

Model Penjadwalan Batch pada Mesin Pemroses Batch Tunggal dengan Penjadwalan Perawatan

Indah Kurnia Ramadhani^{1*}, Abdul Hakim Halim², Adlina Safitri Helmi¹

¹Politeknik ATI Padang; email: indahkramadhani@kemenperin.go.id,
adlinasafitrihelmi@kemenperin.go.id

²Institut Teknologi Bandung; ahakimhalim@mail.ti.itb.ac.id

* Corresponding author

Abstrak

Penelitian ini mengkaji permasalahan integrasi model penjadwalan pada mesin berproses batch dengan penjadwalan perawatan untuk kasus item tunggal dengan saat pengiriman serentak agar dapat menyelesaikan masalah yang mencakup adanya peluang deteriorasi pada mesin pemroses batch saat melakukan proses produksi. Pengembangan model yang dilakukan adalah Model Integrasi Penjadwalan pada Mesin Berproses Batch dan Penjadwalan Perawatan yang mengacu kepada 1) Model Penjadwalan Produksi Pada Batch Processor Tunggal, Item Tunggal, dengan Common Due Date dan 2) Model Integrasi Penjadwalan Produksi Batch pada Mesin Pemroses Job dan Penjadwalan Perawatan dengan Kendala Due Date. Kriteria performansi yang digunakan adalah meminimumkan total biaya simpan, setup, perawatan, dan pengerjaan ulang. Penelitian ini menggunakan total waktu tinggal aktual sebagai acuan untuk mendapatkan biaya simpan komponen pada rantai produksi. Perawatan mesin yang dibahas pada penelitian ini adalah perawatan preventif dan perawatan korektif. Jadwal perawatan dihitung dengan menggunakan fungsi Rate of Occurrence of Failures (ROCOF) atau tingkat terjadinya kegagalan mesin sehingga dapat diestimasi waktu kerusakan mesin dan peluang terjadinya produk yang tidak sesuai spesifikasi untuk dilakukan proses pengerjaan ulang. Variabel keputusan dalam penelitian ini adalah jumlah run produksi, jumlah dan ukuran batch pada masing-masing run produksi.

Kata Kunci: Penjadwalan batch, mesin pemroses batch, perawatan mesin.

Abstract

[A Batch Scheduling Model for Single Batch Processor with Maintenance Scheduling] This research investigates the problem of integrating the scheduling model on batch processor with maintenance scheduling for single item cases with common due date to address issues in order to the possible deterioration of batch processor during the production process. The model developed in this study is The Integration of Batch Processor Scheduling and Maintenance Scheduling, based on 1) Production Scheduling Model on Single Processor Batch, Single Item, with Common Due Date and 2) Batch Production Scheduling Integration Model on Job Processor and Maintenance Scheduling with Due Date Constraints. The objective of this study is to minimize the total saving, setup, maintenance, and rework cost. The study uses the total actual flowtime to determine saving costs of part on the production floor. The maintenance strategies discussed in this study include preventive maintenance and corrective maintenance, and the maintenance schedule is determined by using the Rate of Occurrence of Failures (ROCOF) function, which estimates the time of machine failure and the probability of non-conforming products that require rework. The decision variables considered in this study include the number of production runs, the number and size of batches in each production run.

Keywords: Batch scheduling, batch processor, maintenance.

Kelompok BoK yang bersesuaian dengan artikel: Operations Engineering & Management

Saran format untuk mensitasi artikel ini:

Ramadhani, I. K., Halim, A. H., & Helmi, A., S. (2023). Model Penjadwalan Batch pada Mesin Pemroses Batch Tunggal dengan Penjadwalan Perawatan. *Prosiding Seminar Nasional Teknik Industri (SENASTI) 2023*, 443-453.

1. Pendahuluan

Sistem produksi batch adalah sistem produksi yang membagi jumlah seluruh part yang akan diproduksi ke dalam sejumlah batch. Batch didefinisikan sebagai sejumlah part yang diproses dalam sekali setup. Mesin untuk memproses batch tersebut bisa merupakan pemroses job (*job processor*) dan batch (*batch processor*). Pada mesin pemroses job, part dalam batch diproses satu per satu dan part yang sudah selesai diproses tetap berada di dalam batch sampai seluruh part dalam batch selesai diproses semuanya. Sedangkan pada mesin pemroses batch, seluruh part di dalam batch diproses secara serentak.

Penelitian mengenai penjadwalan batch pada job processor antara lain dilakukan oleh Halim (1993), yang mengembangkan model penjadwalan batch dengan pendekatan penjadwalan mundur. Kriteria performansi yang digunakan untuk menentukan ukuran dan urutan penjadwalan batch adalah meminimalkan total waktu tinggal aktual, yang didefinisikan sebagai lamanya part berada pada rantai produksi sejak saat mulai diproses sampai pada saat tenggat pengiriman part (*due date*). Kondisi ideal adalah part selesai diproses dan langsung dikirim pada saat tenggat. Pada model tersebut diasumsikan part yang akan diproses datang di rantai pabrik tepat pada saat mulai proses.

Penelitian mengenai penjadwalan batch pada batch processor dilakukan oleh Hidayat, dkk (2013) yang mengembangkan model penjadwalan batch dengan common due date pada penelitian Halim dkk (1994a), dari mesin dengan job processor menjadi batch processor. Penjadwalan dilakukan pada batch processor tunggal yang memproduksi item tunggal dan dikirim pada due date serentak. Part diproses secara serentak di dalam batch. Jika waktu proses per part konstan misal sebesar t , dan ukuran batch adalah Q , maka waktu proses batch adalah sama dengan waktu proses part (t). Ini berarti, waktu proses batch tidak tergantung kepada ukuran batch (Q). Kriteria performansi yang digunakan adalah meminimalkan total waktu tinggal aktual. Penelitian Hidayat (2013) mengasumsikan bahwa mesin selalu tersedia pada saat melakukan produksi tanpa adanya kerusakan mesin. Sedangkan pada kenyataannya saat melakukan proses produksi, mesin berkemungkinan mengalami deteriorasi sehingga status mesin berubah dari kondisi *in control* menjadi *out of control*. Hal ini akan menyebabkan penurunan kualitas produk yang dihasilkan dan terhambatnya proses produksi. Penjadwalan produksi dan penjadwalan perawatan yang dilakukan secara terpisah akan menyebabkan adanya kemungkinan mesin tidak tersedia karena sedang dilakukan perawatan mesin atau mesin sedang mengalami kerusakan pada saat tingginya permintaan produksi, sehingga produksi tidak dapat dilakukan. Untuk itu, diperlukannya suatu integrasi antara penjadwalan produksi dengan penjadwalan perawatan mesin.

Penelitian yang membahas integrasi penjadwalan produksi dengan perawatan mesin dilakukan pada mesin pemroses job, yaitu di antaranya Zahedi dkk (2014), yang mengembangkan model perawatan preventif dan korektif pada penjadwalan single item job processor tunggal dengan kendala due date. Jadwal perawatan dihitung dengan menggunakan fungsi ROCOF (rate of occurrence of failures) atau tingkat terjadinya kegagalan (Jiang dan Murthy, 2008) sehingga dapat diestimasi jumlah dan waktu kegagalan mesin dalam

satu interval produksi. Untuk menghindari part diproses pada saat mesin mengalami kegagalan, maka dibuat kebijakan tindakan perawatan preventif sebelum terjadinya waktu kerusakan pertama pada mesin. Sedangkan perawatan korektif dilakukan dengan tindakan minimal repair untuk mempertahankan kondisi mesin pada tingkat kesalahan yang masih bisa diterima. Jumlah perawatan korektif dilihat dari berapa kali mesin mengalami kerusakan setelah satu perawatan preventif dilakukan, sampai pada waktu perawatan preventif selanjutnya. Kerusakan mesin mengakibatkan adanya produk cacat yang diproduksi dengan estimasi produk cacat dihitung setelah mesin mengalami kerusakan pertama. Kriteria performansi yang digunakan adalah meminimalkan total biaya yang terdiri dari total biaya simpan, biaya setup, biaya perawatan preventif, biaya perawatan korektif, dan biaya pengerjaan ulang (rework) untuk memperbaiki produk yang cacat.

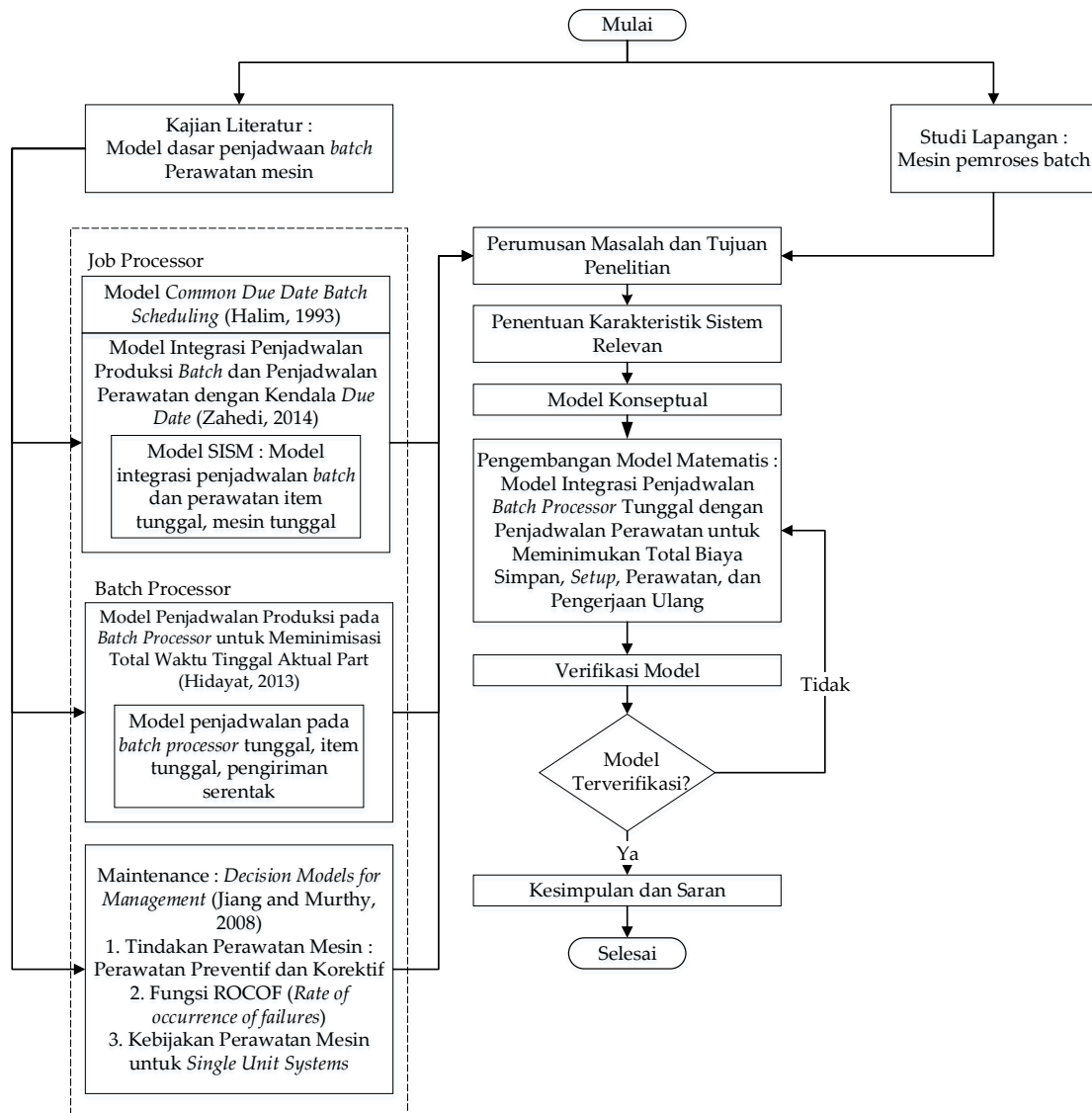
Penelitian Zahedi, et al. (2019) membahas tentang model integrasi produksi batch dan penjadwalan pemeliharaan flow shop dengan dua mesin yang terdeteriorasi untuk memproduksi single item berdasarkan due date. Model tersebut menggambarkan trade-off antara biaya produksi dan pemeliharaan sebagai produksi yang meningkat pada dua mesin. Fungsi tujuan dari model ini adalah untuk meminimalkan total biaya yang terdiri dari biaya persediaan part yang masih dalam proses dan selesai diproses pada mesin, biaya setup, biaya preventif & biaya pemeliharaan korektif dan biaya pengerjaan ulang pada dua mesin. Penelitian Zahedi (2019) selanjutnya membahas integrasi model produksi batch dan penjadwalan perawatan mesin pada satu mesin yang mengalami kerusakan dan flow shop pada mesin yang terdeteriorasi untuk dikirim pada common due date. Model tersebut menggambarkan trade-off antara biaya produksi dan biaya pemeliharaan sebagai peningkatan run produksi. Fungsi tujuan dari model ini adalah untuk meminimalkan biaya total yang terdiri dari biaya penyimpanan persediaan part, biaya penyetalan, biaya pemeliharaan preventif dan korektif, dan biaya pengerjaan ulang. Tujuan penelitian menentukan run produksi terbaik dan tindakan pemeliharaan yang meminimalkan total biaya.

Yusriski et al. (2019) membahas masalah produksi batch dan penjadwalan pemeliharaan preventif ganda (PM) pada satu mesin. Penelitian ini mengusulkan dua algoritma (algoritma optimal dan heuristik) yang mengintegrasikan batch production dan penjadwalan pemeliharaan preventif. Penelitian Zahedi, Salim, A. (2016) juga turut membahas model integrasi penjadwalan produksi batch dan penjadwalan perawatan mesin.

Pengembangan model penjadwalan batch (batch processor) dan penjadwalan perawatan dilakukan agar dapat menyelesaikan masalah yang mencakup adanya peluang kerusakan pada mesin pemroses batch. Kriteria performansi yang digunakan dalam penelitian ini adalah meminimumkan total biaya simpan, biaya setup, biaya perawatan, dan biaya pengerjaan ulang. Berbeda dengan penelitian yang dilakukan Hidayat, dkk (2013) yang menggunakan kriteria performansi minimasi total waktu tinggal aktual, maka pada penelitian ini total waktu tinggal aktual digunakan sebagai acuan untuk mendapatkan biaya simpan part pada rantai produksi. Perawatan mesin yang dibahas pada penelitian ini adalah perawatan preventif dan perawatan korektif yang didasarkan kepada penelitian Zahedi, dkk (2014). Jadwal perawatan dihitung dengan menggunakan fungsi ROCOF atau tingkat terjadinya kegagalan sehingga dapat diestimasi waktu kerusakan mesin dan peluang terjadi produk cacat untuk kemudian dilakukan proses pengerjaan ulang.

2. Metode

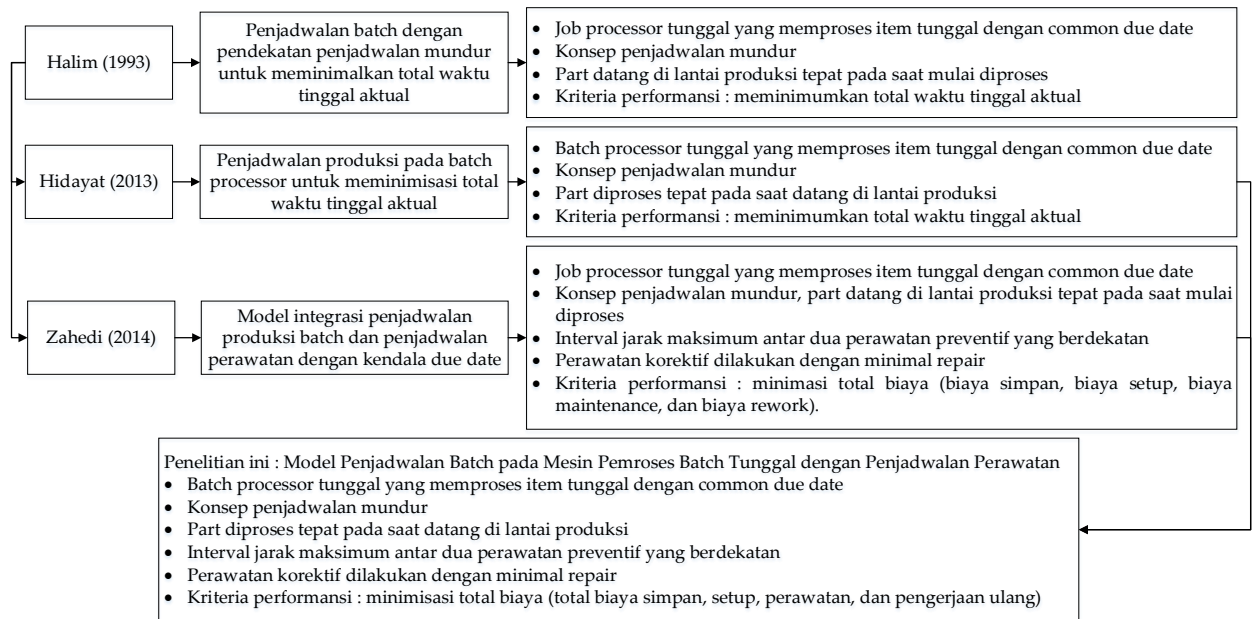
Perumusan masalah dalam penelitian ini adalah bagaimana model integrasi penjadwalan batch dengan penjadwalan perawatan pada batch processor tunggal untuk kasus item tunggal dan common due date yang dapat meminimumkan total biaya simpan, setup, perawatan, dan pengerjaan ulang. Tujuan dari penelitian ini adalah menghasilkan model integrasi penjadwalan produksi dan penjadwalan perawatan pada batch processor tunggal yang memproses item tunggal dengan common due date. Penelitian ini hanya sampai pada tahap pengembangan model matematis. Metodologi penelitian dapat dilihat pada Gambar 1.



Gambar 1. Metodologi Penelitian

2.1. Pengembangan Model

Hubungan model acuan dengan pengembangan model pada penelitian ini dapat dilihat pada Gambar 2.

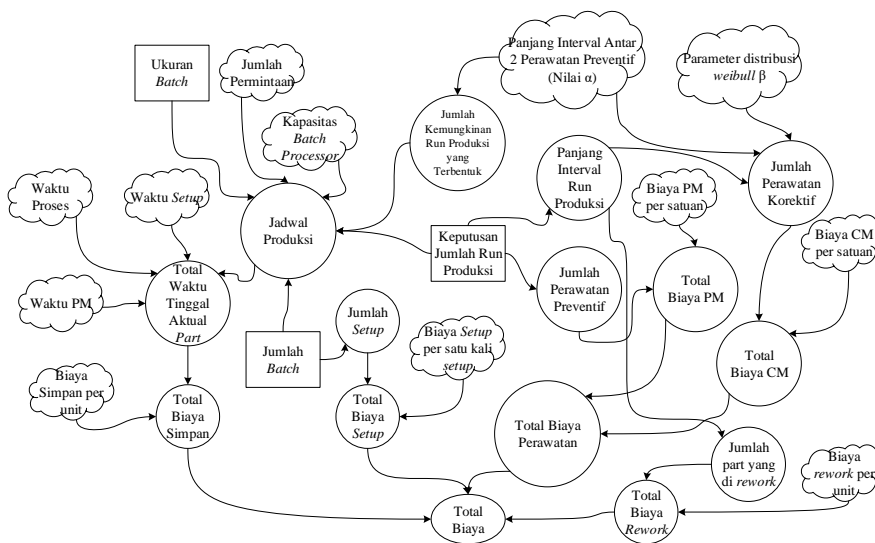


Gambar 2. Hubungan Penelitian dengan Model Acuan

2.2. Model matematika

1. Pembuatan Influence Diagram

Influence diagram berguna untuk melihat keterkaitan antar variabel dalam penjadwalan produksi batch dengan penjadwalan perawatan mesin. Influence diagram dapat dilihat pada Gambar 3.



Gambar 3. Influence Diagram

2. Penentuan Kriteria Performansi

Kriteria performansi yang digunakan dalam penelitian ini adalah total biaya yang terdiri dari biaya simpan, biaya setup, dan biaya maintenance, dan biaya rework.

3. Formulasi Model Matematis

Model matematis disusun berdasarkan pengembangan dari model acuan yaitu model Hidayat (2013) dan model Zahedi (2014).

4. Parameter dan Variabel Keputusan

Berdasarkan *influence diagram* yang telah dijabarkan, indeks, parameter, dan variabel keputusan pada model usulan ini adalah sebagai berikut.

Indeks :

i, j = indeks yang menyatakan posisi *batch* dalam satu run produksi, $i = \{1, 2, 3, \dots, N_g\}$.

g = indeks yang menyatakan posisi suatu run produksi, $g = \{1, 2, 3, \dots, G\}$.

Tabel 1. Parameter dan Variabel Keputusan Model

Parameter	Keterangan	Variabel Keputusan	Keterangan
t_i	waktu proses <i>batch</i> ke- i	Q_{ig}	ukuran <i>batch</i> ke- i yang menyatakan jumlah <i>part</i> dalam <i>batch</i> pada run produksi ke- g
d	waktu penyerahan seluruh <i>part</i> (<i>common due date</i>)	N	jumlah <i>batch</i> yang diproses dalam satu periode penjadwalan
s_i	waktu setup antar <i>batch</i>	N_g	banyaknya <i>batch</i> yang diproses pada run produksi ke- g
t_{PM}	waktu yang diperlukan untuk satu kali perawatan preventif	X_{ig}	Jika <i>batch</i> ke- i diproses pada run produksi ke- g
n	jumlah permintaan	B_{ig}	saat mulai pemrosesan <i>batch</i> ke- i pada run produksi ke- g
c	kapasitas <i>batch processor</i>	G	jumlah run produksi
β	parameter bentuk dari distribusi <i>weibull</i>	BPM_g	saat mulai PM pada run produksi ke- g
α	Panjang interval antara dua perawatan preventif	CPM_g	saat selesai PM pada run produksi ke- g
c_s	biaya simpan		
c_{setup}	biaya setup		
c_{pm}	biaya perawatan preventif (biaya PM)		
c_r	biaya perawatan korektif (biaya CM)		
c_w	biaya pengerjaan ulang (<i>rework</i>)		

5. Model Matematis Usulan

Berdasarkan penetapan fungsi tujuan, parameter, variabel keputusan, dan fungsi pembatas model yang telah dijabarkan sebelumnya, maka model matematis usulan pada penelitian ini dapat diformulasikan sebagai berikut.

Fungsi Tujuan:

$$\text{Minimasi } TC = ToIC_{(G)} + TCS + TPM + E(R) + E(W) \tag{1}$$

$$TC = c_s \sum_{i=1}^{N_g=G} \left\{ \sum_{j=1}^i (t_j + s_j) - s_i \right\} Q_{ig} + c_s \sum_{i=1}^{N_g} Q_{ig} \\ \left((G - 1)t_{PM} + \left(\sum_{i=1}^{N_g=(G-1)} \sum_{j=1}^i (t_j + s_j) - s_i \right) \right) + C_{setup} \sum_{g=1}^G N_g + g \cdot C_{PM} + E(R) + E(W) \tag{2}$$

Fungsi Pembatas :

1. Keseimbangan jumlah *part* yang diproduksi dalam semua *batch* di setiap run produksi pada *batch processor* sama dengan jumlah permintaan.

$$\sum_{g=1}^G \sum_{i=1}^N Q_{ig} = n \tag{3}$$

2. Waktu yang diperlukan untuk memproses semua *batch* tidak boleh melebihi *due date*.

$$\sum_{i=1}^N t_i + \sum_{i=1}^{N-1} s_i = Nt + (N - 1)s \leq d \tag{4}$$

3. Jumlah *part* yang diproduksi dalam suatu *batch processor* merupakan bilangan riil positif dan tidak boleh melebihi kapasitas *batch processor*.

$$Q_{ig} \geq 0; \forall i = 1, 2, \dots, N_g; \forall g = 1, 2, \dots, G \tag{5}$$

$$Q_{ig} \leq c; \forall i = 1, 2, \dots, N_g; \forall g = 1, 2, \dots, G \tag{6}$$

4. Jumlah *batch* yang diproses dalam suatu periode penjadwalan sama dengan jumlah *batch* pada semua run produksi.

$$N = \sum_{g=1}^G N_g \tag{7}$$

5. Setiap *part* diasumsikan datang tepat pada saat akan diproses dan harus rapat ke *due date*.

$$B_1 + t_i = d \tag{8}$$

Kendala ini dapat ditulis sebagai dua persamaan berturut – turut untuk run produksi pertama, kedua, dan selanjutnya.

Untuk run produksi pertama dapat ditulis :

$$B_{1g} + \sum_{j=1}^i (t_j X_{ig} + s_j X_{ig}) - s_i = d; \quad g = 1 \tag{9}$$

Untuk run produksi kedua dan selanjutnya berturut – turut dapat ditulis :

$$B_{ig} + \sum_{i=1}^{N_g} [\sum_{j=1}^i (t_j X_{ig} + s_j X_{ig} + (g - 1)t_{PM})] - s_i + \sum_{i=1}^{N_g} \sum_{j=1}^i (t_j X_{ig} + s_j X_{ig}) = d; \quad \forall g = 2, 3, \dots, G \tag{10}$$

6. *Preventive maintenance* (PM) dilakukan setiap selesai memproses satu run produksi dan satu PM tepat setelah *due date*. PM dilakukan tepat setelah *due date* untuk menjamin asumsi bahwa mesin dalam kondisi *as good as new* untuk awal waktu perencanaan berikutnya.

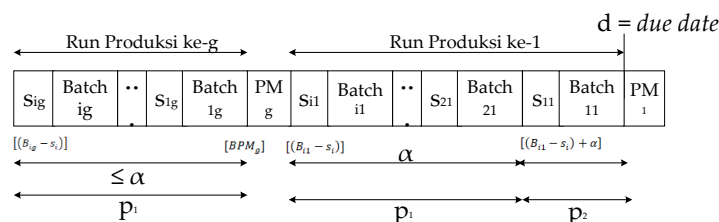
$$BPM_1 = d \tag{11}$$

$$CPM_1 = d + t_{PM} \tag{12}$$

$$BPM_g = B_{ig} + N_g t_i + N_g s_i; \quad \forall g = 2, 3, \dots, G \tag{13}$$

$$CPM_g = BPM_g + t_{PM}; \quad \forall g = 2, 3, \dots, G \tag{14}$$

7. Ekspektasi jumlah *part non-conforming* dalam status *out of control* dalam run produksi ke-*g* diturunkan secara rekursif sebagai M_g . Berdasarkan fungsi ROCOF, produk yang dihasilkan akan berada pada kondisi *in control* selama interval maksimum antar dua perawatan preventif mesin (α). Setelah itu, mesin berpeluang mengalami deteriorasi, deteriorasi mesin akan menyebabkan adanya peluang *part* yang diproses berada dalam kondisi *out of control* sehingga *part* menjadi *non-conforming*. Gambar 4 merupakan ilustrasi proses produksi dengan G run produksi dan terjadinya peluang kegagalan mesin.



Gambar 4. Ilustrasi Proses Produksi dengan Dua Run Produksi dan Terjadinya Peluang Kegagalan Mesin

Peluang kerusakan *part* diasumsikan berada pada interval $[(B_{i1} - s_i) + \alpha), d]$, dengan nilai peluang $p_1 < p_2$. Pada penelitian ini, peluang kerusakan untuk p_1 diasumsikan bernilai 0 karena panjang interval run produksi ditetapkan bernilai $\leq \alpha$. Jika panjang interval run produksi bernilai $\leq \alpha$, maka diasumsikan mesin berada dalam kondisi tanpa adanya deteriorasi karena tidak melebihi panjang interval maksimum satu run produksi atau jarak maksimum antar dua perawatan preventif yang berdekatan. Sehingga mesin berfungsi secara normal. Hanya run produksi pertama (run produksi yang terdekat ke arah *due date*) yang panjang intervalnya boleh melebihi nilai α , sehingga *part* yang diproses pada interval $[(B_{i1} - s_i) + \alpha), d]$ berpeluang berada pada *status out of control* atau *nonconforming* dengan peluang kerusakan sebesar p_2 . Jika panjang interval run produksi pertama $> \alpha$, maka untuk mempertahankan suatu kondisi mesin pada batas yang masih dapat ditoleransi, dilakukan tindakan perawatan korektif dengan *minimal repair*. Ekspektasi jumlah *part non-conforming* dalam G run produksi dimisalkan dengan M_g :

$$M_g = (\sum_{g=2}^G p_1(Q_{ig} \text{ pada interval } [(B_{ig} - s_i), BPM_g]) + p_1(Q_{i1} \text{ pada interval } [(B_{i1} - s_i), ((B_{i1} - s_i) + \alpha)]) + p_2(Q_{i1} \text{ pada interval } [((B_{i1} - s_i) + \alpha), d])) \quad (15)$$

Ekspektasi jumlah *part non-conforming* $E(M)$ adalah :

$$E(M) = M_g \quad (16)$$

Ekspektasi biaya *rework* $E(W)$ dihitung dengan ekspektasi jumlah *part non-conforming* dikalikan dengan biaya *rework* per *part*, dapat dituliskan :

$$E(W) = E(M) \cdot c_w \quad (17)$$

8. Berdasarkan Gambar IV.8, maka jumlah perawatan korektif dengan *minimal repair* yang mungkin (hanya pada run produksi pertama dari arah *due date* d) adalah sebagai berikut.

$$n_{CM} = \left[\left\{ \frac{d - [(B_{i1} - s_i) + \alpha]}{\alpha} \right\}^\beta \right] \quad (18)$$

Ekspektasi biaya perawatan korektif $E(R)$ dihitung dengan jumlah perawatan korektif dikalikan dengan variabel biaya perawatan korektif, dapat dituliskan :

$$E(R) = n_{CM} \cdot c_r \quad (19)$$

9. Kendala panjang interval run produksi untuk run pertama dan run berikutnya dapat dirumuskan sebagai berikut.

$$\sum_{i=1}^{N_g} (t_i X_{ig} + s_i X_{ig}) \leq d; \quad g = 1 \quad (20)$$

Hal tersebut menyatakan, jika produksi dilakukan dengan satu run produksi, maka panjang run produksi haruslah kecil atau sama dengan *due date*. Bila order dijadwal dengan dua run produksi atau lebih, maka panjang run produksi ke dua dan selanjutnya haruslah lebih kecil atau sama dengan waktu kerusakan pertama dari fungsi kumulatif weibull RCOF (panjang maksimum satu run produksi) atau dengan kata lain perawatan preventif harus dilaksanakan sebelum waktu pertama kerusakan terjadi.

$$\sum_{i=1}^{N_g} (tX_{ig} + sX_{ig}) \leq \alpha; \quad \forall g = 2, 3, \dots, G \quad (21)$$

10. Dibutuhkan syarat-syarat kenonnegatifan variabel keputusan.

$$Q_{ig}, N, N_g, G \geq 0; \quad \forall i = 1, 2, \dots, N; \forall g = 1, 2, \dots, G \quad (22)$$

11. Variabel untuk pemilihan *batch* ke- i yang akan diproses pada run produksi ke- g merupakan bilangan biner.

$$X_{ig} \in \{0,1\}, \quad \forall i = 1, 2, \dots, N; \forall g = 1, 2, \dots, G \quad (23)$$

3. Hasil dan Pembahasan

3.1 Verifikasi Satuan Model

Verifikasi satuan model dilakukan dengan memastikan konsistensi satuan yang ada pada model matematis yang dirancang. Verifikasi dilakukan dengan memeriksa apakah dimensi satuan pada ruas kiri dan ruas kanan persamaan matematis telah sama. Jika setiap ruas kanan dan kiri persamaan matematis telah memiliki dimensi satuan yang sama, maka model dapat dikatakan konsisten dan telah terverifikasi. Hasil dari verifikasi satuan model matematis dapat dilihat pada Tabel 1.

Tabel 2. Hasil dari Verifikasi Satuan Matematis

Komponen Model	Satuan		Komponen Model	Satuan	
	Ruas Kiri	Ruas Kanan		Ruas Kiri	Ruas Kanan
Fungsi Tujuan (1)	Biaya	Biaya	Pembatas (11)	Waktu	Waktu
Pembatas (2)	Unit	Unit	Pembatas (12)	Waktu	Waktu
Pembatas (3)	Waktu	Waktu	Pembatas (13)	Waktu	Waktu
Pembatas (4)	Unit	Unit	Pembatas (14)	Unit	Unit
Pembatas (5)	Unit	Unit	Pembatas (15)	Unit	Unit
Pembatas (6)	Unitless	Unitless	Pembatas (16)	Biaya	Biaya
Pembatas (7)	Waktu	Waktu	Pembatas (17)	Unitless	Unitless
Pembatas (8)	Waktu	Waktu	Pembatas (18)	Biaya	Biaya
Pembatas (9)	Waktu	Waktu	Pembatas (19)	Waktu	Waktu
Pembatas (10)	Waktu	Waktu	Pembatas (20)	Waktu	Waktu

3.2 Verifikasi dengan Model Acuan

Verifikasi model usulan dengan model acuan dilakukan untuk memastikan model yang dirancang fleksibel, dalam hal ini berarti jika asumsi – asumsi yang dibuat pada model usulan dihilangkan, maka model dapat kembali pada model dasar. Kondisi model usulan yang dikembangkan dan disesuaikan dengan kondisi model dasar yaitu:

1. Variabel biaya simpan dikembangkan berdasarkan fungsi tujuan model *batch processor* tunggal pada Hidayat (2013), yaitu formulasi matematis total waktu tinggal aktual *part* di lantai produksi.

Biaya Simpan :

$$ToIC = c_s \sum_{i=1}^N \{ \sum_{j=1}^i (t_j + s_j) - s_i \} Q_i \quad (24)$$

Jika komponen biaya dihilangkan, maka model akan kembali ke fungsi tujuan yang ditulis oleh Hidayat (2013) :

$$TAFT = \sum_{i=1}^N \{ \sum_{j=1}^i (t_j + s_j) - s_i \} Q_i \quad (25)$$

2. Total biaya simpan dikembangkan berdasarkan biaya simpan pada model Zahedi (2014). Pada *batch processor* diasumsikan tidak ada biaya simpan untuk produk WIP karena *part* diproses secara serentak di dalam sebuah *batch*.

Biaya Simpan :

$$ToIC = c_s \sum_{i=1}^N \{ \sum_{j=1}^i (t_j + s_j) - s_i \} Q_i \quad (26)$$

Jika mesin yang digunakan diubah dari *batch processor* menjadi *job processor* maka biaya simpan akan seperti model yang ditulis oleh Zahedi (2014).

$$ToIC = c_i \sum_{i=1}^{N-1} \{ \sum_{j=1}^i (tQ_{[j]} + s) \} Q_{i+1} + \frac{c_1+c_2}{2} t \sum_{i=1}^N Q_{[i]}^2 + \frac{c_2-c_1}{2} t \sum_{i=1}^N Q_{[i]} \quad (27)$$

3.3 Pembahasan

Model yang dikembangkan dapat menyelesaikan permasalahan batch processor dengan kriteria satu jenis produk yang diproses pada mesin tunggal, dan *due date* pengiriman hanya mengakomodasi untuk pengiriman dengan *common due date*.

4. Kesimpulan

- 1) Pengembangan model yang dilakukan dapat menyelesaikan permasalahan penjadwalan *batch* pada *batch processor* tunggal dengan item tunggal dan *common due date* yang diintegrasikan dengan penjadwalan perawatan preventif dan perawatan korektif untuk meminimumkan total biaya simpan, *setup*, perawatan, dan pengerjaan ulang.
- 2) Penjadwalan produksi dan perawatan yang dihasilkan mencakup jumlah run produksi, jumlah *batch* yang diproses pada masing – masing run produksi, jumlah perawatan preventif, jumlah perawatan korektif, dan jumlah produk *non-conforming* yang dihasilkan.

Ucapan Terima Kasih: Penulis mengucapkan terima kasih kepada Institut Teknologi Bandung dan Politeknik ATI Padang yang telah membantu terlaksananya penelitian ini.

Daftar Pustaka

- Halim, A.H. (1993). Batch Scheduling for Production System under Just in Time Environment, *Dissertation*, Osaka Prefecture University, Jepang.
- Halim, A.H., Miyazaki, S. dan Ohta, H. (1994a). Batch-scheduling Problems to Minimize Actual Flow Times of Parts Through the Shop under JIT Environment, *European Journal of Operation Research* 72, 529-544.
- Hidayat, N.P.A., dkk. (2013). A Single Item Batch Scheduling Model on A Batch Processor to Minimize Total Actual Flowtime of Parts through The Shop, *Proceeding Asia Pacific Industrial Engineering and Management System*, Cebu Island, Philipina.
- Hidayat, N.P.A., dkk. (2015). A Batch-Scheduling Model for m Heterogenous Batch Processors, *International Journal of Production Research*, Published online 17 June 2015.
- Hidayat, N.P.A. (2016). Model Penjadwalan Produksi pada Batch Processor untuk Meminimisasi Total Waktu Tenggat Aktual Part. *Disertasi*, Institut Teknologi Bandung, Bandung.
- Jiang and Murthy. (2008). *Maintenance: Decision Models for Management*, Science Press, China
- Yusriski, R., Astuti, B., Ilham, M., & Zahedi (2019). Integrated Batch Production and Multiple Preventive Maintenance Scheduling on A Single Machine to Minimize Total Actual Flow Time. *IOP Conference Series Materials Science and Engineering (Online)*, 598(1), 8. doi:10.1088/1757-899X/598/1/012083
- Zahedi, dkk. (2014). Model Integrasi Penjadwalan Produksi Batch dan Penjadwalan Perawatan dengan Kendala Due Date, *Jurnal Teknik Industri*, Vol. 16, No. 2, Desember 2014, 75-84.
- Zahedi. (2019). Integrated Batch Production and Maintenance Scheduling to Minimize Total Production and Maintenance Costs with a Common Due Date Constraint. 10.5772/intechopen.85004.

- Zahedi., Salim, A. (2016). Integrating Preventive Maintenance Scheduling as Probability Machine Failure and Batch Production Scheduling. *Journal ComTech*, 7(2), 105-112, <https://doi.org/10.21512/comtech.v7i2.2247>
- Zahedi, Salim, A., Yusriski, R., & Haris. (2019). Optimization of an integrated batch production and maintenance scheduling on flow shop with two machines. *International Journal of Industrial Engineering Computations*, (10), 225–238. DOI: 10.5267/j.ijiec.2018.7.001.