

Usulan Penjadwalan Produksi Dengan Metode *Campbell Dudek Smith, Heuristic Pour* dan *Palmer* Untuk Meminimasi *Makespan* Di PT. Krakatau Wajatama

Muhammad Kholis Majid Hasan Nova¹, Muhammad Adha Ilhami², Kulsum³

Jurusan Teknik Industri; Fakultas Teknik Untirta

Jl.Jend.Sudirman Km.3Cilegon, Banten 42435

kholiss.majid@gmail.com¹, adha@untirta.ac.id² kulsum.ti@gmail.com³

ABSTRAK

PT. Krakatau Wajatama merupakan salah satu perusahaan manufaktur yang memproduksi baja, salah satunya adalah baja profil yaitu produk IWF.150, IWF. 250, U.150, dan U.250. Bahan Baku yang digunakan adalah Bloom. Tipe aliran pada proses pembuatan baja profil adalah flowshop dengan 6 mesin yaitu mesin. Permintaan konsumen terhadap produk IWF.150, IWF.250, U.150, dan U.250 sangat tinggi yaitu sebesar 70% dibandingkan dengan produk jenis yang lain. Urutan pengerjaan job yang dilakukan tidak menggunakan metode apapun, sehingga waktu penyelesaian untuk seluruh job menjadi lama melebihi 29 hari atau 696 jam, maka perlu adanya minimasi waktu penyelesaian seluruh job (makespan). Minimasi makespan yang dilakukan dapat memendekkan waktu penyelesaian seluruh job, sehingga dapat mencapai target produksi dan dapat meningkatkan kapasitas produksi. Tujuan penelitian ini adalah untuk menentukan urutan job yang optimal agar diperoleh makespan yang minimum dengan metode CDS, Heuristic Pour, dan Palmer dan mengetahui nilai makespan yang minimum yang dihasilkan dari penjadwalan yang dilakukan. Berdasarkan pengolahan data yang dilakukan, diperoleh makespan untuk kondisi eksisting sebesar 755,55 jam, metode CDS sebesar 666,24 jam, metode Heuristic Pour sebesar 666,24 jam, dan metode Palmer sebesar 865,43 jam, maka didapatkan metode yang optimal yaitu metode CDS dan Heuristic Pour dengan makespan sebesar 666,24 jam dan urutan job 1-4-3-2 atau urutan job yang dikerjakan dimulai dari produk IWF.150, kemudian U.250, kemudian U.150, dan job terakhir yaitu IWF.250.

Kata kunci : CDS, Heuristic Pour, Palmer, Makespan, Slope Index

ABSTRACT

PT Krakatau Wajatama is one of the manufacturing companies that produce steel, steel profiles one of them is the product IWF. 150, IWF. 250, U.150, and U.250. The raw materials used are Bloom. Type of flow in the process of making steel profile is flowshop with 6 machines, namely machines. Consumer demand for the product IWF. 150, IWF. 250, U.150, and U.250 very high i.e. 70% as compared to the other types of products. The order of machining job done not using any method, so completion time for the entire job to be long in excess of 29 days or 696 hours, it is necessary to minimize the job completion time (makespan). Minimize makespan can short the whole job completion time, so as to achieve the target of production and can increase the production capacity. The purpose of this study was to determine the optimal job sequence in order for the minimum makespan is obtained with the method of Heuristic CDS, Pour, and Palmer and knowing the minimum makespan value resulting from the scheduling is done. Based on the data processing is done, the makespan for existing conditions was obtained by 755,55 hours, method of CDS by 666,24 hours, method of Heuristic Pour by 666,24 hours, and 865,43 hours of the Palmer method, then the obtained optimal method are CDS and Heuristic Pour method with the makespan 666,24 hours with and job sequence is 1-4-3-2 or level of the job sequence starting from the product IWF. 150, 250, then U then U. 150, and the last job that IWF 250.

Keyword : CDS, Heuristic Pour, Palmer, Makespan, Slope Index

PENDAHULUAN

PT. Krakatau Wajatama merupakan salah satu perusahaan manufaktur yang memproduksi baja. Baja yang diproduksi terbagi menjadi baja profil dan baja tulangan. Pada produksi baja profil terdapat beberapa jenis produk yaitu IWF.150, IWF 250, U.150, dan U.250. Bahan baku yang digunakan untuk produksi jenis produk tersebut adalah *bloom*. Tipe aliran pada proses pembuatan produk baja profil tersebut adalah *flow shop* dengan 6 mesin. Jenis mesin yang digunakan yaitu mesin *reheating furnace, rolling machine, cooling bed, roller straight, cold saw, dan stacking machine*.

Permintaan konsumen terhadap produk IWF.150, IWF.250, U.150, dan U.250 sangat tinggi yaitu sebesar 70% dibandingkan dengan produk jenis yang lain. Urutan pengerjaan *job* dilakukan dengan metode konvensional/sembarang. Oleh karena itu, waktu penyelesaian untuk seluruh *job* menjadi lama melebihi 29 hari atau 696 jam sehingga perlu adanya minimasi waktu penyelesaian seluruh *job* (*makespan*). Dengan meminimasi *makespan* akan mengurangi waktu tunggu (*idle time*) pada saat proses produksi berlangsung sehingga produk yang dihasilkan akan terselesaikan dengan waktu yang pendek dan target produksi dapat tercapai.

Penelitian yang terkait dengan penelitian ini adalah penelitian Herlina (2006) yang membahas tentang meminimasi *makespan* dengan cara usulan penjadwalan produksi dengan menggunakan metode CDS dan *Heuristic Pour* dengan menyelesaikan penjadwalan *flowshop* dengan produk 14 jenis produk dan menghasilkan metode CDS yang lebih baik dari kedua metode tersebut. Sementara pada penelitian lainnya yang terkait dengan penelitian ini adalah Ivania (2006) yang membahas tentang meminimasi *makespan* dengan usulan penjadwalan produksi membandingkan metode CDS, *Heuristic Gupta* dan metode *Palmer* dengan menyelesaikan penjadwalan *flowshop* dengan 8 jenis produk dan menghasilkan metode *Palmer* yang lebih baik dari ketiga metode tersebut. Sedangkan pada penelitian Hendy (2006) yang membahas tentang meminimasi *makespan* dengan usulan penjadwalan produksi membandingkan metode CDS, *Heuristic Gupta* dan metode *Heuristic Pour* untuk menyelesaikan penjadwalan *flowshop* dengan 9 jenis produk dan menghasilkan metode *Heuristic Pour* yang lebih baik dari ketiga metode tersebut. Pada penelitian kali ini akan membandingkan tentang metode yang paling baik berdasarkan referensi diatas dalam hal minimasi *makespan* untuk kasus ini.

Metode yang digunakan dalam penelitian ini yaitu metode penjadwalan produksi *Campbell Dudek Smith, Heuritic Pour* dan *Palmer* dengan tujuan untuk meminimasi nilai *makespan*.

METODE PENELITIAN

Penelitian ini dilakukan dengan terlebih dahulu melakukan studi literatur dan mengidentifikasi masalah yang terjadi. Identifikasi masalah dilakukan dengan cara observasi langsung pada lantai produksi tersebut.

Identifikasi masalah ini berguna untuk menentukan topik permasalahan yang terjadi dan guna memperoleh data-data yang dibutuhkan. Setelah masalah dapat diidentifikasi maka dapat ditetapkan tujuan penelitian yang ingin didapat. Penetapan tujuan ini dilakukan berdasarkan uraian teori. Oleh karena itu, dilakukan studi pustaka untuk memperoleh informasi dan teori-teori yang terkait dalam penelitian.

Selanjutnya melakukan pengumpulan data. Pengumpulan data dilakukan dengan cara pengamatan langsung terhadap objek penelitian, wawancara terhadap pihak terkait dan mempelajari catatan informasi mengenai produk baja profil. Data yang diperlukan adalah data primer, yang merupakan data hasil pengamatan langsung dan data sekunder, yang merupakan data hasil dari dokumen perusahaan. Selajutnya adalah melakukan pengolahan data dengan metode *Campbell Dudeck Smith (CDS)*, metode *Heuristic Pour*, dan metode *Palmer*.

Berdasarkan hasil yang didapat dari pengolahan data, maka dapat dilakukan analisis. Analisis ini akan menjelaskan bagaimana hasil yang didapatkan, apakah lebih baik atau tidak dari sebelumnya.

Kesimpulan merupakan akhir dari prosedur penelitian, yang selanjutnya menyimpulkan jawaban dari permasalahan yang terjadi. Kemudian melalui kesimpulan tersebut dapat menjadi rancangan untuk pembuatan saran. Saran ini berisi masukan baik untuk perbaikan di perusahaan maupun untuk pengembangan pada penelitian yang akan datang.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Sebelum melakukan pengolahan data, dilakukan pengumpulan data terlebih dahulu seperti data produksi, data stasiun kerja dan proses produksi, data jumlah mesin dan kapasitas mesin, waktu siklus, waktu *set up, rating factor, allowance*. Setelah itu dilakukan pengolahan data yaitu dengan melakukan

a. uji keseragaman data,

Standar Deviasi (σ)

$$= \sqrt{\frac{\sum (X - \bar{X})^2}{N - 1}} \quad (1)$$

$$\text{BKA} = \bar{x} + k\sigma \quad (2)$$

$$\text{BKB} = \bar{x} - k\sigma \quad (3)$$

b. uji kecukupan data,

$$N^2 = \left[\frac{k / s \sqrt{N(\sum x^2) - (\sum x)^2}}{\sum x} \right]^2 \quad (4)$$

c. menghitung rata-rata waktu siklus,

$$\bar{x} = \frac{\sum xi}{N} \quad (5)$$

d. waktu normal,

$$W_n = W_s + p \quad (6)$$

e. waktu baku,

$$W_b = W_n \times 100\% / (100\% - \text{Allowance}) \quad (7)$$

f. waktu penyelesaian,

$$\text{Waktu Penyelesaian} = \frac{\text{Jumlah Unit Bloom} \times \text{Waktu Baku}}{\text{Jumlah Mesin} \times \text{Kapasitas Mesin}} \quad (8)$$

Adapun data-data yang digunakan dalam penelitian ini sebagai berikut:

Tabel 1. Data Jumlah Bloom pada Bulan November 2014

Job	Produk	Jumlah (Unit)
1	IWF.150	1900
2	IWF.250	300
3	U.150	430
4	U.250	1050
Jumlah		3680

1. Metode Campbell, Dudek, Smith (CDS)

Metode CDS merupakan pengembangan dari aturan yang dikemukakan oleh Johnson, yang proses penjadwalan dilakukan berdasarkan waktu kerja yang terkecil yang digunakan dalam melakukan produksi..

Tabel 2. Rekapitulasi Waktu Baku Seluruh Job (jam)

Job	M1	M2	M3	M4	M5	M6
1	325.57	62.41	121.82	7.92	7.48	35.30
2	51.42	9.12	19.25	0.90	1.03	5.45
3	73.65	14.38	27.59	1.87	1.88	7.91
4	179.84	31.41	67.36	3.08	3.45	19.78

Urutan job Pada tiap Iterasi

K = Jumlah mesin - 1

K = 6-1 = 5

Jadi, pada perhitungan kali ini terdapat 5 iterasi.

Berikut merupakan tahapan-tahapan dari metode CDS :

1. Ambil urutan pertama (k=1). Untuk seluruh job yang ada carilah t*i1 dan t*i2 yang minimum yang merupakan proses dari mesin pertama dan kedua.

Jika waktu minimum didapat pada mesin pertama (misal ti,1), maka tugas tersebut ditempatkan pada urutan paling awal. Tapi bila waktu minimum terdapat pada mesin kedua maka harus diletakkan di paling akhir.

2. Pindahkan urutan-urutan tersebut hanya dari daftar nya dan urutkan, jika masih ada tugas yang tersisa uangi kembali dari langkah 1. Jika tidak ada lagi yang tersisa maka penjadwalan selesai.

Tabel 3. Urutan job iterasi 1

Job	K = 1	
	tm1	tm6
1	325,57	35,3
2	51,42	5,45
3	73,65	7,91
4	179,4	19,78

urutan Job	1	4	3	2
------------	---	---	---	---

Tabel 4. Urutan job iterasi 2

Job	K = 2	
	tm1+tm2	tm5+tm6
1	387,98	42,79
2	60,54	6,48
3	88,03	9,8
4	211,26	23,23

urutan Job	1	4	3	2
------------	---	---	---	---

Tabel 5. Urutan job iterasi 3

Job	K = 3	
	tm1+tm2+tm3	tm4+tm5+tm6
1	509,8	50,71
2	79,79	7,38
3	115,62	11,67
4	278,61	26,3

urutan Job	1	4	3	2
------------	---	---	---	---

Tabel 6. Urutan job iterasi 4

Job	K = 4	
	tm1+.....+tm4	tm3+.....+tm6
1	517,72	172,53
2	80,7	26,64
3	117,49	39,25
4	281,69	93,66

urutan Job	1	4	3	2
------------	---	---	---	---

Tabel 7. Urutan job iterasi 5

Job	K = 5	
	tm1+.....+tm5	tm2+.....+tm6
1	525,21	234,94
2	81,72	35,75
3	119,37	53,63
4	285,14	125,07

urutan Job	1	4	3	2
------------	---	---	---	---

Berikut merupakan tabel rekapitulasi nilai *makespan* dan urutan *job* yang didapat dari hasil perhitungan dengan metode CDS untuk seluruh iterasi :

Tabel 8. Rekapitulasi Nilai *Makespan* CDS

Iterasi	<i>Makespan</i> (jam)	Urutan Job
1	666,24	1-4-3-2
2	666,24	1-4-3-2
3	666,24	1-4-3-2
4	666,24	1-4-3-2
5	666,24	1-4-3-2

Berdasarkan hasil perhitungan dengan metode CDS, semua iterasi memiliki *makespan* yang sama yaitu sebesar 666,24 jam dengan urutan *job* 1-4-3-2.

2. Metode Heuristic Pour

Metode *Heuristic Pour* merupakan metode heuristic yang digunakan untuk menyelesaikan penjadwalan flowshop dengan tujuan meminimalkan *makespan* yaitu berdasarkan pendekatan kombinasi

Berikut merupakan tabel rekapitulasi nilai *makespan* dan urutan *job* yang didapat dari hasil perhitungan dengan metode *Heuristic Pour* untuk seluruh kombinasi:

Tabel 9. Rekapitulasi Nilai *Makespan* Heuristic Pour

Kombinasi	<i>Makespan</i> (jam)	Urutan Job
1	755,55	1-2-3-4
2	865,43	2-3-4-1
3	865,43	3-2-4-1
4	865,43	4-2-3-1
5	755,55	1-2-3-4
6	755,55	1-3-2-4
7	684,11	1-4-2-3
8	666,24	1-4-3-2

3. Metode Palmer

Palmer merupakan metode heuristic yang digunakan untuk menyelesaikan penjadwalan *flowshop* dengan menempatkan urutan *job* berdasarkan suatu nilai yang dinamakan *slope index*.

M = jumlah mesin = 6

t_{mj} = waktu *job* j pada mesin m

diketahui: M = 6

$$S_j = (M-1)t_{Mj} + (M-3)t_{(M-1)j} + (M-5)t_{(M-2)j} - (M-5)t_{3j} - (M-3)t_{2j} - (M-1)t_{1j}$$

$$= (6-1)t_{6j} + (6-3)t_{(6-1)j} + (6-5)t_{(6-2)j} - (6-5)t_{3j} - (6-3)t_{2j} - (6-1)t_{1j}$$

$$= 5t_{6j} + 3t_{5j} + 1t_{4j} - 1t_{3j} - 3t_{2j} - 5t_{1j}$$

sehingga rumus untuk menentukan *slope index* pada kasus j *job* 6 mesin adalah

$$S_j = 5t_{6j} + 3t_{5j} + 1t_{4j} - 1t_{3j} - 3t_{2j} - 5t_{1j} \quad (9)$$

Maka:

Tabel 10. Perhitungan *Slope Index*

Job	$5t_{6j}$	$3t_{5j}$	$1t_{4j}$	$1t_{3j}$	$3t_{2j}$	$5t_{1j}$	S_j
1	176.52	22.45	7.92	121.82	187.24	1627.83	-1730
2	27.25	3.08	0.9	19.25	27.35	257.11	-272,47
3	39.56	5.65	1.87	27.59	43.13	368.27	-391,9
4	98.88	10.35	3.08	67.36	94.24	899.22	-948,51

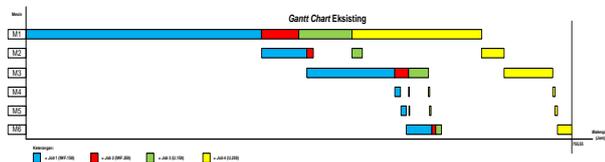
Berdasarkan hasil perhitungan dengan metode metode, semua iterasi memiliki *makespan* yaitu sebesar 865,43 jam dengan urutan *job* 2-3-4-1.

Berikut merupakan tabel rekapitulasi *makespan* dari keseluruhan penjadwalan yang dilakukan:

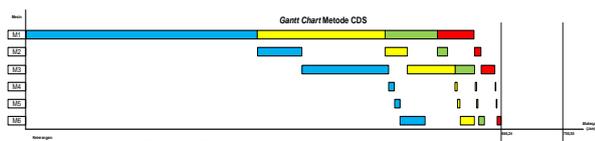
Tabel 11. Rekapitulasi *Makespan*

Rekapitulasi <i>Makespan</i>						
Penjadwalan	Urutan Job				<i>Makespan</i> (jam)	
Eksisting	1	2	3	4	755.55	
CDS	K=1	1	4	3	2	666.24
	K=2	1	4	3	2	666.24
	K=3	1	4	3	2	666.24
	K=4	1	4	3	2	666.24
	K=5	1	4	3	2	666.24
Heuristic Pour	Kombinasi 1	1	2	3	4	755.55
	Kombinasi 2	2	3	4	1	865.43
	Kombinasi 3	3	2	4	1	865.43
	Kombinasi 4	4	2	3	1	865.43
	Kombinasi 5	1	2	3	4	755.55
	Kombinasi 6	1	3	2	4	755.55
	Kombinasi 7	1	4	2	3	684.11
	Kombinasi 8	1	4	3	2	666.24
Palmer	2	3	4	1	865.43	

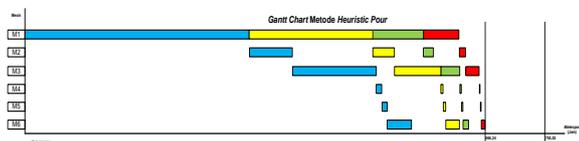
Berdasarkan tabel rekapitulasi diatas maka didapat *makespan* terkecil terdapat pada metode CDS dan *Heuristic Pour* yaitu sebesar 666,24 jam. Berikut merupakan *gant chart* untuk penjadwalan eksisting, Metode CDS yang optimal, Metode *Heuristic Pour* yang optimal, dan Metode *Palmer*.



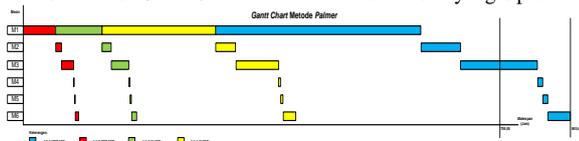
Gambar 1. Gantt Chart Eksisting



Gambar 2. Gantt Chart Metode CDS yang Optimal



Gambar 3. Gantt Chart Metode Heuristic Pour yang Optimal



Gambar 4. Gantt Chart Metode Palmer

Setelah didapat hasil penjadwalan metode CDS, metode *Heuristic Pour*, dan metode *Palmer*, maka dilakukan perbandingan antara keadaan eksisting diperusahaan dengan katiga metode tersebut. Untuk keadaan eksisting urutan *job* yaitu 1-2-3-4 yang menghasilkan *makespan* sebesar 755,55 jam, metode CDS urutan *job* yaitu 1-4-3-2 yang menghasilkan *makespan* sebesar 666,24 jam, metode *Heuristic Pour* urutan *job* yaitu 1-4-3-2 yang menghasilkan *makespan* sebesar 666,24 jam, dan metode *Palmer* yaitu 2-3-4-1 yang menghasilkan *makespan* sebesar 865,43 jam. Berdasarkan hasil perhitungan ketiga metode tersebut nilai *makespan* yang lebih kecil dibanding dengan eksisting yaitu dengan menggunakan metode CDS dan *Heuristic Pour*. *Makespan* yang dihasilkan antara metode CDS dan *Heuristic Pour* sama yaitu sebesar 666,24 jam sehingga selisih waktu yang dihasilkan dengan eksisting yaitu sebesar 89,32 jam dan dapat menghemat waktu sebesar 89,32 jam sehingga target produksi dapat tercapai. Nilai 89,32 jam tersebut merupakan waktu *idle time* yang terjadi akibat pengaruh besar dari *job* 2 dan *job* 3 pada mesin 2 mesin 3 dan mesin 6 yang menunggu untuk diproses ke mesin selanjutnya, sehingga untuk pengerjaan *job* menjadi terhambat dan *makespan* semakin besar. Berbeda dengan kondisi urutan *job* pada metode CDS dan *Heuristic Pour* yaitu melakukan urutan proses waktu siklus yang terbesar pada mesin pertama sampai

pengurutan waktu siklus terkecil untuk setiap *job* hal ini berdampak pada waktu *idle time* yang semakin kecil karena untuk pengerjaan *job* 2, dan *job* 4 tidak harus menunggu tetapi langsung di proses menuju mesin selanjutnya, sedangkan untuk *job* 3 pada mesin 3 menunggu untuk diproses karena pengerjaan *job* 4 pada mesin 3 belum selesai tetapi *idle time* yang dihasilkan sedikit tidak terlalu berpengaruh pada besarnya *makespan*. Dari kedua metode yang menghasilkan *makespan* terkecil metode CDS lebih baik dibandingkan dengan metode *Heuristic Pour* karena di metode CDS pada 5 iterasi menghasilkan *makespan* yang optimal dan bernilai sama dan lebih efisien dibandingkan dengan metode *Heuristic Pour*, sedangkan pada metode *Heuristic Pour* kemungkinan urutan *job* yang dihasilkan cukup banyak karena di metode ini melakukan pemosisian setiap *job* untuk urutan *job* pertama, kedua, dan seterusnya, sehingga waktu pengerjaan tidak efisien karena menggunakan metode ini membutuhkan waktu yang lama

KESIMPULAN

Berdasarkan pengumpulan dan pengolahan data yang telah dilakukan dalam penelitian ini, maka diperoleh kesimpulan sebagai berikut yaitu urutan *job* yang optimal agar memperoleh *makespan* yang minimum didapatkan dengan menggunakan metode CDS dan *Heuristic Pour* adalah 1-4-3-2 atau urutan *job* yang harus dikerjakan yaitu dimulai dari produk IWF.150, kemudian U.250, kemudian U.150, dan *job* terakhir yaitu IWF.250 dan *makespan* minimum yang dihasilkan dari penjadwalan yang telah dilakukan dengan menggunakan perhitungan metode CDS dan *Heuristic Pour* adalah sebesar 666,24 jam.

DAFTAR PUSTAKA

- Baker, K.R., 1974, *Introduction to Sequencing and Scheduling*, John Wiley and Sons, Inc. New York.
- Bayani, L .2015. *Usulan Penjadwalan Produksi Pada Aliran Flowshop Dengan Algoritma Genetika Untuk Meminimasi Makespan*. Fakultas Teknik. Universitas Sultan Ageng Tirtayasa.
- Bedworth D.D., Bailey J. E., 1987. *Integrated Production Control System*, John Wiley and Sons, Inc. New York.
- Brucker, P. 2007. *Scheduling Algorithms Fifth Edition*. Springer-Verlag Berlin Heidelberg. Germany.
- Christie, I. 2006. *Usulan Perbaikan Penjadwalan Produksi dengan Meminimasi Makespan pada Pembuatan Kabel Tipe NFA2X 2X10 mm2 dan NFA2X 2X16 mm2 di PT. Terang Kita*. Fakultas Teknik. Universitas Bina Nusantara Jakarta.
- Conway, R. W., Maxwell, W. L., & Miller, L. W. 1967. *Theory of Scheduling*. Addison-Wesley, Reading, MA.

- Haryanto, H. 2006. *Usulan Perbaikan Sistem Penjadwalan Produksi N-Job M-Machine dengan Parameter Minimasi Makespan pada Pembuatan Kabel*. Fakultas Teknik. Universitas Bina Nusantara Jakarta.
- Herlina. 2006. *Penjadwalan Produksi dengan Metode N-Job M-mesin untuk meminimalisasi makespan pada PT. Harapan Widyatama Pertiwi untuk Pembuatan Pipa PVC*. Fakultas Teknik. Universitas Bina Nusantara Jakarta.
- Kulcsar, Gyula. 2005. *Modeling and Solving of The Extended Flexible Flow Shop Scheduling Problem*. Production System and Information Engineering Volume 3. Department of Information Engineering. University of Miskolc. Hungary.
- Maintenance dan Waktu Set Up. *Skripsi*. Jurusan Teknik Industri, FT Untirta, Cilegon.
- Sandini, N. 2013. *Penjadwalan Pada Pola Aliran Job Shop 10-Stage Menggunakan Sistem Lelang untuk Meminimasi Weighted Tardiness*. *Skripsi*. Jurusan Teknik Industri, FT Untirta, Cilegon.
- Siregar, A.H. 2009. *Analisis Perbandingan Kinerja antara Algoritma Heuristic Pour dan Algoritma Nawaz, Enscore dan Ham (NEH) dalam Menyelesaikan Penjadwalan Flowshop pada PT Cakra Compact Aluminium Industries Medan*. Fakultas Teknik. Universitas Sumatera Utara.
- Muhammad, I .2013. *Penjadwalan Pola Aliran Flow Shop 1-Stage dengan Sistem Lelang untuk Meminimasi Weighted Tardiness dengan Mempertimbangkan*