

PERANCANGAN SISTEM SCHEDULING JOB MENGGUNAKAN DRUM BUFFER ROPE UNTUK MEMINIMASI KETERLAMBATAN ORDER DAN MANUFACTURING LEAD TIME PADA BAGIAN MACHINING MPM DI PT. DIRGANTARA INDONESIA

Rinda Rieswien¹, Praty Poeri Suryadhini², Widia Juliani³

¹Teknik Industri, Fakultas Rekayasa Industri, Universitas Telkom

Abstrak

Kata Kunci :

Abstract

PT. Dirgantara Indonesia is a company that focus on aircraft manufacture. One of production in PT. DI is Machining, Medium Persimatic Machine (MPM) that has the most number of machines and receives the most number of orders than other especially for Airbus program. In MPM especially Main operation has bottleneck of part work in process. The cause is it has the longest processing time than others especially in Deckel Maho work center because it has the biggest processing load of order. Bottleneck does not happen because Deckel Maho capacity can not fulfill order completion but because operations before Deckel Maho work based on its utility so orders are released to shop floor without checking Deckel Maho's load. Bottleneck causes the increase of queue time that makes manufacturing lead time become longer. Beside that, the problem of order completion lateness is also happened in MPM because sequencing rule that used is First Come First Served. This rule does not consider latest finish date in Quality Control and total time in processing part at shop floor.

In order to reach the goal of timely completion and minimizing of MLT, so proposed scheduling with drum buffer rope approach that schedule constraint (bottleneck station) as control point Deckel Maho and then others non bottleneck resource follow Deckel Maho schedule. Buffer time as 10% can help to keep constraint from idle in work center Deckel Maho. Based on that lateness problem, rule Earliest Due date is appropriate as first priority because it can minimize the number of lateness problem. If there are orders with same due date in Quality Control then consider the smallest total time in Deckel Maho with rule Shortest Processing Time as second priority to minimize flow time. If there are orders with same total time in Deckel Maho then choose order randomly. The average of MLT in actual condition is 47,66 hours and queue time before Deckel Maho is 24,47 hours. After using drum buffer rope scheduling, the average of MLT becomes 20,39 hours and queue time becomes 2,71 hours. In actual condition, orders in February with rule sequencing FCFS are 5 orders but with rule sequencing EDD, SPT and random there are no lateness orders.

Keywords : Drum buffer rope, sequencing, manufacturing lead time, Priority Dispatching Rules

Bab I Pendahuluan

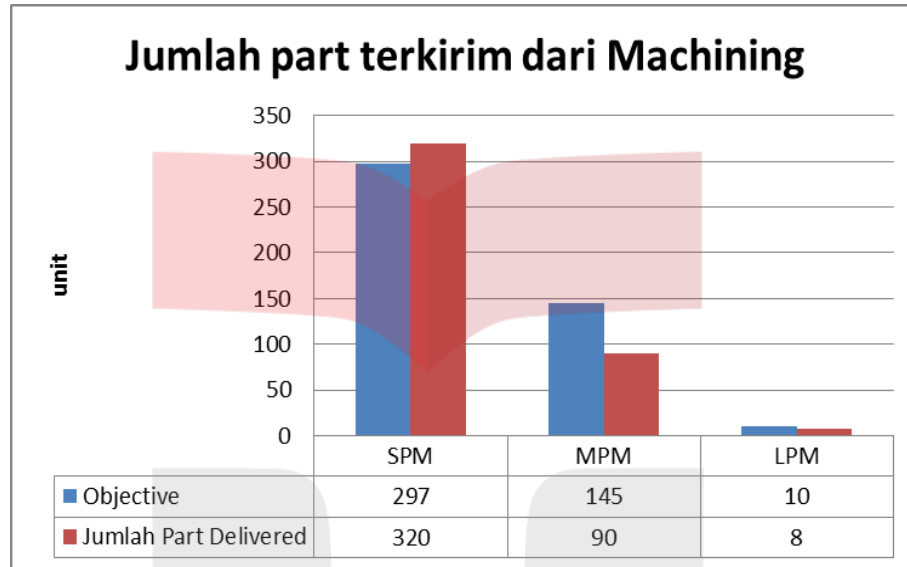
I.1 Latar Belakang

Shop floor control merupakan prinsip, pendekatan dan teknik yang penting untuk merencanakan, menjadwalkan, mengontrol dan mengevaluasi seberapa efektif operasi produksi yang telah dieksekusi (Narasimhan, McLeavey dan Billington, 1995). Penjadwalan *job* adalah termasuk aktivitas *shop floor control* yaitu mengurutkan dan mengalokasikan pengerjaan *job* berdasarkan kapasitas sumber daya yang dimiliki. Proses tersebut memegang peranan penting dalam menyelesaikan *order* dengan acuan *due date* yang telah disepakati dengan *customer*.

Seiring dengan persaingan yang semakin ketat di bidang manufaktur menyebabkan tujuan *manufacturing control* kini telah beralih dari memaksimalkan utilitas sumber daya yang dimiliki, menjadi meminimasi *manufacturing lead time*, inventori *work in process* dan meningkatkan performansi penjadwalan agar tepat waktu (Wiendahl, 1995). Masalah yang terjadi adalah besar *manufacturing lead time* dalam menyelesaikan *order* lebih lama dari yang ditargetkan karena *interoperation time* lebih lama dibandingkan *operation time*. Faktor penyebabnya adalah penggunaan metode penjadwalan yang kurang disesuaikan dengan kondisi *load* mesin di lantai produksi dan penyelesaian *order* mengalami keterlambatan. Permasalahan inilah yang dialami oleh PT. Dirgantara Indonesia yaitu pada Bagian *Machining* divisi *Medium Perismatic Machine* (MPM).

PT. Dirgantara Indonesia adalah perusahaan di Indonesia yang bergerak dibidang manufaktur pembuatan pesawat yaitu dari pengembangan desain, pembuatan pesawat komuter sipil dan militer daerah. PT. Dirgantara Indonesia memiliki beberapa bagian produksi. Salah satunya adalah *Machining* yang terdiri atas 3 bagian berdasarkan dimensi produk dan kesamaan proses yang dilalui yaitu *Small Perismatic Machines* (SPM), *Medium Perismatic Machines* (MPM) dan *Large Perismatic Machines* (LPM). Proses yang berlangsung di *machining* adalah mengolah *raw material* yang masuk ke dalam *work center* menjadi *part* yang akan dirakit bersama *part* lainnya di bagian *assembly*. Permasalahan yang terjadi di

MPM adalah keterlambatan penyelesaian *order*. Jumlah *part order* yang berhasil dikirimkan dari bagian *Machining* ke proses berikutnya pada bulan Februari 2014 dapat dilihat pada Gambar I.1.



Gambar I.1 Jumlah *part* yang dikirimkan dari bagian *Machining* (Data bagian *Machining* PT. DI, Februari 2014)

Gambar I.1 menunjukkan jumlah *part* yang berhasil dikirimkan dari SPM telah melampaui target namun di MPM dan LPM masih belum mencapai target. Jumlah *order* yang dikerjakan oleh MPM lebih besar dibandingkan dengan LPM, hal ini disebabkan oleh karakteristik *part* yang dikerjakan di LPM lebih besar dimensinya dan membutuhkan waktu lebih lama sehingga keterlambatan pada umumnya terjadi karena adanya *waiting time* yang tidak bisa dihindari pada pengerjaan proses di LPM. Jumlah *part* yang tidak tercapai dari target yang dijadwalkan oleh MPM, menunjukkan adanya penyelesaian *order* yang melebihi *due date* sehingga terlambat. Jumlah *order* yang diterima pada tahun 2013 untuk dikerjakan pada tahun 2014 di MPM dapat dilihat pada Tabel I.1 di halaman 3.

Tabel I.1 menunjukkan bahwa *program* Airbus adalah *order* terbanyak yang diterima oleh MPM pada tahun 2013 untuk dikerjakan pada tahun 2014. Jumlah *order* yang datang ke MPM jauh lebih besar dibandingkan dengan LPM.

Tabel I.1 Jumlah *order* yang diterima di MPM dan LPM tahun 2013
(Data *Machining* PT. DI, 2013)

Program	Jumlah Order MPM	Jumlah Order LPM
CN 235	827	110
Airbus	3676	924
CN212	50	3
MK-II	27	-
CN295	14	-
Total	4894	1037

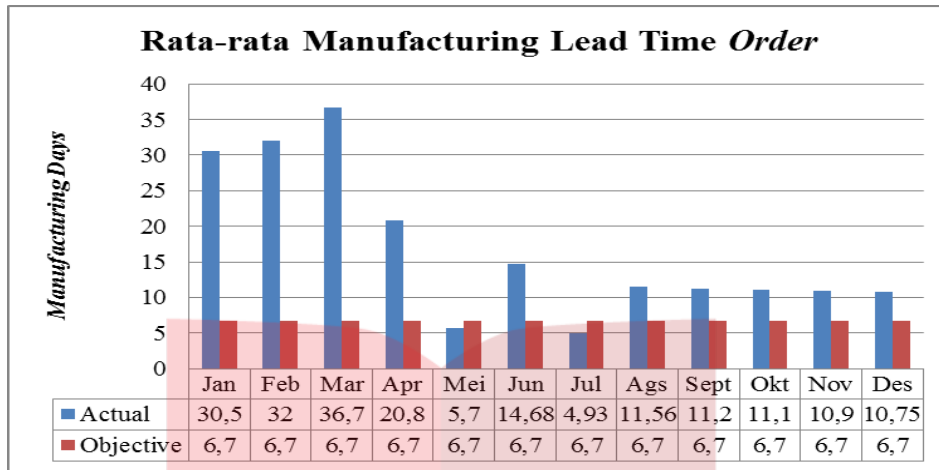
Penyelesaian *order* Airbus di MPM seringkali mengalami keterlambatan karena teknik pengurutan *order* menggunakan *rule First Come First Served* yaitu memprioritaskan *order* berdasarkan *earliest start* pada operasi pertama pengerjaan *order* dari data *production order*. MPM memiliki jumlah mesin terbanyak dibandingkan bagian lainnya yaitu 20 buah mesin untuk melakukan 3 proses produksi. Proses dan mesin yang terdapat pada MPM dapat dilihat pada Tabel I.2.

Tabel I.2 Proses dan Mesin pada MPM
(Data MPM PT.DI, 2012)

Proses	Mesin
<i>Pre-Operation</i>	4VS, 5VS, 6VAT
<i>Roughing</i>	YD1225, YD800
<i>Main Operation</i>	YD800, YD1225, BMC 63, BMC 100W, BMC 80R, BMC 100R, BMC 80.5, BMC 100.5, BMC 100.5E, Drop & Rhein, Deckel Maho

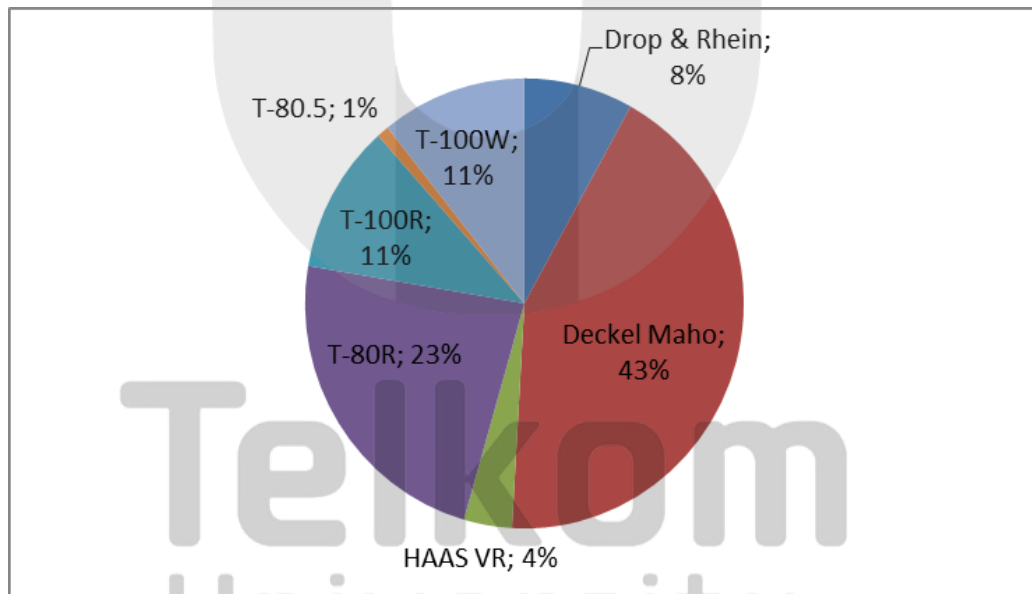
Panjang *manufacturing lead time* yang melewati MPM dari *precutting* sampai *final inspection* belum sesuai dengan target yaitu maksimal 6,7 hari/*order* setiap bulan. Rata-rata *manufacturing lead time* pada tahun 2013 dapat dilihat melalui Gambar I.2 di halaman 4.

Gambar I.2 menunjukkan bahwa target rata-rata MLT pada kondisi *existing* masih belum tercapai pada tahun 2013. Penyebab lamanya rata-rata MLT adalah *queue time* yang panjang di *Main Operation* karena waktu proses yang lebih besar dibandingkan operasi lainnya.



Gambar I.2 Rata-rata MLT order
(Data evaluasi MPM PT. DI, 2013)

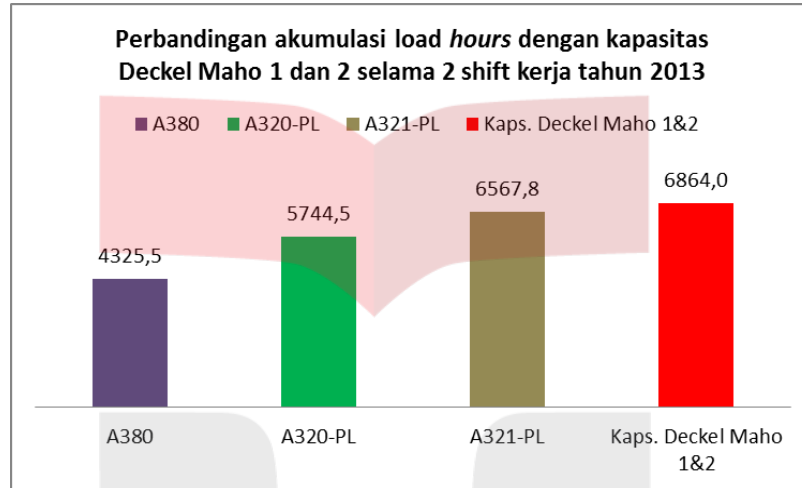
MPM memiliki beberapa tipe mesin terutama di *main operation* dengan beban pengerjaan *order* Airbus yang berbeda-beda untuk setiap jenis mesinnya. Perbandingan *order* Airbus yang diterima oleh mesin *main operation* di MPM pada tahun 2013 dapat dilihat pada Gambar I.3.



Gambar I.3 Beban pengerjaan *order* Airbus di *Main Operation*
(Data dokumentasi MPM PT. DI, 2013)

Gambar I.3 menunjukkan bahwa mesin Deckel Maho memiliki beban pengerjaan *order* Airbus terbesar dibandingkan mesin lainnya yaitu 43%. Bila melihat dari segi kapasitas, Deckel Maho mampu memenuhi pengerjaan *order* Airbus selama 2 *shift* kerja pukul 8:00 – 23:30. *Work center* Deckel Maho memiliki 4 buah mesin

dan 2 mesin diantaranya yaitu Deckel Maho 1 (kode mesin AAQ01) dan 2 (kode mesin AAQ02) adalah mesin *dedicated* yang khusus mengerjakan *spirit program* atau *order* Airbus. Perbandingan akumulasi *load* pengerjaan *order* Airbus dengan kapasitas Deckel Maho 1 dan 2 tahun 2013 dapat dilihat pada Gambar I.4.



Gambar I.4 Perbandingan *load hours* dengan kapasitas DM 1 dan 2 (Data dokumentasi MPM PT. DI, 2013)

Waktu proses di Deckel Maho jauh lebih lama yaitu antara 3 – 16 jam dibandingkan proses lainnya yang hanya berkisar 0,5 – 2 jam. Ketika terdapat *part* yang masuk ke Deckel Maho tetapi mesin tersebut masih mengerjakan *part* lain, hal ini mengakibatkan *part* WIP menumpuk di depan *work center* Deckel Maho.

Bottleneck di *work center* Deckel Maho terjadi karena *Planner* tidak mempertimbangkan waktu *order release* yang tepat sesuai dengan beban *order* yang sedang dikerjakan di Deckel Maho. *Planner* menggunakan metode penjadwalan yaitu *forward scheduling* bahwa apabila mesin di operasi pertama dalam keadaan *idle*, maka *Planner* akan menjadwalkan *order* berikutnya untuk dikerjakan di operasi pertama. Pengerjaan *order* yang diturunkan di lantai produksi oleh *operator* setiap mesin mengacu pada *weekly load plan* yaitu daftar *order* yang dikerjakan setiap minggu. *Weekly load plan existing* tidak memiliki urutan *order* yang lebih dulu diprioritaskan untuk dikerjakan sehingga *operator* memilih *order* secara *random* ketika ada beberapa *raw material order* yang diturunkan ke lantai produksi. Hal ini pula yang menyebabkan potensi akan keterlambatan *order* meningkat.

Keterlambatan penyelesaian *order* pada suatu proses operasi mempengaruhi penyelesaian *order* pada operasi berikutnya. Keterlambatan juga mempengaruhi sistem pengiriman yang digunakan perusahaan bila sudah sangat darurat untuk dikirimkan ke *customer* yaitu dengan menggunakan pesawat terbang agar *order* dapat diterima lebih cepat, namun biaya yang dikeluarkan lebih besar dibandingkan lewat jalur laut sehingga keuntungan perusahaan berkurang.

Output yang ingin dicapai pada penelitian ini adalah rancangan sistem *scheduling job* menggunakan *drum buffer rope* untuk meminimasi keterlambatan penyelesaian *order* dan meminimasi *manufacturing lead time order* pada bagian *machining* MPM di PT Dirgantara Indonesia.

I.2 Perumusan Masalah

Bagaimana rancangan sistem *scheduling job* menggunakan *Drum Buffer Rope* untuk meminimasi keterlambatan penyelesaian *order* dan *manufacturing lead time order* pada bagian *machining* MPM di PT. Dirgantara Indonesia?

I.3 Tujuan Penelitian

Tujuan penelitian ini adalah membuat rancangan sistem *scheduling job* menggunakan *Drum Buffer Rope* untuk meminimasi keterlambatan penyelesaian *order* dan *manufacturing lead time order* pada bagian *Machining* MPM di PT. Dirgantara Indonesia.

I.4 Batasan Penelitian

Batasan masalah pada penelitian ini adalah :

1. *Schedule order* yang digunakan adalah *order* yang melalui bagian MPM karena memiliki jumlah *order* lebih besar dibandingkan LPM.
2. Aliran produksi bersifat *flow shop* dari *precutting* hingga *quality control*.
3. *Order* yang menjadi objek penelitian adalah *order* Airbus dengan *latest finish date* di *Quality Control* pada bulan Februari 2014 karena mengalami keterlambatan.
4. Mesin di *main operation* di MPM yang dijadikan objek adalah Deckel Maho AAQ01 dan AAQ02 yang berstatus mesin *dedicated* dalam mengerjakan *program* Airbus.

5. Kapasitas Deckel Maho 1 dan 2 di penjadwalan awal diasumsikan masih *full available capacity* untuk mengerjakan *order* Airbus (tidak ada yang *maintenance*).
6. Kesiapan *order* untuk *release* diasumsikan sudah siap sebelum pengerjaan *order* dilakukan.

I.5 Manfaat Penelitian

Manfaat penelitian ini adalah :

1. Sebagai usulan bagi PT. Dirgantara Indonesia dalam merancang *scheduling job order* yang sesuai dengan mempertimbangkan *bottleneck part* WIP di *work center* tertentu.
2. Sebagai usulan bagi PT. Dirgantara Indonesia dalam menentukan waktu dan jumlah *order* yang tepat dalam melakukan *release order*.
3. Meminimasi jumlah *order* yang terlambat diselesaikan dan besar *manufacturing lead time order* di rantai produksi pada PT. Dirgantara Indonesia.

I.6 Sistematika Penulisan

Penelitian ini diuraikan dengan sistematika penulisan sebagai berikut :

1. Bab I Pendahuluan

Bab ini menjelaskan tentang latar belakang masalah, tujuan penelitian, manfaat penelitian, batasan penelitian dan sistematika penulisan masalah.

2. Bab II Landasan Teori

Bab ini berisi tentang kajian literatur yang berhubungan dengan permasalahan pada penelitian ini. Selain itu juga dibahas tentang penelitian terdahulu yang topiknya masih berkaitan dengan penelitian ini. Adapun kajian teori yang digunakan dalam penelitian ini adalah *theory of constraint*, *drum buffer rope*, *scheduling*, *rescheduling*, *flow shop* dan *priority dispatching rules method*.

3. Bab III Metodologi Penelitian

Bab metodologi penelitian ini akan dijelaskan langkah-langkah penelitian secara terperinci, yaitu tahap pengumpulan data dan analisa data.

4. Bab IV Pengumpulan Data

Bab ini akan dilakukan pengumpulan data yang mendukung dan berkaitan dengan proses penelitian yaitu berupa data sekunder PT. Dirgantara Indonesia dan data hasil observasi.

5. Bab V Analisa Data

Bab ini menjelaskan tentang analisa dan mengidentifikasi kekurangan yang ada pada kondisi *existing* yaitu sistem penjadwalan yang diterapkan masih menggunakan *rule* FCFS dan belum mempertimbangkan beban kerja di Deckel Maho sehingga menimbulkan inventori WIP. Lalu dibandingkan dengan sistem penjadwalan yang diusulkan yaitu dengan menggunakan aturan *Earliest due date*, *Shortest Processing Time* dan *random* untuk *sequencing* dan menentukan waktu *order* akan *direlease* dengan melihat kondisi beban kerja mesin di Deckel Maho.

6. Bab VI Kesimpulan dan Saran

Bab ini memberikan suatu kesimpulan dari hasil penelitian penjadwalan *order* dengan metode *drum buffer rope*. Disamping itu juga akan memberikan saran terhadap pengembangan kelanjutan penelitian ini untuk selanjutnya.

Bab V Analisis

V.1 Analisis Penjadwalan Order Kondisi Existing

Sistem penjadwalan *order* di PT. Dirgantara Indonesia memiliki tujuan yaitu mengalokasikan pengerjaan *order* agar selesai tepat waktu sesuai dengan *latest finish date* yang telah ditetapkan dan besar *manufacturing lead time* pengerjaan *order* seminimal mungkin yang ditandai dengan adanya antrian *bottleneck part* WIP atau tidak. Berdasarkan hasil perhitungan tingkat *lateness* pada penjadwalan *order* dengan *latest finish date* QC di bulan Februari pada kondisi *existing*, terdapat 5 *order* dari 22 *order* yang mengalami keterlambatan, ditunjukkan dengan tingkat *lateness* positif karena melebihi *due date* di QC. *Order* pada bulan Februari yang mengalami keterlambatan dapat dilihat pada Tabel V.1.

Tabel V.1 Order bulan Februari yang terlambat

ID JID No.	Latest Finish QC	Finish time existing	Lateness
P	12-02-2014 9:20	13-02-2014 8:12	+14,35
Q	11-02-2014 11:00	13-02-2014 13:18	+33,3
T	12-02-2014 11:00	14-02-2014 8:12	+28,2
U	12-02-2014 11:00	14-02-2014 8:24	+28,4
V	11-02-2014 11:00	14-02-2014 10:45	+46,25

Keterlambatan *order* tersebut disebabkan oleh teknik *sequencing* yang digunakan adalah *rule First Come First Served*. *Rule* ini memberikan prioritas yang lebih besar untuk *order* dengan *earliest start time* tercepat berdasarkan data *production order*. Namun, *rule* ini tidak sesuai untuk diterapkan pada sistem penjadwalan PT. Dirgantara Indonesia karena jika terdapat *order* dengan *earliest start time* tercepat dibandingkan proyek *order* yang lain, *order* tersebut belum tentu memiliki *due date* di *quality control* yang lebih cepat. FCFS lebih umum dan sesuai untuk diterapkan pada perusahaan jasa (*non manufacture*) karena prinsipnya adalah melayani *customer* berdasarkan keadilan sesuai dengan kedatangan mereka.

Planner dapat memprediksi *latest delivery date order* ke *customer* karena perusahaan menerima *order* yang dikerjakan untuk setahun ke depan. Keterlambatan penyelesaian *order* ini berdampak negatif bagi perusahaan karena dalam situasi mendesak *order* sudah terlambat sampai di *customer*, sistem pengiriman terpaksa dilakukan menggunakan pesawat sehingga mengurangi keuntungan bagi perusahaan. Disamping itu, setiap *order* memiliki waktu pengerjaan yang berbeda-beda sehingga bila *Planner* tidak secara tepat mempertimbangkan pengurutan *order* berdasarkan lama waktu pengerjaannya, maka *flow time order* atau *manufacturing lead time order* dapat lebih lama.

Manufacturing lead time pengerjaan *order* yang panjang dapat meningkatkan jumlah *part* WIP di rantai produksi. Rata-rata MLT dan *queue time* dari hasil penjadwalan kondisi *existing* dapat dilihat pada Tabel V.2.

Tabel V.2 Rata-rata MLT dan *queue time existing*

Rata-rata MLT	47,66 jam
Rata-rata <i>queue time</i> di Deckel Maho	24,47 jam

Manufacturing lead time kondisi *existing* dari proses *precutting* sampai *quality control* adalah 47,66 jam per *order*. Penyebab MLT yang panjang pada pengerjaan *order* di rantai produksi adalah *interoperation time* yang lebih lama dibandingkan *operation time* terutama pada *queue time* di depan *work center* Deckel Maho. Rata-rata *queue time* setiap *order* adalah 24,47 jam karena *work center* Deckel Maho masih mengerjakan *order* lain. Apabila melihat dari segi kapasitas, penyebab adanya *bottleneck* bukan karena kapasitas Deckel Maho yang tidak mampu memenuhi *load* pengerjaan *order*, namun *bottleneck* ini disebabkan oleh pengaturan waktu dalam melakukan *release order* yang kurang tepat karena *Planner* menjadwalkan *order* ketika *work center* di operasi pertama dalam keadaan *idle*. Ketika *work center* pada operasi pertama pengerjaan *order* bekerja sesuai dengan utilitas maksimumnya, maka *balance flow* tidak tercapai karena waktu proses di Deckel Maho adalah yang paling besar meskipun telah memberdayakan 2 mesin sehingga *queue time* di depan Deckel Maho semakin meningkat. Penjadwalan sistem pada kondisi *existing* menggunakan prinsip sistem

push yaitu melakukan *forward scheduling* dari operasi *precutting* hingga *quality control* sehingga membuat operasi sebelum Deckel Maho terus bekerja dan tidak *idle*.

V.2 Analisis Penjadwalan Order Kondisi Usulan

Sistem penjadwalan usulan dirancang dengan metode *drum buffer rope* untuk meminimasi keterlambatan penyelesaian *order* di *quality control* dan meminimasi *manufacturing lead time order* di rantai produksi. Keterlambatan *order* disebabkan oleh penggunaan *rule* FCFS yang tidak sesuai untuk diterapkan karena tidak mempertimbangkan batas maksimal *finish* pengerjaan *order* harus selesai dan karakteristik setiap *order* yang memiliki waktu pengerjaan proses berbeda-beda sehingga dengan penjadwalan *order* yang tidak mempertimbangkan beban di *work center* Deckel Maho, mengakibatkan terjadi *bottleneck* dan *manufacturing lead time* menjadi lebih lama.

V.2.1 Analisis input penjadwalan order

Data-data yang dijadikan *input* untuk perhitungan penjadwalan *order* adalah :

a. *Latest finish date* di proses *quality control*

Latest finish date dijadikan acuan utama dalam proses pengurutan *order* berdasarkan prioritas pertama yaitu *earliest due date* atau *finish date* tercepat di *quality control*. JID No. yang dijadwalkan pada penelitian ini adalah yang memiliki *latest finish* di *quality control* pada bulan Februari.

b. *Setup time* dan *run time work center* Deckel Maho

Setup time dan *run time* di Deckel Maho digunakan dalam perhitungan *total time* di Deckel Maho sebagai acuan pengurutan *order* berdasarkan prioritas kedua yaitu *shortest processing time* atau memilih *order* dengan *total time* di Deckel Maho terkecil.

c. Data *work center* dan mesin

Work center dan mesin digunakan untuk proses pembebanan atau penugasan pengerjaan *order* ke mesin yang lebih spesifik. Hal ini juga mempengaruhi perhitungan utilisasi setiap mesin.

d. Data *shift* kerja mesin

Shift kerja mempengaruhi proses pengalokasian mesin dalam penjadwalan. Bila *shift* kerja telah usai, pengerjaan *part* dapat diberhentikan di tengah-tengah proses asalkan *operator* memposisikan *spindle* tepat pada koordinat awal (0,0).

e. Data *routing mesin* tiap operasi

Data *routing* berisi informasi tentang *setup time*, *run time* dan *moving time*. Waktu tersebut digunakan untuk menentukan lama waktu mesin persiapan sebelum mengerjakan *part*, lama waktu bekerja mengerjakan *part* JID No. tertentu, dan lama waktu menunggu *material handling* datang hingga dipindahkan ke operasi selanjutnya.

f. Data *report OEE Deckel Maho*

Data OEE Deckel Maho merupakan data yang digunakan untuk proses *rescheduling order* di bulan Februari. Data ini berisikan histori *work center* Deckel Maho yang mengalami aktivitas *maintenance corrective*, *cutting tool problem* dan *personal problem*.

V.2.2 Prasyarat kondisi yang harus dipenuhi dalam menjalankan sistem penjadwalan usulan

Sistem penjadwalan usulan ini dapat berjalan dengan baik, apabila rantai produksi dan *Planning* telah mencapai kondisi berikut :

1. Mesin-mesin yang diberdayakan dalam kondisi optimal dapat bekerja satu hingga 2 *shift* kerja dan tidak sering mengalami *downtime* ketika mengerjakan *order* Airbus.
2. *Operator* dalam mengawasi mesin bekerja atau *operator* yang mengerjakan *part* selalu hadir di saat jadwal *shift* bekerja. *Operator* tidak diperbolehkan untuk absen kerja kecuali ada *operator* pengganti. Hal ini dikarenakan akan menyebabkan mesin menjadi *idle* apabila *operator* tidak datang kerja. *Operator* dan *Leader* juga harus memperhatikan urutan *order* yang lebih diprioritaskan untuk dikerjakan di mesin sesuai dengan yang tertera pada *weekly load plan*.

3. Kesiapan dalam pengerjaan *order* sudah harus terpenuhi pada saat *order* tersebut sudah akan naik mesin untuk diproses. Kesiapan tersebut terdiri atas ketersediaan *tool, fixture, NCOD*, mesin dan *process sheet*.
4. *Planner PC* pada kondisi *existing* masih menggunakan *software* Microsoft Excel dalam melakukan penjadwalan sesuai dengan SAP. Penjadwalan ini memberikan usulan perangkat yang harus tersedia untuk mendukung proses penjadwalan dan penjadwalan ulang yang lebih *real time* terhubung dengan sistem *shop floor control* yang dirancang oleh peneliti Bagus Dhaka. Perangkat keras yang dibutuhkan adalah komputer untuk menjalankan aplikasi ini dan perangkat lunak yang dibutuhkan adalah Visual Basic. Database yang digunakan untuk menyimpan data adalah melalui Microsoft Access.

V.2.3 Analisis Rule Sequencing

Hasil pengurutan *order existing* dengan menggunakan FCFS menyebabkan keterlambatan pada beberapa *order* karena *rule* tersebut tidak mempertimbangkan masing-masing *due date* dan *total time* dari setiap *order* sehingga keterlambatan dan panjangnya *Manufacturing lead time* tidak dapat dihindari. Teknik *sequencing* yang digunakan pada kondisi usulan adalah *Priority dispatching rules* tetapi dengan *rule* yang berbeda karena masing-masing *rule* memiliki pencapaian tujuan dan digunakan dalam kondisi yang berbeda-beda. Permasalahan keterlambatan penyelesaian *order* di proses *quality control* dapat diminimasi dengan *rule Earliest Due date (EDD)*, *Shortest Processing Time (SPT)*. SPT digunakan untuk meminimasi *rata-rata flow time order. Total time* yang menjadi acuan untuk diurutkan adalah *total time* di *work center* Deckel Maho karena *work center* ini menjadi *constraint* sistem. Apabila *total time* di Deckel Maho sama pada beberapa *order*, maka pilih secara *random* atau berikan prioritas yang sama untuk *order-order* tersebut. Hasil pengurutan *order* usulan menunjukkan bahwa dari 5 *order* yang terlambat menjadi tidak ada yang terlambat.

V.2.4 Analisis Penjadwalan di Deckel Maho

Work center Deckel Maho menjadi *control point* sistem karena di depan Deckel Maho terjadi *bottleneck part* WIP yang disebabkan oleh aktivitas penjadwalan yang menggunakan *forward scheduling* dari *precutting* sampai *quality control* dan

menurunkan *order* berikutnya untuk dikerjakan berdasarkan utilitas mesin pada operasi pertama. Meskipun operasi sebelum Deckel Maho yang dikerjakan oleh mesin seperti 5VS, statusnya bukanlah *dedicated* untuk Airbus, tetapi berdasarkan data *production order* bahwa 5VS merupakan mesin *preoperation* yang mendominasi pengerjaan *order* Airbus terutama yang masuk ke Deckel Maho. Deckel Maho bertindak sebagai *drum* sistem yang dijadwalkan. Sedangkan *work center* lainnya selain Deckel Maho penjadwalan kerjanya mengikuti penjadwalan di Deckel Maho. Perbandingan utilitas mesin Deckel Maho 1 dan 2 pada kondisi *existing* dan usulan dapat dilihat pada Tabel V.3.

Tabel V.3 Perbandingan utilisasi Deckel Maho *existing* dan usulan

Utilisasi Existing (jam)			Utilisasi Usulan (jam)		
TANGGAL	DM1	DM2	TANGGAL	DM1	DM2
05-02-2014	10,1	7	30-01-2014	7,9	7,9
06-02-2014	15,5	15,5	31-01-2014	15,5	15,5
07-02-2014	3,4	15,5	03-02-2014	15,5	15,5
10-02-2014	3,4	15,5	04-02-2014	15,5	15,5
11-02-2014	15,5	15,5	05-02-2014	15,5	15,5
12-02-2014	15,5	15,5	06-02-2014	15,5	15,5
13-02-2014	14,75	15,5	07-02-2014	6,78	2,48
kapasitas maksimal	15,5	15,5	kapasitas maksimal	15,5	15,5

Perbandingan utilisasi Deckel Maho pada kondisi *existing* dan usulan menunjukkan bahwa menggunakan *forward scheduling* di Deckel Maho membuat utilisasi yang terpakai dapat maksimal dibandingkan utilisasi Deckel Maho pada kondisi *existing* yang masih terdapat *idle*. Penjadwalan yang hanya dilakukan pada *work center* Deckel Maho ini bertujuan untuk tetap menjaga performansi kerja mesin dan *output* yang dihasilkan karena merepresentasikan *output* sistem secara keseluruhan. Deckel Maho yang *dedicated order* Airbus adalah Deckel Maho dengan kode mesin AAAQ01 dan AAAQ02. Kedua mesin ini secara kapasitas *full available* bila bekerja selama 15,5 jam dalam satu hari selama satu tahun, maka pengerjaan *order* Airbus dapat terpenuhi. *Forward scheduling* yang dilakukan di Deckel Maho bertujuan untuk meminimasi *idle* dan benar-benar memanfaatkan utilisasi mesin tersebut untuk menyelesaikan *order* lebih tepat waktu dan jumlah *output* yang dihasilkan dapat maksimal.

V.2.5 Analisis pemberian *buffer time* di depan *work center* Deckel Maho

Cara untuk tetap menjaga performansi kerja di *work center* Deckel Maho adalah dengan memberikan *buffer time* sebesar 10% dari *actual manufacturing lead time* pada proses *precutting* sampai *quality control*. *Buffer time* berfungsi untuk menjaga *work center* Deckel Maho agar tetap sibuk mengerjakan *order* dan menghindari *delay* yang diakibatkan apabila operasi sebelum Deckel Maho mengalami permasalahan ketika menyelesaikan *order*. *Buffer time* membuat *part* yang selesai dikerjakan di operasi sebelum Deckel Maho akan sampai ke *work center* Deckel Maho lebih dahulu sebelum jadwalnya sehingga terdapat *queue time*. Namun perbedaan *queue time* dari hasil pemberian *buffer time* ini dengan *queue time* pada kondisi *existing* adalah *queue time* pada kondisi usulan dapat dikontrol oleh *Planner* sehingga *queue timenya* tidak lama sedangkan *queue time* kondisi *existing* terjadi karena *Planner* menjadwalkan *order* pada operasi pertama berdasarkan utilitas sehingga *queue time* dapat berlangsung sehari-hari. *Buffer stock* kurang sesuai diterapkan pada penjadwalan ini karena lebih sesuai untuk produksi besar dengan jenis *order* yang sama (*mass production*) dan untuk jenis *constraint* yaitu jumlah *demand* dan peletakkannya adalah di bagian *shipping*. Jenis produksi yang dilakukan oleh PT. Dirgantara Indonesia adalah *batch production* karena setiap *order* yang diproduksi memiliki *quantity* yang berbeda-beda sehingga lebih sesuai menggunakan *buffer time*.

V.2.6 Analisis penjadwalan operasi sebelum Deckel Maho

Kondisi *existing* dari hasil pengolahan data menunjukkan bahwa dengan menggunakan *forward scheduling* dari operasi pertama hingga terakhir dan waktu proses di *main operation* paling besar, menyebabkan terjadi antrian di depan mesin *main operation* yaitu Deckel Maho. Penjadwalan operasi sebelum Deckel Maho dilakukan dengan menggunakan *backward scheduling* dari Deckel Maho pada kondisi usulan. *Backward scheduling* merupakan penerapan dari *rope* yaitu menentukan waktu yang tepat untuk *release order* ke rantai produksi sehingga *queue time* dapat diminimasi. Hasil rata-rata *manufacturing lead time* dan *queue time* pada kondisi usulan dapat dilihat pada Tabel V.4 di halaman 115.

Tabel V.4 Rata-rata MLT dan *queue time* usulan

Rata-rata MLT	20,39 jam
Rata-rata <i>queue time</i> di Deckel Maho tiap <i>order</i>	2,71 jam

Backward scheduling bertujuan untuk menentukan waktu yang tepat untuk mesin yang bekerja sebelum Deckel Maho seperti misalnya 5VS-NC dalam memproduksi *part* pada saat Deckel Maho memang membutuhkan. Maka, 5VS-NC tidak bekerja sesuai dengan kapasitasnya melainkan bekerja sesuai dengan kebutuhan yaitu ketika Deckel Maho bekerja maka 5VS-NC tersebut baru bekerja untuk menyeimbangkan aliran produksi. Perbandingan utilisasi mesin sebelum Deckel Maho dapat dilihat pada Tabel V.5.

Tabel V.5 Perbandingan utilisasi operasi sebelum Deckel Maho

Utilisasi Existing (jam)		Utilisasi Usulan (jam)	
TANGGAL	5VS	TANGGAL	5VS
05-02-2014	15,5	30-01-2014	8,9
06-02-2014	15,5	31-01-2014	6,9
07-02-2014	15,5	03-02-2014	12,5
10-02-2014	6,05	04-02-2014	8,8
11-02-2014	-	05-02-2014	7,9
12-02-2014	-	06-02-2014	6
kapasitas maksimal	15,5	kapasitas maksimal	15,5

Berdasarkan perbandingan utilitas 5VS diatas, bahwa pada kondisi usulan 5VS terlihat terdapat idle karena 5VS bekerja dibawah kapasitas. Akan tetapi 5VS bukanlah mesin yang dedicated untuk mengerjakan preoperation order Airbus untuk Deckel Maho saja, namun kapasitas yang terlihat idle digunakan untuk mengerjakan order lainnya sehingga 5VS pada dasarnya diberdayakan utilitasnya secara penuh dalam penyelesaian order.

V.2.7 Analisis Penjadwalan Operasi setelah Deckel Maho

Penjadwalan operasi setelah Deckel Maho dilakukan menggunakan *forward scheduling*. Acuan awal penjadwalan operasi setelah Deckel Maho ini adalah

ketika Deckel Maho selesai memproduksi *part* dan kemudian telah dipindahkan ke operasi berikutnya, maka saat itulah operasi tersebut bekerja. *Forward scheduling* ini membuat operasi setelah Deckel Maho bekerja berdasarkan waktu yang tepat ketika dibutuhkan untuk mengerjakan *part* setelah Deckel Maho selesai. Utilitas pada mesin yang bekerja setelah operasi Deckel Maho terlihat banyak *idle* berdasarkan hasil pengolahan data karena *order* yang dijadikan objek adalah *order* Airbus saja yang *dedicated* melewati mesin Deckel Maho 1 dan 2, namun mesin yang bekerja setelah Deckel Maho tidak *dedicated* terhadap Airbus saja sehingga *idle* mesin yang ditunjukkan dengan *gantt chart* sebenarnya dialokasikan untuk mengerjakan *order* lain selain Airbus. Utilisasi mesin yang mengerjakan operasi setelah Deckel Maho pada kondisi *existing* dan usulan dapat dilihat pada Tabel V.6 dan Tabel V.7.

Tabel V.6 Utilisasi mesin untuk operasi setelah Deckel Maho kondisi *existing*

TANGGAL	FSC1	FSC2	DRL1	DRL2	VMI1	VMI2	SCI	CMM1	CMM2
05-02-2014	-	-	-	-	-	-	-	-	-
06-02-2014	1,5	-	1,3	-	-	-	0,2	-	-
07-02-2014	0,8	-	1,8	1,3	0,8	0,4	-	-	-
10-02-2014	-	-	2,2	-	0,8	-	-	-	-
11-02-2014	11,5	0,8	1,1	-	-	-	0,2	-	-
12-02-2014	0,9	-	-	-	-	-	0,4	5,6	1,4
13-02-2014	1,5	-	-	-	0,4	-	0,4	-	-
14-02-2014	1,2	-	-	-	-	-	0,8	-	-
Kaps. Maksimal	15,5	15,5	8	8	8	8	8	15,5	15,5

Tabel V.7 Utilisasi mesin untuk operasi setelah Deckel Maho kondisi usulan

TANGGAL	FSC1	FSC2	DRL1	DRL2	VMI1	VMI2	SCI	CMM1	CMM2
30-01-2014	0,3	-	-	-	-	-	-	-	-
31-01-2014	0,6	-	-	-	-	-	0,4	-	-
03-02-2014	1,2	-	-	-	-	-	0,8	-	-
04-02-2014	0,6	-	-	-	-	-	1,7	-	-
05-02-2014	10,7	0,8	-	-	0,4	-	0,6	-	-
06-02-2014	6,92	-	-	-	-	-	0,2	1,4	-
07-02-2014	5,68	-	2,4	-	-	-	0,2	4,2	-
10-02-2014	1,2	-	1,3	2,6	1,2	0,8		-	-
11-02-2014			1,4		0,4			-	-
Kaps. maksimal	15,5	15,5	8	8	8	8	8	15,5	15,5

V.2.8 Analisis *throughput* sistem

Panjangnya *manufacturing lead time order* yang melewati di Deckel Maho disebabkan oleh adanya antrian *bottleneck* di depan *work center* tersebut. *Bottleneck* ini menunjukkan adanya *part* WIP sehingga keseimbangan *throughput* tidak tercapai yaitu antara *input order* yang *direlease* dengan *output order* yang berhasil dikerjakan oleh Deckel Maho tidak seimbang. Teknik *rope* yang menentukan waktu *order* dapat *direlease* dengan tepat dapat membantu menyeimbangkan *input order* yang masuk ke *shop floor*. Ketika Deckel Maho masih dalam keadaan mengerjakan *part* maka order lain setelahnya dapat mulai masuk ke Deckel Maho sesuai dengan *buffer* *timenya*. Ketika pengaturan waktu *release order* sudah dapat dikendalikan oleh *Planner production control*, maka antrian *bottleneck* dapat diminimasi dan *input* serta *output order* yang turun ke lantai produksi dapat seimbang.

V.2.9 Analisis Penjadwalan Ulang Order Kondisi Usulan

V.2.9.1 Analisis penjadwalan ulang di Deckel Maho

Berdasarkan hasil *rescheduling* pada pengolahan data, langkah yang diambil adalah memundurkan jadwal pengerjaan *order* di Deckel Maho sesuai dengan estimasi penyelesaian masalah ketika terjadi *maintenance corrective* selama *range* waktu menuju *due date* masih dikategorikan cukup lama. Keputusan untuk memundurkan jadwal *order* yang bermasalah di Deckel Maho ini, cukup efektif apabila tidak ada *order* yang terkena dampak yang keterlambatan pada operasi akhir yaitu QC. Namun keputusan untuk menjadwalkan ulang *order* tidak dapat dilakukan hanya dengan memundurkan jadwal awal saja sesuai dengan estimasi penyelesaian masalah apabila kondisinya adalah *order* yang sedang dikerjakan memiliki *due date* yang saling berdekatan dan jumlahnya banyak sehingga dengan memundurkan jadwal dapat berpotensi terjadi keterlambatan. Keputusan yang dapat diambil adalah dengan memindahkan mesin ke Deckel Maho *non dedicated* yaitu ke AAQ03 dan AAQ04 karena beban pengerjaan *ordernya* lebih kecil dibandingkan AAQ01 dan AAQ02. Apabila pemindahan mesin ke Deckel Maho *non dedicated* masih terdapat keterlambatan, maka keputusan berikutnya adalah

splitting order untuk meminimasi *manufacturing lead time*. Apabila masih terjadi keterlambatan, maka dapat dilakukan *over time* menjadi 3 *shift* kerja.

V.2.9.2 Analisis Penjadwalan Ulang pada mesin selain Deckel Maho

Penjadwalan ulang yang dilakukan apabila terjadi masalah pada mesin di operasi sebelum Deckel Maho adalah memundurkan jadwal selama tidak ada *job* yang mengalami keterlambatan. Langkah keputusan ini dapat dilakukan apabila *order-order* yang dikerjakan memiliki rentang *due date* di QC yang agak berjauhan. Apabila ada yang terlambat maka diambil keputusan untuk memindahkan *job* ke mesin lain jika dalam satu *work center* terdapat lebih dari 1 mesin atau memindahkan *job* ke mesin lain yang memiliki jenis *axis* yang sama. Pemindahan *job* ke mesin lain yang berbeda jenis namun memiliki *axis* yang sama ini memang sudah diterapkan di rantai produksi PT. Dirgantara Indonesia, misalnya bila 5VS mengalami kerusakan maka dapat dipindahkan ke mesin lain seperti 6VAT, 4VS atau Mazack.

V.2.10 Analisis Kelebihan dan Kekurangan Sistem Penjadwalan Usulan

Penelitian ini menghasilkan sistem penjadwalan dengan metode *drum buffer rope* yang memiliki kelebihan dan kekurangan. Berikut adalah kelebihan dari sistem penjadwalan usulan yang telah dirancang :

1. Pengubahan *rule sequencing* yang digunakan dari FCFS menjadi prioritas pertama yaitu EDD, prioritas kedua yaitu SPT dan prioritas ketiga yaitu *random*, maka dapat meminimasi keterlambatan *order* yaitu di kondisi *existing* terdapat 5 *order* yang melebihi *finish date* di *quality control*, namun di kondisi usulan seluruh *order* yaitu sebanyak 22 *order* dapat dijadwalkan selesai sebelum *finish date* di *quality control*. Meskipun pengerjaan *order* dimundurkan sampai pada *start time* kondisi aktual yaitu tanggal 5-02-2014, tingkat *lateness* masih menunjukkan nilai negatif yang berarti penyelesaian *order* masih dalam batas aman.
2. Setelah mengatur teknik dalam merelease *order* dengan cara *backward scheduling* pada operasi sebelum Deckel Maho, maka rata-rata *queue time order* di depan Deckel Maho dapat diminimasi dari 24,47 jam menjadi 2,71 jam *per order*. Apabila rata-rata *queue time* berhasil diminimasi maka rata-rata

manufacturing lead time order di rantai produksi juga dapat diminimasi yaitu dari 47,66 jam per *order* menjadi 20,39 jam per *order*.

3. *Weekly load plan* usulan dirancang dengan menambah format urutan *order* yang lebih diprioritaskan untuk dikerjakan per harinya berdasarkan hasil *sequencing* agar pengerjaan *order* di rantai produksi lebih sesuai dengan penjadwalan di *plan* awal.
4. Aplikasi *scheduling* membantu proses penjadwalan secara *real time* untuk proses *precutting* sampai *quality control* dan menampilkan *gantt chart*. Aplikasi ini juga terhubung dengan *shop floor control* sehingga apabila terjadi masalah seperti *maintenance corrective* maka *Planner* secara langsung menerima *feedback* dari bagian *maintenance* dan melakukan *rescheduling* dengan cara memundurkan jadwal.

Selain kelebihan yang dimiliki oleh sistem penjadwalan usulan, terdapat pula kelemahan yang ada pada sistem penjadwalan ini yaitu :

1. Aplikasi *rescheduling* masih memiliki keterbatasan yaitu tidak dapat mensimulasikan pemindahan *job order* ke Deckel Maho yang lain secara otomatis sehingga penjadwalan ulang untuk pemindahan *job* ke mesin lain dilakukan secara manual.
2. *Rescheduling* yang terjadi karena mesin yang mengalami *maintenance corrective* pada aplikasi masih menggunakan asumsi estimasi waktu penyelesaian *maintenance* adalah sama dengan waktu penyelesaian aktual karena keterbatasan aplikasi *shop floor control* pada peneliti Bagus Dhaka belum mampu untuk memberikan *feedback* waktu penyelesaian masalah secara aktual. Aplikasi masih mempertimbangkan *processing time* pada proses memundurkan jadwal berdasarkan hasil pembulatan dalam jam sehingga hasil *rescheduling* tidak sepresisi hasil manual. Hal ini bertujuan untuk menghindari *loading* proses yang lama apabila perhitungan *rescheduling* dikonversi dalam bentuk menit.
3. Secara fungsional, aplikasi telah berhasil untuk mensimulasikan proses *scheduling* dan *rescheduling*, namun masih terdapat beberapa hasil penjadwalan yang tidak presisi bila dibandingkan dengan hasil manual yang

disebabkan oleh kesalahan *run* aplikasi sehingga perlu dilakukan pengkajian ulang pada *programming* aplikasi.

