



PAPER – OPEN ACCESS

Analisis Production Activity Control (PAC) pada Proses Produksi Ragum Menggunakan Algoritma Hodgson di PT XYZ

Author : Chandra Ronaldo Hasiholan Silalahi, et al
DOI : 10.32734/ee.v9i2.2801
Electronic ISSN : 2654-704X
Print ISSN : 2654-7031

Volume 9 Issue 2 – 2026 TALENTA Conference Series: Energy & Engineering (EE)



This work is licensed under a [Creative Commons Attribution-NoDerivatives 4.0 International License](https://creativecommons.org/licenses/by-nd/4.0/).

Published under licence by TALENTA Publisher, Universitas Sumatera Utara



Analisis *Production Activity Control* (PAC) pada Proses Produksi Ragum Menggunakan *Algoritma Hodgson* di PT XYZ

Chandra Ronaldo Hasiholan Silalahi^{*1}, Salsabila Apsyanda¹, Raihan Atmajaya², Muhammad Ridho Arliandi³, Novika Lumban Gaol⁴

¹Program Studi Sarjana Teknik Industri, Universitas Sumatera Utara, Jl. Dr. T. Mansyur No. 9, Padang Bulan, Medan 20155, Indonesia

²Program Studi Sarjana Ilmu Politik, Universitas Sumatera Utara, Jl. Dr. T. Mansyur No. 9, Padang Bulan, Medan 20155, Indonesia

³Program Studi Sarjana Agroekoteknologi, Universitas Sumatera Utara, Jl. Dr. T. Mansyur No. 9, Padang Bulan, Medan 20155, Indonesia

⁴Program Studi Sarjana Kedokteran, Universitas Sumatera Utara, Jl. Dr. T. Mansyur No. 9, Padang Bulan, Medan 20155, Indonesia

crhs2710@gmail.com, Slsblqueena@gmail.com, raihanpros2004@gmail.com, ridhoariandi29@gmail.com, novikalumbangaol78@gmail.com

Abstrak

Keterlambatan produksi pada industri manufaktur dapat menurunkan efisiensi operasional dan meningkatkan biaya penalti, sehingga diperlukan *Production Activity Control* (PAC) yang efektif. Penelitian ini bertujuan menganalisis penerapan PAC pada proses produksi ragum di PT XYZ menggunakan *algoritma Hodgson* untuk meminimasi keterlambatan produksi dan mengevaluasi kesesuaian antara perencanaan dan realisasi produksi. Data yang digunakan meliputi *routing file*, *planned order release* hasil *Material Requirement Planning* (MRP), dan data hari kerja produksi. Analisis dilakukan melalui perhitungan *starting time*, waktu proses, *due date*, penjadwalan menggunakan *algoritma Hodgson*, serta evaluasi *dispatching*, *expediting*, dan *production reporting*. Selain itu, dilakukan analisis *bottleneck* dan identifikasi penyebab keterlambatan aktual. Hasil penelitian menunjukkan bahwa secara teoritis *algoritma Hodgson* menghasilkan jadwal tanpa *tardy jobs* dengan nilai *lateness* negatif pada seluruh periode analisis. Namun, implementasi aktual masih mengalami keterlambatan akibat ketidakseimbangan beban kerja, kompleksitas *routing*, dan keterbatasan pengendalian operasional, yang menyebabkan biaya penalti sebesar Rp307.500.000. Penelitian ini menunjukkan bahwa efektivitas PAC tidak hanya dipengaruhi oleh metode penjadwalan, tetapi juga oleh kemampuan monitoring produksi dan pengendalian operasional secara *real-time*.

Kata Kunci: Pengendalian Aktivitas Produksi; Penjadwalan Produksi; *Algoritma Hodgson*; *Bottleneck*; *Lean Manufacturing*

Abstract

Production delays in manufacturing industries can reduce operational efficiency and increase penalty costs, thereby requiring effective Production Activity Control (PAC). This study aims to analyze the implementation of PAC in vise production at PT XYZ using the Hodgson algorithm to minimize production delays and evaluate the conformity between production planning and actual implementation. The data used include routing files, planned order release generated from Material Requirement Planning (MRP), and production working-day data. The analysis was conducted through the calculation of starting time, processing time, due date, scheduling using the Hodgson algorithm, and evaluation of dispatching, expediting, and production reporting. In addition, bottleneck analysis and identification of actual delay causes were carried out to strengthen the production performance evaluation. The results show that theoretically the Hodgson algorithm produces a schedule without tardy jobs, indicated by negative lateness values in all analysis periods. However, actual implementation still experienced delays due to workload imbalance, routing complexity, and limitations in operational control, resulting in penalty costs of Rp307,500,000. This study indicates that PAC effectiveness is influenced not only by scheduling methods but also by production monitoring capability and real-time operational control.

Keywords: *Production Activity Control*; *Production Scheduling*; *Hodgson Algorithm*; *Bottleneck*; *Lean Manufacturing*

1. Pendahuluan

Industri manufaktur dituntut untuk menghasilkan produk secara tepat waktu, efisien, dan berkualitas guna memenuhi kebutuhan pelanggan serta mempertahankan daya saing perusahaan. Ketepatan waktu produksi menjadi salah satu indikator penting dalam menilai kinerja operasional perusahaan karena keterlambatan produksi dapat menyebabkan terganggunya aliran produksi, meningkatnya biaya operasional, serta menurunnya tingkat kepuasan pelanggan. Selain itu, keterlambatan juga dapat

menimbulkan biaya penalti dan pemborosan (*waste*) yang bertentangan dengan prinsip *lean manufacturing* [1]. Oleh karena itu, perusahaan memerlukan sistem pengendalian produksi yang mampu memastikan kesesuaian antara perencanaan dan pelaksanaan produksi di lantai produksi.

Dalam sistem perencanaan produksi, kebutuhan material dan jadwal produksi umumnya ditentukan melalui *Material Requirement Planning* (MRP) yang menghasilkan *planned order release* untuk setiap periode produksi [2]. Namun, keberhasilan implementasi rencana produksi tidak hanya bergantung pada hasil perencanaan, tetapi juga pada efektivitas pengendalian aktivitas produksi selama proses berlangsung. Salah satu pendekatan yang digunakan adalah *Production Activity Control* (PAC), yaitu sistem pengendalian operasional yang mencakup aktivitas penjadwalan, *dispatching*, *expediting*, dan *production reporting* untuk memastikan proses produksi berjalan sesuai target [3].

Pada proses produksi dengan banyak komponen dan tahapan operasi, kompleksitas pengendalian produksi menjadi semakin tinggi akibat variasi waktu proses, perbedaan *routing*, serta keterbatasan kapasitas *work center*. Kondisi tersebut sering menyebabkan ketidaksesuaian antara jadwal yang telah direncanakan dengan realisasi produksi di lapangan. Produk ragam merupakan salah satu produk manufaktur yang memiliki struktur produksi bertingkat dan melibatkan berbagai *work center*, sehingga memerlukan sistem penjadwalan dan pengendalian produksi yang efektif agar keterlambatan dapat diminimalkan.

Berbagai penelitian terkait penjadwalan produksi telah dilakukan menggunakan metode seperti *Earliest Due Date* (EDD), *Shortest Processing Time* (SPT), maupun *Johnson Rule* untuk mengoptimalkan urutan pekerjaan dan mengurangi keterlambatan produksi. Namun, sebagian besar penelitian masih berfokus pada optimasi jadwal secara teoritis tanpa mengevaluasi kesesuaian antara hasil penjadwalan dengan kondisi aktual di lantai produksi. Selain itu, penelitian mengenai *Production Activity Control* (PAC) masih relatif terbatas, khususnya yang mengintegrasikan analisis *dispatching*, *expediting*, *production reporting*, serta evaluasi *bottleneck* dalam satu sistem pengendalian produksi secara menyeluruh.

Di sisi lain, sebagian besar penelitian sebelumnya masih menggunakan pendekatan deterministik dan belum mempertimbangkan pengaruh ketidakseimbangan kapasitas *work center* terhadap munculnya keterlambatan aktual. Akibatnya, jadwal yang optimal secara matematis belum tentu menghasilkan performansi produksi yang optimal pada implementasi nyata. Oleh karena itu, diperlukan penelitian yang tidak hanya mengevaluasi performa metode penjadwalan, tetapi juga menganalisis efektivitas pengendalian operasional produksi dalam menghadapi kondisi aktual di lantai produksi.

Algoritma Hodgson merupakan salah satu metode penjadwalan yang bertujuan meminimasi jumlah pekerjaan yang terlambat (*tardy jobs*) dengan mengurutkan pekerjaan berdasarkan *due date* dan mengeliminasi pekerjaan dengan waktu proses terbesar ketika terjadi potensi keterlambatan [4]. Algoritma ini dinilai efektif dalam menghasilkan jadwal dengan tingkat keterlambatan minimum, terutama pada sistem produksi dengan keterbatasan kapasitas dan banyaknya variasi pekerjaan. Namun, efektivitas hasil penjadwalan tetap dipengaruhi oleh kondisi operasional aktual, seperti *bottleneck*, distribusi beban kerja, dan kemampuan monitoring produksi.

Berdasarkan kondisi tersebut, penelitian ini bertujuan menganalisis penerapan *Production Activity Control* (PAC) pada proses produksi ragam menggunakan *algoritma Hodgson* untuk meminimasi keterlambatan produksi serta mengevaluasi kesesuaian antara perencanaan dan realisasi produksi. Penelitian ini tidak hanya membahas hasil penjadwalan secara teoritis, tetapi juga mengevaluasi implementasi PAC melalui *dispatching*, *expediting*, *production reporting*, serta analisis *bottleneck* dan penyebab keterlambatan aktual pada sistem produksi. Dengan demikian, penelitian ini diharapkan dapat memberikan kontribusi dalam pengembangan strategi pengendalian produksi yang lebih adaptif, efisien, dan mendukung penerapan *lean manufacturing* serta *sustainable manufacturing* di industri manufaktur.

2. Metodologi Penelitian

2.1. Jenis Penelitian

Penelitian ini menggunakan metode studi kasus pada proses produksi ragam. Pendekatan ini dipilih untuk menganalisis secara langsung penerapan *Production Activity Control* (PAC) dalam kondisi nyata, khususnya pada aktivitas penjadwalan dan pengendalian produksi di PT XYZ.

2.2. Asumsi Sistem Produksi

Dalam penelitian ini digunakan beberapa asumsi untuk mempermudah proses analisis penjadwalan dan pengendalian produksi. Asumsi yang digunakan disesuaikan dengan kondisi perencanaan produksi perusahaan dan digunakan sebagai batasan dalam model penelitian, yaitu:

1. Mesin dan *work center* diasumsikan dapat beroperasi sesuai kapasitas normal selama horizon perencanaan produksi.
2. Kapasitas operator dan jam kerja produksi dianggap relatif konstan pada setiap periode pengamatan.

3. Material diasumsikan tersedia sesuai planned order release sehingga pengaruh kekurangan bahan baku tidak menjadi fokus penelitian.
4. Waktu setup dan waktu operasi menggunakan data standar perusahaan sehingga variasi waktu proses aktual tidak diperhitungkan dalam model.
5. Perubahan prioritas *order* selama horizon penjadwalan dianggap minimal.
6. Sistem produksi mengikuti urutan proses berdasarkan *routing file* yang telah ditetapkan Perusahaan.

2.3. Data yang Digunakan

Data yang digunakan dalam penelitian ini merupakan data sekunder hasil pengolahan pada tahap perencanaan produksi, yang meliputi.

1. *Routing file*, yang berisi informasi urutan proses, *work center*, waktu *setup*, dan waktu operasi untuk setiap komponen produk ragam.

Tabel 1. *Routing File*

Kode Item	No. Operasi	Elemen Kerja	Work Center	Waktu Setup (Detik)	Waktu Operasi (Detik)
FP	1	37	VI	10	21
	2	36	VI	10	12
A-2	1	35	VI	50	149
	2	34	VI	240	177
	3	33	VI	36	135
	4	32	VI	82	273
	5	31	V	50	209
	6	30	III	60	544
	7	29	I	35	486
A-3	1	28	VI	10	14
B-1	1	27	V	50	232
	2	26	IV	82	366
	3	25	III	60	452
B-2	1	24	VI	10	12
C-1	1	23	V	65	248
	2	22	V	300	248
	3	21	V	45	243
	4	20	V	84	282
	5	19	V	54	282
	6	18	III	82	448
	7	17	II	50	1069
	8	16	II	50	646
	9	15	I	60	321
	10	14	I	35	618
	11	13	I	35	548
C-2	1	12	VI	10	3
D-1	1	11	IV	50	355
	2	10	II	82	249
D-2	1	9	VI	10	5
E-1	1	8	VI	50	163
	2	7	VI	300	665
	3	6	V	45	238
E-2	1	5	IV	65	287
	2	4	IV	300	319
	3	3	IV	82	618
	4	2	III	60	446

2. Jumlah hari kerja dan hari kalender pada setiap periode produksi, yang digunakan untuk menentukan *starting time* dan *due date*.

Tabel 2. Jumlah Hari Kerja Setiap Periode

Periode	Hari Kerja	Total Hari
1	5	7
2	5	7
3	6	7
4	6	7
5	6	7
6	5	7
7	5	7
8	5	7
9	5	7
10	5	7
11	5	7
12	5	7

3. Data permintaan (*planned order release*), yang diperoleh dari hasil perencanaan *Material Requirement Planning* (MRP) menggunakan metode *Silver Meal*.

Tabel 3. Data Permintaan Ragum

Level	Kode Part	Periode												Total
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	
0	FP	0	170	0	216	0	233	0	227	0	221	0	0	1.067
	A-1	0	0	432	0	466	0	454	0	442	0	0	0	1.794
1	A-2	0	0	216	0	233	0	227	0	221	0	0	0	897
	A-3	0	0	216	0	233	0	227	0	221	0	0	0	897
2	B-1	0	83	0	233	0	227	0	221	0	0	0	0	764
	B-2	0	84	0	233	0	227	0	221	0	0	0	0	765
3	C-1	0	0	179	0	227	0	221	0	0	0	0	0	627
	C-2	0	0	182	0	227	0	221	0	0	0	0	0	630
4	D-1	0	46	0	227	0	221	0	0	0	0	0	0	494
	D-2	0	42	0	227	0	221	0	0	0	0	0	0	490
5	E-1	0	0	126	0	221	0	0	0	0	0	0	0	347
	E-2	0	0	124	0	221	0	0	0	0	0	0	0	345
Total														9.117

2.4. Langkah-langkah Analisis

Tahapan analisis dalam penelitian ini difokuskan pada periode pelaksanaan produksi, yaitu mulai periode 6 sebagai awal horizon pengamatan PAC. Langkah-langkah analisis yang dilakukan adalah sebagai berikut:

1. Perhitungan *Starting Time*

Starting time merupakan waktu awal suatu order dapat diproses pada stasiun kerja. Perhitungan dilakukan berdasarkan akumulasi jumlah hari kalender pada periode sebelumnya [5]. *Starting time* dapat dirumuskan sebagai:

$$ST_i = \sum_{k=1}^{n-1} H_k + 1$$

2. Perhitungan Waktu Proses (T_i)

Waktu proses (T_i) dihitung dengan mempertimbangkan waktu *setup* dan waktu operasi yang disesuaikan dengan jumlah order (*planned order release*) serta kapasitas kerja yang tersedia [6]. Waktu proses dapat dirumuskan sebagai:

$$T_i = \frac{(T_{Setup} + T_{Operasi}) \times Q}{3600 \times JKE}$$

3. Penentuan *Due Date*

Due date ditentukan berdasarkan periode kebutuhan produk dan lead time produksi, sehingga setiap komponen memiliki batas waktu penyelesaian yang jelas [7]. Secara umum dirumuskan sebagai:

$$DD_i = ST_i + LT_i$$

Dimana LT_i adalah *lead time* pada periode tersebut. Untuk komponen turunan (*child item*), *due date* ditentukan berdasarkan *due date* produk induk (*parent item*) dikurangi total waktu proses komponen tersebut [7], yaitu:

$$DD_{child} = DD_{parent} - \sum T_i$$

4. Penjadwalan dengan *Algoritma Hodgson*

Penjadwalan dilakukan untuk meminimasi jumlah pekerjaan yang terlambat (*tardy jobs*) dengan mengurutkan pekerjaan berdasarkan *due date* terkecil, mengidentifikasi keterlambatan, serta mengeliminasi pekerjaan dengan waktu proses terbesar apabila terjadi keterlambatan [8].

5. *Dispatching*

Dispatching dilakukan untuk menentukan prioritas pengerjaan job pada setiap *work center*, serta menetapkan waktu mulai dan penyerahan *order* ke stasiun kerja [9].

6. *Expediting*

Expediting dilakukan untuk mengidentifikasi dan menangani keterlambatan produksi dengan mengklasifikasikan pekerjaan menjadi *yellow* (berpotensi terlambat), *hot* (telah melewati batas waktu), dan *red* (keterlambatan kritis dengan dampak signifikan) [10].

7. *Production Reporting*

Tahap ini dilakukan untuk mengevaluasi kinerja produksi dengan membandingkan rencana dan realisasi, yang meliputi *completion date*, *remaining lead time*, serta biaya penalti akibat keterlambatan [11].

3. Pembahasan

3.1. Perhitungan *Starting Time*, Waktu Proses, dan *Due Date*

Perhitungan *starting time*, waktu proses (T_i), dan *due date* dilakukan sebagai dasar dalam penyusunan penjadwalan produksi. *Starting time* ditentukan berdasarkan akumulasi jumlah hari kalender pada periode sebelumnya dengan horizon pengamatan dimulai pada periode 6. Waktu proses (T_i) dihitung berdasarkan penjumlahan waktu *setup* dan waktu operasi yang disesuaikan dengan jumlah *order* produksi, sedangkan *due date* ditentukan berdasarkan kebutuhan produk dan *lead time* produksi setiap komponen. Hasil perhitungan disajikan pada ringkasan Tabel 4.

Tabel 4. Ringkasan Perhitungan T_i dan <i>Due Date</i>		
Kode Item	Rentang T_i (Detik)	Rentang <i>Due Date</i> (Hari)
FP	0 - 1	40 - 76
A-2	0 - 3	37 - 76
A-3	0 - 1	39 - 76
B-1	0 - 3	34 - 67
B-2	0 - 1	39 - 67
C-1	0 - 5	19 - 61
C-2	0 - 1	38 - 61
D-1	0 - 2	36 - 52
D-2	0 - 1	38 - 52
E-1	0 - 0	37 - 46
E-2	0 - 0	37 - 46

Berdasarkan hasil perhitungan, komponen C-1 memiliki rentang waktu proses terbesar dibandingkan komponen lainnya karena memiliki jumlah operasi dan routing yang lebih kompleks. Sebaliknya, komponen E-1 dan E-2 memiliki waktu proses relatif lebih kecil karena jumlah tahapan proses yang lebih sedikit. Variasi *due date* antar komponen menunjukkan adanya perbedaan prioritas penyelesaian pekerjaan pada setiap periode produksi. Kondisi ini menjadi dasar penting dalam proses penjadwalan karena perbedaan waktu proses dan *due date* sangat memengaruhi potensi keterlambatan pada sistem produksi.

3.2. Penjadwalan Produksi dengan *Algoritma Hodgson*

Penjadwalan produksi dilakukan menggunakan *algoritma Hodgson* dengan tujuan meminimasi jumlah pekerjaan yang mengalami keterlambatan (*tardy jobs*). Algoritma ini bekerja dengan mengurutkan pekerjaan berdasarkan *due date* terkecil, kemudian mengevaluasi *lateness* setiap pekerjaan. Apabila ditemukan keterlambatan, pekerjaan dengan waktu proses terbesar akan dieliminasi sementara untuk mengurangi jumlah *tardy jobs*.

Hasil penjadwalan pada periode 6 hingga periode 11 menunjukkan bahwa seluruh pekerjaan memiliki nilai *lateness* negatif ($L_j < 0$), sehingga tidak terdapat pekerjaan yang mengalami keterlambatan. Nilai *completion time* pada setiap periode juga masih berada di bawah *due date*, yang menunjukkan bahwa kapasitas produksi secara teoritis masih mampu memenuhi kebutuhan produksi.

Tabel 5. Ringkasan Hasil Penjadwalan dengan *Algoritma Hodgson*

Periode	Jumlah Job	Tardy Job	Lmax	Keterangan
6	11	0	-25	Tidak ada keterlambatan
7	11	0	-1	Periode paling kritis
8	11	0	-45	Tidak ada keterlambatan
9	5	0	-47	Tidak ada keterlambatan
10	3	0	-67	Tidak ada keterlambatan
11	1	0	-76	Tidak ada keterlambatan

Berdasarkan hasil tersebut, *algoritma Hodgson* mampu menghasilkan jadwal produksi yang optimal tanpa *tardy jobs* pada seluruh periode analisis. Namun demikian, periode 7 memiliki nilai *lateness* yang paling mendekati nol dibandingkan periode lainnya. Kondisi ini menunjukkan bahwa periode tersebut merupakan kondisi paling kritis dalam sistem produksi karena kapasitas *work center* hampir mencapai batas utilisasi maksimum. Dengan demikian, apabila terjadi gangguan kecil pada proses produksi, maka potensi keterlambatan akan meningkat secara signifikan.

3.3. Validasi dan Perbandingan Metode Penjadwalan

Untuk mengevaluasi performa *algoritma Hodgson*, dilakukan perbandingan dengan metode penjadwalan *Earliest Due Date* (EDD) dan *Shortest Processing Time* (SPT). Parameter evaluasi yang digunakan meliputi jumlah *tardy jobs* dan nilai *maximum lateness* (Lmax).

Tabel 6. Perbandingan Performa Metode Penjadwalan

Metode	Tardy Jobs	Lmax
<i>Hodgson</i>	0	-1
EDD	2	4
SPT	3	6

Hasil perbandingan menunjukkan bahwa *algoritma Hodgson* menghasilkan performa penjadwalan yang lebih baik dibandingkan metode EDD dan SPT. Pada *algoritma Hodgson*, seluruh pekerjaan dapat diselesaikan tanpa *tardy jobs* dengan nilai *lateness* negatif pada seluruh periode analisis. Sementara itu, metode EDD dan SPT masih menunjukkan potensi keterlambatan pada periode dengan beban produksi tinggi karena kedua metode tersebut tidak memiliki mekanisme eliminasi pekerjaan dengan waktu proses besar. Keunggulan *algoritma Hodgson* terletak pada kemampuannya mengendalikan jumlah pekerjaan terlambat melalui proses eliminasi pekerjaan dengan waktu proses terbesar ketika terjadi potensi keterlambatan. Oleh karena itu, *algoritma Hodgson* dinilai lebih sesuai untuk diterapkan pada sistem produksi ragam yang memiliki variasi waktu operasi dan kompleksitas *routing* yang tinggi.

3.4. Analisis Dispatching

Dispatching dilakukan untuk menentukan prioritas pengerjaan setiap *job* pada masing-masing *work center* berdasarkan waktu mulai produksi, waktu penyerahan *order*, dan *due date*. Hasil *dispatching* menunjukkan bahwa sebagian besar *order* masih memiliki waktu penyerahan sebelum *due date* sehingga secara teoritis tidak terdapat indikasi keterlambatan pada tahap perencanaan.

Tabel 7. Ringkasan *Dispatching Order*

Kode Item	Work Center	Start Time (Hari)	Penyerahan Order (Hari)	Due Date (Hari)
FP	VI	36-71	37-70	41-76
A-2	I, III, V, VI	36-71	35-70	39-76
A-3	VI	36-71	35-70	39-76
B-1	III, IV, V	36-64	42-63	39-67
B-2	VI	36-64	36-63	39-67
C-1	I, II, III, V	36-57	35-73	38-61
C-2	VI	36-57	35-56	38-61
D-1	II, IV	36-50	39-49	38-52
D-2	VI	36-50	36-49	38-52
E-1	V, VI	36-43	35-42	37-46
E-2	III, IV	36-43	35-42	37-46

Namun demikian, terdapat perbedaan rentang waktu penyerahan antar komponen akibat variasi waktu proses dan kompleksitas *routing* produksi. Komponen C-1 memiliki rentang waktu penyerahan paling panjang karena melibatkan banyak operasi pada beberapa *work center*. Sebaliknya, komponen E-1 dan E-2 memiliki waktu penyerahan yang relatif lebih singkat karena *routing* produksi lebih sederhana.

Selain itu, beberapa komponen seperti A-2 dan B-1 menunjukkan fluktuasi waktu penyerahan antar periode yang cukup signifikan. Kondisi ini mengindikasikan adanya ketidakseimbangan distribusi beban kerja antar *work center* yang berpotensi menyebabkan penumpukan pekerjaan pada periode tertentu. Dengan demikian, meskipun *dispatching* secara teoritis berjalan sesuai rencana, implementasi aktual masih memiliki potensi hambatan operasional di lantai produksi.

3.5. Analisis Bottleneck Produksi

Berdasarkan hasil *dispatching* dan evaluasi kapasitas produksi, *bottleneck* teridentifikasi pada *work center* II dan *work center* V, khususnya pada komponen C-1 dan A-2 yang memiliki waktu proses relatif besar dan *routing* produksi yang kompleks. Tingginya akumulasi beban kerja pada *work center* tersebut menyebabkan peningkatan *waiting time* dan memperbesar risiko keterlambatan produksi. Kondisi *bottleneck* paling terlihat pada periode 7, yaitu periode dengan nilai *lateness* paling mendekati nol. Hal ini menunjukkan bahwa kapasitas produksi pada periode tersebut berada pada kondisi paling kritis sehingga sistem produksi menjadi lebih sensitif terhadap gangguan operasional. Ketidakseimbangan kapasitas antar *work center* menyebabkan aliran produksi menjadi kurang stabil dan meningkatkan kemungkinan keterlambatan aktual meskipun jadwal teoritis telah optimal. Dengan demikian, *bottleneck* menjadi salah satu faktor utama yang menyebabkan perbedaan antara hasil penjadwalan teoritis dan realisasi produksi di lapangan.

3.6. Analisis Expediting

Expediting dilakukan untuk mengidentifikasi dan menangani keterlambatan produksi dengan mengklasifikasikan pekerjaan menjadi kategori *yellow*, *hot*, dan *red* berdasarkan tingkat deviasi terhadap *due date*.

Tabel 8. Ringkasan Klasifikasi *Expediting* per Periode

Periode	Kondisi Pekerjaan			Keterangan
	Yellow	Hot	Red	
6	Dominan	Ada	-	Keterlambatan ringan mulai muncul
7	Dominan	-	Ada	Periode paling kritis
8	Dominan	Ada	-	Keterlambatan ringan
9	Dominan	-	Ada	Keterlambatan kritis
10	Dominan	-	-	Kondisi stabil
11	Dominan	-	-	Stabil
12	Dominan	-	-	Stabil

Hasil analisis menunjukkan bahwa sebagian besar pekerjaan berada pada kategori *yellow*, yang berarti pekerjaan masih dapat diselesaikan sebelum *due date* namun memiliki margin waktu yang terbatas. Keterlambatan ringan (*hot*) mulai muncul pada beberapa komponen dengan waktu proses besar seperti B-1 dan D-1, sedangkan keterlambatan kritis (*red*) terjadi pada komponen A-2 dan C-1, khususnya pada periode 7 dan 9. Munculnya kondisi *hot* dan *red* menunjukkan bahwa sistem pengendalian produksi masih bersifat reaktif karena tindakan percepatan produksi baru dilakukan setelah keterlambatan mulai terjadi. Selain itu, keterbatasan monitoring produksi secara *real-time* menyebabkan respons terhadap potensi keterlambatan menjadi kurang optimal.

3.7. Analisis Penyebab Keterlambatan

Keterlambatan aktual yang terjadi pada beberapa komponen menunjukkan adanya perbedaan antara hasil penjadwalan teoritis dan kondisi implementasi di lantai produksi. Berdasarkan hasil evaluasi *dispatching*, *expediting*, dan *production reporting*, keterlambatan dipengaruhi oleh beberapa faktor operasional utama. Salah satu faktor utama adalah ketidakseimbangan beban kerja antar *work center*, terutama pada *work center* II dan V yang menangani komponen dengan *routing* kompleks dan waktu proses relatif besar, seperti C-1 dan A-2. Tingginya akumulasi pekerjaan pada *work center* tersebut menyebabkan peningkatan *waiting time* dan memperbesar risiko keterlambatan produksi. Selain itu, kompleksitas *routing* produksi juga memengaruhi stabilitas aliran proses karena beberapa komponen harus melewati banyak tahapan operasi dengan *work center* yang berbeda. Kondisi ini meningkatkan kemungkinan terjadinya antrean proses dan penumpukan pekerjaan pada periode tertentu.

Faktor lain yang memengaruhi keterlambatan adalah tingginya waktu setup pada beberapa operasi produksi. Waktu setup yang besar menyebabkan kapasitas efektif *work center* berkurang sehingga proses produksi menjadi kurang fleksibel terhadap perubahan beban kerja. Keterbatasan monitoring produksi secara *real-time* juga menyebabkan *respons* terhadap potensi keterlambatan menjadi kurang optimal. Tindakan *expediting* cenderung dilakukan setelah keterlambatan mulai terjadi sehingga pengendalian produksi masih bersifat reaktif. Selain itu, koordinasi *dispatching* antar *work center* yang belum optimal menyebabkan beberapa pekerjaan mengalami deviasi *completion time* dibandingkan jadwal awal yang telah direncanakan. Berdasarkan hasil analisis tersebut, dapat disimpulkan bahwa keterlambatan produksi tidak hanya dipengaruhi oleh metode penjadwalan, tetapi juga oleh efektivitas pengendalian operasional dan kemampuan perusahaan dalam mengelola aliran produksi secara menyeluruh.

3.8. Production Reporting dan Evaluasi Kinerja

Production reporting dilakukan untuk mengevaluasi kesesuaian antara rencana dan realisasi produksi melalui perbandingan *release date*, *completion date*, dan *remaining lead time* pada setiap *order*.

Tabel 9. Ringkasan Kinerja Produksi

Indikator	Hasil
Periode analisis	6–12
Order tepat waktu	Mayoritas
Order terlambat	A-2, B-1, C-1, D-1
Keterlambatan terbesar	C-1 periode 7
Pola kinerja	Relatif baik, namun tidak konsisten

Hasil evaluasi menunjukkan bahwa mayoritas *order* dapat diselesaikan tepat waktu dengan *remaining lead time* positif. Namun demikian, masih terdapat beberapa komponen seperti A-2, B-1, C-1, dan D-1 yang mengalami *remaining lead time* negatif pada periode tertentu. Keterlambatan terbesar terjadi pada komponen C-1 periode 7 akibat tingginya beban kerja dan kompleksitas *routing* produksi. Secara umum, sistem produksi menunjukkan performa yang cukup baik karena sebagian besar *order* berhasil diselesaikan sesuai target. Akan tetapi, adanya deviasi pada beberapa komponen menunjukkan bahwa sistem pengendalian operasional masih perlu ditingkatkan agar stabilitas produksi dapat lebih terjaga.

3.9. Analisis Biaya Keterlambatan (Penalty Cost)

Keterlambatan produksi yang terjadi pada beberapa komponen menyebabkan timbulnya biaya penalti sebesar Rp51.250.000 untuk setiap kejadian keterlambatan.

Tabel 10. Biaya Keterlambatan

Komponen	Periode	Jumlah Kejadian	Total Penalti
A-2	7 dan 9	2	Rp102.500.000
B-1	6 dan 8	2	Rp102.500.000
C-1	7	1	Rp51.250.000
D-1	6	1	Rp51.250.000
Total		6	Rp307.500.000

Hasil analisis menunjukkan bahwa meskipun secara teoritis penjadwalan tidak menghasilkan keterlambatan, implementasi aktual di lantai produksi tetap menimbulkan deviasi yang berdampak pada biaya penalti yang cukup besar. Hal ini menunjukkan bahwa efektivitas *Production Activity Control* (PAC) tidak hanya bergantung pada metode penjadwalan, tetapi juga pada kemampuan monitoring produksi, pengendalian *bottleneck*, dan *respons* operasional secara *real-time*. Oleh karena itu, perusahaan perlu meningkatkan koordinasi antar *work center*, melakukan redistribusi beban kerja, serta menerapkan monitoring produksi yang lebih adaptif untuk meminimalkan keterlambatan dan biaya penalti produksi.

4. Kesimpulan

Berdasarkan hasil penelitian, *algoritma Hodgson* secara teoritis mampu menghasilkan jadwal produksi tanpa *tardy jobs* dengan nilai *lateness* negatif pada seluruh periode analisis. Namun, implementasi aktual masih menunjukkan adanya keterlambatan pada beberapa komponen akibat *bottleneck work center*, kompleksitas *routing*, serta ketidakseimbangan beban kerja produksi. Analisis *Production Activity Control* (PAC) melalui *dispatching*, *expediting*, dan *production reporting* menunjukkan bahwa keterlambatan

aktual lebih dipengaruhi oleh faktor pengendalian operasional dibandingkan metode penjadwalan itu sendiri. Kondisi tersebut menyebabkan munculnya biaya penalti sebesar Rp307.500.000. Hasil penelitian juga menunjukkan bahwa integrasi antara *scheduling* dan pengendalian produksi *real-time* menjadi faktor penting dalam mendukung *lean manufacturing* dan peningkatan efisiensi sistem produksi. Oleh karena itu, perusahaan disarankan menerapkan monitoring produksi berbasis *real-time*, redistribusi kapasitas *work center bottleneck*, serta sistem *dispatching* dinamis agar keterlambatan produksi dapat diminimalkan. Untuk penelitian selanjutnya, disarankan dilakukan pengembangan model penjadwalan dinamis dengan mempertimbangkan ketidakpastian operasional seperti *machine breakdown*, variasi waktu proses, dan perubahan prioritas *order* secara *real-time*. Selain itu, penelitian lanjutan dapat membandingkan performa *algoritma Hodgson* dengan metode metaheuristik atau pendekatan *smart manufacturing* berbasis *Industrial Internet of Things* (IIoT).

References

- [1] Rahmat Hidayat, Tri Ngudi Wiyatno, and Dwi Indra Prasetya, "Optimalisasi Line Balancing pada Proses Produksi PCB Line KMM-X704KN PT. XYZ," *INSOLOGI: Jurnal Sains dan Teknologi*, vol. 5, no. 1, pp. 11–21, Feb. 2026, doi: 10.55123/insologi.v5i1.6879.
- [2] M. Fahmi Aziz and D. Fatrianto Suyatno, "Rancang Bangun Material Requirement Planning pada Mebel Rizky," 2019.
- [3] A. Dwi Pratama, E. Mardawati, D. Maulida Rahmah, and F. Syahmurman, "Perencanaan Penerapan MRP II untuk Pengendalian Produksi Studi Kasus di Equine Black Garlic by SML Implementation Planning of MRP II for Production Control at Equine Black Garlic by SML," vol. 3, no. 1, pp. 205–214, 2025.
- [4] Iksan, "Perencanaan dan Pengendalian Produksi dengan Menggunakan Metode Manufacturing Resources Planning di PT. Semen Gresik Tbk," 2022.
- [5] Supriyanto, "Optimasi Waktu/Proses Produksi di PT. Sumiden Sintered Component Indonesia dengan Teknik Analisa Network/PERT dan Metode SMED," 2017.
- [6] S. Lia, N. Anggraini, N. Budiharti, and H. Galuh, "Analisis Penjadwalan Produksi Air Minum Menggunakan Shortest Processing Time (SPT) untuk Meningkatkan Kerja pada KUKM Shoffa," *Jurnal Mahasiswa Teknik Industri*, vol. 8, no. 2, 2025.
- [7] G. M. Rahmah, K. Fauziah, and F. Suroso, "Implementasi Metode Earliest Due Date (EDD) untuk Penjadwalan Produksi," *Journal of Manufacturing and Enterprise Information System*, vol. 2, no. 1, pp. 65–72, May 2024, doi: 10.52330/jmeis.v2i1.267.
- [8] J. Cherian, R. Ravi, and M. Skutella, "A simple proof of the Moore-Hodgson Algorithm for minimizing the number of late jobs," *Operations Research Letters*, vol. 49, no. 6, pp. 842–843, Nov. 2021, doi: 10.1016/j.orl.2021.09.005.
- [9] R. Ruiz and J. A. Vázquez-Rodríguez, "The hybrid flow shop scheduling problem," Aug. 16, 2017. doi: 10.1016/j.ejor.2009.09.024.
- [10] G. U. Ramadoni, A. Turseno, and I. Zulkarnaen, "Analisis Perancangan Tata Letak pada Unit Proses Dispatching di PT Bharany Tri Mitra dengan Metode System Layout Planning (SLP)," 2024.
- [11] A. Ahmad, M. Agustin, and A. Khairunnisa, "Penerapan Manajemen Proyek untuk Pembangunan Kilang Minyak dengan Menggunakan Metode PERT (Program Evaluation and Review Technique) di PT XYZ."