

# Sistem Penjadwalan Produksi Menggunakan Metode Fuzzy Support Vector Machines dan Algoritma Evolusi Fuzzy

Ida Bagus Putra Manuaba, S.Kom

Magister Teknik Elektro, Fakultas Teknik, Universitas Udayana  
Denpasar- Bali, Indonesia  
[manuaba.putra@gmail.com](mailto:manuaba.putra@gmail.com)

**Abstract**—Penjadwalan produksi merupakan salah satu bentuk pengaturan waktu pada sebuah proses penjadwalan. Proses penjadwalan yang baik dapat menghasilkan keuntungan dan optimasi waktu pada proses produksi. Penelitian ini difokuskan pada penyelesaian permasalahan penjadwalan *job shop* pada ruang lingkup sistem *make to order*. Permasalahan dari sistem penjadwalan *job shop* dengan domain *make to order*, adalah sangat tidak sensitif terhadap perubahan-perubahan yang terjadi pada jadwal yang telah berjalan pada proses produksi. Proses penyusunan jadwal menerapkan sistem penjadwalan maju dan sistem penjadwalan mundur, serta mengintegrasikan dengan konsep penjadwalan *the rolling time window*. Perancangan sistem penjadwalan produksi menggunakan metode *fuzzy SVMs* sebagai metode klasifikasi dan algoritma fuzzy evolusi sebagai algoritma pada proses penentuan jarak pada proses penyusunan jadwal. *Fuzzy SVMs* merupakan metode yang telah teruji mampu menyelesaikan permasalahan klasifikasi pada permasalahan *non linier*. Sedangkan pada proses *routing* penjadwalan, dimanfaatkan metode *fuzzy evolusi* sebagai metode penyelesaian permasalahan penyusunan jadwal produksi.

**Kata kunci**—*penjadwalan produksi, penjadwalan job shop, the rolling time window, fuzzy support vector machines, evolusi fuzzy*

## I. PENDAHULUAN

Penjadwalan produksi merupakan salah satu bentuk pengaturan waktu pada sebuah proses produksi. Proses penjadwalan produksi tidak hanya mengatur waktu dari proses produksi, tetapi juga pengaturan terhadap fasilitas-fasilitas pada sebuah proses produksi. Sistem penjadwalan yang baik dapat memberikan kemudahan dan hasil yang maksimal pada sebuah proses produksi. Penelitian ini mencoba mengangkat sebuah sistem penjadwalan produksi dan berfokus kepada penjadwalan *job shop* pada lingkup produksi *make to order*. Pada area sistem penjadwalan *make to order*, proses produksi dilakukan dengan sistem penjadwalan mundur "*back ward scheduling*", sehingga proses penjadwalan di fokuskan kepada proses pekerjaan akhir yang akan dijadwalkan terlebih dahulu.

Kelemahan dari sistem penjadwalan mundur ini sering menimbulkan permasalahan keterlambatan terhadap proses penyelesaian proses produksi, karena metode ini tidak sensitif terhadap perubahan yang terjadi pada pelaksanaan teknis proses produksi. Penyelesaian dari kasus penjadwalan mundur ini adalah dengan menerapkan konsep penjadwalan "*the*

*rolling time window*" [8] Sun, D. dan Lin, L. (1994). Penelitian ini mencoba memadukan sistem penjadwalan maju dan sistem penjadwalan mundur, dengan menggunakan konsep "*the rolling time window*" sebagai media penghubung dua buah metode pada sistem penjadwalan ini. "*The rolling time window*" digunakan untuk membuat batasan waktu terhadap proses-proses produksi yang akan dijadwalkan secara maju. Dimana untuk panjang dari "*the rolling time window*" yang digunakan, akan ditetapkan secara statis. Untuk proses penempatan dari pekerjaan pada media *the rolling time window* digunakan metode klasifikasi *fuzzy support vector machines*. Metode *fuzzy support vector machines* dianggap mampu menyelesaikan permasalahan *unclasses* pada proses klasifikasi *support vector machines* [1] Sigeo Age dan Takuya Inoe (2002).

Proses penyusunan jadwal pada jurnal ini memanfaatkan algoritma evolusi fuzzy. Algoritma ini merupakan sebuah metode gabungan antara logika fuzzy dan algoritma evolusi, dan untuk penelitian ini menggunakan algoritma genetika sebagai metode evolusi untuk menyelesaikan permasalahan penyusunan jadwal produksi. Model fuzzy yang digunakan pada penelitian ini adalah metode fuzzy model Xu, logika fuzzy model Xu ini merupakan model fuzzy yang sangat cocok dipadukan dengan algoritma genetika [7] Musyid, S. dan Kusumadewi, S (2007). Proses penyusunan jadwal dengan algoritma evolusi fuzzy ini dilakukan pada masing-masing sekat waktu "*the rolling time window*". Proses ini dimaksudkan untuk memberikan hasil yang maksimal terhadap masing-masing periode penjadwalan produksi *fuzzy support vector machines*.

## II. TINJAUAN PUSTAKA

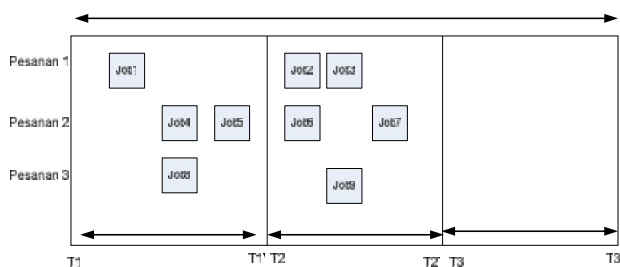
### A. Penjadwalan Produksi

Penjadwalan merupakan sebuah upaya untuk mengalokasikan sumber daya, baik itu berupa sumber daya manusia, sumber daya waktu dan sumber daya mesin. Tujuan utama dari penjadwalan adalah menciptakan sebuah jadwal atau pengalokasian masing-masing sumber daya dengan tepat, sehingga memudahkan perusahaan melakukan proses produksi. (Krajewski dan Ritzman, 2005) menyebutkan bahwa pada dasarnya penjadwalan adalah pengalokasian sumber daya

dari waktu ke waktu untuk menunjang pelaksanaan dan penyelesaian suatu aktivitas pengerjaan spesifik.

Permasalahan penjadwalan *job shop* merupakan penjadwalan yang berbasis pesanan pelanggan, dimana proses produksi akan dimulai ketika terdapat pesanan oleh pelanggan. [8] Sun, D. dan Lin, L. (1994) menyatakan terdapat beberapa kelemahan pada sistem penjadwalan mundur yakni (1) penyusunan jadwal yang relatif rumit (2) rentanya terjadi keterlambatan pengerjaan, karena kurang sesitifnya jenis penjadwalan mundur ini terhadap perubahan-perubahan yang terjadi selama proses produksi, sehingga mereka mengusulkan sebuah kerangka penjadwalan dinamik semi *online*, yaitu penjadwalan dinamik yang terdiri dari serangkaian penjadwalan statik dengan sebuah pendekatan yang dinamakan *rolling time window*.

Penelitian ini memanfaatkan media penjadwalan *the rolling time window*, sebagai batas atau sekat penjadwalan yang akan dilakukan secara dinamis. Sekat penjadwalan akan ditentukan secara statis atau tetap, hal ini dimaksudkan untuk membatasi waktu penjadwalan pada masing-masing sekat waktu. Ilustrasi dari sekat atau media penadwalan dapat dilihat pada gambar 1 media penjadwalan produksi.



.Gambar 1. Media penjadwalan produksi

**B. Fuzzy Support Vector Machines**

*Fuzzy support vector machines* merupakan metode yang menggabungkan antara logika fuzzy an metode *support vector machines* untuk multi kelas. Metode ini dikembangkan oleh [1] Sigeo Age dan Takuya Inoe (2002), dimana mereka mengembangkan sebuah metode SVM yang dipadukan dengan logika *fuzzy*. Penelitian *fuzzy support vector machines* dikembangkan untuk mengatasi permasalahan *unclasses* pada proses klasifikasi dengan menggunakan metode satu lawan satu (*one againts one*), dengan menggunakan metode ini, dibangun  $k(k-1)/2$  buah model klasifikasi *biner* ( $k$  adalah jumlah kelas). Setiap model klasifikasi dilatih pada data dari dua kelas. Untuk data pelatihan dari kelas ke- $i$  dan kelas ke- $j$ , dilakukan pencarian solusi untuk persoalan optimasi konstrain sebagai berikut.

Proses *training* dari kelas ke- $i$  dan ke- $j$ , dapat diselesaikan dengan permasalahan dua kelas sebagai berikut.

$$\min_{w^{ij}, b^{ij}, t_r^{ij}} \frac{1}{2} (w^{ij})^T w^{ij} + C \sum_r t_r^{ij} \tag{1}$$

$$w^{ij} x_r + b^{ij} \geq 1 - t_r^{ij}, \text{ jika } y_r = i \tag{2}$$

$$w^{ij} x_r + b^{ij} \leq 1 + t_r^{ij}, \text{ jika } y_r = j \tag{3}$$

Dimana  $C$  adalah toleransi dari proses akurasi pelatihan, dan  $r$  menunjukkan indeks dari data setiap kelas. Proses pelatihan dilakukan untuk menemukan fungsi pemisah pada setiap kelas, setelah fungsi pemisah ditemukan maka proses selanjutnya adalah melakukan testing terhadap data. Pada metode *support vector machines* konvensional, digunakan beberapa metode untuk melakukan pemilihan data, seperti *max-voting*.

Proses klasifikasi *fuzzy support vector machines* hampir mirip dengan metode *svm* konvensional. Metode *fuzzy svm* diperkenalkan untuk menyelesaikan permasalahan *unclasses* pada permasalahan *svm* multikelas. Untuk menyelesaikan permasalahan bidang pemisah optimal  $D_{ij}x = 0 (i \neq j)$  maka akan didefinisikan fungsi *membersip*  $m_{ij}(x)$  satu dimensi secara ortogonal, dengan  $D_{ij}x = 0$ , yang mengikuti fungsi.

$$m_{ij}x = \begin{cases} 1 & \text{untuk } D_{ij}x \geq 1 \\ D_{ij}x & \text{lainnya,} \end{cases} \tag{4}$$

Penggunaan  $m_{ij}x (j \neq i, j = 1, \dots, n)$ , kita definisikan dengan kelas  $i$  sebagai fungsi *membersip* dari  $x$  menggunakan operator minimum [8] Sigeo Age dan Takuya Inoe (2002).

$$m_i x = \min_{j=1, \dots, n} D_{ij}(x) \tag{5}$$

$$\arg \max_{i=1, \dots, n} m_i(x) \tag{6}$$

**C. Fuzzy Evolusi**

Algoritma *fuzzy evolusi* adalah sebuah teknik komputasi gabungan antara algoritma genetika dan sistem *fuzzy*. Metode ini hampir sama dengan metode algoritma genetika, namun parameter-parameter yang dipakai dihasilkan dari sebuah sistem *fuzzy*. Dalam menentukan nilai yang dihasilkan melalui sistem *fuzzy* perlu dibuat aturan-aturan *fuzzy* yang digunakan untuk penentuan hasil. Dalam model Xu aturan *fuzzy* yang digunakan didasarkan dari masukan jumlah populasi yang diinginkan serta jumlah maksimum generasi. Dari dua masukan tersebut akan menghasilkan nilai untuk probabilitas rekombinasi dan probabilitas mutasi.

Aturan-aturan yang dikembangkan oleh Xu diimplementasikan dalam sistem *fuzzy Mamdani*. Agar logika *fuzzy Mamdani* dapat menghasilkan *output*, tentunya diperlukan semesta pembicaraan dan domain yang memberikan nilai batas untuk setiap himpunan yang ada pada tiap variabel. Aturan yang ditentukan oleh Xu dapat dilihat dalam tabel 2 aturan untuk probabilitas rekomendasi (*crossover*).

TABEL 2. ATURAN PROBABILITAS CROSSOVER

Pc	Population Size		
	Small	Medium	Large
Generation	Small	Medium	Large
Short	Medium	Small	Small
Medium	Large	Large	Medium
Long	Very Large	Very Large	Large

Dengan aturan di atas, jumlah populasi dan maksimum generasi yang dimasukkan akan dianalisa dengan metode Mamdani, sehingga didapatkan nilai probabilitas *crossover* dan probabilitas mutasi yang mana akan dipakai dalam iterasi. Dalam algoritma *fuzzy evolusi*, aturan-aturan *fuzzy* yang telah

dibuat harus sudah diimplementasikan terlebih dahulu sebelum proses *iterasi* dilakukan. Aturan nilai probabilitas mutasi dapat dilihat pada tabel 3 aturan untuk nilai probabilitas mutasi.

TABEL 3. ATURAN PROBABILITAS MUTASI

Pm	Population Size		
	Small	Medium	Large
Generation	Small	Medium	Large
Short	Large	Medium	Small
Medium	Medium	Small	Very Small
Long	Small	Very Small	Very Small

Proses penentuan nilai aturan-aturan pada algoritma evolusi fuzzy, memanfaatkan aturan yang telah dikembangkan pada penelitian pembentukan *toolbox* algoritma evolusi fuzzy yang dikembangkan oleh [7] Musyid, S. dan Kusumadewi, S (2007).

III. METODELOGI PENELITIAN

Sistem penjadwalan produksi menggunakan metode *fuzzy support vector machine* dan algoritma *fuzzy evolusi (evolutionary fuzzy)* adalah sebuah sistem yang berfungsi sebagai pendukung keputusan pada aktivitas penjadwalan khususnya pada industri dengan sistem produksi *make to order*. Pelaksanaan usulan penelitian ini dilakukan di Program Magister Jurusan Teknik Elektro Fakultas Teknik, Universitas Udayana yang dimulai pada bulan Maret 2013 – Juli 2013 dengan data uji diperoleh dari perusahaan percetakan CV. Karya Sastra. Alur analisis usulan penelitian dilakukan berdasarkan permasalahan yang ditangani sistem. Maka pembahasan yang akan dikaji di dalam usulan penelitian ini dilakukan dengan langkah-langkah sebagai berikut

A. Preprocessing Data

Preprocessing data berupa sebuah proses untuk memetakan data pesanan ke dalam bentuk data "input space" (x, y dan z), yang kemudian akan membentuk sebuah pola kode yang akan digunakan sebagai input data pada proses klasifikasi data pesanan. Data masukan atau data *input* pada proses penjadwalan dapat dilihat pada tabel 4 tabel data pekerjaan.

TABEL 4. TABEL DATA PEKERJAAN

Pekerjaan	M1	M2	M3	M4	M5
Job-1	0	120	0	0	0
Job-2	60	0	45	240	120
....	...	...	....	....	....
Job-8	90	0	300	650	0
Job-9	45	0	45	0	0

Tahap awal pada proses preprocessing data adalah proses pembentukan nilai x atau skala data pemisah, kemudian pencarian nilai y atau nilai prioritas pengerjaan pesanan dan nilai z yang merupakan data tingkat kesulitan sebuah pengerjaan. Skala penempatan posisi pekerjaan pada proses pembagian pekerjaan dapat diselesaikan menggunakan perhitungan.

$$t_{skal} = \frac{t_{dd}}{j_n} \tag{7}$$

Dimana  $t_{skal}$  = skala waktu dengan satuan hari,  $t_{dd}$  adalah *due date* atau tanggal batas waktu penyelesaian dan  $j_n$  adalah jumlah hasil bagi lama pekerjaan terlama pada mesin tertentu yang dibagi dengan kapasitas maksimal produksi per hari yakni 300 menit. Proses skala akan menghasilkan beberapa pekerjaan baru, seperti pada tabel 5 tabel data pekerjaan terskala.

TABEL 5. TABEL DATA PEKERJAAN TERSKALA

Pekerjaan	M1	M2	M3	M4	M5
Job-1	0	120	0	0	0
Job-2	60	0	45	240	120
....	...	...	....	....	....
Job-8-1	90	0	300	300	0
Job-8-2	0	0	0	300	0
Job-8-3	0	0	0	50	0
Job-9	45	0	45	0	0

Untuk nilai x, y dan z dapat diselesaikan menggunakan persamaan berikut.

$$x_0 = \frac{t_{min} + t_{skal}}{30} \tag{8}$$

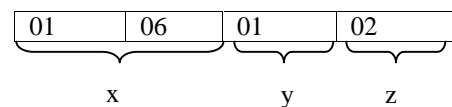
$$x_i = \frac{x_{i-1} + t_{skal}}{30} \tag{9}$$

$$M_{ji} = M_{work-i} - M_{dum-i} \tag{10}$$

$$y_i = \frac{M_{ji}}{M_{j1} + M_{j2} + M_{jn}} \times P_r \tag{11}$$

$$z_i = \frac{M_{ji}}{M_{j1} + M_{j2} + M_{jn}} \times P_t \tag{12}$$

Dimana  $M_{ji}$  adalah mesin pada pekerjaan ke-i yang dicari dan  $M_{work-i}$  merupakan mesin yang memiliki proses pengerjaan  $> 0$  dan  $M_{dum-i}$  merupakan mesin yang memiliki pekerjaan *dummy* atau tidak memiliki pekerjaan  $t=0$ . Setelah proses perhitungan nilai x,y dan z maka akan didapatkan kode seperti pada gambar 2 kode input data.



Gambar 2. Kode input data (input space)

Tabel 4 tabel data pesanan di konversi ke dalam *input space* akan menghasilkan data seperti tabel 5 tabel data *input space*.

TABEL 5. TABEL DATA INPUT SPACE

Pekerjaan	Kode input
Job-1	01060102
Job-2	02160203
....	...
Job-8-1	06270304
Job-8-2	16270203
Job-8-3	25270101
Job-9	07140102

### B. klasifikasi Model Menggunakan Metode Fuzzy SVMs

Proses klasifikasi model merupakan sebuah proses pemetaan data pesanan ke dalam kategori klasifikasi yakni kelas 1 mewakili rentang waktu *window* pertama, kelas 2 mewakili rentang *window* yang kedua dan kelas 3 mewakili rentang *window* yang ke tiga. Tahapan dari proses klasifikasi adalah sebagai berikut.

**Langkah 1.** Merupakan proses pembelajaran atau *training* yang dilakukan menggunakan metode *support vector machines*

**Langkah 2.** Merupakan proses klasifikasi *support vector machines* dengan menggunakan metode satu lawan satu (*one-against-one*).

**Langkah 3.** Merupakan langkah pengecekan hasil dari proses seleksi klasifikasi pada langkah dua. Pada fase ini akan dipisahkan data yang tergolong *unclasses* atau tidak mendapatkan kelas.

**Langkah 4.** Merupakan proses fuzzy, yang dimanfaatkan untuk menempatkan data *unclasses*.

Hasil dari keseluruhan proses berupa data pesanan yang terkelompok atas kelas-kelas yang telah ditentukan. Represntasi penempatan data pada kelas-kelas *support vector machines* dapat dilihat pada gambar 1 media penjadwalan produksi

### C. Pencarian Rute Jadwal Terpendek Menggunakan Metode Fuzzy Evolusi

Proses *routing* merupakan salah satu proses dari penjadwalan dengan memetakan atau penyesuaian urutan pekerjaan. Proses *routing* memanfaatkan metode *fuzzy* evolusi untuk mencari jadwal yang optimal. Metode *fuzzy* evolusi merupakan metode gabungan algoritma *fuzzy* dengan algoritma evolusi (dalam usulan penelitian ini digunakan algoritma genetika).

Metode *fuzzy* evolusi merupakan sebuah metode gabungan logika *fuzzy* dan algoritma evolusi. Penelitian ini menggunakan algoritma genetika sebagai metode evolusi yang akan dikomparasi dengan logika *fuzzy*. Logika *fuzzy* digunakan untuk menentukan nilai populasi dan generasi sebagai penentu hasil dari probabilitas mutasi. Metode *fuzzy* evolusi yang digunakan pada penelitian ini menggunakan aturan dari Xu untuk penentuan nilai populasi, generasi dan probabilitas mutasi. Aturan penentuan nilai probabilitas mutasi dan *crossover* terdiri dari 9 aturan. Semesta pembicaraan serta nilai untuk populasi, generasi, probabilitas *crossover* dan probabilitas mutasi dapat dilihat pada tabel 6 tabel nilai semesta pembicaraan

TABEL 6. TABEL SEMESTA PEMBICARAAN MODEL XU

Nilai	Populasi	Generasi	Crossover	Mutasi
Small / Short	50-250	30-200	0.627-0.7	0.047-0.083- 0.1-0.14
Medium	80-275	80-275	0.63-0.7- 0.72-0.78	0.1-0.14- 0.167-0.2
Large / Long	350-500	350-500	0.72-0.78- 0.8-0.87	0.15-0.225
Very Large / Long/small	-	-	0.8-0.75	0.025-01
Semsta Pembicaraan	0-1000	0-1000	0.6-0.9	0-0.25

Data yang telah ternormalisasi kedalam bentuk data pekerjaan selanjutnya akan dimasukan kedalam proses penyusunan jadwal. Adapun langkah-langkah dari proses penyusunan jadwal algoritma fuzzy evolusi adalah sebagai berikut.

**Langkah 1.** Adalah proses deklarasi awal, dimana dari data yang dimasikan akan dilakukan perhitungan terhadap nilai populasi dan generasi yang dilakukan oleh sistem. Pada penelitian ini juga disediakan alat bantu penentuan nilai populasi dan generasi secara manual yang dilakukan oleh pengguna.

**Langkah 2.** Proses pencarian nilai probabilitas *crossover* dan mutasi menggunakan logika *fuzzy*. Proses pencarian nilai probabilitas dapat dilakukan satu kali, pada awal proses penyusunan jadwal ataupun dilakukan pada setiap proses generasi. Perbedaan proses pencarian nilai ini, akan berdampak pada waktu yang digunakan untuk menyelesaikan proses penjadwalan.

**Langkah 3.** Merupakan langkah-langkah dari proses algoritma genetika yang terdiri dari proses pembentukan kromosom, evaluasi kromosom, proses seleksi, proses *crossover* dan proses mutasi. Metode seleksi yang digunakan pada penelitian ini adalah metode *roulette wheel*.

## IV. UJI COBA DAN ANALISIS

### A. Lingkungan Uji Coba

Uji coba dilakukan pada perangkat keras komputer dengan spesifikasi : *processor* Intel Core I 3, memori 2 Giga, serta perangkat lunak : aplikasi menggunakan Visual Studio 2012, dengan sistem operasi Windows 7.

### B. Data Uji Coba

Data uji coba yang digunakan adalah data pesanan dari perusahaan percetakan CV.Karya Sastra. Data masukan atau data *input* pada proses pengujian berupa data urutan mesin pada pesanan yang masuk pada perusahaan. Contoh data pesanan dapat dilihat pada tabel 4. Untuk proses uji coba data dikategorikan menjadi tiga jenis data, yakni data pesanan dengan kedatangan pesanan rendah, umumnya hal ini terjadi pada masa-masa *low season* kedatangan tamu pariwisata. Data kedua adalah data pesanan dengan kedatangan pesanan medium, dimana pada fase ini adalah fase awal dari *high season*. Dan data ketiga adalah data kedatangan pesanan tinggi, yang biasanya terjadi pada masa *high season*.

TABEL 7. TABEL KEDATANGAN PESANAN

Bulan Kedatangan Pesanan											
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
Med	Low				Med	High	Medium	High			

Tabel 7 tabel kedatangan pesanan, dapat dilihat intensitas kedatangan pesanan. Setiap kedatangan pesanan memiliki karakteristik pengerjaan yang berbeda, pada kedatangan pesanan rendah, kecenderungan pesanan kecil dan intensitas waktu pengerjaan serta tingkat kesulitan pengerjaan setiap pekerjaan cukup tinggi, demikian juga dengan pesanan lainnya. Pada tabel 8 dapat dilihat karakteristik pekerjaan pada setiap fase kedatangan pesanan.

TABEL 8. TABEL KARAKTERISTIK PEKERJAAN

Pekerjaan	Pekerjaan		
	Rata-rata	Terpanjang	Terpendek
Pekerjaan rendah	50 – 70 job	4800 menit	90 menit
Pekerjaan medium	70 -110 job	2800 menit	90 menit
Pekerjaan Tinggi	110-140job	1500 menit	90 menit

Penelitian dilakukan dengan menggunakan 5 (lima) buah mesin produksi yakni M1 mewakili mesin ceak mono, M2 mewakili mesin cetak sparasi, M3 mewakili mesin potong dan plong, M4 mewakili pusat kerja dari proses penyelesaian akhir, dan M5 mewakili proses pusat kerja digital print yang terdiri dari print A3 dan proses nomoror nota. Karakteristik mesin dan urutan pekerjaan pada mesin ke-*m* dapat dilihat pada tabel 9.

TABEL 9. TABEL URUTAN PEKERJAAN PADA MESIN M

Jenis Produk	M1	M2	M3	M4	M5
Nota Mono Nomor	1		2	4	3
Nota Mono	1		2	3	
Nota Warna No		1	2	4	3
Nota Warna		1	2	3	
Brosur		1	2	3	
Print					1
Passort		1	2	3	

Data pesanan sebagai *input* diklasifikasi menggunakan metode *fuzzy support vector machines*. Nilai variabel pengaturan proses klasifikasi dapat dilihat pada tabel 10 keterangan nilai variabel klasifikasi *support vector machines*. Dan untuk proses penyusunan jadwal pada metode fuzzy evolusi menggunakan algoritma genetika sebagai salah satu algoritma evolusi dan metode *roulete wheel* untuk proses seleksi pada algoritma genetika.

TABEL 10. TABEL UJI METODE FUZZY EVOLUSI & FUZZY SVM

Keterangan	Nilai (Penggunaan)
Metode klasifikasi SVM	<i>Voting (one againts one)</i>
Kernel	Gaussian Kernel
<i>Gamma</i>	6.22
Toleransi	0.200000
Kompleksitas	1.000000
<i>Epsilon (e)</i>	0.002000

C. Metode Uji Coba

Metode uji coba yang digunakan adalah metode perbandingan antara jumlah atau maksimal hari penjadwalan dengan jumlah penalti keterlambatan (dalam hitungan hari), sehingga ditemukan persentase keterlambatan pengerjaan pesanan. Metode uji coba yang digunakan untuk mengetahui kemampuan maksimal dari setiap metode untuk mengatasi permasalahan keterlambatan pengerjaan pesanan.

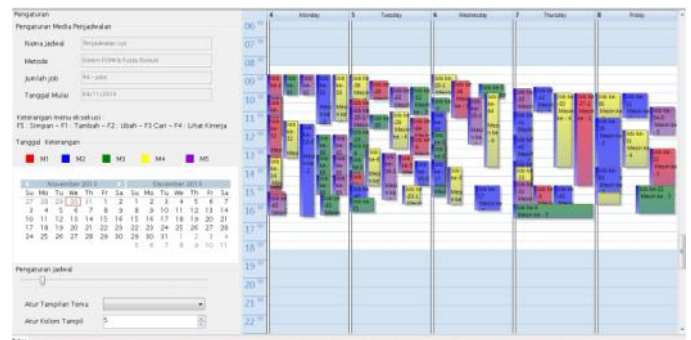
D. Analisa Hasil

Pada proses uji metode penjadwalan, pengujian dilakukan dengan melakukan perbandingan terhadap metode atau teknik penjadwalan yang telah digunakan oleh perusahaan. Dari proses pengujian didapatkan hasil dari nilai *tardiness* atau nilai keterlambatan yang muncul pada proses penjadwalan. Hasil uji coba metode penjadwalan direpresentasikan pada tabel 11 tabel hasil uji metode penjadwalan.

TABEL 11. TABEL HASIL UJI METODE PENJADWALAN

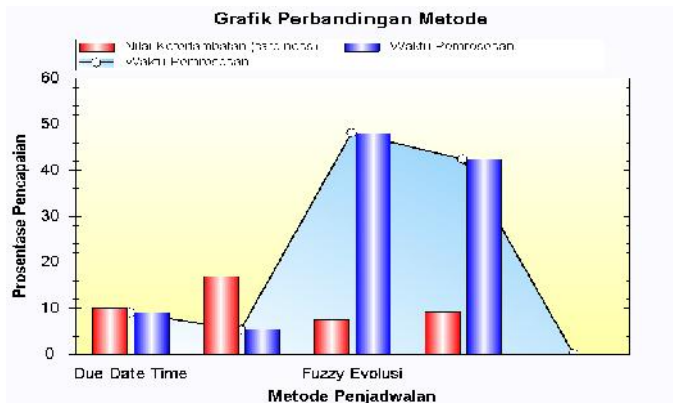
Metode	Rendah		Medium		Tinggi	
	qty	%	qty	%	qty	%
<i>Due Date</i>	50	-	76	1.3	118	3
<i>First Come Firs Server</i>	50	-	76	2.5	118	3.33
<i>Fuzzy Evolusi</i>	50	-	76	0.6	118	1.5
<i>FSVMs + Fuzzy Evolusi</i>	50	-	76	0.33	118	1.2

Dari proses pengujian semua metode ditemukan bahwa pada pesanan kedatangan medium dan rendah, dengan rata-rata kedatangan pesanan adalah 76 pesanan metode FCFS paling banyak mengalami keterlambatan, hal ini dikarenakan penjadwalan berdasarkan tanggal kedatangan, sedangkan pada metode *due date*, juga ditemukan keterlambatan, hal ini disebabkan metode ini tidak bisa mengalokasikan waktu kekosongan mesin atau *idle time*. Metode fuzzy evolusi di anggap mampu mengurangi nilai *tardiness*, karena kemampuannya mengalokasikan waktu pengerjaan pada mesin-mesin yang sedang menganggur dan penambahan metode fuzzy svm dan *media time window*. Hasil dari proses penjadwalan dipetakan ke dalam susunan pekerjaan terhadap dari mesin dan pusat kerja. Hasil dari proses penyusunan jadwal dapat dilihat pada gambar 3. pemetaan hasil penjadwalan.



Gambar 3. Pemetaan Hasil Penjadwalan

Dari hasil seluruh penjadwalan, semua nilai keterlambatan dikumpulkan maka diperoleh perbandingan nilai keterlambatan masing-masing metode. Jika diprosesentasikan nilai keterlambatan seluruh metode yang diujikan didapatkan hasil seperti pada gambar 4 grafik perbandingan tingkat *tardiness* dan waktu proses setiap metode.



Gambar 4 Grafik Batang perbandingan kinerja penjadwalan

## V. KESIMPULAN DAN SARAN

Algoritma fuzzy evolusi dapat berjalan dengan baik pada setiap kasus yang diujicobakan. Dari hasil percobaan didapatkan bahwa algoritma fuzzy evolusi masih dapat menimbulkan nilai *tardiness* pada beberapa kasus penjadwalan. Hal ini disebabkan oleh, tidak adanya nilai pembatas atau media pembatas penjadwalan, sehingga pada beberapa kasus algoritma ini masih memiliki kelemahan pada sistem penjadwalan.

Penerapan konsep *time window* pada penjadwalan sangat efektif digunakan, terutama pada kasus penjadwalan *job shop* dengan jumlah pesanan yang kecil serta intensitas kedatangan pesanan yang tinggi. Penerapan metode fuzzy support vector machines, sangat membantu proses penjadwalan dalam memetakan pesanan ke dalam media penjadwalan (*time window*). Penggabungan kedua metode ini yakni metode *fuzzy support vector machines* dan fuzzy evolusi sangat baik digunakan untuk mengatasi permasalahan penjadwalan pada kasus ini. Namun kendala yang dihadapi dari metode ini adalah waktu komputasi yang cukup panjang serta sekat *time window* yang masih statis.

## DAFTAR PUSTAKA

- [1] Abhe Shigeo dan Inoue Takuya, 2002, "Fuzzy Support Vector Machines for Multiclass Classification", Kobe University, Jepang
- [2] Cheng M.-Y, Roy A.F.V, 2010, "Evolutionary Fuzzy Decision Model for Construction Management using Support Vector Machine", Department of Construction Engineering, National Taiwan University of Science and Technology, #43, Sec. 4, Keelung Rd., Taipei 106, Taiwan, ROC.
- [3] Chun-fu Lin dan Sheng-de Wang, 2010, "Training Algorithms for Fuzzy Support Vector Machines with Noisy Data", National Taiwan University, Taiwan
- [4] Handoko Hani T., 2011, "Dasar-dasar Manajemen Produksi dan Operasi", BPFE-Yogyakarta, Yogyakarta.
- [5] Hayat khoobipour dan Ali Khaleghi, 2012, "A Novel Evolutionary-Fuzzy System for Function Approximation and Comparison the Robust of Used Evolutionary Algorithms", Department of Computer Science, Islamic Azad University, Branch of Dehdasht, Dehdasht, Iran
- [6] Joanna Czajkowska, Marcin Rudzki dan Zbigniew Czajkowski, 2008, "A new Fuzzy Support Vectors Machine for Biomedical Data Classification", 30th Annual International IEEE EMBS Conference, Canada.
- [7] Musyid, S. dan Kusumadewi, S., Membangun *Toolbox* Algoritma Evolusi Fuzzy untuk Matlab, Seminar Nasional Teknologi Informasi (SNATI 2007), Yogyakarta, 2007.

- [8] Sun, D. dan Lin, L., 1994, "ADynamic Job Shop Scheduling Framework: A Backward Approach", Int. J. Prod. Res., Vol. 32, No. 4, 967 – 985.
- [9] Xuesong Yan, Qinghua Wu and Hui Li, 2007, "A Fast Evolutionary Algorithm for Traveling Salesman Problem", school of Computer Science, China University of Geosciences, Faculty of Computer Science and Engineering, Wu-Han Institute of Technology, China..