

Penerapan Metode *Decision Tree* dan Algoritme Genetika Untuk Klasifikasi Risiko Hipertensi

Selly Kurnia Sari¹, Wayan Firdaus Mahmudy²

Program Studi Teknik Informatika, Fakultas Ilmu Komputer, Universitas Brawijaya
Email: ¹slykurnia@gmail.com, ²wayanfm@ub.ac.id

Abstrak

Hipertensi ini merupakan salah satu penyakit paling mematikan ketiga setelah stroke dan tuberkulosis yaitu mencapai 6,7% dari keseluruhan umur di Indonesia. Hal ini menunjukkan bahwa penyakit hipertensi di Indonesia membutuhkan perhatian yang serius sebagai upaya dalam menangani masalah ini. Penanganan sangat dibutuhkan sebagai langkah deteksi dini terhadap penyakit hipertensi. Dalam kaitannya dengan klasifikasi untuk deteksi penyakit hipertensi, metode yang dapat digunakan salah satunya adalah *Decision Tree* (DT). Namun pada penelitian sebelumnya metode DT menghasilkan akurasi yang terbilang rendah. Untuk mengoptimalkan tingkat akurasi metode DT, maka digunakan *Genetic Algorithm* (GA). GA digunakan untuk menghasilkan aturan baru terhadap DT. Untuk mengetahui perbedaan hasil akurasi, maka dilakukan pengujian perbandingan DT-C4.5 dan DT-GA. Pengujian tersebut menggunakan data uji yang sama. Hasil pengujian menunjukkan algoritme DT-GA menghasilkan rata-rata akurasi tertinggi 84%, sedangkan algoritme DT-C4.5 menghasilkan rata-rata akurasi tertinggi 70,5%. Parameter-parameter terbaik menghasilkan akurasi terbaik adalah ukuran populasi 60, $Cr = 0,3$, $Mr = 0,7$ dengan jumlah generasi maksimal yang digunakan adalah 10. Dari hasil pengujian tersebut dapat disimpulkan bahwa GA dapat digunakan untuk menghasilkan aturan baru dari DT.

Kata kunci: klasifikasi, hipertensi, decision tree, algoritme genetika

Abstract

Hypertension is one of the third most deadly diseases after stroke and tuberculosis which reached 6.7% of the total age in Indonesia. This shows that hypertension in Indonesia needs serious attention as an effort to deal with this problem. Handling is needed as a step in early detection of hypertension. In relation to the classification for detection of hypertension, one method that can be used is the Decision Tree (DT). But in the previous study DT method produced a fairly low accuracy. To optimize the accuracy of the DT method, Genetic Algorithm (GA) is used. GA is used to generate new rules. To find out the difference in the results of accuracy, a comparison test of DT-C4.5 and DT-GA is conducted. The test uses the same test data. The test results show the DT-GA algorithm produces the highest average accuracy of 84%. While the DT-C4.5 algorithm produces the highest average accuracy of 70,5%. The best parameters to produce the best accuracy are population size 60, $Cr = 0,3$, $Mr = 0,7$, with the maximum number of generations used is 10. From the results of these tests it can be concluded that GA can be used to generate new rules from DT

Keywords: classification, hypertension, decision tree, genetic algorithm

1. PENDAHULUAN

Teknologi saat ini telah mengalami perkembangan sehingga memberikan perubahan terhadap pola hidup masyarakat. Pola hidup masyarakat tersebut terdiri dari ekonomi sosial, aktivitas fisik atau olahraga, dan pola makan. Menurut informasi dari Kementerian dan

Kesehatan RI, pola makan masyarakat di Indonesia telah mengalami pergeseran dengan mengkonsumsi lebih banyak makanan yang mengandung kadar lemak jenuh, garam, dan kafein (Kementerian Kesehatan Republik Indonesia, 2015). Tubuh yang mengkonsumsi kandungan bahan makanan tersebut secara berlebihan dapat memberikan dampak buruk

bagi kesehatan. Kesehatan yang terganggu menyebabkan timbulnya penyakit salah satunya adalah penyakit hipertensi.

Hipertensi merupakan penyakit tanpa gejala yang terjadi pada system peredaran darah manusia. Penderita hipertensi memiliki tekanan darah diatas normal (Adriaansz, et al., 2016). World Heart Organization (WHO) mencatat bahwa sekitar dua pertiga dari satu miliar orang menderita penyakit hipertensi berada di negara berkembang. WHO juga memprediksi bahwa pada tahun 2025, sekitar 1,5 miliar orang dewasa menderita penyakit hipertensi (Wibisono & Mahmudy, 2016). Di Indonesia, penderita hipertensi menjadi tantangan terbesar dalam menghadapinya. Hipertensi ini merupakan salah satu penyakit paling mematikan ketiga setelah stroke dan tuberkulosis yaitu mencapai 6,7% dari keseluruhan umur di Indonesia. Prevalensi hipertensi pada tahun 2007 sampai dengan tahun 2013 sebesar 15% dari 255 juta penduduk Indonesia, hampir 38 juta orang yang menderita penyakit tersebut (Kementrian Kesehatan Republik Indonesia, 2015). Pada tahun 2014 penyakit hipertensi di Indonesia yang tidak terdiagnosis sejak dini sebesar 76%, sehingga menyebabkan peningkatan dan angka kematian yang cukup tinggi (Muharram, et al., 2016). Hal ini menunjukkan bahwa penyakit hipertensi di Indonesia membutuhkan perhatian yang serius sebagai upaya dalam menangani masalah ini. Penanganan sangat dibutuhkan sebagai langkah deteksi dini terhadap penyakit hipertensi. Langkah tersebut selanjutnya dapat digunakan bagi pihak instansi kesehatan untuk mengurangi jumlah kasus penyakit hipertensi di Indonesia.

Penelitian sebelumnya mengenai klasifikasi risiko hipertensi telah dilakukan tahun 2015 dengan menggunakan metode *fuzzy tsukamoto* dan algoritme genetika. Data yang digunakan sebanyak 75 data sekunder rekapitulasi hasil pemeriksaan faktor risiko hipertensi tahun 2014. Penelitian tersebut memberikan hasil akurasi inferensi laki-laki dan perempuan sebesar 87% dan 93% (Kusumaningrum, 2015). Cukup baik dengan hasil yang didapatkan menggunakan metode *fuzzy tsukamoto* dan algoritme genetika.

Dalam kaitannya dengan klasifikasi untuk deteksi penyakit hipertensi, banyak metode lain yang dapat digunakan, salah satunya adalah *Decision Tree*. Metode ini dengan mudah dapat dikonversi ke dalam aturan klasifikasi yang menghasilkan model dalam sebuah aturan *IF <kondisi> THEN <target (kelas)>*. Namun perlu diperhatikan bahwa sering dijumpai adanya

aturan yang mencakup sedikit data latih yang dapat mempengaruhi kurangnya akurasi. Oleh karena itu untuk menghasilkan aturan baru terhadap *Decision Tree* akan digunakan Algoritme Genetika. Algoritme genetika cenderung lebih baik dalam menangani pencarian aturan. Dapat dijelaskan bahwa algoritme genetika mampu dalam membantu pekerjaan dengan himpunan solusi yang dihasilkan secara acak (populasi). Kemudian solusi tersebut merepresentasikan individu yang disebut kromosom. Masing-masing solusi dievaluasi dengan menggunakan fungsi *fitness* (Mahmudy, 2015).

Penulisan sebelumnya yang dilakukan pada tahun 2011. Tujuan dari penulisan ini adalah menggolongkan jenis-jenis *malware* dengan menggunakan algoritme genetika sebagai pendekatan untuk mengoptimalkan *Decision Tree* di klasifikasi *malware*. Metode yang digunakan menghasilkan tingkat akurasi yaitu sebesar 97% (Yusoff & Jantan, 2011).

Pada penulisan selanjutnya yang dilakukan pada tahun 2014, yang bertujuan untuk menawarkan layanan ponsel yang lebih baik dengan mengklasifikasikan pengguna ponsel pertama menggunakan metode *Decision Tree* C4.5. Dalam penulisan metode *Decision Tree* dan Algoritme Genetika aturan yang dihasilkan dapat dipahami dengan mudah, dan hasil akurasi pada data latih sebesar 73,82% dan pada data uji sebesar 72,20% (Liu & Fang, 2014).

Pada penulisan kali ini penulis mengangkat objek risiko hipertensi menggunakan metode klasifikasi lain yaitu *Decision Tree* dan Algoritme Genetika. Algoritme Genetika digunakan untuk mencari aturan baru dari *Decision Tree*. Adapun kelebihan dari Algoritme Genetika adalah sedikit melakukan perhitungan matematis yang berhubungan dengan masalah yang diselesaikan. Tahapan dalam pencarian aturan baru dari Algoritme Genetika adalah representasi kromosom, inialisasi, reproduksi, evaluasi, dan seleksi. Seleksi merupakan tahap akhir dari proses Algoritme Genetika untuk mendapatkan individu terbaik. Individu terbaik yang telah didapatkan diubah ke dalam bentuk aturan. Hasil aturan individu terbaik adalah yang digunakan untuk menghitung tingkat akurasi *Decision Tree* dan Algoritme Genetika. Penulisan ini dilakukan berdasarkan faktor risiko hipertensi, dan diharapkan dapat membantu mendeteksi hipertensi sejak dini untuk menekan angka prevelensi hipertensi di Indonesia.

2. TINJAUAN PUSTAKA

2.1. Hipertensi

Hipertensi merupakan penyakit radiovaskuler dengan kematian paling tinggi di dunia. Penyakit ini secara langsung tidak dapat membunuh penderitanya, melainkan memicu terjadinya gejala penyakit lain seperti stroke, dan jantung koroner. Penderita hipertensi dinyatakan memiliki tekanan darah yang tinggi atau melampaui nilai tekanan darah normal yaitu sekitar 140/80 mmHg. Bahkan penyakit ini menjadi masalah utama kesehatan masyarakat yang ada di Indonesia dan beberapa negara di dunia (Korneliani & Meida, 2012).

Banyaknya pasien hipertensi yang belum mendapatkan pertolongan medis menjadi perhatian pemerintah, karena adanya peningkatan prevalensi hipertensi di Indonesia. Ada dua macam hipertensi, hipertensi yang tidak diketahui penyebab penyakitnya dapat didefinisikan sebagai hipertensi esensial atau hipertensi primer, sedangkan hipertensi sekunder penyebab kemunculannya jelas diketahui (Kusumaningrum, et al., 2015).

2.2. Klasifikasi

Klasifikasi merupakan sistem penyusunan dalam kelompok, golongan dalam standar yang ditetapkan. Dalam pengertian lain adalah suatu pengelompokan berdasarkan tingkat kemiripan pada kelompok tertentu yang telah ada (Firdasari, et al., 2014). Pada penulisan ini klasifikasi digolongkan dalam 3 kelas yaitu rendah, tinggi, dan sedang.

2.3. Decision Tree

Decision Tree merupakan salah satu metode klasifikasi yang paling populer digunakan. Pada prosesnya, *Decision Tree* dapat mengubah data dalam bentuk tabel menjadi sebuah pohon, dari pohon diubah menjadi aturan, dan menyederhanakan aturan tersebut.

Beberapa pemakaian *Decision Tree* telah banyak digunakan pada area aplikasi seperti kedokteran, astronomi, dan biologi molekuler. *Decision Tree* dapat dengan mudah dikonversi ke dalam aturan klasifikasi. Selain itu dapat menangani data multidimensi. Secara umum pengklasifikasian.

Ada banyak jenis algoritme dalam *Decision Tree*. Beberapa diantaranya adalah ID3, C4.5, dan J48 (Firdasari, et al., 2014). Pada penulisan

ini penulis menggunakan satu dari algoritme klasifikasi *Decision Tree*, yaitu C4.5.

2.3.1. Algoritme C4.5

Algoritme C4.5 merupakan pengembangan dari algoritme ID3 oleh J. Ross Quinlan. Algoritme ini menghasilkan *tree* yang dapat digunakan untuk klasifikasi (Firdasari, et al., 2014).

Tahapan pertama adalah pemilihan atribut sebagai *root*, berdasarkan pada atribut-atribut yang memiliki nilai informasi *gain* tertinggi. Entropy didapatkan dengan Persamaan (1).

$$Entropy(S) = - \sum_{i=1}^m p_i \log_2(p_i) \quad (1)$$

Selanjutnya untuk mendapatkan nilai atribut tertinggi dengan menghitung *Gain* subset dari atribut A, maka didapatkan dengan Persamaan (2).

$$Gain(S,A) = Entropy(S) - \sum_{i=1}^n \frac{|S_i|}{|S|} \times Entropy(S_i) \quad (2)$$

2.3.1.1. Confusion Matrix

Confusion Matrix merupakan alat ukur sebagai hasil dari proses klasifikasi yang berisi informasi aktual dan prediksi (Neeraj Bhargava, et al., 2013). *Confusion Matrix* dapat dilihat pada Gambar 1.

Confusion Matrix		Kelas Aktual	
		+	-
Kelas Prediksi	+	TP	FP
	-	FN	TN

Gambar 1. *Confusion matrix*

Keterangan :

TP: Aturan klasifikasi yang memprediksi kelas kasus dengan benar, yaitu keduanya memiliki kelas prediksi dan kelas yang diprediksi.

FP: Aturan klasifikasi yang memprediksi kelas kasus salah, yaitu memiliki kelas prediksi tetapi tidak terdapat kelas yang diprediksi.

FN: Aturan klasifikasi yang memprediksi kelas kasus salah, yaitu tidak memiliki kelas prediksi tetapi terdapat kelas yang diprediksi.

TN: Aturan klasifikasi yang memprediksi kelas kasus dengan benar, yaitu tidak memiliki kelas prediksi kelas kasus tersebut sesuai dengan prediksi

Confidence factor didefinisikan sebagai rasio dari TP (*true positive*) dan perhitungan

untuk mencari nilai *confidence factor* dengan menggunakan Persamaan (3).

$$Confidence\ factor = \frac{TP}{TP+FP} \quad (3)$$

Completeness didefinisikan sebagai rasio dari TN (*true negative*) dan perhitungan untuk mencari nilai *completeness* dengan menggunakan Persamaan (4).

$$Completeness = \frac{TP}{TP+FN} \quad (4)$$

Selanjutnya menghitung nilai akurasi dengan menggunakan Persamaan (5).

$$Akurasi = (Completeness \times Confidence\ factor) \times 100\%$$

2.4. Algoritme Genetika

Algoritme Genetika bekerja dengan sebuah populasi yang terdiri dari individu-individu yang masing-masing merepresentasikan sebuah solusi bagi persoalan yang ada. Dalam kaitannya ini individu dilambangkan dengan sebuah nilai *fitness* yang digunakan untuk mencari solusi terbaik dari persoalan yang ada (Mahmudy, 2015).

2.4.1. Parameter Algoritme Genetika

Parameter yang perlu diketahui dalam algoritme genetika adalah ukuran populasi (*popsize*), *crossover rate* (*cr*) dan *mutation rate* (*mr*).

2.4.2. Siklus Algoritme Genetika

Penerapan dari sebuah Algoritme Genetika melalui tahapan sederhana yang terdiri dari beberapa langkah sebagai berikut.

1. Representasi Kromosom
Penjelasan secara detail bagaimana kromosom terbentuk.
2. Inisialisasi
Membangkitkan sejumlah solusi baru secara acak.
3. Reproduksi
Menghasilkan keturunan baru yang ada pada populasi. Parameter yang digunakan pada tahap ini adalah *crossover rate* (*cr*) dan *mutation rate* (*mr*). *Offspring* yang dihasilkan oleh *crossover* terhadap *population size* dapat dilihat pada Persamaan (6).

$$cr \times popsize \quad (6)$$

Offspring yang dihasilkan oleh proses mutasi adalah sebagai Persamaan (7).

$$mr \times popsize \quad (7)$$

4. Evaluasi

Menghitung nilai *fitness* tiap kromosom. Perhitungan pada *fungsi fitness* adalah sebagai Persamaan (8).

$$Fitness = Confidence\ factor \times Completeness$$

5. Seleksi

Memilih individu dari himpunan populasi dan *offspring* yang bertahan hidup pada generasi berikutnya. Pada penelitian ini seleksi yang digunakan adalah *roulette wheel*. Berikut adalah tahapan dalam membentuk *roulette wheel*.

1. Hitung total *fitness* sebagai Persamaan (9).

$$totalFitness = \sum_{k=1}^{popsize} fitness(P_k)$$

2. Hitung nilai probabilitas seleksi (*prob*) tiap individu dengan Persamaan (10).

$$prob_k = \frac{fitness(P_k)}{totalFitness} \quad (10)$$

$$k = 1, 2, \dots, population\ size$$

3. Hitung nilai probabilitas kumulatif (*probCum*) tiap individu dengan Persamaan (11).

$$probCum_k = \sum_{j=1}^k prob_j \quad (11)$$

$$k = 1, 2, \dots, population\ size$$

4. Hitungan prosentase akurasi keberhasilan dengan menggunakan persamaan pada *confusion matrix* pada Persamaan (5).

3. METODOLOGI

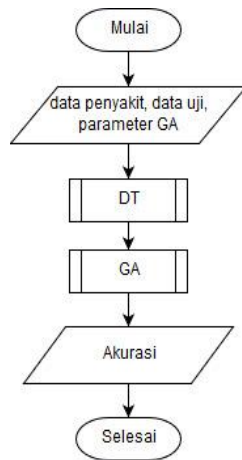
3.1 Data Penelitian

Pada penelitian ini data yang digunakan berupa data dari penelitian sebelumnya. Data tersebut diperoleh dari rekapitulasi hasil pemeriksaan penyakit tidak menular dan yang disebabkan oleh faktor pola makan yang terjadi di Kecamatan Haruai Kabupaten Tabalong Provinsi Kalimantan Selatan dan Kelurahan Palangraya terhadap BBTCLPP Banjarbaru pada tahun 2014 (Kusumaningrum, 2015).

3.2 Siklus DT-GA

Gambaran umum dalam melakukan penyelesaian masalah menggunakan *Decision Tree* dengan Algoritme Genetika. Diagram alir

Decision Tree dengan Algoritme Genetika dapat dilihat pada Gambar 2.

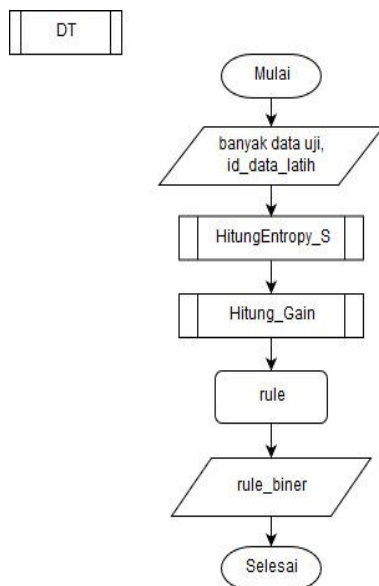


Gambar 2. Siklus penyelesaian DT-GA

Gambar 2 dilakukan penggabungan dua metode untuk menyelesaikan masalah klasifikasi penyakit hipertensi.

3.2.1 Siklus Penyelesaian DT-C4.5

Gambaran umum dalam melakukan penyelesaian masalah menggunakan Decision Tree dengan algoritme C4.5. Data yang digunakan sebagai masukan berasal dari data latih yang telah dikonversi sebelumnya. Diagram alir pembentukan tree menggunakan Decision Tree dengan algoritme C4.5 dapat dilihat pada Gambar 3.



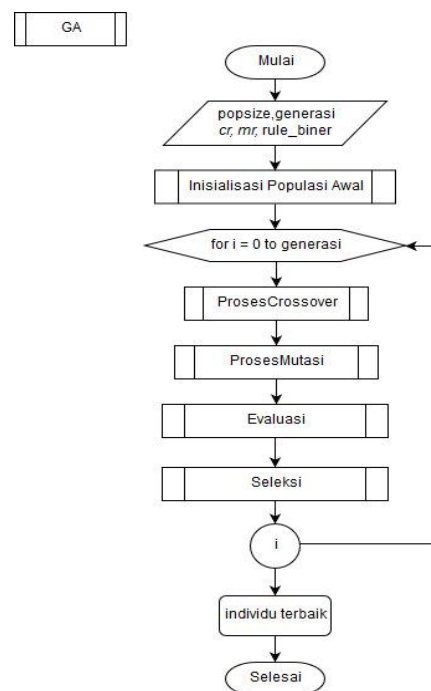
Gambar 3. Siklus penyelesaian DT-C4.5

Data yang telah dikonversi dan dimasukkan sebagai data input kemudian dilanjutkan dengan

proses perhitungan *entropy* total. Proses pembentukan *root*, pembentukan cabang, pembentukan *node* baru dan daun. Kemudian pembentukan cabang dan yang terakhir menghasilkan aturan.

3.2.2 Siklus Penyelesaian GA

Gambaran umum dalam melakukan penyelesaian masalah menggunakan Algoritme Genetika. Diagram alir siklus penyelesaian masalah menggunakan Algoritme Genetika dapat dilihat pada Gambar 4.



Gambar 4. Siklus penyelesaian GA

Penyelesaian masalah menggunakan GA menggunakan parameter *popsize*, *generasi*, *cr*, *mr*, dan *rule* biner. Kemudian mencari individu terbaik dengan melakukan proses secara urut dengan langkah yang pertama yaitu inisialisai populasi awal, proses *crossover*, proses mutasi, penggabungan populasi, evaluasi, dan seleksi.

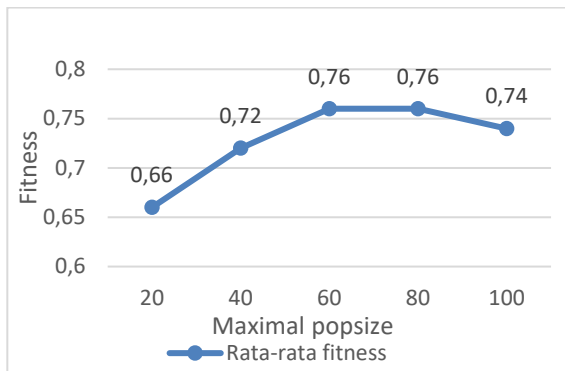
4. PENGUJIAN DAN ANALISIS

Pengujian DT-GA dibagi menjadi tiga sub subbab, yaitu Pengujian *popsize*, pengujian *cr* dan *mr*, dan pengujian perbandingan algoritme DT-GA dan DT-C4.5.

4.1 Pengujian Ukuran Populasi

Pengujian ukuran populasi dilakukan untuk mengetahui ukuran populasi (banyak individu) yang menghasilkan solusi terbaik. Setiap

pengujian dilakukan sebanyak 5 kali dengan ukuran populasi yang akan digunakan adalah 20, 40, 60, 80, 100. Hasil pengujian ukuran populasi, maka dibuatlah grafik seperti pada Gambar 5.

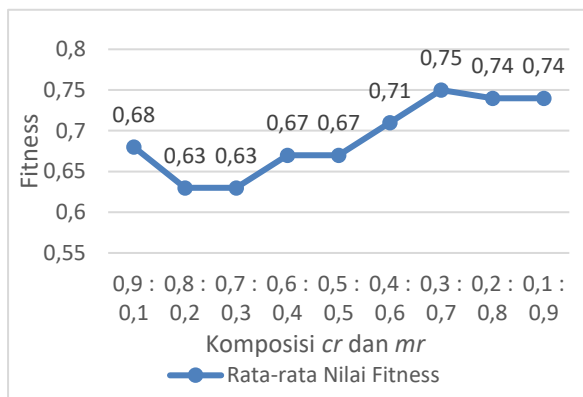


Gambar 5. Hasil pengujian ukuran populasi

Gambar 5 dijelaskan ukuran populasi (*popsize*) yang menghasilkan nilai *fitness* tertinggi adalah 60 ukuran populasi dengan nilai rata-rata *fitness* tertinggi sebesar 0,76.

4.2 Pengujian Cr dan Mr

Pengujian kombinasi dari *crossover rate* dan *mutation rate* terhadap ukuran populasi. Setiap percobaan akan dilakukan sebanyak 10 kali dengan komposisi *Cr* : *Mr* adalah 0,9;0,1 0,8;0,2 0,7;0,3 0,6;0,4 0,5;0,5 0,4;0,6 0,3;0,7 0,2;0,8 0,1;0,9. Hasil dari pengujian *cr* dan *mr*, maka dibuatlah grafik seperti pada Gambar 6.



Gambar 6. Hasil pengujian *cr* dan *mr*

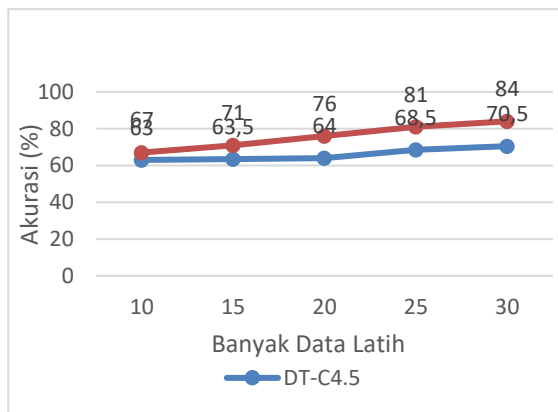
Berdasarkan hasil pada Gambar 6, diketahui bahwa rata-rata *fitness* terbaik adalah 0,75 yang didapatkan ketika menggunakan *Cr* = 0,3 dan *Mr* = 0,7.

4.3 Pengujian Perbandingan DT-C4.5 dan DT-GA

Pengujian ini dilakukan pada kedua metode

DT-C4.5 dan DT-GA untuk mengetahui apakah metode yang dioptimasi menghasilkan akurasi yang lebih baik. Parameter yang digunakan adalah jumlah data latih yang berbeda, yaitu 10, 15, 20, 25, 30. Untuk memudahkan membaca hasil dari pengujian perbandingan DT-C4.5 dan DT-GA maka dibuatlah grafik seperti pada Gambar 7.

Gambar 7. Hasil pengujian perbandingan DT-C4.5



dan DT-GA

Berdasarkan hasil pengujian perbandingan pada Gambar 7, diketahui bahwa rata-rata akurasi algoritme DT-GA paling tinggi adalah 84%, dan tingkat akurasi terendah adalah 67%, sedangkan rata-rata akurasi dari DT-C4.5 paling tinggi 70,5% dan terendah adalah 59%. Meskipun begitu, bukan berarti metode DT-C4.5 akan selalu mendapatkan hasil akurasi yang lebih buruk dari DT-GA.

5. DAFTAR PUSTAKA

Adriaansz, P. N., Rottie, J. & Lolong, J., 2016. *Hubungan Konsumsi Dengan Kejadian Hipertensi Pada Lansia Di Puskesmas Ranomuut Kota Manado*. 4(1).

Firdasari, W., I. & Ridok, A., 2014. Klasifikasi Berita Berbahasa Inggris Menggunakan Algoritme C4.5 Berbasis Ontologi. *Repository Jurnal Mahasiswa PTIIK UB*, 4 (13).

Kementerian dan Kesehatan Republik Indonesia, 2015. *Hipertensi The Silent Killer*. [pdf] Kementerian dan Kesehatan Republik Indonesia. Tersedia di: <http://www.pusdatin.kemkes.go.id/article/view/15080300001/hipertensi-the-silent-killer.pdf> <Diakses 2 April 2017>

- Korneliani, K. & Meida, D., (2012). *Obesitas Dan Stress Dengan Kejadian Hipertensi*. KEMAS 7 , Volume 2, pp. 117-121.
- Kusumaningrum, N. A., Mahmudy, W. F. & Cholissodin, I., 2015. Klasifikasi Risiko Hipertensi Menggunakan Fuzzy Tsukamoto dan Algoritme genetika. *Repositori Jurnal Mahasiswa PTIIK UB*, Volume 6.
- Liu, D.-s. & Fang, S. j., 2014. A Modified Decision Tree Algorithm Based on Genetic Algorithm for Mobile User Classification Problem. *The Scientific World Journal* , p. 11.
- Mahmudy, W. F., 2015. *Dasar-Dasar Algoritme Evolusi*. s.l.:Program Teknologi Informasi dan Ilmu Komputer, Universitas Brawijaya, Malang.
- Muharram , M. I. H., Achmad, S. & Rahimah, S. B., 2016. Karakteristik Usia dan Jenis Kelamin Penderita Hipertensi dengan Kejadian Stroke atau Coronary Artery Disease di Rumah Sakit Umum Daerah Al-Ihsan pada Tahun 2015. *Prosiding Pendidikan Dokter*, Volume 2.
- Wibisono, K. & Mahmudy, W. F., 2016. *Optimasi Pemilihan Antihipertensi Menggunakan Algoritme Genetika*. s.l., Universitas Brawijaya, Malang.
- Yusoff, M. N. & Jantan, A., 2011. Optimizing Decision Tree in Malware Classification System by using Genetic Algorithm. *International Journal on New Computer Architectures and Their Applications*, 1(3), pp. 694-713.