
ANALISIS KINERJA GENETIC ALGORITHM PADA JOB SHOP SCHEDULING

Admi Syarif, Tiryo Ruby dan Adi Saputra¹

¹Jurusan Matematika, Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam
Universitas Lampung, Bandar Lampung, Indonesia, 35145
Email:admi_syarif@unila.ac.id

ABSTRAK

Job Shop Scheduling merupakan satu dari masalah penjadwalan mesin yang menentukan urutan proses operasi pada tiap mesin dengan tujuan meminimumkan waktu penyelesaian maksimum atau makespan. *Job Shop Scheduling Problem (JSP)* merupakan persoalan yang telah banyak diaplikasikan pada berbagai persoalan dunia nyata, misalnya pada perencanaan produksi dalam bidang penjadwalan mesin dan *job*, contohnya : industri wong coco, industri logam, penjadwalan kereta api, pabrik furniture kayu, toko gordyn, dan sebagainya. Banyak penelitian dikembangkan peneliti untuk menyelesaikan *Job Shop Scheduling Problem (JSP)* seperti Aturan *Heuristic* atau *Dispatching Rules*, *Neural Network*, *Simulated Annealing*, *Tabu Search*, *Mathematical Models*, dan *Fuzzy Logic*. Akan tetapi belum ada suatu metode baik secara eksak maupun pendekatan yang dapat menjamin menghasilkan nilai optimal. Dilatarbelakangi dengan banyaknya peneliti yang melakukan penelitian untuk kasus *Job Shop Scheduling Problem (JSP)*, dan ingin menguji seberapa besar tingkat keefektifan metode Algoritma Genetika terhadap metode pendekatan yang lain. Maka penulis tertarik untuk melakukan penelitian dengan menggunakan Algoritma Genetika. Algoritma Genetika adalah metode pencarian yang memanfaatkan mekanisme operasi genetika dan seleksi alam. Algoritma Genetika bekerja dengan sekumpulan kandidat solusi (*chromosome*) atau populasi (*population*). Dimana *chromosome* terdiri dari jumlah bilangan atau simbol yang merepresentasikan solusi layak (*feasible solution*) dari persoalan. Hasil operasi genetika akan diubah kembali menjadi sebuah jadwal yang mudah dipahami oleh pengguna dan dibandingkan dengan metode lainnya berdasarkan efektivitas dan solusi yang didapatkan melalui penelusuran pustaka.

Kata Kunci: *Job Shop, Scheduling, Genetic Algorithm.*

PENDAHULUAN

Job Shop Scheduling merupakan satu dari masalah penjadwalan mesin yang menentukan urutan proses operasi pada tiap mesin dengan tujuan meminimumkan waktu penyelesaian maksimum. *Job Shop Scheduling Problem (JSP)* adalah bagaimana menyusun semua operasi dari semua *job* pada tiap mesin dalam rangka meminimalisasi fungsi *obyektif*. Fungsi obyektif yang dimaksud dapat berupa waktu pengerjaan total atau lebih dengan kita kenal dengan *makespan*. *Job Shop Scheduling Problem (JSP)* merupakan persoalan yang telah banyak diaplikasikan pada berbagai persoalan dunia nyata. Aplikasi *Job Shop Scheduling Problem (JSP)* banyak diterapkan pada soal perencanaan pembangunan dan perencanaan produksi dalam bidang penjadwalan mesin dan *job*. Oleh karena itu pengembangan metode yang efisien untuk penyelesaian *Job Shop Scheduling Problem (JSP)* menjadi sangat penting. Banyak penelitian yang dikembangkan untuk menyelesaikan permasalahan *Job Shop Scheduling Problem (JSP)* yang hasilnya terdapat pada pustaka atau jurnal dengan berbagai pendekatan seperti Aturan *Heuristic* atau *Dispatching Rules*, *Mathematical Models*, *Neural Network*, *Simulated Annealing*, *Tabu Search*, *Fuzzy Logic*, dan *Genetic Algorithm (GA)*. Akan tetapi penelitian terdahulu sampai dengan hingga kini belum ada metode eksak yang dapat menjamin menghasilkan nilai optimal untuk sembarang masalah dalam

waktu secara polynomial. Oleh karena itu *Job Shop Scheduling Problem (JSP)* dikarakteristikan *NP-complete*. Algoritma Genetika merupakan suatu metode penyelesaian masalah yang tergolong heuristik. Algoritma Genetika merupakan metode pencarian yang memanfaatkan mekanisme operasi genetik dan seleksi alam. Berbeda dengan metode pencarian konvensional lain Algoritma Genetika bekerja dengan sekumpulan kandidat solusi (*chromosome*) yang dikenal dengan istilah populasi (*population*). Masing-masing *chromosome* terdiri dari jumlah bilangan atau simbol yang merepresentasikan suatu solusi layak (*feasible solution*) dari persoalan. Algoritma Genetika berusaha mendapatkan individu (solusi) terbaik dengan melakukan kombinasi diantara individu yang baik. Hasil operasi genetika akan diubah kembali menjadi sebuah jadwal yang mudah dipahami oleh pengguna dan dibandingkan dengan metode lainnya berdasarkan *efektivitas* dan solusi yang didapatkan melalui penelusuran pustaka.

METODE PENELITIAN

Metode yang digunakan untuk penelitian dalam makalah ini adalah melalui studi literatur dan simulasi komputasi. Prosedur pertama kali yang dilakukan adalah menentukan bentuk merepresentasikan *chromosome*, Inisialisasi Awal, menentukan nilai "*fitness*" untuk mengevaluasi *chromosome*, operasi genetika yang dipakai (*crossover*/mutasi/seleksi), parameter Algoritma Genetika misalnya ukuran populasi (*pop_size*), *probabilitas crossover* (*Pc*), *probabilitas mutasi* (*Pm*) dan maksimum generasi (*max_gen*). Syarat solusi *Jobshop Scheduling* ini mendapatkan nilai makespan yang minimum. Selanjutnya dari masalah nilai batas ini diturunkan algoritma pencarian dengan menggunakan Genetic Algorithm method dan mensimulasikannya secara komputasi.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Pada penelitian ini dicari fungsi *fitness*/evaluasi yang paling optimum yang berarti *makespan* paling minimum. Ada 10 kasus yang akan dikaji dengan menggunakan program *GA_JobShop* : ta02, ta09, ta13, ta17, ta24, ta26, ta31, ta40, ta45 dan ta50. *Test problem* di atas merupakan kasus yang mengacu pada hasil penelitian terdahulu yang bersifat valid melalui *bench marck* pada *OR library* pada alamat *website* <http://people.brunel.ac.uk/~mastjjb/jeb/info.html>. *Test problem* di atas akan diimplementasikan pada program Algoritma Genetika untuk *Job Shop Scheduling* dengan menggunakan Software Aplikasi Dev C++ v.4.9.9.2.

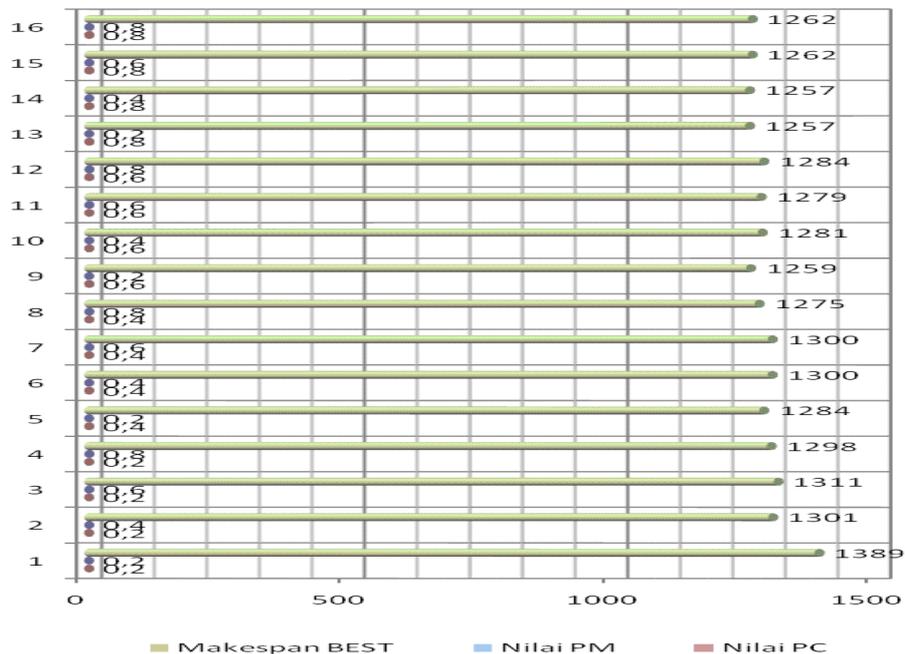
Test problem di atas akan diuji sebanyak 10 kali dan diambil nilai *makespan* terbaik, *average computation time* (ACT), *chromosome* untuk *makespan* terbaik, grafik *makespan* minimum dan *makespan* maksimum terhadap generasi, dan visualisasi grafik *chromosome* terbaik setiap kasus melalui *Gant Chart*. Nilai-nilai parameter Algoritma Genetika yang digunakan untuk *test problem* dari 10 kasus adalah sebagai berikut Jumlah populasi (*pop_size*) : 50, Generasi maksimum (*max_gen*) : 200, Probabilitas *crossover* (*Pc*) : 0.4, Probabilitas mutasi (*Pm*) : 0.2. Probabilitas *crossover* (*Pc*) adalah rasio antara jumlah *chromosome* yang diharapkan mengalami *crossover* dalam setiap generasi dengan jumlah *chromosome* total dalam populasi. Probabilitas mutasi (*Pm*) adalah persentase *chromosome* yang akan mengalami mutasi terhadap total *chromosome* di dalam populasi. Jumlah Populasi (*Popsiz*e) menunjukkan ukuran populasi, yaitu jumlah *chromosome* dalam satu populasi. Jumlah populasi pada Program Algoritma Genetika *Job Shop Scheduling* ditentukan sebesar 50 Populasi, artinya terdapat 50 *chromosome* dalam setiap populasi. Generasi maksimum (*max_gen*) digunakan sebagai kriteria penghentian. Pada 10 kasus di atas, generasi maksimum ditentukan sebesar 200 generasi, artinya proses pencarian Algoritma Genetika akan berhenti setelah generasi atau populasi sudah mencapai 200. Untuk mengetahui seberapa besar faktor mutasi dan *crossover* maka penulis mencoba untuk melakukan penelitian pada salah satu kasus yaitu pada Kasus ta17.txt yang dicoba sebanyak 16 kali. Faktor mutasi dan *crossover* yang dipakai adalah 0,2 , 0,4 , 0,6 dan 0,8 lalu dilihat seberapa pengaruh dari parameter pada Algoritma Genetika khususnya pada *Pc* dan *Pm* terhadap Kasus *Job Shop Scheduling*. Setelah

melakukan penelitian maka penulis membuat suatu tabel perbandingan pengaruh parameter Algoritma Genetika pada *crossover* dan mutasi terhadap *Job Shop Scheduling* yang hasilnya sebagai berikut :

Tabel 4. Perbandingan Nilai *Pc* dan *Pm* terhadap Nilai Makespan Final

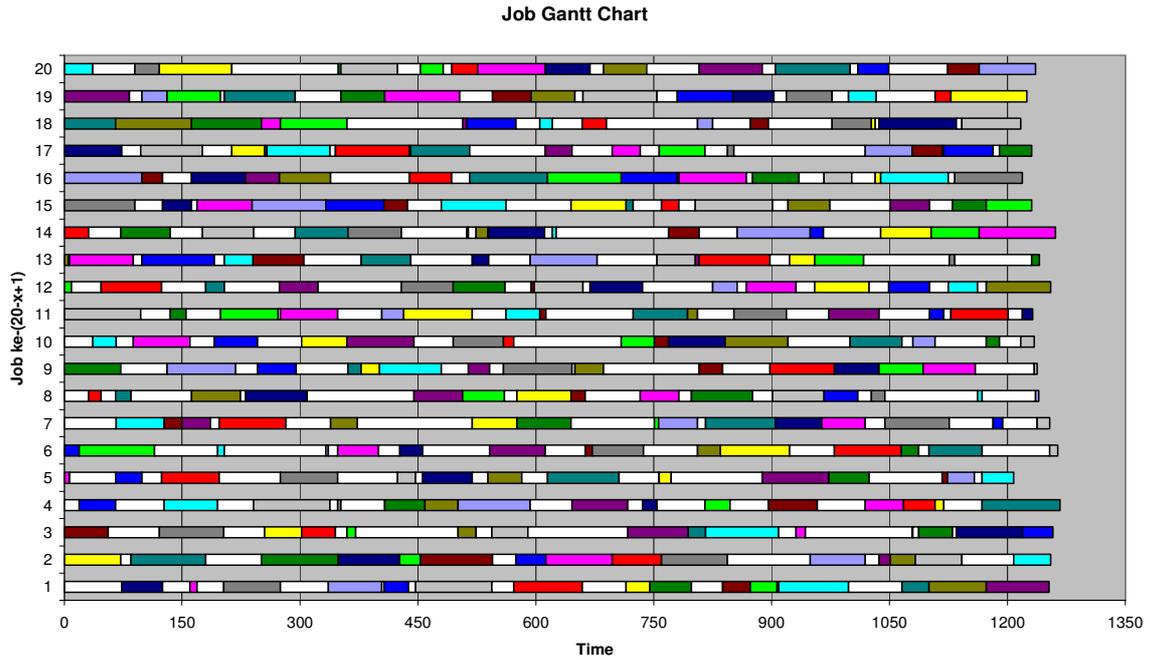
No	Pc	Pm	Populasi	Generasi	Makespan Best
1	0,2	0,2	50	200	1389
2		0,4	50	200	1301
3		0,6	50	200	1311
4		0,8	50	200	1298
5	0,4	0,2	50	200	1284
6		0,4	50	200	1300
7		0,6	50	200	1300
8		0,8	50	200	1275
9	0,6	0,2	50	200	1259
10		0,4	50	200	1281
11		0,6	50	200	1279
12		0,8	50	200	1284
13	0,8	0,2	50	200	1257
14		0,4	50	200	1257
15		0,6	50	200	1266
16		0,8	50	200	1262

Bila hasil dari tabel di atas penulis visualisasikan kedalam bentuk grafik maka grafik untuk pengaruh dari mutasi, *crossover* terhadap nilai *makespan* yang dihasilkan dapat dilihat sebagai berikut :

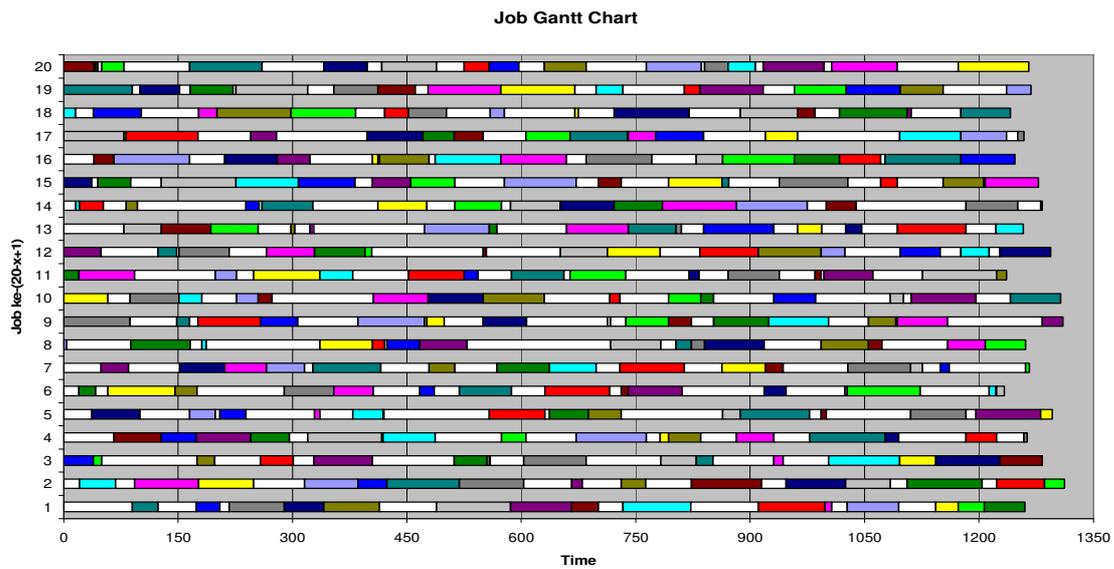


Gambar 1. Pengaruh nilai pada mutasi dan *crossover* terhadap nilai *makespan* yang dihasilkan.

Setelah melakukan test uji untuk kasus ta17 sebanyak 10 kali maka didapatkan untuk *chromosome* terbaik Kasus ta17 Kasus 20 *Job* dan 15 Mesin yang divisualisasikan pada grafik seperti Job GanttChart berikut ini :



Gambar 2. *Best Chromosome* dengan *makespan* 1267 satuan waktu



Gambar 3. *Worst Chromosome* dengan *makespan* 1312 satuan waktu

Tabel 1. Daftar indeks warna mesin pada *Job Shop Scheduling*

NOMOR MESIN	INDEKS WARNA	NOMOR MESIN	INDEKS WARNA
1	Red	28	Dark Red
2	Green	29	Dark Green
3	Blue	30	Dark Blue
4	Yellow	31	Cyan
5	Magenta	32	Light Blue
6	Cyan	33	Light Green
7	Dark Red	34	Yellow
8	Dark Green	35	Light Blue
9	Dark Blue	36	Pink
10	Olive	37	Purple
11	Purple	38	Orange
12	Teal	39	Blue
13	Grey	40	Cyan
14	Grey	41	Yellow-Green
15	Light Purple	42	Yellow
16	Dark Purple	43	Orange
17	Yellow	44	Dark Orange
18	Light Cyan	45	Grey
19	Dark Purple	46	Dark Grey
20	Dark Red	47	Dark Blue
21	Blue	48	Dark Green
22	Light Purple	49	Dark Green
23	Dark Blue	50	Dark Green
24	Magenta	51	Dark Green
25	Yellow	52	Dark Green
26	Cyan	53	Dark Green
27	Dark Purple	54	Dark Green

Tabel hasil penelitian pada *test problem* yang menggunakan metode Algoritma Genetika dengan nilai $P_c = 0,4$ dan $P_m = 0,2$ seperti yang di bawah ini

T

Tabel 6. Hasil penelitian *Job Shop Scheduling* dengan metode Algoritma Genetika

No	Test Problem	Job	Mach	GA			Time Computation			Optimal
				Best	Worst	Average	Best	Worst	Average	
1	Ta02	15	15	1022	1062	1040,6	614	1255	946,4	978
2	Ta09	15	15	1065	1112	1078,1	539	624	570,6	1040
3	Ta13	20	15	1199	1230	1213,2	724	898	768,9	1180
4	Ta17	20	15	1267	1312	1289,1	731	1332	1008,2	1256
5	Ta24	20	20	1440	1500	1474,7	664	1697	1119	1408
6	Ta26	20	20	1454	1514	1476,3	457	894	701,9	1402
7	Ta31	30	15	1764	1764	1764	410	1961	701,9	1764
8	Ta40	30	15	1604	1673	1638,8	516	999	736	1608
9	Ta45	30	20	1893	1948	1908,9	619	1327	828,8	1785
10	Ta50	30	20	1863	1920	1901,8	632	1337	944,6	1809

Pada tabel di atas terlihat bahwa program Algoritma Genetika sangat efisien dan efektif dalam penyelesaian masalah penjadwalan tipe *job shop* berskala kecil maupun besar. Semakin besar penjadwalan tipe *job shop* maka waktu komputasi yang dibutuhkan akan semakin besar, akan tetapi waktu komputasi di atas sangat bervariasi dikarenakan pada waktu merunning program mungkin masih ada program lain yang masih berjalan.

Setelah didapat tabel hasil penelitian pada *test problem* dengan menggunakan metode Algoritma Genetika, maka diambil suatu perbandingan dengan metode lain dengan menggunakan penelurusan pustaka melalui *bench mark* yang hasilnya seperti di bawah ini :

Tabel 7. Perbandingan antara metode Algoritma Genetika dengan metode yang lain.

No	Test	Job	Mach	Metode <i>Job Shop Scheduling</i>								Optimal
				GA			SA	Tabu Search	Local Search with Shifting Bottleneck	Taboo Search with NS	Applegate & Cook's Algorithm	
				Best	Worst	Average						
1	Ta02	15	15	1022	1062	1040,6	-	1244 (NS)	-	-	1244 (VA)	978
2	Ta09	15	15	1065	1112	1078,1	-	1274 (B)	1274 (BV)	-	1274 (VA)	1040
3	Ta13	20	15	1199	1230	1213,2	-	-	1342 (H2)	1282 (S)	1271 (VA)	1180
4	Ta17	20	15	1267	1312	1289,1	-	-	1478 (BV)	1462 (S,Nsb)	1458 (VA)	1256
5	Ta24	20	20	1440	1500	1474,7	1646 (ZLGR)	-	1659 (BV)	-	1602 (VA)	1408
6	Ta26	20	20	1454	1514	1476,3	-	1655 (We)	1647 (H2)	1645 (Nsd)	1539 (VA)	1402
7	Ta31	30	15	1764	1764	1764	-	1764 (Ta1) 1766 (NS)	-	1764 (AHLs)	-	1764
8	Ta40	30	15	1604	1673	1638,8	1673 (ZLGR)	1673 (Ta1)	1681 (BV)	1674 (Nsb)	1631 (VA)	1590
9	Ta45	30	20	1893	1948	1908,9	-	-	-	2000 (Nsb)	1997 (VA)	1785
10	Ta50	30	20	1863	1920	1901,8	-	1926 (JPC)	1967 (BV)	-	1807 (VA)	1809

Keterangan :

GA (Genetic Algorithm); SA (*Simulated Annealing*); ZLGR= ChaoYong Zhang (2005)

Taboo Search ; NS= E. Nowicki, C. Smutnicki (1993) ; B = Wolfgang Brinkkoetter (27.1.1999) ; Ta1 = E. D. Taillard, (1994); We = M. Wennink (1995); *Local Search with Shifting Bottleneck*; BV = E. Balas, A. Vazacopoulos (1995) ; H2 = André Henning (2002)

Taboo Search with Neighborhood Structure S = R. Schilham (11.7.2000) ; Nsb = E.Nowicki, C.Smutnicki, (2001) ; Nsd = E.Nowicki, C.Smutnicki, (2002); JPC = João Paulo Caldeira (2003)

Applegate & Cook's Algorithm. VA = R.J.M. Vaessens (1995) ; Vaa = R.J.M. Vaessens (1996),

KESIMPULAN DAN SARAN

Dari uji coba hasil penelitian menunjukkan bahwa program Algoritma Genetika sangat efisien dan efektif dalam penyelesaian masalah penjadwalan tipe *job shop* berskala kecil maupun besar. Bila dibandingkan dengan metode lain seperti SA, *Taboo Search*, *Taboo Search with Neighborhood Structure*, Metode *Local Search with Shifting Bottleneck* dan *Applegate & Cook's Algorithm* maka Algoritma Genetika lebih unggul, karena hasil yang didapat dari 10 Test Problem yang telah diuji sebanyak 10 kali, lebih banyak menghasilkan nilai yang lebih kecil bila dibandingkan dengan metode penyelesaian *Job Shop Scheduling* yang lain. Dari uji coba kinerja, dapat ditarik kesimpulan bahwa peningkatan hasil optimasi penjadwalan akan berpengaruh terhadap peningkatan waktu komputasi. Untuk mendapatkan solusi yang semakin optimal, maka waktu komputasi yang dibutuhkan juga semakin meningkat. Perubahan parameter genetik memberikan pengaruh yang cukup signifikan terhadap hasil penjadwalan dan beberapa parameter yang lain memberikan sedikit pengaruh terhadap hasil penjadwalan. Perubahan parameter laju seleksi, parameter laju tukar silang, jumlah populasi dan banyaknya generasi memberikan pengaruh yang

sangat signifikan terhadap optimasi penjadwalan. Akan tetapi untuk laju mutasi hanya sedikit berpengaruh. Saran yang diperlukan untuk penelitian lebih lanjut tentang aplikasi Algoritma Genetika untuk *Job Shop Scheduling* adalah sebagai berikut Pengembangan aplikasi program yang dapat langsung menerjemahkan *chromosome* terbaik ke dalam bentuk diagram penjadwalan, Pengembangan program untuk dapat memproses suatu job yang dapat mengunjungi mesin yang sama lebih dari satu kali, Penerapan *Job Shop Scheduling* dengan metode Algoritma Genetika pada permasalahan di dunia kerja seperti pada industri, pemerintahan, perbankan dan lainnya.

DAFTAR PUSTAKA

- Betrianis dan Aryawan., P.T., 2003. Penerapan *Algoritma Tabu Search* dalam Penjadwalan *Job Shop*. Makara. *Jurnal Teknik Industri*, Vol 7 (3).
- Buzatu. C., and Bancila, D., 2008. *A Hybrid Algorithm For Job Shop Scheduling*. *Jurnal Internasional DAAAM Baltic Conference*. Industrial Engineering. 24-26 April 2008.
- Kaschel, J., Teich, T., Kobernik, G., and Meier, B., 1998. *Algorithm for the Job Shop Scheduling Problem – A Comparison of Different Methods*. Technische University Chemnitz.
- Munawar, H., 2006. *Penjadwalan Job Shop dengan Algoritma Simulated Annealing*. Program Prodi Teknik Informatika, STIE Institut Teknologi Bandung.
- Omar, M., Baharum, A., and Hasan, Y. A., 2006. *A Job Shop Scheduling Problem (JSSP) Using Generic Algorithm*. School of Mathematical Sciences. University Sains of Malaysia.
- Othman. Z., and Subari. K., 2004. *Job Shop Scheduling With Alternative Machines Using Genetic Algorithm*. *Jurnal Teknologi*, 41 (D) Dis 2004 : Vol 67 – 78. University Teknologi Malaysia.
- Panggabean., H. P., 2005. Penjadwalan *Job Shop Statik dengan Algoritma Tabu Search*. *Jurnal Teknologi*, Vol 10 (1). Maret 2005.
- Prasetyo, S., 2005. *Penjadwalan Job Shop untuk Meminimasi Makespan*. Program Pasca Sarjana Magister Manajemen Industri, Institut Teknologi Sepuluh Nopember Surabaya.
- Riswan., 1993. Rancangan Program Komputer untuk Penjadwalan *Job Shop* dengan Metode *Priority Dispatching*. *Jurnal Teknik Industri*, Vol 5 (1). Juni 1993. 45 – 51.
- Satrio, A.B., 2007. *Optimasi Masalah Penjadwalan Job Shop untuk Industri Pertanian dengan Menggunakan Algoritma Genetika*. Fakultas Teknologi Pertanian, Institut Pertanian Bogor.
- Saputro, N., dan Yento., 2004. Pemakaian Algoritma Genetik untuk Penjadwalan *Job Shop* Dinamis Non Deterministik. *Jurnal Teknik dan Manajemen Industri*, Vol 6 (1). Juni 2007. 61 – 70.
- Syarief, A., 2006. *Kapita Selekta Matematika*. Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam. Jurusan Matematika. Universitas Lampung.
- Wahyudi, D., 1999. Perbandingan Kinerja Algoritma Genetika dan Algoritma *Heuristik Rejendran* untuk Penjadwalan Jenis *Flowshop*. *Jurnal Teknik dan Manajemen Industri*. Vol 1 (1), Desember 1999, 41 – 50.
- Werner, J.C., and Aydin. M.E., 2000. *Evolving Genetic Algorithm For Job Shop Scheduling Problem*. School of Computing, Information Systems and Mathematics. South Bank University. London.
- Yamada, T., and Nakano, R., 1997. *Genetic Algorithm for Job Shop Scheduling Problems*. *Journal Proceedings of Modern Heuristic for Decision Support*, pp. 67-81, UNICOM seminar.
- Yogaswara, Y., 2003. Modifikasi Algoritma Genetika untuk Penjadwalan *n job m* mesin *Flowshop*. *Jurnal Teknik Industri*, Vol 5 (1). Juni 2003. 65 – 74.
- Zukhri., Z., dan Alhakim., S., 2004. *Algoritma Semut Pada Penjadwalan Produksi Job Shop*. *Media Informatika*, Vol 2 (2). Desember 2004. 75 – 81.

