

OPTIMALISASI PENJADWALAN PROSES PRODUKSI BERBASIS PROGRAM KOMPUTER

Optimization Of Computer-Based Production Process Scheduling

Jeffrey Susanto ¹⁾, Ngarap Imanuel Manik ²⁾,

^{1,2} Mathematics Departement, SoCS,Bina Nusantara University
Jl.Kebon Jeruk Raya no.27 Jakarta Barat, Indonesia

Corresponding author e-mail: manik@binus.ac.id

Received: February 18, 2023. **Revised:** March 5, 2023. **Accepted:** March 28, 2023. **Issue Period:** Vol.7 No.2 (2023), Pp.280-288

Abstrak: Penjadwalan merupakan salah satu masalah yang penting dalam suatu sistem produksi. Pembentukan jadwal yang optimal untuk proses produksi cukup sulit dan membutuhkan waktu perhitungan yang cukup lama, sehingga diperlukan bantuan program Komputer untuk menyelesaikan masalah penjadwalan tersebut. Makalah ini membahas tentang optimalisasi penyelesaian penjadwalan proses produksi dengan menggunakan bantuan program komputer Algoritma Relaksasi Lagrange. Adapun tahapan yang dilakukan adalah pada awal masalah diselesaikan pada tingkatan job dengan pemrograman dinamis lalu dengan menggunakan metode subgradien memperbarui nilai pengali lagrange. Hasil menunjukkan bahwa penjadwalan proses produksi yang didapat melalui tahapan-tahapan ini merupakan penjadwalan yang optimal.

Kata kunci: : Penjadwalan Produksi, Optimalisasi, Algoritma Relaksasi Lagrange

Abstract: Scheduling is one of the important problems in a production system. The formation of an optimal schedule for the production process is quite difficult and requires a long calculation time, so that the assistance of a computer program is needed to solve the scheduling problem. This paper discusses the optimization of the completion of production process scheduling using the help of the Lagrange Relaxation Algorithm computer program. The steps taken are at the beginning of the problem solved at the job level with dynamic programming and then using the subgradient method to update the value of the lagrange multiplier. The results show that the scheduling of the production process obtained through these stages is the optimal scheduling.

Keywords: Production Scheduling, Optimization, Lagrange Relaxation Algorithm

I. PENDAHULUAN

Untuk memenuhi pesanan secara efisien dan efektif dibutuhkan sebuah proses produksi yang berjalan dengan lancar, perusahaan memerlukan suatu penjadwalan proses produksi yang baik pula. Dengan penjadwalan proses produksi yang terencana secara teratur, perusahaan tidak hanya dapat mempersingkat waktu tunggu pelanggannya, perusahaan tersebut juga dapat meningkatkan efisiensi dan efektivitas serta menghemat penggunaan sumber daya yang ada.



DOI: 10.52362/jisamar.v7i2.1058

Ciptaan disebarluaskan di bawah [Lisensi Creative Commons Atribusi 4.0 Internasional](https://creativecommons.org/licenses/by/4.0/).

PT NP adalah perusahaan yang memproduksi berbagai macam produk yang terbuat dari plastik, antara lain kantong plastik (kresek), kantong bumbu, tali rafia , *polibag* dan sedotan. Selama ini PT Nilaco Permai belum mempunyai sistem penjadwalan proses produksi yang baik dan optimal, sehingga setiap harinya proses produksi dilakukan dengan cara mengurutkan sesuai daftar pesanan yang diterima, yaitu siapa yang memesan lebih awal akan mendapatkan hasil produksinya lebih awal pula atau hal ini disebut juga dengan FCFS (*First Come First Serve*). Untuk keperluan tersebut penulis akan mencoba membuat suatu sistem penjadwalan proses produksi yang lebih baik, sehingga dapat meningkatkan kelancaran produksi. Dengan penjadwalan yang lebih baik perusahaan dapat lebih memuaskan pelanggan dalam hal pemenuhan pesanan dari segi waktu, di samping itu perusahaan juga dapat lebih hemat dalam penggunaan sumber daya yang ada.

Dalam upaya mengatur penjadwalan proses produksi PT NP terdapat beberapa masalah yang harus dirumuskan terlebih dahulu. Perumusan masalah tersebut antara lain sebagai berikut :

- Faktor-faktor apa saja yang mempengaruhi proses produksi, yang harus diperhatikan dalam membuat penjadwalan yang baik pada PT NP?
- Sumber – sumber (mesin, bahan baku dan operator mesin) mana yang akan dialokasikan untuk melaksanakan tiap-tiap pekerjaan dalam proses produksi ?
- Apakah dengan adanya penjadwalan proses produksi yang optimal pada PT NP memberikan hasil yang memuaskan bagi semua pihak.

Makalah ini membahas tentang penjadwalan statik dan deterministik pada pekerjaan (*job*) independen dengan operasi-operasi yang dependen untuk kasus banyak sumber (mesin, bahan baku dan operator mesin). Tiap *job* mempunyai beberapa operasi dengan urutan operasi yang bervariasi (hubungan ketergantungan dari operasi untuk suatu *job* dianggap membentuk *directed acyclic graph* dan tiap *job* berakhir dengan satu operasi tunggal) dan pengerjaannya memerlukan beberapa sumber sekaligus. Setiap pekerjaan memerlukan sejumlah waktu tertentu untuk diselesaikan dan setiap operator hanya dapat menjalankan mesin tertentu. Proses produksi pada tahap tertentu baru dapat dikerjakan apabila proses pada tahap sebelumnya telah selesai pengerjaannya.

1.1 Algoritma Relaksasi Lagrange

Relaksasi Lagrange merupakan suatu algoritma yang semakin banyak digunakan dalam berbagai penerapan pemrograman matematika berskala besar. Penerapan relaksasi lagrange dimotivasi oleh adanya pengamatan bahwa banyak masalah pemrograman bilangan bulat dapat dimodelkan dengan mudah dengan menghilangkan *nasty side constraints* [1]. *Nasty side constraints* dihilangkan dari himpunan pembatas dan ditempatkan pada fungsi tujuan. Ini dikenal dengan istilah dualisasi (*dualizing*) *nasty side constraints*. Proses dualisasi ini menghasilkan suatu masalah yang relatif mudah untuk dipecahkan dan solusinya memberikan suatu batas bawah bagi solusi optimal dari masalah awal.

Bagi masalah penjadwalan dengan kriteria meminimumkan tardiness tertimbang total untuk pendekatan relaksasi lagrange adalah sebagai berikut (disebut masalah P) :[2][3]

$$\text{Minimasi } J = \sum_i w_i T_i$$

dengan memperhatikan pembatas-pembatas :

$$\text{precedence : } c_{ij} \geq c_{il} + t_{ij} \quad ; \quad \forall i, j \quad ; \quad j, l \in J$$

$$\text{ketersediaan sumber : } \sum_i \sum_j \delta_{ijhk} \leq M_{hk}$$

$$\text{kebutuhan waktu proses : } b_{ij} = c_{ij} - t_{ij} + 1 \quad ; \quad \forall i, j \quad ; \quad j \in J$$

dengan :

c_{ij} adalah slot waktu akhir (penyelesaian) pengerjaan operasi j untuk *job* i .

b_{ij} adalah slot waktu awal pengerjaan operasi j untuk *job* i .

t_{ij} adalah waktu pemrosesan/pengerjaan operasi j untuk *job* i .

δ_{ijhk} adalah variabel biner 0 atau 1; $\delta_{ijhk} = 1$ jika operasi j untuk *job* i menggunakan sumber h pada slot waktu k , $\delta_{ijhk} = 0$ jika sebaliknya.

M_{hk} adalah konstanta yang menunjukkan ketersediaan sumber h pada slot waktu k .



DOI: 10.52362/jisamar.v7i2.1058

Ciptaan disebarluaskan di bawah [Lisensi Creative Commons Atribusi 4.0 Internasional](https://creativecommons.org/licenses/by/4.0/).

Misalkan J adalah nilai tujuan optimal untuk masalah P dan diberikan suatu vektor pengali Lagrange tak negatif π_{hk} untuk merelaksasi pembatas ketersediaan sumber $\sum_i \sum_j \delta_{ijhk} \leq M_{hk}$ maka akan diperoleh masalah

$$\text{Lagrange R, dimana : } R: \min \left\{ \sum_i w_i T_i + \sum_{h,k} \pi_{hk} \left(\sum_{i,j} \delta_{ijhk} - M_{hk} \right) \right\} \quad (1)$$

dengan memperhatikan pembatas *precedence* dan pembatas kebutuhan waktu proses.

Karena nilai $L(\pi)$ merupakan batas bawah untuk sembarang $\pi \geq 0$, maka masalahnya sekarang adalah bagaimana menentukan pengali Lagrange π^* yang memberikan batas bawah terbaik. Masalah ini disebut dengan masalah Dual Lagrange, dan dinyatakan dengan masalah D, yaitu [11] :

$$D: \text{maks } L, \text{ dengan } L = \left\{ - \sum_{h,k} \pi_{hk} M_{hk} + \min_i \left(w_i T_i + \sum_{j=1}^{N_i} \sum_{h,k} \pi_{hk} \delta_{ijhk} \right) \right\} \quad (2)$$

dengan memperhatikan pembatas $\pi_{hk} \geq 0$, pembatas *precedence* dan pembatas kebutuhan waktu proses.

Jika suatu operasi job dikerjakan pada slot waktu tertentu dan sumber tertentu, maka $\delta_{ijhk} = 1$. Jadi, jika π_{hk} dikalikan dengan δ_{ijhk} untuk slot waktu k dan sumber h yang digunakan, hasilnya akan tetap bernilai π_{hk} . Maka

nilai $\sum_{j=1}^{N_i} \sum_{h,k} \pi_{hk} \delta_{ijhk}$ akan sama dengan nilai π pada sumber h yang digunakan dan slot waktu k yang terpakai (dari slot waktu awal operasi (b_{ij}) sampai slot waktu akhir operasi (c_{ij})), yaitu

$$\sum_{j=1}^{N_i} \sum_{k=b_{ij}}^{c_{ij}} \pi_{ijhk} \quad (3)$$

Sehingga dapat dilakukan penyederhanaan sebagai berikut :

$$D : \text{maks } L, \text{ dengan } L = \left\{ - \sum_{h,k} \pi_{hk} M_{hk} + \min_i \left(w_i T_i + \sum_{j=1}^{N_i} \sum_{k=b_{ij}}^{c_{ij}} \pi_{ijhk} \right) \right\} \quad (4)$$

dan jika job-job adalah independen maka minimum dari penjumlahan adalah jumlah dari minima sehingga bentuk rumusan D dapat dinyatakan sebagai berikut :

$$D : \text{maks } L, \text{ dengan } L = \left\{ - \sum_{h,k} \pi_{hk} M_{hk} + \sum_i \min \left(w_i T_i + \sum_{j=1}^{N_i} \sum_{k=b_{ij}}^{c_{ij}} \pi_{ijhk} \right) \right\} \quad (5)$$

dengan memperhatikan pembatas $\pi_{hk} \geq 0$, pembatas *precedence* dan pembatas kebutuhan waktu proses.

Berdasarkan rumusan Dual Lagrange di atas, maka model permasalahan tersebut dapat disederhanakan menjadi dekomposisi dari submasalah untuk tiap job i (untuk $\{ \pi_{hk} \}$ yang diberikan) sebagai berikut :

$$R_i : \min L_i \text{ dengan } L_i \equiv w_i T_i + \sum_{j=1}^{N_i} \sum_{k=b_{ij}}^{c_{ij}} \pi_{ijhk} \quad (6)$$

dengan memperhatikan pembatas

$$c_{ij} \geq c_{il} + t_{ij} ; \forall i, j ; j, l \in J$$

$$b_{ij} = c_{ij} - t_{ij} + 1 ; \forall i, j ; j \in J$$

1.2 Metode Subgradien

Masalah yang muncul pada algoritma Relaksasi Lagrange adalah bagaimana mendapatkan pengali Lagrange π_{hk}^* yang memberikan batas bawah terbaik. Untuk mendapatkan solusi dual Lagrange yang optimal π_{hk}^* , terdapat berbagai teknik yang tersedia, diantaranya adalah metode *elipsoid*, metode *ascent direction* dan metode subgradien. Di antara metode-metode tersebut, metode subgradien merupakan metode yang paling



banyak diterapkan karena kemudahannya dalam implementasinya. Misalkan π_{hk} menyatakan vektor dari pengali Lagrange maka :[4]

$$\pi_{hk} = \pi_{hk} + \Delta\pi_{hk} \quad \text{dimana } \Delta\pi_{hk} = \lambda \frac{\Delta L_i}{H}$$

dengan :

~ H merupakan horizon waktu dari job

~ λ merupakan suatu skalar yang nilainya dipilih antara 0 dan 2. Selanjutnya untuk meningkatkan konvergensi geometrik menuju keoptimalan, Fisher menentukan nilai λ terbaik adalah 2.

~ $\Delta L_i = L_i^n - L_i$ dimana $L_i^n = 1,3L_i$ sehingga $\Delta L_i = 0,3L_i$

Prosedur pencarian nilai tersebut diusulkan oleh Caramis & Kaskavelis [5], didapat dari percobaan numerik yang berulang-ulang.

II. METODE DAN MATERI

Metode yang digunakan untuk menyelesaikan masalah ini menggunakan Model rekayasa piranti lunak yang digunakan adalah *Classic Cycle (Waterfall Model)*. Model ini dipilih karena sistem yang dirancang akan mudah dievaluasi walaupun belum mendapatkan hasil akhir. Terdiri dari lima tahap:

1. Requirements definition

Dalam tahapan ini, difokuskan pada perancangan piranti lunak yang akan dibangun, pembatasan kegunaan dan tujuan yang akan dicapai oleh sistem. Dikumpulkan pula informasi yang dibutuhkan dan dipahami fungsi apa saja yang diinginkan sesuai dengan kesepakatan dalam konsultasi antara pengguna dan perancang piranti lunak.

2. System and software design

Dalam tahapan ini, didesain penggambaran modul dari piranti lunak secara terperinci dan dilakukan pengkajian kualitas. Tahapan ini berfokus pada struktur data, arsitektur piranti lunak dan prosedur secara detil. Selain itu dilakukan juga langkah pengkodean dengan mengubah desain yang telah dirancang ke dalam bentuk yang dapat dibaca oleh mesin.

3. Implementation and unit testing

Sebuah piranti lunak terdiri dari sekumpulan unit program (*program units*) yang memiliki tugas dan deskripsi masing-masing yang lebih spesifik. Pada tahapan ini dilakukan pengujian setiap unit program secara terpisah dengan melihat kesesuaian unit dengan spesifikasi yang diinginkan.

4. Integration and system testing

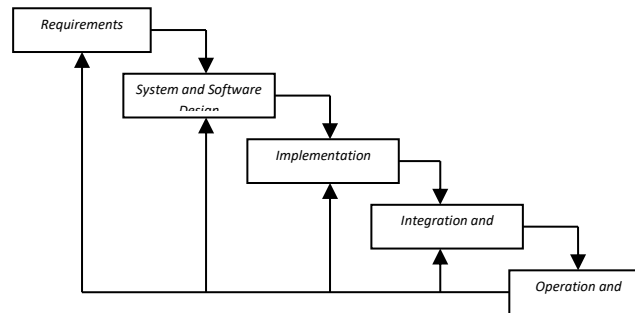
Setelah pengujian setiap unit program, maka semua unit program yang ada akan diintegrasikan menjadi sebuah piranti lunak yang lengkap dan dilakukan pengujian pada semua fungsi dalam piranti lunak yang sudah dibangun. Pengujian ini dimaksudkan untuk menemukan kemungkinan adanya kesalahan serta memastikan keluaran yang dihasilkan telah sesuai dengan yang diinginkan.

5. Operation and maintenance

Piranti lunak yang baik harus mampu melakukan penyesuaian terhadap perubahan/peningkatan yang mungkin terjadi di masa mendatang, baik dikarenakan peningkatan kebutuhan pengguna ataupun pengembangan dari lingkungan di luar sistem piranti lunak tersebut sehingga tidak perlu dibuat program baru hanya untuk memenuhi kebutuhan yang mungkin menjadi lebih kompleks.

Secara keseluruhan metode perancangan ini merupakan tahapan dalam *Classic Cycle* atau *Waterfall Model* menurut Sommerville yang ditunjukkan seperti pada gambar 1.[6]

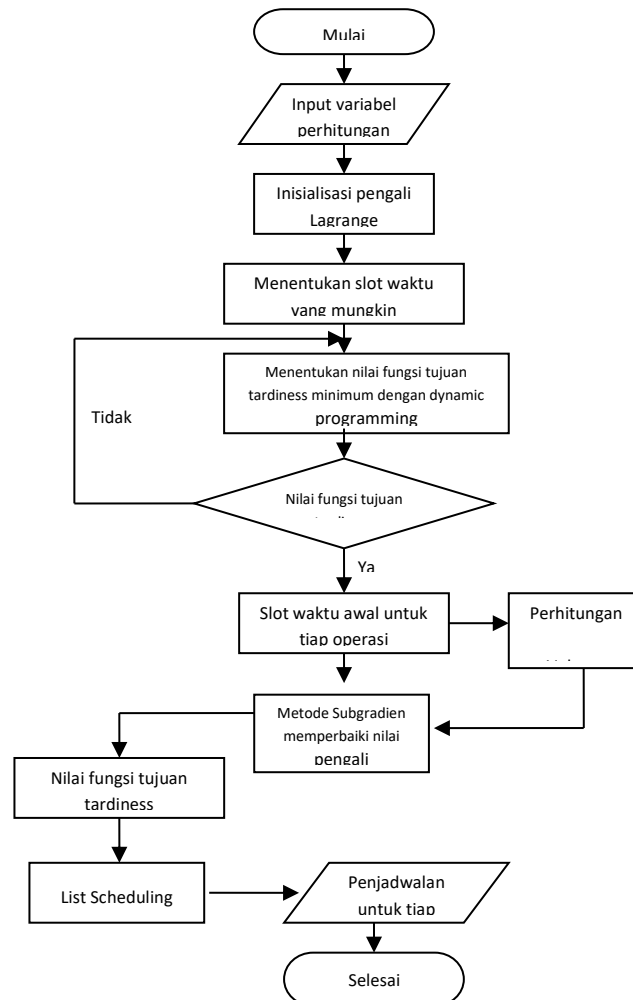




Gambar 1. Waterfall Model menurut Sommerville

Flowchart algoritma

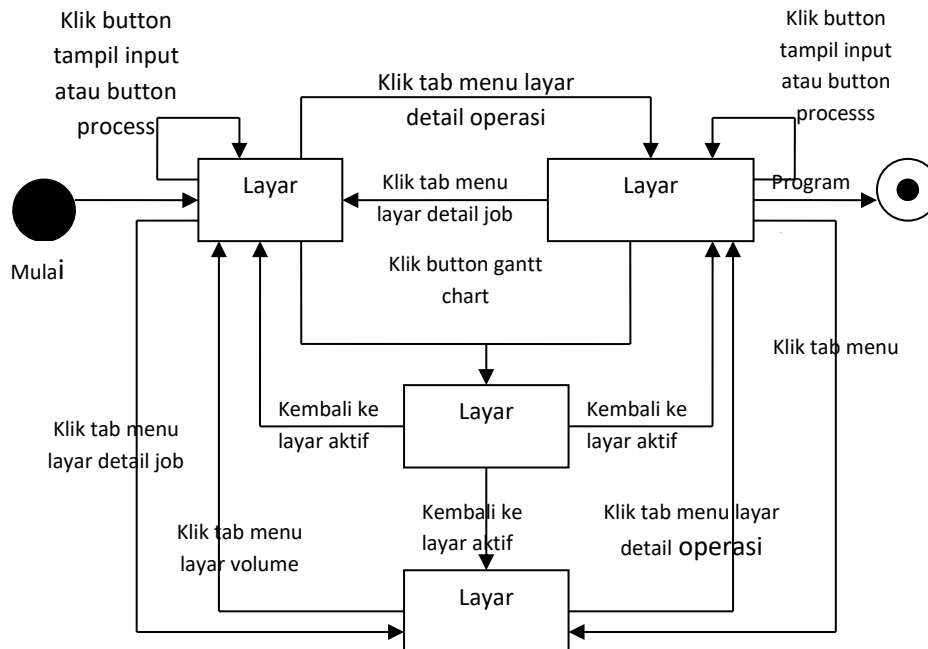
Membuat suatu sistem penjadwalan proses produksi yang baik dan optimal dipengaruhi oleh beberapa variabel antara lain seperti : banyaknya jumlah pekerjaan/job, due date dari job, bobot job, horizon waktu, banyak operasi untuk tiap job, waktu masing-masing operasi dan sumber yang digunakan untuk tiap operasi. Sedangkan ukuran kinerja yang digunakan adalah tardiness tertimbang total dimana semakin kecil nilai tardiness semakin baik suatu sistem penjadwalan. Gambar 2. adalah *flowchart* algoritma penyelesaian masalah secara keseluruhan.[7].



Gambar 2. Flowchart Algoritma Penyelesaian Masalah

Perancangan

Program aplikasi akan dibuat menggunakan 4 layar tampilan, yaitu layar detail *job*, layar detail operasi, layar volume dan gantt chart. Gambar 3 berikut adalah *state transition diagram* antar layar :[9][10]

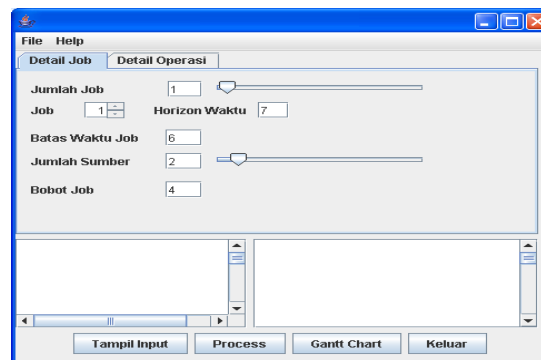


Gambar 3. State Transition Diagram Antar Layar

III. PEMBAHASAN DAN HASIL

Program yang dibuat untuk menyelesaikan masalah ini menggunakan pemrograman Java, kemudian setelah dibuat dan di-run program maka ditampilkan beberapa hasil dari program dimaksud seperti berikut ini. Pada program ini terdapat 4 layar: a). Layar Detail *Job* b).Layar Detail OperasiL c). Layar Volume d). Layar Gantt Chart

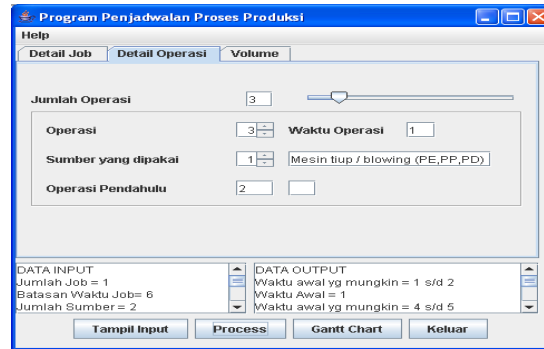
Ad.1 **Layar Detail Job**; Pada layar detail job kita dapat mengisi detail-detail yang berhubungan dengan *job*. Horizon waktu ,batas waktu *job*, jumlah sumber dan bobot *job* adalah untuk masing-masing sumber yang diinput. Pada layar ini terdapat pula *scroll bar* untuk jumlah job dan jumlah sumber, *scroll bar* ini dimaksudkan untuk mempermudah pengisian data. Hal ini dapat dilihat pada gambar 4.



Gambar 4. Layar Detail Job

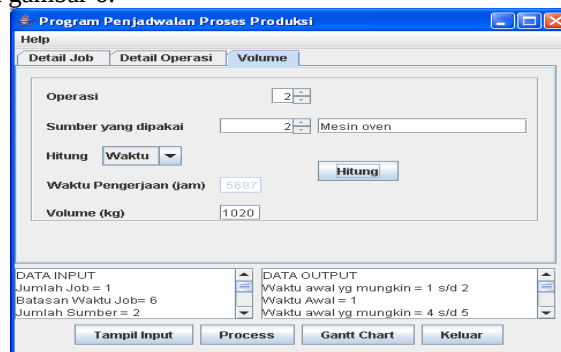


Ad.2 **Layar Detail Operasi**; Pada layar detail operasi kita dapat mengisi detail-detail yang berhubungan dengan operasi. Waktu operasi, sumber yang dipakai serta keterangan mengenai sumber dan operasi pendahulu adalah untuk masing-masing operasi. Pada layar ini terdapat pula *scroll bar* untuk jumlah operasi, *scroll bar* ini dimaksudkan untuk mempermudah pengisian data, seperti pada gambar 5.



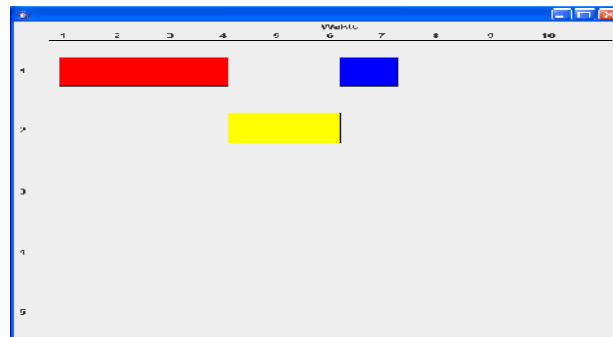
Gambar 5. Tampilan Untuk Tombol Process

Ad.3 **Layar Volume** ; Pada layar ini kita dapat menghitung waktu pengerjaan dalam satuan jam ataupun volume apabila salah satunya diketahui. Untuk perhitungan juga perlu diketahui operasi yang mana serta sumber yang digunakan, seperti pada gambar 6.



Gambar 6. Layar Volume Setelah Diinput

Ad.4 **Layar Gantt Chart** ; Pada layar ini penjadwalan dibuat dalam bentuk chart sehingga lebih mudah untuk dilihat. Sumbu mendatar adalah untuk waktu sedangkan sumbu tegaknya adalah untuk sumber, seperti terlihat dalam gambar 7.



Gambar 7. Tampilan Gantt Chart

Berikut adalah hasil yang didapat dengan menggunakan algoritma Relaksasi Lagrange seperti yang ditampilkan pada tabel 1

Tabel 1.Rincian Untuk Tiap Pekerjaan

No.	Pekerjaan / job	Horizon waktu	Due date	Bobot	Waktu Selesai	Tardiness	Nilai Fungsi Tujuan Tardiness
1.	Kantong Plastik HD	11	8	5	9	1	69,55
2.	Kantong Plastik PP	10	7	4	7	0	74
3.	Kantong Plastik PE	9	7	4	8	1	83,33
4.	Tali	7	5	3	5	0	51,484
5.	Sedotan	4	4	2	3	0	28
6.	Polibag	10	8	6	9	2	99,6
7.	Kantong Bumbu	7	4	3	4	0	36,342

Berikut adalah perbandingan hasil produksi PT NP sebelum menggunakan algoritma relaksasi lagrange dengan sesudah menggunakan algoritma relaksasi lagrange ditunjukkan dalam tabel 2.

Tabel 2. Perbandingan Hasil Produksi Rata-rata per hari

No.	Produk	Tipe	Hasil rata-rata perhari tanpa algoritma relaksasi lagrange	Hasil rata-rata perhari dengan algoritma relaksasi lagrange
1.	Kantong Plastik (kresek)	High Density (HD)	1555,2 kg	1790,6 kg
		Polyethylene (PE)	1718,3 kg	2029,7 kg
		Polypropylene(PP)	1632,6 kg	1916,5 kg
2.	Tali rafia	Polypropylene(PP)	432,2 kg	492,1 kg
3.	Polibag	Polyethylene (PE)	1812,5 kg	2204,9 kg
4.	Sedotan	High Density (HD)	87,4 kg	98,3 kg
5.	Kantong Bumbu	Polypropylene(PP)	248,7 kg	279,2 kg

Dapat dilihat bahwa dengan algoritma relaksasi lagrange terdapat peningkatan hasil produksi rata-rata perhar, seperti pada tabel 3..

Tabel 3. Persen Peningkatan Hasil Produksi Rata-rata per hari

No.	Produk	Tipe	Persen Peningkatan
1.	Kantong Plastik (kresek)	High Density (HD)	15,14 %
		Polyethylene (PE)	18,12 %
		Polypropylene(PP)	17,39 %
2.	Tali rafia	Polypropylene(PP)	13,86 %
3.	Polibag	Polyethylene (PE)	21,16 %
4.	Sedotan	High Density (HD)	12,47 %
5.	Kantong Bumbu	Polypropylene(PP)	12,26 %

IV. KESIMPULAN

Dari analisa yang sudah dilakukan maka dapat ditarik beberapa kesimpulan dimana penarikan kesimpulan bahwa dengan adanya penjadwalan proses produksi yang dibentuk berdasarkan algoritma Relaksasi Lagrange maka PT NP mempunyai sistem penjadwalan yang lebih baik dan optimal daripada sebelumnya. Seperti contohnya terlihat pada hasil rata-rata perhari kantong plastik HD yang sebelumnya hanya 1555,2 kg sekarang menjadi 1790,6 kg atau meningkat sebesar 15,14 %. Faktor-faktor yang mempengaruhi dalam membuat penjadwalan yang baik dan optimal di PT NP adalah due date dari job, bobot job, horizon waktu, banyak operasi untuk tiap job, waktu masing-masing operasi dan sumber yang digunakan untuk tiap operasi, seperti contohnya proses produksi kantong plastik HD dan kantong plastik PP mempunyai detail yang berbeda sehingga nilai fungsi tujuan tardiness masing – masing juga berbeda yaitu 69,55 dan 74. Kemudian penjadwalan dengan algoritma Relaksasi Lagrange menghasilkan manfaat



DOI: 10.52362/jisamar.v7i2.1058

Ciptaan disebarluaskan di bawah [Lisensi Creative Commons Atribusi 4.0 Internasional](https://creativecommons.org/licenses/by/4.0/).

yang cukup besar bagi PT NP, dengan adanya peningkatan hasil produksi dan tentu saja penjadwalan proses produksi yang lebih baik, PT NP dapat menghasilkan keuntungan yang lebih dan dapat meningkatkan kepuasan pelanggan

Saran

Dengan algoritma Relaksasi Lagrange dapat diperoleh suatu sistem penjadwalan yang dari segi efisiensi dan efektivitas mendekati optimal, tapi tidak tertutup kemungkinan memperbaiki performansi algoritma Relaksasi Lagrange baik dari segi efisiensi maupun efektivitas. Dari segi efisiensi, misalnya dengan mengganti metode subgradien dengan metode-metode baru yang berkembang dewasa ini. Dari segi efektivitas, penggunaan metode *list scheduling* yang merupakan metode heuristik dalam pembentukan jadwal layak dapat digantikan dengan metode heuristik lain yang lebih baik atau dengan pendekatan optimal yang akan menjamin kualitas solusi yang baik. Konsep model dan algoritma Relaksasi Lagrange yang dikembangkan penulis ini juga dapat dikembangkan untuk penyelesaian masalah penjadwalan yang lebih kompleks lagi sesuai dengan permasalahan di dunia nyata, seperti jumlah job yang sangat banyak serta penggunaan sumber dengan berbagai macam batasan.

REFERENSI

- [1] Rius-Sorolla G1 , Maheut J, “Lagrangian relaxation of the Generic Materials and Operations Planning model”, *Central European Journal of Operations Research*. 28, 2020, pp105-123.
- [2] Michael. “*Scheduling : theory, algorithms, and systems*”, 4nd Edition Prentice Hall, Springer, 2013
- [3] Allahverdi, Ali. “A Survey of Scheduling Problems with No-Wait in Process: A Survey of Scheduling Problems with No-Wait in Process.” *European Journal of Operational Research* 255, no. 3, Elsevier (2016): pp.665–86.
- [4] Le Hai Yen, Le Dung Muu, “A subgradient method for equilibrium problems involving quasiconvex bifunctions”, *Operations Research Letters*, Volume 48, 5, 2020, Pages 579-583
- [5] Yaohua Hu, et all, “A Subgradient Method Based on Gradient Sampling for Solving Convex Optimization Problems”, *Numerical Functional Analysis and Optimization*, Volume 36,12, 2015, pp 1559-1584
- [6] Sommerville, Ian., *Software Engineering*. 10th Edition. Pearson Publisher, Canada, 2015
- [7] Jian-YaDing’ ShijiSong’ Jatinder N.D.Gupta at all, ”An improved iterated greedy algorithm with a Tabu-based reconstruction strategy for the no-wait flowshop scheduling problem”, *Applied Soft Computing* Volume 30, 2015, Pages 604-613
- [8] Peter B. Luh, Xing Zhao, Yajun Wang, and Lakshman S. Thakur , “Lagrangian Relaxation Neural Networks for Job Shop Scheduling”, *IEEE Transactions on Robotics and Automation*, Vol. 16, No. 1, 2000, pp 78-88.
- [9] Sapkal, S.U. Laha, D., and J.N.D. Gupta. “A Penalty-Shift-Insertion Based Algorithm to Minimize Total Flow Time in No-Wait Flow Shops.” *Journal of the Operational Research Society* 65, no. 10, Elsevier (2014),pp11–24.
- [10] Ding, Jian-Ya, Shiji Song, Jatinder ND Gupta, Rui Zhang, Raymond Chiong, and Cheng Wu. "An improved iterated greedy algorithm with a Tabu-based reconstruction strategy for the no-wait flowshop scheduling problem." *Applied Soft Computing* 30, Elsevier (2015):pp. 604-613.
- [11] Suprayogi , Valentine, “ Teknik Relaksasi Lagrange untuk Penjadwalan Pekerjaan Majemuk dgn Penggunaan Sumberdaya Simultan”, *Jurnal Teknik Industri*, Vol. 17, No. 2, (2015), pp 71-80

