



Penerapan Algoritma Gentika pada Masalah Penugasan Maklon di Industri Garmen

Fadil Abdullah^a, Nurmalinda Rahwamati^b, Valentinus Galih Vidia Putra^c

^aTeknik Industri, Fakultas Rekayasa Industri, Universitas Telkom, email : fadilabdullah1880@gmail.com

^bManajemen, Universitas Bakrie, email : malindanur16@gmail.com

^cTeknik Tekstil, Politeknik STTT Bandung, email : galih_vidia@yahoo.com

Submitted: 29-08-2022, Reviewed: 13-10-2022, Accepted 26-11-2022
<http://doi.org/10.22216/jsi.v9i1.1522>

Abstrak

Penelitian ini bertujuan untuk mencari urutan penjadwalan biaya minimum pada proses manufaktur di industri garmen menggunakan algoritma genetika. Metode dalam penelitian ini didasarkan pada eksperimen dengan menggunakan data primer. Data yang diperoleh terdiri dari 7 urutan pabrik dan 7 jenis produk beserta biaya produksinya yang telah dipilih berdasarkan produk dengan penjualan tertinggi dari perusahaan. Penelitian ini memiliki batasan standar yaitu setiap pabrik hanya memproduksi satu jenis produk. Data tersebut kemudian dibangkitkan menggunakan algoritma genetika dengan 3 variasi jumlah iterasi yang berbeda untuk mencari urutan penjadwalan yang memiliki biaya paling kecil. Hasil penelitian diperoleh kromosom [2, 6, 3, 1, 5, 7, 4] sebagai kromosom terbaik dengan nilai fitness 3743 setelah 100 iterasi. Kromosom [2, 6, 3, 1, 5, 7, 4] juga menyediakan urutan penjadwalan yang diusulkan dari setiap pabrik untuk berbagai jenis produk dan memiliki biaya paling rendah. Studi ini menyimpulkan bahwa metode Algoritma Genetika berhasil digunakan dalam kasus penugasan tol di industri garmen. Kebaruan dari penelitian ini adalah bahwa ini adalah pertama kalinya Algoritma Genetika digunakan untuk menganalisis kasus penugasan maklon di industri garmen. Penerapan keilmuan dari studi ini adalah hasil riset ini dapat digunakan oleh praktisi untuk dapat mengambil keputusan yang tepat dalam industri tekstil

Kata Kunci: Sistem Informasi, Masalah penugasan, Algoritma Genetika, maklon, Industri garmen

Abstract

This study aims to find the minimum cost sequence of scheduling in the manufacturing process in the garment industry using genetic algorithms. The method in this research is based on experiments using primary data. The data obtained consists of 7 factory sequences and 7 types of products along with their production costs that have been selected based on the products with the highest sales from the company. This research has a standard limitation in that each factory only produces one type of product. The data is then generated using genetic algorithm with 3 variations on the number of different iterations to find the scheduling sequence that has the least cost. The results obtained chromosome [2, 6, 3, 1, 5, 7, 4] as the best chromosome with a fitness value of 3743 after 100 iterations. Chromosome [2, 6, 3, 1, 5, 7, 4] also provides a proposed scheduling sequence from each factory for different types of products and has the least cost. The study concludes that the Genetic Algorithm method was used successfully in the case of tolling assignments in the garment industry. The novelty of this study is that it is the first time that a Genetic Algorithm has been used to analyze cases assignments in the garment industry. The scientific application of this study is that the research findings can be used by practitioners to make good decisions in the textile industry.

Keyword : Assignment Problem, Genetic Algorithm, maklon, garment industry

© 2023 Jurnal Sains dan Informatika

1. Pendahuluan

Perilaku komersial bisnis selalu berorientasi pada keuntungan maksimal. Upaya yang dapat dilakukan untuk mencapai keuntungan tersebut yaitu dengan cara memanfaatkan semua potensi atau sumber daya untuk menciptakan dan meningkatkan utilitas barang dan jasa. Dalam rangka mengatur kegiatan tersebut, perlu diambil keputusan yang berkaitan dengan upaya pencapaian tujuan agar barang dan jasa yang dihasilkan sesuai dengan rencana. Efisiensi diperlukan di semua bidang

untuk mencapai rencana tersebut, hal ini juga berlaku pada bisnis maklon untuk melakukan proses produksi di industri garmen.

Produksi merupakan kegiatan yang cukup penting pada suatu perusahaan. Ketika proses produksi berhenti maka kegiatan lainnya dalam industri juga akan berhenti. Sebuah permasalahan perkembangan bisnis pada industri tersebut akan muncul salah satunya untuk menemukan biaya paling minimal dari suatu penugasan untuk melakukan proses produksi.

Penerapan saran dan solusi pada dunia bisnis telah melakukan perubahan yang *agile* terhadap perkembangan zaman dan digitalisasi teknologi. Penerapan solusi yang diberikan oleh teknologi menampilkan visualisasi saran dan solusi berdasarkan data yang tersaji. Dalam hal ini telah dilakukan penyempurnaan sistem integrasi dan teknologi untuk memberikan informasi dan saran terhadap penyaluran tenaga kerja sesuai dengan beberapa kriteria yang menjadi parameternya. Penerapan sistem pakar telah dilakukan oleh [1] mengenai sistem integrasi informasi perihal penjaringan informasi kerja dan lowongan kerja untuk lulus sma. dimana hasil dari penelitian tersebut adalah sistem dapat merekomendasikan tipe pekerjaan menurut enam jenis kepribadian dan keahlian pada bidang vokasi. Masalah Penugasan (*Assignment Problem*) merupakan masalah pengalokasian sejumlah m pekerja ditugaskan pada sejumlah n pekerjaan [2]. Beberapa variabel yang mempengaruhi seperti besaran ongkos produksi, besaran biaya operasional, pemeliharaan mesin, biaya tenaga kerja hingga biaya logistik. Pemilihan meliputi alat, mesin, sumber daya manusia atau pabrik merupakan penentuan dalam menemukan biaya paling minimal untuk masalah penugasan sehingga beberapa variabel tersebut dipilih berdasarkan pilihan yang paling tepat. Masalah penugasan ini memiliki beberapa pilihan solusi yang menjadi jalan keluar untuk menemukan biaya paling minimal dalam penugasan. Dalam menemukan solusi itu banyak cara yang digunakan salah satunya dengan *linear programming*, perhitungan sederhana hingga penerapan algoritma genetika. Proses menemukan solusi pada penerapan *linear programming* membutuhkan waktu yang lama dalam menemukan suatu fungsi yang tepat hingga melakukan penerapan dalam pemecahan masalah. Untuk mengatasi kasus demikian dapat digunakan *metode heuristik*, yaitu suatu metode pencarian yang didasarkan atas intuisi atau aturan-aturan empiris untuk memperoleh solusi yang lebih baik daripada solusi yang telah dicapai sebelumnya[3]. Algoritma Genetika merupakan salah satu *metode heuristik* yang merupakan cabang dari algoritma evolusi, yaitu suatu teknik untuk memecahkan masalah-masalah optimisasi yang rumit dengan menirukan proses evolusi makhluk hidup[4]. Solusi yang merupakan kombinasi dari pilihan variabel solusi dilakukan analisis secara komperhensif dengan waktu iterasi yang relatif singkat jika dibandingkan dengan metode *linear programming*.

Berdasarkan pengamatan permasalahan penugasan maklon pada industri garmen mengenai pembagian order pada setiap pabrik untuk menemukan urutan order yang diampu dan masing-masing jenis order dengan biaya paling minimal. Algoritma genetika menekankan pada pilihan solusi *random* yang dapat dilakukan dengan beberapa kali iterasi. Pilihan *random* tersebut merupakan pilihan solusi dengan persamaan matematis sebagai berikut :

$$solusi = variabel\ solusi\ n!$$

Jika masalah penugasan memiliki jangkauan yang sangat besar maka untuk menemukan hasil dari suatu urutan solusi membutuhkan waktu yang lama. Pada prinsipnya *assignment problem* yang diterapkan dalam algoritma genetika memuat fungsi matematis yang mengdeskripsikan kebutuhan atau tujuan dari penerapannya. Dalam contoh kasus ini adalah meminimumkan biaya operasional perusahaan dengan mengurutkan pabrik yang memproduksi jenis produk sehingga memperoleh urutan order dengan biaya paling minimal. Persamaan berikut menjelaskan tentang fungsi matematis sebagai fungsi objektif untuk mencari biaya paling minimal.

$$C = \sum_{j=1}^j \sum_{i=1}^i [F_j]U_i \tag{1}$$

Dimana C sebagai *cost*, F_j sebagai pabrik ke j dan J_i sebagai produk ke i . sehingga untuk mencari fungsi objektif dari urutan *cost* pada setiap pabrik untuk setiap produk adalah :

$$f(x) = \min C \tag{2}$$

Sehingga Persamaanya menjadi :

$$f(x) = \min \sum_{j=1}^j \sum_{i=1}^i [F_j]U_i \tag{3}$$

Penerapan algoritma genetika dalam *assignment problem* memudahkan proses pemilihan solusi berdasarkan proses komputasi yang relatif singkat dengan fungsi-fungsi yang termasuk kedalamnya.

2. Tinjauan Pustaka

2.1 Maklon

Industri Garmen merupakan salah satu industri yang dibutuhkan masyarakat dalam dunia sandang dengan perkembangan yang sangat masif [5]. Proses produksi industri garmen sering mengalami permasalahan mengenai bahan baku kain, tenaga kerja sampai kepada proses produksi dan kuantitas produksi. Pada industri garmen sistem maklon atau pihak ketiga dalam proses produksi sering digunakan untuk melakukan proses produksi dengan kuantitas produk yang besar. Maklon adalah pinjaman istilah dari bahasa Belanda. Istilah lain yang umum dipakai adalah CMT (*Cut Make Trim*)[6]. Maklon sendiri menyediakan berbagai fasilitas dan layanan pihak ketiga dalam melakukan proses produksi. Diantaranya adalah proses produksi berupa mesin utama produksi, desain hingga pengemasan. Perusahaan yang memiliki konsep maklon, yaitu membuat suatu produk

dengan menggunakan merek dagang perusahaan lain yang melakukan subkontrak [7].

Pada industri garmen proses maklon sendiri memiliki sistem *include* layanan diantaranya yaitu proses desain, produksi hingga pengemasan. Kualitas produksi hingga distribusi merupakan tanggung jawab perusahaan yang menerapkan sistem maklon. Namun perusahaan yang melakukan perjanjian maklon dengan beberapa perusahaan untuk proses produksi harus memastikan perusahaan yang dapat menerima order dengan ketentuan yang diinginkan. Tentunya proses seleksi ini harus mempertimbangkan aspek biaya hingga kualitas. Urutan biaya produksi hingga distribusi proses maklon menjadi pertimbangan dan penerapan harga pada setiap produknya. Aspek biaya ini merupakan permasalahan proses maklon pada industri garmen yang sangat penting dalam melihat aspek penugasan perusahaan yang memiliki tujuan mendapatkan *cost* yang minimum dari proses produksi dengan sistem maklon sendiri.

2.2 Assignment Problem

Masalah penugasan adalah masalah yang hanya mempunyai satu tujuan optimasi, yaitu memaksimalkan atau meminimalkan suatu sumber daya (pendapatan, biaya, jarak atau waktu) yang digunakan untuk menyelesaikan tugas [8]. Pada masalah penugasan ini memiliki tujuan untuk mengoptimalkan penggunaan sumber daya sehingga suatu aktivitas dapat dilakukan dengan sumber daya yang efektif dan biaya yang minimum. Penggunaan tenaga kerja, mesin, bahan baku yang berhubungan dengan penugasan serta sumber pendanaan dilakukan kombinasi sehingga menemukan solusi yang optimal dari suatu aktivitas kasus tersebut. Manajemen harus menyadari permasalahan dan solusi yang bijaksana untuk mengumpulkan informasi dan menyelesaikannya berdasarkan data dan tidak bias dalam pengambilan serta membuat suatu keputusan. Permasalahan ini menguraikan sumber daya (i) berjumlah (n) unit untuk dialokasikan ke tugas (j) berjumlah (m) tipe tugas. Dimana setiap i akan dialokasikan hanya pada satu tugas saja. Sehingga nilai n tidak lebih kecil dari nilai m, atau $n \geq m$ [9].

2.4 Metode Metaheuristik

Dalam implementasi untuk memecahkan suatu permasalahan mengenai optimasi yang sulit untuk dipecahkan menggunakan persamaan optimasi pasti, maka dibuat suatu algoritma perkiraan untuk menyederhanakan dan meringkas metode berfikir dalam memecahkan permasalahan tersebut. Metode berfikir ini dibagi menjadi dua yaitu *metaheuristik* dan *heuristic* [9]. *Meta* mempunyai arti dalam bahasa Yunani adalah level atas. Sementara *heuristic* merupakan arti dalam Bahasa Yunani seni dalam mencari strategi baru.

Metaheuristik adalah prosedur tingkat tinggi untuk memilih aturan dengan tingkat yang lebih rendah dalam memberikan solusi yang cukup baik untuk masalah optimasi [10]. Lebih lanjut talbi mengemukakan bahwa *metaheuristik* adalah metode *advance* berbasis *heuristic* untuk menyelesaikan persoalan optimasi secara efisien [11]. Banyak sekali pendekatan yang masuk kategori *metaheuristik* seperti *Simulated Annealing* (SA), *Tabu Search* (TS), Algoritma Genetika, *Particle Swarm Optimization* (PSO), *Ant Colony Optimization* (ACO) dan *Harmony Search*. Penelitian ini berfokus pada penggunaan algoritma genetika untuk memecahkan permasalahan penugasan order pada proses maklon di industri garmen.

2.5 Algoritma Genetika

Genetic Algorithm (GA) atau Algoritma Genetika merupakan metode *metaheuristic* yang terinspirasi dari proses seleksi natural [12]. GA merupakan penerapan langkah berfikir sistematis dalam memecahkan masalah yang terinspirasi teori evolusi Darwin. Proses umumnya GA terdiri dari proses umum evolusi yaitu *selection*, *crossover* dan *mutation* [13]. Dalam proses *selection* GA mempunyai tujuan untuk memilih individu dengan nilai terbaik yang akan melakukan proses selanjutnya yaitu *crossover*. Sementara proses *crossover* merupakan proses perpindahan antar gen dari dua individu terbaik setelah proses *selection* dan menghasilkan *children*. Proses selanjutnya adalah proses mutasi. Proses mutasi merupakan proses dimana urutan gen yang terdapat pada individu dilakukan pertukaran ulang gen individu itu sendiri untuk mendapatkan individu yang baru.

Output terbaik dari proses evolusi adalah menghasilkan individu yang baik atau dengan sebutan *fitness organism* terbaik. Dalam konteks GA, *fitness* disebut dengan *fitness value* [14]. Tujuan dari algoritma genetika adalah mencari *fitness value* dari individu di suatu populasi. Penerapan dalam mencari nilai *fitness value* diaplikasikan dengan berbagai perbedaan permasalahan yang dibahas. Dalam permasalahan *assignment problem* GA mencari individu dengan *fitness value* terendah yang berarti mencari nilai *minimum fitness* untuk permasalahan *assignment problem*. Kelebihan dari menggunakan algoritma genetika ini adalah *fitness value* yang dicari dapat menyelesaikan pada masalah global optimum dimana pada metode geometrik lebih sulit ditemukan atau sering terjebak di lokal optimum [13]. Ada beberapa tahap dalam menggunakan algoritma genetika diantaranya analisis kromosom, *selection*, *crossover* dan mutasi

3. Metodologi Penelitian

Metodologi penelitian yang dilakukan adalah berbasis eksperimen dalam bentuk usulan keputusan penjadwalan order proses makloon industri garmen menggunakan optimasi *metaheuristic* algoritma

Proses ini merupakan proses untuk mengevaluasi setiap populasi dengan menghitung nilai *fitness* setiap kromosom dan mengevaluasinya sampai terpenuhi kriteria yang diinginkan [16]. Fungsi *fitness* sendiri bertujuan untuk mengetahui baik tidaknya solusi yang ada pada suatu individu dan setiap individu pada populasi harus memiliki nilai pembandingnya. Setelah dilakukan inisialisasi kromosom maka setiap kromosom dicari nilai objektifnya dan nilai *fitness*nya. Dalam kasus *assignment problem* ini nilai *fitnees* adalah berbanding lurus dengan nilai objektifnya sehingga :

$$f(x) = ff \tag{6}$$

Sehingga kromosom terbaik adalah kromosom yang memiliki nilai *fitness* terendah. Hal ini merupakan tujuan dari penerapan *assignment problem* untuk mengetahui urutan pabrik dan produk yang akan melakukan kegiatan produksi. Yaitu dengan mencari urutan pabrik dan produk yang akan melakukan kegiatan produksi dengan kriteria biaya yang paling minimal. Selanjutnya kromosom-kromosom yang memiliki nilai *fitnees* terbaik akan dipilih dalam proses seleksi untuk menjadi *parents*. Metode seleksi yang digunakan adalah metode *proportionate selection* jenis *roulette wheel selection*

Metode *proportionate selection* sendiri memiliki dua kategori yaitu: *Roulette Wheel Selection* dan *Stochastic Universal Sampling*. *Roulette shell selection* merupakan metode seleksi yangmana mengukur kemungkinan suatu kromosom menjadi *parents* dengan melihat nilai *fitness*nya. Semakin nilai *fitness*nya minimal persentase untuk menjadi *parents* semakin besar. Kemudian *stochastic universal sampling* merupakan metode kromosom dipetakan ke segmen yang mengandung rangking kromosom dan nilai *fitness*nya [17]. Dalam hal ini untuk mendapatkan jumlah *parents* yang akan dipilih maka terlebih dahulu membangkitkan bilangan *random* dari rentang 0,1 sehingga dipilih pada *case assegment problem* ini dengan bilangan *random* 0,5. Dengan ketentuan sebagai berikut; Membangkitkan bilangan *random* R dengan rentang ([0,1) sebanyak jumlah kromosom pada populasi. Jika total probabilitas ($p(i) < R$) dan ($p(i) + 1 > R$), maka pilih kromosom [n] sebagai kandidat parent [18]. Sehingga didapatkan persamaan untuk probabilitas seleksi berikut

$$p_i = \frac{ff(i)}{\sum_{i=1}^n ff(i)} \tag{7}$$

Dengan p_i sebagai probabilitas kromosom yang akan terpilih menjadi *parents*. ff sebagai nilai *fitness* kromosom dan jumlah ff sebagai jumlah total *fitness* kromosom dalam satu populasi. Seperti diketahui bahwa bilangan (R) *random* adalah 0,5 sehingga apabila: $p(i) < 0,5$ dan $p(i) + 1 > 0,5$ maka dipilih n kromosom.

- *Crossover*

Proses *crossover* merupakan operator dari algorithma genetika yang melibatkan dua induk untuk membentuk kromosom. Proses *crossover* dilakukan pada setiap *parents* yang terpilih. Proses *crossover* sendiri menggunakan metode *uniform crossover* dimana *uniform* ini adalah metode *crossover* acak persilangan gen yang terkandung oleh setiap *parents*. *Crossover uniform* menghasilkan kromosom keturunan dengan menyalin bit-bit secara acak dari kedua orangtuanya (Sinaga, 2009). Contoh dari proses *crossover* ditampilkan dalam Tabel 2 sebagai berikut :

Tabel 2 Contoh proses *crossover*

Parents 1	[0, 6, 2, 3, 5, 1, 4, 7, 0]
Parents 2	[0, 7, 1, 3, 2, 5, 6, 4, 0]
Child	[0, 2, 5, 7, 1, 3, 4, 6, 0]

- Mutasi

Mutasi menciptakan individu baru dengan melakukan modifikasi satu atau lebih gen dalam individu yang sama. Mutasi berfungsi untuk menggantikan gen yang hilang dari populasi selama proses seleksi serta menyediakan gen yang tidak ada dalam populasi awal [3]. Ada beberapa jenis metode mutasi dalam penerapan di algorithma genetika. Dalam penelitian ini metode mutasi yang digunakan adalah jenis *swab mutation*. Pada *mutasi swap*, kita memilih dua posisi pada kromosom secara acak, dan menukar nilai. Ini umum terjadi pada permutasi berbasis *encodings*

Data yang telah dilakukan proses algorithma gentika selanjutnya dipilih berdasarkan nilai *fitness* yang paling optimal sesuai dengan kebutuhan penjadwalan. Hasil akhir proses data dengan genetika algorithma menjadi implementasi suatu usulan dalam melakukan proses penjadwalan proses maklon pada perusahaan.

- Individu Terbaik

Individu terbaik didapatkan dengan kriteria nilai *fitnees* terendah dalam populasi untuk beberapa kali iterasi. Dalam penelitian ini untuk menemukan individu terbaik tersebut dilakukan tiga kali percobaan dengan jumlah iterasi yang berbeda. Percobaan pertama dilakukan iterasi sebanyak 100 kali. Percobaan kedua dilakukan iterasi sebanyak 300 kali dan percobaan ketiga dilakukan sebanyak 500 kali. Adapun jumlah maksimal iterasi dari penelitian ini adalah 5040 yaitu berdasarkan persamaan 1

Variasi solusi = $7! = 5040$ kemungkinan solusi

Setelah didapatkan individu/kromosom terbaik. Langkah selanjutnya adalah memberi usulan penjadwalan produksi dengan skema maklon yang memiliki biaya paling minimal dari urutan pabrik dan produk yang akan dilakukan proses produksi

berdasarkan urutan gen pada kromosom terbaik hasil dari algoritma genetika.

4. Hasil dan Pembahasan

4.1 Data Penelitian

Pada penelitian dilakukan analisis untuk mencari proses maklon industri apparel garmen dalam hal *cost* paling minimal dari suatu kegiatan produksi. Data yang didapatkan berupa 7 perusahaan yang siap melakukan produksi untuk 7 jenis produk yang berbeda. Sebagai perusahaan apparel pemilihan pabrik serta produk yang diproduksi dicari berdasarkan ongkos produksi paling minimal untuk memperoleh *profit* yang semakin besar. Data penelitian yang digunakan seperti yang ditampilkan pada Tabel 1.

4.2 Inisialisasi Populasi

Padapenelitian ini aturan baku dari penjadwalan proses maklon adalah setiap produk hanya dikerjakan oleh satu pabrik saja. Maka berdasarkan data yang didapatkan bahwa Panjang kromosom terdiri dari 7 gen dan setiap gen mengandung nilai (*cost*) diantara urutan pabrik dan produk yang akan melakukan kegiatan produksi. Tabel 3 menampilkan hasil inisialisasi kromosom untuk populasi awal sebanyak 20 kromosom yang dibangkitkan secara *random*.

Inisialisasi Populasi Awal
[[6, 2, 5, 7, 4, 1, 3]
[[1, 4, 6, 7, 2, 5, 3]
[[2, 1, 4, 5, 7, 6, 3]
[[5, 1, 3, 7, 4, 2, 6]
[[1, 5, 7, 4, 2, 6, 3]
[[7, 3, 2, 5, 6, 4, 1]
[[3, 2, 4, 6, 1, 5, 7]
[[2, 1, 4, 6, 3, 5, 7]
[[3, 7, 2, 4, 1, 6, 5]
[[1, 4, 3, 6, 5, 7, 2]
[[4, 2, 6, 1, 7, 5, 3]
[[3, 1, 2, 6, 7, 5, 4]
[[4, 2, 5, 3, 7, 1, 6]
[[1, 6, 7, 5, 4, 3, 2]
[[5, 6, 7, 4, 1, 3, 2]
[[1, 5, 6, 7, 2, 3, 4]
[[3, 1, 4, 5, 6, 2, 7]
[[3, 6, 5, 2, 1, 7, 4]
[[7, 4, 2, 6, 3, 1, 5]
[[3, 6, 7, 4, 5, 2, 1]

Informasi yang didapatkan dari Tabel 3 menampilkan urutan kromosom dengan Panjang kromosom terdiri dari 7 gen. Berdasarkan informasi tersebut maka dapat dijabarkan contoh dari inisialisasi kromosom dan informasinya sebagai berikut : $K = [2,3,4,1,5,7,6]$

Kromosom di atas informasi yang didapatkan adalah : biaya pabrik 2 untuk melakukan produksi produk 1, biaya pabrik 3 untuk melakukan produksi produk 2, sampai kepada biaya pabrik 6 untuk melakukan produksi

produk 7. Setelah dilakukan proses inisialisasi populasi awal yang terdiri dari 20 kromosom.

Proses selanjutnya adalah mencari kromosom terbaik dari populasi awal untuk menjadi *parents* dan melakukan proses *crossover* sehingga menghasilkan kromosom - kromosom generasi selanjutnya.

- Seleksi
 - Fungsi fitness dan Probabilitas *Parents*

Proses seleksi kromosom dari populasi awal dilakukan untuk mencari kromosom unggul yangmana akan menjadi *parents* dan menghasilkan kromosom-kromosom baru untuk populasi berikutnya. Proses seleksi ini berdasarkan nilai fungsi *fitnees* dari persamaan 6 dan nilai probabilitas seleksi pada setiap kromosom berdasarkan persamaan 7 Tabel 4 menampilkan urutan kromosom terbaik yang memiliki nilai *fitness* dan probabilitas seleksi dari terkecil sampai terbesar dari populasi awal.

Urutan kromosom terbaik dari populasi
[[3, 7, 2, 4, 1, 6, 5], 3784], 0,049414]
[[1, 4, 3, 6, 5, 7, 2], 3792], 0,049519]
[[4, 2, 6, 1, 7, 5, 3], 3795], 0,049558]
[[3, 1, 2, 6, 7, 5, 4], 3796], 0,049571]
[[3, 6, 5, 2, 1, 7, 4], 3805], 0,049689]
[[7, 4, 2, 6, 3, 1, 5], 3816], 0,049832]
[[7, 3, 2, 5, 6, 4, 1], 3820], 0,049884]
[[3, 2, 4, 6, 1, 5, 7], 3827], 0,049976]
[[6, 2, 5, 7, 4, 1, 3], 3829], 0,050002]
[[1, 4, 6, 7, 2, 5, 3], 3830], 0,050015]
[[2, 1, 4, 5, 7, 6, 3], 3831], 0,050028]
[[5, 1, 3, 7, 4, 2, 6], 3832], 0,050041]
[[1, 5, 7, 4, 2, 6, 3], 3834], 0,050067]
[[2, 1, 4, 6, 3, 5, 7], 3839], 0,050133]
[[4, 2, 5, 3, 7, 1, 6], 3849], 0,050263]
[[1, 6, 7, 5, 4, 3, 2], 3849], 0,050263]
[[5, 6, 7, 4, 1, 3, 2], 3850], 0,050276]
[[3, 6, 7, 4, 5, 2, 1], 3853], 0,050315]
[[1, 5, 6, 7, 2, 3, 4], 3854], 0,050328]
[[3, 1, 4, 5, 6, 2, 7], 3895], 0,050864]
[[5, 6, 7, 4, 1, 3, 2], 3850], 0,050276]
[[3, 6, 7, 4, 5, 2, 1], 3853], 0,050315]

Tabel 4 menampilkan urutan dari kromosom-kromosom dari populasi awal yang memiliki nilai fitness dan probabilitas seleksi terkecil sampai terbesar. Dari aturan " $p(i) < 0,05$ dan $p(i)+1 > 0,5$ maka dipilih n kromosom" kromosom yang memiliki probabilitas dibawah 0,05 dipilih menjadi *parents* yang akan melakukan proses selanjutnya yaitu *crossover*. Tabel 4 terdapat 8 kromosom untuk menjadi *parents* yang selanjutnya melakukan proses *crossover*.

- [[3, 7, 2, 4, 1, 6, 5]
- [[1, 4, 3, 6, 5, 7, 2]
- [[4, 2, 6, 1, 7, 5, 3]
- [[3, 1, 2, 6, 7, 5, 4]
- [[3, 6, 5, 2, 1, 7, 4]

[[7, 4, 2, 6, 3, 1, 5]
 [[7, 3, 2, 5, 6, 4, 1]
 [[3, 2, 4, 6, 1, 5, 7]

4.3. Mutasi

Mutasi dilakukan pada setiap kromosom dengan menukar gen yang terdapat pada masing-masing kromosom. Metode mutasi yang digunakan adalah *swap mutation* satu titik. Dimana terdapat kedua gen yang bertukar posisi dalam setiap kromosom. Tabel 5 diperoleh kromosom-kromosom hasil *mutase*.

Tabel 5 Hasil proses mutasi

Mutasi	
Sebelum	Sesudah
[[3, 7, 2, 4, 1, 6, 5]	[[3, 7, 5, 4, 1, 6, 2],
[[1, 4, 3, 6, 5, 7, 2]	[1, 4, 3, 6, 5, 2],
[[4, 2, 6, 1, 7, 5, 3]	[4, 2, 3, 1, 7, 5, 6],
[[3, 1, 2, 6, 7, 5, 4]	[3, 1, 2, 4, 7, 5, 6],
[[3, 6, 5, 2, 1, 7, 4]	[3, 6, 7, 2, 1, 5, 4],
[[7, 4, 2, 6, 3, 1, 5]	[7, 1, 2, 6, 3, 4, 5],
[[7, 3, 2, 5, 6, 4, 1]	[7, 3, 2, 5, 6, 1, 4],
[[3, 2, 4, 6, 1, 5, 7]	[3, 2, 4, 6, 1, 7, 5],

4.4 Crossover

Kromosom-kromosom terpilih menjadi parents selanjutnya melakukan proses *crossover*. Jenis *crossover* yang digunakan dalam penelitian ini adalah *uniform crossover*. *uniform crossover* dimana metode *crossover* yang menggunakan teknik acak persilangan gen yang terkandung oleh setiap parents.

4.5 New Generation

Setelah melakukan *crossover* maka proses algoritma genetika telah menyelesaikan satu iterasi. Dimana hasil dari proses *crossover* menjadi kromosom-kromosom generasi selanjutnya. Pada iterasi pertama kromosom [3, 2, 4, 6, 1, 5, 7] menjadi kromosom terbaik dengan nilai fitness 3827. Hasil *crossover* ditampilkan pada Tabel 6 sebagai berikut :

Tabel 6 Urutab kromosom generasi berikutnya

Generasi Berikutnya
[[2, 3, 1, 5, 7, 6, 4], 3771],
[[2, 6, 5, 3, 1, 7, 4], 3780],
[[3, 2, 1, 4, 6, 7, 5], 3789],
[[1, 4, 3, 6, 5, 7, 2], 3792],
[[4, 5, 1, 2, 7, 6, 3], 3812],
[[3, 1, 7, 2, 6, 5, 4], 3815],
[[1, 5, 7, 4, 3, 6, 2], 3816],
[[4, 6, 3, 1, 7, 5, 2], 3817],
[[2, 1, 4, 3, 6, 7, 5], 3817],
[[7, 4, 3, 2, 5, 6, 1], 3817],
[[3, 7, 6, 4, 1, 5, 2], 3824],
[[3, 7, 6, 4, 1, 5, 2], 3824],
[[4, 3, 1, 5, 6, 7, 2], 3830],

[[5, 3, 6, 7, 4, 2, 1], 3838],
[[5, 6, 7, 4, 3, 1, 2], 3849],
[[7, 4, 5, 2, 1, 3, 6], 3857],
[[6, 5, 1, 7, 2, 3, 4], 3862],
[[7, 1, 4, 3, 6, 5, 2], 3867],
[[5, 7, 4, 3, 6, 2, 1], 3877],
[[3, 1, 4, 5, 6, 2, 7], 3895]

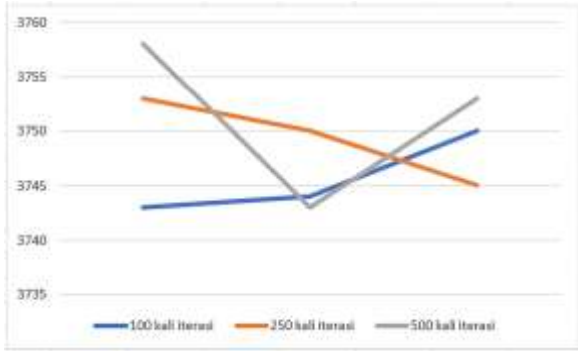
4.6 Hasil Variasi Iterasi

Pada penelitian ini dilakukan tiga kali percobaan dengan variasi iterasi : 100, 250 dan 500 kali iterasi. Hasil yang didapatkan dari proses iterasi untuk proses maklon dalam memilih urutan pabrik dan masing-masing jenis produk ditampilkan pada Tabel 7.

Tabel 7 Hasil percobaan iterasi

	Percobaan 1	Percobaan 2	Percobaan 3
Iterasi	100	250	500
Kromosom terbaik	[2, 6, 3, 1, 5, 7, 4]	[2, 3, 6, 1, 4, 7, 5]	[2, 4, 3, 1, 6, 7, 5]
Nilai Fitness	3743 3744 3750	3753 3750 3745	3758 3743 3753

Dari hasil 3 percobaan variasi iterasi didapatkan 3 kromosom berbeda pada setiap variasi iterasinya. Hasil pada setiap percobaan didapatkan nilai fitness dan urutan kromoson yang berbeda. Genetika algoritma dapat berhenti apabila solusi telah ditemukan dalam jumlah iterasi tertentu. Atau iterasi algoritma genetika dapat berhenti apabila telah mencapai batas iterasi suatu kasus dan pada penelitian ini memiliki batasan 5040 kali iterasi. Algoritma genetika juga dapat berhenti melakukan iterasi apabila telah ditemukan solusi yang mirip pada beberapa kali percobaan. Dari Tabel 7 informasi yang didapatkan bahwa kromosom terbaik memiliki nilai *fitness* 3743 dan terdapat dua kromosom yang bernilai 3743 yaitu [2, 6, 3, 1, 5, 7, 4] Dan [2, 3, 6, 1, 5, 7, 4]. Gambar 2 menampilkan grafik hubungan antara percobaan variasi iterasi dengan nilai *fitness* yang didapatkan.



Gambar 2 Grafik hubungan antara percobaan variasi iterasi

4.7 Implementasi

Berdasarkan hasil generate algoritma genetika didapatkan hasil kromosom [2, 6, 3, 1, 5, 7, 4] dan [2, 3, 6, 1, 5, 7, 4] dengan nilai *fitness* terbaik pada jumlah iterasi ke 100 sehingga usulan implementasi untuk proses maklon industri garmen ditampilkan pada Tabel 8 sebagai berikut :

Tabel 8 Hasil usulan implementasi

Kromosom	Nilai fitness	Perintah maklon
[2, 6, 3, 1, 5, 7, 4]	3743	<ul style="list-style-type: none"> Pabrik ke 1 mengerjakan pesanan produk 2 (hazmat) Pabrik ke 2 mengerjakan pesanan produk 6 (celana bahan) Pabrik ke 3 mengerjakan pesanan produk 3 (jersey) Pabrik ke 4 mengerjakan pesanan produk 1 (masker) Pabrik ke 5 mengerjakan pesanan produk 5 (kemeja) Pabrik ke 6 mengerjakan pesanan produk 7 (jeans) Pabrik ke 7 mengerjakan pesanan produk 4 (training)
[2, 3, 6, 1, 5, 7, 4].	3743	<ul style="list-style-type: none"> Pabrik ke 1 mengerjakan pesanan produk 2 (hazmat) Pabrik ke 2 mengerjakan pesanan produk 3 (jersey) Pabrik ke 3 mengerjakan pesanan produk

6 (celana bahan)

- Pabrik ke 4 mengerjakan pesanan produk 1 (masker)
- Pabrik ke 5 mengerjakan pesanan produk 5 (kemeja)
- Pabrik ke 6 mengerjakan pesanan produk 7 (jeans)
- Pabrik ke 7 mengerjakan pesanan produk 4 (training)

5. Kesimpulan

Dari penelitian yang telah dilakukan maka dapat ditarik kesimpulan dan saran sebagai berikut :

Kesimpulan

1. Didapatkan hasil terbaik dari algoritma genetika setelah melakukan 100 kali iterasi memiliki nilai fitness 3743 dengan kromosom [2, 6, 3, 1, 5, 7, 4]. Dengan hasil tersebut PT X mendapatkan urutan maklon pada 7 pabrik untuk 7 produk yang berbeda meliputi : pabrik 2 akan memproduksi masker atau produk 1, pabrik 6 akan memproduksi hazmat atau produk 2, pabrik 3 akan memproduksi jersey atau produk 3, pabrik 1 akan memproduksi training atau produk 4, pabrik 5 akan memproduksi kemeja atau produk 5, pabrik 7 akan memproduksi celana bahan atau produk 6, dan pabrik 4 akan memproduksi celana jeans atau produk 7. Dengan total biaya proses maklon sebesar Rp. 3.743.000.000.
2. Didapatkan solusi paling minimal setelah melakukan 100 kali iterasi. Percobaan variasi didapatkan solusi yang sama karena sifat random dari algoritma genetika pada setiap kali melakukan *running*.
3. Pada iterasi pertama saat melakukan seleksi untuk mendapatkan kromosom terbaik sebagai parents. Didapatkan hasil 8 kromosom terpilih sebagai parents dan metode *crossover* yang digunakan adalah uniform *crossover* serta metode *swab mutation*.

Saran

Untuk memperbaharui keilmuan yang komprehensif didapatkan saran sebagai berikut :

1. Menggabungkan atau membandingkan dua algorithma combinatoria untuk mendapatkan hasil yang semakin akurat dengan waktu yang cepat.
2. Penggunaan algorithma genetika dalam case study perlu ditambahkan tools berbasis digital yang bisa mengakses dengan instan pada setiap kali menemukan case yang sama

Ucapan Terima Kasih

Kegiatan ini didukung oleh Universitas Telkom, Universitas bakrie, dan Politeknik STTT Bandung, Kementerian Perindustrian Republik Indonesia. Para penulis berterima kasih atas dukungan dan kontribusi untuk penelitian ini. Bantuan dan dorongan mereka sangat berharga bagi kami dalam mengejar proyek ini.

6. Daftar Rujukan

- [1] R. Darni, L. Mursyida, and E. Maiyana, "Jurnal Sains dan Informatika," *J. Sains dan Inform.*, vol. 4, no. 1, pp. 1–8, 2018, doi: 10.22216/jsi.v4i1.
- [2] H. A. Taha, *Operations Research An Introduction*, 10th ed., vol. 10. Edinburgh: Pearson Education Limited, 2017.
- [3] W. F. Widodo, Agus Wahyu, Mahmudy, "Penerapan Alogirthma Genetika Pada Sistem Rekomendasi Wisata Kuliner," *KURSOR*, vol. 5, no. 4, pp. 205–211, 2010.
- [4] R. Dewanti, K. Novianingsih, and F. Agustina, "Menggunakan Algoritma Departemen Pendidikan Matematika Fpmipa Upi," *EurekaMatika*, vol. 6, no. 1, pp. 43–53, 2018.
- [5] N. Nurhasanah *et al.*, "Penjadwalan Produksi Industri Garmen Dengan Simulasi Flexsim," *J. Ilm. Tek. Ind.*, vol. 2, no. 3, pp. 141–148, 2014.
- [6] H. R. Fithrony, "Perbaikan sistem manajemen di RIRA Clothing", pp. 1–10, 2014.
- [7] N. Z. Utaman, Yuniar, and L. Fitria, "Usulab Perbaikan Kualitas Produk Produk Celana Jeans Dengan Menggunakan Metode Failur Mode And Effect Analysis (FMEA) (Studi Kasus di CV.Germen X)," *J. Inst. Teknol. Nas.*, vol. 4, no. 01, pp. 263–274, 2016.
- [8] E. Rahmawati, N. Satyahadewi, F. Intisari, K. Kunci, M. Biaya, and H. Kuhn, "Optimasi menggunakan metode hungarian (Studi kasus pada PT Pos Indonesia (Persero) Pontianak)," *Bul. Ilm. Mat. Stat. danTerapannya*, vol. 04, no. 3, pp. 363–370, 2015.
- [9] H. K. Gandhi and W. Widyawati, "Penyelesaian Assignment Problem Dengan Algoritma Metaheuristik Ant Colony Optimization (Aco)," *J. Ind. Serv.*, vol. 5, no. 1, pp. 16–22, 2019, doi: 10.36055/jiss.v5i1.6494.
- [10] M. Dorigo, V. Maniezzo, and A. Colorni, "Dorigo-Maniezzo-Colomi_the-Ant-System-Optimization-By-a-Colony-of-Cooperating-Agents," *IEEE Trans. Syst. Man, Cybern. B*, vol. 26, no. 1, pp. 1–26, 1999, [Online]. Available: papers://82ac23f7-2eaf-4339-a5e1-4600c19d7f01/Paper/p2331
- [11] E. G. Talbi, *metaheuristics*, 5th ed., vol. 7, no. 1. New Jersey: john wiley & sons,Ins, 2009. [Online]. Available: https://www.researchgate.net/publication/269107473_What_is_governance/link/548173090cf22525dcb61443/download%0Ahttp://www.eco.n.upf.edu/~reynal/Civilwars_12December2010.pdf%0Ahttps://think-asia.org/handle/11540/8282%0Ahttps://www.jstor.org/stable/41857625
- [12] Aldianto, Hardiansyah, and R. Gianto, "Penjadwalan Ekonomis Unit-Unit Pembangkit Thermal Menggunakan Metode Algoritma Genetika," *Tek. Elektro Univ. Tanjungpura*, pp. 1–9, 2019.
- [13] G. Muhammad, "Algoritma genetika," Institute Pertanian Bogor, 2018.
- [14] R. Arifudin, "Optimasi Penjadwalan Proyek Dengan Penyeimbangan Biaya Menggunakan Kombinasi Cpm Dan Algoritma Genetika," *J. Masy. Inform.*, vol. 2, no. 4, pp. 1–14, 2012, doi: 10.14710/jmasif.2.4.1-14.
- [15] I. M. S. PUTRA, "Penerapan Algoritma Genetika Dan Implementasi," Universitas Undayana, 2018.
- [16] N. Luh Gede Pivin Suwirmayanti, I. Made Sudarsana, S. Darmayasa, S. STIKOM Bali Jl Raya Puputan No, R. Denpasar, and P. Studi Sistem Komputer, "Penerapan Algoritma Genetika Untuk Penjadwalan Mata Pelajaran Implementation of Genetic Algorithm for Course Scheduling," *J. Appl. Intell. Syst.*, vol. 1, no. 3, pp. 220–233, 2016.
- [17] A. Kumar, "Playing Pong Using Q-Learning," University of Pennsylvania, 2021.
- [18] W. F. Mahmudy, *Dasar-dasar Algorithma Evolusi*, 1st ed. Malang: Universitas Brawijaya, 2015.