

## IMPLEMENTASI ALGORITMA GENETIKA UNTUK PREDIKSI PENYAKIT AUTOIMUN

Debi Setiawan<sup>1)</sup>, Ramalia Noratama Putri<sup>2)</sup>, Reni Suryanita<sup>3)</sup>

<sup>1</sup>STMIK Amik Riau, Program Studi Teknik Informatika, <sup>2</sup>Sekolah Tinggi Ilmu Komputer Pelita Indonesia, Program Studi Sistem Informasi, <sup>3</sup>Universitas Negeri Riau, Program Studi Teknik Sipil,

<sup>1</sup>Jln. Purwodadi Indah KM.10

<sup>2</sup> Jl. Ahmad Yani No 82-84-88

<sup>3</sup> Kampus Bina Widya KM 12.5, Simpang Baru, Tampan, Kota Pekanbaru

<sup>1</sup>Telp (0761) 589561, <sup>2</sup> (0761) 24418, <sup>3</sup> 0761-63272

<sup>1</sup>debisetiawan@stmik-amik.riau.ac.id, <sup>2</sup>ramalia.noratamaputri@lecturer.pelitaindonesia.ac.id,

<sup>3</sup>reni.suryanita@eng.unri.ac.id

### ABSTRAK

Penyakit autoimun merupakan penyakit yang tidak menular, namun penyakit yang mematikan. Jumlah pasien yang meninggal akibat penyakit autoimun di tahun 2016 adalah 550 kematian. Tingginya angka kematian akibat autoimun karena sulitnya diagnosa penyakit autoimun. WHO menyatakan 5 juta orang di dunia menderita lupus, sedangkan di Indonesia jumlahnya mencapai 200 ribu orang. Untuk itu diperlukannya prediksi dalam diagnosa penyakit autoimun. Algoritma yang digunakan dalam penelitian ini adalah algoritma genetika. Tujuan dari penelitian ini adalah memprediksi penyakit autoimun dengan algoritma genetika sehingga dokter spesialis penyakit dalam dapat mendeteksi penyakit autoimun secara dini. Data yang digunakan dalam penelitian ini adalah data pasien penyakit dalam selama bulan Agustus Tahun 2018 di rumah sakit Arifin Ahmad Provinsi Riau Kota Pekanbaru. Hasil dari penelitian ini adalah teridentifikasi penyakit autoimun atau tidak pada pasien.

**Kata Kunci:** Autoimun, Prediksi Autoimun, Genetika, Kromosom, Fitnees

### ABSTRACT

*Autoimmune disease is a non-communicable disease, but a deadly disease. The number of patients who died from autoimmune diseases in 2016 was 550 deaths. The high mortality rate due to autoimmune due to the difficulty of diagnosing autoimmune diseases. WHO states that 5 million people in the world suffer from lupus, while in Indonesia the number reaches 200 thousand people. For this reason, predictions are needed in the diagnosis of autoimmune diseases. The algorithm used in this study is a genetic algorithm. The aim of this study is to predict autoimmune diseases with genetic algorithms so that internal medicine specialists can detect autoimmune diseases early. The data used in this study is data on internal medicine patients during the month of August 2018 at Arifin Ahmad Hospital, Riau Province, Pekanbaru City. The results of this study were identified as autoimmune disease or not in patients.*

**Keywords:** Autoimmune, Autoimmune Prediction, Genetics, Chromosomes, Fitnees

## I. PENDAHULUAN

### 1. Latar Belakang Masalah

Penyakit autoimun merupakan penyakit yang sulit untuk didiagnosa, karena gejala dari penyakit autoimun mirip dengan penyakit lain. Selain dari gejala yang hampir mirip dengan penyakit lain, penyakit autoimun juga penyakit yang kurang populer dari penyakit kanker. Tahun 2016 terjadi peningkatan angka kematian akibat penyakit autoimun yaitu 550 orang berdasarkan SIRS online, Ditjen Pelayanan Kesehatan, Kementerian Kesehatan 2017[1]. Mengenai peningkatan jumlah penderita penyakit autoimun telah menjadi perhatian di seluruh dunia[2]. Menurut data WHO sekitar 5 juta orang di dunia menderita lupus, sedangkan di Indonesia jumlahnya mencapai 200 ribu orang. Untuk itu diperlukannya prediksi dalam diagnosa penyakit autoimun.

Algoritma Genetika adalah teknik pencarian heuristik yang didasarkan pada gagasan evolusi seleksi alam dan genetik. Algoritma ini memanfaatkan proses seleksi alamiah yang dikenal dengan proses evolusi. Dalam proses evolusi, individu secara terus-menerus mengalami perubahan gen untuk menyesuaikan dengan lingkungan hidupnya, hanya individu yang kuat yang mampu bertahan[3].

Penelitian ini didukung oleh peneliti-peneliti sebelumnya dalam jurnal Penerapan Metode Neural Network Berbasis Algoritma Genetika Untuk Prediksi Penyakit Kanker Payudara membuktikan bahwa algoritma genetika dapat melakukan prediksi, dengan nilai akurasi 96.85%[4]. Pada jurnal Implementasi Algoritma Genetika untuk Memprediksi Waktu dan Biaya Pengerjaan Proyek dan Kontruksi menyimpulkan bahwa algoritma genetika dapat memprediksi waktu dan biaya proyek kontruksi berdasarkan luas tanah yang di input dan pemilihan

kromosom dengan nilai akurasi 98.72 % [5]. Kemudian pada Jurnal Optimasi Algoritma Naïve Bayes dengan Menggunakan Algoritma Genetika untuk Prediksi Kesuburan (Fertility) peneliti sebelumnya menyimpulkan bahwa algoritma genetika dapat meningkatkan akurasi prediksi dari 97.66 % menjadi 99.33% [6].

Berdasarkan latar belakang yang telah dijelaskan, maka rumusan masalah penelitian ini yaitu bagaimana menerapkan algoritma genetika dalam prediksi penyakit autoimun yang dapat memberikan hasil yang akurat sehingga penyakit autoimun dapat terdeteksi secara dini. Untuk mendapatkan hasil yang baik penelitian ini memiliki batasan masalah yaitu, penelitian ini menggunakan algoritma genetika dalam prediksi penyakit autoimun dengan menggunakan data pasien penyakit dalam RSUD Arifin Ahmad Pekanbaru

## II. STUDI PUSTAKA

### 2.1 Algoritma Genetika

Algoritma Genetika merupakan suatu algoritma heuristic yang didasarkan atas mekanisme evolusi biologis[7]. Keberagaman pada evolusi biologis adalah variasi dari kromosom antar individu organisme. Variasi kromosom ini akan mempengaruhi laju produksi dan tingkat kemampuan organisme untuk hidup. Pada dasarnya terdapat 4 kondisi yang sangat mempengaruhi proses evolusi, yaitu :

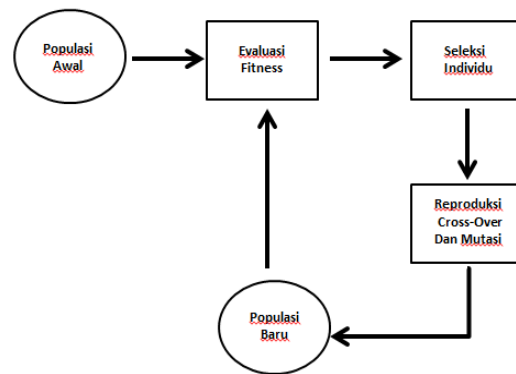
1. Kemampuan organisme untuk melakukan reproduksi
2. Keberadaan populasi organisme yang biasa melakukan reproduksi
3. Keberagaman organisme dalam suatu populasi
4. Perbedaan kemampuan untuk bertahan hidup

Konstruksi dasar dari Algoritma Genetika adalah sebagai berikut[7]:

1. Pendefinisian Kromosom
2. Pendefinisian fungsi fitness
3. Membangkitkan sebuah populasi awal
4. Reproduksi
5. Crossover
6. Mutasi

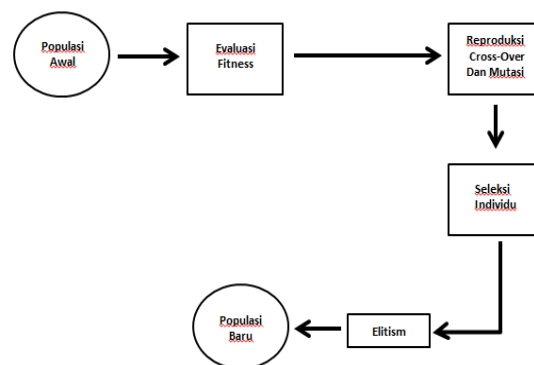
### 2.2 Siklus Algoritma Genetika

Siklus Algoritma Genetika pertama kali dikenalkan oleh David Golberg, dimana gambaran siklus tersebut dapat dilihat pada Gambar berikut.



Gambar 2. Siklus Algoritma Genetika dan David Golberg

Siklus ini kemudian diperbaiki oleh beberapa ilmuwan yang mengembangkan algoritma genetika, yaitu Zbigniew Michalewicz dengan menambahkan operator elitism dan membalik proses seleksi setelah reproduksi.



Gambar 3. Siklus Algoritma Genetika Oleh Zbigniew Michalewicz

## III. METODE

Rangkaian untuk Menyelesaikan masalah dalam penelitian ini adalah :

### 1. Mengumpulkan data

Questioner berkaitan dengan angket yang kita berikan kepada pasien penyakit dalam di RSUD Arifin Ahmad Pekanbaru, terkait apa saja yang keluhan yang dialami selama beberapa minggu. Pada questioner kita berikan skala 1-3, 3=ya, 2=mungkin 1=tidak sebagai patokan apakah masyarakat memang terindikasi penyakit Autoimun

Tabel 1. Questioner Penyakit Autoimun

No	Pertanyaan
1	Apakah beberapa hari ini bapak/ibu mengalami rasa ngilu pada pegelangan sendi?
2	Apakah beberapa hari ini bapak/ibu mengalami lemah pada Otot?
3	Apakah beberapa hari ini bapak/ibu mudah mendapatkan serangan penyakit?
4	Apakah bapak/ibu tidak tahan terhadap cuaca dingin atau sensitive terhadap cuaca panas?
5	Apakah bapak/ibu mengidap alergi kulit?
6	Apakah bapak/ibu merasakan lelah berkepanjangan?
7	Apakah bapak/ibu merasakan insomnia?
8	Apakah bapak/ibu merasa kurang enak badan seperti demam ringan?
9	Seringkah ibu berkeringat di malam hari?
10	Apakah bapak/ibu beberapa hari ini mengalami mati rasa ditangan dan dikaki?
11	Apakah bapak/ibu ada berkunjung ke dokter dan memeriksa tekanan darah? apakah tekanan darah bapak/ibu rendah?
12	Apakah bapak/ibu mengalami (tremor) atau getaran atau menggigil yang terjadi secara tidak sadar?
13	Apakah bapak/ibu sering mengalami mata kering?
14	Apakah bapak/ibu mengalami kehilangan atau penurunan berat badan yang drastis dalam beberapa bulan ini?
15	Apakah bapak/ibu mengalami rambut rontok?
16	Apakah bapak/ibu mengalami mulut kering?
17	Apakah bapak/ibu merasakan napas pendek?
18	Apakah bapak/ibu merasakan rasa sakit dan kram ditulang belakang?
19	Apakah bapak/ibu merasakan jantung berdebar tidak wajar?
20	Apakah bapak/ibu merasakan pusing yang berkepanjangan?
21	Apakah bapak/ibu merasakan Depresi?
22	Apakah bapak/ibu sulit konsentrasi dan memori terganggu?
23	Apakah bapak/ibu mengalami pembengkakan pada tungkai kaki?
24	Apakah bapak/ibu mengalami Pembengkakan mata kaki dan wajah?

## 2.1 Proses Prediksi Algoritma Genetika

Proses decoding dan encoding

Hal ini berfungsi untuk membuat kode nilai gen dari masing-masing variabel yang mengisi untuk pembentuk individu. Proses yang pertama adalah Pengkodean (Encoding) ini dibagi menjadi tiga jenis bilangan yang dapat dikodekan yaitu untuk

1. Bilangan real

$$X = r_b + (r_a - r_b)g$$

1. Bilangan diskrit decimal

$$X = r_b + (r_a - r_b)(g_1 \times 10^{-1} + g_2 \times 10^{-2} + \dots + g_N \times 10^{-N})$$

2. Bilangan biner

$$X = r_b + (r_a - r_b)(g_1 \times 2^{-1} + g_2 \times 2^{-2} + \dots + g_N \times 2^{-N})$$

Proses pendekodean (decoding) pembentuk individu agar nilainya tidak melebihi range yang telah ditentukan, dan sebagai nilai variable yang akan dicari sebagai solusi pemecahan permasalahan pada penelitian ini.

2.2 Penentuan jumlah individu

Jumlah individu disini berarti jumlah sampel variable yang digunakan,

2.3 Proses pembangkitan populasi awal

Proses pembangkitan populasi awal dilakukan berdasarkan jumlah individu yang diambil secara random atau acak.

2.4 Proses penentuan nilai dari fungsi tujuan atau nilai fitness

Nilai fitness sama dengan nilai penentu dari fungsi tujuan. Jika dicari nilai maksimal maka nilai fitness dari fungsi itu sendiri, tetapi jika yang dibutuhkan adalah nilai minimal maka nilai fitness merupakan invers dari nilai fungsi itu sendiri. Rumus proses invers adalah

$$\text{Fitness} = C - f(x) \text{ atau } \text{fitness} = \frac{C}{f(x) + \epsilon}$$

2.1 Pemindahan individu dengan nilai tertinggi

(Elitisme)

Untuk menghindari kerusakan atau dengan kata lain nilai fitnessnya tidak turun selama proses silang atau mutasi maka

$$LFR(i) = f_{(max)} - f_{(min)} \frac{R(i) - 1}{N - 1}$$

2.5 Proses seleksi digunakan untuk menentukan nilai optimal local

Untuk menghindari konvergensi premature akibat terjadinya pemindahan optimum local maka dibuatlah mekanisme yang disebut linier fitness ranking (LFR). Tujuan dari mekanisme ini sebenarnya adalah untuk melakukan penskalaan nilai-nilai fitness dengan menggunakan persamaan berikut.

2.6 Proses cross over atau pemindahan silang

Proses pindah silang ini dilakukan untuk individu yang mengarah pada solusi optimal.

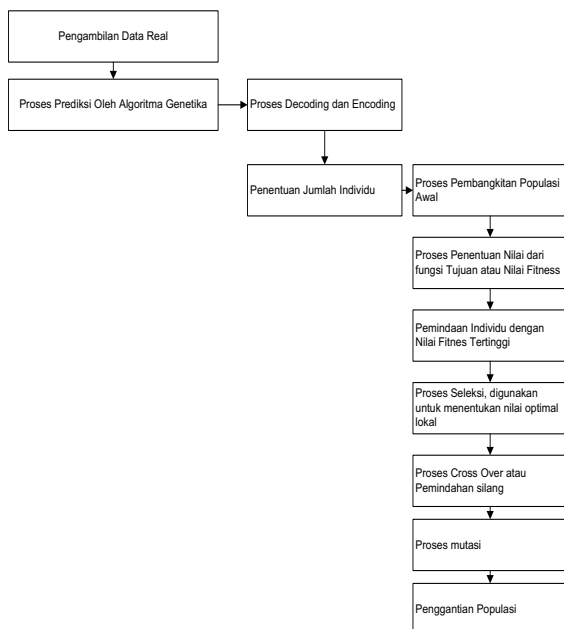
2.7 Proses mutasi

Proses mutasi dilakukan untuk semua gen yang terdapat pada individu.

2.8 Penggantian populasi

Proses ini merupakan proses terakhir yang

dilakukan untuk melakukan proses penggantian populasi yang diambil dari proses pindah silang dan mutasi.



#### IV. HASIL DAN PEMBAHASAN

##### 4.1 Pembentukan Chromosome

Jumlah Populasi awal ada 8 populasi dengan 24 variabel, batasan variable 1-3.

Evaluasi chromosome :

$$f = a + 2b + 3c + 4d \dots 24x = 1$$

proses seleksi chromosome

$$(1 / (1 + \text{fungsi\_objektif}))$$

Gambar 1. Metodologi Prediksi Penyakit Autoimun

Tabel 1. Pembentukan Chromosome

VARIABEL	C 1	C 2	C 3	C 4	C 5	C 6	C 7	C 8
A	1	3	1	1	1	1	1	1
B	3	3	1	1	1	1	1	2
C	1	3	1	2	1	3	3	3
D	1	3	1	1	1	1	1	1
E	2	3	1	1	1	2	1	2
F	1	2	1	1	1	1	1	1
G	1	1	1	3	1	1	1	1
H	1	3	1	1	1	1	1	1
I	1	1	3	3	1	1	1	1
J	1	3	1	1	1	1	1	2
K	1	3	1	1	1	1	1	1
L	1	1	1	1	1	1	1	1

M	3	3	1	1	1	1	1	1
N	1	3	1	2	1	1	1	1
O	1	3	1	2	3	3	3	3
P	1	1	1	1	1	1	1	1
Q	1	1	1	1	1	1	1	1
R	1	3	1	1	1	1	1	1
S	1	2	1	1	1	1	1	1
T	1	2	1	1	1	1	1	1
U	1	3	1	1	1	1	1	1
V	1	3	1	1	1	1	1	1
W	1	1	1	1	1	1	1	1
X	2	1	1	1	1	1	1	1
<b>EVALUASI CROMOSOME 1-8 RATA- RATA DARI FUNGSI OBJEKTIF</b>	<b>358</b>	<b>638</b>	<b>317</b>	<b>363</b>	<b>329</b>	<b>340</b>	<b>335</b>	<b>352</b>
	<b>379</b>							

#### 4.2 Seleksi Chromosome

Proses seleksi dilakukan dengan cara membuat chromosome yang mempunyai fungsi\_objektif kecil mempunyai kemungkinan terpilih yang besar atau mempunyai nilai probabilitas yang tinggi. Untuk itu dapat digunakan fungsi fitness =  $(1/(1+\text{fungsi\_objektif}))$ , fungsi\_objektif perlu ditambah 1 untuk menghindari kesalahan program yang diakibatkan pembagian oleh 0.

**Tabel 2. Seleksi Chromosome**

FITNES 1	FITNES 2	FITNES 3	FITNES 4	FITNES 5	FITNES 6	FITNES 7	FITNES 8	FITNES 9
0,0028	0,0016	0,0031	0,0027	0,0030	0,0029	0,0030	0,0028	1,0000
TOTAL FITNES	1,0220							
PROBABI LITAS	P1	P2	P3	P4	P5	P6	P7	P8
FITNESS RUMUS :	0,0027	0,0015	0,0031	0,0027	0,0030	0,0029	0,0029	0,0028
$P[i] = \text{fitness}[i] / \text{total\_fitness}$								
KOMULA TIF PROBABI LITAS	C1	C2	C3	C4	C5	C6	C7	C8
	0,0027	0,0072	0,0103	0,0130	0,0130	0,0159	0,0188	0,0215

Setelah dihitung cumulative probabilitasnya maka proses seleksi menggunakan roulette-wheel dapat dilakukan. Prosesnya adalah dengan membangkitkan bilangan acak R dalam range 0-1. Jika  $R[k] < C[1]$  maka pilih chromosome 1 sebagai induk, selain itu pilih

chromosome ke-k sebagai induk dengan syarat  $C[k-1] < R < C[k]$ . Kita putar roulette wheel sebanyak jumlah populasi yaitu 6 kali (bangkitkan bilangan acak R) dan pada tiap putaran, kita pilih satu chromosome untuk populasi baru. Misal seperti tabel di bawah ini.

TABEL 3. ROULETE WHELE

Roulette Whele	RK	Pengujian RK	Awal Populasi Baru
R1	0,0476	TRUE	0,0695
R2	0,0842	TRUE	
R3	0,1114	TRUE	
R4	0,1239	FALSE	
R5	0,1372	TRUE	
R6	0,1642	TRUE	
R7	0,1904	TRUE	
R8	0,2029	FALSE	

TABEL 4. PROSES SELEKSI

PROSES SELEKSI		HASIL PROSES SELEKSI	
CROMOSOME	RK	NILAI CROMOSOME	NILAI RK
CHROMOSOME 1	CHROMOSOME 2	30	55
CHROMOSOME 2	CHROMOSOME 2	55	55
CHROMOSOME 3	CHROMOSOME 3	26	26
CHROMOSOME 4	CHROMOSOME 2	31	55
CHROMOSOME 5	CHROMOSOME 2	26	26
CHROMOSOME 6	CHROMOSOME 2	29	55
CHROMOSOME 7	CHROMOSOME 2	28	55
CHROMOSOME 8	CHROMOSOME 2	31	55

#### 4.3 Crossover

Setelah proses seleksi maka proses selanjutnya adalah proses crossover. Metode yang digunakan salah satunya adalah one-cut point, yaitu memilih secara acak satu posisi dalam chromosome induk

kemudian saling menukar gen. Chromosome yang dijadikan induk dipilih secara acak dan jumlah chromosome yang mengalami crossover dipengaruhi oleh parameter `crossover_rate` ( $\rho c$ ).

Tabel 5. Proses Crossover

CROSSOVER	Evaluasi Chromosome
CHROMOSOME 1	30
CHROMOSOME 2	55
CHROMOSOME 3	26
CHROMOSOME 4	31
CHROMOSOME 5	14
CHROMOSOME 6	15
CHROMOSOME 7	16
CHROMOSOME 8	31

#### 4.4 Mutasi Gen

Jumlah chromosome yang mengalami mutasi dalam satu populasi ditentukan oleh parameter

`mutation_rate`. Proses mutasi dilakukan dengan cara mengganti satu gen yang terpilih secara acak dengan suatu nilai baru yang didapat secara acak.

**Tabel 6. Mutasi Gen**

MUTASI					
<b>1. TOTAL GEN</b>	8				
	<b>C4</b>	<b>C5</b>	<b>C6</b>	<b>C7</b>	<b>C8</b>
<b>CROSS OVER</b>	31	14	15	16	31
<b>2. TOTAL MUTASI PERCROMOSOME</b>	248	110	118	126	248

**Tabel 7. Rata-rata Fungsi Objective**

	3.FUNGSI OBJECTIVE	4. RATA-FUNGSI OBJECTIVE SETELAH SATU GENERASI (GENERASI PERTAMA)
<b>CHROMOSOME 1</b>		
<b>CHROMOSOME 2</b>		
<b>CHROMOSOME 3</b>		
<b>CHROMOSOME 4</b>	247	30,88
<b>CHROMOSOME 5</b>	109	13,58
<b>CHROMOSOME 6</b>	117	14,64
<b>CHROMOSOME 7</b>	125	15,66
<b>CHROMOSOME 8</b>	247	30,88

Pada literasi pertama untuk proses cut point belum menemukan kondisi pasien yang mengidap autoimun untuk kondisi false, maka dilanjutkan untuk proses selanjutnya pada pengujian posisi cut point chromosome 1-3 untuk kondisi true untuk iterasi kedua.

**Tabel 8 Iterasi Ke – 2**

PROSES SELEKSI	CROMOSOME	RK	HASIL PROSES SELEKSI	
			NILAI CROMOSOME	NILAI RK
CHROMOSOME 1	CHROMOSOME 2		30	55
CHROMOSOME 2	CHROMOSOME 2		55	55
CHROMOSOME 3	CHROMOSOME 3		26	26
CHROMOSOME 4	CHROMOSOME 2			
CHROMOSOME 5	CHROMOSOME 2			
CHROMOSOME 6	CHROMOSOME 2			
CHROMOSOME 7	CHROMOSOME 2			
CHROMOSOME 8	CHROMOSOME 2			

Lakukan proses pemutaran kromosome  
 1. Tentukan nilai cromosome terkecil = 2  
 2. Tentukan nilai cromosome terbesar =5  
 3. Masukkan nilai cromosome, ketabel nilai cromosome sesuai urutan

4. Untuk nilai rk, berpedoman pada nilai cromosome, jika nilai cromosome > maka untuk nilai rk diisi dengan 26, jika nilai cromosome <= maka diisi dengan 5.

**Tabel 9. Nilai Crossover**

CROSSOVER	Nilai
CHROMOSOME 1	30
CHROMOSOME 2	55
CHROMOSOME 3	26
CHROMOSOME 4	
CHROMOSOME 5	
CHROMOSOME 6	
CHROMOSOME 7	
CHROMOSOME 8	

**Tabel 10. Mutasi Iterasi ke-2**

	3.FUNGS I OBJECTIVE	4. RATA- FUNGSI OBJECTIVE SETELAH SATU GENERASI (GENERASI PERTAMA)
CHROMOSOME 1	239	30
CHROMOSOME 2	439	55
CHROMOSOME 3	207	26
CHROMOSOME 4		
CHROMOSOME 5		
CHROMOSOME 6		
CHROMOSOME 7		
CHROMOSOME 8		

**Tabel 11. Mutasi Gen Iterasi ke-2**

MUTASI			
1. TOTAL GEN	8		
	C1	C2	C3
CROSS OVER	30	55	26
2. TOTAL MUTASI			
PERCROMOSOME	240	440	208

**KESIMPULAN DAN SARAN**

Algoritma genetika mampu melakukan prediksi penyakit autoimun pada iterasi pertama hal ini sudah terlihat dengan nilai 14.88 yang diambil dari proses algoritma genetika dengan persamaan  $f = a + 2b + 3c + 4d \dots 24x \leq 17$ . Pada penelitian ini model algoritma yang dikembangkan baru pada iterasi pertama, untuk hasil yang optimal perlu dilakukan perulangan iterasi. Penelitian ini nanti akan dikembangkan untuk dimplementasikan pada aplikasi sehingga dapat membantu dokter spesialis penyakit dalam untuk mendiagnosa pasien apakah

teridentifikasi penyakit autoimun.

**UCAPAN TERIMAKASIH**

Ucapan terimakasih kami sampaikan kepada Direktorat Riset dan Pengabdian Masyarakat Direktorat Jenderal Penguatan Riset dan Pengembangan Kementerian Riset, Teknologi, dan Pendidikan Tinggi atas pendanaan Penelitian Dosen Pemula (PDP) Tahun Pelaksanaan 2018.



**DAFTAR PUSTAKA**

- [1] PUSDATIN, *Infodatin-Lupus-2017.pdf*. 2017.
- [2] Diantini, Ulandari, Wirandani, Niruti, and Kumara, "ANGKA KEJADIAN PENYAKIT AUTOIMUN PADA PASIEN ANAK DI RSUP SANGLAH DENPASAR," *J. Farm. Udayana*, vol. 5, no. 2, pp. 30–34, 2016.
- [3] T Sutojo, *Kecerdasan Buatan*. 2011.
- [4] Rino, "Penerapan Metode Neural Network Berbasis Algoritma Genetika Untuk Prediksi Penyakit Kanker Payudara," vol. 1, pp. 1–11, 2012.
- [5] K. Krisnandi, H. Agung, P. Studi, T. Informatika, F. Teknologi, and U. B. Mulia, "Implementasi Algoritma Genetika untuk Memprediksi Waktu dan Biaya Pengerjaan Proyek Konstruksi," vol. IX, no. 2, pp. 90–97, 2017.
- [6] D. C. P. Buani, "Optimasi Algoritma Naïve Bayes dengan Menggunakan Algoritma Genetika untuk Prediksi Kesuburan (Fertility)," *Evolusi*, vol. 4, no. 1, pp. 54–63, 2016.
- [7] K. Dewi, *Penyelesaian Masalah Optimasi Dengan Teknik-Teknik Heuristik*. Graha Ilmu, 2003.