

PENJADWALAN PRODUKSI MENGUNAKAN METODE JADWAL AKTIF DI PT. XYZ

Kulsum¹,

Jurusan Teknik Industri Universitas Sultan Ageng Tirtayasa Cilegon
Jl. Jend. Sudirman Km. 3 Cilegon, Banten 42435

E-mail: kulsum@untirta.ac.id¹

Evi Febianti²

Jurusan Teknik Industri Universitas Sultan Ageng Tirtayasa Cilegon
Jl. Jend. Sudirman Km. 3 Cilegon, Banten 42435

E-mail: evi@untirta.ac.id²

Fifi Apriani³,

Jurusan Teknik Industri Universitas Sultan Ageng Tirtayasa Cilegon
Jl. Jend. Sudirman Km. 3 Cilegon, Banten 42435

E-mail: fifiapriani96@gmail.com³

ABSTRAK

Penjadwalan diartikan proses pengurutan pembuatan produk secara menyeluruh pada beberapa mesin. Semua industri membutuhkan penjadwalan yang tepat untuk pengaturan pengalokasian sumber daya agar sistem produksi berjalan dengan cepat dan tepat sehingga mendapatkan hasil produksi yang optimal. PT. XYZ adalah salah satu perusahaan pelayanan jasa General Contractor-Machining dan Recondition. Tipe produksi dari perusahaan PT. XYZ adalah make to order. Dengan demikian, penjadwalan pada proses produksi di perusahaan ini disebut dengan penjadwalan produksi Job Shop. Metode yang digunakan dalam penelitian ini yaitu metode jadwal aktif dan metode campbell, dudek and smith. Adapun tujuan penelitian ini yaitu untuk meminimasi waktu penyelesaian produksi, memperoleh urutan pengerjaan job terbaik, menentukan metode terbaik yang dapat diterapkan pada perusahaan. Hasil Penelitian menunjukkan bahwa makespan yang diperoleh pada penjadwalan eksisting perusahaan dengan aturan FCFS yaitu sebesar 4246,347 menit dengan urutan pengerjaan job yaitu Nut M36–Nut M24–Nut M24. Hasil penjadwalan menggunakan metode jadwal aktif dan CDS memperoleh makespan selama 4088,58 menit dengan iterasi yang dilakukan sebanyak 15 kali pada jadwal aktif dan 4 iterasi pada metode CDS, maka diperoleh urutan job terbaik pada metode jadwal aktif yaitu M24–Nut M24–Nut M36. Metode yang tepat untuk diterapkan adalah metode jadwal aktif.

Kata Kunci: *Penjadwalan, Job Shop, Makespan, CDS, FCFS, Jadwal Aktif*

1. PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Penjadwalan diartikan proses pengurutan pembuatan produk secara menyeluruh pada beberapa mesin (Nasution, 2017). Penjadwalan memiliki peran sebagai teknologi inti dalam sistem produksi. Semua industri membutuhkan penjadwalan yang tepat untuk pengaturan pengalokasian sumber daya agar sistem produksi berjalan dengan cepat dan tepat sehingga mendapatkan hasil produksi yang optimal.

PT. XYZ adalah salah satu perusahaan pelayanan jasa *General Contractor-Machining* dan *Recondition*. Tipe produksi dari perusahaan PT. XYZ adalah *make to order* yaitu berproduksi berdasarkan pesanan. Dengan demikian, penjadwalan pada proses produksi di perusahaan ini disebut dengan penjadwalan produksi *Job Shop*. Penjadwalan yang berjalan dengan baik akan

memberikan dampak positif, yaitu meminimumkan biaya operasi dan waktu pengiriman, yang pada akhirnya dapat meningkatkan kepuasan pelanggan (Utama, 2016).

Produk yang diproduksi adalah Mur dengan spesifikasi yang berbeda-beda yaitu Nut M36, Nut M42, dan Nut M24, dengan jumlah *order* yang berbeda-beda sehingga waktu penyelesaiannya pun akan berbeda pula, dengan begitu perusahaan seharusnya melakukan penjadwalan produksi untuk menentukan *job* mana yang terlebih dahulu dikerjakan. Namun, perusahaan ini masih menggunakan metode konvensional dengan menganut sistem *First Come First Served* (FCFS), karena pengerjaan produksi dilakukan tidak terjadwalkan maka dari itu dengan menganut sistem tersebut pengalokasian *job-job* belum

maksimal, seringkali untuk memenuhinya perusahaan melakukan penambahan jam kerja.

Masalah penjadwalan yang ada pada perusahaan ini yaitu dapat dilihat dari beberapa aspek salah satunya banyaknya penumpukan pesanan dalam satu waktu dengan kuantitas produk yang banyak menjadi salah satu penyebab keterlambatan dalam menyelesaikan *order* untuk konsumen (*Makespan*). Metode penjadwalan yang digunakan dalam penelitian ini adalah metode Algoritma jadwal aktif dan *Campbell, Dudek and Smith* (CDS). Algoritma Jadwal Aktif merupakan metode penjadwalan dimana tidak ada satupun operasi dapat dipindahkan lebih awal tanpa menunda operasi lain dengan aturan prioritas diberikan kepada pekerjaan yang memiliki waktu paling singkat dijadwalkan pada urutan pertama (Aryono, 2011). Sedangkan 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 (Kurnia dkk, 2013).

1.2 Tujuan Penelitian

Berikut merupakan tujuan penelitian berdasarkan rumusan masalah yang telah ditentukan.

1. Menghitung nilai *makespan* minimum dari hasil penjadwalan produksi yang dilakukan di PT. XYZ.
2. Menentukan urutan *job* terbaik yang dihasilkan pada penjadwalan produksi yang dilakukan di PT. XYZ.
3. Menentukan metode terbaik yang dapat diterapkan pada penjadwalan produksi di PT. XYZ ?

1.3 Batasan Masalah

Batasan masalah dalam penelitian ini yaitu sebagai berikut.

1. Penelitian dilakukan di divisi produksi.
2. Waktu penelitian dilakukan dimulai pada bulan Desember 2018
3. *Makespan* dijadikan sebagai *performance criteria* untuk menentukan urutan *job*.
4. *Due date* pada penelitian ini tidak diperhitungkan.
5. Penelitian ini tidak memperhitungkan biaya-biaya produksi.
6. Konfigurasi proses produksi dalam penelitian ini memiliki tipe aliran *flow shop*

2. TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Definisi Penjadwalan

Penjadwalan mempunyai definisi pengurutan atau pengerjaan secara menyeluruh dalam suatu lintasan produksi yang dikerjakan pada beberapa

mesin. Masalah penjadwalan melibatkan pengerjaan beberapa komponen atau mesin yang sering disebut dengan istilah *job*. *Job* merupakan komposisi dari sejumlah elemen-elemen dasar yang disebut aktivitas atau operasi. Waktu proses merupakan aktivitas atau operasi yang membutuhkan alokasi sumber daya tertentu selama periode waktu tertentu (Johanes, 2014).

2.2 Metode Algoritma Jadwal Aktif

Jadwal aktif adalah kumpulan jadwal *feasible* dimana tidak satupun operasi dapat dipindahkan lebih awal tanpa menunda operasi lain dengan aturan prioritas SPT (*Short Processing Time*) yaitu prioritas diberikan kepada pekerjaan yang memiliki waktu paling singkat dijadwalkan pada urutan pertama, kemudian diikuti *job* yang terbesar (Aryono, 2011). Sebelum dilakukan penjadwalan dengan metode ini, terlebih dahulu harus melakukan identifikasi *routing* proses, *job* dan mesin, perhitungan waktu proses produksi.

Adapun langkah-langkah metode penjadwalan aktif adalah sebagai berikut (Fithri dan Ramawinta, 2013):

1. Step 1: $t = 0$, $Pst = 0$ (yaitu jadwal parsial yang mengandung t operasi terjadwal). Set St (yaitu kumpulan operasi yang siap dijadwalkan) sama dengan seluruh operasi tanpa pendahulu.
2. Step 2: Tentukan $r^* = \min(r_j)$ dimana r_j adalah saat paling awal operasi j dapat diselesaikan ($r_j = c_j + t_{ij}$). Tentukan m^* , yaitu mesin di mana r^* .
3. Step 3: Untuk setiap operasi dalam Pst yang memerlukan mesin m^* dan memiliki $c_j < r^*$ untuk suatu aturan prioritas tertentu. Tambahkan operasi yang prioritasnya paling besar ke dalam Pst sehingga terbentuk suatu jadwal parsial untuk tahap berikutnya.
4. Step 4: Membuat suatu jadwal parsial baru $Pt+1$ dan memperbaiki kumpulan data dengan cara Menghilangkan operasi j dari St kemudian membuat $St+1$ dengan cara menambah pengikut langsung operasi k yang telah dihilangkan lalu menambah satu pada t .
5. Step 5: Kembali ke langkah 2 sampai seluruh pekerjaan terjadwalkan.

2.3 Metode Algoritma Campbell, Dudek and Smith (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 $t^*_{i,2}$ (Kurnia dkk, 2013).

Secara sistematis permasalahan ini dirumuskan sebagai berikut:

Job i mendahului *job* j dalam suatu urutan yang optimum jika $\text{Min} \{t_{i,1}, t_{j,2}\} \leq \{t_{i,2}, t_{j,1}\}$.

Perhitungan metode Jhonson dengan algoritma dilakukan dengan tahapan berikut:

1. Tentukanlah nilai $\{t_i, 1, t_i, 2\}$
2. Jika waktu proses minimum terdapat pada mesin pertama (misal $t_i, 1$), tempatkan *job* tersebut pada awal deret penjadwalan.
3. Bila waktu proses minimum didapat pada mesin kedua (misal $t_i, 2$),
4. *job* tersebut ditempatkan pada posisi akhir dari deret penjadwalan.
5. Pindahkan *job-job* tersebut dari daftarnya dan susun dalam bentuk deret penjadwalan. Jika masih ada *job* yang tersisa ulangi kembali langkah 1, sebaliknya bila tidak ada lagi *job* yang tersisa berarti penjadwalan sudah selesai.

3. METODE PENELITIAN

3.1 Rancangan Penelitian

Penelitian yang dilakukan ini merupakan jenis penelitian *cross sectional* dikarenakan penelitian ini hanya dilakukan dalam rentang waktu yang tidak terlalu lama. Pengambilan data yang dilakukan penulis untuk penelitian ini diperoleh dari data primer dan data sekunder.

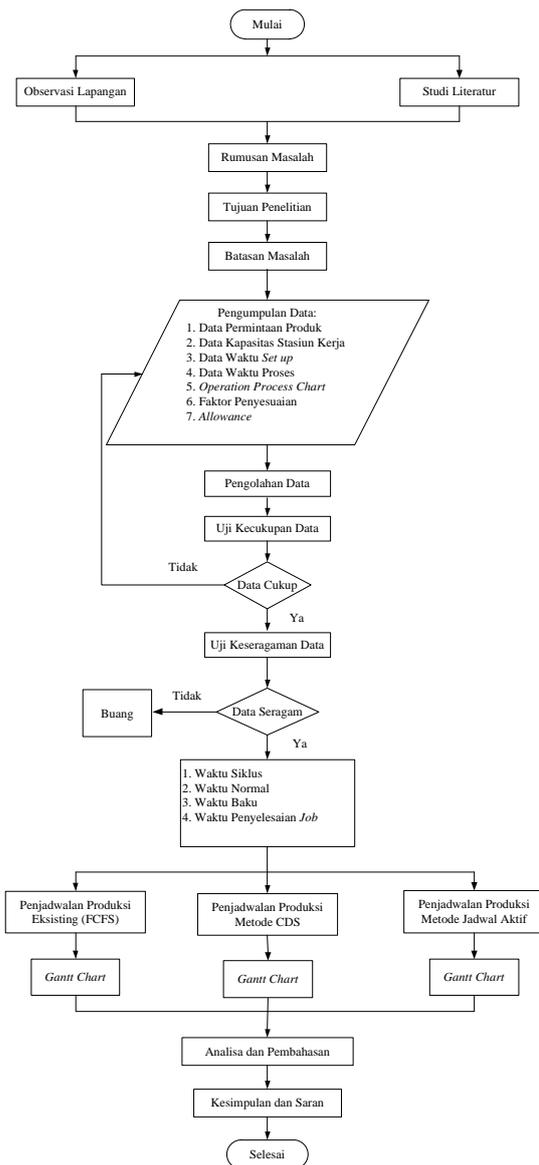
Adapun pendekatan penelitian yang digunakan adalah pendekatan kuantitatif, yaitu pendekatan pemecahan masalah dengan berdasarkan angka untuk mengambil kesimpulan.

3.2 Lokasi dan Waktu Penelitian

Penelitian ini dilakukan di PT. XYZ. Yang berlokasi di Jl. Raya Tasikardi No. 17 Kramatwatu. Adapun waktu yang digunakan adalah selama 4 bulan mulai dari bulan Desember 2018 hingga Maret 2019. Waktu penelitian tersebut dimulai dari pengambilan data dan observasi selama dua bulan, 1 bulan pengolahan data dan 1 bulan untuk tahap akhir.

3.3 Alur Pemecahan Masalah

Berikut merupakan alur pemecahan masalah mengenai produksi yang dilakukan di PT. XYZ.



Gambar 1. Alur Pemecahan Masalah

4. HASIL DAN PEMBAHASAN

4.1 Uji Kecukupan Data

Uji kecukupan dilakukan untuk melihat apakah data waktu proses yang diambil sudah dapat mewakili populasi atau belum. Berikut merupakan rekapitulasi hasil uji kecukupan data pada masing masing produk di setiap stasiun kerja.

Tabel 1. Uji Kecukupan Data

Jenis Produk	Stasiun Kerja	Jumlah Data yang diambil (N)	Nilai Kecukupan Data (N')	Notasi	Keterangan
Nut M36	Penyerutan	20	0,125303	$N' < N$	Cukup
	Pemotongan	20	2,646159	$N' < N$	Cukup
	Pelubangan	20	0,163192	$N' < N$	Cukup
	Pembubutan	20	1,024837	$N' < N$	Cukup
	Penguliran	20	0,10337	$N' < N$	Cukup
Nut M42	Penyerutan	20	0,052245	$N' < N$	Cukup
	Pemotongan	20	0,018003	$N' < N$	Cukup
	Pelubangan	20	0,042807	$N' < N$	Cukup
	Pembubutan	20	0,15283	$N' < N$	Cukup
	Penguliran	20	0,013361	$N' < N$	Cukup
Nut M24	Penyerutan	20	0,009659	$N' < N$	Cukup
	Pemotongan	20	0,01671	$N' < N$	Cukup
	Pelubangan	20	0,013227	$N' < N$	Cukup
	Pembubutan	20	0,816259	$N' < N$	Cukup

Penguliran	20	0,052369	N' < N	Cukup
------------	----	----------	--------	-------

Contoh Perhitungan :
 tingkat keyakinan (z) = 95%
 tingkat ketelitian (s) = 5% = 0,05
 k = 2
 N = 20

Sehingga diperoleh nilai N' sebagai berikut:

$$N' = \left[\frac{\frac{k}{s} \sqrt{N(\sum Xi^2) - (\sum Xi)^2}}{(\sum Xi)} \right]$$

$$= \left[\frac{2}{0,05} \sqrt{20(478,739) - (97,77)^2} \right]$$

$$= 2,646$$

Berdasarkan hasil perhitungan diatas, diperoleh nilai N' sebesar 2,646 dan nilai N = 20, maka dapat dikatakan bahwa data yang diambil cukup karena N' < N yaitu 2,646 < 20.

Dari tabel 1 dapat dilihat bahwa semua hasil uji kecukupan data yang dilakukan untuk masing-masing produk di setiap stasiun kerja memiliki nilai N' < N, sehingga dapat disimpulkan bahwa semua data waktu proses yang diambil cukup dan dapat mewakili populasi.

4.2 Uji Keseragaman Data

Uji keseragaman data dilakukan untuk memastikan bahwa data waktu proses yang diambil berasal dari sistem yang sama sehingga dapat dikatakan seragam. Berikut merupakan rekapitulasi uji keseragaman data yang diperoleh pada masing-masing produk di setiap stasiun kerja yang dilewati.

Tabel 2. Uji Keseragaman Data

Jenis Produk	Stasiun Kerja	\bar{X}	BKA	BKB	Keterangan
Nut M36	Penyerutan	5,085	5,177338	4,992662	Seragam
	Pemotongan	4,89	5,30	4,48	Seragam
	Pelubangan	5,287	5,396564	5,177436	Seragam
	Pembubutan	1,214	1,277046	1,150954	Seragam
	Penguliran	6,3715	6,476586	6,266414	Seragam
Nut M42	Penyerutan	6,125	6,196818	6,053182	Seragam
	Pemotongan	5,489	5,526781	5,451219	Seragam
	Pelubangan	6,473	6,541702	6,404298	Seragam
	Pembubutan	2,1285	2,171186	2,085814	Seragam
	Penguliran	7,2815	7,324677	7,238323	Seragam
Nut M24	Penyerutan	4,07	4,09052	4,04948	Seragam
	Pemotongan	4,0905	4,117625	4,063375	Seragam
	Pelubangan	4,2985	4,323861	4,273139	Seragam
	Pembubutan	0,4945	0,517419	0,471581	Seragam
	Penguliran	4,521	4,574074	4,467926	Seragam

Contoh Perhitungan :

$$X_i^2 = (5,02)^2 = 25,20$$

$$\bar{X} = \frac{\sum X_i}{N} = \frac{97,77}{20} = 4,89 \text{ Menit}$$

$$X_i - \bar{X} = 5,02 - 4,89 = 0,13 \text{ Menit}$$

$$(X_i - \bar{X})^2 = (0,13)^2 = 0,02$$

$$\sigma = \sqrt{\frac{\sum (X_i - \bar{X})^2}{N-1}} = \sqrt{\frac{0,79}{20-1}}$$

$$BKA = \bar{X} + k \sigma = 4,89 + 2(0,20) = 5,30 \text{ Menit}$$

$$BKB = \bar{X} - k \sigma = 4,89 - 2(0,20) = 4,48 \text{ Menit}$$

Dari tabel 2 dapat dilihat bahwa semua hasil uji keseragaman data yang dilakukan pada masing-masing produk di setiap stasiun kerja tidak ada yang melewati batas kontrol atas (BKA) dan batas kontrol bawah (BKB) sehingga dapat disimpulkan bahwa semua data waktu proses yang diambil seragam.

4.3 Waktu Siklus

Waktu siklus merupakan waktu penyelesaian satu satuan produk sejak bahan baku mulai diproses di tempat kerja yang bersangkutan. Berikut merupakan data waktu siklus pada masing-masing produk di setiap stasiun kerja yang dilewati.

Tabel 3. Rekapitulasi Waktu Siklus

No	Jenis Produk	Stasiun Kerja	Waktu Siklus (menit)
1	Nut M36	Penyerutan	5,085
		Pemotongan	4,889
		Pelubangan	5,287
		Pembubutan	1,214
		Penguliran	6,372
2	Nut M42	Penyerutan	6,125
		Pemotongan	5,489
		Pelubangan	6,473
		Pembubutan	2,1285
		Penguliran	7,2815
3	Nut M24	Penyerutan	4,07
		Pemotongan	4,0905
		Pelubangan	4,2985
		Pembubutan	0,4945
		Penguliran	4,521

Contoh perhitungan :

Waktu Siklus Job 1 Stasiun Penyerutan

$$W_s = \frac{\sum X_i}{N} = \frac{101,7}{20} = 5,085 \text{ Menit}$$

Keterangan:

X_i = Waktu proses
 N = Jumlah data yang diambil

4.4 Waktu Normal

Waktu Normal merupakan waktu kerja yang telah mempertimbangkan faktor penyesuaian. Berikut merupakan data waktu normal pada masing-masing produk disetiap stasiun kerja.

Tabel 4. Rekapitulasi Waktu Normal

No	Jenis Produk	Stasiun Kerja	Waktu Normal (menit)
1	Nut M36	Penyerutan	5,390
		Pemotongan	5,035
		Pelubangan	5,446
		Pembubutan	1,263
		Penguliran	7,136
2	Nut M42	Penyerutan	6,493
		Pemotongan	5,654
		Pelubangan	6,667

Pembubutan	2,214
Penguliran	8,155

Tabel 4. Rekapitulasi Waktu Normal (Lanjutan)

No	Jenis Produk	Stasiun Kerja	Waktu Normal (menit)
3	Nut M24	Penyerutan	4,314
		Pemotongan	4,213
		Pelubangan	4,427
		Pembubutan	0,514
		Penguliran	5,064

Contoh perhitungan:

Waktu Normal job 1 Stasiun Penyerutan

$$\begin{aligned}
 W_n &= W_s \times (1+p) \\
 &= 5,085 \times (1 + 0,06) \\
 &= 5,390 \text{ Menit}
 \end{aligned}$$

Keterangan:

P = Faktor penyesuaian

4.5 Waktu Baku

Waktu baku merupakan waktu yang dibutuhkan untuk mengerjakan atau menyelesaikan suatu aktivitas atau pekerjaan oleh tenaga kerja yang wajar pada situasi dan kondisi yang normal. Berikut merupakan data waktu baku pada masing-masing produk disetiap stasiun kerja yang dilewati.

Tabel 5. Rekapitulasi Waktu Baku

No	Jenis Produk	Stasiun Kerja	Waktu Baku (menit)
1	Nut M36	Penyerutan	6,872
		Pemotongan	6,369
		Pelubangan	6,943
		Pembubutan	1,692
		Penguliran	9,027
2	Nut M42	Penyerutan	8,278
		Pemotongan	7,152
		Pelubangan	8,501
		Pembubutan	2,966
		Penguliran	10,32
3	Nut M24	Penyerutan	5,501
		Pemotongan	5,33
		Pelubangan	5,645
		Pembubutan	0,689
		Penguliran	6,405

Contoh perhitungan:

Waktu Baku job 1 Stasiun penyerutan

$$\begin{aligned}
 W_b &= W_n \times (1+allowance) \\
 &= 5,390 \times (1 + 0,275) \\
 &= 6,872 \text{ Menit}
 \end{aligned}$$

4.6 Waktu Penyelesaian Tiap Job

Waktu penyelesaian (C_{ij}) merupakan waktu yang diperlukan untuk menyelesaikan suatu pekerjaan tertentu. Waktu penyelesaian yang dilakukan pada penelitian ini digunakan untuk mengetahui nilai *makespan* pada penjadwalan produksi. Berikut merupakan rekapitulasi waktu penyelesaian tiap job pada masing-masing stasiun kerja.

Tabel 6. Waktu Penyelesaian Tiap Job

Job	Waktu Penyelesaian tiap job (menit)				
	ST-1	ST-2	ST-3	ST-4	ST-5
job 1	791,623	732,639	799,033	194,971	1038,571
job 2	332,418	286,226	340,597	119,061	413,107
job 3	199,322	192,019	203,790	25,219	231,043

Contoh perhitungan:

$$\begin{aligned}
 C_{11} &= \text{Waktu Set Up} + \left(\frac{\text{Waktu Baku} \times \text{Jumlah Order}}{\text{Jumlah Mesin}} \right) \\
 &= 1,3 + \left(\frac{6,872 \times 115}{1} \right) \\
 &= 791,623 \text{ menit}
 \end{aligned}$$

4.7 Penjadwalan Produksi Eksisting

Penjadwalan produksi eksisting pada perusahaan di penelitian ini diolah menggunakan aturan *First Come Firts Served* (FCFS), sehingga urutan jadwal produksi dibuat berdasarkan waktu kedatangan. Urutan jadwal pengerjaan pada kondisi eksisting perusahaan yaitu job 1 – job 2 – job 3. Berikut merupakan nilai *makespan* yang diperoleh dari penjadwalan produksi eksisting.

Tabel 7. Penjadwalan Produksi Eksisting

Stasiun kerja		Urutan pengerjaan job (menit)		
		Job 1	Job 2	Job 3
ST-1	Mulai	0	791,62341	1124,0409
	Selesai	791,62341	1124,0409	1323,3627
Delay		45,36	55,44	36,54
ST-2	Mulai	836,98341	1625,0626	1947,8283
	Selesai	1569,6226	1911,2883	2139,8481
ST-3	Mulai	1569,6226	2368,6552	2709,2518
	Selesai	2368,6552	2709,2518	2913,042
ST-4	Mulai	2368,6552	2709,2518	2913,042
	Selesai	2563,6256	2828,3129	2938,2609
ST-5	Mulai	2563,6256	3602,1969	4015,3041
	Selesai	3602,1969	4015,3041	4246,3468

Tabel 7 merupakan hasil *makespan* dari penjadwalan produksi eksisting perusahaan, dapat dilihat bahwa diperoleh nilai *makespan* yang dihasilkan menggunakan aturan FCFS sebesar 4246,347 menit atau 70,77 jam.

Berikut merupakan *ganttt chart* dari hasil penjadwalan produksi eksisting menggunakan aturan FCFS.

4.8 Penjadwalan Produksi Metode Algoritma Jadwal Aktif

Penjadwalan produksi usulan pada penelitian ini yaitu menggunakan metode jadwal aktif yaitu menentukan urutan penjadwalan produksi berdasarkan prioritas waktu proses terkecil. Berikut merupakan langkah-langkah dalam melakukan penjadwalan menggunakan metode jadwal aktif.

Langkah 1:

Semua pekerjaan dimulai pada waktu (t)= 0, karena belum ada proses yang dijadwalkan. Kemudian menentukan S_t (yaitu berisi job, operasi dan mesin yang akan dijadwalkan pada P_{st}). Penentuan S_t diperoleh dari *routing operation* yang ditunjukkan pada tabel 8.

Tabel 8. Routing Operation

Job	Operasi				
	Operasi 1	Operasi 2	Operasi 3	Operasi 4	Operasi 5
Job 1	1	2	3	4	5
Job 2	1	2	3	4	5
Job 3	1	2	3	4	5

Tabel 9 menunjukkan Jadwal Parsial yang siap untuk dijadwalkan (S_j) pada penjadwalan menggunakan metode jadwal aktif.

Tabel 9. Jadwal Parsial Siap dijadwalkan

Job	Operasi	Mesin	Waktu	St
1	1	1	791,623	111
	2	2	732,639	122
	3	3	799,033	133
	4	4	194,97	144
	5	5	1038,57	155
2	1	1	332,418	211
	2	2	286,226	222
	3	3	340,597	233
	4	4	119,061	244
	5	5	413,107	255
3	1	1	199,322	311
	2	2	192,02	322
	3	3	203,79	333
	4	4	25,2189	344
	5	5	231,043	355

Pekerjaan yang dijadwalkan untuk *stage* 1 yaitu 111, 211, 311. Dari *job* yang dijadwalkan kemudian menentukan waktu mulai (C_j) dan waktu proses (t_{ij}) sehingga diketahui waktu penyelesaiannya (r_j).

Langkah 2:

Menentukan waktu penyelesaian (r_j) yang paling minimum untuk *job* yang akan direalisasikan yaitu pada menit ke 199,322.

Langkah 3:

Menentukan *job* yang akan direalisasikan dengan waktu penyelesaian yang paling minimum pada *stage* 1 yaitu 311, kemudian masukan *job* tersebut dalam P_{st} .

Langkah 4 :

Mengeluarkan *job* yang telah dijadwalkan dan memasukkan operasi selanjutnya dari *job* yang sama ke dalam S_t .

Tabel 10 menunjukkan hasil iterasi 1 pada penjadwalan algoritma jadwal aktif yang dilakukan pada penelitian ini.

Tabel 10. Iterasi 1

Stage	Mesin					St	Cj	Tij	Rj	c*	m*	Pst
	1	2	3	4	5							
1	0	0	0	0	0	111	0	791,623	791,623			
						211	0	332,418	332,418			311
						311	0	199,322	199,322	199,322	1	

Langkah 5:

Untuk melakukan iterasi selanjutnya, langkah yang dilakukan yaitu kembali ke langkah 2 untuk setiap alternatif parsial P_{st} yang dapat dibuat pada langkah ke 3. Berikut merupakan hasil iterasi ke-2 pada penjadwalan aktif.

Tabel 11. Iterasi 2

Stage	Mesin					St	Cj	Tij	Rj	c*	m*	Pst
	1	2	3	4	5							
2	199,322	0	0	0	0	111	199,322	791,623	990,945			
						211	199,322	332,418	531,740			322
						322	199,322	192,019	391,341	391,341	2	

Hasil penjadwalan produksi menggunakan metode jadwal aktif pada penelitian ini

memperoleh *makespan* sebesar 4088,58 menit atau 68,14 jam yang berakhir pada iterasi ke-15, dengan urutan pengerjaan *job* yaitu *job* 3- *job* 2- *job* 1.

4.9 Penjadwalan Produksi Metode Campbell, Dudek Smith (CDS)

Metode CDS pada penelitian ini dilakukan sebagai metode perbandingan terhadap penjadwalan produksi usulan yang dilakukan dan terhadap penjadwalan eksisting perusahaan. Berikut merupakan langkah- langkah penjadwalan dengan metode *Campbell, Dudek dan Smith (CDS)*.

Sebelum memulai langkah pertama pada penjadwalan ini, tentukan terlebih dahulu jumlah iterasi yang harus dilakukan yaitu:

$$K = \text{Jumlah mesin} - 1$$

$$= 5 - 1$$

$$= 4$$

Karena pada penelitian ini mesin yang digunakan pada proses produksinya melewati 5 mesin. Jadi, pada penjadwalan kali ini dilakukan sebanyak 4 iterasi.

Langkah 1:

Ambil penjadwalan pertama pada iterasi 1 ($K=1$)

Langkah 2:

menghitung waktu proses pada stasiun pertama ($t_{i,1}^*$) yaitu waktu dan stasiun terakhir ($t_{i,2}^*$) yaitu stasiun lima.

Langkah 3:

menentukan nilai minimum yang ada pada stasiun pertama dan stasiun terakhir. Pada iterasi 1 nilai minimum berada pada *job* 3.

Langkah 4:

menentukan penempatan *job* terpilih yaitu *job* 3. Keputusan urutan *job* diletakkan pada awal proses apabila waktu proses minimum berada di kolom 1 (m_1), jika waktu proses minimum berada di kolom 2 (m_2) maka urutan *job* dijadwalkan pada akhir proses. Pada iterasi 1, *job* 3 ditempatkan pada awal proses karena waktu proses minimum berada pada kolom 1 yaitu sebesar 199,322 menit.

Langkah 5:

menghilangkan *job* yang sudah terdaftar dalam urutan proses.

Langkah 6:

menentukan urutan *job* selanjutnya yang belum terdaftar pada urutan pekerjaan. Tersisa *job* 1 dan 2 yang belum masuk ke dalam daftar urutan proses. Penentuan penempatan urutan *job* dilakukan dengan ketentuan pada langkah 4 hingga seluruh *job* terjadwalkan. Kemudian susun dalam bentuk deret penjadwalan

Langkah 7:

menghitung iterasi selanjutnya dengan tahap yang dilakukan sama dengan iterasi sebelumnya.

Berikut merupakan hasil penjadwalan produksi yang dilakukan dengan menggunakan metode *Campbell, Dudek and Smith*.

Tabel 12. Iterasi 1 Metode CDS

Job	K1
-----	----

	m1	m5
1	791,62341	1038,5712
2	332,4175	413,10717
3	199,32178	231,0427

Urutan Proses	3	2	1
---------------	---	---	---

Tabel 13. Iterasi 2 Metode CDS

Job	K2	
	m1+m2	m4+m5
1	1524,2626	1233,5417
2	618,6432	532,16827
3	391,34159	256,26157

Urutan Proses	3	2	1
---------------	---	---	---

Tabel 14. Iterasi 3 Metode CDS

Job	K3	
	m1+m2+m3	m3+m4+m5
1	2323,2952	2032,5743
2	959,23989	872,76496
3	595,13178	460,05175

Urutan Proses	3	2	1
---------------	---	---	---

Tabel 15. Iterasi 4 Metode CDS

Job	K4	
	m1+m2+m3+m4	m2+m3+m4+m5
1	2518,2656	2765,2135
2	1078,301	1158,9907
3	620,35064	652,07156

Urutan Proses	3	2	1
---------------	---	---	---

Berdasarkan urutan proses yang diperoleh pada setiap iterasi yang dilakukan maka didapatkan nilai *makespan* pada metode CDS yang ditunjukkan pada tabel 16.

Tabel 16. *Makespan* Penjadwalan Metode CDS

Stasiun kerja	Urutan pengerjaan job (menit)		
	Job 3	Job 2	Job 1
ST-1	Mulai	199,32178	531,7393
	Selesai	199,32178	531,73928
ST-2	Mulai	199,32178	1323,363
	Selesai	391,34159	817,96498
ST-3	Mulai	391,34159	2056,002
	Selesai	595,13178	817,96498
ST-4	Mulai	595,13178	2855,034
	Selesai	620,35064	1158,5617
ST-5	Mulai	620,35064	3050,005
	Selesai	851,39334	1277,6228

Tabel 16 merupakan hasil *makespan* dari penjadwalan produksi eksisting perusahaan, dapat dilihat bahwa diperoleh nilai *makespan* yang dihasilkan menggunakan aturan FCFS sebesar 4088,576 menit atau 70,77 jam.

Dari penjadwalan yang telah dilakukan maka didapatkan hasil masing-masing *makespan* pada penjadwalan eksisting perusahaan dengan aturan FCFS, dan menggunakan metode usulan algoritma jadwal aktif. Tabel 17 menunjukkan rekapitulasi perbandingan dari penjadwalan eksisting dan usulan.

Tabel 17. Rekapitulasi Penjadwalan Eksisting dan Usulan

Metode	Urutan Job	Makespan (Menit)
--------	------------	------------------

Penjadwalan Eksisting (FCFS)	1-2-3	4246,347
Penjadwalan Algoritma Jadwal Aktif dan CDS	3-2-1	4088,58
Reduksi Makespan		157,77

5. KESIMPULAN

Berdasarkan penelitian yang telah dilakukan, berikut merupakan kesimpulan yang didapat.

1. Nilai *makespan* minimum dari penjadwalan produksi usulan dengan menggunakan metode jadwal aktif dan metode CDS yaitu sebesar 4088,58 menit.
2. Urutan *job* terbaik yang dihasilkan pada penjadwalan menggunakan metode jadwal aktif dan Metode CDS yaitu Nut M24 – Nut M42 – Nut M36.
3. Metode terbaik yang dapat diterapkan pada penjadwalan produksi di perusahaan adalah metode jadwal aktif.

DAFTAR PUSTAKA

Nasution, H. A. (1999). *Perencanaan dan Pengendalian Produksi*. Penerbit Andi: Yogyakarta

Utama, D. M. (2016). Analisa Perbandingan Penggunaan Aturan Prioritas Penjadwalan Pada Penjadwalan Non Delay n Job 5 Mechine. *Jurnal Seminar Nasional Teknologi dan Rekayasa*

Johanes, A. (2014). Penjadwalan Produksi di Line B Menggunakan Metode Campbell Dudek Smith. *Jurnal Dinamika Teknik*. Vol 8 No. 1: 7-15

Kurnia, Refdilzon Y, dan Vera M. A. (2013). Penjadwalan Produksi dengan Menggunakan Metode Campbell, Dudek dan Smith pada Mesin Laser Marking jenis Everttech Untuk Meminimasi Makespan. *PROFESIENSI*, 1(2): 93-103

Fithri, P dan Fitri, R. (2013). Penjadwalan Mesin Dengan Menggunakan Algoritma Pembangkitan Jadwal Aktif Dan Algoritma Penjadwalan Non Delay Untuk Produk Hydrotiller dan Hammermil Pada CV. Cherry Sarana Agro. *Jurnal Optimasi Sistem Industri*

Aryono, K. (2011). Penjadwalan N Job M Mesin Dalam Proses Pembuatan Produk Ass Mesin Jahit Dan Baut Bearing Di PT. Sinar Sakti Matra Nusantara Bandung. (*Skripsi*). Bandung: Jurusan Teknik Industri Universitas Komputer Indonesia

Lampiran Iterasi Penjadwalan Metode Jadwal Aktif

Tabel Iterasi Penjadwalan Metode Jadwal Aktif

Stage	Mesin					St	Cj	Tij	rj	c*	m*	Pst		
	1	2	3	4	5									
1	0	0	0	0	0	111	0	791,623	791,6234			311		
						211	0	332,418	332,4175					
						311	0	199,322	199,3218				199,3218	1
2	199,322	0	0	0	0	111	199,322	791,623	990,9452			322		
						211	199,322	332,418	531,7393					
						322	199,322	192,02	391,3416				391,3416	2
3	199,322	391,342	0	0	0	111	199,322	791,623	990,9452			211		
						211	199,322	332,418	531,7393				531,7393	1
						333	391,342	203,79	595,1318					
4	531,739	391,342	0	0	0	111	531,739	791,623	1323,363			333		
						222	531,739	286,226	817,965					
						333	391,342	203,79	595,1318				595,1318	3
5	531,739	391,342	595,132	0	0	111	531,739	791,623	1323,363			344		
						222	531,739	286,226	817,965					
						344	595,132	25,2189	620,3506				620,3506	4
6	531,739	391,342	595,132	620,351	0	111	531,739	791,623	1323,363			222		
						222	531,739	286,226	817,965				817,965	2
						355	620,351	231,043	851,3933					
7	531,739	817,965	595,132	620,351	0	111	531,739	791,623	1323,363			355		
						233	817,965	340,597	1158,562					
						355	620,351	231,043	851,3933				851,3933	5
8	531,739	817,965	595,132	620,351	851,393	111	531,739	791,623	1323,363			233		
						233	817,965	340,597	1158,562				1158,562	3
						111	531,739	791,623	1323,363					
9	531,739	817,965	1158,562	620,351	851,393	111	531,739	791,623	1323,363			244		
						244	1158,56	119,061	1277,623				1277,623	4
						111	531,739	791,623	1323,363				1323,363	1
10	531,739	817,965	1158,562	1277,623	851,393	255	1277,62	413,107	1690,73			111		
						122	1323,36	732,639	2056,002					
						255	1277,62	413,107	1690,73				1690,73	5
11	1323,363	817,965	1158,562	1277,623	851,393	122	1323,36	732,639	2056,002			255		
						122	1323,36	732,639	2056,002				2056,002	2
						133	2056	799,033	2855,034				2855,034	3
12	1323,363	817,965	1158,562	1277,623	1690,730	133	2056	799,033	2855,034			133		
						144	2855,03	194,97	3050,005				3050,005	4
						144	1323,363	2056,002	2855,034				1277,623	1690,730
13	1323,363	2056,002	2855,034	1277,623	1690,730	144	2855,03	194,97	3050,005			144		
						155	3050	1038,57	4088,576				4088,576	5
						155	1323,363	2056,002	2855,034				3050,005	1690,730