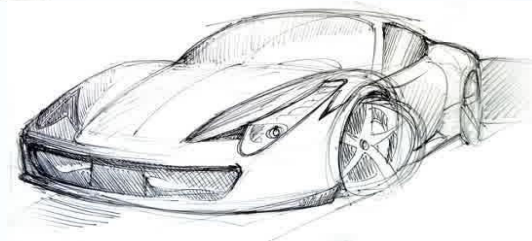
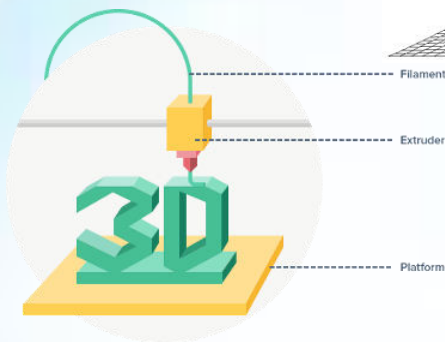
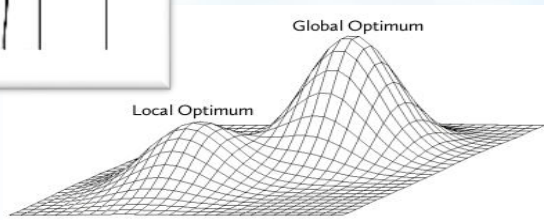
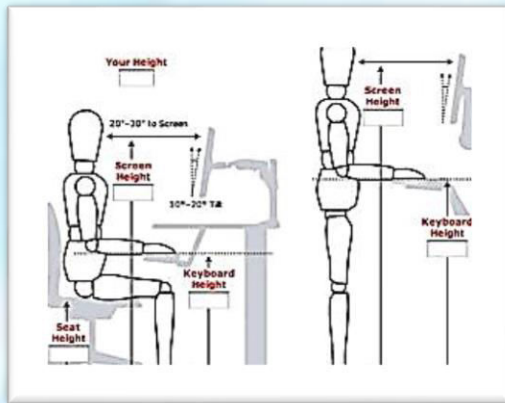


JURNAL REKAVASI

Jurnal Rekayasa & Inovasi Teknik Industri



Institut Sains & Teknologi AKPRIND Yogyakarta					
Jurnal REKAVASI	Vol. 4	No. 1	Hlm. 1-59	Yogyakarta Mei 2016	ISSN: 2338-7750

DAFTAR ISI

Analisis Penyebab Kecacatan <i>Wreapper</i> pada Mesin <i>Single Flowrap</i> (SFW) Menggunakan Metode <i>Failure Mode Effect and Analysis</i> (FMEA) & <i>Fault Tree Analysis</i> (FTA) pada PT. Nestle Indonesia <i>Angga Pratama, Endang Widuri Asih, Petrus Wisnubroto</i>	1-9
Penjadwalan Produksi dengan Menggunakan Metode <i>Campbell Dudek Smith</i> dan <i>Heuristik Gupta</i> (Studi Kasus: <i>Pertenunan Santa Maria</i>) <i>Edward S. Leyn, Muhammad Yusuf, Endang Widuri Asih</i>	10-15
Analisis Kualitas Pelayanan Rawat Inap Terhadap Kepuasan Pasien di Rumah Sakit Dr. Oen Surakarta dengan Menggunakan Metode <i>Servqual</i> dan <i>QFD</i> <i>Gaudencio L.G. Da Costa, Cyrilla Indri Parwati, Joko Susetyo</i>	16-20
Analisis QFD dan TRIZ untuk Meningkatkan Kualitas <i>Internet Marketing</i> <i>Muh Fariz Qomarul Hadi, Endang Widuri Asih, Mega Inayati Rif'ah</i>	21-28
Optimalisasi Pemasok dan Perencanaan Bahan Baku yang Optimal pada <i>Subandi Collection</i> <i>Muhammad Mutamal Liqin Wahab, Endang Widuri Asih, Petrus Wisnubroto</i>	29-36
Analisis Sistem Manajemen Keselamatan dan Kesehatan Kerja (SMK3) dengan Pendekatan Faktor Kesalahan Manusia di PT. Khalifah Niaga Lantabura <i>Rachmat Imam Santoso, Cyrilla Indri Parwati, Muhammad Yusuf</i>	37-46
Pendekatan <i>Six Sigma</i>, <i>FMEA</i>, dan <i>Kaizen</i> Sebagai Upaya Peningkatan Perbaikan Kualitas Produksi Pengecoran Logam di PT. Mitra Rekatama Mandiri <i>Riyan Saputro, Winarni, Muhammad Yusuf</i>	47-52
Optimalisasi dan Evaluasi Penjadwalan Aliran Produksi <i>Flowshopn-Jobs</i>, <i>M-Machines</i> Menggunakan Metode <i>Heuristic Algorithm</i> <i>Rudi Wibowo, Imam Sodikin, Joko Susetyo</i>	53-59

OPTIMALISASI DAN EVALUASI PENJADWALAN ALIRAN PRODUKSI *FLOWSHOP-N-JOBS, M-MACHINES* MENGGUNAKAN METODE *HEURISTIC ALGORITHM*

Rudi Wibowo, Imam Sodikin, Joko Susetyo

Teknik Industri

Fakultas Teknologi Industri, Institut Sains & Teknologi AKPRIND Yogyakarta

Jl. Kalisahak 28 Yogyakarta

E-mail: wiboworudi43@gmail.com

ABSTRACT

The minimum control of production flow and limited production facilities in the component production to be one of the causes on the length of the cycle time. The implementation of FCFS scheduling compared by optimizing the production flow using Heuristic Algorithm Methods. The results evaluated based on makespan, mean flow time, idle time, and utilities criteria in order to determine the best heuristic method. Based on this study, the NEH method is the best method with the most optimal criteria than the FCFS, CDS, Palmer and Gupta method, with makespan 98.8 hours, mean flow time 77.42 hours, mean idle time machines 56.89 hours, and utilities 9.82%. NEH scheduling obtained efficiency in that parameters, there are 35.26%, 3.19%, 33.11%, and 48.36 %. The efficiency shows that the application of the NEH method can reduce the waste of time in the production process several components of Minibus Prona on previous production flow.

Keyword: Flowshop, Heuristic Algorithm Methods, Makespan, Optimalization, Scheduling

INTISARI

PT Mekar Armada Jaya merupakan perusahaan yang bergerak di bidang *Autobody Manufacturing*. Kurangnya pengendalian aliran produksi dan keterbatasan fasilitas produksi pada pembuatan komponen menjadi salah satu penyebab lamanya siklus penyelesaian produk. Penelitian ini menganalisis aliran produksi tipe *flowshop* sebagian komponen *minibus prona*. Penerapan penjadwalan *FCFS* di PT MAJ dibandingkan melalui optimalisasi aliran produksi menggunakan metode *NEH, CDS, Palmer* dan *Gupta Heuristic Algorithm*. Berdasarkan penelitian ini diperoleh bahwa metode *NEH* merupakan metode terbaik dengan kriteria paling optimal dibandingkan metode *FCFS, CDS, Palmer* dan *Gupta*, yaitu *makespan* 98,8jam, *mean flow time* 77,42 jam, *mean idle time machines* 56,89 jam, dan utilitas 9,82%. Penjadwalan *NEH* memberikan nilai efisiensi terhadap penjadwalan di perusahaan berdasarkan parameter *makespan, mean flow time, utilitas, dan mean idle time* secara berturut turut sebesar 35,26%, 3,19%, 33,11%, dan 48,36 %. Efisiensi tersebut menunjukkan bahwa penerapan metode *NEH* dapat mengurangi pemborosan waktu dalam proses produksi beberapa komponen *minibus prona* pada aliran produksi sebelumnya.

Kata kunci: *Flowshop, Heuristic Algorithm Methods, Makespan, Optimal, Penjadwalan*

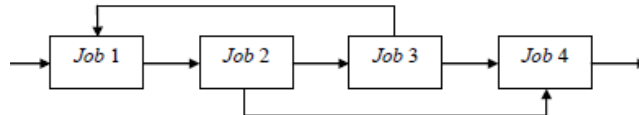
PENDAHULUAN (INTRODUCTION)

PT. Mekar Armada Jaya merupakan perusahaan yang bergerak di bidang *autobody manufacturing*. Perusahaan ini memproduksi *body* beragam jenis kendaraan seperti *Bus, Box, dan Minibus*. Beragam jenis produk membutuhkan penyelesaian yang berbeda-beda berdasarkan ukuran dan kompleksitas desain. Berdasarkan tingkat penyelesaian produksi tahun 2015 di PT. Mekar Armada Jaya, diketahui bahwa terjadi keterlambatan produksi terhadap 3 (tiga) jenis produk yang diproduksi yaitu jenis *Box, Bus* dan *Minibus* masing-masing sebesar 21,97%, 39,84% dan 58,90%. Tingkat keterlambatan yang cukup tinggi ini menunjukkan bahwa belum optimalnya proses produksi di PT. Mekar Armada Jaya. Proses produksi tersebut meliputi berbagai aktivitas. Penelitian ini berfokus pada sistem penjadwalan aliran produksi. Penjadwalan merupakan kegiatan memasukkan urutan dari kerja ke dalam jadwal, penjadwalan merupakan salah satu keputusan yang sangat penting di dalam sistem kontrol produksi (Al-Salem, 2004).

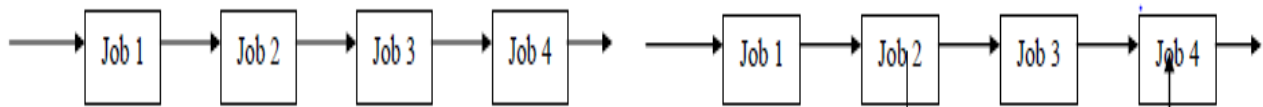
Penjadwalan produksi pada divisi *component* kurang optimal karena pada divisi ini hanya mengandalkan pada target produksi mingguan. Pengaturan aliran produksi berdasarkan kedatangan *order* komponen. Sehingga waktu penyelesaian produksi tiap *machining center* tidak diperhatikan. Aktivitas produksi diserahkan pada *floor production* yang diawasi oleh beberapa kepala unit pada setiap liniya,

maka kinerja produksi setiap lini diserahkan dan diatur sepenuhnya oleh kepala unit tersebut. Tidak ada penjadwalan produksi yang baku, yakni aliran produksi setiap periode akan berubah berdasarkan kedatangan *order*. Akibat hal ini, target unit komponen sering mengalami keterlambatan dan tidak terpenuhinya target mingguan. Hal ini juga menyebabkan waktu siklus penyelesaian yang panjang dan tidak teratur. Jam kerja yang panjang menimbulkan kerugian baik dari beban produksi hingga berdampak pada tingkat utilitas mesin karena penyelesaian yang relatif lama.

Menurut Nasution (1999), berdasarkan urutan produksi, penjadwalan produksi terdiri atas 2 (dua) tipe, yaitu *jobshop* (Gambar 1) dan *flowshop*. *Flowshop* terdiri atas tipe penjadwalan *flowshop* murni (Gambar 2) dan *flowshop* umum (Gambar 3). Tipe penjadwalan produksi komponen di PT. Mekar Armada Jaya tergolong tipe *flowshop umum*, yaitu kondisi dimana sebuah *job* boleh melalui seluruh mesin produksi, dimana mulai awal sampai dengan yang terakhir. Sebuah *job* boleh melalui beberapa mesin tertentu, yang mana mesin tersebut masih berdekatan dengan mesin-mesin lainnya dan masih satu arah lintasannya.



Gambar 1. Aliran *Jobshop*



Gambar 2. *Flowshop* Murni

Gambar 3. *Flowshop* Umum

Proses produksi komponen *minibus prona* terdapat 7 proses permesinan yang dilakukan, terdiri dari *shearing, bending, machining, plasma, small press, assy* dan *big press*. Berdasarkan sistem penjadwalan *flowshop*, sebanyak 13 komponen dijadwalkan dengan menggunakan metode *heuristic algorithm*. Analisis pada penelitian ini digunakan dan dibandingkannya 4 (empat) metode *Heuristic Algorithm* guna mendapatkan metode siklus aliran produksi yang terbaik berdasarkan kriteria tidak hanya *makespan*, melainkan tingkat utilitas, penyelesaian *job* rata-rata, *idle* dan *flow time*. Analisis tersebut akan menentukan metode terbaik dengan kriteria yang lebih spesifik apabila dibandingkan dengan penelitian sebelumnya, sehingga aliran produksi di divisi *component* PT. Mekar Armada Jaya dapat berjalan dengan teratur dan optimal guna meningkatkan efektifitas proses produksi di perusahaan. Efektifitas tersebut meliputi minimasi *makespan, idle time, utility* dan *flow time*.

BAHAN DAN METODE (MATERIALS AND METHODS)

Objek yang diteliti adalah proses aliran produksi 13 komponen *Minibus Prona* pada Divisi *Component* PT. Mekar Armada Jaya, Magelang, Jawa Tengah. Metode yang digunakan adalah Metode *NEH (Nawaz, Enscore and Ham)*, *CDS (Campbell, Dudeck and Smith)*, *Palmer* dan *Gupta Heuristic Algorithm*. Hasil penjadwalan tersebut divisualisasikan dalam bentuk *Gantt Chart* menggunakan alat bantu aplikasi *Lekin Scheduler* versi 2.4 tahun 2001.

Pengumpulan data dilakukan di divisi *component* PT. Mekar Armada Jaya, yaitu:

1. Data tingkat penyelesaian produksi
Data ini merupakan data penyelesaian produksi tahunan PT. Mekar Armada Jaya terhadap 3 (tiga) jenis produk yaitu *Box, Bus* dan *Minibus*. Data yang digunakan merupakan penyelesaian produksi selama tahun 2015 tiap bulannya.
2. Data material *component Minibus Prona*
Data ini diperoleh dari jadwal produksi yang dilakukan operator *Production Planning Inventory Department (PPID)*. Data material *component* terdiri dari 25 komponen yang digunakan dalam produksi *minibus prona* dengan urutan proses aliran produksi yang berbeda-beda pada tiap komponennya. Jumlah unit mesin tiap proses permesinan untuk proses produksi komponen *minibus prona* adalah masing-masing memiliki 1 (satu) unit mesin.
3. Data waktu siklus pembuatan *component Minibus Prona*

Waktu siklus merupakan waktu yang dibutuhkan setiap komponen untuk di proses pada setiap mesin. Data waktu siklus yang digunakan merupakan data sekunder yang dilakukan di PT. Mekar Armada Jaya pada tahun 2014. Data empiris ini digunakan karena terhitung masih sesuai dan belum terdapat perubahan-perubahan yang terjadi pada objek yang menyebabkan dibutuhkannya analisis kembali. Waktu disajikan dalam satuan menit.

4. Data *total plan* pembuatan komponen/part *Minibus Prona*

Data *plan* pembuatan *part/komponen minibus prona* yang digunakan adalah data perencanaan produksi komponen *minibus* yang akan diproduksi pada periode bulan Desember tahun 2015.

Data-data tersebut diolah untuk dijadwalkan aliran produksi dengan menggunakan metode *heuristic algorithm* mengikuti tahapan penyelesaian masing-masing metode. Data yang telah diolah dengan menggunakan metode-metode *Heuristic* tersebut, selanjutnya dilakukan analisis dan pembahasan berupa evaluasi penjadwalan terhadap nilai *makespan*, *flow time*, *mean flow time*, tingkat utilitas dan *idle time*. Nilai-nilai tersebut merupakan nilai yang dipengaruhi oleh penjadwalan aliran produksi, sehingga setiap penjadwalan dengan metode yang berbeda akan memberikan hasil yang berbeda-beda pada nilai-nilai tersebut. Hal ini yang menjadi pertimbangan dalam pemilihan metode yang sesuai untuk diterapkan di perusahaan.

HASIL DAN PEMBAHASAN (RESULT AND DISCUSSIONS)

Karakteristik Sistem Penjadwalan

1. Metode *Nawaz Enscore and Ham* (NEH)

Penjadwalan dengan menggunakan metode *Nawaz Enscore and Ham* (NEH) memiliki karakteristik penyelesaian dengan menggunakan tahapan iterasi. Tahapan iterasi tersebut bersifat *dependen* antara satu tahapan iterasi dengan tahapan iterasi lainnya. Hal ini menyebabkan nilai dan keputusan pada suatu iterasi saling bergantung karena digunakan pada iterasi selanjutnya. Penjadwalan dengan metode ini terhadap 13-*jobs* diperoleh sebanyak 12 iterasi. Iterasi tersebut merupakan iterasi maksimal pada penjadwalan terhadap 13-*jobs*. Nilai utilitas yang dihasilkan pada penjadwalan NEH tersebut memberikan nilai yang minimal dipengaruhi oleh lamanya aliran produksi tersebut berlangsung dan tingkat *idle time* yang relatif lebih singkat. Mesin yang paling lama mengalami *idle* adalah mesin *shearing* yaitu selama 53,69,6 menit. Mesin *plasma* merupakan mesin dengan waktu *idle* yang paling kecil yaitu 432 menit. Hasil perhitungan metode NEH dapat dilihat pada Tabel 1.

Tabel 1. Hasil Perhitungan Metode NEH

job i	M/C SHE time		M/C BEN time		M/C MAC time		M/C PLS time		M/C SPR time		M/C ASR time		M/C BPR time	
	IN	OUT	IN	OUT	IN	OUT	IN	OUT	IN	OUT	IN	OUT	IN	OUT
25	0	84.5	84.5	84.5	84.5	227.5	227.5	1267.5	1267.5	1353.3	1353.3	2913.3	2913.3	2913.3
23	84.5	108.5	108.5	408.5	408.5	648.5	1267.5	1267.5	1353.3	1551.3	2913.3	3633.3	3633.3	3633.3
18	108.5	113.5	408.5	408.5	648.5	723.5	1267.5	1267.5	1551.3	1554.6	3633.3	3633.3	3633.3	3633.3
20	113.5	127.5	408.5	408.5	723.5	723.5	1267.5	1323.9	1554.6	1554.6	3633.3	3633.3	3633.3	3649.28
22	127.6	151.6	408.5	708.5	723.5	963.5	1323.9	1323.9	1554.6	1752.6	3633.3	4353.3	4353.3	4353.3
7	151.6	236	708.5	1003.9	1003.9	1003.9	1323.9	1323.9	1752.6	1752.6	4353.3	4353.3	4353.3	4353.3
17	236	351	1003.9	1176.4	1176.4	1176.4	1323.9	1323.9	1752.6	1982.6	4353.3	4353.3	4353.3	4353.3
13	351	375	1176.4	1176.4	1176.4	1176.4	1323.9	1323.9	1982.6	4382.6	4382.6	4382.6	4382.6	4382.6
9	375	375	1176.4	1176.4	1176.4	1396.4	1396.4	5796.4	5796.4	5796.4	5796.4	5796.4	5796.4	5796.4
11	375	463.8	1176.4	1265.2	1396.4	1396.4	5796.4	5796.4	5796.4	5796.4	5796.4	5796.4	5796.4	5796.4
5	463.8	553.8	1265.2	1365.2	1396.4	1396.4	5796.4	5796.4	5796.4	5796.4	5796.4	5796.4	5796.4	5796.4
4	553.8	558.8	1365.2	1371.2	1396.4	1396.4	5796.4	5796.4	5796.4	5796.4	5796.4	5796.4	5796.4	5796.4
19	558.8	558.8	1371.2	1371.2	1396.4	4396.4	5796.4	5796.4	5796.4	5928.4	5928.4	5928.4	5928.4	5928.4

2. Metode *Campbell Dudeck and Smith* (CDS)

Penjadwalan dengan menggunakan metode *Campbell Dudeck and Smith* (CDS) memiliki karakteristik yang sama dengan metode NEH, yaitu menggunakan tahapan iterasi. Tahapan iterasi pada metode CDS adalah setiap tahapan iterasi bersifat *independen*. Setiap tahapan iterasi menghasilkan urutan *job* yang berbeda. Sehingga hasil urutan pada 6 iterasi tersebut dibandingkan satu dengan yang lain. Sehingga dipilih satu urutan yang paling optimal dari keenam urutan *job* dengan nilai *makespan* paling minimal. Penggunaan mesin pada aliran produksi dengan sistem penjadwalan CDS menghasilkan lamanya waktu *idle machine* yang berbeda-beda pada setiap mesin. Mesin yang paling lama mengalami *idle time* adalah mesin *Big Press* yaitu selama 8367,7 menit. Mesin *Plasma* memiliki lama waktu *idle* paling singkat yaitu selama 3117,3 menit. Hasil perhitungan metode CDS dapat dilihat pada Tabel 2.

Tabel 2. Hasil Perhitungan Metode CDS

job i	M/C SHE time		M/C BEN time		M/C MAC time		M/C PLS time		M/C SPR time		M/C ASR time		M/C BPR time	
	IN	OUT	IN	OUT	IN	OUT	IN	OUT	IN	OUT	IN	OUT	IN	OUT
13	0	24	24	24	24	24	24	24	24	2424	2424	2424	2424	2424
11	24	112.8	112.8	201.6	201.6	201.6	201.6	201.6	2424	2424	2424	2424	2424	2424
17	112.8	227.8	227.8	400.3	400.3	400.3	400.3	400.3	2424	2654	2424	2424	2424	2424
7	227.8	312.2	400.3	695.7	695.7	695.7	695.7	695.7	2654	2654	2424	2654	2424	2424
5	312.2	402.2	695.7	795.7	795.7	795.7	795.7	795.7	2654	2654	2654	2654	2424	2424
20	402.2	416.3	795.7	795.7	795.7	795.7	795.7	852.1	2654	2654	2654	2654	2424	2669.98
9	416.3	416.3	795.7	795.7	795.7	1015.7	1015.7	5415.7	5415.7	5415.7	5415.7	5415.7	5415.7	5415.7
22	416.3	440.3	795.7	1095.7	1095.7	1335.7	5415.7	5415.7	5415.7	5613.7	5415.7	6333.7	6333.7	6333.7
23	440.3	464.3	1095.7	1395.7	1395.7	1635.7	5415.7	5415.7	5613.7	5811.7	6333.7	7053.7	7053.7	7053.7
25	464.3	548.8	1395.7	1395.7	1635.7	1778.7	5415.7	6455.7	6455.7	6541.5	7053.7	8613.7	8613.7	8613.7
19	548.8	548.8	1395.7	1395.7	1778.7	4778.7	6455.7	6455.7	6541.5	6673.5	8613.7	8613.7	8613.7	8613.7
18	548.8	553.8	1395.7	1395.7	4778.7	4853.7	6455.7	6455.7	6673.5	6676.8	8613.7	8613.7	8613.7	8613.7
4	553.8	558.8	1395.7	1401.7	4853.7	4853.7	6455.7	6455.7	6676.8	6676.8	8613.7	8613.7	8613.7	8613.7

3. Metode Palmer

Penjadwalan dengan menggunakan metode *Palmer* memiliki memiliki sistem penjadwalan berdasarkan nilai *slope index* tiap *job*. Nilai *slope* tersebut diperoleh melalui minimasi interval jarak antar *job* yang diperoleh berdasarkan nilai *index* tiap mesin. Nilai *index* tiap *job* diurutkan dari nilai *index* terbesar hingga nilai *index* terkecil. Tingkat *idle time* penggunaan mesin pada aliran produksi tersebut diperoleh bahwa mesin *plasma* memiliki waktu *idle* yang paling singkat yaitu sebesar 589,5 menit. *Idle time* terlama adalah pada mesin *Big Press* yaitu sebesar 6069,92 menit. Hasil perhitungan metode *Palmer* dapat dilihat pada Tabel 3.

Tabel 3. Hasil Perhitungan Metode Palmer

job i	M/C SHE time		M/C BEN time		M/C MAC time		M/C PLS time		M/C SPR time		M/C ASR time		M/C BPR time	
	IN	OUT	IN	OUT	IN	OUT	IN	OUT	IN	OUT	IN	OUT	IN	OUT
25	0	84.5	84.5	84.5	84.5	227.5	227.5	1267.5	1267.5	1267.5	1353.3	1353.3	2913.3	2913.3
13	84.5	108.5	108.5	108.5	227.5	227.5	1267.5	1267.5	1353.3	3753.3	3753.3	3753.3	3753.3	3753.3
22	108.5	132.5	132.5	432.5	432.5	672.5	1267.5	1267.5	3753.3	3951.3	3951.3	4671.3	4671.3	4671.3
23	132.5	156.5	432.5	732.5	732.5	972.5	1267.5	1267.5	3951.3	4149.3	4671.3	5391.3	5391.3	5391.3
20	156.5	170.6	732.5	732.5	972.5	972.5	1267.5	1323.9	4149.3	4149.3	5391.3	5391.3	5391.3	5407.28
4	170.6	175.6	732.5	738.5	972.5	972.5	1323.9	1323.9	4149.3	4149.3	5391.3	5391.3	5407.28	5407.28
18	175.6	180.6	738.5	738.5	972.5	1047.5	1323.9	1323.9	4149.3	4152.6	5391.3	5391.3	5407.28	5407.28
9	180.6	180.6	738.5	738.5	1047.5	1267.5	1323.9	5723.9	5723.9	5723.9	5723.9	5723.9	5723.9	5723.9
11	180.6	269.4	738.5	827.3	1267.5	1267.5	5723.9	5723.9	5723.9	5723.9	5723.9	5723.9	5723.9	5723.9
17	269.4	384.4	827.3	999.8	1267.5	1267.5	5723.9	5723.9	5723.9	5953.9	5953.9	5953.9	5953.9	5953.9
5	384.4	474.4	999.8	1099.8	1267.5	1267.5	5723.9	5723.9	5953.9	5953.9	5953.9	5953.9	5953.9	5953.9
7	474.4	558.8	1099.8	1395.2	1395.2	1395.2	5723.9	5723.9	5953.9	5953.9	5953.9	5953.9	5953.9	5953.9
19	558.8	558.8	1395.2	1395.2	1395.2	4395.2	5723.9	5723.9	5953.9	6085.9	6085.9	6085.9	6085.9	6085.9

4. Metode Gupta

Penjadwalan dengan menggunakan metode *palmer* memiliki memiliki sistem penjadwalan berdasarkan nilai *slack*. Nilai tersebut diperoleh dari nilai tiap *job*-nya. Nilai akumulasi tersebut digunakan untuk mencari nilai *slack* tiap *job*. Hasil nilai *slack* diurutkan dari nilai terbesar hingga terkecil. Hal tersebut menyebabkan nilai *idle time* yang dihasilkan besar dibandingkan dengan metode lainnya. Tingkat *idle time* terkecil yang dihasilkan pada penjadwalan dengan Metode *Gupta* adalah pada mesin *plasma* sebesar 4301,5 menit. Mesin *Big Press* merupakan mesin dengan *idle time* terlama yaitu sebesar 9781,9 menit. Hasil perhitungan metode *Gupta* dapat dilihat pada Tabel 4.

Tabel 4. Hasil Perhitungan Metode *Gupta*

job <i>i</i>	M/C SHE time		M/C BEN time		M/C MAC time		M/C PLS time		M/C SPR time		M/C ASR time		M/C BPR time	
	IN	OUT	IN	OUT	IN	OUT	IN	OUT	IN	OUT	IN	OUT	IN	OUT
9	0	14.1	14.1	14.1	14.1	14.1	14.1	70.5	70.5	70.5	70.5	70.5	70.5	86.48
19	14.1	14.1	14.1	14.1	14.1	14.1	234.1	234.1	4634.1	4634.1	4634.1	4634.1	4634.1	4634.1
25	14.1	14.1	14.1	14.1	234.1	3234.1	4634.1	4634.1	4634.1	4766.1	4766.1	4766.1	4766.1	4766.1
13	14.1	98.6	98.6	98.6	3234.1	3377.1	4634.1	5674.1	5674.1	5759.9	5759.9	7319.9	7319.9	7319.9
22	98.6	122.6	122.6	122.6	3377.1	3377.1	5674.1	5674.1	5759.9	8159.9	8159.9	8159.9	8159.9	8159.9
23	122.6	146.6	146.6	146.6	3377.1	3617.1	5674.1	5674.1	8159.9	8357.9	8357.9	9077.9	9077.9	9077.9
17	146.6	170.6	170.6	170.6	3617.1	3857.1	5674.1	5674.1	8357.9	8555.9	8555.9	9077.9	9077.9	9077.9
7	170.6	285.6	285.6	285.6	3857.1	3857.1	5674.1	5674.1	8555.9	8785.9	8785.9	9797.9	9797.9	9797.9
5	285.6	370	370	370	3857.1	1214.5	3857.1	5674.1	8785.9	8785.9	8785.9	9797.9	9797.9	9797.9
11	370	460	460	460	1214.5	1314.5	3857.1	3857.1	8785.9	8785.9	8785.9	9797.9	9797.9	9797.9
20	460	548.8	548.8	548.8	1314.5	1403.3	3857.1	3857.1	8785.9	8785.9	8785.9	9797.9	9797.9	9797.9
18	548.8	553.8	553.8	553.8	1403.3	1403.3	3857.1	3932.1	8785.9	8785.9	8785.9	9797.9	9797.9	9797.9
4	553.8	558.8	558.8	558.8	1403.3	1409.3	3932.1	3932.1	8789.2	8789.2	8789.2	9797.9	9797.9	9797.9

5. Metode First Come First Served (FCFS)

Penjadwalan dengan menggunakan metode *FCFS* memiliki sistem penjadwalan berdasarkan kedatangan *job* atau *job* yang lebih dahulu dipesan akan diletakkan pada urutan awal. Nilai waktu, jumlah unit maupun hal lain dalam suatu penjadwalan akan diabaikan. Hal ini menyebabkan meskipun dengan jumlah unit tiap jenis pekerjaan/*job* sama antar periode akan menghasilkan aliran dan penyelesaian yang berbeda berdasarkan masuknya pesanan. Nilai *makespan* yang diperoleh melalui penjadwalan dengan sistem *FCFS* ini adalah sebesar 152,6 jam. *Idle time* terlama pada penerapan metode ini adalah sebesar 8808,1 menit pada mesin *Big Press*. *Idle time* terkecil adalah pada mesin *Plasma*. Hasil perhitungan metode *Gupta* dapat dilihat pada Tabel 5.

Tabel 5. Hasil Perhitungan Metode *FCFS*

job <i>i</i>	M/C SHE time		M/C BEN time		M/C MAC time		M/C PLS time		M/C SPR time		M/C ASR time		M/C BPR time	
	IN	OUT	IN	OUT	IN	OUT	IN	OUT	IN	OUT	IN	OUT	IN	OUT
20	0	14.1	14.1	14.1	14.1	14.1	14.1	70.5	70.5	70.5	70.5	70.5	70.5	86.48
18	14.1	19.1	19.1	19.1	19.1	94.1	94.1	94.1	94.1	97.4	97.4	97.4	97.4	97.4
19	19.1	19.1	19.1	19.1	94.1	3094.1	3094.1	3094.1	3094.1	3226.1	3226.1	3226.1	3226.1	3226.1
4	19.1	24.1	24.1	24.1	30.1	3094.1	3094.1	3094.1	3094.1	3226.1	3226.1	3226.1	3226.1	3226.1
5	24.1	114.1	114.1	114.1	214.1	3094.1	3094.1	3094.1	3094.1	3226.1	3226.1	3226.1	3226.1	3226.1
11	114.1	202.9	202.9	202.9	3094.1	3094.1	3094.1	3094.1	3226.1	3226.1	3226.1	3226.1	3226.1	3226.1
17	202.9	317.9	317.9	317.9	490.4	3094.1	3094.1	3094.1	3094.1	3226.1	3456.1	3456.1	3456.1	3456.1
13	317.9	341.9	341.9	341.9	490.4	3094.1	3094.1	3094.1	3094.1	3456.1	5856.1	5856.1	5856.1	5856.1
22	341.9	365.9	365.9	365.9	790.4	3094.1	3334.1	3334.1	3334.1	5856.1	6054.1	6054.1	6774.1	6774.1
23	365.9	389.9	389.9	389.9	790.4	1090.4	3334.1	3574.1	3574.1	6054.1	6252.1	6252.1	7494.1	7494.1
7	389.9	474.3	474.3	474.3	1090.4	1385.8	3574.1	3574.1	3574.1	6252.1	6252.1	7494.1	7494.1	7494.1
25	474.3	558.8	558.8	558.8	1385.8	1385.8	3574.1	3717.1	3717.1	6252.1	6337.9	7494.1	9054.1	9054.1
9	558.8	558.8	558.8	558.8	1385.8	1385.8	3717.1	3937.1	4757.1	9157.1	9157.1	9157.1	9157.1	9157.1

Evaluasi Sistem Penjadwalan Aliran Produksi

Hasil penjadwalan baru yang telah dilakukan menggunakan empat metode tersebut (NEH, CDS, Palmer, dan Gupta), dibandingkan nilai *makespan* dengan metode penjadwalan yang saat ini telah diterapkan di perusahaan (*FCFS*), sebagaimana ditampilkan pada Tabel 6.

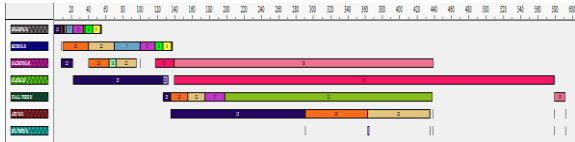
Tabel 6. Total *Makespan* Penjadwalan Baru

PARAMETER	<i>FCFS</i>	METODE PEMBANDING			
		<i>NEH</i>	<i>CDS</i>	<i>PALMER</i>	<i>GUPTA</i>
<i>makespan</i> (jam)	152.6	98.8*	143.56	101,4	163.3
<i>mean flow time</i> (jam)	79.97	77.42*	86.95	87,62	131.58
utilitas (%)	14.68*	9.82	12.7	8.9	9.55
<i>mean idle time machine</i> (jam)	110.16	56.89*	100.33	59,77	121.63

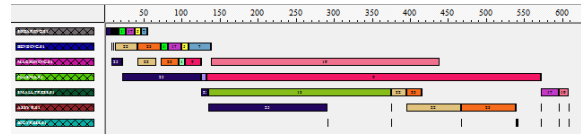
*) nilai terbaik

Hasil tersebut dapat divisualisasikan dalam bentuk *Gantt Chart*. *Gantt Chart* adalah skema/bagan yang memperlihatkan setiap tugas atau kegiatan dalam bentuk kotak-kotak, dengan lamanya waktu kegiatan tergantung dari panjangnya kotak tersebut. Pada *gant chart* apabila terdapat celah antar *job* semakin kecil atau sedikit maka semakin baik suatu penjadwalan, karena hal ini menggambarkan bahwa

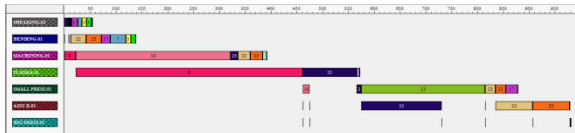
semakin kecil *idle* atau waktu tunggu suatu *job* untuk dikerjakan. Berikut Gambar 4, Gambar 5, Gambar 6, Gambar 7, dan Gambar 8, secara berurutan merupakan *gantt chart* dari 4 (empat) metode usulan dan metode yang saat ini diterapkan di perusahaan. Berdasarkan gambar-gambar tersebut, dapat dilihat suatu aliran produksi dari beberapa metode penjadwalan yang berbeda. Kolom kosong menunjukkan bahwa tidak ada proses pada interval waktu tersebut atau terdapatnya waktu *idle*. Gambar-gambar tersebut merupakan representasi dari nilai-nilai hasil perhitungan sebelumnya.



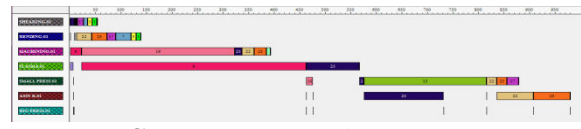
Gambar 4. Gantt Chart- NEH



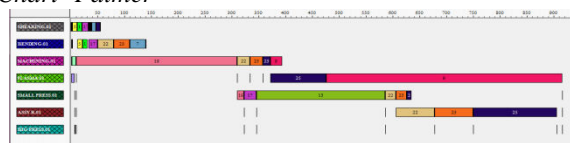
Gambar 5. Gantt Chart- CDS



Gambar 6. Gantt Chart- Palmer



Gambar 7. Gantt Chart- Gupta



Gambar 8. Gantt Chart- FCFS

Penerapan Metode Optimal

Berdasarkan evaluasi penerapan metode *Heuristic Algorithm* di atas terhadap penjadwalan yang diterapkan di perusahaan, metode NEH merupakan metode optimal. Hal ini dikarenakan metode NEH memiliki karakteristik lebih baik dibandingkan dengan metode lainnya yang dapat dilihat pada Tabel 6. Fungsi minimasi melalui parameter *makespan*, *flow time*, *mean flow time*, *idle time* telah dicapai apabila dibandingkan dengan metode lainnya. Penyelesaian yang lebih singkat tersebut dapat dimanfaatkan perusahaan untuk dapat memproduksi komponen lainnya, sehingga dapat meningkatkan produksi.

Terdapat berbagai aspek lainnya yang perlu diperhatikan agar penjadwalan ini dapat berjalan dengan baik dan optimal. Hal tersebut diantaranya yaitu mesin dalam kondisi yang baik sehingga proses dapat berjalan dengan lancar. Bahan baku yang dibutuhkan dalam pembuatan komponen selalu tersedia selama proses tersebut berlangsung juga menjadi hal yang perlu diperhatikan dalam penjadwalan ini.

Penerapan metode NEH memberikan hasil yang lebih efisien dibandingkan dengan penjadwalan yang diterapkan di perusahaan yaitu metode FCFS. Tingkat efisiensi tersebut dapat dilihat pada Tabel 7.

Tabel 7. Perbandingan Metode Perusahaan vs NEH

Parameter	FCFS	NEH	Efisiensi	Persentase Efisiensi
<i>makespan</i> (jam)	152.6	98.8	53.8	35.26 %
<i>mean flow time</i> (jam)	79.97	77.42	2.55	3.19 %
utilitas (%)	14.68	9.82	4.86	33.11 %
<i>mean idle time machine</i> (jam)	110.16	56.89	53.27	48.36 %

Penurunan *makespan*, *mean flow time*, dan *idle time* menunjukkan suatu hasil yang baik dalam pengendalian aliran produksi, berikut nilai utilitas dalam hal ini menunjukkan bahwa penggunaan mesin relatif lebih cepat dibandingkan metode di perusahaan. Penyelesaian yang lebih cepat menghasilkan penggunaan mesin yang lebih efisien. Penerapan metode NEH dapat mengurangi pemborosan waktu, sehingga dengan efisiensi tersebut PT Mekar Armada Jaya dapat meningkatkan kapasitas produksi dan memperoleh penyelesaian produksi sebagian komponen minibus prona yang relatif lebih optimal.

KESIMPULAN (CONCLUSION)

Berdasarkan perhitungan, analisis data dan pembahasan dapat disimpulkan bahwa:

1. Aktivitas penjadwalan aliran produksi pada divisi pembuatan *component* atau *part* adalah penjadwalan produksi yang berdasarkan waktu permintaan atau menggunakan metode *FCFS* (*First Come First Serve*).

2. Penjadwalan kembali aliran produksi komponen *minibus prona* memberikan waktu penyelesaian (*completion time*) pada tiap metodenya antara lain *NEH* sebesar 98,8 jam, *CDS* sebesar 143,56 jam, *PALMER* sebesar 101,4 jam, *GUPTA* sebesar 163,3 jam dengan pembandingan di perusahaan yaitu *FCFS* sebesar 152,6 jam.
3. *Mean Flow Time* yang dihasilkan setiap metode antara lain *NEH* sebesar 77,42 jam, *CDS* sebesar 86,95 jam, *PALMER* sebesar 87,62 jam, *GUPTA* sebesar 131,58 jam dengan pembandingan di perusahaan yaitu *FCFS* sebesar 79,97 jam.
4. Tingkat utilitas mesin/ *work center* pada aliran produksi *minibus prona* yang dihasilkan pada setiap metodenya antara lain *NEH* sebesar 9,82 %, *CDS* sebesar 12,7 %, *PALMER* sebesar 8,9 %, *GUPTA* sebesar 9,55 % dengan pembandingan di perusahaan yaitu *FCFS* sebesar 14,68 %.
5. *Mean idle time* mesin pada aliran produksi *minibus prona* yang dihasilkan pada setiap metodenya antara lain *NEH* sebesar 56,89 jam, *CDS* sebesar 100,33 jam, *PALMER* sebesar 59,77 jam, *GUPTA* sebesar 121,63 jam dengan pembandingan di perusahaan yaitu *FCFS* sebesar 110,16 jam.
6. Metode-metode yang telah dibandingkan dan dievaluasi dengan metode di perusahaan dapat disimpulkan bahwa metode *NEH* (*Nawaz, Enscore and Ham*) merupakan metode *Heuristic Algorithm* terbaik yang memiliki nilai waktu penyelesaian (*completion time/ makespan*), *mean flow time*, utilitas dan *mean idle time* yang optimal.
7. Penerapan metode *NEH* memberikan nilai efisiensi terhadap penjadwalan di perusahaan berdasarkan parameter *makespan*, *mean flow time*, utilitas, dan *mean idle time* secara berturut turut sebesar 35,26%, 3,19%, 33,11%, dan 48,36 %.

DAFTAR PUSTAKA

- Al-Salem, A 2004, 'A Heuristic to Minimize Makespan in Proportional Parallel Flow Shops', *International Journal of Computing & Information Science*, Volume 2, Nomor 2, halm. 98-107.
- Nasution, AH 1999, *Perencanaan dan Pengendalian Produksi*, PT. Guna Widya, Jakarta.