

Sistem Rekomendasi Berbasis Genetic Algorithm: Studi Kasus Pembelian Komponen Komputer dan Aksesorisnya

Abdul Kholik¹, Erwin Eko Wahyudi², Kristiawan Devianto³, Nabila Sholihah⁴,
Yaqutina Marjani Santosa⁵, Wahyono⁶

Departemen Ilmu Komputer dan Elektronika, Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam
Universitas Gadjah Mada
Yogyakarta

¹abdul.kholik@mail.ugm.ac.id, ²erwin.eko.w@mail.ugm.ac.id, ³kristiawan.devianto@mail.ugm.ac.id,
⁴nabila.sholihah@mail.ugm.ac.id, ⁵yaqutina.marjani.s@mail.ugm.ac.id, ⁶wahyo@ugm.ac.id

Abstrak— Pembelian komponen komputer dan aksesorisnya merupakan salah satu permasalahan optimasi, yaitu menentukan pembelian secara *online* atau *offline* agar pembelian lebih optimal dan efisien. Dalam penelitian ini, algoritma genetika akan digunakan untuk pemecahan masalah optimasi pembelian komponen komputer dan aksesorisnya. Tujuan dari penelitian ini adalah penggunaan algoritma genetika sebagai sistem rekomendasi untuk menentukan total harga minimal serta jalur yang paling optimal dalam pembelian komponen komputer di 12 toko, terdiri dari 6 toko *offline* dan 6 toko *online*. Representasi kromosom menggunakan gabungan antara pengkodean biner dan pengkodean bilangan bulat. Selanjutnya, proses seleksi *parents* menggunakan metode *roulette wheel*, proses *crossover* menggunakan metode *uniform crossover*, proses mutasi dilakukan secara *random*, dan proses seleksi *survivor* menggunakan metode *best selection*. Pengujian dilakukan menggunakan iterasi 10 sampai 100 dengan interval 10 kali, dan didapatkan nilai total biaya minimal adalah Rp. 18.811.000,-.

Kata kunci— *algoritma genetika; sistem rekomendasi; optimasi; pembelian komponen komputer.*

I. PENDAHULUAN

Dalam kehidupan sehari-hari seringkali ditemui beberapa permasalahan yang sulit untuk ditemukan pemecahan masalahnya. Salah satunya adalah masalah optimasi. Optimasi adalah salah satu disiplin ilmu dalam Matematika yang fokus untuk mendapatkan nilai minimum atau maksimum secara sistematis dari suatu fungsi, peluang, maupun pencarian nilai lainnya dalam berbagai kasus. Optimasi sangat berguna di hampir segala bidang dalam rangka melakukan usaha secara efektif efisien untuk mencapai target hasil yang ingin dicapai. Tentunya hal ini akan sangat sesuai dengan prinsip ekonomi yang berorientasikan untuk senantiasa menekan pengeluaran untuk menghasilkan keluaran yang maksimal. Optimasi ini juga penting karena persaingan saat ini sudah benar benar sangat ketat [1, 2].

Algoritma genetika telah digunakan dalam berbagai jenis permasalahan, khususnya permasalahan optimasi [3, 4]. Sebagai contoh, permasalahan 0-1 Knapsack bisa diselesaikan

dengan menggunakan algoritma genetika dengan representasi solusinya menggunakan kromosom biner. Metode dynamic programming untuk menyelesaikan permasalahan 0-1 Knapsack membutuhkan waktu $O(nm)$ dengan n menyatakan banyak barang yang ada dan m menyatakan kapasitas maksimal untuk menampung barang-barang yang diambil [5]. Meskipun metode dynamic programming menghasilkan solusi yang optimal, namun akan memakan waktu yang sangat lama jika n dan m bernilai cukup besar. Jika permasalahan 0-1 Knapsack diselesaikan menggunakan algoritma genetika, waktu yang dibutuhkan jauh lebih kecil dibanding menggunakan dynamic programming, dengan solusi yang dihasilkan bisa mendekati solusi optimal.

Permasalahan lainnya yang bisa diselesaikan dengan menggunakan algoritma genetika adalah permasalahan Travelling Salesman Problem (TSP) [3]. Representasi kromosom yang digunakan yaitu kromosom permutasi, yang mana setiap gennya merupakan permutasi dari 1 sampai n , dengan n menyatakan banyak kota yang akan dikunjungi. Jika TSP diselesaikan menggunakan metode complete search, kompleksitasnya adalah $O(n!)$, yang memakan waktu sangat lama untuk n yang cukup besar [3]. Jika TSP diselesaikan dengan menggunakan algoritma genetika, waktu yang dibutuhkan tentu lebih kecil daripada metode complete search, dan solusinya bisa mendekati solusi optimal.

Selain dua permasalahan yang telah dijelaskan di dua paragraf sebelumnya, Hastuti, dkk. [6] menggunakan algoritma genetika untuk membangkitkan melodi dan komposisi musik dalam gamelan. Indra dan Subanar [7] melakukan optimasi rantai pasok tiga tingka mulai dari manufaktur, distribusi, grosir, sampai retail dengan menggunakan algoritma genetika adaptif dan terdistribusi dengan solusi berupa alokasi banyaknya produk yang dikirim pada setiap tingkat. Maghfiroh, dkk. [8] mengaplikasikan algoritma genetika dalam kasus job shop scheduling. Sultzka dan Malkowski [9] menentukan lokasi terbaik untuk memasang kapasitor dan biaya optimal menggunakan algoritma genetika.

Dalam penelitian ini, tujuan yang ingin dicapai dalam penelitian ini adalah penggunaan algoritma genetika sebagai

sistem rekomendasi untuk menentukan total harga dan jalur yang paling optimal dalam pembelian 15 komponen komputer dan aksesorisnya di 12 toko, terdiri atas 6 toko online dan 6 toko offline. Untuk setiap barang yang dibeli di toko online, pembeli akan dikenakan ongkos kirim sesuai yang telah ditentukan oleh toko yang bersangkutan. Lalu, terdapat biaya transportasi untuk mengunjungi suatu toko offline dari lokasi awal atau toko offline lain, dan kembali ke toko awal dari suatu toko offline.

Berdasarkan permasalahan yang ada, banyak kemungkinan lokasi pembelian masing-masing komponen beserta rutenya ada setidaknya 1015 kemungkinan. Jika metode complete search digunakan untuk mencari solusi optimal, tentunya akan membutuhkan waktu yang sangat lama. Sehingga, metode algoritma genetika digunakan untuk menentukan solusi yang diharapkan bisa mendekati optimal, atau bahkan menjadi solusi optimal.

II. ALGORITMA GENETIKA

Algoritma genetika adalah suatu algoritma pencarian yang meniru mekanisme dari genetika alam, yaitu teori evolusi yang dikemukakan oleh Charles Darwin dengan cara seleksi alam [10]. Spesies dengan nilai *fitness* tertinggi akan bertahan dari proses evolusi dan akan menjadi spesies untuk generasi berikutnya. Algoritma genetika menggunakan konsep ini untuk memilih suatu himpunan solusi atau penyelesaian terbaik. Algoritma genetika tidak menjamin bahwa solusi yang dipilih merupakan solusi minimal atau maksimal secara global, namun seringkali algoritma genetika bisa menghasilkan solusi yang mendekati solusi optimal. Akibatnya, algoritma genetika perlu dijalankan lebih dari satu kali untuk mencapai hasil yang diinginkan.

Ada enam tahapan yang digunakan dalam proses algoritma genetika:

1. Pembentukan Kromosom dan Populasi

Kromosom terdiri atas beberapa gen. Kromosom digunakan untuk merepresentasikan suatu solusi yang mungkin dari permasalahan yang akan diselesaikan menggunakan algoritma genetika. Kromosom bisa dinyatakan dalam banyak cara, seperti kromosom biner, kromosom real, kromosom permutasi, dan lain sebagainya. Populasi dalam algoritma genetika adalah sekumpulan kromosom. Dalam satu populasi, akan terdapat N buah kromosom dengan nilai N adalah suatu parameter yang ditetapkan oleh *user*.

2. Fungsi *Fitness*

Fungsi *fitness* dari suatu kromosom adalah nilai kecocokan kromosom terhadap permasalahan. Semakin tinggi nilai *fitness*, solusi tersebut semakin optimal.

3. Proses Seleksi *Parents*

Proses ini bertujuan untuk memilih dua kromosom sebagai *parent* yang selanjutnya akan dilakukan

proses *crossover* dan mutasi pada *parent* terpilih.

4. Proses *Crossover* dan Mutasi

Proses *crossover* adalah proses persilangan, yaitu membentuk dua *offspring* (kromosom anak) baru dari dua *parent*. Hanya *offspring* yang memenuhi syarat pada permasalahan yang akan ditambahkan ke populasi yang ada. Proses mutasi yaitu mengganti suatu gen dengan gen yang baru. Proses *crossover* dan mutasi biasanya dilakukan secara acak.

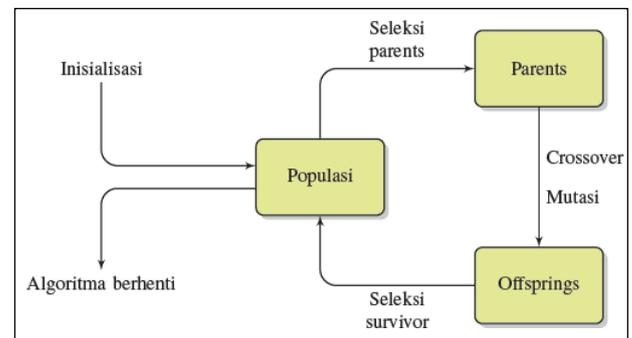
5. Proses Seleksi *Survivor* atau *Replacement*

Proses ini bertujuan untuk memilih N kromosom dari gabungan antara populasi sebelumnya dan *offspring* yang dihasilkan. Lalu, N kromosom yang terpilih akan digunakan sebagai populasi untuk perulangan atau iterasi berikutnya.

6. Syarat Pemberhentian

Algoritma genetika berhenti jika ada kromosom atau solusi yang optimal secara global, nilai *fitness*-nya telah mencapai konvergensi, atau iterasinya telah mencapai jumlah maksimum yang ditentukan oleh *user*.

Proses algoritma genetika bisa dilihat dalam Gambar 1.



Gambar 1. Proses algoritma genetika

III. DATA DAN METODE

A. *Data*

Tabel I menunjukkan harga dari masing-masing komponen beserta aksesorisnya yang dijual di enam toko *online*, yaitu: Tokopedia (A), Lazada (B), Bukalapak (C), Shopee (D), Blibli (E), dan Bhineka (F). Tabel II menunjukkan harga dari masing-masing komponen beserta aksesorisnya yang dijual di 6 toko *offline*, yaitu: Els (G), Compu (H), Quadra (I), Maxi (J), Anandam (K), dan Absolute (L). Enam toko tersebut dipilih karena stok barang yang ada di toko tersebut cukup lengkap dibanding toko-toko *offline* lainnya di area Yogyakarta selain yang disebutkan di atas.

Di permasalahan ini, lokasi awal diasumsikan berada pada FMIPA UGM. Untuk bepergian dari lokasi awal ke salah satu toko *offline* atau dari toko *offline* satu ke toko yang lain terdapat biaya tambahan yang harus ditanggung untuk transportasi yang ditunjukkan oleh Tabel III. Dari

2. Jika suatu komponen dibeli di toko online, tambahkan biaya ongkos kirim ke biaya total.

Tentukan semua toko *offline* yang akan dikunjungi. Lalu, untuk menentukan rute dengan biaya minimum, pencarian rute dilakukan secara *complete search*. Setelah menentukan rute terbaik, hitung biayanya dan tambahkan ke biaya total.

Sebagai contoh, akan dihitung nilai *fitness* dari kromosom valid yang ada di Subbab IIIB. Total harga komponen adalah Rp 24.187.000,-. Karena ada beberapa komponen yang dibeli secara *online*, maka ongkos kirim juga dihitung. Total ongkos kirim adalah Rp 957.000,-.

Selain itu, juga ada beberapa komponen yang dibeli secara *offline*, maka perlu ditentukan rute dengan biaya minimum. Dari kromosom tersebut, bisa dilihat bahwa toko yang akan dikunjungi adalah dua toko, yaitu toko Els dan toko Absolute. Rute yang mungkin adalah sebagai berikut:

- Rute 1 yaitu lokasi awal - Els - Absolute - lokasi awal, dengan total biaya adalah Rp 50.500,-.
- Rute 2 yaitu lokasi awal - Absolute - Els - lokasi awal, dengan total biaya adalah Rp 50.500,-.

Dari kedua kemungkinan rute tersebut, rute dengan biaya terkecil adalah rute lokasi awal - Els - Absolute - lokasi awal dengan biaya Rp 50.500,-. Dengan demikian nilai *fitness* yang diper-oleh adalah total semuanya, yaitu Rp 25.190.500,-.

Karena yang akan dicari adalah total harga minimum, maka semakin kecil nilai *fitness*-nya akan semakin baik.

D. Populasi

Untuk setiap perulangan atau generasi, jumlah kromosom yang akan digunakan adalah 10 kromosom. Pembangkitan populasi awal dilakukan secara acak sampai dipunyai 10 kromosom yang valid.

E. Seleksi Parents

Dari 10 kromosom pada suatu generasi, akan dipilih 4 pasang kromosom berbeda yang akan dijadikan sebagai *parents*. Seleksi *parents* yang dilakukan pada solusi permasalahan ini adalah dengan seleksi *roulette wheel* yang mana akan dicari probabilitas *fitness* kumulatif pada setiap individu di sebuah populasi. Setelah itu, akan dibangkitkan bilangan *random* sejumlah individu atau kromosom pada pembangkitan awal di sebuah populasi. Kemudian akan diseleksi individu mana sajakah yang akan menjadi *parents* dan dilanjutkan dengan proses *crossover*. Dengan demikian, akan diperoleh maksimal 8 *offspring* hasil *crossover* dan mutasi [3].

F. Crossover

Proses *crossover* dilakukan dengan metode *uniform crossover*. Masing-masing gen diberi suatu bilangan acak antara 0 sampai 1. Jika nilainya lebih dari atau sama dengan 0.5, maka gen dari *parent* 1 akan menjadi gen untuk *offspring* 1 dan gen dari *parent* 2 akan menjadi gen untuk *offspring* 2. Namun, jika nilainya kurang dari 0.5, maka gen dari *parent* 1 akan menjadi gen untuk *offspring* 2 dan gen dari *parent* 2 akan menjadi gen untuk *offspring* 1 [3].

Contoh proses *crossover* adalah sebagai berikut:

Parent 1:

1	1	1	6	0	1	0	1	0	1	0	1	0	1	0	1	0	1	0	1	0	1	0	1	0	1	0	1	0	1	0	1	0	1	0	1	0	1
---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---

Parent 2:

1	1	0	1	0	1	0	1	0	1	0	1	0	1	0	1	0	1	0	1	0	1	0	1	0	1	0	1	0	1	0	1	0	1	0	1	0	1
---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---

Nilai *random*:

0.2	0.6	0.1	0.2	0.8	0.9	0.3	0.5	0.4	0.8	0.7	0.3	0.1	0.8	0.3
-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----

Hasil dari *crossover* adalah sebagai berikut:

Offspring 1:

1	1	1	6	0	1	0	1	0	1	0	1	0	1	0	1	0	1	0	1	0	1	0	1	0	1	0	1	0	1	0	1	0	1	0	1	0	1
---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---

Offspring 2:

1	1	0	1	0	1	0	1	0	1	0	1	0	1	0	1	0	1	0	1	0	1	0	1	0	1	0	1	0	1	0	1	0	1	0	1	0	1
---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---

G. Mutasi

Mutasi yang digunakan adalah sebagai berikut. Dari dua *offspring* yang dihasilkan dalam proses *crossover*, dipilih satu *offspring* secara acak untuk dimutasi. Lalu, dari 15 gen yang ada, dipilih satu gen yang akan dimutasi, dengan cara:

- Untuk nilai pertama, jika nilainya 0, maka akan diubah menjadi 1, dan sebaliknya.
- Untuk nilai kedua, nilainya diacak dari 1 sampai 6.

Sebagai contoh, misalkan dari dua *offspring* yang dihasilkan pada Subbab IIIF, terpilih *offspring* 1 untuk dimutasi. Lalu, gen yang berwarna kuning adalah gen yang akan dimutasi.

1	1	1	6	0	1	0	1	0	1	0	1	0	1	0	1	0	1	0	1	0	1	0	1	0	1	0	1	0	1	0	1	0	1	0	1	0	1
---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---

Hasil mutasinya sebagai berikut:

1	1	1	6	0	1	0	1	1	4	0	1	0	1	0	1	0	1	0	1	0	1	0	1	0	1	0	1	0	1	0	1	0	1	0	1	0	1
---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---

H. Seleksi Survivor

Proses ini dilakukan dengan memilih 10 kromosom yang memiliki nilai *fitness* terbaik. Sepuluh kromosom tersebut akan dijadikan populasi untuk generasi berikutnya.

IV. HASIL DAN PEMBAHASAN

Algoritma genetika untuk melakukan optimasi pembelian komputer dan aksesorisnya diterapkan dengan melakukan iterasi sebanyak 10 hingga 100 dengan interval 10. Setiap iterasi akan dilakukan perulangan sebanyak sepuluh kali. Hasil pengujian ditampilkan dalam Tabel V.

TABEL V. HASIL PENGUJIAN

Jumlah Iterasi Maksimal	Rata-rata <i>fitness</i>	<i>Fitness</i> minimal
10	Rp. 20.578.050,-	Rp. 19.603.000,-
20	Rp. 19.560.350,-	Rp. 19.083.000,-
30	Rp. 19.649.780,-	Rp. 19.119.000,-
40	Rp. 19.627.050,-	Rp. 18.857.500,-
50	Rp. 19.308.950,-	Rp. 18.912.500,-
60	Rp. 19.217.250,-	Rp. 18.811.000,-
70	Rp. 19.210.200,-	Rp. 18.983.500,-
80	Rp. 19.217.850,-	Rp. 19.018.000,-
90	Rp. 19.094.250,-	Rp. 18.925.500,-
100	Rp. 19.089.700,-	Rp. 18.914.000,-

Pada Tabel V, bisa dilihat bahwa total biaya minimal pembelian komponen adalah Rp 18.811.000,- ketika jumlah iterasi maksimalnya adalah 60. Bentuk kromosom dari nilai total minimal adalah sebagai berikut:

0	2	1	2	0	5	1	1	1	1	0	2	1	2	1	1	0	6	0	1	0	5	1	1	0	5	0	2	0	2
---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---

Kromosom tersebut memiliki rincian sebagai berikut:

- HDD dibeli secara *online* di Lazada,
- SSD dibeli secara *offline* di Computa,
- RAM dibeli secara *online* di Blibli,
- Prosesor dibeli secara *offline* di Els,
- Motherboard dibeli secara *offline* di Els,
- Casing dibeli secara *online* di Lazada,
- Power supply dibeli secara *offline* di Computa,
- Monitor dibeli secara *offline* di Els,
- Mouse dibeli secara *online* di Bhinneka,
- Keyboard dibeli secara *online* di Tokopedia,
- Headphone dibeli secara *online* di Blibli,
- Speaker dibeli secara *offline* di Els,
- VGA dibeli secara *online* di Blibli,
- UPS dibeli secara *online* di Lazada, dan
- DVD rom dibeli secara *online* di Lazada,

dengan rute kunjungan untuk pembelian barang di toko *offline* adalah dari lokasi awal mengunjungi toko Els dahulu, berikutnya mengunjungi toko Computa, dan selanjutnya kembali ke lokasi awal.

Tabel V menunjukkan rata-rata total pembelian akan relatif terus menurun sesuai dengan bertambahnya jumlah iterasi maksimal. Semakin banyak iterasi, didapatkan variasi individu yang lebih banyak sehingga lebih banyak individu yang akan terkena seleksi. Akibatnya, individu yang bertahan mempunyai nilai *fitness* value yang optimal, sehingga didapatkan harga total komponen komputer yang paling murah / sedikit.

Pada Tabel V, jumlah iterasi maksimal tidak berpengaruh terhadap *fitness* minimal. Hal ini dikarenakan algoritma genetika selalu menggunakan nilai acak pada saat membangkitkan populasi awal, proses *crossover*, dan mutasi.

V. KESIMPULAN

Penelitian ini berhasil menghasilkan nilai optimum dari total pembelian komponen komputer dan aksesorisnya beserta dengan biaya transportasi dan rute yang akan dilalui dengan menggunakan algoritma genetika. Total biaya minimal yang didapatkan adalah Rp. 18.811.000,-.

Rata-rata total pembelian akan relatif terus menurun sesuai dengan bertambahnya jumlah iterasi maksimal. Sedangkan, jumlah iterasi maksimal tidak berpengaruh terhadap *fitness* minimal.

REFERENSI

- [1] Y. Liu, C. Zhou, D. Guo, K. Wang, W. Pang, Y. Zhai, "A Decision Support System Using Soft Computing for Modern International Container Transportation Services," *Applied Soft Computing*, vol. 10, no. 4, September 2010, pp. 1087–1095.
- [2] S. Fachrurrazi, "Penerapan Algoritma Genetika Dalam Optimasi Pendistribusian Pupuk di PT Pupuk Iskandar Muda Aceh Utara," *Jurnal TECHSI*, vol. 2, no. 1, April 2013, pp. 47-66.
- [3] A. E. Eiben dan J. E. Smith, *Introduction to Evolutionary Computing*, Springer, 2003.
- [4] J. Kennedy, R. C. Eberhart, dan Y. Shi, *Swarm Intelligence*, Academic Press, 2001.
- [5] T. H. Cormen, C. E. Leiserson, R. L. Rivest, dan C. Stein, *Introduction to Algorithms*, 3rd ed., The MIT Press, 2009.
- [6] K. Hastuti, A. Azhari, A. Musdholifah, dan R. Supanggih, "Rule-Based and Genetic Algorithm for Automatic Gamelan Music Composition," *International Review on Modelling and Simulations (IREMOS)*, vol. 10, no. 3, Juni 2017, pp. 202-212.
- [7] Z. Indra dan Subanar, "Optimasi Biaya Distribusi Rantai Pasok Tiga Tingkat dengan Menggunakan Algoritma Genetika Adaptif dan Terdistribusi," *IJCCS*, vol. 8, no. 2, Juli 2014, pp. 189-200.
- [8] M. F. N. Maghfiroh, A. Darmawan, dan V. F. Yu, "Genetic Algorithm for Job Shop Scheduling Problem: A Case Study," *International Journal of Innovation, Management and Technology*, vol. 4, no. 1, February 2013, pp. 137-140.
- [9] A. Szultka dan R. Malkowski, "Selection of Optimal Location and Rated Power of Capacitor Banks in Distribution Network using Genetic Algorithm," *2017 18th International Scientific Conference on Electric Power Engineering (EPE)*, Mei 2017, pp. 1-6.
- [10] S. Russell dan P. Norvig, *Artificial Intelligence: A Modern Approach*, 3rd ed., Pearson, 2009.