ISSN : 2088 - 8015

INTEGRA

Jurnal Teknik dan Manajemen Industri

INT | Volume 4 | Nomor 2 | Hlm.101-210 | Bandung | 15 DESEMBER 2014 | ISSN : 2088 - 8015

INT | Volume 4 | Nomor 2 | Hlm.101-210 | Bandung | 15 DESEMBER 2014 | ISSN : 2088 - 8015

Pengantar

Puji syukur kami panjatkan ke hadirat Tuhan Yang Maha Esa atas diterbitkannya Jurnal Integra Volume 4 No 2 ini. Dalam Jurnal Integra edisi ini terdapat 7 buah makalah penelitian yang meliputi berbagai bidang keilmuan Teknik Industri.

Makalah pertama yang ditulis oleh Fachry Ramdhani dan Arif Suryani membahas bauran pemasaran untuk mengatasi masalah ketidaksesuaian produk syariah dengan ajaran Islam menurut persepsi konsumen di Bank Mandiri Syariah cabang Ahmad Yani Bandung.

Makalah kedua yang ditulis oleh Feby Trinita dan Kartika Suhada membahas pengendalian persediaan di apotek menggunakan EOQ dengan Mempertimbangkan Masa Kedaluwarsa dan *All Unit Discount* serta pengaturan penyusunan obat dengan *Dedicated Storage Location Policy*.

Makalah ketiga, Irene Sachli menggunakan pendekatan kuantitatif *Structural Equation Modelling*, mengemukakan faktor-faktor yang mempengaruhi sikap dan minat wanita dalam membeli sepatu melalui *online shopping*.

Makalah keempat yang ditulis oleh Ig. Jaka Mulyana dan Peter R. Angka membahas pendekatan *Lean Manufacturing* dengan konsep 5R untuk meningkatkan produktivitas Usaha Kecil Menengah di Sentra Industri Sepatu Wedoro Kabupaten Sidoarjo Jatim.

Makalah kelima yang ditulis oleh Rainisa M. Heryanto, Kartika Suhada, dan Garry Lineker S. mengemukakan masalah target produksi yang tidak tercapai di PT Multi Garmenjaya. Dengan penyeimbangan lintasan produksi menggunakan metode *Genetic Algorithm* dapat diperoleh efisiensi lintasan untuk pencapaian target produksi.

Dalam makalah keenam, Sugiarto Aguse H. dan Melina Hermawan mengemukakan masalah penurunan penjualan kerupuk bawang di PD Sumur Sari Bandung. Dengan menggunakan Uji Hipotesis, *Importance Performance Analysis* dan *Correspondence Analysis*, ditetapkan prioritas perbaikan untuk masing-masing atribut bauran pemasaran.

Dalam makalah terakhir yang ditulis oleh Wawan Yudiantyo dan Stevanny membahas rancangan mobil box L200 Mitsubishi beserta fasilitas fisik dalam box untuk sarana berjualan steak berdasarkan aspek ergonomis.

Akhir kata, kami mengucapkan terima kasih kepada para penulis dan para penyunting atas peran sertanya dalam jurnal ini. Kami juga menerima kritik dan saran dari para pembaca untuk perbaikan jurnal di masa mendatang.

Melina Hermawan

Penanggung Jawab :
Yulianti, S.T., M.T.

Pimpinan Redaksi :
Melina Hermawan, S.T., M.T.

Anggota Redaksi :
Andrijanto, S.T., M.Eng.
Elty Sarvia, S.T., M.T.
Ir. Kartika Suhada, M.T.

Mitra Bestari :
Agoes G. Rahyuda, Ph.D.
Merry Siska, S.T., M.T.
Ratna Sari Dewi, S.T., M.T.
Teguh Oktiarso, S.T., M.T.
Prof. Dr. Marcelia Susan, S.E., M.T.
Christina Wirawan, S.T., M.T.
Jimmy Gozaly, S.T., M.T.
Ir. Rudy Wawolumaja, M.Sc.
Yulianti, S.T., M.T.

Design & Layout :
Albert Endryan, S.Sn.
Andri Supriyadi, S.Sn.

Alamat Redaksi :
Jurusan Teknik Industri
Fakultas Teknik
Universitas Kristen Maranatha

Gedung Teknik Lantai 3
Jl. Prof. drg. Suria Sumantri, MPH. No. 65
Bandung 40164
Jawa Barat – Indonesia

Telp : (022) 2012186 / 2003452 (hunting) ext. 1262 / 1263
Fax : (022) 2017622
Email : integra_mcu_journal@yahoo.com

Penerbit :
Universitas Kristen Maranatha

Jurnal Integra diterbitkan oleh Universitas Kristen Maranatha 2 (dua) kali setahun yaitu pada bulan Juni dan Desember. Harga jual : Rp. 40.000,-/edisi (sudah termasuk ongkos kirim untuk pulau Jawa), dan Rp. 50.000,-/edisi (sudah termasuk ongkos kirim di luar pulau Jawa)

ISSN : 2088 - 8015

INTEGRA

Jurnal Teknik dan Manajemen Industri

Volume 4, Nomor 2

ISSN : 2088 - 8015

INTEGRA

Jurnal Teknik dan Manajemen Industri

Volume 4, Nomor 2 Desember 2014

Usulan Strategi Pemasaran Berdasarkan Analisis Bauran Pemasaran Terhadap Kesesuaian Produk Bank Syariah Dengan Ajaran Agama Islam (Studi Kasus: Bank Syariah Mandiri – Cabang Ahmad Yani Bandung)
Fachry Ramdhani, Arif Suryadi 101-120

Usulan Pengendalian Persediaan Obat dan Pengaturan Penyusunan Obat di Unit Pelaksana Teknis Layanan Kesehatan Perguruan Tinggi "X"
Feby Trinita, Kartika Suhada 121-134

Analisa Faktor-Faktor yang Mempengaruhi Sikap dan Minat Beli Sepatu Wanita Melalui *Online Shopping*
Irene Sachli 135-150

Peningkatan Produktivitas Usaha Kecil Menengah (UKM) Sentra Industri Sepatu Wedoro Kabupaten Sidoarjo Jawa Timur Dengan Pendekatan *Lean Production*
Ig. Jaka Mulyana, Peter R. Angka 151-160

Usulan *Line Balancing* Menggunakan *Genetic Algorithm* (Studi Kasus di PT Multi Garmenjaya, Bandung)
Rainisa Maini Heryanto, Kartika Suhada, Garry Lineker Sapulette 161-174

Analisis dan Usulan Strategi Pemasaran Produk Kerupuk Bawang (Studi Kasus: Kerupuk Sumur Sari Bawang Bandung)
Sugiarto Aguse Hertanto, Melina Hermawan 175-193

Perancangan Mobil Khusus (L200) untuk Berjualan Steak Berdasarkan Aspek Ergonomi
Wawan Yudiantyo, Stevanny 194-210

Usulan *Line Balancing* Menggunakan *Genetic Algorithm* (Studi Kasus di PT Multi Garmenjaya, Bandung)

Proposal of Line Balancing Using Genetic Algorithm (Case Study at PT Multi Garmenjaya, Bandung)

Rainisa Maini Heryanto, Kartika Suhada, Garry Lineker Sapulette
Jurusan Teknik Industri, Fakultas Teknik, Universitas Kristen Maranatha
E-mail :rainisa_heryanto@yahoo.com, tikas56@yahoo.com, garry_nduth@yahoo.com

Abstrak

PT Multi Garmenjaya merupakan perusahaan yang bergerak di bidang industri garmen. Masalah yang dihadapi oleh perusahaan adalah tidak tercapainya target produksi yang ditetapkan perusahaan yaitu sebesar 900 unit/minggu, dimana saat ini perusahaan hanya mampu memproduksi sebanyak 699 unit/minggu. Berdasarkan hasil pengamatan, hal ini dikarenakan ketidakseimbangan beban kerja antar stasiun kerja.

Langkah pertama proses penyeimbangan lintas produksi adalah mengukur waktu proses untuk setiap elemen kerja, melakukan pengujian kenormalan, keseragaman, dan kecukupan terhadap data waktu yang diperoleh. Langkah selanjutnya adalah perhitungan waktu siklus, waktu normal, dan waktu baku. Setelah itu dilanjutkan dengan perhitungan penyeimbangan lintasan dengan menggunakan 3 alternatif metode penyeimbangan lintasan produksi, yaitu metode Helgeson-Birnie Approach (Rank Positional Weight (RPW), Kilbridge-Wester Heuristic (Region Approach) dan Genetic Algorithm (GA). Dalam perhitungan penyeimbangan lintasan metode GA digunakan software untuk mempermudah dan mempersingkat waktu. Software tersebut telah diuji validasi dengan menggunakan contoh kasus yang sederhana.

Hasil perhitungan metode Genetic Algorithm, Region Approach, dan Positional Weight berturut-turut menghasilkan efisiensi lintasan sebesar 57,47%, 54,09%, dan 54,09%; jumlah stasiun kerja yang dibutuhkan sebesar 16, 17, dan 17 stasiun kerja; kapasitas produksi yang dihasilkan oleh ketiga metode adalah sama, yaitu sebesar 912 unit/minggu. Oleh karena itu, metode yang memiliki ukuran performansi yang paling baik.adalah metode Genetic Algorithm.

Kata kunci: *penyeimbangan lintasan produksi, genetic algorithm, efisiensi lintasan*

Abstract

PT Multi Garmenjaya is a company engaged in the garment industry. The problem faced by the company is not achieving the production targets set by the company, in which the target of 900 units / week. Currently the company only capable of producing as many as 699 units / week. Based on the observation, this is due to the workload imbalance between work stations.

First step line balancing is measuring the process time for each element of the work, do normality test, uniformity, and adequacy of the obtained data. Then calculate the cycle time, normal time, and standard time. After that, makes line balancing calculations using three alternative methods of line balancing, the method are Helgeson-Birnie Approach (Rank Positional Weight (RPW), Kilbridge-Wester Heuristic (Region Approach) and Genetic Algorithm (GA). Researchers create software, the software validation tested in advance using a simple case study.

The efficiency results of Genetic Algorithm, Region Approach, and Positional Weight are 57.47%, 54.09%, and 54.09%, the number of work stations required are 16, 17, and 17 work stations; production capacity of three methods are the same, amounting to 912 units / week. Therefore, the methods that should be applied by the company is the Genetic Algorithm method, because has the best performance measure.

Keywords: *line balancing, Genetic Algorithm, line efficiency*

1. Pendahuluan

PT Multi Garmenjaya merupakan perusahaan yang bergerak dalam bidang industri garmen. Produk yang diproduksi terdiri dari celana *jeans*, kemeja, dan kaos. Dalam penelitian ini, produk yang menjadi objek pengamatan adalah celana *jeans* karena merupakan produk *mass production*, sedangkan kemeja dan kaos biasanya diproduksi secara *job order*. Berdasarkan wawancara dengan bagian produksi dikerahui bahwa permasalahan yang dihadapi perusahaan saat ini adalah tidak tercapainya target produksi produk celana *jeans*. Kapasitas produksi yang dapat dicapai oleh perusahaan saat ini adalah sebesar 699 unit/minggu, sedangkan target produksi yang ditetapkan oleh perusahaan adalah sebesar 900 unit/minggu. Untuk menutupi kekurangan pencapaian target produksi, perusahaan melakukan kerja lembur. Hal ini menyebabkan perusahaan harus mengeluarkan tambahan biaya produksi.

Berdasarkan hasil pengamatan yang dilakukan terlihat bahwa keseimbangan lintasan produksi saat ini belum baik sehingga mengakibatkan belum tercapainya target produksi yang ditetapkan oleh perusahaan. Hal ini ditandai dengan adanya beberapa stasiun yang tampak sibuk sehingga terjadi penumpukan barang dalam proses (*bottleneck*) yaitu stasiun kerja 4, 7, 10, dan 11. Sementara beberapa stasiun kerja lainnya terlihat bekerja dengan santai bahkan kadang kala mengganggur (*delay)* yaitu stasiun kerja 14, 16, dan 19.

Hal ini menunjukkan terjadinya ketidakseimbangan beban kerja antar stasiun kerja. Beban kerja suatu stasiun kerja dipengaruhi oleh waktu proses seluruh operasi yang dikerjakan oleh stasiun tersebut, dimana masing-masing operasi memerlukan waktu proses yang berbeda-beda. Oleh karena itu melalui penelitian ini akan diusulkan penyeimbangan lintasan produksi dalam upaya meningkatkan kapasitas produksi. Dengan peningkatan kapasitas produksi yang didapat, diharapkan target produksi yang diharapkan oleh perusahaan dapat tercapai.

Pembatasan masalah dan asumsi dilakukan agar ruang lingkup permasalahan lebih fokus dan tidak terlalu luas. Pembatasan masalah yang diterapkan adalah:
a. Pengukuran waktu kerja dilakukan selama 2 minggu.
b. Proses pola dan potong tidak diamati, karena pada proses tersebut dilakukan secara sekaligus dan tidak dapat diteliti satu per satu.

Asumsi yang digunakan dalam penelitian ini adalah:
a. Mesin dan peralatan yang digunakan selalu dalam kondisi baik.
b. Pekerja dapat melakukan operasi pekerjaan diperusahaan tersebut dengan trampil dan bekerja secara normal.
c. Ketersediaan bahan baku mencukupi.
d. Tingkat kepercayaan sebesar 95% dan tingkat ketelitian sebesar 5%.

Tujuan penelitian yang dilakukan adalah sebagai berikut:
a. Menganalisis kekurangan lintasan produksi yang ada saat ini.
b. Memberikan usulan metode penyeimbangan lintasan produksi yang sebaiknya diterapkan perusahaan.
c. Memaparkan keunggulan yang dapat diperoleh perusahaan dari penerapan metode penyeimbangan lintasan usulan.

2. Tinjauan Pustaka

2.1 Metode Pemecahan Masalah

Metode penyeimbangan lintasan yang digunakan dalam penelitian ini adalah metode *metaheuristic*. Dari beberapa metode *metaheuristic* yang ada metode yang dipilih adalah metode *Genetic Algorithm* karena *Genetic Algorithm* dapat memberikan solusi di luar kondisi lokal optimum akibat adanya proses mutasi, sedangkan pada metode *metaheuristic* lain hanya dilakukan satu kali proses persilangan. Sebagai pembandingnya adalah metode konvensional seperti *Helgeson-Birnie Approach* (*Rank Positional Weight*/RPW) dan *Kilbridge-Wester Heuristic* (*Region Approach*).

2.1.1 Metode *Helgeson-Birnie Approach* (*Rank Positional Weight*/RPW)

Langkah-langkah metode *Helgeson-Birnie Approach* (*Rank Positional Weight*/RPW) adalah sebagai berikut:

a. Penentuan positional weight (PW) untuk setiap elemen kerja
b. Pengurutan positional weight (PW) berdasarkan nilai tertinggi
c. Penugasan elemen kerja ke dalam staiun kerja, dengan ketentuan:
   - Mendahulukan elemen kerja yang memiliki nilai PW tertinggi
   - Memperhatikan hubungan setiap elemen kerja
   - Waktu siklus kerja tidak boleh melebihi waktu siklus
   - Jenis mesin untuk elemen kerja yang digabungkan harus sama

2.1.2 Metode *Kilbridge-Wester Heuristic* (*Region Approach*)

Langkah-langkah metode *Kilbridge-Wester Heuristic* (*Region Approach*) adalah sebagai berikut:

a. Penentuan positional weight (PW) untuk setiap elemen kerja
b. Pengurutan positional weight (PW) berdasarkan nilai tertinggi
c. Penugasan elemen kerja ke dalam staiun kerja, dengan ketentuan:
   - Mendahulukan elemen kerja yang memiliki nilai PW tertinggi
   - Memperhatikan hubungan setiap elemen kerja
   - Waktu siklus kerja tidak boleh melebihi waktu siklus
   - Jenis mesin untuk elemen kerja yang digabungkan harus sama

2.1.3 Metode *Genetic Algorithm*

Dalam *Genetic Algorithm*, suatu populasi terdiri dari *string-string* yang mempunyai nilai *fitness* tertentu, dimana setiap *string* mewakili satu solusi dalam domain solusi. *String* yang mempunyai nilai *fitness* yang tinggi biasanya akan bertahan dan akan berlanjut ke generasi berikutnya, sedangkan *string* yang memiliki nilai *fitness* yang kecil biasanya tidak akan bertahan. Pencarian solusi dilakukan secara iteratif terhadap suatu populasi untuk menghasilkan populasi baru. Dalam satu siklus iterasi (generasi), terdapat proses seleksi dan rekombinasi. Proses seleksi dilakukan untuk mengevaluasi setiap *string* yang ada dalam populasi berdasarkan nilai *fitness*nya, selanjutnya dipilih *string-string* yang akan mengalami proses rekombinasi. Proses pemilihan *string* tersebut didasarkan pada nilai *fitness* dari *string* tersebut. *String* dengan nilai *fitness* yang lebih baik memiliki peluang yang lebih besar untuk dipilih menjadi calon anggota populasi baru.

Proses rekombinasi merupakan proses genetika yang bertujuan untuk memperoleh populasi baru dari *string-string* yang sudah diperoleh pada tahap seleksi. Anggota populasi baru dapat dibentuk dengan menerapkan operator genetik (*crossover* dan mutasi) secara acak pada *string-string* yang terpilih dalam tahap seleksi. Pada tahap rekombinasi ini akan terbentuk *string-string* baru yang berbeda dengan *string* induknya, sehingga akan diperoleh domain pencarian solusi yang baru pula.

Untuk menghasilkan suatu solusi yang optimal, algoritma genetika memiliki kriteria yang harus dipenuhi dalam setiap aplikasinya, yaitu:

a. Sebuah representasi yang tepat dari sebuah solusi permasalahannya dalam bentuk kromosom.
b. Pembangkitan populasi awal yang dibentuk secara acak, namun dalam beberapa kasus dapat pula dibangkitkan dengan metode tertentu.
c. Sebuah *evaluation function* untuk menentukan *fitness value* dari setiap solusi.
d. Operator genetika yang mensimulasikan proses *crossover* dan mutasi.
e. Parameter-parameter lainnya seperti: kapasitas populasi, probabilitas, dan operasi-operasi genetik.

Untuk memudahkan perhitungan *genetic algorithm* dalam penugasan elemen kerja ke dalam stasiun kerja pada kasus yang sedang terjadi di perusahaan digunakan sebuah *software* yang mampu menghasilkan solusi yang mendekati optimal dengan waktu perhitungan yang relatif lebih cepat. *Software* yang digunakan sebelumnya telah diuji validasi pada kasus yang sederhana.

2.2 Istilah dalam Metode *Genetic Algortihm*

Dalam *Genetic Algorithm* terdapat istilah-istilah yang digunakan, dimana istilah-istilah tersebut mewakili elemen-elemen dalam teori yang dikemukakan oleh Charles Darwin, adapun istilah-istilah tersebut adalah: (Obitko, 1998)

a. Populasi
   Sekumpulan solusi dari permasalahan yang akan diselesaikan menggunakan *Genetic Algorithm*a. *Population* terdiri dari sekumpulan *chromosome*.
b. Kromosom
   Mewakili sebuah solusi yang mungkin (*feasible solution*) untuk permasalahan yang ingin diselesaikan. Sebuah kromosom terdiri dari sekumpulan gen.
c. Gen
   Mewakili elemen-elemen yang ada dalam sebuah solusi.
d. *Parent*
   Kromosom yang akan dikenai operasi genetik (*crossover*).
e. *Offspring*
   Kromosom yang merupakan hasil dari operasi genetik (*crossover* dan mutasi).
f. *Crossover*
   Operasi genetik yang mewakili proses perkembangbiakan antar individu. Dalam melakukan proses *crossover* dibutuhkan sepasang *parent* dan akan menghasilkan satu atau lebih *offspring* (keturunan).
g. Mutasi
   Operasi genetik yang mewakili proses mutasi dalam perjalanan hidup individu. Peran mutasi adalah menghasilkan perubahan acak dalam populasi yang berguna untuk menambah variasi dari *chromosome- chromosome* dalam sebuah populasi.
h. *Selection procedure*
   Proses yang mewakili seleksi alam (*natural selection*) dari teori Darwin. Proses ini dilakukan untuk menentukan *parent* dari operasi genetik (*crossover*) yang akan dilakukan untuk menghasilkan keturuanan (*offspring*).
i. *Fitness value*
   Penilaian yang menentukan bagus tidaknya sebuah kromosom. Kromosom yang memiliki *fitness value* yang rendah pada akhirnya akan tersingkir oleh kromosom-kromosom yang memiliki *fitness value* yang lebih baik.
j. *Evaluation function*
   Fungsi yang digunakan untuk menentukan nilai dari *fitness value*. *Evaluation function* ini merupakan sekumpulan kriteria-kriteria tertentu dari permasalahan yang ingin diselesaikan.
k. *Generation*
   Satuan dari populasi setelah melalui operasi-operasi genetika, berkembangbiak dan menghasilkan keturunan. Pada akhir dari setiap *generation*, untuk menjaga agar jumlah kromosom dalam populasi tetap konstan, maka kromosom yang memiliki *fitness value* yang rendah dan memiliki peringkat dibawah nilai minimal akan dihapus dari populasi.

2.3 Parameter *Genetic Algorithm*

Parameter-parameter yang digunakan dalam *Genetic Algorithm* adalah: (Obitko, 1998)

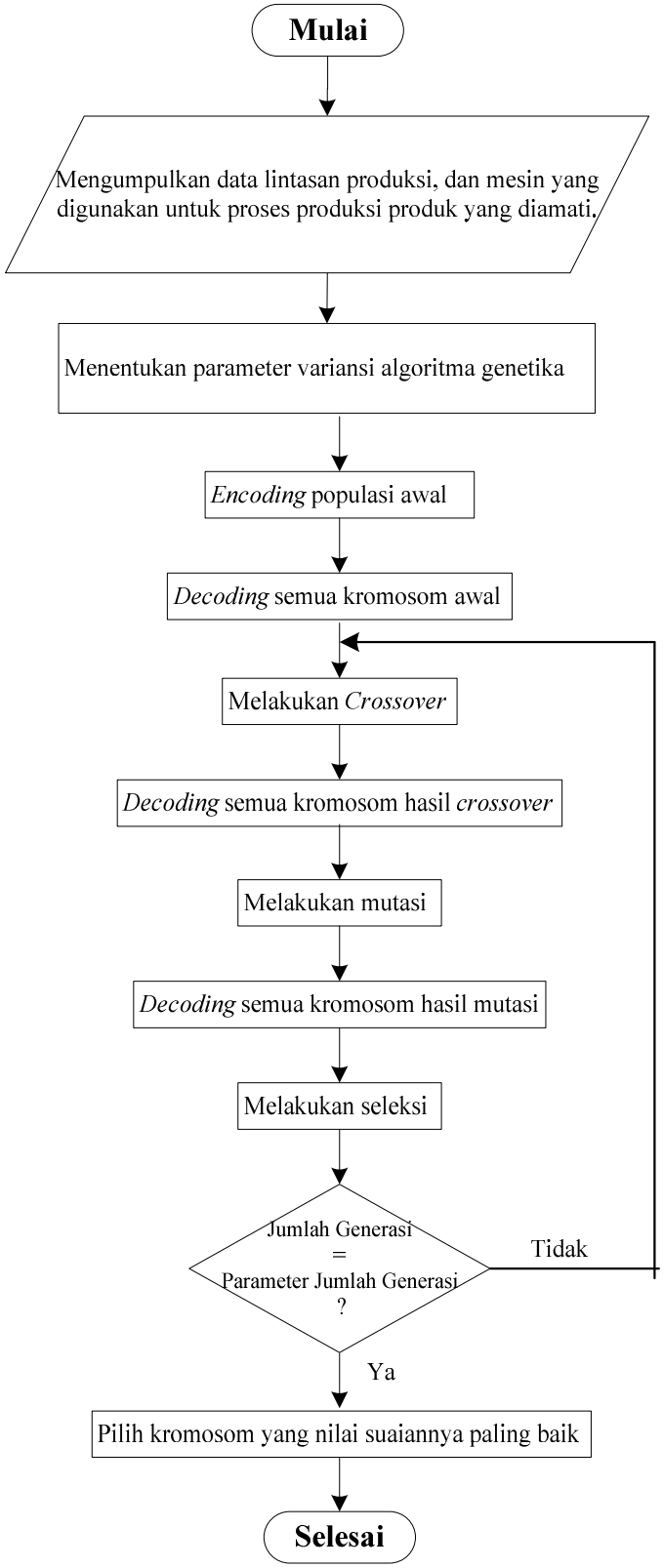
a. Ukuran populasi
   Jumlah kromosom yang membentuk suatu populasi. Ukuran populasi sangat mempengaruhi efektivitas dan kinerja dari *Genetic Algorithm*a. Semakin besar ukuran populasi, maka akan semakin cepat pula terjadinya konvergensi dari solusi permasalahan, namun semakin besar ukuran populasi, maka semakin lama waktu komputasinya. Penentuan besar kecilnya ukuran populasi tergantung pada kompleksitas suatu kasus yang dihadapi. Semakin kompleks suatu kasus maka semakin besar ukuran populasi yang dibutuhkan.
b. Jumlah generasi
   Parameter yang menunjukkan banyaknya populasi yang hendak dihasilkan dalam *Genetic Algorithm*a. Jumlah generasi akan menjadi batasan dalam menghasilkan populasi yang baru. Penentuan jumlah generasi dalam *Genetic Algorithm*a juga tidak memiliki aturan yang baku. Semakin besar jumlah generasinya maka solusi yang dihasilkan akan semakin baik karena semakin besar pula kesempatan populasi untuk berkembang. Namun semakin besar jumlah generasi, maka semakin lama pula waktu komputasinya.
c. Probabilitas *crossover*
   Parameter yang menyatakan besarnya kemungkinan sebuah kromosom untuk mengalami *crossover*. Parameter ini harus ditentukan pada awal proses pencarian solusi. Semakin besar nilai probabilitas maka semakin besar pula kemungkinan struktur individu baru diperkenalkan di dalam populasi. Dalam sebuah penelitian yang dilakukan oleh Obitko, disarankan nilai probabilitas *crossover* yang baik adalah berkisar antara 80% - 95%.
d. Probabilitas mutasi
   Parameter yang menyatakan besarnya kemungkinan sebuah kromosom untuk mengalami mutasi. Parameter ini juga harus ditentukan pada awal proses pencarian solusi. Pada seleksi alam murni, proses mutasi sangat jarang terjadi. Oleh karena itu proses mutasi buatan dalam *Genetic Algorithm*a pun tidak selalu terjadi. Oleh karenanya nilai probabilitas mutasi dibuat kecil. Dalam penelitian Obitko, ia menyarankan nilai probabilitas mutasi yang baik adalah berkisar antara 0.5% - 1%.

2.4 Langkah-langkah *Genetic Algorithm*

Langkah-langkah metode *genetic algorithm* dapat dilihat pada Gambar 1.

Berikut adalah penjelasan dari langkah-langkah *Genetic Algorithm:*

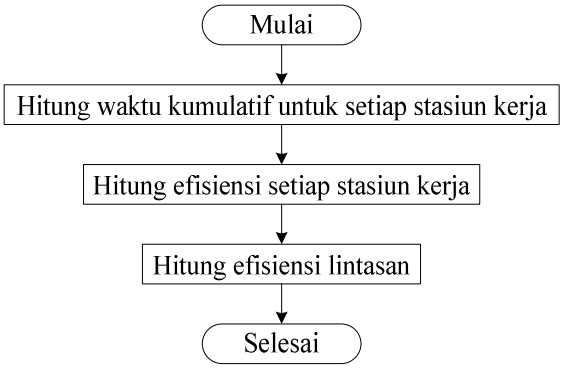
a. Pengumpulan lintasan dan data produksi yang diamati
   Data yang dikumpulkan adalah data lintasan produksi perusahaan, peta proses operasi, waktu setiap operasi, dan *precedence diagram.*
b. Menentukan parameter variasi *Genetic Algorithm*
   Parameter yang diperlukan oleh penulis untuk *Genetic Algorithm* adalah sebagai berikut:
   - Ukuran populasi : 20
   - Ukuran generasi : 300
   - Probabilitas crossover (Pc) : 0.95
   - Probabilitas mutasi (Pm) : 0.01
c. *Encoding* populasi awal
   Dalam tahap ini, dilakukan inisialisasi populasi awal dengan melakukan proses penterjemahan solusi masalah menjadi sebuah kromosom yang kemudian akan dibentuk menjadi suatu populasi awal. Adapun langkah-langkah pembuatan *encoding* untuk populasi awal adalah sebagai berikut:



Gambar 1. Langkah-langkah *Genetic Algorithm*

- Pada tahap awal adalah menentukan input data yang diperlukan untuk menentukan kromosom awal, yakni: data *precedence diagram*, waktu proses setiap operasi, dan jenis mesin setiap operasi.
- Setelah didapatkan *precedence diagram* lakukan pembagian elemen kerja ke dalam beberapa stasiun kerja dengan memperhatikan syarat-syarat, seperti: waktu stasiun kerja tidak melebihi waktu siklus, tidak terdapat *backtrack*, serta menggunakan 1 jenis mesin yang sama dan mendapatkan stasiun kerja yang baru (kromosom awal).
- Buat jumlah kromosom awal sesuai dengan jumlah populasi dimana setiap kromosom yang terbentuk tidak boleh sama antara tiap kromosomnya.

d. *Decoding* semua kromosom awal
Proses *decoding* atau perhitungan nilai suaian dilakukan setiap kromosom yang baru terbentuk, baik pada hasil inisialisasi populasi awal maupun dari hasil proses evolusi (mutasi dan *crossover*). Langkah proses *decoding* dapat dilihat pada Gambar 2 berikut ini:



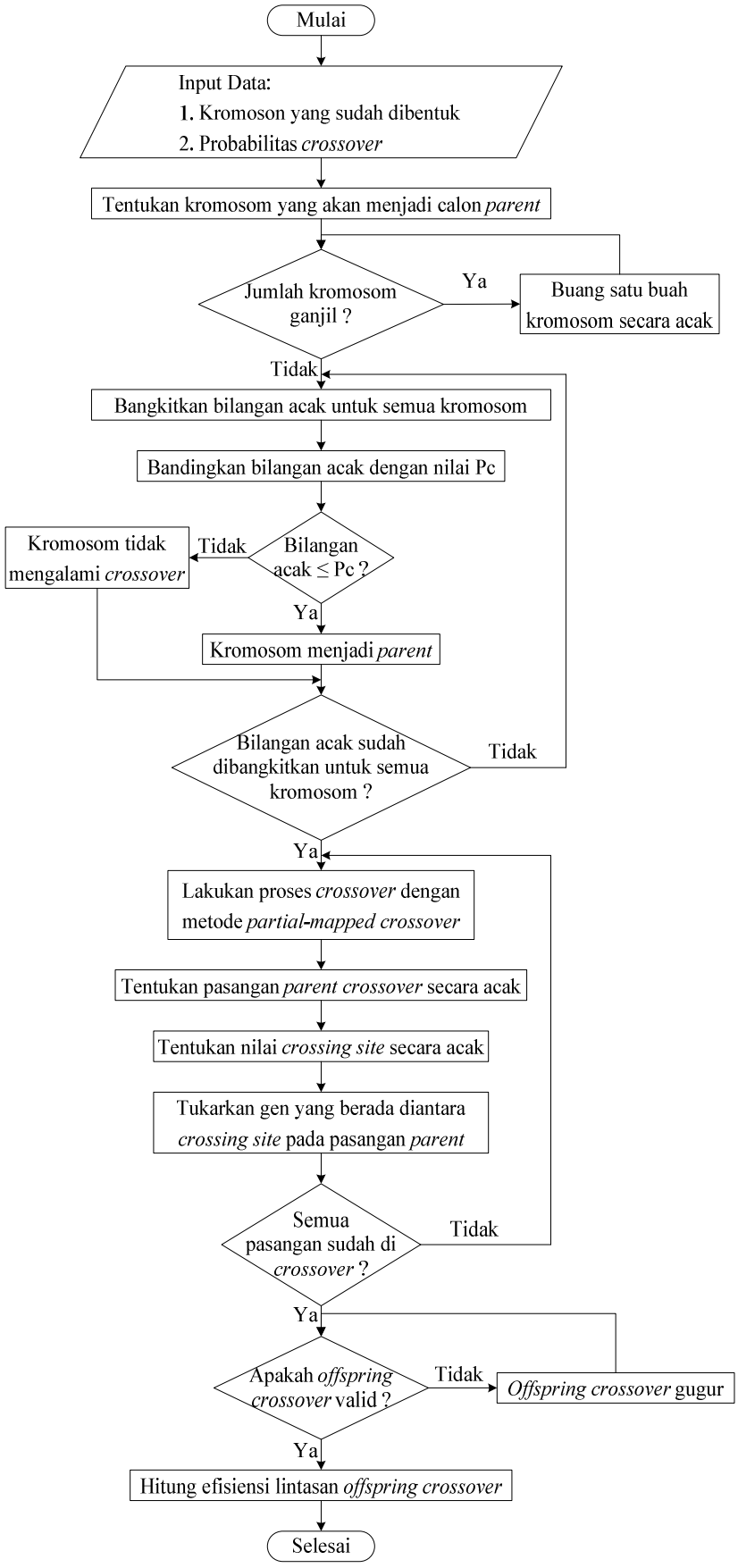
Gambar 2. Langkah-langkah Proses *Decoding*

Tujuan dari proses ini adalah untuk memperoleh data yang diperlukan dalam melakukan validasi terhadap kromosom-kromosom yang dihasilkan dan mendapat efisiensi lintasan yang dirumuskan sebagai berikut:

$$EL = \frac{\sum_{i=1}^{k} STi}{k \,.CT} \text{ x } 100\%$$

Dimana :
EL = efisiensi lintasan
ST*i* = Waktu stasiun kerja dari ke-i
K = Jumlah stasiun kerja
CT = Waktu siklus

e. Melakukan *crossover*
Proses *crossover* merupakan salah satu cara evolusi atau pembentukan populasi baru. Calon kromosom induk (*parent*) merupakan semua kromosom yang terbentuk pada populasi awal maupun dari hasil seleksi. Dalam proses *crossover* dua buah kromosom induk (*parent*) dikombinasikan untuk memperoleh dua kromosom anak (*offspring*). Dalam penelitian kali ini, penulis menggunakan metode *partial-mapped crossover*. Adapun langkah-langkah yang dilakukan dalam proses *crossover* dapat dilihat pada Gambar 3 berikut ini:

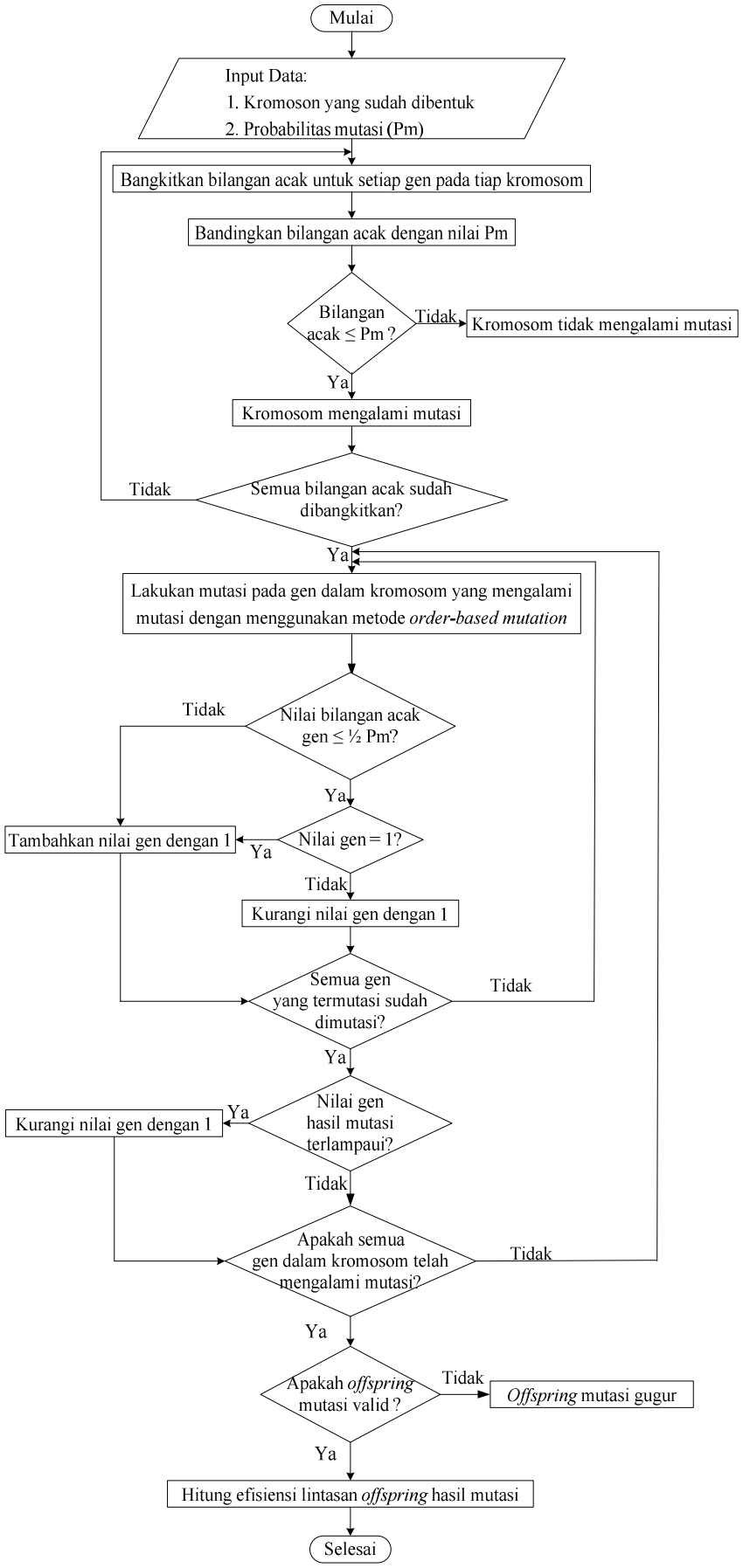


Gambar 3. Langkah-langkah Proses *Crossover*

- Mempersiapkan kromosom awal yang telah dibentuk pada saat *encoding* serta menentukan nilai probabilitas *crossover* untuk setiap kromosom yang ada.
- Menentukan kromosom yang menjadi generasi pertama, namun pada generasi selanjutnya kromosom merupakan hasil dari populasi hasil seleksi.
- Buat bilangan random pada semua kromosom yang terbentuk. Bilangan random harus lebih kecil atau sama dengan probabilistik *crossover*.
- Jika jumlah kromosom dengan bilangan random lebih kecil dari nilai probabilistik *crossover* ganjil, maka buang satu kromosom secara acak.
- Kawin silangkan kromosom secara acak dengan menggunakan metode *partial-mapped crossover*.
- Tentukan nilai *crossing site* secara acak pada setiap pasangan calon *parent crossover*, dimana nilai bilangan acak adalah antara 1 sampai n.
- Tukar gen-gen yang berada diantara *crossing site* pada setiap pasangan *parent*.
- Periksa semua kromosom pasangan parent sudah mengalami *crossover*, kemudian periksa lagi apakah hasil *crossover* valid. Hasil valid jika waktu proses total setiap stasiun kerja kurang dari stasiun kerja dan semua elemen kerja dalam satu stasiun kerja menggunakan jenis mesin yang sama. Setelah itu hitung kembali efisiensi lintasannya.

f. *Decoding* semua kromosom hasil *crossover*
Proses *decoding* atau perhitungan nilai suaian dilakukan setiap kromosom yang baru terbentuk, baik pada hasil inisialisasi populasi awal maupun dari hasil proses evolusi (mutasi dan *crossover*). Hasil dari *decoding* kromosom yang telah di *crossover* adalah *offspring crossover*. Langkah-langkah *decoding*nya sama dengan *decoding* hasil inisialisasi populasi awal yang di atas.

g. Melakukan mutasi
Proses evolusi selain *crossover* adalah *mutasi*. Pada proses ini *offspring* dihasilkan tanpa menggabungkan kromosom. Sedangkan calon *parent* diperoleh dari populasi awal dan *offspring* hasil *crossover*. Dalam penelitian kali ini, penulis menggunakan metode *order-based mutation* untuk melakukan proses mutasi. Langkah-langkah untuk melakukan mutasi dapat dilihat pada Gambar 4.
   - Mempersiapkan data-data berupa semua kromosom yang sudah dibentuk pada tahap-tahap sebelumnya dan menentukan nilai probabilitas mutasi (Pm), kemudian buat bilangan random antara 0-1 pada tiap gen untuk kromosom yang terbentuk.
   - Bandingkan bilangan random dengan nilai probabilitas mutasi, bilangan random harus lebih kecil atau sama dengan nilai probabilitas mutasi, sehingga bisa dilakukan mutasi.
   - Lakukan proses mutasi pada semua kromosom dalam populasi yang dapat mengalami proses mutasi. Penulis menggunakan metode *order based mutation* untuk melakukan mutasi.
   - Periksa apakah kromosom hasil mutasi valid, jika ya, maka kromosom hasil mutasi dapat masuk menjadi anggota populasi yang baru sedangkan jika tidak , maka kromosom hasil mutasi akan gugur.
   - Suatu *offspring* mutasi kromosom dikatakan valid, jika waktu proses total setiap stasiun kerja ≤ waktu siklus dan semua elemen kerja dalam satu stasiun kerja menggunakan jenis mesin yang sama.
   - Lakukan perhitungan efisiensi lintasan (proses *decoding*) untuk mengetahui nilai suaian setiap kromosom baru yang dihasilkan dari proses mutasi.
   - Setelah diperoleh kromosom-kromosom baru hasil proses mutasi (*offspring*), maka proses mutasi selesai.



Gambar 4. Langkah-langkah Proses Mutasi

h. *Decoding* semua kromosom hasil mutasi
Proses *decoding* atau perhitungan nilai suaian dilakukan setiap kromosom yang baru terbentuk, baik pada hasil inisialisasi populasi awal maupun dari hasil proses evolusi (mutasi dan *crossover*). Hasil dari *decoding* kromosom yang telah dimutasi adalah *offspring* mutasi. Langkah-langkah *decoding*nya sama dengan *decoding* hasil inisialisasi populasi awal yang diatas.

i. Melakukan seleksi kromosom
- Sebelum melakukan proses seleksi adalah mempersiapkan semua kromosom-kromosom yang sudah dibentuk pada tahap-tahap sebelumnya, serta nilai ukuran populasi. Selanjutnya kumpulkan kromosom awal, kromosom offspring, dan kromosom offspring mutasi, setelah itu urutkan berdasarkan nilai efisiensi lintasan total mulai dari yang terbesar sampai terkecil.
- Kemudian pilih kromosom yang akan menjadi populasi baru dari urutan terbesar sampai terkecil sesuai urutan sebelumnya, jika benar maka proses selesai dan terbentuk populasi baru.

j. Melakukan pemeriksaan jumlah generasi baru sama dengan jumlah generasi awal dengan ketentuan sebagai berikut:
Jika jumlah generasi baru sama dengan generasi awal, maka perhitungan *Genetic Algorithm* selesai, kemudian pilih kromosom dengan nilai suaian terbaik. Jika tidak, maka bentuk populasi baru dari hasil seleksi sebanyak sesuai dengan jumlah kromosom yang telah ditentukan diawal, kemudian kembali melakukan *crossover* hingga tahap akhir seleksi.
Karena algoritma genetika merupakan metode *metaheuristic* yang menghasilkan solusi yang sangat banyak, maka untuk memudahkan pengerjaannya digunakan *software* yang berguna untuk membantu mempersingkat waktu pengerjaan dari algoritma genetika pada kasus yang diteliti ini.

3. Pembahasan

Keseluruhan perhitungan dengan langkah-langkah *Genetic Algorithm (encoding, decoding, crossover,* mutasi, dan seleksi) yang digunakan dalam penelitian ini tidak dapat dibahas secara mendalam. Hal ini disebabkan karena langkah tersebut telah dimasukkan dalam bahasa pemograman *software* yang digunakan untuk membantu dalam proses komputasi sehingga dapat langsung diperoleh hasilnya.

Pengelompokan operasi ke dalam stasiun kerja dan perhitungan efisiensi lintasan stasiun kerja dengan metode RPW ditunjukkan dalam Tabel 1, sedangkan untuk metode RA diperlihatkan dalam Tabel 2, dan untuk metode *Genetic Algorithm* dalam Tabel 3.

Dari Tabel 1 hingga Tabel 3, terlihat bahwa waktu stasiun kerja terbesar untuk ketiga metode sama, yaitu sebesar 177,60 detik. Dengan demikian kapasitas produksi yang dapat dihasilkan dari penerapan ketiga metode tersebut sama, yaitu sebesar:

$$\text{Kapasitas Produksi} = \frac{\text{Waktu Kerja Tersedia}}{\text{Waktu Stasiun Kerja Terbesar}}$$

$$\text{Kapasitas Produksi} = \frac{45 \times 3600}{177{,}60} = 912{,}16 \approx 912 \text{ unit}$$

Tabel 1. Perhitungan Efisiensi Lintasan Rata-rata Metode RPW

Stasiun Kerja	Mesin	Operasi	Waktu Operasi(detik)	Kumulatif Waktu Operasi Stasiun Kerja (detik)	Efisiensi Stasiun Kerja
1	Mesin Overdeck	18	55.23	55.23	62.18%
		6	55.20	110.43	
2	Mesin Jahit	17	27.69	27.69	93.11%
		19	48.00	75.69	
		5	27.84	103.52	
		14	45.44	148.97	
		16	16.40	165.37	
3	Manual	13	21.19	21.19	23.89%
		1	21.23	42.43	
4	Mesin Jahit	20	47.85	47.85	97.77%
		7	47.76	95.61	
		15	32.85	128.47	
		2	45.17	173.64	
5	Mesin Obras	21	20.05	20.05	49.58%
		22	23.94	43.99	
		9	20.25	64.23	
		10	23.82	88.05	
6	Mesin Jahit	8	48.86	48.86	55.06%
		4	16.35	65.22	
		3	32.57	97.78	
7	Mesin Overdeck	23	18.96	18.96	21.20%
		11	18.70	37.65	
8	Mesin Jahit	24	64.22	64.22	73.11%
		12	65.63	129.85	
9	Mesin Jahit	25	55.30	55.30	77.22%
		26	81.84	137.14	
10	Mesin Steam	28	24.56	24.56	13.83%
11	Mesin Jahit	29	10.28	10.28	53.21%
		27	84.22	94.50	
12	Mesin Pelubang Kancing	30	11.38	11.38	6.41%
13	Mesin Pemasang Kancing	31	10.10	10.10	5.69%
14	Mesin Jahit	32	57.92	57.92	58.91%
		33	46.70	104.62	
15	Mesin Permak	34	157.96	157.96	88.94%
16	Mesin Bartek	35	177.60	177.60	100.00%
17	Inspeksi	36	69.98	69.98	39.40%
					54.09%

Tabel 2. Perhitungan Efisiensi Lintasan Rata-rata Metode *Region Approach*

Stasiun Kerja	Mesin	Operasi	Waktu Operasi(detik)	Kumulatif Waktu Operasi Stasiun Kerja (detik)	Efisiensi Stasiun Kerja
1	Mesin Overdeck	18	55.23	55.23	62.18%
		6	55.20	110.43	
2	Mesin Jahit	17	27.69	27.69	94.47%
		19	48.00	75.69	
		5	27.84	103.52	
		20	47.85	151.38	
		16	16.40	167.77	
3	Manual	13	21.19	21.19	23.89%
		1	21.23	42.43	
4	Mesin Jahit	7	47.76	47.76	96.42%
		14	45.44	93.21	
		2	45.17	138.38	
		15	32.85	171.23	
5	Mesin Obras	22	23.94	23.94	49.58%
		10	23.82	47.76	
		9	20.25	68.00	
		21	20.05	88.05	
6	Mesin Jahit	8	48.86	48.86	55.06%
		4	16.35	65.22	
		3	32.57	97.78	
7	Mesin Steam	28	24.56	24.56	13.83%
8	Mesin Overdeck	23	18.96	18.96	21.20%
		11	18.70	37.65	
9	Mesin Jahit	29	10.28	10.28	73.88%
		12	65.63	75.91	
		24	64.22	131.21	
10	Mesin Pelubang Kancing	30	11.38	11.38	6.41%
11	Mesin Pemasang Kancing	31	10.10	10.10	5.69%
12	Mesin Jahit	26	81.84	81.84	77.22%
		25	55.30	137.14	
13	Mesin Jahit	27	84.22	84.22	80.03%
		32	57.92	142.14	
14	Mesin Jahit	33	46.70	46.70	26.30%
15	Mesin Permak	34	157.96	157.96	88.94%
16	Mesin Bartek	35	177.60	177.60	100.00%
17	Manual	36	69.98	69.98	39.40%
Efisiensi Stasiun Kerja Rata-rata					54,09%

Tabel 3. Perhitungan Efisiensi Lintasan Rata-rata Metode *Genetic Algorithm*

Stasiun Kerja	Mesin	Operasi	Waktu Operasi(detik)	Kumulatif Waktu Operasi Stasiun Kerja (detik)	Efisiensi Stasiun
1	Mesin Overdeck	6	55.23	55.23	62.18%
		18	55.20	110.43	
2	Mesin Jahit	4	16.35	16.35	76.60%
		5	27.84	44.19	
		7	47.76	91.95	
		16	16.40	108.35	
		17	27.69	136.04	
3	Mesin Steam	28	24.56	24.56	13.83%
4	Manual	1	21.23	21.23	23.89%
		13	21.19	42.43	
5	Mesin Jahit	8	48.86	48.86	98.63%
		14	45.44	94.31	
		15	32.85	127.16	
		19	48.00	175.16	
6	Mesin Jahit	2	45.17	45.17	76.50%
		3	32.57	77.74	
		20	47.85	125.59	
		29	10.28	135.87	
7	Mesin Obras	9	20.25	20.25	49.58%
		10	23.82	44.06	
		21	20.05	64.11	
		22	23.94	88.05	
8	Mesin Overdeck	11	18.70	18.70	21.20%
		23	18.96	37.65	
9	Mesin Pelubang Kancing	30	11.38	11.38	6.41%
10	Mesin Pemasang Kancing	31	10.10	10.10	5.69%
11	Mesin Jahit	24	64.22	64.22	99.91%
		25	55.30	119.52	
		32	57.92	177.43	
12	Mesin Jahit	12	65.63	65.63	83.04%
		26	81.84	147.47	
13	Mesin Jahit	27	84.22	84.22	73.72%
		33	46.70	130.92	
14	Mesin Permak	34	157.96	157.96	88.94%
15	Mesin Bartek	35	177.60	177.60	100.00%
16	Manual	36	69.98	69.98	39.40%
Efisiensi Stasiun Kerja Rata-rata					57.47%

Ringkasan hasil perhitungan efisiensi lintasan, jumlah stasiun kerja dan kapasitas produksi dengan metode RPW, Region, dan *Genetic Algorithm* ditunjukkan dalam Tabel 4:

Tabel 4 Perbandingan Efisiensi dan Kapasitas Produksi Lintasan

Ukuran Performansi	RPW	RA	GA
Efisiensi Lintasan	54,09%	54,09%	57,47%
Jumlah Stasiun Kerja	17 buah	17 buah	16 buah
Kapasitas Produksi	912 unit	912 unit	912 unit

Dari Tabel 4, terlihat bahwa nilai efisiensi lintasan terbesar dihasilkan dari penerapan metode *Genetic Algorithm*, yaitu sebesar 57,47%. Selain itu, jumlah stasiun kerja yang terbentuk dari metode ini adalah 16 stasiun kerja, lebih sedikit 1 stasiun kerja dibandingkan dengan metode RPW dan *Region.* Sedangkan untuk kapasitas produksi sama untuk ketiga metode yaitu, 912 unit per minggu Dengan demikian metode yang diusulkan untuk diterapkan oleh perusahaan adalah metode *Genetic Algorithm*.

Perbandingan ukuran performansi yang diterapkan perusahaan dengan metode yang diusulkan (*Genetic Algorithm*) dapat dilihat dalam Tabel 5:

Tabel 5 Perbandingan Ukuran Performansi Lintasan

Ukuran Performansi	Metode perusahaan	*Genetic Algorithm*
Efisiensi Lintasan	37%	57,47%
Jumlah Stasiun Kerja	19 buah	16 buah
Kapasitas Produksi	699 unit	912 unit

Dari Tabel 5 terlihat bahwa dengan penerapan metode GA terjadi peningkatan efisiensi lintasan sebesar 20,47%, penghematan jumlah stasiun kerja sebanyak 3 buah, dan peningkatan kapasitas produksi sebesar 213 unit/minggu. Dengan demikian target produksi yang diinginkan oleh perusahaan sebesar 900 unit/minggu dapat tercapai, bahkan melampaui 12 unit.

4. Kesimpulan dan Saran

4.1 Kesimpulan

Berdasarkan hasil pengumpulan data, pengolahan data dan analisis, maka dapat ditarik beberapa kesimpulan sebagai berikut:

a. Kekurangan dari lintasan produksi yang diterapkan oleh perusahaan saat ini adalah efisiensi lintasan yang cukup rendah, yaitu sebesar 37%. Disamping itu, jumlah stasiun kerja yang dibutuhkan cukup banyak, yaitu sebanyak 19 stasiun kerja dan kapasitas produksi yang dihasilkan oleh perusahaan hanya sebesar 699 unit/minggu. Akibatnya target produksi yang ditetapkan oleh perusahaan tidak dapat tercapai.
b. Metode *Genetic Algorithm*, Region Approach, dan Positional Weight berturut-turut menghasilkan efisiensi lintasan sebesar 57,47%, 53,79%, dan 52,59%; jumlah stasiun kerja yang dibutuhkan sebesar 16, 17, dan 17 stasiun kerja; kapasitas produksi yang dihasilkan oleh ketiga metode adalah sama, yaitu sebesar 912 unit/minggu. Oleh karena itu, metode yang sebaiknya diterapkan oleh perusahaan adalah metode Genetik Algoritma, karena dibandingkan 2 alternatif metode penyeimbangan lainnya, metode *Genetic Algorithm* memiliki ukuran performansi yang paling baik.
c. Manfaat penerapan metode *Genetic Algorithm* bagi perusahaan adalah:
    - Peningkatan efisiensi lintasan sebesar 20,47%
    - Pengurangan jumlah stasiun kerja sebanyak 3 stasiun kerja
    - Peningkatan kapasitas produksi sebanyak 213 unit. Dengan peningkatan tersebut, maka target produksi perusahaan dapat tercapai, bahkan melampaui sebanyak 12 unit.

4.2 Saran

Penerapan metode *Genetic Algorithm* menghasilkan kelebihan produksi sebanyak 12 unit. Untuk itu, sebaiknya perusahaan melakukan usaha pemasaran yang lebih giat agar dapat meningkatkan penjualan.

Untuk penelitian berikutnya, penulis menyarankan untuk menerapkan metode *Genetic Algorithm* pada lintasan produksi produk lain yang memiliki masalah yang sama dan bersifat *mass production*.

5. Daftar Pustaka

Baroto, T. (2002), "*Perencanaan dan Pengendalian Produksi*", Penerbit Ghalia Indonesia.

Elsayed A. and Boucher, Thomas O, (1985), "*Analysis And Control Of Production System*", Prentice-Hall, New Jersey.

Gen, M. and Runwei Cheng (1997), "*Genetic Algorithm & Enginering Design*", John Wiley and Sons, New York.

Mitchell, M. (2002), "*An Introduction to Genetic Algorithms*", Prentice-Hall of India.

Narasimhan, S.L., McLeavey, D. W., Billington, P. (1995), "*Production Planning and Inventory Control"*, Prentice Hall, United States of America.

Obitko, M. (1998), *web: http://www.obitko.com/tutorials/genetic-algorithms/index.php*

Sutalaksana, I. Z., Anggawisastra, R., Tjakaraatmadja, J. H. (1979), "*Teknik Tata Cara Kerja"*, Jurusan Teknik Industri Institut Teknologi Bandung, Bandung.

Nama Mitra Bestari Sebagai Penyunting Ahli
Jurnal Integra, Volume 4, Nomor 2, Desember 2014

Penerbitan Jurnal Integra Volume 4, Nomor 2, Desember 2014 dibantu oleh para mitra bestari sebagai penyunting ahli yaitu:

1. **Agoes G. Rahyuda, Ph.D.**
   Fakultas Ekonomi dan Bisnis, Universitas Udayana, Denpasar, Bali – Indonesia
2. **Merry Siska, S.T., M.T.**
   Jurusan Teknik Industri, Fakultas Sains dan Teknologi, Universitas Islam Negeri Sultan Syarif Kasim, Riau - Indonesia
3. **Ratna Sari Dewi, S.T., M.T.**
   Jurusan Teknik Industri, Fakultas Teknologi Industri, Institut Teknologi Sepuluh Nopember, Surabaya - Indonesia
4. **Teguh Oktiarso, S.T., M.T.**
   Program Studi Teknik Industri, Fakultas Sains dan Teknologi, Universitas Ma Chung, Malang - Indonesia
5. **Prof. Dr. Marcelia Susan, S.E., M.T.**
   Fakultas Ekonomi, Universitas Kristen Maranatha, Bandung – Indonesia
6. **Christina Wirawan, S.T., M.T.**
   Jurusan Teknik Industri, Fakultas Teknik, Universitas Kristen Maranatha, Bandung – Indonesia
7. **Jimmy Gozaly, S.T., M.T.**
   Jurusan Teknik Industri, Fakultas Teknik, Universitas Kristen Maranatha, Bandung – Indonesia
8. **Ir. Rudy Wawolumaja, M.Sc.**
   Jurusan Teknik Industri, Fakultas Teknik, Universitas Kristen Maranatha, Bandung – Indonesia
9. **Yulianti, S.T., M.T.**
   Jurusan Teknik Industri, Fakultas Teknik, Universitas Kristen Maranatha, Bandung – Indonesia

Redaksi Jurnal Integra menyampaikan penghargaan setinggi-tingginya dan terima kasih sebesar-besarnya kepada para mitra bestari atas bantuan yang diberikan.