



INFOMATEK

Volume 22 Nomor 2 Desember 2020

MERANCANG MODEL PENJADWALAN KONSTRUKSI MULTI BENDING DENGAN MEMPERTIMBANGKAN POLA ALIRAN PROSES *JOB SHOP* UNTUK MEMINIMUMKAN *MAKESPAN*

Rinto Yusriski*, Ragil Pardiyono, Sinta Rahmawati, Lia Nur Atika

Universitas Jenderal Achmad Yani

Abstrak: PT XYZ merupakan salah satu perusahaan manufaktur yang bergerak di bidang mebel seperti meja, rak dan kursi. Karakteristik pekerjaan yang diproses perusahaan adalah terdapat sejumlah pekerjaan yang harus dikerjakan pada mesin-mesin dengan *routing* yang berbeda-beda (memiliki aliran proses *job shop*) dan setiap pekerjaan terdiri atas satu atau lebih unit permintaan. Hasil studi awal menunjukkan bahwa terdapat masalah pada Departemen produksi bagian konstruksi multi *bending* yaitu tidak tercapainya target produksi harian (tercapai sebesar 77%). Berdasarkan hasil pengecekan kapasitas menunjukkan bahwa kapasitas tersedia sebesar 22.080 menit, sementara waktu yang diperlukan adalah 5.472 menit. Dengan demikian, target produksi seharusnya dapat selesai pada waktu yang telah ditetapkan oleh perusahaan. Studi awal menyimpulkan bahwa metoda penjadwalan perusahaan perlu diperbaiki. Perusahaan mengadopsi teknik penjadwalan dengan aturan prioritas *First-Come-First-Serve* (FCFS), yaitu prioritas pengerjaan *job* diurutkan berdasarkan saat kedatangan *job* ke lantai produksi. Analisa awal menunjukkan bahwa keterlambatan ini disebabkan oleh pengiriman pekerjaan dari suatu mesin ke mesin yang lain yang dilakukan setelah seluruh komponen pekerjaan tersebut diselesaikan. Hal ini mengakibatkan *makespan* yang panjang sehingga beberapa pekerjaan selesai melampaui saat tenggat (*due date*). Pada sistem nyata diketahui bahwa stasiun kerja memiliki jumlah mesin lebih dari satu sehingga memungkinkan *job* untuk dijadwalkan pada mesin-mesin tersebut secara paralel. Selain itu, komponen-komponen dari *job* yang telah selesai bisa saja dikirimkan pada mesin selanjutnya (*operation overlapping*) sesuai *routing* tanpa harus menunggu seluruh komponen selesai. Hal ini membutuhkan penentuan besar ukuran *lot* yang harus ditransfer antar mesin. Penelitian ini mengusulkan metode penjadwalan dengan menggunakan prioritas *Shortest Processing Time* (SPT) yang digabungkan dengan teknik *lot splitting*. Asumsi yang digunakan adalah seluruh *job* sudah tersedia dari saat $t=0$. Hasil dari penjadwalan usulan ini mempunyai hasil yang lebih baik dalam mengurangi *makespan* sebesar 20,7% dan meningkatkan utilitas mesin sebesar 8%.

Kata kunci: *Job Shop*, *Makespan*, *Shortest Processing Time*, *Lot Splitting*

I. PENDAHULUAN

PT XYZ merupakan perusahaan manufaktur dengan produk yang dihasilkan berbagai jenis kursi, meja, rak, dan tempat tidur rumah

sakit. Kursi merupakan salah satu produk yang paling banyak diminati karena kursi memiliki banyak jenis dengan desain yang berbeda. Strategi respon pasar yang ditetapkan adalah *Make To Order* dan *Make To Stock*. Strategi ini digunakan untuk memenuhi keinginan konsumen yang tidak

^{*)} yusarisaki@gmail.com

menentu berdasarkan jumlah dan jenis produk yang dipesan. Pada departemen produksi terdapat tiga bagian umum yaitu bagian konstruksi, bagian pelapisan dan bagian perakitan. Bagian konstruksi bertugas menghasilkan komponen dari bahan baku pipa logam melalui proses *bending* (pembengkokan) dan *welding* (pengelasan). Bagian pelapisan bertugas melakukan proses pelapisan terhadap komponen dengan tujuan melindungi dari terjadinya korosi atau karat. Bagian perakitan bertugas merakit beberapa komponen menjadi produk jadi.

Fokus penelitian ini adalah bagian konstruksi multi *bending*. Pada bagian ini terdapat beberapa proses, proses *bending* (pembengkokan), proses *sweging* (pembentukan ujung pipa, lebih lebar), proses *knocking* (pembentukan permukaan pipa menonjol ke arah dalam), proses *shrinking* (pembentukan ujung pipa menjadi lebih kecil), proses *pressing* (penekanan), proses *forming* (pembentukan) dan proses *piercing* (pelubangan pipa dengan cara *press*). Bagian konstruksi multi *bending* memiliki delapan operator dan 33 mesin dengan jenis dan fungsi yang sama maupun berbeda. Setiap mesin memiliki waktu *set-up* yang berbeda antara 30-180 menit per mesin. Alur proses produksi di konstruksi multi *bending* memiliki aliran *job shop*.

Proses penjadwalan pekerjaan di perusahaan menggunakan metode prioritas *First-Come-First-Serve* (FCFS). Menurut Heizer dan Render [1], FCFS memprioritaskan pengerjaan job yang datang lebih awal untuk dikerjakan lebih dulu. Data pada Bulan Juni 2019 menunjukkan bahwa penggunaan teknik penjadwalan ini menghasilkan pencapaian target produksi sebesar 77%. Kondisi ini mengakibatkan terjadi keterlambatan dalam pengiriman barang ke konsumen. Berdasarkan hasil pengecekan kapasitas menunjukkan bahwa kapasitas tersedia sebesar 22.080 menit, sementara waktu yang diperlukan adalah 5.472 menit. Dengan demikian seharusnya target produksi dapat selesai pada waktu yang telah ditetapkan oleh perusahaan. Keterlambatan yang terjadi diduga akibat dari metode penjadwalan yang diterapkan perusahaan.

Masalah yang dibahas pada penelitian ini adalah merancang metode penjadwalan usulan pada bagian konstruksi multi *bending* yang mempertimbangkan pola aliran proses *job shop*. Kriteria keberhasilan metode usulan akan diukur dengan meminimumkan *makespan*. *Makespan* merupakan waktu rentang pembuatan produk atau total waktu yang dibutuhkan untuk menyelesaikan seluruh job (Puspawardhani dan Yusriski [2]).

II. METODOLOGI

Kondisi sistem produksi pada bagian konstruksi multi *bending* memiliki pola aliran proses *job shop* dengan mesin yang disusun gabungan seri paralel. Sistem penjadwalan pada bagian konstruksi multi *bending* ini adalah sistem penjadwalan *batch*. Menurut Baker [3], Penjadwalan (*scheduling*) didefinisikan sebagai proses pengalokasian sumber untuk melaksanakan sekumpulan tugas dalam jangka waktu tertentu. *Batch* adalah sejumlah *job* yang dikelompokkan untuk diproses pada suatu mesin (Condotta et. al. [4]).

Model penjadwalan usulan untuk bagian konstruksi multi *bending* adalah dengan penjadwalan yang menggunakan *lot splitting*. *Lot splitting* Menurut Yusriski dan Halim [5] adalah proses menyeimbangkan jumlah ukuran *batch* dalam satu *work center*, dimana dalam satu *work center* terdapat jumlah mesin lebih dari sama dengan satu (Q_j). Variabel yang mempengaruhi Q_j diantaranya jumlah mesin yang sama (m), *demand* setiap produk (D), waktu proses produksi di mesin [i] nama_job [k] ($t_{ij[k]}$), waktu saat mulai proses produksi di mesin [i] ke- j ($S_{ij[k]}$) dan total waktu saat mulai proses produksi di mesin [i] ($\sum S_{im[k]}$). Pendekatan ini dinamakan *lot splitting* karena sejumlah *job*/komponen dibagi secara seimbang jumlah ukuran *batch* dalam satu *work center*. Dengan pembagian yang

rata akan meminimalisir *makespan*, sehingga model ini cocok untuk karakteristik permasalahan ini yang pola aliran prosesnya *job shop* dengan jadwal produksi *job*/komponen setiap harinya berbeda-beda. (Low et. Al. [6])

III. ANALISIS DAN PEMBAHASAN

Konstruksi multi *bending* pada dasarnya memiliki pola aliran proses *job shop*. Menurut Baker dan Trietsch [7] pola aliran *job shop* yaitu setiap *job* dapat melalui urutan proses yang berbeda-beda dengan mesin yang berbeda pula. Model penjadwalan usulan untuk bagian konstruksi multi *bending* adalah dengan penjadwalan yang menggunakan *lot splitting*. Proses penjadwalan *lot splitting* dipengaruhi oleh jumlah mesin yang sama, *demand* setiap produk, waktu proses produk, waktu mulai proses produk di setiap mesin dan total waktu saat mulai proses produksi di mesin.

3.1 Penjadwalan Dengan *Lot Splitting*

Menggunakan algoritma *lot splitting* untuk menjadwalkan *job* di konstruksi multi *bending* sebagai berikut:

1. Langkah 0: Tentukan jumlah *job* (jj), lanjutkan ke Langkah 1.
2. Langkah 1: Tentukan nama_job [k], dan *demand* dari setiap *job* (D) sebanyak jumlah *job* (jj), lanjutkan ke Langkah 2.
3. Langkah 2: Lakukan pengurutan

- nama_job [k] dari D terkecil sampai dengan D terbesar, lanjutkan ke langkah 3. Langkah 3: Tentukan n; nama_job [k], *demand* dari setiap *job* (D) jumlah_operasi (jo), lanjutkan ke langkah 4.
4. Langkah 4: Tentukan nama_mesin [i], jumlah mesin yang sama (*m*), waktu proses produksi di mesin [i] ke-*j*, nama_job [k] ($t_{ij[k]}$), dan waktu saat mulai proses produksi di mesin [i] ke-*j*, nama_job [k] ($s_{ij[k]}$). Lanjutkan ke langkah 5.
 5. Langkah 5:
 - a. Jika nama_mesin [i] mengandung kata “double”, lanjutkan ke Langkah 6.
 - b. Jika nama_mesin [i] tidak mengandung kata “double”, lanjutkan ke Langkah 7. Karena nama_mesin [i] tidak mengandung kata “double”, lanjutkan ke Langkah 7.
 6. Langkah 7: Tentukan $\sum s_{im[k]} = s_{ij[k]} + s_{ij[k]} + \dots + s_{ij[k]}$, lanjutkan ke Langkah 8.
 7. Langkah 8: Tentukan jumlah *quantity* mesin ke-*j* (Q_j), dengan rumus lanjut langkah 9
 8. Langkah 9 Tentukan waktu proses yang diperlukan untuk suatu *batch* menggunakan Q_j yang didapatkan dari langkah 8 dengan rumus $L_{ij[k]} = Q_j * t_{ij[k]}$, lanjutkan ke Langkah 10.
 9. Langkah 10: Tentukan waktu saat mulai yang digunakan untuk *job* selanjutnya ($s_{i[k+1]}$), menggunakan $L_{ij[k]}$ yang didapatkan dari Langkah 9 dengan rumus $s_{ij[k+1]} = s_{ij[k]} + L_{ij[k]}$, lanjutkan ke Langkah 11.
 10. Langkah 11: Lakukan pengulangan Langkah 8 sampai dengan Langkah 10 sesuai dengan jumlah mesin yang sama (*m*), lanjutkan ke Langkah 12. Terdapat 4 unit mesin Pine Bender Chiwork, sedangkan perhitungan baru dilakukan pada 1 unit mesin Pine Bender Chiwork, maka akan dilakukan pengulangan perhitungan sebanyak 3x.
 11. Langkah 12: Tampilkan hasil perhitungan dengan format nama_job [k], nama_mesin [i], jumlah mesin (*m*), waktu saat mulai proses produksi di mesin [i] ke-*j* ($s_{ij[k]}$), *quantity* mesin ke-*j* (Q_j), waktu proses yang diperlukan untuk suatu *batch*, dengan Q_j yang didapatkan ($L_{ij[k]}$), dan waktu saat mulai yang digunakan untuk *job* selanjutnya ($s_{ij[k+1]}$). Lanjutkan ke Langkah 13.
 12. Langkah 13:

Lakukan pengulangan Langkah 4 sampai dengan Langkah 12 sesuai dengan jumlah_operasi (jo), lanjutkan ke Langkah 14.

Karena, terdapat dua proses operasi untuk memproduksi KB Cozy sedangkan perhitungan telah dilakukan pada satu operasi, maka terdapat satu operasi yang belum dijadwalkan.

13. Langkah 14:

Tampilkan *gantt chart* dari semua *job* yang telah dijadwalkan, lanjutkan ke Langkah 15.

14. Langkah 15:

Lakukan pengulangan Langkah 3 sampai dengan Langkah 14 sesuai dengan jumlah *job* (jj), lanjutkan ke Langkah 16.

15. Langkah 16:

Iterasi selesai.

Berdasarkan hasil penelitian yang dilakukan mengenai penjadwalan *batch* pada *hybrid job shop* dengan metode *lot splitting* di bagian konstruksi multi *bending* PT. XYZ, maka diperoleh hasil sebagai berikut:

- urutan komponen yang dihasilkan dari penjadwalan usulan adalah komponen KB Cozy, Leg Lotus R, Leg Lotus L, Seat Samm, KD Cozy R, KD Cozy L, Leg Flora SN Lower, Leg Flora SN Upper, Back Taro dan KB Flora H;

2. jadwal produksi di konstruksi multi *bending*;

a. Komponen KB Cozy

Tabel 1. Jadwal produksi komponen KB Cozy

Mesin ke	Operasi ke-1 Mesin Pine Bender Chiwork		Operasi ke-2 Mesin Press 40 Ton	
	Saat Mulai	Saat Selesai	Saat Mulai	Saat Selesai
	Mesin 1	menit 0	menit 33	menit 33
Mesin 2	menit 0	menit 33	menit 33	menit 58
Mesin 3	menit 0	menit 33	menit 33	menit 58
Mesin 4	menit 0	menit 32		

b. Komponen Leg Lotus R

Tabel 2. Jadwal produksi komponen Leg Lotus R

Mesin ke	Operasi ke-1 Mesin CNC Bending		Operasi ke-2 Mesin Press 40 Ton	
	Saat Mulai	Saat Selesai	Saat Mulai	Saat Selesai
	Mesin 1	menit 0	menit 90	menit 90
Mesin 2	menit 0	menit 89	menit 90	menit 140
Mesin 3			menit 90	menit 140
Mesin ke	Operasi ke-3 Mesin Pine Bender Chiwork		Operasi ke-4 Mesin Press 25 Ton	
	Saat Mulai	Saat Selesai	Saat Mulai	Saat Selesai
	Mesin 1	menit 141	menit 164	menit 164
Mesin 2	menit 141	menit 164	menit 164	menit 200
Mesin 3	menit 141	menit 164	menit 164	menit 200
Mesin 4	menit 141	menit 164		
Mesin ke	Operasi ke-5 Mesin Press 16 Ton		Operasi ke-6 Mesin Press 16 Ton	
	Saat Mulai	Saat Selesai	Saat Mulai	Saat Selesai
	Mesin 1	menit 201	menit 213	menit 213
Mesin 2	menit 201	menit 213	menit 213	menit 226
Mesin 3	menit 201	menit 213	menit 213	menit 226
Mesin 4	menit 201	menit 213	menit 213	menit 226
Mesin 5	menit 201	menit 213	menit 213	menit 226

c. Komponen Leg Lotus L

Tabel 3. Jadwal produksi komponen Leg Lotus L

Mesin ke	Operasi ke-1 Mesin CNC Bending		Operasi ke-6 Mesin Press 25 Ton	
	Saat Mulai	Saat Selesai	Saat Mulai	Saat Selesai
Mesin 1	menit 90	menit 179	menit 201	menit 251
Mesin 2	menit 89	menit 179	menit 200	menit 251
Mesin 3			menit 200	menit 250
Mesin ke	Operasi ke-3 Mesin Pine Bender		Operasi ke-4 Mesin Press 25 Ton	
	Saat Mulai	Saat Selesai	Saat Mulai	Saat Selesai
Mesin 1	menit 251	menit 274	menit 274	menit 311
Mesin 2	menit 251	menit 274	menit 274	menit 310
Mesin 3	menit 251	menit 274	menit 274	menit 310
Mesin 4	menit 251	menit 274		
Mesin ke	Operasi ke-5 Mesin Press 16 Ton		Operasi ke-6 Mesin Press 16 Ton	
	Saat Mulai	Saat Selesai	Saat Mulai	Saat Selesai
Mesin 1	menit 311	menit 323	menit 323	menit 336
Mesin 2	menit 311	menit 323	menit 323	menit 336
Mesin 3	menit 311	menit 323	menit 323	menit 336
Mesin	Operasi ke-5 Mesin Press 16 Ton		Operasi ke-6 Mesin Press 16 Ton	

ke	Saat Mulai	Saat Selesai	Saat Mulai	Saat Selesai
Mesin 4	menit 311	menit 323	menit 323	menit 336
Mesin 5	menit 311	menit 323	menit 323	menit 336

d. Komponen Seat Samm

Tabel 5. Jadwal produksi komponen Seat Samm

Mesin ke	Operasi ke-1 Mesin Double Side Bending		Operasi ke-2 Mesin Bulseom Welder	
	Saat Mulai	Saat Selesai	Saat Mulai	Saat Selesai
Mesin 1	menit 0	menit 40	menit 40	menit 137
Mesin 2	menit 0	menit 40		
Mesin ke	Operasi ke-3 Mesin Press 16 Ton		Operasi ke-4 Mesin Press 25 Ton	
	Saat Mulai	Saat Selesai	Saat Mulai	Saat Selesai
Mesin 1	menit 137	menit 149	menit 310	menit 359
Mesin 2	menit 137	menit 149	menit 311	menit 359
Mesin 3	menit 137	menit 149	menit 311	menit 359
Mesin 4	menit 137	menit 149		
Mesin 5	menit 137	menit 149		

e. Komponen KD Cozy R

Tabel 6. Jadwal produksi komponen KB Cozy R

Mesin ke	Operasi ke-1 Mesin Shrinking		Operasi ke-2 Mesin Pine Bender Chiwork		Operasi ke-3 Mesin Shrinking	
	Saat Mulai	Saat Selesai	Saat Mulai	Saat Selesai	Saat Mulai	Saat Selesai
Mesin 1	menit 0	menit 164	menit 164	menit 210	menit 359	menit 398
Mesin 2			menit 164	menit 210	menit 359	menit 398
Mesin 3			menit 164	menit 210	menit 359	menit 398
Mesin 4			menit 164	menit 210		

f. Komponen KD Cozy L

Tabel 7. Jadwal produksi komponen KD Cozy L

Mesin ke	Operasi ke-1 Mesin Shrinking		Operasi ke-2 Mesin Pine Bender Chiwork		Operasi ke-3 Mesin Press 25 Ton	
	Saat Mulai	Saat Selesai	Saat Mulai	Saat Selesai	Saat Mulai	Saat Selesai
Mesin 1	menit 164	menit 328	menit 328	menit 374	menit 398	menit 437
Mesin 2			menit 328	menit 374	menit 398	menit 437
Mesin 3			menit 328	menit 374	menit 398	menit 437
Mesin 4			menit 328	menit 374		

g. Komponen Leg Flora SN Lower

Tabel 8. Jadwal produksi komponen Leg Flora SN Lower

Mesin ke	Operasi ke-1 Mesin Double Bending		Operasi ke-2 Mesin Press 25 Ton		Operasi ke-3 Mesin Press 25 Ton	
	Saat Mulai	Saat Selesai	Saat Mulai	Saat Selesai	Saat Mulai	Saat Selesai
Mesin 1	menit 0	menit 133	menit 473	menit 497	menit 497	menit 595
Mesin 2			menit 473	menit 497	menit 497	menit 595
Mesin 3			menit 473	menit 497	menit 497	menit 595

h. Komponen Leg Flora SN Upper

Tabel 9. Jadwal produksi komponen Leg Flora SN Upper

Mesin ke	Operasi ke-1 Mesin Double Bending		Operasi ke-2 Mesin Press 25 Ton		Operasi ke-3 Mesin Press 25 Ton	
	Saat Mulai	Saat Selesai	Saat Mulai	Saat Selesai	Saat Mulai	Saat Selesai
Mesin 1	menit 113	menit 226	menit 595	Menit 656	menit 656	menit 754
Mesin 2			menit 595	menit 656	menit 656	menit 754
Mesin 3			menit 596	menit 656	menit 656	menit 754

i. Komponen Back Taro

Tabel 10. Jadwal produksi komponen Back Taro

Mesin ke	Operasi ke-1 Mesin CNC Bending		Operasi ke-2 Mesin CNC Bending	
	Saat Mulai	Saat Selesai	Saat Mulai	Saat Selesai
Mesin 1	menit 179	menit 421	menit 421	menit 600
Mesin 2	menit 179	menit 421	menit 421	menit 600

j. Komponen KB Flora H

Tabel 11. Jadwal produksi komponen KB Flora H

Mesin ke	Operasi ke-1 Mesin Double Shrinking		Operasi ke-2 Mesin Press 25 Ton	
	Saat Mulai	Saat Selesai	Saat Mulai	Saat Selesai
Mesin 1	menit 0	menit 600	menit 754	menit 908
Mesin 2			menit 754	menit 908
Mesin 3			menit 754	menit 908

Berikut ini adalah perbandingan terhadap hasil penjadwalan perusahaan sekarang dengan penjadwalan yang diusulkan. Penjadwalan yang diusulkan adalah penjadwalan dengan menerapkan *lot splitting* yang di tunjukkan pada Tabel 12.

Tabel 12. Perbandingan penjadwalan sekarang dan usulan

No	Parameter Perbandingan	Metode Penjadwalan		Selisih
		Penjadwalan Sekarang	Penjadwalan Usulan	
1	Makespan (menit)	1.145	908	194
2	Rata-rata efisiensi mesin	23%	31%	8%
3	Rata-rata idle time (menit)	907	669	238

Berdasarkan hasil perbandingan pada tabel 12 penjadwalan usulan terbukti lebih baik dibandingkan dengan penjadwalan yang diterapkan perusahaan saat ini, karena dapat meminimumkan makespan, *idle time* dan peningkatan efisiensi mesin. Hal ini terlihat bahwa waktu saat selesai pengerjaan usulan lebih kecil dibandingkan dengan penjadwalan sekarang. Jika dilihat dari performansi waktu selesai pengerjaan proses produksi mempunyai efisiensi yang lebih baik dalam mengurangi waktu saat selesai pengerjaan proses produksi tersebut dalam mengurangi keterlambatan proses produksi sebesar 20,7% jika dibandingkan dengan metode penjadwalan perusahaan.

IV. KESIMPULAN

Ukuran performansi *makespan* penjadwalan usulan menghasilkan efisiensi yang lebih baik yaitu sebesar 20,7% jika dibandingkan dengan penjadwalan perusahaan saat ini. Pada masa mendatang perlu dilakukan penelitian mengenai masalah yang sama tetapi dengan menggunakan teknik penjadwalan mundur dengan kriteria minimasi total waktu tinggal aktual sehingga dapat meminimumkan lama

tinggal job dalam sistem sekaligus memastikan pengiriman dapat sesuai dengan saat tenggat waktu.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] Heizer dan Render. 2014. *Manajemen Operasi*. Jakarta: Salemba Empat
- [2] Puspawardhani, Gianti dan Yusriski, Rinto. 2017. Penggunaan Aturan Prioritas Dalam Penjadwalan Perakitan dan Pemesinan Untuk Mengurangi Makespan. *Prosiding Seminar Nasional Ilmu Pengetahuan dan Teknologi Jenderal Achmad Yani (SNIJA)*.
- [3] Baker, K.R.1974. *Introduction to Sequencing and Scheduling*. Wiley & Sons, New York.
- [4] Condotta, A., Knust, S. dan Shakhlevich, N.V., 2010, Parallel Batch Scheduling of Equal Length Jobs with Release and Due Dates. *J Sched*, 13, 463–477.
- [5] Yusriski, R., Halim, A., 2009, Penjadwalan Batch Pada Sistem Perakitan Dua Tahap Untuk Meminimasi Total Actual Flow Time, Yogyakarta: Artikel dari *APCOMS 2009: The 2nd Asia-Pasific Conference on Manufacturing System: Reconfigurable Manufacturing System for Facing Turbulent Manufacturing Environment*.
- [6] Low, C., Hsu, C. M., & Huang, K. I. (2004). Benefits of lot splitting in job-shop scheduling. *The International Journal of Advanced Manufacturing Technology*, 24(9-10), 773-780.
- [7] Baker, K.R., Trietsch, D., 2009. *Principles of Sequencing And Scheduling*, New Jersey: John Wiley & Sons.