

OPTIMASI MAKESPAN PADA PENJADWALAN PRODUKSI KOMPONEN PANEL FUEL DENGAN METODE SHIFTING BOTTLENECK HEURISTIC DI PERUSAHAAN PENERBANGAN

Azhari Ridhwan^{1*}, Dra. Endang Pudji Purwanti, M.T.², Renanda Nia Rachmadita, S.T., M.T.³

Program studi Teknik Desain dan Manufaktur, Jurusan Teknik Permesinan Kapal, Politeknik Perkapalan ^{1*}
Program studi Teknik Perancangan dan Konstruksi Kapal, Jurusan Teknik Bangunan Kapal, Politeknik Perkapalan ²
Program studi Teknik Manajemen Bisnis, Jurusan Teknik Bangunan Kapal, Politeknik Perkapalan ³
Email: azhariridhuan04@gmail.com¹

Abstract - The fuel component panel has three parts relating to its delivery. Upon request, the three components must be shipped together. Based on the airline's production process, including the work shop flow. In the production process, Airline Companies often experience shipping errors caused by production errors. For production scheduling, Airline Companies use the First Come First Served (FCFS) system. This research was conducted to obtain the optimal makespan value. The results of research conducted using the Shifting Bottleneck Heuristic method obtained makespan value of 22716.12 minutes = 378.60 hours. Scheduling using the Shifting Bottleneck Heuristic is able to minimize the production time of 336.96 minutes = 5,616 hours. Scheduling with the longest sequence occurs on machine (m70) with job sequence j37 - j12 - j13 - j25 - j26 - j2 - j5 - j9 - j22 - j16 - j10 - j11 - j23 - j24 - j7 - j20 - j17 - j18 - j19 - j30 - j31 - j32 - j1 - j4 - j14 - j15 - j27 - j28 - j29 - j6 - j3 - j21 - j34 - j8 - j36 - j38 - j40 - j35 - j39.

Keywords: Job Shop, Shifting Bottleneck Heuristic, Scheduling, Makespan, FCFS.

Nomenclature

i	= Operasi ke -
j	= Job ke -
Pij	= Processing Time
Rij	= Ready Time
Dij	= Due Date
Cmax	= Waktu keseluruhan penjadwalan
L	= Nilai keterlambatan
Lmax	= Nilai keterlambatan maksimum
EI	= Efficiency index

1. PENDAHULUAN

Penjadwalan produksi adalah salah satu fungsi dari perencanaan dan pengendalian produksi yang memiliki peran sangat penting terhadap keberhasilan produksi. Perusahaan Penerbangan menerapkan sistem produksi *make to order*, sistem produksi ini dilakukan ketika terdapat suatu pesanan dari pelanggan sehingga pihak perusahaan penerbangan dapat melakukan proses produksi sesuai dengan jumlah pesanan dari pelanggan.

Meningkatnya pesanan pembuatan komponen dari pelanggan khususnya pada departemen *spirit aerosystem* mengakibatkan sulitnya penjadwalan yang dilakukan oleh pihak *PPC machining*, khususnya pada realisasi program pembuatan komponen pesawat A350. Berbagai macam komponen yang diproduksi menjadikan peran penjadwalan dari *PPC machining* sangatlah berpengaruh terhadap kesuksesan produksi, karena dapat menyebabkan keterlambatan pada proses *assembly* atau bahkan dalam proses pengiriman. Menurut Ginting (2009), penjadwalan adalah pengurutan pengerjaan

produksi secara menyeluruh yang diproduksi menggunakan beberapa jenis mesin. Penjadwalan yang diterapkan pada departemen *spirit aerosystem* menggunakan sistem *first come first served* (FCFS), akan tetapi produksi aktual masih belum sesuai dengan produksi yang telah direncanakan, dan sering terjadi keterlambatan proses pengiriman menuju area *assembly*.

Panel fuel merupakan salah satu komponen pesawat A350 yang dikerjakan oleh departemen *spirit aerosystem*. Komponen *panel fuel* terdapat 3 bagian yang berkaitan dalam proses pengirimannya yaitu komponen *panel assy*, *panel 3 fuel lwr assy*, *panel lwr hnbnd assy*, sehingga ketiga komponen tersebut harus selesai secara bersamaan. Penyebab keterlambatan produksi komponen *panel fuel* dikarenakan banyaknya sub komponen *stiffener c section* yang merupakan salah satu penyusun komponen *panel 3 fuel lwr assy* mengalami keterlambatan tertinggi. Untuk itu perlu dilakukan penyusunan ulang jadwal produksi untuk seluruh komponen *panel fuel* khususnya pada komponen *panel 3 fuel lwr assy*. Permasalahan ini diharapkan dapat diselesaikan dengan cara memperbaiki penjadwalan produksi untuk ketiga komponen, sehingga waktu penyelesaian bisa bersamaan dan dapat dikirimkan tepat waktu. Metode yang digunakan untuk merencanakan jadwal produksi tersebut adalah metode *shifting bottleneck heuristic*. Metode tersebut sesuai dengan *line* produksi perusahaan, dimana permasalahan berfokus pada keadaan *bottleneck*, dimana kondisi *bottleneck* adalah kondisi proses produksi yang mengalami keterlambatan paling tinggi (Pinedo,

M. and Chao, X.), dan perusahaan menggunakan aliran *job shop* dalam proses produksinya. Penelitian ini bertujuan untuk mendapatkan *makespan* yang minimum pada penjadwalan ketiga komponen *panel fuel* dengan menggunakan metode *shifting bottleneck heuristic*, mendapatkan nilai keterlambatan maksimal pada proses produksi komponen *panel fuel*, dan mendapatkan urutan penjadwalan dengan hasil *makespan* yang minimal pada proses produksi komponen *panel fuel*. penelitian ini tidak memperhitungkan masalah biaya.

2. METODOLOGI .

2.1 Identifikasi Masalah

Tahap identifikasi masalah dilaksanakan selama observasi lapangan berlangsung. Langkah pertama yang dilakukan agar penelitian mendapatkan arah tujuan yang jelas maka dilakukan identifikasi masalah. Pada tahap ini dilakukan penggalian permasalahan terhadap objek yang akan diteliti sehingga perumusan masalah dan tujuan yang akan dicapai penelitian dapat ditentukan. Penelitian ini berfokus pada optimasi penjadwalan komponen *panel fuel* yang mengalami keterlambatan pengiriman.

2.2 Penentuan Tujuan

Dari hasil identifikasi masalah, maka dapat merumuskan masalah dan dilakukan penentuan tujuan penelitian yang sesuai dengan permasalahan yang ada di departemen *spirit aerosystem*.

2.3 Studi Pustaka

Studi pustaka dimaksudkan untuk mencari teori dasar yang mendukung penelitian. Pada studi pustaka terdapat beberapa teori dari penelitian terdahulu yang didapatkan dari jurnal, tugas akhir, atau buku. Adapun informasi dari internet yang berkaitan dengan penelitian ini.

2.4 Studi Lapangan

Studi lapangan dilakukan di Perusahaan Penerbangan, BUMN yang bergerak pada bidang manufaktur pesawat terbang. Perusahaan Penerbangan berlokasi di Bandung, Jawa Barat. Pengamatan ini dimaksudkan agar peneliti memperoleh pemahaman permasalahan yang ada di lapangan dan mendapatkan gambaran umum tentang sistem yang akan diteliti. Sehingga data yang dibutuhkan dalam penelitian dapat terpenuhi.

2.5 Pengumpulan Data

Berdasarkan jenis data yang telah dibahas pada sub bab jenis data, maka dapat diketahui terdapat dua tahap pengumpulan data, adapun tahapan pengumpulan data penelitian sebagai berikut :

a. Data primer

Pengumpulan data primer dilakukan dengan observasi secara langsung yang kemudian dilakukan proses wawancara pada bagian produksi dan *PPC machining* mengenai permasalahan penjadwalan pada departemen *spirit aerosystem*.

b. Data sekunder

Pengumpulan data sekunder disini merupakan pengumpulan data historis yang dimiliki oleh departemen *spirit aerosystem*, seperti detail pengerjaan, jumlah produksi, jumlah komponen, dan waktu proses pembuatan komponen yang didapatkan dari *PPC machining* dan *general support* departemen *spirit aerosystem*.

2.6 Pengolahan Data

Dari hasil pengumpulan data, maka tahap berikutnya adalah pengolahan data. Berikut tahapan pengolahan data:

Langkah 1: Mengolah data yang telah dikumpulkan dengan menggunakan metode *shifting bottleneck heuristic*.

Langkah 2: Membandingkan hasil *rescheduling* penjadwalan dengan penjadwalan *actual* pada perusahaan.

Hasil penjadwalan komponen *panel fuel* dengan metode *shifting bottleneck heuristic* akan dibandingkan dengan jadwal *actual* perusahaan untuk mengetahui mana yang lebih optimal.

2.7 Analisa dan Interpretasi Data

Pada tahap ini akan dijelaskan secara sistematis mengenai hasil pengolahan data, dan menganalisa hasil penjadwalan produksi sebelumnya dengan penjadwalan yang sudah dilakukan menggunakan metode *Shifting Bottleneck Heuristic*. Dari analisa ini akan memperoleh hasil penjadwalan yang optimal, dimana hasil penjadwalan yang lebih optimal ditentukan oleh jumlah I yang paling minimum.

2.8 Tahap Akhir

Tahap akhir dimaksudkan untuk menarik kesimpulan dari hasil analisa data sesuai dengan Tahap akhir dimaksudkan untuk menarik kesimpulan dari hasil analisa data sesuai dengan tujuan yang telah ditetapkan. Sehingga penelitian ini dapat menjawab permasalahan yang ada di departemen *spirit aerosystem*, dan dapat memberikan saran kepada perusahaan maupun peneliti selanjutnya.

3. HASIL DAN PEMBAHASAN

3.1 Inisialisasi data

Proses inisialisasi untuk menghitung waktu penyelesaian dan menentukan waktu yang terlama sebagai C_{max} . Pada Tabel 7. yang merupakan data perhitungan waktu pengerjaan komponen *panel fuel*.

Tabel 1. Data Perhitungan Waktu Pengerjaan Komponen Panel Fuel.

JOB ke-	PROCESSING TIME ke-									
	1	2	3	4	5	6	7	...	32	C
1	0,00	2,40	5,94	2,40	72,30	32,40	22,20	...	22,41	502,98
2	0,00	2,40	0,00	20,64	20,25	2,94	2,40	...	-	132,42
3	0,00	5,52	110,64	62,76	17,94	5,55	39,15	...	-	641,58
4	4,98	2,40	5,94	2,40	72,30	32,40	22,20	...	22,44	508,11
5	0,00	2,40	0,00	20,64	20,25	2,94	2,40	...	-	142,02
6	0,00	5,37	85,62	65,25	17,94	8,04	39,15	...	-	636,03
7	0,00	19,47	4,47	2,40	4,65	70,80	2,40	...	-	405,60
8	0,00	8,28	59,73	197,88	67,62	59,79	3,78	...	-	899,64
9	0,00	7,26	56,40	98,04	31,08	12,99	3,78	...	-	282,93
10	0,00	8,22	8,22	59,13	130,23	98,94	3,03	...	-	382,77
...
33	0,00	6,24	17,40	75,75	4,38	141,57	279,87	...	-	2499,06
...
40	0,00	7,74	7,74	39,66	168,48	12,33	3,78	...	-	1113,48

Sumber : Pengolahan Data
 Untuk lebih detail terdapat pada lampiran 3.
 Dari Tabel 7, diperoleh hasil c_{max} awal sebesar 2499,06 pada job ke-33

3.2 Perhitungan Processing Time (P_{ij}), Ready Time (R_{ij}), dan Due Date (D_{ij}) Pada Mesin.

Perhitungan dilakukan pada masing – masing mesin (m) ditiap operasi ke-i, dan job ke-j. Nilai *processing time* dapat dilihat pada Tabel 7 perhitungan nilai *ready time* (R_{ij}) dari penjumlahan *processing time* (P_{ij}) sebelumnya, hasil perhitungan dapat dilihat pada Tabel 8.

Tabel 2. Data Perhitungan Ready Time

JOB ke-	Ready Time Ke-									
	1	2	3	4	5	6	7	...	32	C
1	0,00	0,00	2,40	8,34	10,74	83,04	115,50	...	480,57	-
2	0,00	0,00	2,40	2,40	23,04	43,29	46,23	...	-	-
3	0,00	0,00	5,52	116,16	178,92	196,80	202,41	...	-	-
4	0,00	4,98	7,38	13,32	15,72	88,02	120,48	...	485,67	-
5	0,00	0,00	2,40	2,40	23,04	43,29	46,23	...	-	-
6	0,00	0,00	5,37	90,99	156,24	174,18	182,22	...	-	-
7	0,00	0,00	19,47	23,94	26,34	30,99	01,79	...	-	-
8	0,00	0,00	8,28	68,01	265,89	333,51	393,30	...	-	-
9	0,00	0,00	7,26	63,66	161,70	192,78	205,77	...	-	-
10	0,00	0,00	8,22	16,44	75,57	124,80	13,74	...	-	-
...
40	0,00	0,00	7,74	15,48	55,14	223,60	235,95	...	-	-

Sumber : Pengolahan Data,
 Untuk lebih detail terdapat pada lampiran 3.
 Setelah mendapatkan hasil P_{ij} dan R_{ij} , pada tabel 7 dan 8 selanjutnya menghitung *due date* menggunakan rumusan berikut :
 $D_{ij} = C_{max} - (\text{makespan tiap job}) - (P_{ij} + R_{ij})$
 pada tabel 9 perhitungan *due date* mesin pada tiap job:

Tabel 4. 3 Data Perhitungan Due Date Mesin

JOB ke-	Due Date Ke-									
	1	2	3	4	5	6	7	...	32	C
1	1996,081	998,482	004,422	006,822	079,122	111,582	133,78	...	2499,06	-
2	2366,642	369,042	369,042	389,682	409,932	412,872	415,27	...	-	-
3	1857,481	863,010	973,642	036,402	054,342	059,892	099,04	...	-	-
4	1995,931	998,332	004,272	006,672	078,972	111,432	133,63	...	2499,06	-
5	2356,442	358,842	358,842	379,482	399,732	402,672	405,07	...	-	-
6	1863,031	868,410	954,022	019,272	037,212	045,232	084,40	...	-	-
7	2093,462	112,932	117,402	119,802	124,432	195,232	197,65	...	-	-
8	1599,421	607,701	667,431	865,311	932,931	992,721	996,50	...	-	-
9	2216,132	223,322	279,792	277,832	408,912	421,902	425,68	...	-	-
10	2116,292	124,512	132,732	191,862	331,092	430,032	433,06	...	-	-
...
33	1385,581	393,321	401,061	440,721	609,201	621,531	625,31	...	-	-

Sumber : Pengolahan Data,
 Untuk lebih detail terdapat pada lampiran 3.
 Dari nilai *processing time* (tabel 7), *ready time* (tabel 8), dan *due date* (tabel 9) digambarkan dalam *directed graph* untuk mempermudah proses analisa alur pengerjaan. Alur pengerjaan dapat dilihat pada lampiran 4. *Directed graph* penjadwalan awal.

3.3 Menentukan Kondisi Mesin yang Mengalami Keadaan Bottleneck

Kondisi *bottleneck* ditentukan dengan nilai L_{max} mesin. L_{max} mesin dianggap optimal apabila memiliki nilai L_{max} lebih kecil atau sama dengan 0.

Berikut tahapan – tahapan melakukan iterasi dalam menentukan kondisi *bottleneck* pada mesin:

1. Menentukan C_{max} (0)

C_{max} awal dapat dilihat pada bagian 4.2.1 inisialisasi. Pada bagian tersebut C_{max} awal bernilai 2499,06 menit.

2. Menentukan mesin yang akan dihitung untuk mencari kondisi *bottleneck*.

Penentuan mesin yang dibutuhkan dengan menambahkan hasil dari sub bab 4.2.2 perhitungan P_{ij} , R_{ij} , dan D_{ij} . Pada tabel 4.10 merupakan salah satu contoh data informasi job pada mesin 10.

Tabel 4. Data informasi mesin 10

time	Job					
	17	18	19	20	21	22
$p(i,j)$	162,42	162,42	162,42	162,42	162,42	162,42
$r(i,j)$	26,22	26,22	26,22	26,22	26,22	26,22
$d(i,j)$	2206,58	2206,58	2206,58	2204,16	2204,16	2204,16

Sumber : Pengolahan Data.
 Tabel informasi lainnya dapat dilihat pada lampiran 5.
 3. Mengurutkan *job* pada tiap – tiap mesin.
 Pengurutan *job* dilakukan dengan mempertimbangkan jumlah *due date* (D_{ij}) yang paling cepat hingga yang paling lama dan urutan *job*. Pada tabel 11 merupakan hasil pengurutan *job* pada mesin 10 :
 Tabel 5. Data Pengurutan Job pada Mesin

		m10					
		Job					
Time		20	31	32	17	18	19
P _(i,j)		162,42	162,42	162,42	162,42	162,42	162,42
R _(i,j)		26,22	26,22	26,22	26,22	26,22	26,22
D _(i,j)		2204,16	2204,16	2204,16	2206,56	2206,56	2206,56
Urutan		1	2	3	4	5	6

Sumber : Pengolahan Data.

Tabel pengurutan *job* tiap mesin lainnya dapat dilihat pada lampiran 6.

4. Menentukan nilai Lmax pada mesin.

Menentukan nilai keterlambatan pada masing – masing *job*. Perhitungan keterlambatan dapat dihitung berikut :

$$L = P_{i,j} + R_{i,j} - D_{i,j}$$

Nilai Lmax akan dipilih berdasarkan nilai keterlambatan terbesar pada tiap mesin. Pada tabel 12 merupakan salah satu perhitungan Lmax pada mesin 10 :

Tabel 6. Data Perhitungan Lmax pada Mesin 10

		m10					
		Job					
time		20	31	32	17	18	19
P _(i,j)		162,42	351,06	539,7	728,34	916,98	1105,62
R _(i,j)		26,22	26,22	26,22	26,22	26,22	26,22
D _(i,j)		2204,16	2204,16	2204,16	2206,56	2206,56	2206,56
L		-2015,52	-1826,88	-1638,24	-1452	-1263,36	-1074,72
Urutan		1	2	3	4	5	6
L (max)		-1074,72					

Sumber : Pengolahan Data.

Tabel hasil perhitungan Lmax lainnya dapat dilihat pada lampiran 7, dan ringkasan dari hasil perhitungan Lmax iterasi 1 diberikan pada tabel 13.

Tabel 7. Data Ringkasan dari Hasil Perhitungan Lmax Iterasi 1.

mesin	Lmax mesin	mesin	Lmax mesin	mesin	Lmax mesin	mesin	Lmax mesin
1	-1990,95	17	1610,19	31	-1633,17	45	-528,6
2		18	177,09	32	0	46	0
3	-1367,94	19	-2163,27	33	-15,87	47	172,17
4	-1755,72	20	-226,77	34	-1986,87	48	-1079,82
7		21	150,18	35	3540,54	49	450,66
8	-1349,16	22	-620,97	36	918,51	50	7420,56
9	-1386,66	23	0	37	0	51	10737,99
10	-1074,72	24	-2064,72	38	3566,94	52	14070,06
11	-426,27	25	0	39	10830,63	53	5650,26
12	437,31	26	0	40	54	6353,13	68
13	0	27	2702,4	41	-2292,42	55	8839,23
14	-1982,76	28	-1853,4	42	0	56	6299,76
15	-1683,3	29	-1920,87	43	0	57	-1363,65
16	-1857,48	30	-75,57	44	0	58	0

Sumber : pengolahan data

Jika nilai Lmax negatif atau sama dengan nol maka mesin telah optimal, dan jika Lmax bernilai positif maka mesin belum optimal karena mengalami keterlambatan atau dalam kondisi *bottleneck* sehingga perlu dilakukan penjadwalan ulang. Untuk mesin yang memiliki nilai Lmax positif adalah m12, m17, m18, m21, m27, m35, m36, m38, m39, m47, m49, m50, m51, m52, m53, m54, m55, m56, m59, m60, m61, m63, m64, m65, m68, m69, m70 maka akan dilakukan penjadwalan ulang.

5. Menentukan nilai Cmax baru

Menentukan nilai Cmax dirumuskan berikut :

$$C_{max}(n+1) = C_{max}(n) + L_{max} \text{ terbesar dari tiap mesin.}$$

$$= 2499,06 + 20217,06$$

$$= 22716,12$$

Cmax baru sebesar 22716.12 merupakan hasil Cmax pada iterasi 1 yang sekaligus menjadi Cmax pada iterasi 2.

3.4 Menjadwalkan kembali mesin yang belum optimal.

Mesin yang dijadwalkan kembali karena terjadi keterlambatan atau dalam kondisi *bottleneck*. Dengan cara melakukan perhitungan *due date* dan iterasi 2.

3.5 Penjadwalan selesai

Penjadwalan tiap mesin telah selesai pada iterasi ke 2. Seluruh Lmax mesin telah bernilai negatif atau sama dengan nol, hasil nilai Lmax seluruh mesin dapat dilihat pada tabel 19.

Tabel 8. Data Hasil Lmax Seluruh Mesin

mesin	Lmax								
1	-1990,95	17	-1806,87	31	-1633,17	45	-528,6	59	-12895,17
2		18	-2039,97	32	0	46	0	60	-9386,43
3	-1367,94	19	-2163,27	33	-15,87	47	-20044,89	61	-12414,09
4	-1755,72	20	-226,77	34	-1986,87	48	-1079,82	62	-838,48
7		21	-20066,88	35	-16676,52	49	-19766,4	63	-12595,11
8	-1349,16	22	-620,97	36	-19298,55	50	-12796,5	64	-11446,8
9	-1386,66	23	0	37	0	51	-9479,97	65	-11166,99
10	-1074,72	24	-2064,72	38	-16650,12	52	-6147	66	-360,09
11	-426,27	25	0	39	-13641,48	53	-14566,8	67	-1547,31
12	-19779,75	26	0	40	0	54	-13863,95	68	-12095,22
13		27	-17514,66	41	-2292,42	55	-11677,83	69	-1475,7
14	-1982,76	28	-1853,4	42	0	56	-13917,5	70	0
15	-1683,3	29	-1920,87	43	0	57	-1363,65		
16	-1857,48	30	-75,57	44	0	58	0		

Sumber : Pengolahan Data

3.6 Perhitungan Efficiency Index (EI)

Untuk membandingkan metode yang diuji dengan metode yang digunakan di perusahaan menggunakan parameter *Efficiency Index*. Perbandingan antara metode perusahaan (FCFS) dengan metode uji *Shifting Bottleneck Heuristik* dapat dirumuskan berikut:

$$EI = \frac{\text{makespan (FCFS)}}{\text{Makespan (SBH)}} = \frac{23053,08 \text{ (menit)}}{22716,12 \text{ (menit)}} = 1.015$$

Hasil EI lebih besar dari 1, maka metode usulan yang diberikan memiliki *performance* yang baik dibandingkan metode yang digunakan perusahaan.

4. KESIMPULAN

Berdasarkan penelitian yang telah dilakukan dapat diperoleh kesimpulan sebagai berikut :

1. Dengan menggunakan metode *shifting bottleneck heuristic* diperoleh nilai makespan yang minimum pada penjadwalan ketiga komponen *panel fuel* sebesar 22716,12 menit = 378,60 jam. Dari hasil analisa menunjukkan bahwa penyelesaian dengan menggunakan

metode *shifting bottleneck heuristic* memiliki nilai *makespan* lebih cepat sebesar 336,96 menit = 5.616 jam dibandingkan dengan metode FCFS.

2. Nilai keterlambatan maksimum pada proses produksi komponen panel fuel terdapat pada mesin 70 yaitu *final inspection* sebesar 20217,06 menit.

3. Urutan penjadwalan pada proses produksi komponen *panel fuel* yang minimal dengan menggunakan metode *shifting bottleneck heuristic*, yaitu yang memiliki lintasan terpanjang terjadi pada mesin 70 atau *final infection* dengan urutan job sebagai berikut : j37 - j12 - j13 - j25 - j26 - j2 - j5 - j9 - j22 - j16 - j10 - j11 - j23 - j24 - j7 - j20 - j17 - j18 - j19 - j30 - j31 - j32 - j1 - j4 - j14 - j15 - j27 - j28 - j29 - j6 - j3 - j21 - j34 - j8 - j36 - j38 - j40 - j35 - j39.

Sugiyono. (2014). **Metode Penelitian Kuantitatif Kualitatif dan R&D**. Bandung:Alfabeta.

Sulaiman, D. (2015). *Jadwal Produksi Produk Combination Double Windlass Menggunakan Pendekatan Shifting Bottleneck Heuristic untuk Meminimasi Makespan di PT Pindad (Persero)*. **Jurnal Online Institut Teknologi Nasional**, Vol. 03, No. 03, pp.299-309.

Yusnia Sinambela (2017). *Penjadwalan Produksi Job Shop degan menggunakan Metode Shifting Bottleneck Heuristic (SHB)*. **Junal Ilmiah Teknik Industri Prima** Vol. 1, No. 1,

6. PUSTAKA

Baker, K.R. and D. Trietsch (2009). **Principles of Sequencing and Scheduling**. New Jersey. A John Wiley & Sons, INC.

Baroto, Teguh (2002). **Perencanaan dan Pengendalian Produksi**. Pejaten Barat.Ghalia Indonesia.

Dienaguna, N (2019). Optimasi Penjadwalan Produksi *Hinge Rib* 1 dengan Metode *Nawaz Enscore Ham* (NEH) di PT Dirgantara Indonesia. **Tugas Akhir** Teknik Desain dan Manufaktur, Jurusan Teknik Permesinan Kapal, Politeknik Perkapalan Negeri Surabaya.

Ginting, Rosnani (2009). **Penjadwalan Mesin**. Yogyakarta. Graha Ilmu

Maulana, I. (2013). *Model Development of Shifting Bottleneck Heuristic to Solve Job Shop Scheduling Problem with Paralel Machines*.**Tugas Akhir** Teknik Industri, Fakultas Teknik, Universitas Presiden.

Nasution, A.H, (2008). **Perencanaan dan Pengendalian Produksi Edisi Pertama**. Yogyakarta: Graha Ilmu

Pinedo, M (2008). **Scheduling : Theory, Algorithms, and Systems, Third Edition**. New York. Springer.

PT. Dirgantara Indonesia (Persero) (2020). www.indonesian-aerospace.com. Bandung.

Pinedo, M. and Chao, X., (1999). **Operations Scheduling with Applications in Manufacturing and Services**. McGraw – Hill.