

PERENCANAAN GOLONGAN PEMBERIAN AIR UNTUK OPTIMISASI PENYALURAN AIR MENGGUNAKAN ALGORITMA GENETIK

(The Planning of Block System for Optimizing the Distribution of Irrigation Water by using Genetic Algorithm)

Gani Soehadi¹, Bambang Pramudya², Setyo Pertiwi³, Erizal⁴

ABSTRACT

This paper presents the improvement of block system planning of irrigation water in Cikarang area for optimization of the irrigation water distribution by using Genetic Algorithm. A genotype representation of spatial allocation was proposed: a fixed-length genotype composed of four genes that represent spatial allocation determined by greedy algorithm. The process of optimizing genotype includes evaluation, selection, crossover, and mutation. Evaluation process determined the fitness of the genotype based on the distance of water sources, availability of irrigation water, labor, machines and delay of harvesting operation of last-season crop. Several types of selection, crossover and mutation were tested to obtain the best processing sequence for optimizing the genotype. This approach was compared to a real block system problem determined by Perum Jasa Tirta II and the advantages of the approach were identified.

Key Words: representasi, Algoritma Genetik, irigasi

PENDAHULUAN

Golongan pemberian air merupakan pengelompokan wilayah budidaya padi dan palawija berdasarkan suatu jadwal usaha tani yang ditetapkan oleh panitia irigasi setempat. Pemberian air irigasi di Daerah Irigasi (DI) Jatiluhur dibagi menjadi 4 golongan dan bertujuan untuk mengurangi puncak kebutuhan air irigasi. Penentuan golongan pemberian air merupakan permasalahan alokasi petak tersier ke setiap golongan dan bersifat spasial yang tergantung pada letak petak tersier terhadap sumber air. Atribut lain

yang mempengaruhi adalah keseimbangan antara kebutuhan dan ketersediaan air irigasi, ketersediaan buruh tani dan sarana produksi pertanian serta jadwal musim panen dari musim tanam sebelumnya.

Menurut rencana pokok penyediaan dan penggunaan air dari PT Jasa Tirta II (PJT II), musim tanam padi rendeng adalah 4.5 bulan, tanam padi gadu 4 bulan dan tanam palawija adalah 2 bulan. Penerapan pola tanam mengikuti penetapan golongan pemberian air yang ditentukan oleh panitia irigasi setempat yang berkedudukan di kecamatan. Sesuai

¹ Badan Pengkajian Dan Penerapan Teknologi, Jakarta, ganisoehadi@yahoo.com

^{2,3,4} Fakultas Teknologi Pertanian, Institut Pertanian Bogor, Kampus IPB Darmaga Bogor 16680

perencanaan, diperlukan ketepatan dalam memulai bercocok tanaman sesuai jadwal yang telah ditetapkan.

Dalam pelaksanaan irigasi, ada kemungkinan bahwa sistem penggolongan tersebut tidak dapat diikuti sepenuhnya oleh petani dikarenakan keterbatasan sarana produksi, tenaga kerja ataupun alat mesin pertanian. Sedangkan pihak otoritas irigasi harus tetap memberikan air irigasi sesuai jadwal dengan jumlah sama dengan rencana semula sehingga mengakibatkan ketidakefisienan penggunaan air irigasi. Keterlambatan kegiatan usaha tani menurut sistem penggolongan merupakan masalah yang kompleks karena menyangkut aspek sosial ekonomi petani (Erizal 1988).

Penelitian untuk memaksimalkan luas lahan didasarkan pada ketersediaan air dan tenaga kerja dalam sistem irigasi golongan dilakukan oleh Apriati (1993). Kemudian Akhand *et al.* (1995) melakukan penelitian untuk memaksimalkan keuntungan daerah irigasi dengan kendala ketersediaan air dan kapasitas kanal. Dengan menggunakan pemrogram linier, kedua penelitian di atas berhasil mendapatkan tingkat penyaluran air irigasi secara optimal akan tetapi posisi lahan yang berkaitan dengan jadwal penyaluran air tidak diperhitungkan sehingga dalam implementasinya akan dapat menyulitkan petugas irigasi untuk menentukan pembagian air irigasi. Permasalahan tersebut dapat diatasi dengan menggunakan metoda Algoritma Genetik (AG) sehingga faktor spasial seperti posisi lahan sawah atau ladang dapat diperhitungkan dalam proses optimisasi penyaluran air irigasi.

AG adalah metode optimisasi dikembangkan oleh John Holland pada tahun 1975. Metode AG menggunakan prinsip ilmu genetika dari teori Darwin untuk mendapatkan tujuan tertentu. Ide dasarnya adalah organisme yang

berevolusi dari generasi ke generasi untuk beradaptasi dengan lingkungannya.

Penelitian mengenai optimisasi penjadwalan penyaluran air irigasi secara terputus (*intermittent irrigation*) menggunakan AG telah dilakukan oleh Nixon *et al.* (2001). Sedangkan Matthews (2001) memecahkan permasalahan spasial dalam proses optimisasi tataguna lahan menggunakan algoritma *greedy* yang dikombinasikan dengan AG. Kedua penelitian tersebut menyatakan bahwa AG membutuhkan waktu komputasi yang lebih pendek dan lebih efektif dibandingkan dengan pemrograman linier karena dapat memberikan hasil yang lebih lengkap.

Penelitian ini bertujuan untuk mengoptimalkan perencanaan golongan pemberian air dan yang pertama kali menggunakan AG dan algoritma *greedy*. Kendalanya adalah sumberdaya yang dimiliki oleh setiap lahan persawahan dan mengandung parameter spasial yang terkait dengan letak petak tersier. Oleh karena itu, prinsip-prinsip penentuan tataguna lahan berlaku untuk pendekatan dalam penentuan golongan pemberian air.

BAHAN DAN METODE

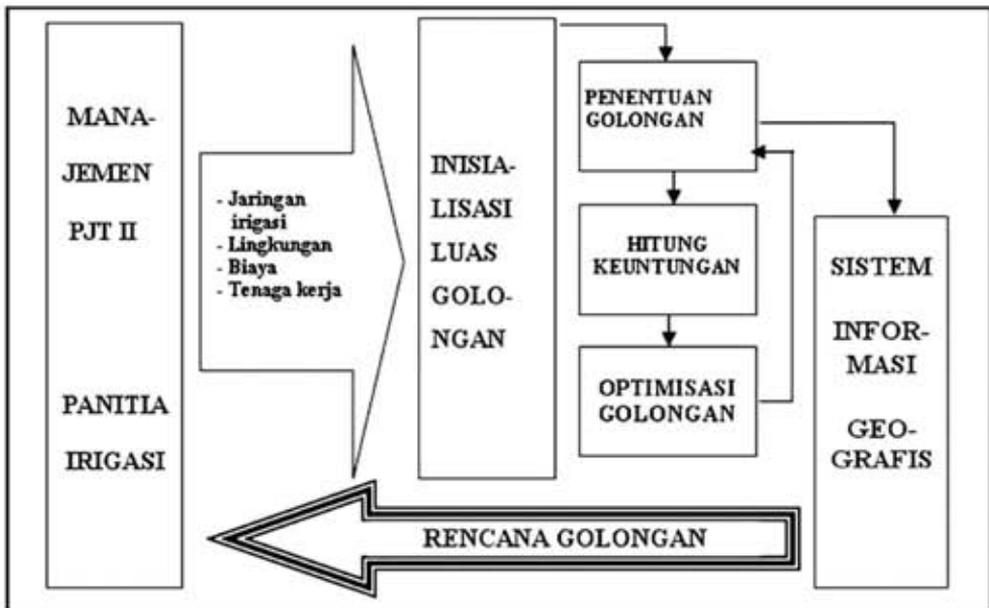
Penelitian dilakukan di wilayah Pengamat Irigasi Cikarang (PI Cikarang) yang termasuk dalam Daerah Irigasi Jatiluhur (DI Jatiluhur) dan dikelola oleh Perum Jasa Tirta II (PJT II). Wilayah PI Cikarang berada di Kabupaten Bekasi. Daerah tersebut terletak pada ketinggian 13 m s/d 18 m dpl. Tanahnya berjenis Aluvial Kelabu. Luas seluruh lahan saat penelitian dilakukan adalah 10,183 ha dengan luas Golongan I 805 ha, Golongan II 2,052 ha, Golongan III 4,711 ha dan Golongan IV 2,615 ha. Air irigasi didapat dari Saluran Primer Tarum Barat (BTb30A) dan Saluran Sekunder Kedung Gede (BKg4). Pola tanam yang berlaku

adalah padi-padi-padi untuk Golongan I dan II serta padi-padi-palawija untuk Golongan III dan IV.

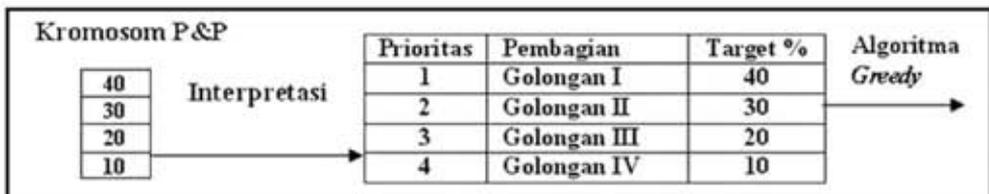
Model optimisasi pemberian air irigasi mempunyai empat macam masukan, yaitu (1) data spasial, (2) faktor lingkungan, (3) faktor biaya, dan (4) faktor tenaga kerja. Keempat jenis masukan tersebut memberikan data untuk rangkaian proses optimisasi berdasarkan karakteristik dan situasi yang terjadi pada setiap unit petak tersier di wilayah pengamat Cikarang. Seluruh rangkaian proses optimisasi menggunakan AG untuk menghasilkan keluaran rencana irigasi golongan yang ditampilkan melalui Sistem Informasi Geografis. Secara keseluruhan model optimisasi sistem

irigasi golongan disajikan pada Gambar 1.

Inisialisasi luasan bertujuan mencari nilai awal dari luas golongan secara acak menggunakan probabilitas relatif dan kumulatif dari luas tiap golongan selama 10 tahun terakhir agar nilai yang dibangkitkan merupakan pendekatan terbaik terhadap peluang tertinggi dari luas lahan terdahulu. Luas golongan dinyatakan sebagai prosentase dari luas lahan total sehingga kromosom (*genotype*) AG disebut dengan Prosentase dan Prioritas (P&P). Inisialisasi luasan menghasilkan 4 gen yang menyatakan jumlah golongan pemberian air, sedangkan angka prosentase pada tiap gen menyatakan



Gambar 1. Model sistem optimisasi pemberian air irigasi



Gambar 2. Struktur kromosom P&P

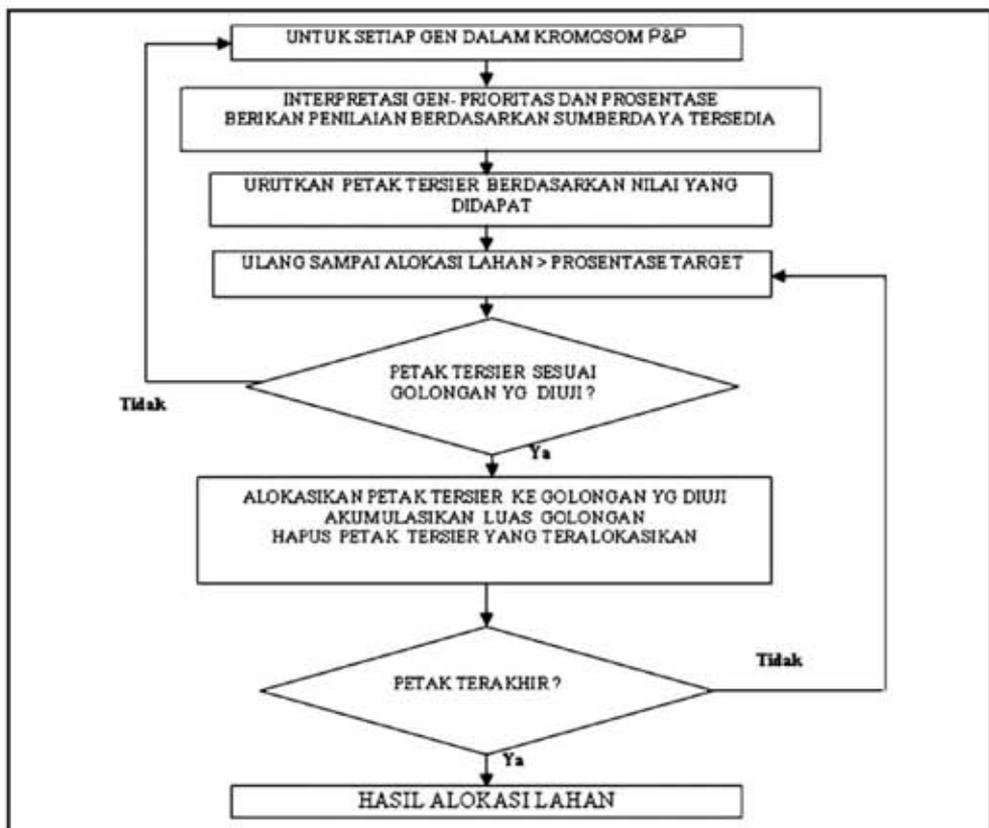
target golongan. Jumlah golongan adalah 4, tetapi konfigurasi petak tersier dapat berubah pada setiap musim tanam. Struktur kromosom P&P disajikan pada Gambar 2.

Penentuan golongan bertujuan mengalokasikan petak tersier ke golongan tertentu berdasarkan kebutuhan faktor produksi untuk memulai musim tanam. Kebutuhan faktor produksi pertanian dan waktu panen musim tanam sebelumnya merupakan variabel keputusan dalam penentuan golongan. Kendalanya adalah jarak dan ketersediaan air irigasi dari sumber air ke petak tersier, pola tanam serta ketersediaan sumberdaya untuk memenuhi kebutuhan faktor produksi. Obyek penentuan golongan adalah populasi kromosom hasil inialisasi atau populasi kromosom reproduksi.

Penentuan golongan dilakukan menggunakan algoritma *greedy* (Matthews 2001) dan disajikan pada Gambar 3.

Perhitungan keuntungan bertujuan mendapatkan keuntungan bersih dari setiap individu atau kromosom. Fungsi tujuannya adalah model perhitungan keuntungan dimana keuntungan sebelum pajak (NB) merupakan selisih dari pendapatan total dikurangi biaya total.

Perhitungan NB didasarkan atas besarnya kebutuhan faktor produksi terhadap ketersediaan sumber daya yang merupakan kendala. Proses evaluasi yang merupakan salah satu bagian dari metode AG digunakan sebagai tahapan perhitungan NB . Pengecekan kriteria konvergensi dilakukan setelah NB diperoleh. Apabila AG belum mencapai



Gambar 3. Prosedur algoritma *greedy* untuk penentuan golongan

kriteria konvergensi, proses optimisasi dilakukan terhadap populasi kromosom. Gambar 4 menyajikan diagram alir untuk perhitungan NB.

Sedangkan fungsi tujuan untuk menghitung NB diformulasikan sebagai berikut:

Maksimumkan NB

dimana :

$$NB = \sum_{i=1}^m \sum_{j=1}^n (X_{ij} P_{y_j} Y_j - 10P_{x_i} X_{ij} W_{ij} - W_{ij} / C_{ij} P_m - M_{ij} P_{IX_{ij}} Dr - P_s X_{ij} S_{ij}) \quad (1)$$

$$\sum_{i=1}^m \sum_{j=1}^n W_{ij} \leq W_t \quad (2)$$

$$\sum_{i=1}^m \sum_{j=1}^n X_{ij} / C_{ij} \leq C_t H_t \quad (3)$$

$$\sum_{i=1}^m \sum_{j=1}^n X_{ij} M_{ij} \leq M_t \quad (4)$$

$$\sum_{i=1}^m \sum_{j=1}^n X_{ij} S_{ij} \leq S_t \quad (5)$$

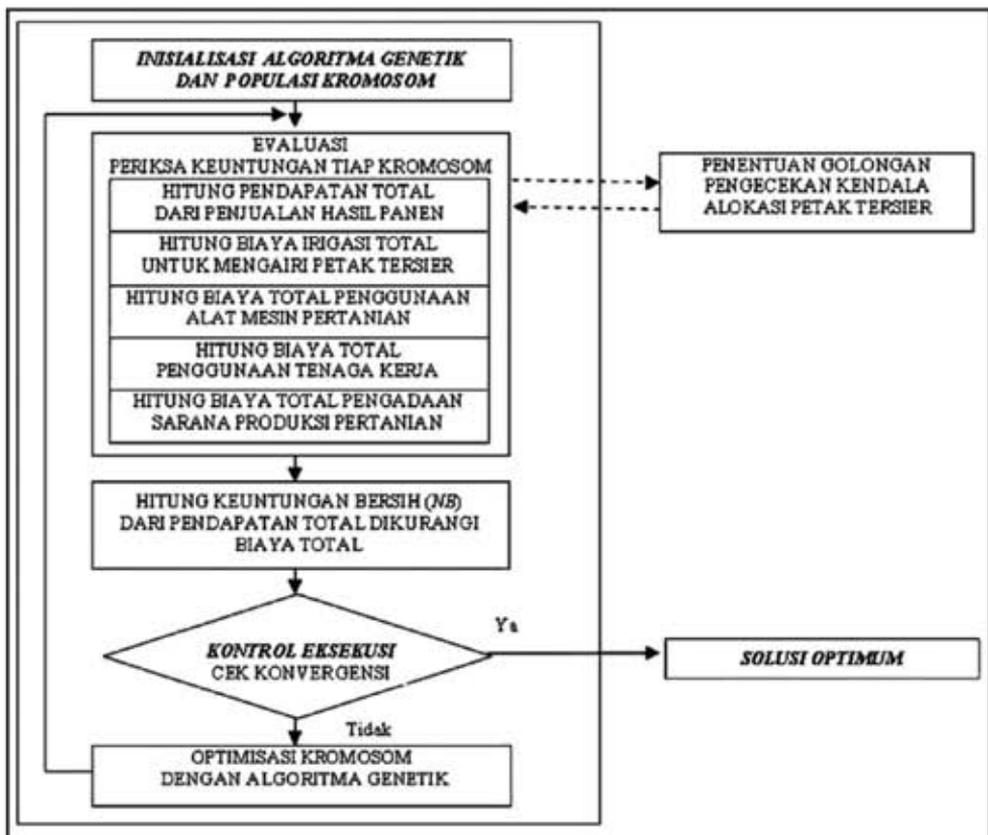
dimana:

NB = keuntungan bersih per tahun (Rp)

X_{ij} = luas lahan untuk petak tersier i pola tanam j (ha)

P_{yj} = harga jual komoditas j (Rp kg⁻¹)

dengan kendala-kendala :



Gambar 4. Diagram alir untuk perhitungan NB

Y_{ij} = jumlah hasil panen komoditas j di petak tersier i (kg ha^{-1})
 Px_i = biaya irigasi untuk petak tersier i (Rp m^{-3})
 W_{ij} = jumlah air irigasi yang dibutuhkan petak tersier i pola tanam j (mm)
 10 = faktor konversi dari ha-mm ke m^3
 Pm = biaya penggunaan mesin pertanian (Rp hari^{-1})
 C_{ij} = kapasitas kerja alsin dibutuhkan di petak tersier i pola tanam j (ha hari^{-1})
 Pl = biaya tenaga kerja (Rp orang^{-1})
 M_{ij} = jumlah tenaga kerja dibutuhkan di petak i pola tanam j ($\text{orang ha}^{-1} \text{hari}^{-1}$)
 Dr = lama waktu bekerja (hari)
 Ps = biaya pengadaan saprodi (Rp kg^{-1})
 S_{ij} = kebutuhan saprodi di petak tersier i pola tanam j (kg ha^{-1})
 W_t = jumlah air irigasi tersedia saat periode t (mm)
 C_t = kapasitas alsin tersedia saat olah tanah pada periode t (ha hari^{-1})
 H_t = durasi saat olah tanah pada periode t (hari)
 M_t = jumlah tenaga kerja tersedia pada periode t (orang hari^{-1})
 S_t = jumlah saprodi tersedia saat periode t (kg)

Fungsi respon tanaman terhadap jumlah air irigasi yang diberikan (Doorenbos & Kassam 1979) digunakan untuk memprediksi jumlah hasil panen (*crop yield*). Model ini digunakan untuk menghitung pengaruh pemberian air irigasi secara maksimal (*full irrigation*) dan minimal (*under irrigation*) terhadap hasil panen secara kumulatif.

$$Y_i = Ym_i \left[1 - ky_i \left(1 - \frac{X_{ijk} IE_i}{ETm_i} \right) \right] \quad (6)$$

dimana :

Ym_i = hasil panen maksimum dari petak tersier i (kg ha^{-1})

ky_i = faktor respons hasil panen untuk petak tersier i
 ETm_i = evapotranspirasi maksimum dari petak tersier i (mm)
 IE_i = efisiensi irigasi dari petak tersier i

Optimisasi golongan memproses kromosom golongan pemberian air menggunakan AG untuk mencari konfigurasi paling optimum berdasarkan keuntungan maksimum. Metode AG terdiri dari operator seleksi, *crossover* dan mutasi. Seleksi menentukan kromosom *parent*. *Crossover* adalah persilangan dua kromosom *parent* untuk mendapatkan dua kromosom *child*. Mutasi merubah nilai dari satu atau beberapa gen untuk menghasilkan kromosom baru. Tiap operator mempunyai beberapa teknik untuk menjalankan fungsinya masing-masing.

Sebelum menggunakan AG untuk optimisasi golongan, terlebih dahulu harus dilakukan pengujian untuk mencari teknik yang terbaik dari tiap operator. Pengujian ini juga bermaksud untuk mengefisienkan dan mengefektifkan proses optimisasi sehingga hanya teknik terbaik yang digunakan dalam proses tersebut. Pengujian ini menggunakan 20 kromosom per populasi dengan jumlah generasi 10.

Teknik seleksi yang diuji adalah *roulette-wheel*, turnamen dan *elitist* (Michalewicz 1996). Seleksi *roulette-wheel* menggunakan distribusi peluang setiap kromosom untuk terpilih. Seleksi turnamen memilih 2 kromosom dimana yang terbaik diambil untuk melakukan *crossover*. Seleksi *elitist* mempertahankan kromosom terbaik pada satu generasi untuk menggantikan kromosom terburuk pada generasi berikutnya.

Teknik *crossover* yang diuji adalah *1-point*, modifikasi dan *uniform*. *Crossover 1-point* menyilangkan dua kromosom *parent* untuk menghasilkan dua kromosom *child* dengan

mengkombinasikan gen *parent* di posisi gen tertentu berdasarkan bilangan acak integer dengan kisaran 1 sampai dengan panjang kromosom. *Crossover* modifikasi mirip dengan *1-point* dengan perbedaan pada urutan gen *parent* yang dimiliki oleh gen *child*. *Crossover uniform* menyilangkan dua kromosom *parent* untuk menghasilkan dua kromosom *child* dimana tiap gennya merupakan kombinasi dari gen *parent* berdasarkan probabilitas tertentu seperti terlihat pada Gambar 5 (Michalewicz 1996).

Teknik mutasi yang diuji adalah *creep*, *acak* dan *reciprocal exchange* (Beasley 1993). Mutasi *creep* menambah atau mengurangi nilai dari satu atau beberapa gen dengan angka acak yang kecil. Mutasi acak mengganti nilai dari satu atau beberapa gen dengan angka yang diambil secara acak. Mutasi *reciprocal exchange* seperti terlihat pada Gambar 6 berfungsi untuk menukar nilai dari dua gen yang dipilih secara acak dengan ketentuan apabila kedua gen tersebut berada di satu lokasi maka pertukaran gen diulang.

Teknik dengan nilai terbaik dari tiap operator digunakan untuk optimisasi golongan. Tahapan optimisasi dengan

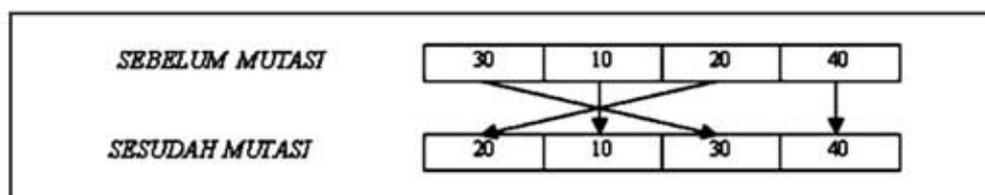
adalah : Pertama, inialisasi AG dengan mendefinisikan jumlah kromosom per populasi, kriteria berhenti, dan parameter operator. Kedua, evaluasi *phenotype* dengan menghitung keuntungan (*fitness*) tiap kromosom dengan model perhitungan keuntungan. Ketiga, kromosom dengan keuntungan tinggi diseleksi dengan *crossover*. Seleksi diulang sebanyak jumlah kromosom per populasi. *Crossover* dilakukan dengan menggunakan probabilitas *crossover* yang menunjukkan besarnya harapan jumlah kromosom untuk melakukan *crossover*. Berikutnya adalah mutasi dengan probabilitas mutasi yang menunjukkan peluang tiap gen untuk mengalami perubahan.

Kromosom hasil optimisasi digabungkan dengan kromosom lama menjadi populasi yang baru. Kemudian dilakukan evaluasi kembali untuk setiap kromosom di populasi tersebut. Setelah itu, AG menguji kriteria berhenti yang didasarkan pada konvergensi tertentu. Keadaan optimum tercapai bila nilai evaluasi maksimum stabil dalam 5 kali pengulangan. Bila belum konvergen, proses optimisasi diulang kembali.

Sistem Informasi Geografis bertujuan

<i>PARENT 1</i>	30	10	20	40
<i>PARENT 2</i>	15	30	35	20
<i>CHILD 1</i>	15	30	20	40
<i>CHILD 2</i>	30	10	35	20

Gambar 5. *Crossover uniform* dengan probabilitas = 0.5



Gambar 6. Mutasi *reciprocal exchange*

Tabel 1. Skenario optimisasi

Skenario	Golongan	Pola Tanam	Justifikasi
0	I	Pi-Pi-Pi	Pola tanam yang umum dilakukan oleh petani (Golongan I s/d Golongan IV) wilayah Pengamat Irigasi Cikarang.
	II	Pi-Pi-Pi	
	III	Pi-Pi-Pa	
	IV	Pi-Pi-Pa	
1	I	Pi-Pi-Pa	Salah satu pola tanam yang ditentukan oleh Dinas Pertanian karena dapat menjaga kesuburan tanah dan menghasilkan keuntungan yang tinggi
	II	Pi-Pi-Pa	
	III	Pi-Pa-Pa	
	IV	Pi-Pa-Pa	
2	I	Pi-Pi-Pi	Variasi pola tanam yang sebaiknya dilakukan oleh petani karena penanaman padi tidak membutuhkan pemeliharaan yang rutin
	II	Pi-Pi-Pa	
	III	Pi-Pi-Pa	
	IV	Pi-Pa-Pa	
3	I	Pi-Pi-Pi	Salah satu pola tanam yang ditentukan oleh Dinas Pertanian. Penanaman padi dilakukan karena faktor cuaca dan menjaga ketersediaan beras
	II	Pi-Pi-Pa	
	III	Pi-Pa-Pa	
	IV	Pi-Pa-Pa	
4	I	Pi-Pi-Pi	Salah satu pola tanam anjuran dari Dinas Pertanian. Penanaman padi dilakukan karena faktor cuaca dan menjaga ketersediaan beras.
	II	Pi-Pi-Pi	
	III	Pi-Pa-Pa	
	IV	Pi-Pa-Pa	

menjelaskan dinamika spasial berupa perubahan status golongan pintu air (*intake*). Dari peta daerah irigasi dapat diketahui jumlah luas lahan yang diairi oleh setiap *intake*, sehingga dengan berubahnya status golongan *intake*, maka akan berubah pula luas dari setiap golongan.

Pengujian model optimisasi dilakukan dengan cara memproses data aktual rata-rata golongan dan faktor produksi dari musim tanam 1996 sampai dengan musim tanam 2004. Hasilnya kemudian dibandingkan dengan output dari proses simulasi dengan menggunakan data yang

sama. Skenario dipilih berdasarkan pola tanam dan disajikan pada Tabel 1. Pi menyatakan padi dan Pa menyatakan palawija.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Probabilitas Mutasi

Pengujian pertama dilakukan terhadap beberapa probabilitas mutasi. Angka probabilitas yang diuji adalah 0.05; 0.10; 0.25; 0.50; 0.75 dan 0.95. Teknik yang digunakan adalah seleksi *roulette-wheel*, *crossover* uniform, dan mutasi acak.

Tabel 2. Pengujian probabilitas mutasi

pm	Test Ke 1 (juta rupiah)		Test Ke 2 (juta rupiah)		Test Ke 3 (juta rupiah)		Rerata Total (juta rupiah)
	Terbaik	Rerata	Terbaik	Rerata	Terbaik	Rerata	
0.05	36,597	33,992	35,184	34,396	33,113	32,145	33,511
0.10	35,248	32,880	33,770	32,170	35,246	33,463	32,838
0.25	33,961	33,304	35,823	33,196	38,207	36,953	34,485
0.50	35,448	34,490	37,386	35,442	37,670	33,730	34,554
0.75	38,161	35,435	37,239	35,142	38,206	34,116	34,898
0.95	36,611	35,026	35,700	33,827	36,632	33,164	34,006

Tabel 3. Hasil pengujian masing-masing teknik dari operasi AG

Operasi	Teknik	Test Ke 1 (juta rupiah)		Test Ke 2 (juta rupiah)		Test Ke 3 (juta rupiah)		Rerata Total (juta Rp)
		Terbaik	Rerata	Terbaik	Rerata	Terbaik	Rerata	
Crossover	Uniform	37,258	36,031	36,506	34,015	38,351	36,014	35,353
	1-point	36,518	34,844	37,426	34,815	37,417	35,831	35,163
	Mdfikasi	34,603	33,166	35,204	34,112	33,164	32,222	33,167
Seleksi	Turnamen	32,533	31,619	32,532	31,954	32,532	31,648	31,741
	Rwheel	32,532	31,642	32,532	32,259	32,532	32,318	32,073
	Elitist	32,533	32,474	32,532	32,197	32,533	32,258	32,310
Mutasi	Rexchg	34,603	32,508	33,961	32,634	35,728	34,271	33,138
	Acak	32,532	32,136	32,532	32,082	32,532	32,178	32,132
	Creep	35,146	32,444	33,585	32,465	33,165	32,625	32,511

Pengujian dilakukan sebanyak 3 kali per *item*. Seluruh pengujian menggunakan skenario ke 1, probabilitas *crossover* 0.5 (Matthews 1999) dan hasil pengujian adalah nilai keuntungan yang didapat. Hasil pengujian disajikan pada Tabel 2.

Probabilitas mutasi tertinggi didapat pada angka 0.75, tetapi tidak terdapat *trend* yang pasti dari hasil diatas. Untuk pengujian berikutnya digunakan angka 0.75.

Pemilihan Teknik Crossover, Seleksi dan Mutasi

Untuk memilih teknik *crossover*, digunakan proses seleksi *roulette-wheel*, dan proses mutasi acak. Untuk memilih teknik seleksi, digunakan *crossover uniform*, dan mutasi acak. Untuk memilih teknik mutasi, digunakan *crossover*

uniform, dan seleksi turnamen. Probabilitas *creep* 0.3. Hasil pengujian disajikan pada Tabel 3.

Pengujian teknik *crossover* menunjukkan *crossover uniform* memberikan rerata total tertinggi dikarenakan pertukaran gen secara individual antar kromosom *parent* dibandingkan *crossover* lainnya yang mempertukarkan gen secara segmental. Pertukaran gen secara individual berpengaruh lebih besar terhadap variasi kromosom *child* dan memperbesar peluang untuk mengeksplorasi kemungkinan penyelesaian.

Hasil pengujian teknik seleksi memperlihatkan seleksi *elitist* memberikan rerata total tertinggi dibandingkan kedua metode lainnya. Dengan mempertahankan kromosom

Tabel 4. Hasil optimisasi dan perhitungan keuntungan tiap skenario

Musim Tanam (Tahun)	Skenario	Luas golongan (ha)				Keuntungan (juta rupiah)
		I	II	III	IV	
2004-2005	0	1,169	2,231	5,854	982	-
	1	1,740	771	6,023	1,292	38,577
	2	771	5,060	1,910	2,054	19,003
	3	771	1,740	6,023	1,776	36,549
	4	1,733	771	6,023	1,292	32,284
2003-2004	0	805	2,052	4,711	2,615	15,181
	1	1,725	767	5,992	2,017	39,046
	2	767	5,848	1,900	2,043	19,069
	3	689	1,690	5,437	2,017	37,848
	4	708	1,690	5,364	2,017	34,145
2002-2003	0	723	1,949	5,701	1,874	14,860
	1	1,701	713	5,207	2,001	39,046
	2	676	5,236	1,968	2,029	19,315
	3	693	1,701	5,471	2,029	37,346
	4	1,701	713	5,398	2,510	33,295
2001-2002	0	744	1,772	5,497	2,116	14,868
	1	705	1,681	5,335	1,777	38,876
	2	705	5,048	1,807	2,006	19,314
	3	705	1,681	5,335	2,481	37,346
	4	1,681	685	5,147	2,006	33,295
2000-2001	0	705	1,908	5,486	2,086	14,860
	1	1,820	689	5,439	2,495	39,064
	2	672	5,365	1,690	1,787	19,035
	3	672	1,690	5,243	2,017	37,035
	4	1,690	711	5,439	1,787	33,288

terbaik pada generasi berikutnya, metode *elitist* sekaligus memberikan nilai terbaik yang konsisten selama tiga kali pengujian. Pengujian teknik mutasi menunjukkan secara umum *reciprocal exchange* memberikan hasil tertinggi untuk nilai maksimum dan rerata yang berarti kromosom hasil *crossover* telah cukup baik dalam merepresentasikan prosentase golongan yang diinginkan. Dilain pihak, perubahan nilai gen secara acak tidak mampu meningkatkan nilai keuntungan terbukti bahwa mutasi acak mencatat nilai terendah.

Hasil Optimisasi

Hasil optimisasi beserta perhitungan keuntungan untuk tiap skenario disajikan pada Tabel 4 :

Gambar 7 sampai 10 menyajikan perbandingan keuntungan antara data aktual dengan hasil optimisasi untuk setiap skenario.

Dari Gambar 7 sampai 10 terlihat bahwa optimisasi pada Skenario 1, 3 dan 4 memberikan keuntungan yang cukup signifikan dibandingkan dengan keuntungan dari data aktual. Dari ketiga skenario tersebut, Skenario 1 mempunyai

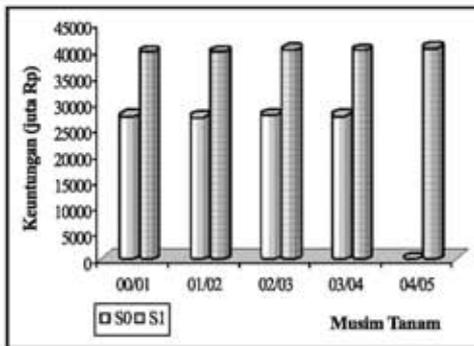
peluang terbesar untuk dipilih karena memberikan keuntungan tertinggi. Skenario 1, 3 dan 4 telah sesuai dengan ketentuan dari Dinas Pertanian dalam hal penanaman padi di musim rendeng. Skenario tersebut juga menekankan untuk menanam palawija di akhir musim gadu untuk Golongan I dan II maupun pada musim gadu untuk golongan III dan IV. Selain itu, proses optimisasi juga berpengaruh terhadap perubahan luas golongan dan berdampak positif terhadap hasil keuntungan wilayah.

KESIMPULAN

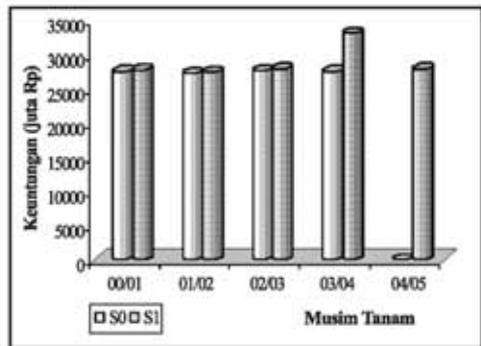
1. Algoritma genetik secara efektif dapat digunakan untuk optimisasi penyaluran air irigasi. Penerapan algoritma genetik dengan beberapa

skenario perencanaan memberikan hasil sebagai berikut : Skenario 1, 3 dan 4 menghasilkan keuntungan yang terbesar dimana rata-rata hasil keuntungan diatas Rp 3,000,000 per ha per tahun karena adanya intensitas penanaman palawija yang tinggi pada skenario-skenario tersebut. Harga jual palawija yang tinggi memberikan keuntungan cukup signifikan dibandingkan dengan hasil Skenario 0.

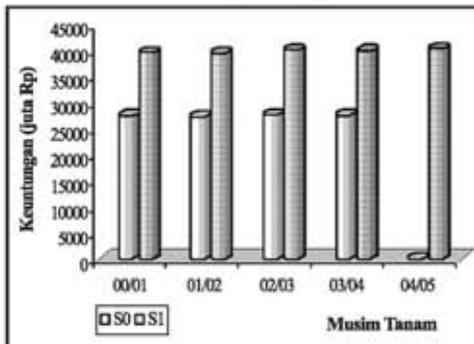
2. Optimisasi berpengaruh pada perubahan luas golongan dan berdampak positif terhadap hasil keuntungan. Perubahan luas golongan memberikan peluang mengoptimalkan luas penanaman yang terlihat pada Skenario 1, 3 dan 4.



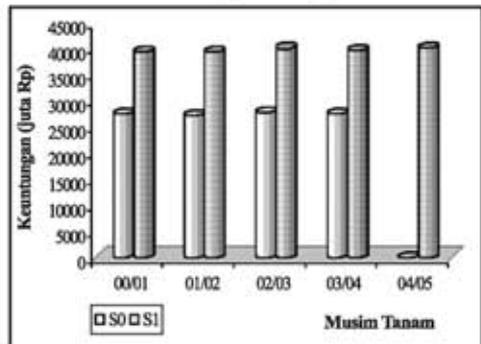
Gambar 7. Keuntungan dengan Skenario 1



Gambar 8. Keuntungan dengan Skenario 2



Gambar 9. Keuntungan dengan Skenario 3



Gambar 10. Keuntungan dengan Skenario 4

DAFTAR PUSTAKA

- Akhand, N.A., D.L. Larson, D.C. Slack. 1995. Canal irrigation allocation planning model. *Trans. of The ASAE* 38(2):545-550.
- Apriati, D.A. 1993. Optimasi pola tanam dengan sistem golongan dan kaitannya dengan ketersediaan tenaga kerja di Daerah Irigasi Curug Agung Jawa Barat. Skripsi. Departemen Teknik Pertanian, Fakultas Teknologi Pertanian, Institut Pertanian Bogor.
- Beasley D. 1993. An Overview of Genetic Algorithms:Part 2. Research Topics. University of Wales College of Cardiff.
- Doorenbos, J., W.O. Pruitt. 1977. Guidelines for predicting crop water requirement, Irrigation and Drainage Paper. Rome:Food and Agriculture Organization, United Nations Organization.
- Erizal. 1988. Intensifikasi Irigasi Pada Tingkat Usaha Tani di Wilayah Kerja Balai Penyuluh Pertanian Cikarang. Departemen Teknik Pertanian, Fakultas Teknologi Pertanian, Institut Pertanian Bogor.
- Matthews, K.B. 1999. Implementation of a spatial decision support system for rural land use planning, *Computers and Electronics in Agriculture* 23 9-26.
- Matthews, K.B. 2001. Applying Genetic Algorithms to Multi-objective Land-Use Planning. Dissertation. The Robert Gordon University of Aberdeen.
- Michalewicz, Z. 1996. *Genetic Algorithms + Data Structures = Evolution Programs*. Springer-Verlag, Inc. New York.
- Nixon J.B., G.C. Dandy, A.R. Simpson. 2001. A Genetic Algorithm for optimizing off-farm irrigation scheduling. IWA Publishing.