



PENJADWALAN PRODUKSI DENGAN MENGGUNAKAN METODE CAMPBELL, DUDEK & SMITH PADA MESIN LASER MARKING JENIS EVERTECH UNTUK MEMINIMALISASI MAKESPAN

Kurnia¹, Refdilson Yasra², Vera Methalina Afma³

¹Program Studi Teknik Industri, Universitas Riau Kepulauan Batam

^{2,3}Staf Pengajar Program Studi Teknik Industri, Universitas Riau Kepulauan Batam

Jl. Batu Aji Baru, Batam, Kepulauan Riau

ABSTRAK

PT. Unisem merupakan perusahaan yang bergerak dalam bidang manufaktur perakitan *Integrated Circuit* (IC) dan testing IC. Pada salah satu stasiun kerja di perusahaan ini yaitu stasiun marking selalu ada inventory material yang menumpuk dan mengganggu. Di stasiun marking selama ini perusahaan telah melakukan penjadwalan produksi secara sederhana. Selama ini penjadwalan pekerjaan hanya berdasarkan prioritas tanggal pengiriman barang ke pelanggan saja atau *ship out date* (SOD) dengan kata lain penjadwalan produksi yang diterapkan di line marking adalah metode *Earliest Due Date* (EDD). Permasalahan yang dihadapi perusahaan saat ini adalah sering kali terjadi penumpukan barang setengah jadi (*WIP*) di stasiun marking, sehingga mengakibatkan banyak lot yang terlambat dikirim kepada customer (*Missed SOD*).

Pada penelitian ini metode yang digunakan adalah metode penjadwalan *Campbell, Dudek, Smith* (CDS) dengan kriteria minimasi *makespan*.

Dari hasil pengolahan data, metode perusahaan dengan aturan *EDD Makespan* yang diperoleh dengan metode ini adalah sebesar 381 menit dan mean *flowtime* adalah 285 menit. Sedangkan bila dibandingkan dengan metode algoritma CDS yang memiliki *makespan* sebesar 337 menit dan mean *flowtime* adalah 282 menit. Jika dibandingkan dengan metode perusahaan, penerapan metode CDS dalam penjadwalan produksi dapat meminimasi *makespan* sebesar 44 menit atau sebesar 11,55 %. Dan mean *flowtime* sebesar 3 menit atau sebesar 1,05 %.

Kata Kunci : Penjadwalan produksi, *WIP*, *CDS*, *EDD*, *makespan*

PENDAHULUAN

PT. Unisem Batam adalah perusahaan manufaktur yang bergerak dibidang perakitan IC (*Integrated Circuit*) yang merupakan suatu rangkaian elektronika terintegrasi dalam ukuran yang sangat kecil, terdiri dari komponen elektronika aktif dan pasif yang dihubungkan sedemikian rupa sehingga dapat melakukan fungsi tertentu. Sebagai perusahaan sub kontraktor PT. Unisem harus mampu menghasilkan produk yang berkualitas tinggi dengan harga yang bersaing sehingga pelanggan PT. Unisem mampu memenuhi kepuasan dan harapan dari para pelanggannya.

Penjadwalan produksi PT. Unisem Batam untuk stasiun *marking* pada mesin jenis Evertech dilakukan berdasarkan tanggal pengiriman barang ke pelanggan saja atau *ship out date* (SOD) dengan kata lain penjadwalan

produksi yang diterapkan di *line marking* adalah metode *Earliest Due Date* (EDD).

Seiring dengan permasalahan di stasiun marking tersebut, pada periode Quarter 4 tahun 2012 tercatat 237 lot material/produk yang mengalami keterlambatan dalam pengiriman kepada customer (*missed SOD*), sehingga kemungkinan besar dapat mengurangi kepuasan pada pelanggannya. Untuk pengiriman produk kepada pelanggannya PT. Unisem mempunyai target kebijakan pengiriman tepat waktu (*On Time Delivery*) atau dengan kata lain *Zerro Missed SOD*. Pada penelitian ini metode yang digunakan adalah metode *CDS* untuk dijadikan metode pembandingan untuk mendapatkan penjadwalan yang paling efektif di stasiun *marking*.

LANDASAN TEORI

Secara umum, penjadwalan merupakan proses dalam perencanaan dan pengendalian produksi yang digunakan untuk merencanakan produksi serta pengalokasian sumber daya pada suatu waktu tertentu dengan memperhatikan kapasitas sumber daya yang ada. Menurut Schroeder penjadwalan adalah proses untuk menentukan:

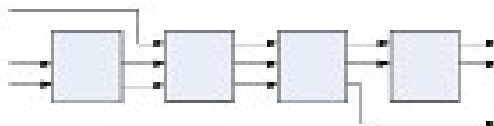
- a. *Sequence*, yang berarti pengurutan pekerjaan yang akan dikerjakan berikutnya.
- b. *Timing*, yang berarti menentukan saat mulai dan akhir setiap pekerjaan.

Penjadwalan merupakan kumpulan dari prinsip-prinsip, model, teknik dan kesimpulan logis dalam pengambilan keputusan. Penjadwalan merupakan bagian dari *shop floor control*.

Klasifikasi Penjadwalan

Penjadwalan produksi dapat berbeda-beda ditinjau dari keadaan yang mendasarinya. Beberapa model penjadwalan yang ada pada proses produksi berdasarkan beberapa keadaan antara lain:

1. Berdasarkan mesin yang digunakan dalam proses, terdiri dari:
 - a. *Scheduling* pada mesin tunggal (*single machine shop*)
 - b. *Scheduling* pada mesin jamak (*m machine*)
2. Berdasarkan pola aliran proses, terdiri dari:
 - a. *Flow Shop* adalah sebuah proses produksi dengan aliran dari satu mesin ke mesin lain.

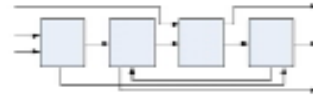


Gambar 1. Lintasan Aliran Flow Shop

b. Job Shop

Proses produksi dengan aliran *job shop* berarti proses

pengurutan pekerjaan untuk lintasan produk yang tidak beraturan atau tidak selalu sama untuk setiap jobnya.



Gambar 2. Lintasan Aliran Job shop

3. Berdasarkan Pola kedatangan Job, terdiri dari:
 - a. Penjadwalan Statis
 - b. Penjadwalan Dinamis
 - c. Pengurutan pekerjaan
4. Berdasarkan sifat informasi yang diterima, terdiri dari:
 - a. Penjadwalan Deterministik
 - b. Penjadwalan Stokastik
 - c. Informasi yang diperoleh belum diketahui dengan pasti, sehingga perlu memperkirakannya dengan menggunakan distribusi probabilitas.
5. Berdasarkan *product positioning*, terdiri dari:
 - a. *Make to Order*
Jumlah dan jenis produk yang dibuat berdasarkan permintaan dari konsumen, biasanya salah satu tujuannya adalah untuk mengurangi biaya simpan.
 - b. *Make to Stock*
Jumlah dan jenis produk terus-menerus dibuat untuk disimpan sebagai persediaan (*inventory*).

Kriteria Penjadwalan

Pada kriteria penjadwalan terdapat elemen-elemen Sistem Penjadwalan sebagai berikut:

1. Input Sistem Penjadwalan
Pekerjaan-pekerjaan yang berupa alokasi kapasitas untuk order-order, penugasan prioritas *job*, dan pengendalian jadwal produksi
2. Output Sistem Penjadwalan
Untuk memastikan bahwa suatu aliran kerja yang lancar akan melalui tahapan produksi, maka

sistem penjadwalan harus membentuk aktivitas-aktivitas output sebagai berikut:

- a. Pembebanan (*loading*)
- b. Pengurutan (*sequencing*)
- c. Prioritas Job (*dispatching*)
Dispatching merupakan prioritas kerja tentang *job-job* mana yang diseleksi dan diprioritaskan untuk diproses.
- d. Pengendalian kinerja penjadwalan

Ukuran Keberhasilan Penjadwalan

Ukuran keberhasilan dari suatu pelaksanaan aktivitas penjadwalan khususnya penjadwalan *job shop* adalah meminimasi kriteria-kriteria keberhasilan sebagai berikut:

- a. Rata-Rata Waktu Alir (*Mean Flow Time*)
- b. *Makespan*, yaitu total waktu proses yang dibutuhkan untuk menyelesaikan suatu kumpulan job.
- c. Rata-Rata Kelambatan (*Mean Tardiness*)
- d. Jumlah job yang terlambat
- e. Jumlah mesin yang menganggur
- f. Jumlah persediaan

Aturan Prioritas

Ada beberapa cara penentuan prioritas yang dapat digunakan sebagai simulasi untuk menetapkan pedoman *dispatching* prioritas yang terbaik. Beberapa pedoman atau metode yang dapat digunakan adalah sebagai berikut:

1. *FCFS (First Come First Serve)* adalah metode yang melakukan urutan penyelesaian waktu proses produksi berdasarkan urutan kedatangannya, dimana *job* yang datang pertama akan dilayani dahulu.
2. *EDD (Earliest Due Date)* adalah metode yang melakukan urutan penyelesaian waktu proses produksi berdasarkan tanggal dimana barang harus diselesaikan. Diurutkan berdasarkan *due date* yang terkecil.

3. *SPT (Shortest Processing Time)* adalah sebuah metode yang mendahulukan penyelesaian proses produksi berdasarkan waktu proses yang tercepat.
4. *LPT (Longest Processing Time)* adalah sebuah metode yang mendahulukan penyelesaian proses produksi berdasarkan waktu proses yang paling lama.
5. *LS (Least Slack)* “Waktu Longgar” didefinisikan sebagai waktu tersisa sampai tanggal penyelesaian dikurangi dengan waktu pemrosesan. Pekerjaan dengan waktu longgar paling kecil atau nol akan diproses terlebih dahulu.
6. *PCO (Preferred Customer Order)* adalah sebuah metode yang memilih pekerjaan berdasarkan pada prioritas pentingnya langganan bagi perusahaan.
7. *RS (Random Selection)* merupakan pekerjaan berikutnya yang akan diproses dipilih secara acak.
8. *HEP (Highest Expected Profitability)* merupakan pekerjaan yang mempunyai tingkat profitabilitas tertinggi akan diproses terlebih dahulu.
9. *CR (Critical Ratio)* dimana aturan ini akan mengurutkan pekerjaan dengan menghitung waktu sisa sampai dengan batas waktu pengerjaannya.

Pada umumnya aturan prioritas hanya dibahas jika menggunakan satu mesin saja, namun jika menggunakan dua atau lebih mesin maka aturan prioritas pekerjaan tersebut dapat dibantu dengan menggunakan metode Johnson's rule atau CDS (Campbell, Dudek, and Smith).

Aturan Johnson

Kasus yang juga ditemukan dalam penjadwalan adalah dimana pekerjaan n (dimana n adalah 2 atau lebih) harus dilakukan dengan dua mesin atau pusat-pusat pekerjaan diurutkan yang sama. Ini disebut dengan problem $N/2$. Aturan Johnson meliputi empat tahap/langkah:

1. Semua pekerjaan harus dicantumkan dan masing-masing waktu yang dibutuhkan oleh sebuah mesin harus ditunjukkan.
2. Pilihlah pekerjaan dengan waktu aktivitas yang paling pendek.
3. Sekali suatu pekerjaan telah dijadwalkan, sisihkanlah pekerjaan itu.
4. Terapkan tahap 2 dan 3 ke pekerjaan yang masih tersisa, bekerja ke arah pusat urutan itu.

Algoritma CDS (Campbell, Dudek, and Smith)

Metode penjadwalan N-job M-mesin menggunakan metode CDS. Metode CDS adalah pengembangan aturan Johnson untuk membuat m-1 jadwal yang mungkin dan memilih jadwal terbaik yang akan digunakan.

Algoritma CDS ini cocok untuk persoalan yang memiliki banyak tahapan (*multi-stage*) yang memakai aturan Johnson dan diterapkan pada masalah baru, yang diperoleh dari yang asli dengan waktu proses $t^*_{i,1}$ dan $t^*_{i,2}$.

- Tahap I: $t^*_{i,1} = t^*_{i,1}$ dan $t^*_{i,2} = t^*_{i,m}$ (1)

Rumus di atas adalah waktu proses mesin pertama (M-1) dan mesin terakhir (M-2).

- Tahap II : $t^*_{i,2} = t^*_{i,1} + t^*_{i,2}$ dan $t^*_{i,2} = t^*_{i,m} + (t^*_{i,m-1})$ (2)

Oleh karena itu, aturan Johnson diaplikasikan pada jumlah dari dua mesin yang pertama (*first-two*) dan dua mesin terakhir (*last-two*) pada waktu proses ke i.

Dimana :

$t^*_{i,1}$: waktu proses pada *job* ke i dengan menggunakan mesin pertama

$t^*_{i,2}$: waktu proses pada *job* ke i dengan menggunakan mesin terakhir

I : (*Job*) produk yang diproses

m : jumlah mesin

K : (*Stage*) tahapan

Langkah-langkah penjadwalan dengan algoritma CDS adalah sebagai berikut:

1. Ambil mesin 1 dan mesin M (mesin lain dianggap tidak ada). Lakukan aturan Johnson, diperoleh *sequence* 1 dan hitung *makespan*nya.

2. Ambil mesin 1, mesin 2 dan mesin M, mesin M-1. Gabungkan waktu proses antara mesin 1 dan 2 juga mesin M dan M-1. Lakukan Aturan Johnson, diperoleh *sequence* 2 dan hitung *makespan*nya.

$$K_i = M_{1i} + M_{2i} \quad (3)$$

$$L_i = M_{Mi} + M_{M-1i} \quad (4)$$

3. Ambil mesin 1,2,3 dan mesin M, M-1, M-2. Gabungkan waktu proses antara mesin 1, 2 dan 3 juga mesin M, M-1 dan M-2. Lakukan Aturan Johnson, diperoleh *sequence* 3 dan hitung *makespan*nya.

$$P_i = M_{1i} + M_{2i} + M_{3i} \quad (5)$$

$$Q_i = M_{Mi} + M_{M-1i} + M_{M-2i} \quad (6)$$

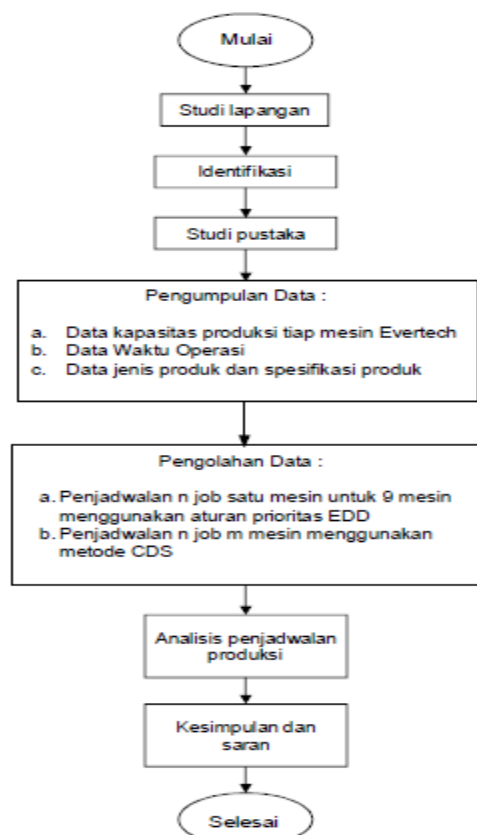
4. Lakukan terus sampai setiap mesin teranalisa *makespan*, *tardiness*, dan *earliness*nya. Gambarkan dalam diagram Gantt untuk lebih jelasnya.

5. Pilih *makespan* yang terkecil. Urutan pengerjaan dari *makespan* tersebut yang dipilih untuk dijadikan jadwal. Campbell, Dudek & Smith mencoba algoritma mereka dan menguji *performance*-nya pada beberapa masalah. Dan akhirnya menemukan bahwa algoritma Campbell, Dudek & Smith (CDS) efektif untuk masalah kecil dan besar.

METODE PENELITIAN

Penelitian dilaksanakan di PT. Unisem Batam pada metode penjadwalan produksi di stasiun *marking*. Metode pengumpulan data dilakukan dengan 2 metode : Metode *Library Research* dan Metode *Field Research*. Setelah dilakukan pengumpulan data maka tahap selanjutnya adalah pengolahan data meliputi:



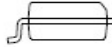
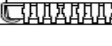




1. Penjadwalan produksi pada mesin marking jenis Evertech dengan aturan EDD
2. Pengolahan data *makespan* dan *flowtime* metode CDS
3. Pengolahan dengan metode n-job m-machine dilakukan dengan aturan CDS, Perbandingan ini dilakukan untuk mencari nilai terkecil kemudian didapat. Berikut di bawah ini adalah diagram alir langkah penelitian:



Gambar 3 *Flow Chart* penelitian

HASIL DAN PEMBAHASAN

Produk yang dihasilkan oleh PT. UNISEM Batam adalah komponen elektronik IC (*Integrated Circuit*), yaitu merupakan suatu komponen rangkaian elektronika terintegrasi dalam ukuran yang relatif sangat kecil, terdiri dari komponen elektronika aktif dan pasif yang dihubungkan sedemikian sehingga dapat melakukan fungsi tertentu. Bahan dasar untuk pembuatan IC adalah *silicon* yang dibentuk menjadi lempengan bulat dan bergaris tengah 4-6 inci dengan ketebalan 0.014-0.027 inci. Lempengan ini disebut *wafer*, dimana pada *wafer* ini terdapat jalur-jalur yang disebut *scribe line* yang digunakan sebagai pedoman dalam proses pemotongan *wafer* dan juga merupakan batas antara die 1 (satu) dan lainnya. *Wafer* tersebut akan dipotong-potong sesuai dengan ukuran *die* yang terdapat pada *wafer* tersebut. *Die* inilah yang merupakan komponen inti IC. Jenis - jenis IC yang diproduksi di PT. Unisem adalah:

No	Jenis IC	Gambar / Sample unit
1	PDIP, Plastic Dual Inline Package	
2	SIP, Single In-line Package	
3	SOIC, Small Outline Integrated Circuit	
4	SSOP, Small Shrink Outline Package	
5	TSSOP, Thin Small Shrink Outline Package	
6	QSOP, Quarter Size Small Outline Package	
7	PLCC, Plastic Leaded Chip Carrier	
8	QFP, Quad Flat Package	
9	LQFP, Low-profile Quad Flat Package	
10	PQFP, Plastic Quad Flat Package	
11	TQFP, Thin Quad Flat Package	
12	QFN, Quad Flat No Lead	
13	Flip Chip	
14	BGA, Ball Grid Array	
	▪ PBGA, Plastic Ball Grid Array ▪ FBGA, Fine Pitch Ball Grid Array	

Gambar 4 Jenis-jenis IC yang dihasilkan

Proses perakitan IC di PT. Unisem dibagi menjadi 2 departemen dimana tiap- tiap departemennya terdiri dari beberapa stasiun kerja yaitu departemen *End of Line* (EOL) dan *Front of Line* (FOL). Stasiun *Marking* merupakan salah satu dari area *End of Line* yang mempunyai fungsi melakukan pemberian merek/cap/label (*marking*) pada permukaan package IC sesuai dengan permintaan pelanggan (*customer*). Type *Marking* yang pada umumnya digunakan di dunia semikonduktor terbagi menjadi dua, yaitu *ink mark* (tinta) dan *laser mark* (sinar laser). Tipe mesin laser yang digunakan di stasiun *Marking* adalah LS-300DE, mesin ini digunakan untuk memberi tanda atau cap pada package – package IC dengan menggunakan sinar laser. Sinar laser ini dihasilkan oleh laser head yang terdiri dari diode pump, Nd:YAG Rod, lensa optic. Pada prosesnya, mesin laser mark jenis *Evertch* ini dioperasikan secara auto dengan menggunakan PC dan PLC sebagai sarana pendukung dalam kerja dari mesin.

Penjadwalan Produksi di Stasiun *Marking*

Aktual kondisi di line *marking* PT. Unisem saat ini menjalankan penjadwalan produksi dengan menggunakan metode EDD dengan 9 mesin tipe *Evertch*. Ada beberapa kelemahan untuk penjadwalan produksi menggunakan EDD di area *marking* yang bisa menyebabkan penumpukan di area *marking* diantaranya :

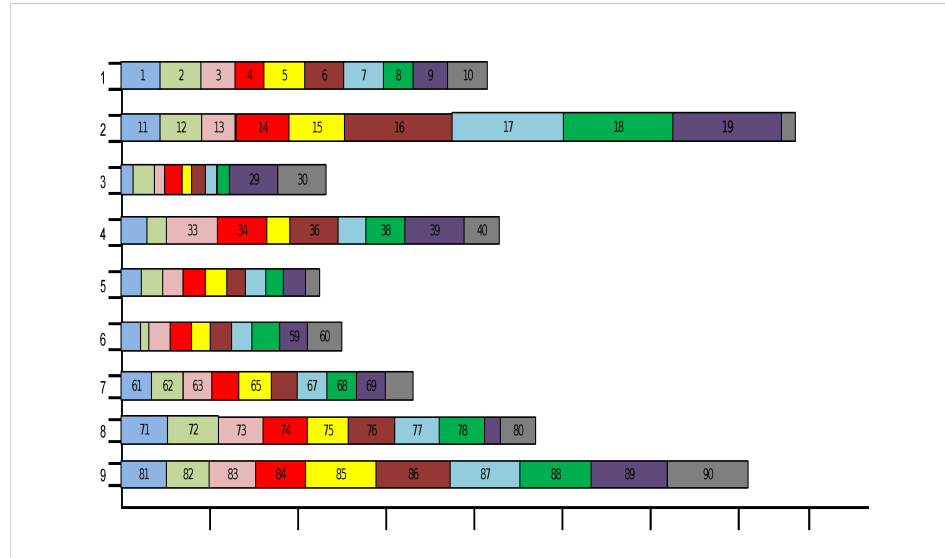
- a. Perbedaan metode penjadwalan yang digunakan antara Departemen *EOL* dan *FOL*. Di *EOL* menggunakan metode *EDD* sedangkan di seluruh stasiun kerja di Departemen *FOL* berdasarkan *loading date*. Sehingga ketika ada *Sublot* yang tertahan di *FOL* akan mengganggu penjadwalan yang sudah direncanakan. \

- b. Mesin *Evertch* umurnya sudah lebih dari 18 tahun, sehingga dengan pertimbangan bisnis manajemen sangat ketat untuk mengeluarkan budget pembelian spare part. Maka ketika terjadi masalah pada mesin *marking* akan sulit untuk memilih mesin mana sebagai back up pengganti karena mesin lain sudah direncanakan untuk material yang lain yang telah diatur sesuai urutan penjadwalan *EDD*.

Job yang dijadwalkan berjumlah 90 buah untuk dijalankan di 9 mesin *marking* *Evertch*. Sebelum penjadwalan produksi, 90 *job* dibagi kedalam 9 *group job* secara berurutan berdasarkan tipe produk dan mesin *Evertch* :

- a. Mesin 1, MK18 nomor *job* : 1 – 10
- b. Mesin 2, MK19 nomor *job* : 11 – 20
- c. Mesin 3, MK20 nomor *job* : 21 – 30
- d. Mesin 4, MK28 nomor *job* : 31 – 40
- e. Mesin 5, MK29 nomor *job* : 41 – 50
- f. Mesin 6, MK30 nomor *job* : 51 – 60
- g. Mesin 7, MK35 nomor *job* : 61 – 70
- h. Mesin 8, MK43 nomor *job* : 71 – 80
- i. Mesin 9, MK45 nomor *job* : 81 – 90

Dari hasil pengolahan data yang ada diperoleh penjadwalan dengan metode berjalan (*EDD*) seperti pada Gantt Chart berikut ini :



Gambar 5 Penjadwalan n job berdasarkan EDD pada 9 Prosesor

Metode “ n ” job 9 mesin pada penjadwalan produksi ini nilai *makespan* sama dengan waktu proses (ti) di setiap mesin *Evertch*. *Makespan* tiap-tiap mesin *Evertch* berbeda berdasarkan jumlah ti. Tiap mesin masing-masing mempunyai nilai *makespan*, pada penjadwalan produksi ini *makespan* dihitung untuk seluruh mesin *Evertch* maka akan ada *makespan* minimum, *makespan* rata-rata dan *makespan* maksimum. *Makespan* yang diperoleh dengan metode berjalan

(*EDD*) adalah sebesar 381 menit dan *mean flowtime* adalah 285 menit. Dari hasil perhitungan *makespan* menggunakan metode *CDS*, metode ini merupakan metode yang terbaik yang dipilih, karena mempunyai nilai *makespan* yang paling kecil. Dalam Algoritma *CDS* ini terdapat beberapa alternatif urutan-urutan prioritas pekerjaan berdasarkan kombinasi mesinnya. Dari kedelapan langkah alternatif yang ada, yaitu

Tabel 1 Alternatif penjadwalan *CDS*

Alternatif	Urutan Job Penjadwalan	Flowtime	Make Span	Mean Flow Time
1	6-9-10-7-8-5-1-3-4-2	2856	343	286
2	6-7-8-10-5-1-3-4-9-2	2864	411	286
3	6-7-8-10-5-3-4-9-2-1	2853	389	285
4	8-10-6-7-5-9-3-1-4-2	2843	351	284
5	8-10-6-7-5-9-3-1-4-2	2843	351	284
6	6-9-8-3-4-10-7-5-1-2	2821	337	282
7	9-10-6-8-3-4-5-7-1-2	2822	346	282
8	9-6-8-7-4-5-10-3-1-2	2833	339	283

Dari hasil perbandingan langkah pada metode Algoritma *CDS* di atas dapat disimpulkan bahwa langkah terbaik dari

urutan kombinasi mesin pada langkah keenam yaitu dengan nilai *makespan* terkecil sebesar 337 menit, total

flowtime sebesar 2822 menit *mean flowtime* adalah 282 menit dan dari hasil penghitungan di atas maka, nilai *makespan* minimum 337 menit, rata-rata 358 menit dan maksimum 411 menit. Penjadwalan produksi yang digunakan pada sistem berjalan di area Marking adalah menggunakan metode *Earliest Due Date* (EDD). *Makespan* yang diperoleh dengan metode ini adalah sebesar 381 menit dan *mean flowtime* adalah 285 menit. Sedangkan bila dibandingkan dengan metode algoritma CDS yang memiliki *makespan* sebesar 337 menit dan *mean flowtime* adalah 282 menit, maka dapat disimpulkan bahwa metode algoritma CDS dengan urutan kombinasi mesin pada langkah keenam (6 - 9 - 8 - 3 - 4 - 10 - 7 - 5 - 1 -

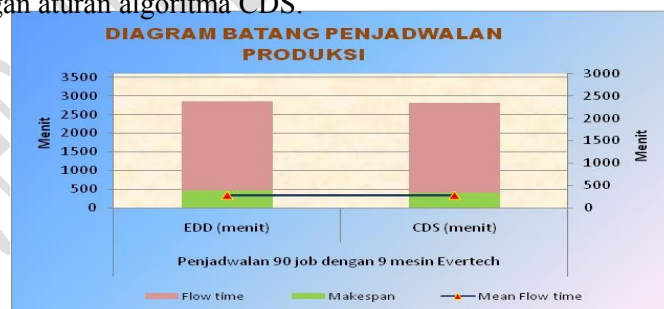
2) adalah metode yang terbaik karena memiliki waktu penyelesaian yang lebih cepat bila dibandingkan dengan metode yang digunakan pada metode berjalan sekarang. Oleh karena itu, pada penelitian ini metode CDS merupakan metode penjadwalan produksi yang menghasilkan solusi optimum untuk meminimasi *makespan* dan *mean flowtime*.

Jika dibandingkan dengan metode perusahaan, penerapan metode CDS dalam penjadwalan produksi dapat meminimasi *makespan* sebesar 44 menit atau sebesar **11,55 %** dan *mean flowtime* sebesar 3 menit atau sebesar 1,05 %.Dibawah ini merupakan tabel meminimasi *makespan* dan meminimasi *flow time* :

Tabel 2 Hasil *Makespan* dan *Flow Time*

Kriteria Optimalisasi	Penjadwalan 90 job dengan 9 mesin Evertch		Selisih / Minimisasi	Percentage (%)	Hasil Terbaik
	EDD (menit)	CDS (menit)			
Makespan	381	337	44	11,55	Penjadwalan n job m mesin pada 9 mesin Evertch dengan metode CDS
Flowtime	2851	2821	30	1,05	
Mean Flow time	285	282	3	1,05	

Dengan hasil *makespan* dan *mean flow time* pada **Tabel 5.9** maka untuk meminimasi *flow time* dapat diperoleh metode terbaik yaitu menggunakan penjadwalan mesin *Evertch* untuk 9 mesin dengan aturan algoritma CDS.



Gambar 6 Aternatif Penjadwalan CDS

Berdasarkan hasil pengolahan data dari tabel diatas maka perhitungan rata-rata untuk masing-masing metode selanjutnya digunakan untuk uji hipotesa

Tabel 3 Ringkasan Data Hasil *Makespan*, *Flow Time*, dan *Mean Flowtime*

Metode	No	Urutan Job Penjadwalan	Flowtime	Make Span	Mean Flow Time
CDS	1	6-9-10-7-8-5-1-3-4-2	2856	343	286
	2	6-7-8-10-5-1-3-4-9-2	2864	411	286
	3	6-7-8-10-5-3-4-9-2-1	2853	389	285
	4	8-10-6-7-5-9-3-1-4-2	2843	351	284
	5	8-10-6-7-5-9-3-1-4-2	2843	351	284
	6	6-9-8-3-4-10-7-5-1-2	2821	337	282
	7	9-10-6-8-3-4-5-7-1-2	2822	346	282
	8	9-6-8-7-4-5-10-3-1-2	2833	339	283
		Min	2821	337	282
	Mean	2842	358	284	
	Max	2864	411	286	
EDD	1	1-2-3-4-5-6-7-8-9-10	1149	208	115
	2	1-2-3-4-5-6-7-8-9-10	1861	381	186
	3	1-2-3-4-5-6-7-8-9-10	494	117	49
	4	1-2-3-4-5-6-7-8-9-10	1116	213	112
	5	1-2-3-4-5-6-7-8-9-10	638	115	64
	6	1-2-3-4-5-6-7-8-9-10	598	123	60
	7	1-2-3-4-5-6-7-8-9-10	920	166	92
	8	1-2-3-4-5-6-7-8-9-10	1384	234	138
	9	1-2-3-4-5-6-7-8-9-10	1743	354	174
	Min	494	115	49	
	Mean	1100	212	109	
	Max	1861	381	186	

Parameter yang digunakan pada uji hipotesis terhadap *makespan* sebagai berikut :

Metode CDS : n = 8, X2 = 358 dan
Metode EDD : n = 9, X1 = 212

$$Sdev = \sqrt{\frac{\sum(x_i - \bar{x})^2}{n-1}} = 104.03$$

a. Formula Hipotesis

H0 : $\mu_1 = \mu_2$ dengan pernyataan :
Tidak ada perbedaan antara rata-rata *makespan* metode EDD dengan metode CDS

H1 : $\mu_1 > \mu_2$ dengan Pernyataan :
Terdapat perbedaan antara rata-rata *makespan* metode EDD dengan metode CDS

b. Taraf Signikan dan nilai t tabe

$\alpha = 1\%$; db = n - 1 = n1+n2 - 2 =
(9+8) - 2 = 15 , Maka t (α , db) =
2,947

c. Kriteria Pengujiannya

Ho diterima jika : $\alpha < 2,947$ dan Ho
ditolak jika : $\alpha > 2,947$

d. Nilai Uji statistic

Nilai t sampel dapat dihitung dengan menggunakan rumus :

$$t = \frac{\bar{x} - \mu_h}{S\bar{x}}$$

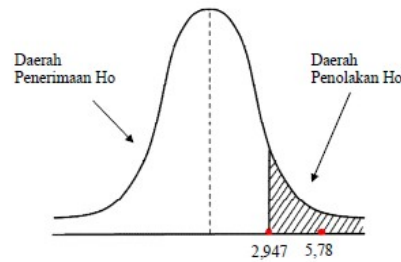
Dimana kesalahan standard sample dari rata-rata dihitung dengan formula

$$S\bar{x} = \frac{Sx}{\sqrt{n}} = \frac{104.03}{\sqrt{17}} = 25.25$$

$$t = \frac{\bar{x} - \mu_h}{S\bar{x}} = \frac{358 - 212}{25.25} = 5.78$$

Dari hasil perhitungan diatas Nilai t sampel = 2,947 lebih besar dari 5,78. Maka Ho ditolak, karena H0 : 5,78 > 2,947. Gambar 5.2 memperlihatkan bahwa Ho : $\mu = 358$ diterima karena nilai t sample berada dalam daerah penerimaan pengujian.

Selain itu terdapat perbedaan signifikan waktu *makespan* antara metode CDS lebih kecil daripada metode EDD.



Gambar 7 Daerah nilai t sampel

Nilai *makespan* dan *Flow time* mempunyai pengaruh terhadap kelancaran produksi. Semakin kecil nilai *makespan* dan *flow time*, maka semakin baik untuk perusahaan dalam usahanya untuk meningkatkan produktivitas *output*. Sebagaimana telah diuraikan di atas bahwa, penjadwalan produksi terbaik adalah dengan menggunakan aturan CDS, dimana memiliki hasil minimasi *makespan* dan *flow time* terkecil yang mempunyai nilai produktivitas *output* tertinggi.

KESIMPULAN DAN SARAN

Kesimpulan

Dari hasil pembahasan diatas maka dapat disimpulkan beberapa hal:

1. Metode algoritma *Campbell, Dudek, Smith (CDS)* merupakan metode penjadwalan yang optimal yang memiliki *makespan* sebesar 337 menit, *total flowtime* 2821 menit dan *mean flowtime* sebesar 282 menit lebih kecil dibandingkan dengan metode berjalan yang digunakan oleh perusahaan yaitu metode *Earliest Due Date (EDD)* yang memiliki *makespan* adalah sebesar 381 menit, *total flowtime* sebesar 2851 menit dan *mean flowtime* adalah 285 menit.
2. Penjadwalan *CDS* Alternatif 6 merupakan paling optimal dengan urutan penjadwalan *job* serta nilai *makespan* dan *total flowtime* adalah sebagai berikut :

- a. Urutan penjadwalan *CDS* Alternatif 6 adalah :
6 - 9 - 8 - 3 - 4 - 10 - 7 - 5 - 1 - 2

- b. *Makespan* : 337 menit
(dari mesin 2 job terakhir)
- c. *Total Flow Time*: 2821 menit
(32+267+263+230+254+273+324+318+321+337)
- d. *Mean Flowtime* : 282 menit

Saran

Adapun saran yang dapat menjadi pertimbangan perusahaan adalah dalam melaksanakan penjadwalan produksi produk IC di stasiun *marking* jenis mesin *laser marking Evertech* dapat menggunakan aturan algoritma *Campbell, Dudek, Smith (CDS)*.

DAFTAR PUSTAKA

- Baker, K.R, 1974, *Introduction to Sequencing and Scheduling*, John Wiley and Sons, Inc, New York.
- Baroto, T, 2002, *Perencanaan dan Pengendalian Produksi*, Ghalia Indonesia, Jakarta.
- Budiono, 2008, *Teori Dan Aplikasi Statistika Dan Probabilitas*, Rosda, Bandung.
- Conway, R.W, 1995, *Theory Of Scheduling*, Dover Publication Inc, New York.
- Ginting, R, 2007, *Sistem Produksi*, Graha Ilmu, Yogyakarta.
- Herlina, 2006, *Penjadwalan Produksi Dengan Metode N-Job M-Mesin Untuk Meminimalisasi Makespan Pada PT. Harapan Widyatama Pertiwi Untuk Pembuatan Pipa PVC* [Jurnal], Fakultas Teknik, Universitas Bina Nusantara, Jakarta.



- Martinich, J.S, 1995, *Production And Operation Management*, Wiley India Pvt. Limited, New Delhi, India.
- Nasution, A.H, 1999, *Perencanaan dan Pengendalian Produksi*, Guna Widya, Surabaya.
- Nasution, A.H, 2005, *Managemen Industri*, ANDI, Yogyakarta.
- Schroeder, R.G, 2010, *Production And Operation Management*, Nee Yu, New York.
Jakarta
- Solihin, L, 2012, *Penjadwalan Produksi IC Pada Mesin Molding Jenis MGP Mold Di PT. Unisem* [Skripsi], Fakultas Teknik, Universitas Riau Kepulauan, Batam.
- Santoso, L.W, 1994, *Penjadwalan Produksi Dengan Menggunakan Metode Algoritma Simulated Annealing*,

UNIVERSITAS RIAU KEPULAUAN