

IMPLEMENTASI ALGORITMA GENETIKA UNTUK OPTIMASI PEMILIHAN ANTIHIPERTENSI PADA PENDERITA HIPERTENSI

Kemal Wibisono¹, Wayan Firdaus Mahmudy²

^{1,2,3} Informatika, Fakultas Ilmu Komputer, Universitas Brawijaya

Email: ¹wibisonokemal@gmail.com, ²wayanfm@ub.ac.id

Abstrak

Penyakit Hipertensi merupakan masalah yang serius bagi seluruh dunia, tak terkecuali Indonesia. Perlu dilakukan berbagai cara dalam menjaga kestabilan tekanan darah bagi penderita hipertensi. Penanganan hipertensi akan semakin rumit, apabila penderita memiliki komorbid. Penderita hipertensi yang memiliki komorbid harus menjalani terapi kombinasi dalam mengkonsumsi antihipertensi. Seorang dokter harus mematuhi aturan kombinasi sesuai dengan kaidah kombinasi antihipertensi. Akan tetapi masih ditemukan terapi kombinasi antihipertensi yang tidak sesuai dengan kaidah kombinasi antihipertensi. Algoritma genetika diterapkan pada kasus pemilihan antihipertensi untuk mendapatkan solusi yang paling optimum dari segi kelayakan dan ekonomis. Optimasi pemilihan antihipertensi menggunakan algoritma genetika menggunakan teknik crossover dengan one-cut point, mutasi dengan exchange mutation dan seleksi dengan elitism selection. Solusi optimal diperoleh dari ukuran populasi sebanyak 100 individu, kombinasi crossover rate dan mutation rate sebesar 0,3 dan 0,7, serta jumlah generasi sebesar 90. Hasil akhir berupa rekomendasi antihipertensi yang di ajukan oleh sistem.

Kata kunci: *Algoritma Genetika, Optimasi, Hipertensi, Antihipertensi*

Abstract

Hypertension is serious problem in the world, as well in Indonesia. There are several things to do to control the blood pressure for the hypertension patient. Handling the hypertension is more difficult, if the patient has comorbid. The patient must do the therapy combination for the antihypertension drug. The doctor must obey the rule of antihypertensive combination therapy. However, several therapy aren't appropriate is still found. Genetic algorithm is applied in antihypertensive combination therapy to get the optimum and proper solution. The optimization use one-cut point for crossover technique, exchange mutation for mutation technique and elitism method for the selection technique. This research result are population size is 100, combination for crossover rate and mutation rate are 0,3 and 0,7, and 90 generation, which are the best solution. The final result of the system is recommendation.

Keywords: *Genetic Algorithm, Optimization, Hypertension, Antihypertension*

1. PENDAHULUAN

Penyakit hipertensi merupakan masalah yang tidak bisa dipandang sebelah mata. World Heart Organization (WHO) mencatat hipertensi termasuk kedalam 10 penyakit yang menyebabkan kematian paling banyak. Pada tahun 2010, International Society of Hypertension (ISH) mencatat hipertensi bertanggung jawab atas 9,4 juta kasus kematian. Pada tahun 2013, lebih dari 360.000 kasus kematian warga Amerika Serikat yang disebabkan hipertensi sebagai faktor utama ataupun pendukung. Artinya pada tahun tersebut, Amerika Serikat mengalami hampir 1000 kasus kematian per hari [1]. American Hypertension Association (AHA) juga mencatat terjadinya kenaikan jumlah kematian pertahun akibat hipertensi, dari rentang 2001 hingga 2011, sebanyak 39 persen. Akibatnya AHA juga menyimpulkan ratio hipertensi dengan kematian pada tahun tersebut mengalami kenaikan 13 persen.

Hipertensi juga masih menjadi epidemi bagi kesehatan masyarakat. ISH mencatat rata-rata 4 dari 10 orang dewasa diatas 25 tahun memiliki penyakit

hipertensi. AHA juga mencatat 80 juta orang Amerika memiliki tekanan darah tinggi. WHO juga menegaskan bahwa hampir satu miliar orang menderita hipertensi, dimana dua per tiga-nya terdapat di negara berkembang. Bahkan diprediksi sekitar 1,5 miliar orang dewasa terkena hipertensi pada tahun 2025 [2].

Di negara Indonesia, hipertensi juga masih menjadi tantangan besar yang harus dihadapi. Hipertensi termasuk 10 penyakit paling mematikan di Indonesia. Menurut data dari *Sample Registration Survey* tahun 2014 yang dikembangkan oleh Badan Penelitian dan Pengembangan Kesehatan Kementerian Kesehatan, Hipertensi disebut sebagai penyakit penyebab kematian nomor lima tertinggi di Indonesia. Perhimpunan Dokter Hipertensi Indonesia (InaSH) mencatat angka kematian menyentuh angka 56 juta jiwa, terhitung dari tahun 2000 sampai 2013 [3].

Pengendalian hipertensi pun perlu biaya yang tidak sedikit. Centers for Disease Control and Prevention (CDC) mencatat biaya untuk pengendalian hipertensi di Amerika bisa mencapai 46 juta USD per tahun [1]. Salah satu pengendalian yang

dilakukan penderita hipertensi ialah mengonsumsi obat hipertensi (antihipertensi). Celakanya, harga antihipertensi perlahan mencekik para penderita hipertensi. Sebuah portal berita mengatakan, harga obat di pasaran yang harus dikonsumsi mencapai Rp 125.000 rupiah per butirnya (100 mg) dan harus dikonsumsi sepanjang hidupnya[4]. Peserta program Jaminan Kesehatan Nasional (JKN) pun, masih mengeluhkan pembebanan biaya obat antihipertensi yang tidak sedikit[5]. Keadaan ini sangat merugikan bagi penderita hipertensi yang memiliki penyakit pendukung (komorbid). Apabila sudah mencapai kondisi demikian, penderita harus menjalani terapi kombinasi dalam mengonsumsi antihipertensi. Artinya, semakin banyak komorbid yang diderita oleh pasien, semakin banyak pula obat yang harus dikonsumsi dan semakin mahal pula biaya yang harus ditanggung si pasien.

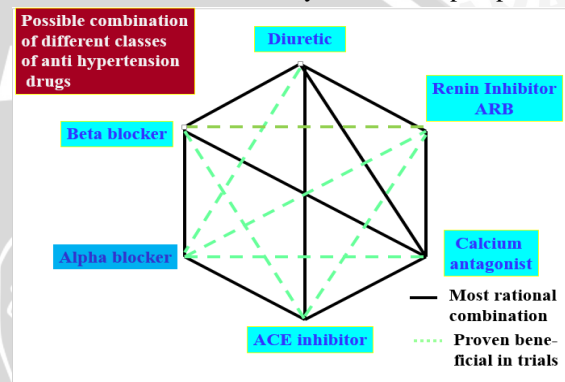
Di dalam mengkombinasikan antihipertensi, seorang dokter atau tenaga klinis harus mematuhi aturan-aturan yang berlaku, terkait dengan banyaknya kelas antihipertensi itu sendiri dan juga jenis obat dalam suatu kelas antihipertensi. Seorang dokter harus memahami cara kerja suatu kelas antihipertensi dalam terapi kombinasi, apakah suatu kelas tersebut mendukung untuk mengendalikan antihipertensi atau malah saling meniadakan. Di Indonesia terdapat terapi kombinasi yang tidak tepat dengan presentasi 4% dan terapi tidak rasional sebanyak 12% [6].

Algoritma genetika banyak digunakan dalam masalah optimasi dan mempunyai kemampuan untuk menghasilkan solusi yang baik untuk masalah-masalah rumit [7]. Algoritma ini sering dijumpai dalam permasalahan optimasi yang rumit karena selain adanya kemungkinan untuk keluar dari optimum lokal, dan ruang pencarian area yang sangat luas, algoritma ini mampu menyajikan kombinasi-kombinasi yang mungkin terjadi dengan keuntungan yang optimal. Pada penelitian sebelumnya, algoritma genetika mampu menentukan proposi luas lahan yang optimal pada setiap jenis tanaman yang akan ditanam dengan memanfaatkan luas lahan dan modal untuk memperoleh keuntungan yang maksimal[8]. Pada penelitian selanjutnya juga dibuktikan bahwa algoritma genetika mampu memberikan solusi gizi yang optimal dengan harga yang minimal [9]. Pada penelitian ini digunakan metode algoritma genetika untuk mengoptimalkan pemilihan antihipertensi, sehingga pengendalian hipertensi menjadi lebih optimal.

2. KOMBINASI ANTIHIPERTENSI

Penyakit hipertensi dengan banyak komorbid akan memerlukan terapi kombinasi antihipertensi. Terapi menggunakan kombinasi antihipertensi memiliki rata-rata pengurangan tekanan diastol lebih baik dibandingkan dengan obat tunggal[10].

Terapi kombinasi didasarkan dari kaidah-kaidah yang sesuai dengan kondisi pasien. Hal ini dilakukan dengan harapan mempercepat turunnya tekanan darah. Kaidah tersebut dijelaskan dalam JNC 7. Terdapat beberapa kombinasi dari kategori antihipertensi yang dimungkinkan untuk menurunkan tekanan darah pasien. Dan ada juga beberapa kategori yang tidak dianjurkan untuk dikombinasi. Hal ini didasari atas cara kerja antihipertensi itu sendiri. Kombinasi dapat dilakukan apabila dua obat memiliki kerja yang saling bersinergi, sedangkan kombinasi tidak dapat dilakukan apabila obat saling tabrakan atau meniadakan. Keadaan tabrakan dan meniadakan akan membahayakan kehidupan pasien.



Gambar 1. Aturan kombinasi antihipertensi

3. ALGORITMA GENETIKA

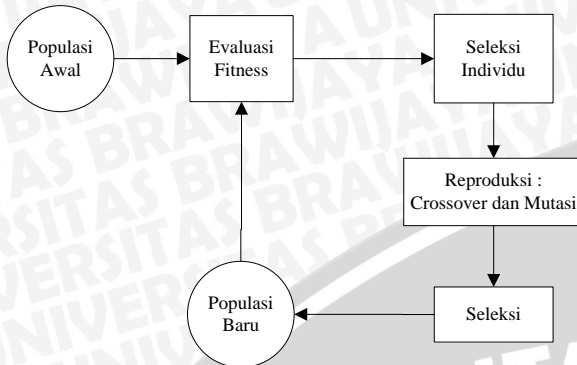
Algoritma Genetika atau *Genethic Algorithm* (GA) diperkenalkan oleh John Holland dalam menyelesaikan masalah optimasi. Algoritma Genetika merupakan *evolutionary algorithm* yang paling populer karena kemampuannya untuk menyelesaikan masalah yang memiliki model matematika yang kompleks atau sulit dibangun [7].

Solusi dari sebuah masalah harus dipetakan (*encoding*) menjadi string kromosom. String kromosom mengandung sejumlah gen yang menggambarkan variabel keputusan. Representasi kromosom dan fungsi *fitness* kemudian dimasukkan ke dalam algoritma genetika. Dengan meniru proses dan seleksi alam, muncul kromosom terbaik setelah dari sekian generasi. Kromosom terbaik itu lah yang diharapkan menjadi solusi optimum[7].

Berikut ini merupakan langkah-langkah dalam pemecahan masalah dengan menggunakan algoritma genetika adalah sebagai berikut:

1. Melakukan inisialisasi populasi kromosom secara acak (*random*).
2. Melakukan evaluasi setiap kromosom dalam populasi dengan cara pengevaluasian fungsi *fitness* (*fitness function*).
3. Memilih sebagian anggota populasi sebagai solusi yang sesuai untuk generasi selanjutnya.
4. Menciptakan kromosom baru (keturunan) dengan cara mereproduksi kromosom yang sudah dipilih dengan metode *crossover* dan mutasi.

- Mempertahankan anggota populasi yang memiliki fitness tinggi dan membuang anggota populasi lama yang memiliki nilai *fitness* rendah sesuai dengan jumlah populasi.



Gambar 2. Siklus Umum Algoritma Genetika

4. METODE

Siklus metode algoritma genetika sebagai berikut:

Pertama: Representasi kromosom, metode representasi yang digunakan yakni representasi *real-coded*. Setiap gen pada kromosom berupa angka atau integer yang menyatakan nomor atau simpul[5]. Kemudian simpul saling terhubung membentuk sebuah kombinasi. Pada penelitian ini, setiap jenis obat diwakili oleh sebuah angka integer. Contoh representasi kromosom dalam penelitian ini akan dijelaskan pada Tabel 1.

Tabel 1. Contoh representasi kromosom

Individu	Kromosom		Fitness
	1	2	
1	O1	O2	Z

Pada Tabel 1, panjang gen didalam kromosom bergantung dari seberapa banyak kormobid yang diderita oleh pasien dan setiap gen yang menyusun kromosom tersebut mewakili satu jenis obat antihipertensi untuk satu kormobid. Seperti yang telah dijelaskan bahwa panjang kromosom bergantung dari komorbid yang diderita pasien. Gen penyusun kromosom merupakan representasi angka yang mewakili suatu antihipertensi. Nilai *fitness* pada Tabel 1 menggunakan ketentuan sebagai berikut:

$$Fitness = \frac{Kekuatan\ Sistol\ Total}{(\alpha \times Harga\ Total) + ((1-\alpha) \times Penalti)} + \frac{Kekuatan\ Diastol\ Total}{(\alpha \times Harga\ Total) + ((1-\alpha) \times Penalti)} \quad (1)$$

Dimana:

- $\alpha = 0.1$, karena proses perhitungan fitness tidak mentoleransi penalti.
- Kekuatan sistol total merupakan penjumlahan kekuatan sistolic dari masing-masing kelas

antihipertensi yang dikombinasikan dan dianggap sebagai suatu solusi.

$$Kekuatan\ Sistol\ Total = systolic01 + systolic02 + \dots \quad (2)$$

- Kekuatan diastol total merupakan penjumlahan kekuatan diastolic dari masing-masing kelas antihipertensi yang dikombinasikan dan dianggap sebagai suatu solusi.

$$Kekuatan\ Diastol\ Total = diastol01 + diastol02 + \dots \quad (3)$$

- Harga total merupakan perkalian antara harga suatu antihipertensi dengan konsumsi antihipertensi per harinya. Kemudian dijumlahkan dengan perkalian antihipertensi lainnya.

$$Harga\ Total = (Harga01 \times Konsumsi01) + (Harga02 \times Konsumsi02) + \dots \quad (4)$$

- Penalti merupakan nilai yang diberikan terhadap suatu solusi. Apabila solusi itu sesuai dengan kaidah JNC 7 (dianggap layak) maka nilai Penalti = 0. Sedangkan apabila suatu solusi dianggap tidak layak maka nilai Penalti = 1.

Kedua: Inisialisasi Populasi Awal, Pada tahapan berikut merupakan pembangkitan populasi awal pembentukan kromosom dengan nilai-nilai parameter yang sesuai kebutuhan. Parameter awal dari perhitungan ini sebagai berikut: Jumlah populasi = 5, *crossover rate* = 0,4 dan *mutation rate* = 0,2. Jumlah populasi merupakan jumlah individu didalam sebuah populasi. *Crossover rate* merupakan nilai ratio yang digunakan untuk fase reproduksi crossover. Sedangkan *mutation rate* merupakan nilai ratio yang digunakan untuk fase reproduksi mutasi. Contoh inisialisasi populasi awal dalam penelitian ini akan dijelaskan pada Tabel 2.

Tabel 2. Inisialisasi Populasi Awal

Individu	Kromosom	
	1	2
P1	2	14
P2	4	15
P3	2	17
P4	7	12
P5	8	13

Ketiga: Crossover, yakni proses menyilangkan 2 individu untuk menghasilkan keturunan. Pada proses *crossover*, banyaknya keturunan (*child*) dihasilkan berdasar dari pada besarnya nilai *crossover rate*. Jumlah *child* yang muncul didapat dari perkalian nilai besarnya *crossover rate* dan jumlah *popsi*. Didalam penelitian ini digunakan metode *One-Cut Point*. Sesuai dengan parameter yang telah ditentukan, dari proses ini akan menghasilkan sebanyak $0,4 \times 5 = 2$ *child*. Pemilihan induk (*parent*) dilakukan secara acak pada interval P1 hingga P5 dari jumlah populasi yang ada. Tabel 3 akan menjelaskan proses *crossover*.



Tabel 3. Proses *Crossover*

Individu	Kromosom	
	1	2
P1	2	14
P4	7	12
C1	2	12
Parent yang diacak : 1,4		
P2	4	15
P3	2	17
C2	4	17
Parent yang diacak : 2,3		

Keempat: Mutasi, yakni proses perpindahan kromosom pada suatu induk sehingga menghasilkan suatu keturunan. Pada proses *mutation*, banyaknya keturunan (*child*) dihasilkan berdasar dari pada besarnya nilai *mutation rate*. Jumlah *child* yang muncul didapat dari perkalian nilai besarnya *mutation rate* dan jumlah populasi. Mutasi yang digunakan didalam penelitian ini adalah *reciprocal exchange mutation*. Dimana didalam metode ini memilih dua titik penukaran secara random kemudian menukarkan nilai tersebut. Sesuai dengan parameter yang telah ditentukan, dari proses mutasi ini menghasilkan sebanyak $0,2 \times 5 = 1$ child. Pemilihan induk (*parent*) dilakukan secara acak pada interval P1 hingga P5 dari jumlah populasi yang ada. Tabel 4 akan menjelaskan proses mutasi.

Tabel 4. Proses Mutasi

Individu	Kromosom	
	1	2
P5	3	13
C3	13	3
C1	3	13
Parent yang dimutasi : 5		

Kelima: Evaluasi dan Seleksi, proses evaluasi dilakukan untuk menghitung nilai *fitness* dengan persamaan (1) dari seluruh anggota populasi. Setelah itu dilakukan proses seleksi. Metode yang digunakan dalam penelitian ini adalah metode seleksi elitism. Metode elitism adalah metode yang mengurutkan individu berdasarkan nilai *fitness* parent dan offspring, dari nilai *fitness* yang paling tinggi hingga nilai *fitness* terendah, kemudian mengambil individu yang sudah diurutkan sesuai jumlah populasi. Dalam penelitian ini, seleksi tidak hanya bergantung pada besarnya *fitness* saja, akan tetapi dilihat juga penalti dari setiap individu. Individu dikatakan layak apabila nilai penalti suatu individu ialah 0. Sedangkan nilai penalti 1 dikatakan individu tersebut tidak layak untuk dijadikan sebuah solusi. Hal ini dilakukan untuk mencegah adanya solusi yang tidak layak sesuai dengan kaidah terapi kombinasi antihipertensi. Individu terbaik dalam populasi akan lolos untuk masuk kedalam generasi berikutnya. Metode elitism menjamin individu yang terbaik akan selalu lolos[5]. Tahapan pertama dalam seleksi elitism

adalah mengurutkan semua nilai *fitness* dan kelayakan setiap individu. Tabel 5 akan menjelaskan proses seleksi dan evaluasi.

Tabel 5. Seleksi dan Evaluasi

Individu	Kromosom		Penalti	Fitness
	1	2		
P1	2	14	0	0.004016
P3	2	17	0	0.003378
C1	2	12	0	0.001238
P2	4	15	0	0.000905
C3	13	3	0	0.000312
C2	4	17	1	0.000814
P4	7	12	1	0.000461
P5	8	13	1	0.000312

Setelah proses seleksi elitism, proses selanjutnya ialah mengambil individu-individu yang sudah diurutkan sesuai dengan populasi untuk generasi berikutnya. Individu-individu yang diambil merupakan individu terbaik sebanyak jumlah populasinya. Kemudian individu tersebut menjadi generasi berikutnya. Proses pembentukan generasi baru akan dijelaskan pada Tabel 6.

Tabel 6. Pembentukan generasi baru

Individu	Kromosom		Penalti	Fitness
	1	2		
P1	2	14	0	0.004016
P2	2	17	0	0.003378
P3	2	12	0	0.001238
P4	4	15	0	0.000905
P5	13	3	0	0.000312

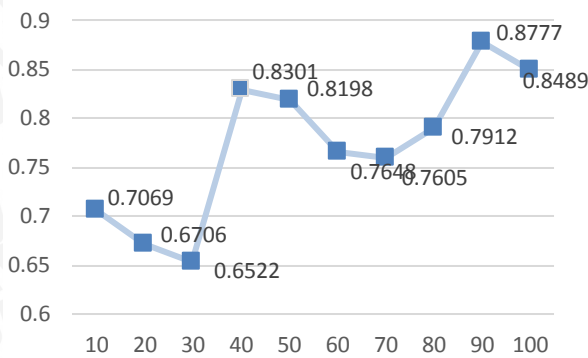
5. PENGUJIAN DAN ANALISIS

Pada bagian ini telah dilakukan 4 macam jenis pengujian yakni pengujian parameter optimal, diantaranya: pengujian jumlah generasi, pengujian jumlah populasi, pengujian kombinasi *crossover rate* dan *mutation rate*, serta pengujian parameter optimal terhadap suatu kasus. Berikut ini merupakan analisisnya:

Pengujian jumlah generasi

Pengujian ini bertujuan untuk mengetahui jumlah generasi yang optimal untuk menghasilkan *fitness* paling baik. Data yang digunakan untuk penelitian ini adalah pasien dengan hipertensi tingkat satu dan menderita komorbid CKD juga Angina Pectoris. Tekanan sistol pasien adalah 141 dan tekanan diastol pasien adalah 90. Jumlah populasi yang digunakan yakni 50 individu dengan banyak kelipatan generasi mulai dari 10 hingga 100. Nilai *crossover* dan *mutation rate* dalam pengujian ini sebesar 0,5 dan 0,5. Setiap generasi akan dilakukan sepuluh kalipercobaan dan dicari rata-rata *fitness* yang telah didapat. Hasil dari pengujian ini didapat nilai rata-rata *fitness* terbaik adalah 0,8777 pada

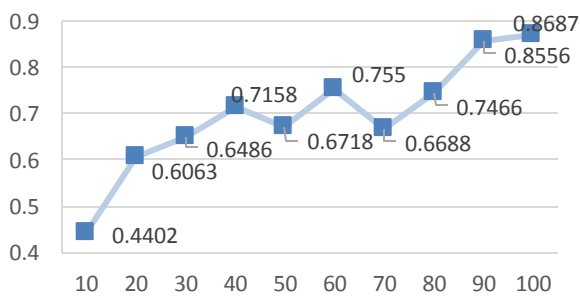
generasi ke 90. Sedangkan nilai rata-rata *fitness* terendah adalah 0,6522 pada generasi ke 30. Gambar diatas juga menjelaskan bahwa pada generasi ke 60 hingga 100 memiliki kecenderungan nilai *fitness* naik. Dalam pengujian ini dapat disimpulkan bahwa apabila semakin besar suatu generasi, akan memiliki kecenderungan nilai *fitness* yang lebih baik dan juga waktu eksekusi semakin lama dikarenakan area pencarian yang semakin luas. Dalam pengujian ini didapat bahwa jumlah generasi yang paling optimal yakni 90 dengan nilai rata-rata *fitness* sebesar 0,8777.



Gambar 3. Hasil uji coba jumlah generasi optimal

Pengujian jumlah populasi

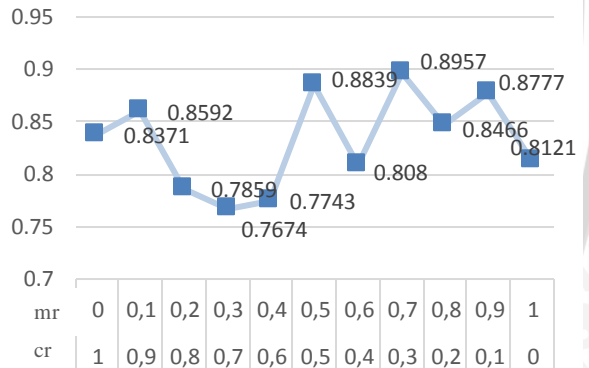
Pengujian ini bertujuan untuk mengetahui ukuran populasi yang optimal untuk menghasilkan *fitness* paling baik. Data yang digunakan untuk penelitian ini adalah pasien dengan hipertensi tingkat satu dan menderita komorbid CKD juga Angina Pectoris. Tekanan sistol pasien adalah 141 dan tekanan diastol pasien adalah 90. Jumlah generasi yang digunakan yakni 25 generasi dengan ukuran populasi dengan kelipatan mulai dari 10 hingga 100 populasi. Nilai *crossover* dan *mutation* rate dalam pengujian ini sebesar 0,5 dan 0,5. Setiap generasi akan dilakukan sepuluh kali percobaan dan dicari rata-rata *fitness* yang telah didapat. Hasil menunjukkan bahwa Populasi paling optimum berada pada jumlah populasi 100 dengan *fitness* 0,868. Sedangkan nilai rata-rata *fitness* terendah adalah 0,4402 pada populasi ke 10. Dari pengujian ini didapat kesimpulan semakin besar ukuran populasi memiliki kecenderungan untuk memiliki rata-rata *fitness* yang tinggi dikarenakan ruang pencarian yang luas.



Gambar 4. Hasil uji coba jumlah populasi optimal

Pengujian kombinasi *crossover rate* dan *mutation rate*

Pengujian ini bertujuan untuk mengetahui kombinasi *crossover rate* dan *mutation rate* yang optimal untuk menghasilkan *fitness* paling baik. Data yang digunakan untuk penelitian ini adalah pasien dengan hipertensi tingkat satu dan menderita komorbid CKD juga Angina Pectoris. Tekanan sistol pasien adalah 141 dan tekanan diastol pasien adalah 90. Jumlah generasi yang digunakan yakni generasi yang terbaik yang telah dilakukan pengujian sebelumnya, yakni 90 generasi dengan ukuran populasi terbaik yang telah dilakukan pengujian sebelumnya sebesar 100 individu. Kombinasi *crossover rate* dan *mutation rate* dimulai dari 0,1 skala 0 hingga 1. Setiap generasi akan dilakukan sepuluh kali percobaan dan dicari rata-rata *fitness* yang telah didapat. Hasilnya didapat nilai rata-rata *fitness* terbaik adalah 0,895 pada kombinasi *crossover rate* dengan nilai 0,3 dan *mutation rate* dengan nilai 0,7. Sedangkan nilai rata-rata *fitness* terendah adalah 0,767 pada kombinasi *crossover rate* dengan nilai 0,7 dan *mutation rate* dengan nilai 0,3. Dari percobaan ini didapat kesimpulan apabila nilai *crossover rate* lebih kecil dari nilai *mutation rate*, hasil *fitness* yang



didapat memiliki kecenderungan lebih besar.

Gambar 5. Hasil uji coba kombinasi *crossover rate* dan *mutation rate*

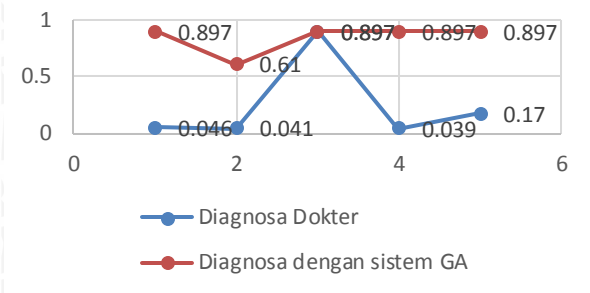
Pengujian Parameter Optimal

Pengujian ini bertujuan untuk menguji parameter-parameter yang telah diuji sebelumnya, dimana jumlah generasi yang paling optimal sebanyak 90, ukuran populasi yang paling optimal sebesar 100 individu dan kombinasi nilai *crossover rate* dan *mutation rate* yang paling optimal adalah 0,3 dan 0,7. Terdapat lima studi kasus yang didapatkan dari hasil rekomendasi dokter kemudian dibandingkan dengan hasil rekomendasi sistem.

Dari perbandingan didapat bahwa perbandingan hasil antara rekomendasi sistem dengan diagnosa dokter. Dari rekomendasi dokter didapat total *fitness* sebesar 24%. Terdapat rekomendasi dokter yang tidak layak sebesar 40%. Disebut tidak layak karena rekomendasi tersebut melanggar aturan terapi kombinasi yang dijelaskan oleh JNC 7. Hasil yang direkomendasikan oleh



sistem GA mampu memberikan rekomendasi layak dan fitness yang lebih baik, dengan presentasikenaikan total fitness sebesar 60% dan kenaikan solusi yang layak sebesar 40%.



Gambar 6. Hasil perbandingan nilai fitness.

6. KESIMPULAN

Dari pengujian yang telah dilakukan didapat kesimpulan berupa mengetahui parameter optimal, yaitu: jumlah generasi optimal sebesar 90 generasi, jumlah populasi optimal sebesar 100 individu, dan kombinasi *crossover* dan *mutation rate* yang paling optimum ialah 0,3 dan 0,7. Selain itu sistem ini mampu memberikan rekomendasi untuk pemilihan kombinasi antihipertensi secara layak dan optimal. Sistem ini dapat dikembangkan lebih lanjut untuk menyelesaikan permasalahan pemilihan kombinasi antihipertensi dengan metode *crossover* dan mutasi yang berbeda, serta metode seleksi yang berbeda juga. Pada penelitian lebih lanjut agar menggunakan berbagai macam keluhan atau efek samping dari obat sehingga hasil sistem jauh lebih akurat.

7. DAFTAR PUSTAKA

- [1] Centers for Disease Control and Prevention. 2014. "Ilmu Kedokteran", *CDC, Ensiklopedi Bebas*[diakses: 21 Juni 2014].
- [2] Park, JB. Kario, K, & Wang, JG. Systolic hypertension: an increasing clinical challenge in Asia. 2015 Apr; 38(4): 227–236 [PMC].
- [3] Junianto, B. Laras, AP. 2015. "Hipertensi Menduduki Penyebab Kematian Pertama di Indonesia" *life.viva.co.id*[diakses 7 November 2015].
- [4] Sutriyano, E. 2015. "Konsumsi Obat Mahal Sepanjang Hidup, Ini Kalkulasi Biaya Untuk Pasien Hipertensi" *Tribunnews.com*[diakses 24 Agustus 2015].
- [5] Priatmojo, D. Permadi E. 2014. "Banyak Masalah, DPR Akan Evaluasi Pelaksanaan BPJS" *Viva.co.id*[diakses 27 juni 2014].
- [6] Salwa, Anita. 2013. *Evaluasi Penggunaan Obat Antihipertensi pada Pasien Hipertensi dengan Gangguan Ginjal di Instalasi Rawat Inap RSUD Dr. Moewardi tahun 2010*. Skripsi, Universitas Muhammadiyah Surakarta.

- [7] Mahmudy, Wayan Firdaus. 2013. *Algoritma Evolusi*. Universitas Brawijaya. Malang.
- [8] Saputro, Harim Adi. 2014. *Implementasi Algoritma Genetika Untuk Optimasi Penggunaan Lahan Pertanian*, Universitas Brawijaya Malang.
- [9] Suci, Widya. 2014. *Optimasi Biaya Pemenuhan Gizi Dan Nutrisi Pada Manusia Lanjut Usia Menggunakan Algoritma Genetika*, Universitas Brawijaya Malang
- [10] Law, M. Wald, M. dan Morris, J. 2003. *Lowering Blood pressure to prevent myocardial infraction and stroke: a new preventive strategy. Health Technology Assessment*.