihat bahwa penjadwalan dengan pendekatan *Theory of Constraints* lebih optimal daripada penjadwalan awal.

6. KESIMPULAN

1. Perancangan sistem penjadwalan produksi dengan pendekatan *Theory of Constraints* menghasilkan nilai *makespan* yang lebih kecil dari *makespan* awal penjadwalan perusahaan namun belum menghasilkan nilai *makespan* yang optimal

2. Perancangan sistem dengan menggunakan bahasa pemrograman *Visual Basic for Application* membuat proses penjadwalan menjadi lebih mudah, cepat, dan hasil yang didapat tetap akurat.
3. Stasiun kerja yang menjadi stasiun kerja konstrain pada studi kasus di PT Agronesia Inkaba yaitu stasiun kerja *Open Mill*. Stasiun kerja konstrain mengalami peningkatan utilitas dengan penjadwalan menggunakan pendekatan *Theory of Constraints*
4. Perancangan sistem penjadwalan dengan pendekatan *Theory of Constraints* menggunakan bahasa pemrograman *Visual Basic for Application* bersifat fleksibel dan dapat digunakan pada studi kasus yang berbeda.

REFERENSI

- Baker, K.R., 1974, *Introduction to Sequencing and Scheduling*, John Wiley & Son, New York.
- Bradley, J.C., dan Millsbaugh, A.C., 2009, *Programming in Visual Basic 2008*, McGraw – Hill Companies, New York.
- Conway, R. W., 1967, *Theory of Scheduling*, Addison Wesley, Publishing Company, Massachusets.
- Forgaty, D.W., Blackstone, J.H., dan Hoffman, T.R., 1991, *Production and Inventory Management*, South-Western Publishing Cp., Cincinnati, Ohio.
- Goldratt, E.M., 1984, *The Goal – A Process of Ongoing Improvement*, North River Press, Croton-on-Hudson, New York.
- Halim, A.H., dan Selamat, H., 2001, Pengembangan Algoritma Penjadwalan Flow Shop Pada Sistem Manufaktur Pola Make to Order Repetitif dengan Pendekatan The Theory of Constraints, *Proceedings Seminar Sistem Produksi V*, Bandung, 57-59.
- Heizer, J., dan Barry, R., 2005, *Operations Management : Manajemen Operasi*, Jakarta : Salemba Empat.
- Brucker, P., 2001, *Scheduling Algorithms*, 3rd ed., Springer-Verlag, New York.
- Toha, I. S., 2000, Sistem Manufaktur Berdasarkan Pesanan Non-repetitif, *Kumpulan Makalah Seminar Nasional Sistem Produksi*, 17(2), 19-32.
- Umble, M.M., dan Srikanth, M.L., 1996, "Synchronius Manufacturing: Principles for World-Class Excellence", The Spectrum of Publishing Company, Guilford, Connecticut.
- Zijm, W.M.H., 1994, Capacity Planning, Lead Time Management, and Shop Floor Scheduling, *The Proceedings of Eight International Working Seminar on Production Economics*, Pre Prints, Volume 2, Kongreszentrum ICGS, IGLS/INSSBRUCK, Austria, February 21-25.