

Penjadwalan dengan Algoritma *Disjunctive Programming* pada Permasalahan *Job Shop* (Studi Kasus di U.D. Pari Jaya Makmur)

Tanti Octavia¹, I Gede Agus Widyadana¹, Garry Tjondrokusumo¹

Abstract: Scheduling is one of the important decisions to keep manufacture competitiveness. This paper attempts to compare two algorithms, which are Disjunctive Programming Algorithm and Rescheduling Procedure Algorithm, in order to minimize *makespan* for UD. Pari Jaya Makmur. The result shows that Rescheduling Procedure Algorithm gives the smaller *makespan* than Disjunctive Algorithm. The *idle* time on Rescheduling Procedure Algorithm schedule is 13452.06 seconds on the third machine, while the *idle* time on Disjunctive Programming Algorithm schedule is 16701,556 seconds on the second machine.

Keywords: Disjunctive Programming, Rescheduling Procedure, *Idle* Time, *Makespan* Minimization.

Pendahuluan

Penjadwalan dibutuhkan apabila terdapat beberapa pekerjaan yang harus dikerjakan melewati satu atau beberapa mesin tertentu dan terdapat adanya keterbatasan sumber daya. Penjadwalan yang baik dapat memberikan efektifitas pemanfaatan mesin serta sumber daya yang lain secara maksimal sehingga proses produksi yang berlangsung dapat berjalan dengan lancar. Saat konsumen melakukan pemesanan, pasti ada deadline yang dijanjikan oleh perusahaan atau deadline yang diminta oleh konsumen.

Natawidjaja [1] melakukan penelitian mengenai penjadwalan produksi yang teratur dengan *makespan* seminimum mungkin untuk jenis produksi *job shop*. Penjadwalan ini dilakukan dengan menggunakan dua metode, yaitu Algoritma Shifting Bottleneck dan Rescheduling Procedure untuk memperbaiki sistem penjadwalan dari perusahaan. Kedua algoritma yang digunakan itu nantinya akan dibandingkan untuk mengetahui algoritma manakah yang memberikan waktu *makespan* yang lebih minimum untuk diusulkan kepada perusahaan.

Hasil dari penjadwalan yang telah dilakukan pada penelitian sebelumnya menunjukkan bahwa Algoritma Rescheduling Procedure memberikan waktu *makespan* yang lebih baik dari Algoritma Shifting Bottleneck dengan penghematan sebesar 12834,76 detik. Gantt Chart yang dibuat pun menunjukkan penjadwalan kurang teratur jika menggunakan

Algoritma Shifting Bottleneck. Maka dari itu, penjadwalan yang diusulkan kepada perusahaan adalah penjadwalan dengan Algoritma Rescheduling Procedure.

Pada penelitian yang lain, Julianto [2] melakukan perbandingan 5 metode penjadwalan, yaitu Shifting Bottleneck, Algoritma Omega, metode MWKR (Most Work Remaining), metode MOPNR (Most Operations Remaining) serta Disjunctive Programming. Perbandingan kelima metode tersebut dilakukan pada studi kasus di PT Agrindo. Hasil yang didapatkan adalah Algoritma Disjunctive Programming menghasilkan *makespan* yang paling minimum. Selain itu didapatkan pula hasil global optimal dari Algoritma Disjunctive Programming tersebut.

Pada penelitian ini, algoritma yang akan digunakan adalah Disjunctive Programming yang dimana tujuan dari algoritma ini adalah untuk meminimumkan *makespan* dari jobs yang akan dijadwalkan. Zalzal [3] menjelaskan bahwa Disjunctive Graph ini merupakan salah satu algoritma yang menghasilkan semi-active schedule. Pada semi-active schedule ini urutan proses dipilih secepat mungkin.

Salah satu penelitian awal algoritma Disjunctive dilakukan oleh Balas [4]. Algoritma ini memberikan solusi yang baik untuk permasalahan penjadwalan, Hal ini dibuktikan dengan penggunaan algoritma Disjunctive beserta pengembangannya hingga saat ini. Liu dan Kozan [5] menggunakan algoritma disjunctive untuk menyelesaikan mesin pada lingkungan job shop yang memiliki mesin parallel. Yugma *et al* [6] menggunakan algoritma Disjunctive untuk penentuan *batch* dan penjadwalan pada perusahaan *semiconductor*. Algoritma Disjunctive digunakan oleh Castro dan Grossmann [7] untuk menyelesaikan permasalahan penjadwalan jangka pendek untuk satu tahapan proses dengan meng-

¹ Fakultas Teknologi Industri, Program Studi Teknik Industri, Universitas Kristen Petra. Jl. Siwalankerto 121-131, Surabaya 60236. Email: tanti@peter.petra.ac.id, gede@peter.petra.ac.id, garrytjeng@yahoo.com

gunakan mesin yang beroperasi secara parallel. Goncalves et al. [8] menggabungkan algoritma *Disjunctive* dan algoritma *Genetic* untuk menyelesaikan permasalahan penjadwalan job shop. Penjadwalan dengan Algoritma *Disjunctive Programming* yang akan dilakukan nantinya akan dibandingkan dengan hasil yang didapatkan oleh Natawidjaja [1].

Asumsi yang digunakan dalam penelitian ini adalah bahan baku pengerjaan pesanan telah tersedia sebelum penjadwalan dilakukan, penjadwalan produksi yang dilakukan hanya untuk pesanan pada satu periode, metode kerja operator telah standard baku dengan tingkat keahlian normal, semua mesin-mesin dan fasilitas produksi yang digunakan dalam keadaan baik

Metode Penelitian

Pada bab ini akan dibahas metodologi yang digunakan untuk menyelesaikan permasalahan pada penelitian ini. Algoritma *Disjunctive Programming* digunakan untuk menjadwalkan jobs yang ada dan nantinya akan dibandingkan dengan hasil penjadwalan menggunakan algoritma *Rescheduling Procedure* milik Natawidjaja [1].

Algoritma *Disjunctive Programming*

Formulasi yang digunakan dalam algoritma *Disjunctive Programming* adalah:

Minimum C_{max}

$$y_{kj} - y_{ij} \geq p_{ij} \quad \text{untuk } i=1..n, j=1..m, \text{ dan } j < k$$

$$C_{max} - y_{ij} \geq p_{ij} \quad \text{untuk } i=1..n, j=1..m$$

$$y_{ij} - y_{il} \geq p_{il} \text{ atau } y_{il} - y_{ij} \geq p_{ij} \quad \text{untuk } i=1,2,\dots,m, j=1..n$$

$$y_{ij} \geq 0 \quad \text{untuk } i=1,2,\dots,m, j=1..n$$

dimana:

p_{ij} = waktu proses job j pada mesin i

y_{ij} = waktu job j mulai dikerjakan pada mesin i

C_{max} = *makespan*

Hasil dan Pembahasan

Pada studi kasus yang dilakukan, mesin yang akan dijadwalkan sebanyak 12 dan job yang dijadwalkan juga sebanyak 12.

Dari data-data pada Tabel 1 dan Tabel 2 dilakukan penjadwalan dengan menggunakan algoritma *Disjunctive Programming*.

Analisa Perbandingan Jadwal

Makespan yang dihasilkan dari Algoritma *Disjunctive Programming* adalah 284325,831 detik sedangkan *makespan* yang dihasilkan dari Algoritma *Rescheduling Procedure* adalah 260934,097 detik. Hasil penelitian menunjukkan bahwa *makespan* dari hasil penjadwalan menggunakan Algoritma *Disjunctive Programming* lebih lama dibandingkan dengan hasil penjadwalan menggunakan Algoritma *Rescheduling Procedure*.

Kedua jadwal yang dihasilkan sama-sama merupakan jadwal active, tetapi yang membuat waktu *makespan* dari Algoritma *Disjunctive Programming* lebih lama adalah waktu *idle* yang dialami. Hasil dari penelitian milik Natawidjaja [1], waktu *idle* yang dialami terdapat pada mesin 3 dengan total waktu *idle* sebesar 13451,06 detik, sedangkan pada jadwal dengan Algoritma *Disjunctive Programming* total waktu *idle* sebesar 16701,556 detik pada mesin 2. Perbedaan waktu *idle* ini juga akan menyebabkan meningkatnya *release date* dari jobs yang akan dikerjakan selanjutnya sehingga *makespan* yang dihasilkan juga akan semakin besar.

Tabel 1. Data *processing time* mesin 1 hingga 5

Set (Mesin,Job)	P_j (s)	Set (Mesin,Job)	P_j (s)
1,1	6106,212	9,3	30655,044
2,1	5268,213	1,4	5898,912
3,1	5804,001	2,4	4686,312
4,1	5281,497	3,4	5659,488
12,1	9551,400	4,4	5107,368
1,2	6584,436	5,4	5211,600
2,2	5401,053	12,4	9120,180
3,2	5707,692	1,5	12496,360
4,2	5507,325	2,5	16651,160
12,2	9100,740	3,5	16759,824
6,3	77689,260	4,5	15398,328
7,3	54951,480	10,5	14199,828
8,3	32541,372	12,5	12097,200

Tabel 2. Data *processing time* mesin 6 hingga 12

Set (Mesin,Job)	P_j (s)	Set (Mesin,Job)	P_j (s)
1,6	7552,148	4,9	1575,308
6,6	35029,758	11,9	8971,800
4,6	13475,934	2,10	55644,080
12,6	9300,000	4,10	45500,320
2,7	3610,229	11,10	8654,400
4,7	4052,062	2,11	38273,470
3,7	4044,950	3,11	26609,230
11,7	8744,400	4,11	42107,530
2,8	4044,995	11,11	13274,400
4,8	4255,643	2,12	40967,370
11,8	8399,760	3,12	34813,880
2,9	4326,763	4,12	55426,110
3,9	4961,509	11,12	11125,740

Kedua jadwal yang dihasilkan sama-sama merupakan jadwal *active*, tetapi yang membuat waktu *makespan* dari Algoritma *Disjunctive Programming* lebih lama adalah waktu *idle* yang dialami. Hasil dari penelitian milik Natawidjaja [1], waktu *idle* yang dialami terdapat pada mesin 3 dengan total waktu *idle* sebesar 13451,06 detik, sedangkan pada jadwal dengan Algoritma *Disjunctive Programming* total waktu *idle* sebesar 16701,556 detik pada mesin 2. Perbedaan waktu *idle* ini juga akan menyebabkan meningkatnya *release date* dari *jobs* yang akan dikerjakan selanjutnya sehingga *makespan* yang dihasilkan juga akan semakin besar.

Pada kasus penelitian ini, penjadwalan menggunakan Algoritma *Rescheduling Procedure* menghasilkan *makespan* yang lebih kecil dibandingkan penjadwalan menggunakan Algoritma *Disjunctive Programming*. Terdapat perbedaan hasil antara penelitian ini dengan hasil penelitian yang didapatkan oleh Martin Marius Julianto [2]. Perbedaan ini disebabkan karena tidak semua kasus bisa didapatkan hasil yang global optimal dengan menggunakan Algoritma *Disjunctive Programming*. Langkah yang dapat dilakukan agar didapatkan *makespan* yang lebih kecil adalah dengan melanjutkan hasil jadwal *active* tersebut dengan Algoritma *Giffler and Thompson*. Algoritma tersebut dapat meminimasi C_{max} dari sebuah jadwal *active*.

Simpulan

Hasil pengolahan data dan analisa data yang telah dilakukan menunjukkan bahwa dari hasil penelitian studi kasus, Algoritma penjadwalan yang lebih bagus untuk diterapkan pada studi kasus di UD. Pari Jaya Makmur adalah Algoritma *Rescheduling Procedure*. Hasil penjadwalan dengan menggunakan Algoritma *Rescheduling Procedure* menghasilkan C_{max} yang lebih cepat 23391,734 detik daripada penjadwalan dengan menggunakan Algoritma *Disjunctive Programming* pada studi kasus ini. Hasil dari kedua jadwal yang dibandingkan sama-sama bersifat *active* dan memiliki *delay*.

Sedangkan jadwal yang paling mendekati optimal berada dalam rentang jadwal yang bersifat *non-delay*. Perbedaan waktu *idle* dari *delay* yang dialami

ini juga akan menyebabkan meningkatnya *release date* dari *jobs* yang akan dikerjakan selanjutnya sehingga *makespan* yang dihasilkan juga akan semakin besar. Untuk kasus tertentu, Algoritma *Disjunctive Programming* dapat menghasilkan penjadwalan yang baik dan menghasilkan jadwal yang global optimal seperti pada penelitian milik Julianto [2] tentang studi kasus pada PT. Agrindo.

Daftar Pustaka

1. Natawidjaja, S., *Penjadwalan Produksi menggunakan Rescheduling Procedure di UD. Pari Jaya Makmur*. Skripsi tidak diterbitkan. Surabaya: Jurusan Teknik Industri, Fakultas Teknologi Industri Universitas Kristen Petra Surabaya, 2001.
2. Julianto, M. M. *Penjadwalan Produksi Komponen Produk Paddy Husker Tipe Head HC 6 BV di PT. Agrindo*. Skripsi tidak diterbitkan. Surabaya: Jurusan Teknik Industri, Fakultas Teknologi Industri Universitas Kristen Petra Surabaya, 2000.
3. Zalzal A. M. S and Fleming P.J, Genetic Algorithms in Engineering Systems. *IEE control Engineering Series*, 55,1997, pp. 134-160.
4. Balas E. Machine Sequencing via Disjunctive Graphs: An Implicit Enumeration Algorithm. *Operatioan Research* 17(6), 1969, pp. 941-957.
5. Liu S.Q. and Kozan E., A Hybrid Shifting Bottleneck Procedure Algorithm for Parallel Machine Job-Shop Scheduling Problem, *Journal of Operational Research Society*, 63, 2012, pp. 169-182.
6. Yugma C., Dauzere-Peres S., Artigues C., Derreumaux A., and Sibille O. A Batching and Scheduling Algorithm for the Diffusion Area in Semiconductor Manufacturing, *International Journal of Production Research*, 50 (8), 2012, pp. 2118-2132
7. Castro P.M., and Grossmann I.E. Generalized Disjunctive Programming as a Systematic Modeling Framework to Derive Scheduling Formulations. *Industrial Engineering Chemistry. Research*, 51(16), 2012 pp. 5781-5792
8. Goncalves J.F., Mendes J.J. M. and Resende M.G.C. A Hybrid Genetic Algorithm for the Job shop Scheduling Problem, *European Journal of Operational Research*, 167(1), 2005, pp.77-95