

PENGEMBANGAN ALGORITMA GENETIKA UNTUK OPTIMASI RUTE DISTRIBUSI BAHAN PANGAN UTAMA INDONESIA

Zuraidah Fitriah

Jurusan Matematika Universitas Brawijaya
zuraidahfitriah@ub.ac.id

Abstrak

Pengembangan infrastruktur dan pusat kegiatan ekonomi Indonesia masih terpusat pada pulau-pulau besar, khususnya Pulau Jawa. Sementara pulau-pulau kecil cenderung kurang diperhatikan, contohnya pulau-pulau di wilayah Indonesia bagian timur. Jarak pulau-pulau tersebut yang jauh dari pusat pemerintahan menyebabkan adanya kesenjangan kesejahteraan masyarakat, contohnya adalah pendistribusian bahan pokok. Aktivitas pendistribusian logistik di Indonesia, saat ini masih terkendala dengan masalah inefisiensi dan ketidakteraturan dalam sistem logistik. Ketidakefisienan sistem logistik di Indonesia membuat harga produk menjadi tinggi. Transportasi laut memiliki peran penting dalam penurunan biaya logistik tersebut, karena kemampuan angkut yang besar dan daya jelajah yang luas akan dapat menghasilkan efisiensi dari economic-of-scale jika sistem jaringan pelayaran maupun interkoneksi di pelabuhan dapat dioptimalkan kinerjanya. Masing-masing kapal juga memiliki kapasitas muatan yang berbeda-beda. Penelitian ini melakukan optimasi penjadwalan dan penentuan rute kapal yang dapat memenuhi seluruh permintaan di setiap wilayah pelabuhan tujuan dimana pengiriman dilakukan dari satu pelabuhan asal yaitu pelabuhan Tanjung Perak sebagai pusat distribusi bahan pangan. Optimasi dilakukan dengan mengaplikasikan Algoritma Genetika yang telah dimodifikasi dengan menambahkan proses terapi gen pada fungsi yang akan diminimumkan, dalam hal ini fungsi jarak tempuh. Hasil dari penelitian ini adalah suatu rute optimal pendistribusian bahan pangan dari pusat distribusi di Pulau Jawa menuju wilayah-wilayah lain dengan menggunakan beberapa kapasitas kapal yang berbeda. Hasil tersebut diharapkan dapat memberikan masukan kebijakan kepada pihak berwenang terkait proses distribusi bahan pangan.

Kata Kunci: Algoritma Genetika; Distribusi Logistik; Distribusi Bahan Pangan

1. PENDAHULUAN

Salah satu metode yang banyak digunakan untuk menyelesaikan masalah optimasi adalah Algoritma Genetika. Algoritma genetika adalah algoritma komputasi yang diinspirasi teori evolusi yang kemudian diadopsi menjadi algoritma komputasi untuk mencari solusi suatu permasalahan dengan cara yang lebih “alamiah”. Kelebihan algoritma ini salah satunya adalah dapat menemukan suatu nilai optimal secara global tanpa dipengaruhi oleh pemilihan nilai awal. Salah satu aplikasi algoritma genetika adalah pada permasalahan optimasi kombinasi, yaitu mendapatkan suatu nilai solusi optimal terhadap suatu permasalahan yang mempunyai banyak kemungkinan solusi. Salah satu algoritma genetika adalah penyelesaian masalah CVRP. Pada artikel ini masalah CVRP yang akan dibahas adalah mengenai sistem distribusi bahan pangan di Indonesia.

Aktivitas logistik di Indonesia, saat ini masih terkendala dengan masalah inefisiensi dan ketidakteraturan dalam sistem logistik. Hal ini menyebabkan tingginya kesenjangan harga antara pusat produksi dengan daerah lain yang jauh dari produksi. Selain itu peraturan di bidang logistik belum mengarah kepada efisiensi operasi dan daya saing produksi. Ketidakefisienan sistem logistik di Indonesia membuat harga produk menjadi tinggi. Di Indonesia rata-rata biaya

logistik berkontribusi sekitar 20-25% dari pembentukan harga jual, dan 70% dari total biaya logistik, berasal dari transportasi/aktivitas pengangkutan barang. Pada Tahun 2014, World Bank merilis data bahwa LPI (*Logistics Performance Index*) Indonesia berada pada rangking 53 dunia, dengan skor 3,08. Sedangkan perkiraan total biaya logistik Indonesia masih sangat tinggi, yakni di atas 25% dari PDB, dengan komposisi 12,04% untuk biaya transportasi, 9,47% untuk biaya persediaan (inventory), dan 4,52% untuk biaya administasi. Di mana dari total biaya transportasi tersebut, transportasi laut menyumbang sekitar 1/5-nya (sedangkan transportasi jalan sekitar 7/10 bagian) [2]. Hal ini mengakibatkan tingginya harga bahan pangan di wilayah yang jauh dari pusat produksi. Perencanaan distribusi yang baik diharapkan dapat mengurangi terus meningkatnya harga tersebut. Salah satu perencanaan distribusi adalah dengan menentukan rute optimal proses distribusi dari pusat produksi ke wilayah-wilayah lain di Indonesia, utamanya Indonesia bagian timur.

Untuk mengatasi disparitas harga yang tinggi, diperlukan perencanaan untuk membuat pelabuhan Tanjung Perak sebagai *distribution center* komoditas strategis menuju wilayah timur Indonesia, yang dipengaruhi jumlah permintaan tiap pelabuhan. Penelitian ini melakukan optimasi penjadwalan dan penentuan rute kapal yang dapat memenuhi seluruh permintaan di setiap wilayah pelabuhan tujuan dimana pengiriman dilakukan dari satu pelabuhan asal yaitu pelabuhan Tanjung Perak sebagai pusat distribusi komoditas.

2. METODE

Data Kebutuhan Beras

Pada Tabel 1 disajikan data konsumsi beras 10 provinsi di Indonesia bagian timur. Diantara kesepuluh provinsi tersebut, tujuh provinsi menggantungkan kebutuhan berasnya pada provinsi Jawa Timur dengan pengiriman melalui depot pelabuhan Tanjung Perak Surabaya.

Tabel 1. Data kebutuhan beras suatu provinsi pada provinsi lain

No	Provinsi	Provinsi sendiri	Sulawesi Selatan	Sulawesi Barat	Sulawesi Tengah	DKI Jakarta	Provinsi lain	Jawa Timur
1	Papua Barat	17,5%	10,22%	-	-	6,33%	-	65,96%
2	Papua	12,92%	20,99%	-	-	-	-	66,09%
3	Maluku Utara	43,84%	-	-	-	-	-	56,16%
4	Maluku	2,6%	44,11%	-	-	-	-	53,30%
5	Sulawesi Barat	73,70%	26,21%	-	-	-	-	-
6	Sulawesi Utara	53,64%	-	-	22,85%	-	23,51%	-
7	Sulawesi Tengah	94,9%	3,92%	1,18%	-	-	-	-

8	Sulawesi Tenggara	46,31 %	50,83 %	1,43%	-	-	-	1,43 %
9	Gorontalo	84,33 %	-	-	0,06%	-	-	15,61 %
10	Nusa Tenggara Timur	52,61 %	41,92 %	-	-	-	-	5,47 %

Data Jarak Pelabuhan

Dari ketujuh provinsi yang menerima pasokan beras dari Jawa Timur, terdapat 13 pelabuhan yang dapat menerima pengiriman logistik yang dapat dilihat pada Tabel 2 berikut ini.

Tabel 2. Daftar pelabuhan Indonesia bagian timur

No	Pelabuhan	Kabupaten/Kota	Provinsi
0	Tanjung Perak	Surabaya	Jawa Timur
1	Kasim	Sorong	Papua
2	Kendari	Kendari	Sulawesi Tenggara
3	Tobelo	Halmahera Utara	Maluku Utara
4	Gorontalo	Gorontalo	Gorontalo
5	Kalabahi	Alor	Nusa Tenggara Timur
6	Maumere	Sikka	Nusa Tenggara Timur
7	Wainibe	Buru	Maluku
8	Obilatu	Halmahera Selatan	Maluku Utara
9	Dobo	Kep. Aru	Maluku
10	Kaimana	Kaimana	Papua Barat
11	Fakfak	Fakfak	Papua Barat
12	Tual	Tual	Maluku
13	Merauke	Merauke	Papua



Gambar 1. Peta lokasi pelabuhan tujuan pengiriman beras dari Jawa Timur

Untuk menentukan jarak minimum rute distribusi beras dari depot Pelabuhan Tanjung Perak Surabaya dan pelabuhan-pelabuhan tujuan, diperlukan data jarak pelabuhan antar pelabuhan tersebut. Data berikut, pada Tabel 3, didapat dengan menggunakan aplikasi Netpass Distance.

Algoritma Genetika dengan Terapi Gen

Rancangan algoritma genetika untuk permasalahan penentuan rute distribusi besar dengan tujuan 13 pelabuhan di Indonesia bagian timur, dapat diuraikan sebagai berikut:

Pembangkitan Kromosom

Untuk memulai proses algoritma genetika, dibangkitkan sebanyak 100 populasi. Setiap kromosom terdiri dari 13 gen yang berisi bilangan bulat yang mewakili indeks pelabuhan. Kromosom dibangkitkan secara acak dengan permutasi bilangan bulat. Kromosom yang dibangkitkan mewakili rute pendistribusian beras ke 13 pelabuhan di Indonesia timur oleh kapal dengan kapasitas yang telah ditentukan.

Tabel 3. Jarak antar pelabuhan

	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13
0	0	1217	791	1208	1046	746	614	935	1027	1347	1376	1304	1303	1733
1	1217	0	535	299	512	641	734	301	253	485	465	313	444	933
2	791	535	0	556	297	309	320	254	335	706	709	594	618	1109
3	1208	299	556	0	388	737	798	386	295	640	620	468	599	1088
4	1046	512	297	388	0	560	575	315	292	780	760	611	721	1222
5	746	641	309	737	560	0	174	387	480	633	672	595	557	983
6	614	734	320	798	575	174	0	464	556	757	791	708	678	1119
7	935	301	254	386	315	387	464	0	123	513	507	359	432	933
8	1027	253	335	295	292	480	556	123	0	527	506	354	485	975
9	1347	485	706	640	780	633	757	513	527	0	155	242	110	466
10	1376	465	709	620	760	672	791	507	506	155	0	112	144	557
11	1304	313	594	468	611	595	708	359	354	242	112	0	199	703
12	1303	444	618	599	721	557	678	432	485	110	144	199	0	591

13	1733	933	1109	1088	1222	983	1119	933	975	466	557	703	591	0
----	------	-----	------	------	------	-----	------	-----	-----	-----	-----	-----	-----	---

Representasi Kromosom

Misalkan suatu kromosom untuk kapal berkapasitas 950 ton berbentuk seperti pada bagan di bawah ini,

4	8	1	12	9	10	11	13	5	2	3	6	7
381,65	669,15	372,96	326,85	440,14	212,04	350,42	549,66	99,29	34,80	548,20	155,71	616,78
Kapal 1	Kapal 2	Kapal 3		Kapal 4		Kapal 5		Kapal 6			Kapal 7	

Baris pertama pada bagan di atas merupakan kromosom yang digunakan pada algoritma gentika. Gen-gen pada kromosom merupakan indeks pelabuhan dengan urutan seperti pada Tabel 3. Baris kedua pada bagan tersebut mengacu pada permintaan beras kabupaten/kota tempat pelabuhan tersebut berada yang dapat dilihat pada Tabel 4 di bawah ini. Sedangkan baris ketiga menunjukkan kapal yang digunakan untuk melayani rute pelabuhan terkait.

Fungsi Fitness

Fungsi fitness yang digunakan pada permasalahan ini adalah

$$f(x) = \sum_k \sum_{i,j} d_{ij}$$

Nilai fitness dari suatu kromosom x adalah jumlah jarak antar pelabuhan i dan j pada yang dilayani kapal k . Misalkan pada bagan di atas, dengan kapal berkapasitas 950 ton, dibutuhkan 7 kapal untuk melayani rute tersebut. Perhitungan nilai fitnessnya dapat dilihat pada Tabel 5.

Tabel 4. Ringkasan permintaan beras pada 13 pelabuhan

No	Pelabuhan	Permintaan Beras (Ton)
0	Tanjung Perak	-
1	Kasim	372,96
2	Kendari	34,80
3	Tobelo	548,20
4	Gorontalo	381,65
5	Kalabahi	99,29
6	Maumere	155,71
7	Wainibe	616,78
8	Obilatu	669,15
9	Dobo	440,14
10	Kaimana	212,04
11	Fakfak	350,42
12	Tual	326,85
13	Merauke	549,66

Tabel 5. Perhitungan nilai fitness

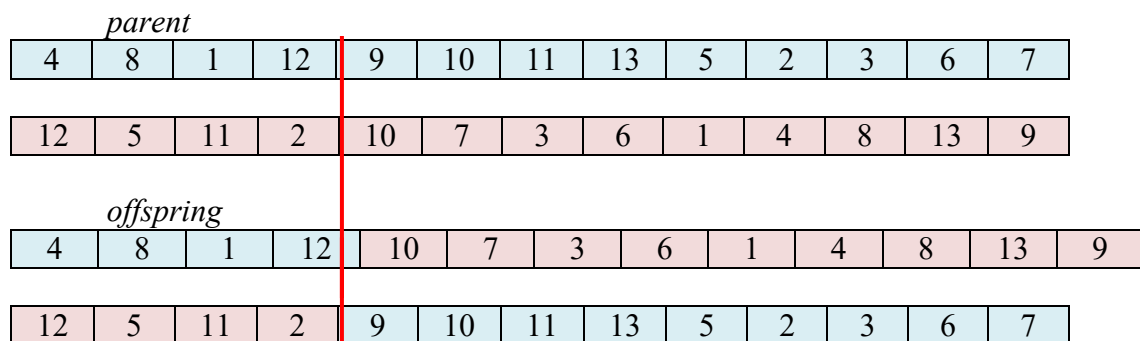
Kapal	Subrute	Jarak (mil laut)
1	Perak – Gorontalo – Perak	2092
2	Perak – Obilatu – Perak	2054
3	Perak – Kasim – Tual – Perak	2964
4	Perak – Dobo – Kaimana – Perak	2878
5	Perak – Fakfak – Merauke – Perak	3740
6	Perak – Kalabahi – Kendari – Tobelo – Maumere – Perak	3023
7	Perak – Wainibe – Perak	1870
Nilai fitness kromosom		18621

Seleksi

Dari 100 populasi pada setiap generasi, dipilih dua kromosom secara acak untuk menjadi *parent* pada proses *crossover* nantinya. Pemilihan *parent* dilakukan secara acak karena dari induk yang baik (nilai fitnessnya) belum tentu didapatkan keturunan yang baik pula, begitu juga sebaliknya.

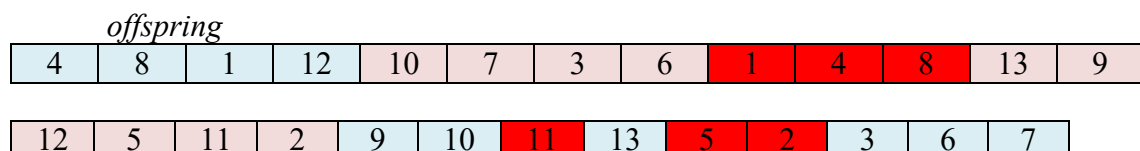
Crossover

Crossover yang dilakukan adalah *single point crossover* dengan satu lokasi potong (acak) pada kromosom yang akan *dicrossover*. Kemudian dilanjutkan dengan menukar isi gen sebelah kanan dari lokasi potong pada kromosom, seperti ditunjukkan pada bagan berikut ini. Peluang *crossover* yang digunakan adalah 1, atau dengan kata lain proses *crossover* pasti terjadi.



Terapi Gen

Proses terapi gen diawali dengan mengidentifikasi ada tidaknya gen yang cacat pada suatu kromosom, menghitung banyaknya, dan menggantinya dengan nilai yang mungkin. Contoh proses terapi gen digambarkan pada bagan berikut ini.



Gen yang berwarna merah adalah gen yang cacat karena ada dua gen yang sama pada satu kromosom. Perlu diingat kembali bahwa gen pada suatu kromosom

mewakili indeks pelabuhan yang dilewati oleh suatu kapal dengan kapasitas tertentu. Batasan masalah pada algoritma genetika ini adalah bahwa pelabuhan yang sama hanya bisa dilewati satu kali oleh suatu kapal. Sehingga apabila suatu indeks pelabuhan muncul dua kali pada suatu kromosom, maka gen tersebut cacat dan harus diganti dengan gen yang lain. Berikut adalah kromosom hasil dari terapi gen.

offspring

4	8	1	12	10	7	3	6	11	5	2	13	9
---	---	---	----	----	---	---	---	----	---	---	----	---

12	5	11	2	9	10	1	13	4	8	3	6	7
----	---	----	---	---	----	---	----	---	---	---	---	---

Mutasi

Pada algoritma ini proses mutasi ditiadakan karena proses mutasi, yang berupa penggantian gen, dapat mengakibatkan kecacatan kromosom kembali.

3. HASIL DAN PEMBAHASAN

Hasil penerapan algoritma genetika pada permasalahan ini diringkas pada Tabel 6.

Tabel 6. Hasil penerapan algoritma genetika untuk CVRP

Kapasitas Kapal (ton)	Rute optimal	Jarak (mil laut)	Jumlah kapal
680	10 9 7 5 13 6 1 3 12 11 4 2 8	20185	8 kapal
950	5 13 10 7 4 3 2 11 1 9 12 6 8	15892	6 kapal
1400	3 4 2 7 8 1 11 10 12 6 9 13 5	11424	4 kapal

Untuk kapal berkapasitas 680 ton, dibutuhkan 8 unit kapal yang melayani rute:

1. Perak – Kaimana – Dobo – Perak
2. Perak – Wainibe – Perak
3. Perak – Kalabahi – Merauke – Perak
4. Perak – Maumere – Kasim – Perak
5. Perak – Tobelo – Perak
6. Perak – Tual – Fakfak – Perak
7. Perak – Gorontalo – Kendari – Perak
8. Perak – Obilatu – Perak

Untuk kapal berkapasitas 950 ton, dibutuhkan 6 unit kapal yang melayani rute:

1. Perak – Kalabahi – Merauke – Kaimana – Perak
2. Perak – Wainibe – Perak
3. Perak – Gorontalo – Tobelo – Perak
4. Perak – Kendari – Fakfak – Kasim – Perak
5. Perak – Dobo – Tual – Maumere – Perak
6. Perak – Obilatu – Perak

Untuk kapal berkapasitas 1400 ton, dibutuhkan 4 unit kapal yang melayani rute:

1. Perak – Tobelo – Gorontalo – Kendari – Perak

2. Perak – Wainibe – Obilatu – Perak
3. Perak – Kasim – Fakfak – Kaimana – Tual – Perak
4. Perak – Maumere – Dobo – Merauke – Kalabahi – Perak

Rute tersebut dapat dilihat pada Gambar 2. Masing-masing kapal diberi warna berbeda.



Gambar 2. Rute kapal dengan kapasitas 1400 ton

Jika dilihat kembali hasil pada Tabel 6, kapal dengan kapasitas lebih besar akan mendapatkan rute dengan total jarak yang lebih pendek dan jumlah kapal yang dibutuhkan semakin sedikit. Tanpa mempertimbangkan biaya operasional kapal berkapasitas tertentu, dapat disimpulkan bahwa pemilihan kapal dengan kapasitas besar akan lebih baik daripada kapal berkapasitas kecil.

4. KESIMPULAN DAN SARAN

Kesimpulan

Dari uraian di atas, dapat disimpulkan bahwa rute optimal untuk distribusi beras ke wilayah Indonesia timur dapat ditentukan dengan menggunakan algoritma genetika dengan terapi gen dan menghasilkan rute yang berbeda untuk setiap kapasitas kapal yang berbeda. Kapasitas kapal yang semakin besar akan menghasilkan rute pendistribusian yang semakin optimal (total jarak semakin rendah).

Saran

Penelitian lanjutan dapat dilakukan dengan menggunakan metode heuristic yang lain, misalnya *Ant Colony Optimization*, *Particle Swarm Optimization*, ataupun modifikasi algoritma genetika yang lain. Penelitian juga dapat diperluas dengan mempertimbangkan biaya operasional kapal dengan kapasitas yang berbeda.

5. DAFTAR PUSTAKA

- Alfenza, TF. dan Achmadi T. (2012). Penentuan Pola dan Pusat Distribusi Bahan Pokok untuk Wilayah Berbasis Kepulauan. *Jurnal Teknik ITS*. Vol. 1
- Direktur Jenderal Perhubungan Laut. (2015). *Rencana Strategis Direktorat Jenderal Perhubungan Laut Tahun 2015-2019*.
- Fatma E. (2017). Penjadwalan dan Penentuan Rute Distribusi Komoditas ke Wilayah Timur Indonesia. *Jurnal Optimasi Sistem Industri*. vol.16 hlm. 40-49.

- Gen M. dan Cheng R. (2000). *Genetic Algorithm and Engineering Optimization*. John Wiley & Sons, Inc.
- Erama R. (2014). Modifikasi Algoritma Genetika untuk Penyelesaian Permasalahan Penjadwalan Pelajaran Sekolah. *IJCCS*. vol. 8 no. 2 hlm. 111-120.
- Shahab, M.L. (2015). Algoritma Genetika Ganda untuk *Capacitated Vehicle Routing Problem*. *Jurnal Sains dan Seni ITS*. Vol. 4 No. 2.