

# INTEGRASI PENJADWALAN PRODUKSI DAN *PREVENTIVE MAINTENANCE* UNTUK MINIMISASI BIAYA *TARDINESS* MENGGUNAKAN ALGORITMA GENETIKA (STUDI KASUS : PT. XYZ)

**Trifenaus Prabu Hidayat<sup>1)</sup>, Agustinus Silalahi<sup>2)</sup>, Ronald Sukwadi<sup>3)</sup>**  
Jurusan Teknik Industri, Fakultas Teknik, Unika Atma Jaya Jakarta<sup>1,3)</sup>  
Jurusan Teknik Mesin, Fakultas Teknik, Unika Atma Jaya Jakarta<sup>2)</sup>  
Jl. Jenderal Sudirman 51, Jakarta 12930, Indonesia  
Phone : 021 - 5708826, ext 3143, Fax : 062 21 – 57900573  
e-mail : trifenaus.hidayat@atmajaya.ac.id<sup>1)</sup>

## Abstract

*PT. XYZ is a manufacture company which is running production home appliances, such as refrigerator dan freezer. At the moment, problem faced by company is damage at existing machines which causing high production loss. As the results are production demands are not being met and job tardiness incurs. Through data which have been collected, can be known that PU-80 cabinet injection machine owning the biggest downtime than others. Downtime of PU-80 cabinet injection machine most commonly caused by three critical component namely chemical filter, multivalve, and head component PT. XYZ has planned and executed production scheduling and preventive maintenance planning independently in spite of the inter-dependent relationship between them. This research suggests the integrated production scheduling and preventive maintenance planning model for PU-80 cabinet injection machine to solve these two problems simultaneously. Failure rate distributions of the production lines are known based on data and preventive maintenance is necessary to keep the yield of the system at the required level. The method which will be implemented is genetic algorithm. The focus of this paper is optimizing integrated production and preventive maintenance scheduling by minimizing total tardiness cost. The results of this research is the optimal time to execute replacement critical components for PU-80 cabinet injection machine in the next 6 months from October 2008 until March 2009. From the calculation, it concludes that the optimum interval time to replace chemical filter component is every week, for multivalve component the replacement is done in third week of Desember 2008, and replacement for head component is done in first week of March 2009.*

*Keywords: preventive maintenance, production scheduling, tardiness cost, and Genetic Algorithm.*

## PENDAHULUAN

Penjadwalan produksi dan perencanaan *Preventive Maintenance* (PM) telah mendapat perhatian baik dari industri-industri manufaktur maupun dari bidang lainnya. Dalam kenyataannya, keputusan penjadwalan produksi dan perencanaan PM biasanya dibuat secara terpisah di samping hubungan di antara mereka. Anggapan kita adalah bahwa produktivitas dari sistem manufaktur dapat menguntungkan dari segi mengintegrasikan keputusan-keputusan tersebut (Cassady dan Kutanoğlu, 2003).

PT. XYZ merupakan penghasil produk elektronik, dimana produk utamanya adalah *refrigerator single door, twin door, dan home freezer*. Perusahaan selalu mencari yang terbaik dalam memuaskan kebutuhan konsumen, menyediakan produk dan layanan yang dapat memenuhi kebutuhan saat ini dan yang akan datang. Oleh sebab itu, perusahaan harus terus dapat

meningkatkan produktivitas, salah satunya dengan memperhatikan kondisi dari peralatan produksi yang digunakan.

Berdasarkan hasil wawancara dengan pihak perusahaan, diketahui bahwa masalah utama saat ini adalah terjadi *breakdown* mesin saat berlangsungnya produksi. Saat terjadi *breakdown*, untuk mengembalikan mesin ke kondisi semula perlu dilakukan perbaikan yang memerlukan waktu yang tidak sedikit. Selain itu, dibutuhkan tenaga teknisi yang berasal dari luar perusahaan jika kondisi kerusakan mesin cukup buruk. Mesin yang paling sering bermasalah dalam kelancaran produksi ialah mesin PU-80 *cabinet injection*. Hal ini ditunjukkan oleh data total *downtime* mesin PU-80 *cabinet injection* yang tercatat dari bulan Januari 2007 sampai Desember 2007 yaitu sebesar 5590 menit. Jika dibandingkan dengan mesin-mesin lainnya nilai *downtime* ini adalah yang terbesar. Kondisi kerusakan

mesin ini disebabkan oleh umur mesin yang sudah tua dan adanya komponen-komponen yang sering menimbulkan *downtime* pada mesin. Berdasarkan informasi yang diperoleh dapat diketahui bahwa komponen kritis dari mesin PU-80 *cabinet injection* antara lain komponen *chemical filter*, *multivalve*, dan *head*.

Total *downtime* mesin PU-80 *cabinet injection* sebesar 5590 menit ini telah mengakibatkan *production loss* sebesar 7634 unit. Persentase dari nilai *loss* ini terhadap keseluruhan *production loss* cukup besar yaitu sebesar 11,56%. Mesin ini memegang peranan penting karena seluruh produk yang dihasilkan harus melalui proses pada mesin ini, selain itu jumlah mesin PU-80 *cabinet injection* yang dimiliki perusahaan hanya satu unit sehingga jika terjadi kerusakan maka akan menghambat kelangsungan proses produksi. Tingginya jumlah *loss production* yang diakibatkan oleh mesin PU-80 *cabinet injection* berdampak pada penurunan hasil produksi, di mana target produksi yang telah ditetapkan tidak tercapai. Hal ini akan mengakibatkan keterlambatan dalam pemenuhan pesanan. Tabel 1 menampilkan data keterlambatan pekerjaan yang terjadi dalam perusahaan pada bulan Desember 2007.

Tabel 1 Data keterlambatan proses produksi

Type Produk	Planning	Actual	Balance
H-131 BC	2221	2166	-55
I-161 BC	4650	4580	-70
H-171 C	2440	2429	-11
H-260 NF	957	730	-227
H-260 PD	525	468	-57

Kegiatan-kegiatan *preventive maintenance* (PM) seringkali menghabiskan waktu produksi potensial, tetapi jika kegiatan PM ditunda karena permintaan produksi yang tinggi dapat meningkatkan kemungkinan terjadinya kegagalan mesin. Menyelesaikan masalah penjadwalan produksi dan perencanaan *preventive maintenance* secara terpisah biasanya mengabaikan konflik-konflik yang saling berhubungan erat satu sama lain. Misalnya pada saat kegiatan *maintenance* dilaksanakan, *job* (pekerjaan) yang sedang dikerjakan harus dihentikan. Hal ini akan mengakibatkan beberapa *job* tidak dapat diselesaikan tepat pada waktunya, dengan kata lain terjadi keterlambatan.

Penjadwalan produksi dan PM harus terintegrasi untuk menentukan kapan waktu terbaik melakukan prosedur *maintenance* guna menjaga agar peralatan dapat bekerja dengan baik serta meminimasi dampak kehilangan output produksi. Oleh karena itu, secara khusus penulis akan membahas mengenai usulan pengembangan sebuah model matematis yang mengintegrasikan penjadwalan produksi dan perencanaan PM pada mesin tunggal.

Berdasarkan latar belakang permasalahan yang telah dijelaskan, maka ditetapkan tujuan dari penelitian ini adalah untuk memberikan usulan penjadwalan produksi dan perencanaan *preventive maintenance* yang

terintegrasi dan pembuatan suatu program untuk memudahkan pelaksanaan integrasi penjadwalan.

## METODOLOGI PENELITIAN

Teknik penyelesaian model penjadwalan terbagi menjadi dua bagian yaitu penjelasan langkah-langkah metode algoritma genetika dan yang kedua adalah langkah-langkah perhitungan total biaya *tardiness*.

Pertama akan dijelaskan langkah-langkah metode algoritma yang dilakukan yaitu sebagai berikut :

Penentuan populasi awal dan generasi

a. Representasi Kromosom

Kromosom yang dipakai terdiri dari dua jenis, yaitu kromosom yang menyatakan urutan pekerjaan dan kromosom yang menyatakan *Preventive Maintenance* (PM).

b. Seleksi

Setiap anggota dalam populasi awal dievaluasi berdasarkan nilai *fitness*-nya. Kriteria nilai *fitness* yang digunakan adalah minimasi total biaya *tardiness*. Metode seleksi yang dipakai dalam penelitian ini adalah *elitist selection* dan *tournament selection*.

c. Crossover

Operasi *crossover* dilakukan baik untuk kromosom urutan pekerjaan maupun kromosom PM. Pada kromosom PM diterapkan metode *one-point crossover*, sedangkan untuk kromosom urutan pekerjaan digunakan metode *one-cut-point crossover*.

d. Mutasi

Mutasi tidak dilakukan pada seluruh anggota populasi. Dalam penelitian ini nilai probabilitas mutasi ditetapkan sebesar 0,1. Metode yang digunakan untuk kromosom PM adalah *one point mutation*. Sedangkan, untuk kromosom urutan pekerjaan yang digunakan adalah metode *shift mutation*.

Selanjutnya dijelaskan langkah-langkah dalam melakukan perhitungan nilai total biaya *tardiness*, yaitu: Perhitungan umur mesin.

Tentukan dahulu umur awal mesin sebelum menjalankan urutan pekerjaan dan keputusan PM, lalu hitung umur mesin terdahulu segera setelah kegiatan PM (jika ada)

$$\bar{a}_{i-1} = a_{i-1}(1 - \alpha) \quad i = 1, 2, \dots, n \quad (1)$$

Umur mesin dihitung kembali, setelah urutan pekerjaan dilakukan

$$a_{i1} = \bar{a}_{i-1} \cdot \alpha \quad i = 1, 2, \dots, n \quad (2)$$

Perhitungan kemungkinan probabilitas kegagalan mesin Perhitungan ini dilakukan dengan mencari nilai probabilitas mesin mengalami kerusakan pada saat *job* sedang dikerjakan. Probabilitas mesin gagal ditentukan dengan menggunakan distribusi probabilitas Weibull.

$$F(p_{i1} + \bar{a}_{i-1} | \bar{a} = 1 - \exp \left[ - \left( \frac{p_{i1} + \bar{a}_{i-1}}{\eta} \right)^{\beta} + \left( \frac{\bar{a}_{i-1}}{\eta} \right)^{\beta} \right] \quad (3)$$

Selanjutnya dicari nilai  $\Phi_{i|j}$  dan  $\Phi_{i|j}$ , rumus yang dipakai :

$$\Phi_{i|j} = F(p_{i|j} + \bar{a}_{i-1|j} | \bar{a}_i) \quad i=1,2,\dots,n, \quad (4)$$

$$\Phi_{i|j} = 1 - F(p_{i|j} + \bar{a}_{i-1|j} | \bar{a}_{i-1}) \quad i=1,2,\dots,n, \quad (5)$$

Perhitungan *Completion Time*

Nilai *completion time* (waktu penyelesaian) diperoleh dari rumus :

$$C_{i|j} = t_p \sum_{l=1}^i y_{i|j} + \sum_{l=1}^i p_{i|j} + M_{i|j} \quad i=1,2,\dots,n. \quad (6)$$

Pada tahap ini dilakukan pula penentuan nilai *probability mass function*, jika dilakukan PM atau tidak sebelum pekerjaan ke-*i*

$$p_{i,k|j} = Pr \{M_{i|j} = kt_p\} \sum_{N_{i,k}} \prod_{i \in N_{i,k}} \Phi_{i|j} \prod_{i \notin N_{i,k}} \bar{\Phi}_{i|j} \quad k=0,1,\dots,i \quad (7)$$

Selanjutnya mencari nilai  $c_{i,k|j}$

$$c_{i,k|j} = t_p \sum_{l=1}^i y_{i|j} + \sum_{l=1}^i p_{i|j} + kt_p \quad k=0,1,\dots,i \quad (8)$$

Perhitungan *tardiness* dari tiap pekerjaan yang terdapat dalam *sequence*.

Nilai *tardiness* ( ) memiliki *i*+1 kemungkinan nilai

$$\theta_{i,k|j} = \max(0, c_{i,k|j} - d_{i|j}) \quad k=0,1 \quad (9)$$

Perhitungan *expected tardiness* dari tiap pekerjaan yang terdapat dalam *sequence*.

$$E(\theta_{i|j}) = \sum_{k=0}^i \theta_{i,k|j} \quad (10)$$

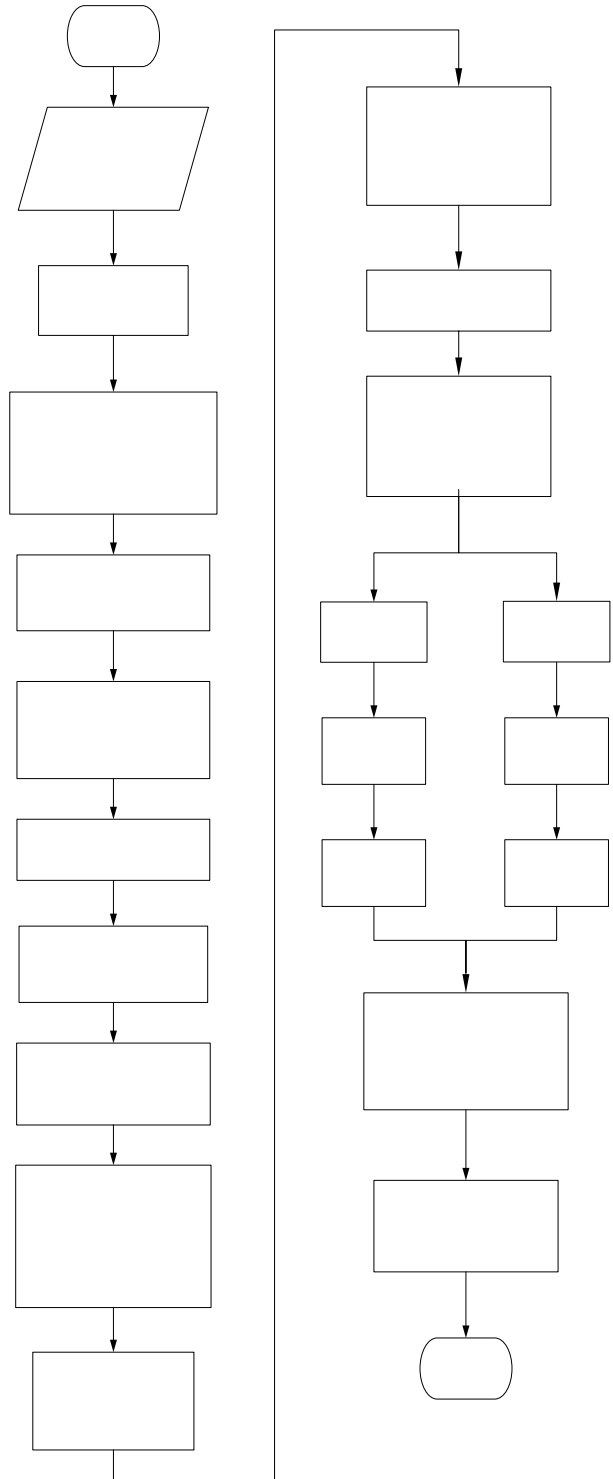
Langkah-langkah di atas dilakukan untuk setiap pekerjaan yang terdapat dalam *sequence*.

Perhitungan total biaya *tardiness*.

Nilai ini diperoleh dari akumulasi perkalian antara *expected tardiness* dengan biaya penalti untuk masing-masing pekerjaan

$$\sum_{i=1}^n C_{i|j} E(\theta_{i|j}) \quad (11)$$

Langkah-langkah penyelesaian model penjadwalan produksi dan perencanaan *preventive maintenance* yang terintegrasi dapat dilihat pada Gambar 1.



Gambar 1 : Flowchart

**HASIL**

Pengolahan data pada penelitian ini dilakukan dengan menggunakan program integrasi penjadwalan. Hasil yang diberikan dari penelitian ini adalah usulan penjadwalan produksi dan perencanaan kegiatan *preventive maintenance* bagi perusahaan untuk 6 bulan

ke depan, yaitu mulai dari bulan Oktober 2008-Maret 2009 yang dapat dilihat pada Tabel 2.

## **PEMBAHASAN**

Algoritma genetika adalah suatu algoritma pencarian (*searching*) berdasarkan cara kerja melalui mekanisme seleksi alam dan genetik. Tujuannya untuk menentukan struktur-struktur yang disebut individu berkualitas tinggi di dalam suatu populasi untuk menghasilkan solusi. Dengan menggunakan atau memanfaatkan sifat-sifat sistem biologis, algoritma genetika dapat memberikan hasil yang memuaskan dalam proses optimasi. Dari proses penjadwalan dihasilkan penjadwalan produksi dan perencanaan kegiatan *preventive maintenance* per minggunya.

Pada penelitian ini digunakan model matematis dalam melakukan integrasi penjadwalan produksi serta perencanaan kegiatan *preventive maintenance*. Pendekatan yang digunakan pada model matematis ini adalah distribusi Weibull. Distribusi ini digunakan sesuai dengan kondisi mesin PU-80 *cabinet injection* yang sudah memasuki periode *wear out* yaitu sudah mencapai akhir dari umur pemakaian mesin serta tingkat kerusakan yang dialami juga cukup tinggi.

Fungsi tujuan dari model matematis ini adalah meminimasi nilai total biaya *tardiness*. Oleh karena itu kriteria daripada model penjadwalan yang terintegrasi ini adalah meminimasi *tardiness*, yaitu keterlambatan pekerjaan. Selain itu model matematis juga mempertimbangkan faktor biaya penalti jika terjadi keterlambatan. Biaya produksi digunakan dalam penentuan biaya penalti berdasarkan sistem yang terjadi pada perusahaan. Dalam kenyataannya, produk-produk yang menghabiskan biaya produksi besar menghasilkan *profit/keuntungan* yang sedikit. Oleh karena itu, sebaiknya produk-produk dengan biaya produksi besar didahulukan atau diusahakan tidak mengalami keterlambatan.

Dalam metode algoritma genetika. Nilai total biaya *tardiness* ini akan menjadi fungsi *fitness* Nilai ini akan menjadi kriteria dalam penentuan kromosom terbaik yang akan dipilih menjadi individu baru. Pada penelitian ini kromosom yang dipakai ada dua jenis yaitu kromosom yang mewakili urutan pekerjaan dan yang mewakili keputusan dilakukannya kegiatan PM. Secara keseluruhan metode yang digunakan pada kedua kromosom PM dan *job* berbeda, baik untuk *crossover* dan mutasi, hal ini dikarenakan perbedaan representasi yang dimiliki keduanya. Dalam berbagai perhitungan yang dilakukan kromosom ini tidak boleh terpisah, melainkan harus digabung menjadi satu kromosom untuk menunjukkan integrasi dari dua kegiatan tersebut.

Urutan penjadwalan perusahaan dengan usulan penjadwalan menggunakan program berbeda dari sisi penjadwalan produksi dan kegiatan PM. Usulan penjadwalan menunjukkan adanya kegiatan *preventive maintenance* di tengah-tengah produksi. Perusahaan saat ini menerapkan sistem penjadwalan produksi dan perencanaan *preventive maintenance* secara terpisah. Penjadwalan produksi yang dilakukan belum

mempertimbangkan kondisi mesin yang mungkin mengalami kerusakan saat produksi sedang berjalan. Prioritas penjadwalan yang dilakukan juga dirasakan kurang tepat karena selama ini perusahaan mengerjakan pesanan sesuai dengan *due date* yang paling singkat yang lebih diprioritaskan. Masalah yang utama diketahui berasal dari mesin PU-80 *cabinet injection* yang sering *breakdown* dan menghambat proses produksi secara keseluruhan karena jika mesin ini bermasalah dapat mengakibatkan penumpukan WIP yang tidak dapat diproses. Hal inilah yang mengakibatkan terjadinya keterlambatan pekerjaan pada perusahaan.

Saran yang diberikan pada pihak perusahaan adalah penjadwalan secara keseluruhan dibuat mengikuti penjadwalan pada mesin PU-80 *cabinet injection*. Berdasarkan hasil pengolahan data serta analisis yang dilakukan dapat ditarik kesimpulan, yaitu pertama integrasi penjadwalan yang diusulkan adalah penjadwalan pada mesin tunggal khususnya pada mesin PU-80 *cabinet injection*. Hal ini dikarenakan mesin ini paling bermasalah berdasarkan *total downtime* mesin dan nilai *loss production*. Selain itu pada usulan penjadwalan produksi dan perencanaan *preventive maintenance* periode 6 bulan mendatang diperlukan adanya kegiatan penggantian komponen kritis *chemical filter* setiap minggu, lalu penggantian komponen kritis *multivalve* pada minggu III bulan Desember 2008, serta penggantian komponen kritis *multivalve* pada minggu I bulan Maret 2009.

Dengan diterapkannya sistem penjadwalan produksi dan *preventive maintenance* yang terintegrasi diharapkan yaitu pertama pembuatan jadwal produksi dan perencanaan kegiatan *preventive maintenance* membutuhkan waktu yang lebih singkat dan dengan adanya integrasi dapat memberikan waktu yang tepat bagi kegiatan *preventive maintenance*, yaitu penggantian komponen kritis tanpa harus menghentikan kegiatan produksi. Kedua, kemungkinan mesin mengalami kerusakan akan menjadi lebih kecil bila perencanaan kegiatan *preventive maintenance* dilakukan dengan benar, sehingga proses produksi dapat berjalan dengan lancar. Yang terakhir adalah keterlambatan pekerjaan dapat diminimasi jika mesin dapat beroperasi dengan baik dan sesuai dengan jadwal yang ditetapkan.

Sebagai alat bantu dalam mempermudah pembuatan penjadwalan produksi dan perencanaan *preventive maintenance*, peneliti telah merancang sebuah program. Dengan adanya program ini perhitungan dapat dilakukan dengan cepat dan hasil yang diberikan juga lebih akurat. Peneliti menyarankan pada pihak perusahaan untuk menerapkan program aplikasi penjadwalan produksi dan perencanaan *preventive maintenance* yang terintegrasi, serta penjadwalan yang dilakukan pada mesin-mesin produksi lainnya sebaiknya disesuaikan dengan mesin PU-80 *cabinet injection* untuk menghindari keterlambatan pekerjaan.

**DAFTAR PUSTAKA**

- [1] Amrine, Herald T. (1982). *Manufacturing Organization and Management*, 3<sup>rd</sup> edition. New Jersey : Prentice Hall.
- [2] Arslanoğlu, Yilmaz. (2006). Genetic Algorithm for Personnel Assignment Problem with Multiple Objectives. *Master Thesis*. Middle East Technical University.
- [3] Assauri, Sofjan. (1993). *Manajemen Produksi dan Operasi*. Lembaga Penerbit Fakultas Ekonomi, Universitas Indonesia.
- [4] Bedworth, David D., Bailey, James E. (1987). *Integrated Production Control System*. New York : John Wiley & Sons, Inc.
- [5] Cassady, C.Richard., Kutanoglu E. (2003). Minimizing job tardiness using integrated preventive maintenance planning and production scheduling. *IIE Transactions*, Vol. 35, no. 6, pp. 503-513.
- [6] Corder, Anthony. (1992). *Teknik Manajemen Pemeliharaan*. Jakarta : Erlangga.
- [7] Ebeling, Charles E. (1997). *Reliability and Maintainability Engineering*. Singapura : Mc Graw-Hill.
- [8] Gen, Mitsuo., Chang, Runwei. 1(1997). *Genetic Algorithms and Engineering Design*. New York: John Wiley & Sons, Inc.
- [9] Goldberg, David E. (1989). *Genetic Algorithms In Search, Optimization, and Machine Learning*. Massachusetts : Addison Wesley Publishing Company, Inc.
- [10] Levitt, Joel. (2003). *Complete Guide to Preventive and Predictive Maintenance*. New York : Industrial Press, Inc.
- [11] Nasution, Arman H. (2003). *Perencanaan dan Pengendalian Produksi*. Surabaya : Guna Widya.
- [12] Pinedo, Michael. (1995). *Scheduling Theory, Algorithms and Systems*. New Jersey : Prentice Hall, Inc.
- [5] Senecal, Peter K. (2000). Numerical Optimization Using The Gen4 Micro-Genetic Algorithm Code. *Draft Manuscript*. University of Wisconsin-Madison.

**Prosiding Seminar Nasional Teknoin 2008**  
**Bidang Teknik Industri**

Tabel 2 : Usulan Penjadwalan Produksi dan Perencanaan Kegiatan *Preventive Maintenance*

<b>Periode</b>	<b>Minggu</b>	<b>Sequence</b>	<b>Komponen Kritis Yang Diganti</b>
Oktober	I	J2-J1-PM-J7-J8-J6-J5-J3-J9-J4-J10	<i>chemical filter</i>
	II	PM-J4-J8- J1-J2-J6-J3-J7-J5-J9	<i>chemical filter</i>
	III	J6-PM-J1-J7- J2-J3- J4-J5-J8	<i>chemical filter</i>
	IV	PM-J2-J6- J8-J1-J7-J3-J4-J5	<i>chemical filter</i>
November	I	J2- J1- J8-PM-J6- J3-J7-J9-J4-J5	<i>chemical filter</i>
	II	PM-J1-J2-J5-J3-J4-J7-J8-J9-J6	<i>chemical filter</i>
	III	J5-PM-J1-J3- J7-J6- J2-J8-J4	<i>chemical filter</i>
	IV	J1-PM-J2-J5- J3-J4- J7-J8-J6	<i>chemical filter</i>
Desember	I	PM-J5- J3-J1- J2-J8- J4-J6-J7	<i>chemical filter</i>
	II	J5-PM-J2-J1- J6-J3- J4-J8-J7	<i>chemical filter</i>
	III	PM-J7- J5-J2- J1-J6- J3-J4-J8	<i>multivalve</i>
	IV	PM-J5- J7-J1- J2-J4- J6-J9-J3-J8	<i>chemical filter</i>
Januari	I	J5- J2-J3- J7-J1- J4-J6- PM-J8	<i>chemical filter</i>
	II	PM-J5- J1-J2- J8-J6- J3-J7-J4	<i>chemical filter</i>
	III	J5-J8-J2- J3- J6- PM -J1-J4-J7-J9	<i>chemical filter</i>
	IV	PM-J7- J5-J2- J1-J3- J4-J8	<i>chemical filter</i>
Februari	I	J5- J3- J2 -J4-PM - J6-J7-J1-J8	<i>chemical filter</i>
	II	J5-PM-J1-J7- J6-J8- J2-J3-J4	<i>chemical filter</i>
	III	J7- J6- J8 -PM -J2-J3-J5-J1-J4	<i>chemical filter</i>
	IV	PM-J1- J2-J5- J3-J4- J7-J8-J9-J6	<i>chemical filter</i>
Maret	I	J6-PM-J1-J7- J2-J3- J4-J5-J8	<i>head</i>
	II	J2- J1- J8-PM-J6- J3-J7-J9-J4-J5	<i>chemical filter</i>
	III	J5- J3- J2 -J4-PM - J6-J7-J1-J8	<i>chemical filter</i>
	IV	PM-J5- J7-J1- J6-J4- J3-J2-J8	<i>chemical filter</i>