

Optimasi Perencanaan Produksi Agregat *Multi-Product* dengan Algoritme Genetika

Agung Mustika Rizki^{1*}, Hendra Maulana², Afina Lina Nurlaili³, Eristya Maya Safitri⁴

^{1,2,3} Program Studi Informatika, Universitas Pembangunan Nasional “Veteran” Jawa Timur, Indonesia

⁴ Program Studi Sistem Informasi, Universitas Pembangunan Nasional “Veteran” Jawa Timur, Indonesia

²hendra.maulana.if@upnjatim.ac.id

³afina.lina.if@upnjatim.ac.id

⁴maya.si@upnjatim.ac.id

*Corresponding author email: agung.mustika.if@upnjatim.ac.id

Abstrak— Perencanaan produksi jangka menengah yang mencakup perencanaan produksi agregat merupakan langkah yang sangat penting dalam rantai pasokan. Perencanaan menentukan ukuran produksi setiap produk. Perencanaan yang buruk tentunya akan berdampak langsung pada perusahaan karena berkaitan dengan biaya produksi dan keuntungan. Algoritme genetik sering digunakan untuk menyelesaikan masalah perencanaan dengan solusi yang cukup optimal. Dalam penelitian ini, penulis memodifikasi Algoritme Genetika selama proses menghasilkan solusi potensial dengan tujuan untuk lebih mengeksplorasi ruang solusi yang ada sehingga kemungkinan solusi yang lebih baik dapat dicapai. Hasil akhirnya adalah solusi optimal dengan nilai fitness 0,5319.

Kata Kunci—Agregat, Algoritme Genetika, Multi-Product, Perencanaan Produksi

I. PENDAHULUAN

Perencanaan produksi di perusahaan merupakan hal yang sangat penting karena akan sangat mempengaruhi biaya yang dikeluarkan serta keuntungan perusahaan. Tidaklah mudah untuk melakukan perencanaan produksi dalam waktu yang singkat, terutama perusahaan yang memproduksi lebih dari satu jenis produk atau bisa disebut multiproduk sehingga menjadi masalah yang kompleks dan penting untuk diselesaikan [1]. Perencanaan produksi untuk periode selanjutnya merupakan perencanaan jangka menengah atau selanjutnya dapat menggunakan istilah perencanaan produksi agregat [2].

Perencanaan produksi multi produk tidak dapat dilakukan dengan mudah dalam waktu singkat. Selain itu, perlu juga memperhatikan kendala dan aturan yang berlaku pada perusahaan [3]. Perencanaan produksi ini merupakan salah satu contoh masalah heuristik yang ada dalam kehidupan nyata. Ada berbagai cara untuk menyelesaikan masalah tersebut salah satunya dengan penerapan metode komputasi. Ada beberapa metode yang dapat diterapkan dalam menyelesaikan masalah perencanaan produksi agregat seperti Fuzzy Linear Programming [4], Fuzzy TOPSIS [5], Goal Programming [5] dan Algoritme Genetika [6][7].

Pada penelitian ini penulis akan mengaplikasikan Algoritme Genetika dengan sedikit modifikasi pada bagian operator genetiknya, yang bertujuan untuk mengoptimalkan solusi dari segala kemungkinan yang ada.

II. STUDI LITERATUR

Ada beberapa penelitian yang pernah dilakukan sebelumnya. Vasant dkk. [4] melakukan penelitian tentang pembuatan coklat dengan menggunakan program linear fuzzy yang bertujuan untuk memaksimalkan keuntungan perusahaan. Permasalahan yang dihadapi perusahaan yaitu masalah pemilihan campuran produk yang tidak pasti. Perusahaan ingin mendapatkan laba yang optimal dengan mempertimbangkan berbagai ketidakpastian dari variabel yang ada. Berdasarkan hasil pengujian yang telah dilakukan, metode ini dinilai dapat menyelesaikan permasalahan industri yang sebenarnya.

Dalam penelitian lain, Khemiri et al. [5] mengintegrasikan fuzzy TOPSIS dan juga Goal Programming untuk berbagai tujuan perencanaan produksi. Permasalahan yang dipecahkan adalah menekan ketidakpastian pada beberapa data dan preferensi. Ada empat tahapan dari pendekatan yang diusulkan. Tahap pertama adalah mengevaluasi pasangan sesuai dengan kriteria. Tahap kedua mengusulkan pemodelan pemrograman linier integer multi-objektif positif campuran. Tahap ketiga dalam mengelola strategi untuk mengatasi batasan yang tidak pasti. Tahap terakhir dalam menemukan solusi menggunakan pendekatan Goal Programming. Hasil akhir yang diperoleh adalah metode yang diusulkan dapat mengatasi dua tujuan yaitu memaksimalkan kinerja dan juga meminimalkan tingkat risiko.

Algoritme Genetika sering digunakan untuk mengatasi permasalahan yang terjadi disekitar sistem manufaktur. Biasanya digunakan dalam penjadwalan, perencanaan, pemilihan, proses produksi, perawatan hingga pendistribusian produk akhir. Pada 2013, Mahmudy et al. [6][7] menyelesaikan masalah penjadwalan menggunakan Algoritme Genetika dengan kromosom kode nyata. Proses penjadwalan merupakan langkah penting dalam sistem manufaktur karena penjadwalan yang buruk akan berdampak pada biaya produksi. Berdasarkan hasil pengujian, terbukti bahwa penggunaan kromosom berkode nyata dapat menghasilkan solusi yang optimal dengan waktu komputasi yang lebih efektif.

III. PERENCANAAN PRODUKSI AGREGAT

Perencanaan produksi agregat adalah perencanaan produksi dan penawaran untuk memenuhi permintaan konsumen

dengan biaya produksi yang minimum [8]. Perencanaan produksi agregat terkait dengan kapasitas produksi yang digunakan untuk menanggapi permintaan konsumen yang diprediksi [9]. Tujuan dari perencanaan produksi agregat adalah untuk menentukan tingkat produksi dalam jangka menengah dan menghadapi permintaan konsumen yang tidak pasti [10]. Ada berbagai strategi perencanaan produksi agregat, seperti: strategi kapasitas pekerja, strategi permintaan, dan strategi campuran dimana strategi campuran merupakan kombinasi dari strategi lain.

Dalam tulisan ini strategi yang digunakan adalah strategi campuran sehingga terdapat beberapa variabel yang digunakan dalam melakukan perencanaan produksi agregat seperti yang ditunjukkan pada Tabel 1.

TABEL I
PARAMETER DALAM PROSES PRODUKSI AGREGAT

| Parameter | Keterangan |
|-----------|-----------------------------------------------------------------------------|
| n | Jumlah pekerja |
| rt | Jumlah produksi rata-rata tiap pekerja dalam 1 hari (<i>regular time</i>) |
| ot | Jumlah produksi rata-rata tiap pekerja dalam 1 hari (<i>overtime</i>) |
| sc | Jumlah produksi rata-rata tiap pekerja dalam 1 hari (<i>subcontract</i>) |
| wrt | Jam kerja dalam 1 hari (<i>regular time</i>) |
| wot | Jam lembur maksimal (<i>overtime</i>) |
| msc | Jumlah maksimal pekerja <i>subcontract</i> |
| crt | Biaya produksi <i>regular time</i> |
| cot | Biaya produksi <i>overtime</i> |
| csc | Biaya produksi <i>subcontract</i> |
| rw | Jumlah pekerja baru yang direkrut (<i>hiring</i>) |
| pnw | Jumlah produksi rata-rata tiap pekerja baru dalam 1 hari |
| crw | Biaya merekrut pekerja |
| lo | Jumlah pekerja yang dirumahkan (<i>firing</i>) |
| clo | Biaya merumahkan pekerja |
| ps | Jumlah kekurangan produksi |
| i | Jumlah produk pada penyimpanan (<i>inventory</i>) |
| ci | Biaya penyimpanan tiap produk |

IV. DESKRIPSI PERMASALAHAN

Penelitian ini menggunakan studi kasus pada perusahaan pembuat seragam sekolah dimana produk yang dihasilkan banyak dan bervariasi atau selanjutnya disebut *multi product*. Tentu perencanaan tidak dengan mudah dilakukan karena jumlah produk sangat berpengaruh dalam proses perencanaan produksi. Perusahaan memproduksi 18 produk berbeda, dimana masing-masing memiliki 8 ukuran berbeda.

Perencanaan tersebut dilakukan sebagai dasar proses produksi pada periode selanjutnya. Sebelum melakukan perencanaan produksi, perhitungan terlebih dahulu adalah memprediksi permintaan konsumen pada periode berikutnya selama 12 bulan [11]. Untuk membuat prediksi, penulis menggunakan regresi linier sederhana. Alasan penulis menggunakan metode sederhana ini adalah untuk menghemat waktu perhitungan dan juga untuk lebih fokus pada proses

perencanaan produksi [12]. Hasil prediksi akan digunakan sebagai acuan dalam perencanaan produksi. Selain itu dalam perencanaan produksi harus memperhatikan berbagai batasan dan aturan yang berlaku di perusahaan. Ini membuat masalah menjadi kompleks dan perlu diselesaikan.

V. ALGORITME GENETIKA

Algoritme Genetika adalah metode yang diadaptasi dari proses evolusi alam [13]. Istilah dalam Algoritme Genetika juga menggunakan istilah-istilah yang umum digunakan dalam proses evolusi antara lain: gen, kromosom, individu, populasi, pembangkitan dan reproduksi. Gen adalah bagian terkecil yang mewakili satuan solusi. Kromosom merupakan kumpulan gen yang jika dirangkai akan menjadi representasi sebuah solusi. Sebaris kromosom seperti itu juga disebut sebagai satu individu. Kemudian sekumpulan individu disebut sebagai populasi. Sedangkan generasi adalah masa dimana penduduk hidup dan generasi tersebut akan terus bergerak maju dengan jumlah penduduk yang akan selalu berubah. Sedangkan reproduksi adalah proses menghasilkan individu baru. Dalam Algoritme Genetika terdapat 2 macam proses reproduksi yaitu persilangan dan mutasi.

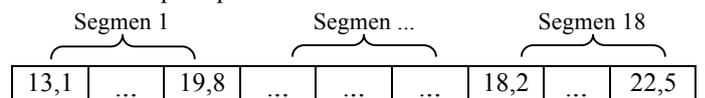
A. Representasi Kromosom

Dalam tulisan ini, representasi kromosom menggunakan kode nyata seperti yang ditunjukkan pada Gambar 1. Angka pecahan pada kromosom akan tetap demikian pada kromosomnya untuk menunjukkan jumlah produksinya. Namun, angka tersebut akan dibulatkan pada perhitungan nilai kesesuaiannya.

| | | | | | | | | |
|------|------|------|------|-----|------|------|------|------|
| 13,1 | 39,1 | 19,8 | 14,2 | ... | 17,6 | 18,2 | 13,4 | 22,5 |
|------|------|------|------|-----|------|------|------|------|

Gbr. 1 Ilustrasi Representasi Kromosom Kode Nyata

Setiap gen pada kromosom menunjukkan jumlah produksi dalam produk setiap periode. Dalam penelitian ini perusahaan melakukan perencanaan produksi untuk 1 tahun kedepan dimana selanjutnya disebut 1 periode yang artinya 12 bulan, itu berarti diperlukan sebanyak 12 gen untuk menyusun representasi solusi selama 1 tahun. Pada gen pertama diisi untuk merepresentasikan jumlah produksi pada bulan pertama, gen kedua diisi untuk merepresentasikan jumlah produksi untuk bulan kedua dan seterusnya. Setiap 12 gen atau dengan kata lain merupakan 1 segmen pada kromosom menunjukkan representasi produk yang sama dan begitu seterusnya hingga produk ke-18. Jadi, total panjang kromosom dalam penelitian ini adalah 216 gen. Ilustrasi pembagian segmen pada kromosom seperti pada Gambar 2.



Gbr. 2 Ilustrasi Segmen pada Kromosom

B. Evaluasi

Proses evaluasi ini digunakan untuk menilai kualitas setiap individu dengan menggunakan fungsi *fitness*. Semakin besar nilai *fitness*, semakin besar peluang individu untuk menjadi

solusi potensial. Perhitungan nilai *fitness* tidak memiliki rumus tertentu, karena pada dasarnya rumus nilai *fitness* bergantung pada permasalahan yang akan diselesaikan. Dalam penelitian ini rumus fungsi *fitness* ditunjukkan pada Persamaan 1.

$$\text{Nilai Fitness} = \frac{100000000}{\text{Total Biaya Produksi} + \sum \text{Penalty}} \quad (1)$$

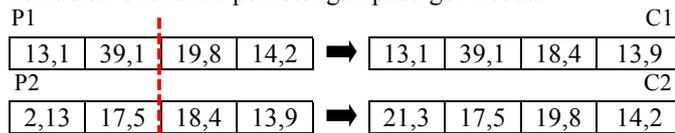
$$\begin{aligned} \text{Total Biaya Produksi} &= (\sum r_t . crt) + (\sum o_t . cot) + (\sum sc . csc) + (\sum rw . crw) + (\sum lo . clo) \\ &+ (\sum i . cbi) \quad (2) \end{aligned}$$

Dengan menggunakan fungsi *fitness* akan diketahui seberapa baik kualitas individu tersebut. Nilai *fitness* tersebut memperhitungkan semua biaya dengan proporsi terbalik, sehingga solusi terbaik tentunya akan memiliki nilai *fitness* yang tinggi dengan total biaya yang minimal. Sedangkan *penalty* merupakan kondisi yang tidak terpenuhi, melanggar aturan atau dengan kata lain merupakan hambatan yang dianggap memberatkan sebuah kromosom untuk dijadikan solusi yang baik.

C. Crossover

Jenis *crossover* yang digunakan dalam penelitian ini adalah modifikasi *crossover* satu titik potong pada setiap segmen atau selanjutnya disebut dengan *segmented crossover*. Hal pertama yang harus dilakukan adalah membangkitkan bilangan acak *integer* pada setiap segmen mulai dari 1-11 (karena ada 12 gen pada setiap segmen yang menunjukkan 12 bulan). Gambar tersebut akan digunakan sebagai referensi gen yang akan menjadi titik potong seperti ditunjukkan pada Gambar 3.

Misal pada segmen pertama diperoleh nilai *random* = 2, kemudian dilakukan pemotongan pada gen kedua.



Gbr. 3 Ilustrasi *Segmented Crossover*

D. Mutasi

Jenis mutasi yang digunakan penulis yakni mutasi berdasarkan posisi dasar dengan sedikit modifikasi bisa disebut mutasi acak tersegmentasi atau *random segmented mutation*. Hal pertama yang harus dilakukan adalah membangkitkan bilangan acak *integer* di setiap segmen mulai dari 1-12 (karena ada 12 gen di setiap segmen yang menunjukkan 12 bulan). Bilangan acak menunjukkan posisi gen yang akan diubah nilainya. Perubahan nilai juga akan dilakukan secara acak dengan rentang -10 hingga +10 dari nilai awalnya seperti yang ditunjukkan pada Gambar 4.

Misal pada segmen pertama diperoleh nilai *random* = 1, kemudian nilai gen pertama diubah (antara rentang yang telah ditentukan). Misal nilai baru yang didapat dari pembangkitan nilai *random* = 27,4, maka terjadi perubahan nilai gen pertama.



Gbr. 4 Ilustrasi Mutasi

E. Seleksi

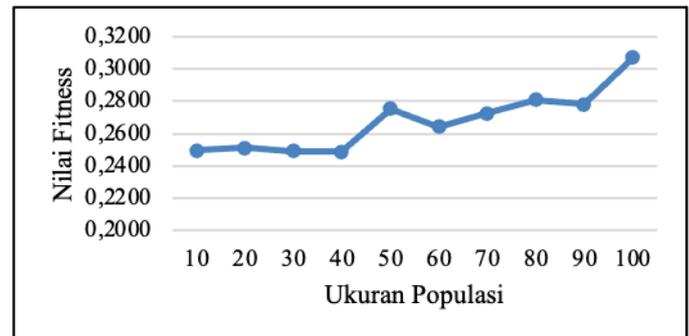
Jenis seleksi yang digunakan oleh penulis adalah elitisme. Dalam metode seleksi ini individu yang memiliki nilai *fitness* tertinggi akan dipertahankan menjadi populasi pada generasi selanjutnya. Jumlah individu yang dipertahankan bergantung pada ukuran populasi yang telah ditentukan. Dengan menggunakan metode seleksi ini, tidak akan terlalu banyak memakan waktu dalam proses komputasi karena Algoritmenya cukup sederhana. Selain itu, hasil seleksi elitisme selalu mendapatkan individu terbaik dari tiap generasi.

VI. HASIL DAN PEMBAHASAN

Dalam penerapan Algoritme Genetika perlu dilakukan pengujian untuk menentukan parameter terbaik dalam menghasilkan solusi yang optimal. Adapun beberapa pengujian yang dilakukan antara lain: pengujian jumlah populasi dan pengujian jumlah generasi. Pada saat proses pengujian, program akan dijalankan sebanyak 10 kali kemudian diambil nilai rata-rata *fitness*nya.

Pengujian Ukuran Populasi

Dalam pengujian ukuran populasi ini penulis menentukan parameter awal jumlah generasi = 1000, prosentse *crossover* atau *crossover rate* (cr) = 0,5 dan prosentse mutasi atau *mutation rate* (mr) = 0,5. Hasil ukuran populasi seperti yang ditunjukkan pada Gambar 5.



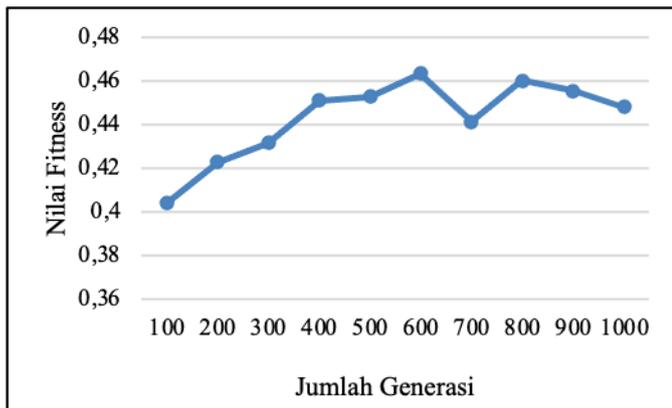
Gbr. 5 Hasil Pengujian Ukuran Populasi

Berdasarkan hasil pengujian didapatkan nilai tertinggi pada ukuran populasi 100 dengan nilai *fitness* rata-rata 0,3071. Namun, hal ini tidak serta merta menyimpulkan bahwa semakin besar ukuran populasi, semakin besar pula nilai *fitness*nya. Hal ini dapat dibuktikan bila ukuran populasi = 60 terjadi sedikit penurunan tetapi kemudian cenderung meningkat. Pola tersebut kemungkinan akan terulang pada generasi berikutnya.

Pengujian Jumlah Generasi

Pengujian jumlah generasi dilakukan untuk mengetahui pembangkitan terbaik saat mencapai titik optimal atau terjadinya konvergensi dini. Konvergensi dini terjadi ketika generasi berikutnya tidak memiliki peningkatan nilai yang signifikan. Untuk menguji jumlah generasi, penulis menggunakan beberapa parameter yang telah ditentukan di

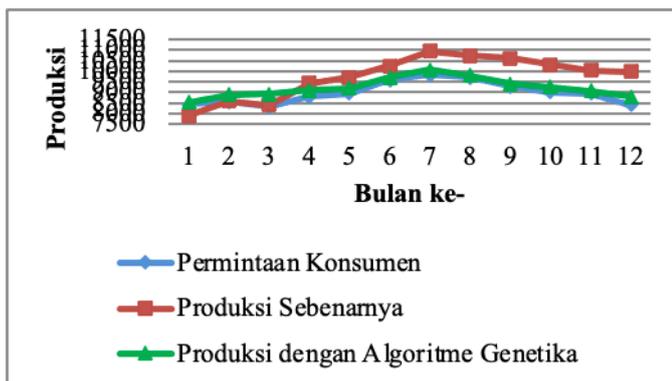
awal yaitu $cr = 0,5$ dan $mr = 0,5$. Sedangkan untuk ukuran populasi menggunakan hasil terbaik yang diperoleh pada uji coba sebelumnya yaitu sebesar 100. Hasil uji jumlah generasi seperti terlihat pada Gambar 6.



Gbr. 6 Hasil Pengujian Jumlah Generasi

Berdasarkan hasil pengujian, titik tertinggi terjadi pada generasi 600. Pada generasi setelah 600 terjadi penurunan yang cukup signifikan. Pola yang terlihat pada generasi berikutnya cukup fluktuatif tetapi cenderung menurun. Ini menunjukkan bahwa semakin banyak generasi tidak menjamin solusi yang dihasilkan semakin optimal.

Setelah mengetahui parameter terbaik berdasarkan hasil pengujian sebelumnya, selanjutnya program *restart* sebanyak 10 kali untuk mengambil nilai rata-rata dengan menggunakan parameter terbaik yang telah didapat. Hasil akhirnya adalah solusi optimal dengan nilai *fitness* 0,5319.



Gbr. 7 Perbandingan Nilai Produksi

Hasil produksi perencanaan produksi agregat dengan menerapkan metode proposal ditunjukkan pada Gambar 7. Hasil tersebut dibandingkan dengan data asli yang dimiliki perusahaan dengan tujuan untuk mengetahui perbedaan antara kedua nilai produksi. Grafik berwarna biru merupakan data asli permintaan di lapangan. Sedangkan grafik berwarna hijau merupakan nilai produksi hasil dari Algoritme Genetika dan grafik merah adalah nilai produksi sebelumnya. Dari Gambar 7 dapat diamati bahwa hasil grafik hijau lebih optimal karena selaras dengan permintaan konsumen. Hal ini juga

membuktikan bahwa nilai produksi yang dihasilkan oleh Algoritme Genetika dapat meminimalkan biaya produksi serta memaksimalkan keuntungan perusahaan.

VII. KESIMPULAN

Penerapan metode Algoritme Genetika yang dimodifikasi dapat menghasilkan solusi yang cukup optimal. Solusi yang dicapai memiliki nilai *fitness* yang tinggi, hal ini menunjukkan bahwa biaya produksi yang perlu dikeluarkan perusahaan sangat minim tetapi dapat memberikan keuntungan yang lebih. Solusi hasil penerapan metode ini dapat digunakan oleh perusahaan dalam pengambilan keputusan seperti perekrutan tenaga kerja, PHK dan juga aturan-aturan lain yang terkait dengan proses produksi di perusahaan karena adanya *penalty* sebagai patokan yang jelas.

Untuk pekerjaan yang akan datang, penulis ingin melakukan penelitian lebih lanjut terkait perencanaan produksi agregat. Tujuan kedepannya adalah untuk mengetahui seberapa baik metode modifikasi Algoritme ini digabungkan dengan metode lain, apakah terdapat pengaruh yang signifikan dari modifikasi metode terhadap kemampuannya dalam memecahkan masalah di kehidupan nyata.

REFERENSI

- [1] R. Ramezani, D. Rahmani, and F. Barzinpour, "An Aggregate Production Planning Model for Two Phase Production Systems: Solving with Genetic Algorithm and Tabu Search," *Expert Syst. Appl.*, vol. 39, pp. 1256–1263, 2012.
- [2] M. Erfanian and M. Pirayesh, "Integration Aggregate Production Planning and Maintenance using Mixed Integer Linear Programming," in *Proceedings of the 2016 IEEE IEEM*, 2016, vol. 2016-Decem, pp. 927–930.
- [3] W. F. Mahmudy, R. M. Marian, and L. H. S. Luong, "Optimization of Part Type Selection and Loading Problem with Alternative Production Plans in Flexible Manufacturing System using Hybrid Genetic Algorithms - Part 2: Genetic Operators and Results," in *International Conference on Knowledge and Smart Technology (KST)*, 2013, pp. 81–85.
- [4] P. Vasant, R. Nagarajan, and S. Yaacob, "Decision Making in Industrial Production Planning Using Fuzzy Linear Programming," *IMA J. Manag. Math.*, vol. 15, no. 1, pp. 53–65, 2004.
- [5] R. Khemiri, B. Grabot, K. Elbedoui-Maktouf, and B. Zouari, "Integrating Fuzzy TOPSIS and Goal Programming for Multiple Objective Integrated Procurement-Production Planning," *IEEE Int. Conf. Emerg. Technol. Fact. Autom. ETFA*, vol. Part F1341, pp. 1–8, 2018.
- [6] W. F. Mahmudy, R. M. Marian, and L. H. S. Luong, "Real Coded Genetic Algorithms for Solving Flexible Job-Shop Scheduling Problem - Part I: Modelling," *Adv. Mater. Res.*, vol. 701, pp. 359–363, 2013.
- [7] W. F. Mahmudy, R. M. Marian, and L. H. S. Luong, "Real Coded Genetic Algorithms for Solving Flexible Job-Shop Scheduling Problem - Part II: Optimization,"

- Adv. Mater. Res.*, vol. 701, pp. 364–369, 2013.
- [8] D. W. Fogarty, J. H. Blackstone, and T. R. Hoffmann, *Production & Inventory Management*, Second Edi. Michigan: South-Western Publishing Company, 1991.
- [9] J. Heizer and B. Render, *Production and Operations Management Strategies and Tactics*. New Jersey: Prentice Hall, 1993.
- [10] G. E. Yuliasuti, A. M. Rizki, W. F. Mahmudy, and I. P. Tama, “Determining Optimum Production Quantity on Multi-Product Home Textile Industry by Simulated Annealing,” *J. Inf. Technol. Comput. Sci.*, vol. 1, no. 1, 2018.
- [11] R. Tavakkoli-Moghaddam and N. Safaei, “Solving A Generalized Aggregate Production Planning Problem by Genetic Algorithm,” *J. Ind. Eng. Int.*, vol. 2, no. 1, pp. 53–64, 2006.
- [12] A. M. Rizki, G. E. Yuliasuti, W. F. Mahmudy, and I. P. Tama, “Variable Neighborhoods Search for Multi-Site Production Planning,” *J. Inf. Technol. Comput. Sci.*, vol. 1, no. 1, pp. 1–6, 2018.
- [13] W. F. Mahmudy, R. M. Marian, and L. H. S. Luong, “Hybrid Genetic Algorithms for Multi-Period Part Type Selection and Machine Loading Problems in Flexible Manufacturing System,” in *CYBERNETICSCOM*, 2013, pp. 126–130.