

USULAN PENJADWALAN *JOB SHOP* MENGGUNAKAN ALGORITMA *NON-DELAY* DI PT.PINDO DELI 1

Ananda Ilhami Tawakal¹, Dwi Kurniawan²

^{1,2}Department of Industrial Engineering, Institut Teknologi Nasional (Itenas),
Bandung – Indonesia

Email: ananda920@mhs.itenas.ac.id

Received 01 03 2022 | Revised 25 03 2022 | Accepted DD MM YYYY

ABSTRAK

PT. Pindo Deli 1 merupakan perusahaan yang bergerak di bidang kertas, kemasan, dan tisu yang terletak di daerah Karawang, Jawa Barat. Perusahaan saat ini mengalami kendala pada penjadwalan. Penjadwalan yang digunakan oleh perusahaan saat ini bersifat first in first serve, yang artinya perusahaan akan memproduksi produk dengan urutan pemesanan yang terlebih dahulu. Hal tersebut mengakibatkan penumpukan job di stasiun kerja sehingga mengakibatkan makespan menjadi tinggi. Untuk mengatasi masalah tersebut perlu dilakukan penerapan penjadwalan yang baik. Salah satu bagian penjadwalan yaitu algoritma non-delay yang merupakan salah satu penjadwalan job shop yang mengurangi waktu menganggur mesin. Algoritma ini mengurutkan job dengan waktu mulai tercepat di setiap stasiun kerja yang sudah siap.

Kata kunci: Penjadwalan, Job shop, Algoritma Non-delay

ABSTRACT

PT. Pindo Deli 1 is a company engaged in paper, packaging, and tissues located in Karawang, West Java. Products manufactured by PT. Pindo Deli 1 is 70 and 80 grams of photocopy paper, HVS paper, buffalo and embossed art paper, based paper, art board, facial tissue, toilet tissue, napkin tissue. The company is currently experiencing constraints on scheduling. The scheduling used by the company is currently first in first serve, which means that the company will produce products in the order of the first order of payment. This results in the buildup of jobs at the workstation resulting in high makespan. To overcome these problems, it is necessary to implement good scheduling. One part of scheduling is the non-delay algorithm which is one of the job shop scheduling that displaces machine idle time. This method sorts the job with the fastest start time at each job station that is ready.

Keywords: Scheduling, Job shop, Non-delay Algorithm

1. PENDAHULUAN

Berkembang pesatnya teknologi berpengaruh terhadap kehidupan manusia secara global. Negara Indonesia pun termasuk negara yang terpengaruhi dari dampak berkembangnya teknologi. Salah satu dampak di Indonesia adalah sektor industri. Hal tersebut membuat sektor industri menjadi sektor yang kompetitif antar perusahaan. Setiap perusahaan berlomba-lomba untuk meraih keuntungan sebesar-besarnya dengan pengeluaran sekecil mungkin. Kegiatan produksi merupakan bagian penting yang dilakukan oleh perusahaan. Dalam menjalankan kegiatan produksi perusahaan dapat memilih baik membuat secara massal atau sesuai dengan permintaan konsumen. Kegiatan produksi dapat dua faktor penting yaitu faktor ketepatan waktu penyelesaian produk dan faktor kualitas produk.

Perusahaan memiliki waktu kerja produksi yaitu 24 jam, yang artinya perusahaan memproduksi terus-menerus tanpa berhenti terkecuali hari libur nasional. Mesin yang digunakan berjumlah 15 unit yang terbagi menjadi 15 stasiun kerja. Pada periode tahun 2020 perusahaan tersebut mengalami kenaikan biaya produksi. Setelah dilakukan audit internal perusahaan menemukan permasalahan terletak pada penjadwalan yang belum tertata. Penjadwalan yang dibuat oleh perusahaan saat ini menggunakan penjadwalan berdasarkan pesanan yang masuk terlebih dahulu sehingga menyebabkan makespan yang tinggi. Makespan yang tinggi dapat menyebabkan penumpukan job sehingga mengakibatkan pengulangan biaya operasi tinggi. Salah satu biaya yang terpengaruhi adalah biaya upah buruh, dan biaya penggunaan listrik. Perusahaan menyadari bahwa kunci permasalahan terdapat pada penjadwalan yang belum tertata sehingga perusahaan memutuskan untuk melakukan perancangan ulang penjadwalan. Menurut (Krajewski, 2012), penjadwalan adalah pengalokasian sumber daya baik sumber daya manusia, modal, dan bahan baku dari waktu ke waktu untuk menunjang pelaksanaan dan penyelesaian suatu aktivitas penggerjaan. Kriteria penjadwalan yang benar menurut (Heizer, 2014) adalah meminimasi waktu penyelesaian, maksimasi utilisasi, minimasi persediaan dalam proses, minimasi waktu tunggu pelanggan.

Penjadwalan yang dilakukan oleh perusahaan saat ini merupakan jadwal berdasarkan order yang masuk terlebih dahulu. Hal tersebut perlu dilakukan perbaikan terhadap penjadwalan. Salah satu metode penjadwalan *job shop* yang dapat mengurangi makespan adalah algoritma *non-delay (non-delay schedule generation)*. Metode penjadwalan *non-delay* adalah metode penjadwalan *job shop* yang tidak membolehkan mesin untuk senggang atau idle ketika sudah memulai sebuah pekerjaan atau operasi. Kemampuan algoritma *non-delay* untuk meminimasi mesin yang mengganggu dengan tujuan menghasilkan makespan terpendek diharapkan dapat menyelesaikan permasalahan penjadwalan di PT. Pindo Deli 1.

Tujuan diadakannya penelitian ini adalah untuk memberikan usulan penjadwalan *job shop* untuk meminimasi makespan dengan menggunakan algoritma *Non-delay* di PT. Pindo Deli 1.

2. METODOLOGI

2.1 Penjadwalan

Penjadwalan adalah pengalokasian sumber daya terbatas dari waktu ke waktu untuk melakukan serangkaian pekerjaan atau kegiatan yang diberikan (Hall, 2014). Pengaturan penjadwalan yang baik dapat dilihat dari sedikitnya waktu menganggur (idle time) pada setiap mesin-mesin dan jumlah barang yang sedang dalam proses (*work in process*). Menurut (Baker, 1974), model penjadwalan dibagi menjadi 4 bagian sebagai berikut:

1. Model penjadwalan berdasarkan jumlah mesin yang dapat berupa mesin tunggal atau mesin majemuk.
2. Metode penjadwalan berdasarkan pola aliran seperti *flow shop* dan *job shop*,
3. Metode penjadwalan berdasarkan kedatangan pekerjaan seperti statis dan dinamis,
4. Metode penjadwalan berdasarkan informasi yang diterima seperti deterministik dan stokastik.

Selain itu terdapat juga penjadwalan berdasarkan sifat kegiatan. Menurut (Syarwani, 2014), jenis penjadwalan berdasarkan kegiatannya dibagi menjadi 2, yaitu penjadwalan proyek dan penjadwalan operasi.

2.2 Pembangkit Algoritma *Non-delay*

Jadwal *non-delay* adalah suatu set jadwal dari jadwal aktif yang tidak membolehkan mesin menganggur ketika suatu operasi telah dimulai. Penjadwalan *non-delay* dapat digunakan untuk mesin yang bersifat tunggal maupun majemuk. Penjadwalan *non-delay* tidak memperhitungkan due-date atau waktu tengat sehingga penjadwalan ini tidak cocok untuk perusahaan yang menerapkan due-date untuk produknya. Pembuatan jadwal non-delay menggunakan algoritma *non-delay* memiliki notasi sebagai berikut:

- PS_k = jadwal parsial yang terdiri dari k buah operasi terjadwal
 S_k = set operasi yang dapat dijadwalkan pada stage k, setelah diperoleh PS_{k-1}
 $\sigma_{i,j}$ = awal mulai tercepat operasi $j \in S_k$ dapat dimulai
 $\Phi_{i,j}$ = awal selesai tercepat operasi $j \in S_k$ dapat diselesaikan

2.3 Metode Penelitian

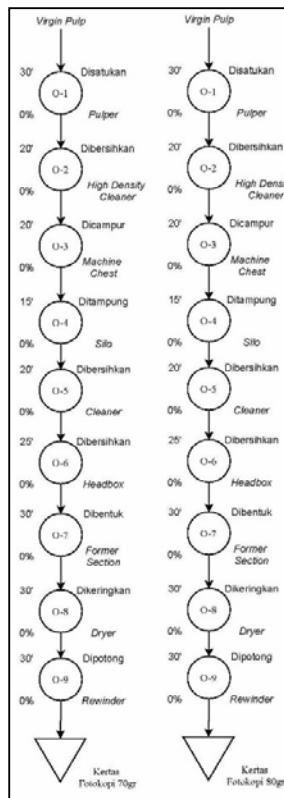
Penelitian ini menggunakan algoritma *non-delay* sebagai solusi untuk pemecahan permasalahan yang dialami oleh PT. Pindo Deli 1. Hal pertama yang dilakukan adalah melakukan pengumpulan data yang dibutuhkan yaitu data produksi perusahaan, data jumlah mesin yang digunakan, data waktu proses produk, data waktu set up mesin, data matriks routing process, data aliran proses produksi.

Setelah melakukan pengumpulan data dilanjutkan melakukan pengolahan data. Hal pertama yang dilakukan adalah mengkorversikan waktu proses setiap produk. Konversi waktu proses bertujuan untuk mengetahui total waktu proses operasi yang dibutuhkan. Selanjutnya melakukan pengurutan waktu operasi melalui iterasi. Setiap iterasi akan menghasilkan job yang terpilih yang diproses pada mesin terpilih. Setiap iterasi juga memilih job berdasarkan waktu siap tercepat dengan waktu selesai tercepat. Iterasi akan berhenti jika semua job telah habis yang berarti semua job telah diproses. Hasil iterasi-iterasi tersebut akan menghasilkan makespan. Makespan dapat dilihat pada waktu penyelesaian pada iterasi terakhir. Setelah pengurutan job melalui iterasi telah selesai maka dibuatlah gantt chart berdasarkan urutan yang dihasilkan oleh setiap iterasi. Pembuatan gantt chart bertujuan untuk mempermudah seseorang untuk membaca informasi dari pengurutan job yang berisikan waktu job akan diproses, waktu proses job, waktu selesai job. Selain membuat gantt chart berdasarkan pengurutan job melalui iterasi algoritma *non-delay* dibuatlah gantt chart berdasarkan pengurutan job perusahaan. Pengurutan job perusahaan berdasarkan waktu kedatangan pesanan tercepat atau First Come First Server (FCFS) yang berarti perusahaan akan mengerjakan pesanan pertama yang telah menyelesaikan pembayaran.

Setelah mendapatkan makespan produk berdasarkan pengurutan job perusahaan dan algoritma *non-delay* dilakukan perhitungan biaya upah operator. Perhitungan biaya upah operator dikonversikan dari upah perbulan menjadi upah permenit agar menyesuaikan dengan satuan makespan yaitu menit.

3. ISI

Penelitian diawali dengan pengumpulan data-data yang diperlukan yang akan diolah sesuai algoritma *non-delay*. Adapun data yang pertama dikumpulkan adalah Operation Process Chart (OPC) dua produk yang dapat dilihat pada Gambar 1.



Gambar 1. OPC

Data yang dikumpulkan berikutnya adalah jumlah mesin yang digunakan oleh perusahaan yang dapat dilihat pada Tabel 1.

Tabel 1. Data Jumlah Mesin

No	Nama Mesin	Jumlah
1	<i>Pulper</i>	1
2	<i>High Density Cleaner (HDC)</i>	1
3	<i>Refiner</i>	1
4	<i>Machine Chest</i>	1
5	<i>Silo</i>	1
6	<i>Cleaner</i>	1
7	<i>Denerator</i>	1
8	<i>Head Box</i>	1
9	<i>Forming</i>	1
10	<i>Pressing</i>	1
11	<i>Dryer</i>	1
12	<i>Sizing</i>	1
13	<i>Rewinder</i>	1
14	<i>Coating</i>	1
15	<i>Coloring</i>	1

Selanjutnya adalah data matriks routing. Data matriks routing digunakan untuk memudahkan membaca alur proses produk dari satu mesin ke mesin lainnya. Penulisan nama mesin mengikuti nomor pada Tabel 1. Contoh mesin pulper diinisialkan menjadi M1, mesin HDC menjadi M2 dan seterusnya. Matriks routing dapat dilihat pada Tabel 2.

Tabel 2. Data Matriks Routing

Produk	Matriks Routing										
	Operasi 1	Operasi 2	Operasi 3	Operasi 4	Operasi 5	Operasi 6	Operasi 7	Operasi 8	Operasi 9	Operasi 10	Operasi 11
Kertas fotokopi 70 gsm	M1	M2	M4	M5	M6	M8	M9	M11	M13	-	-
Kertas fotokopi 80 gsm	M1	M2	M4	M5	M6	M8	M9	M11	M13	-	-
HVS	M1	M2	M6	M5	M4	M7	M9	M10	M11	M12	M13
<i>Art Paper Buffalo</i>	M1	M2	M6	M4	M7	M8	M9	M11	M13	-	-
<i>Art Paper Embose</i>	M1	M2	M6	M4	M7	M8	M9	M11	M13	-	-
<i>Based Paper</i>	M1	M2	M3	M5	M7	M6	M10	M9	M11	M13	-
<i>Art Board</i>	M1	M2	M3	M5	M6	M9	M11	M15	M14	M13	-
<i>Facial Tissue</i>	M1	M2	M4	M5	M6	M8	M9	M11	M13	-	-
<i>Toilet Tissue</i>	M1	M2	M4	M5	M6	M8	M9	M11	M13	-	-
<i>Napkin Tissue</i>	M1	M2	M6	M3	M4	M8	M9	M11	M13	-	-

Data yang keempat yaitu data waktu proses produksi. Data waktu proses dapat dilihat pada Tabel 3.

Tabel 3. Data Waktu Proses

Produk	Waktu Proses Produksi (Menit)														
	M1	M2	M3	M4	M5	M6	M7	M8	M9	M10	M11	M12	M13	M14	M15
Kertas fotokopi 70 gsm	30	20	-	20	15	20	-	25	30	-	30	-	30	-	-
Kertas fotokopi 80 gsm	30	20	-	20	15	20	-	25	30	-	30	-	30	-	-
HVS	30	20	-	25	15	20	20	-	35	30	30	20	30	-	-
<i>Art Paper Buffalo</i>	30	20	-	25	-	20	15	25	40	-	30	-	30	-	-
<i>Art Paper Embose</i>	30	20	-	25	-	20	15	25	40	-	30	-	30	-	-
<i>Based Paper</i>	30	20	30	-	15	20	20	-	30	30	30	-	30	-	-
<i>Art Board</i>	30	20	30	-	15	20	-	-	30	-	30	-	30	10	10
<i>Facial Tissue</i>	30	20	-	20	15	20	-	25	30	-	30	-	30	-	-
<i>Toilet Tissue</i>	30	20	-	20	15	20	-	25	30	-	30	-	30	-	-
<i>Napkin Tissue</i>	30	20	20	20	-	20	-	25	30	-	30	-	30	-	-

Data terakhir adalah data jumlah produksi. Data jumlah produksi yang digunakan adalah data Bulan Januari hingga Maret Tahun 2021. Data jumlah produksi dapat dilihat pada Tabel 4.

Tabel 4. Data Jumlah Produksi

Produk	Data Produksi (Ton)		
	Januari	Februari	Maret
Kertas fotokopi 70 gsm	480	750	550
Kertas fotokopi 80 gsm	525	800	510
HVS	700	825	610
<i>Art Paper Buffalo</i>	710	920	420
<i>Art Paper Emboss</i>	715	933	460
<i>Based Paper</i>	800	954.5	500
<i>Art Board</i>	810	955	600
<i>Facial Tissue</i>	950	1045.8	1100
<i>Toilet Tissue</i>	980	1076	1050
<i>Napkin Tissue</i>	1000	1088	1005

Setelah data terkumpul semua, selanjutnya dilakukan pengolahan data. Hal yang pertama dilakukan adalah melakukan perhitungan konversi waktu setiap produk. Hasil perhitungan konversi dapat dilihat pada Tabel 5.

Tabel 5. Konversi Waktu Proses

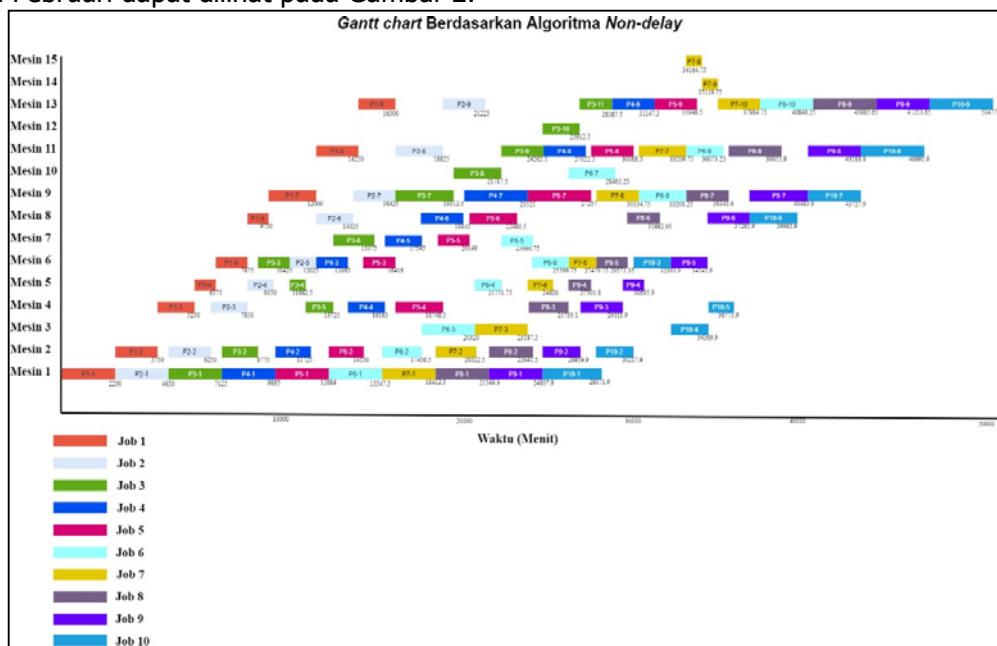
Produk	Waktu Proses Produksi (Menit)														
	M1	M2	M3	M4	M5	M6	M7	M8	M9	M10	M11	M12	M13	M14	M15
Kertas fotokopi 70 gsm	2250	1500	-	1500	1125	1500	-	1875	2250	-	2250	-	2250	-	-
Kertas fotokopi 80 gsm	2400	1600	-	1600	1200	1600	-	2000	2400	-	2400	-	2400	-	-
HVS	2475	1650	-	2062.5	1237.5	1650	1650	-	2887.5	2475	2475	1650	2475	-	-
<i>Art Paper Buffalo</i>	2760	1840	-	2300	-	1840	1380	2300	3680	-	2760	-	2760	-	-
<i>Art Paper Emboss</i>	2799	1866	-	2332.5	-	1866	1399.5	2332.5	3732	-	2799	-	2799	-	-
<i>Based Paper</i>	2863.5	1909	2863.5	-	1431.75	1909	1909	-	2863.5	2863.5	2863.5	-	2863.5	-	-
<i>Art Board</i>	2865	1910	2865	-	1432.5	1910	-	-	2865	-	2865	-	2865	955	955
<i>Facial Tissue</i>	3137.4	2091.6	-	2091.6	1568.7	2091.6	-	2614.5	3137.4	-	3137.4	-	3137.4	-	-
<i>Toilet Tissue</i>	3228	2152	-	2152	1614	2152	-	2690	3228	-	3228	-	3228	-	-
<i>Napkin Tissue</i>	3264	2176	2176	2176	-	2176	-	2720	3264	-	3264	-	3264	-	-

Hasil konversi tersebut akan digunakan untuk melakukan pengurutan job melalui iterasi-iterasi sesuai dengan algoritma *non-delay*. Hasil iterasi 1 hingga iterasi 3 untuk Bulan Januari dapat dilihat pada Tabel 6.

Tabel 6. Hasil Iterasi 1 hingga Iterasi 3

Stage	Mesin															Sr	Cj	Tij	Rj	t*	m*	Pst
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15							
1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1-1-1	0	1440	1440	1440	1	1-1-1
																2-1-1	0	1575	1575			
																3-1-1	0	2100	2100			
																4-1-1	0	2130	2130			
																5-1-1	0	2145	2145			
																6-1-1	0	2400	2400			
																7-1-1	0	2430	2430			
																8-1-1	0	2850	2850			
																9-1-1	0	2940	2940			
																10-1-1	0	3000	3000			
2	Mesin															Sr	Cj	Tij	Rj	t*	m*	Pst
	1440	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	2-1-1	1440	1575	3015	3015	1	2-1-1
																3-1-1	1440	2100	3540			
																4-1-1	1440	2130	3570			
																5-1-1	1440	2145	3585			
																6-1-1	1440	2400	3840			
																7-1-1	1440	2430	3870			
																8-1-1	1440	2850	4290			
																9-1-1	1440	2940	4380			
																10-1-1	1440	3000	4440			
3	Mesin															Sr	Cj	Tij	Rj	t*	m*	Pst
	3015	3015	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	3-1-1	3015	2100	5115	5115	1	3-1-1
																4-1-1	3015	2130	5145			
																5-1-1	3015	2145	5160			
																6-1-1	3015	2400	5415			
																7-1-1	3015	2430	5445			
																8-1-1	3015	2850	5865			
																9-1-1	3015	2940	5955			
																10-1-1	3015	3000	6015			
																1-3-4	2400	960	3360	3360	4	1-3-4
																2-2-2	3015	1050	4065	4065	2	2-2-2

Setelah mencapai iterasi terakhir yang ditandai dengan semua job telah diproses dan mendapatkan makespan produk, lalu dibuatkan sebuah gantt chart untuk mempermudah seseorang membaca urutan job saat akan mulai, waktu proses, dan waktu selesai. Gantt chart Bulan Februari dapat dilihat pada Gambar 2.



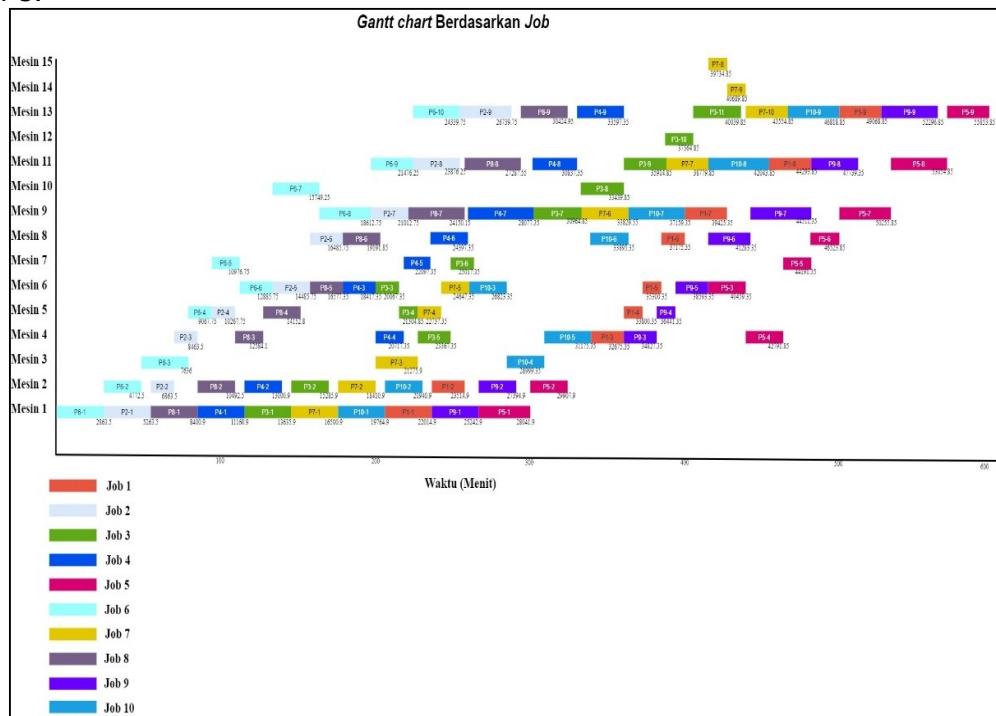
Gambar 2. Gantt chart Algoritma Non-delay Bulan Februari

Gantt chart dengan algoritma *non-delay* diatas berisikan 10 produk yang diproduksi oleh PT. Pindo Deli 1 yaitu kertas fotokopi 70 dan 80 gram, kertas HVS, art paper buffalo dan emboss, based paper, art board, facial tissue, toilet tissue, napkin tissue. Produk-produk tersebut menggunakan inisial agar memudahkan dalam pembacaan. Produk kertas fotokopi 70 gram berinisial P1, lalu produk kertas fotokopi 80 gram berinisial P2, P3 untuk kertas HVS, P4 untuk art paper buffalo, P5 untuk art paper emboss, P6 untuk based paper, P7 untuk art board, P8 untuk facial tissue, P9 untuk toilet tissue, P10 untuk napkin tissue.

Gantt chart tersebut diurutkan sesuai dengan alur produksi setiap komponen dan mesin yang sedang menganggur. Mesin yang digunakan di PT. Pindo Deli 1 bersifat tunggal yang berarti mesin tersebut hanya satu dan hanya melayani satu job. Mesin yang terdapat pada PT. Pindo Deli 1 berjumlah 15 unit. Mesin-mesin tersebut juga menggunakan inisial agar memudahkan dalam pembacaan. Mesin pulper menggunakan inisial M1, M2 untuk High Density Cleaner (HDC), M3 untuk refiner, M4 untuk machine chest, M5 untuk silo, M6 untuk cleaner, M7 untuk generator, M8 untuk head box, M9 untuk forming, M10 untuk pressing, M11 untuk dryer, M12 untuk sizing, M13 untuk rewinder, M14 untuk coating, M15 untuk coloring.

Pada gantt chart tersebut juga terdapat inisial P1-1 yang memiliki arti pada bagian tersebut job 1 dengan operasi 1. Setelah semua job telah diproses semua menghasilkan makespan sebesar 43360 menit untuk Bulan Januari, 50.477,65 menit untuk Bulan Februari, 42575 menit untuk Bulan Maret.

Setelah membuat gantt chart jadwal algoritma *non-delay* maka selanjutnya dilakukan perbandingan antara gantt chart jadwal algoritma *non-delay* dengan gantt chart berdasarkan pengurutan job perusahaan. Gantt chart pengurutan job perusahaan dapat dilihat pada Gambar 3.



Gambar 3. Gantt chart Perusahaan Bulan Februari

Gantt chart perusahaan berdasarkan urutan job hampir mirip dengan gantt chart dengan algoritma *non-delay*. Perbedaan dari kedua gantt chart tersebut adalah pengurutan job yang akan diproses terlebih dahulu. Jika pada gantt chart dengan algoritma *non-delay* job pertama yang diproses adalah job ke-1, maka gantt chart perusahaan job yang diproses duluan adalah job ke-6. Gantt chart perusahaan menghasilkan makespan sebesar 47010 menit di Bulan Januari, 55.853,85 menit di Bulan Februari, 45335 menit di Bulan Maret. Perbandingan makespan perusahaan dan algoritma *non-delay* dapat dilihat pada Tabel 7.

Tabel 7. Perbandingan Makespan

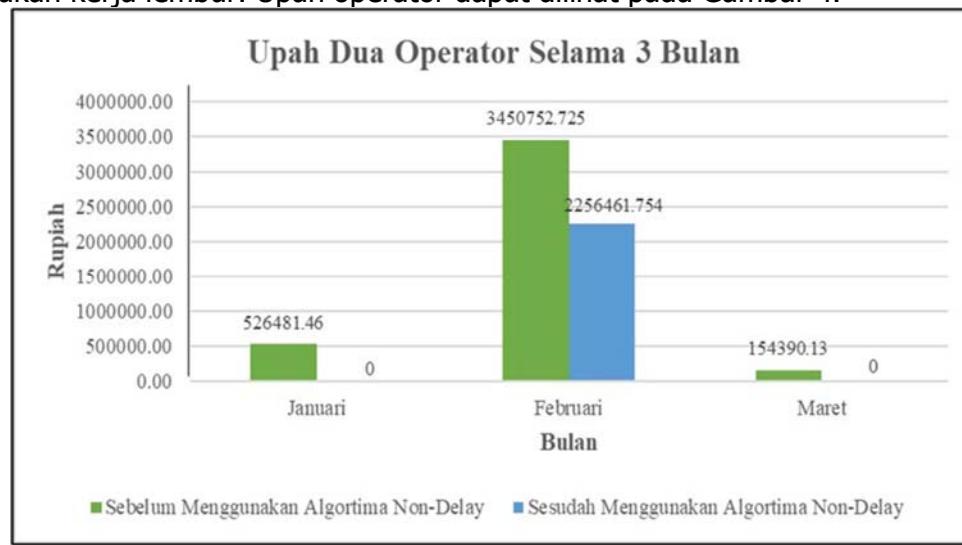
	<i>Makespan Produk (menit)</i>		
	Januari	Februari	Maret
Pengurutan <i>Job</i> Oleh Perusahaan	47010	55853.85	45335
Algoritma <i>Non-delay</i>	43360	50477.65	42575

Setelah mendapatkan makespan setiap bulan, maka dapat dilakukan perhitungan utilitas mesin. Utilitas mesin menunjukan penggunaan mesin pada saat produksi sepanjang waktu penyelesaian. Utilitas mesin dapat dilihat pada Tabel 8.

Tabel 8. Utilitas Mesin Setiap Bulan

No. Mesin	Utilitas Mesin					
	Januari		Februari		Maret	
	<i>Job Perusahaan</i>	<i>Non delay</i>	<i>Job Perusahaan</i>	<i>Non delay</i>	<i>Job Perusahaan</i>	<i>Non delay</i>
1	49%	53%	50%	56%	45%	48%
2	33%	35%	33%	37%	30%	32%
3	15%	16%	14%	16%	12%	12%
4	28%	30%	29%	32%	27%	29%
5	17%	18%	17%	19%	16%	17%
6	33%	35%	33%	37%	30%	32%
7	11%	12%	11%	13%	8%	8%
8	29%	31%	30%	33%	28%	30%
9	53%	57%	54%	60%	48%	51%
10	10%	10%	10%	11%	7%	8%
11	49%	53%	50%	56%	45%	48%
12	3%	3%	3%	3%	3%	3%
13	49%	53%	50%	56%	45%	48%
14	2%	2%	2%	2%	1%	1%
15	2%	2%	2%	2%	1%	1%

Setelah mendapatkan utilitas mesin dapat melakukan perhitungan upah operator. Upah operator tersebut dikeluarkan oleh perusahaan jika dalam produksinya memerlukan kerja lembur. Upah operator dapat dilihat pada Gambar 4.

**Gambar 4. Upah Dua Operator**

Terlihat bahwa dengan menggunakan algoritma *non delay* terjadi penghematan untuk makespan sebesar 8.42% untuk Bulan Januari, 10.65% untuk Bulan Februari, 6.48% untuk Bulan Maret. Selain itu juga algoritma *non delay* meningkatkan utilitas mesin yang menunjukkan bahwa terjadi pengurangan waktu menganggur mesin yang dapat mengurangi waktu kerja lembur sehingga upah kerja lembur yang dikeluarkan oleh perusahaan dapat berkurang. Dengan begitu algoritma *non delay* dapat menjadi solusi pemecahan masalah yang terjadi pada perusahaan.

4. KESIMPULAN

Setelah dilakukan pengolahan data dan melakukan analisis dapat disimpulkan bahwa penjadwalan menggunakan algoritma *non-delay* dapat mengurangi makespan pada Bulan Januari, Februari, dan Maret sebesar 3650 menit, 5376.2 menit, dan 2760 menit dan untuk upah Rp. 526.481,46, Rp. 1.194.290,97, Rp. 154.390,13. Pengurangan tersebut menunjukkan bahwa algoritma *non-delay* cocok digunakan oleh PT. Pindo Deli 1 untuk menyelesaikan permasalahannya. Selain itu bagi peneliti selanjutnya, dapat menggunakan pendekatan operation research sehingga mendapatkan hasil atau solusi yang optimal.

DAFTAR PUSTAKA

- Baker, K. (1974). Introduction to Sequencing and Scheduling. New York: John Wiley & Sons.
- Hall. (2014). Scheduling and Sequencing. In: Gass S.I., fu M.C. (eds) Encyclopedia of Operation Research and Management Science. Boston: Springer.
- Heizer, J. &. (2014). Operations Management and Supply Chain Management (11th ed). New York: Pearson Education.
- Krajewski, L. J. (2012). Operation Management: Strategy and Analysis, 2nd Edition. Massachusetts: Addison-Wesley Publishing Company.
- Syarwani, M. W. (2014). Scheduling Analysis and Metallurgy Testing Resource Allocation at Metallurgy Laboratory B4T Bandung. Proceeding 7th International Seminar on Industrial Engineering and Management, 78-82.