

## OPTIMISASI KINERJA PENCAHAYAAN BUATAN UNTUK EFISIENSI PEMAKAIAN ENERGI LISTRIK PADA RUANGAN DENGAN METODE ALGORITMA GENETIKA

Fanny Hadisusanto<sup>[1]</sup>, Ir. Yuningtyastuti, MT<sup>[2]</sup>, Ir. Agung Warsito, DHET<sup>[2]</sup>.  
Jurusan Teknik Elektro, Fakultas Teknik, Universitas Diponegoro,  
Jalan Prof. Sudharto, Tembalang, Semarang, Indonesia

### ABSTRACT

*The electrical energy is so essential for human being, yet it could be harmful for human safety. One of utilization of electrical energy is for artificial lighting. The excessive lighting would not be fine for human vision, if it is just concern on the quantity. The good lighting must concern on the quantity and quality of lighting which is determined by the light reflection level and lighting ratio in a room. Besides, efficiency of the electrical energy consumption must be noted.*

*Therefore, the artificial lighting performance optimization would be discussed here, in order to get the intensity of the artificial light illumination (lux) and the power efficiency in the test room according to the existing standard by genetic algorithm method and Delphi as the software that support this. The genetic algorithm is optimization method based on genetic principles which is representation of the parameter that is optimized, thus it would get the best individuals among the individuals within a population.*

*The test was performed in a laboratory room using four types of lamps: TL lamps, incandescent lamps, compact fluorescent lamps, and halogen lamps. The simulation results were obtained value of the best (optimum) power efficiency 3,1289 watt/m<sup>2</sup> by using 16 pieces lamps of TL lamps with the illumination intensity 250,132 lux.*

**Keywords :** artificial lighting, lighting intensity, power efficiency, genetic algorithm method, best individual.

## I. PENDAHULUAN

### 1.1 Latar Belakang

Kebutuhan pencahayaan dalam suatu ruang dapat diperoleh melalui sistem pencahayaan buatan dan sistem pencahayaan alami (sinar matahari) atau kombinasi keduanya. Pencahayaan buatan terdiri dari lampu listrik, lilin dan lampu minyak. Kombinasi antara pencahayaan alami dan pencahayaan buatan pada ruang/gedung sangat dimungkinkan.

Cahaya alami untuk ruang tergantung pada letak ruangan atau gedung terhadap rotasi bumi

yang bergerak dari arah barat menuju ke arah timur dan sangat baik terhadap ruangan yang mempunyai sistem pencahayaan alam (matahari) yang menghadap ke timur atau barat. Pemanfaatan pencahayaan buatan, yang umum dipakai adalah lampu listrik<sup>[1]</sup>.

Oleh karenanya, diperlukan suatu inovasi agar suatu ruang dapat menggunakan sistem pencahayaan yang baik sesuai standar, sehingga memungkinkan konsumen dapat mengoptimalkan kinerja pencahayaan buatan (lampu) di ruangan agar penggunaan energi listrik lebih efisien. Dalam penelitian ini dibuat program simulasi dengan komputer menggunakan metode algoritma genetika, dengan menggunakan bahasa pemrograman Delphi.

### 1.2 Tujuan

Tujuan dari tugas akhir ini adalah menganalisis intensitas pencahayaan buatan (lux) dan menghitung efisiensi pemakaian energi listrik pada ruangan, dengan menggunakan bantuan simulasi metode algoritma genetika agar pencahayaan ruang optimal.

### 1.3 Batasan Masalah

1. Masukan data seperti jenis lampu, standar pencahayaan ruang, ukuran ruangan dan bahan reflektor telah ditentukan sesuai dengan standar SNI,BSN-2000.
2. Pengujian dilakukan pada gedung rumah sakit islam sunan kudu ruang *haemodialisa* (laboratorium cuci darah).
3. Pada pengujian program simulasi digunakan beberapa jenis lampu seperti lampu TL atau fluorescent, lampu pijar, lampu neon kompak dan lampu halogen.
4. Analisis tidak memperhitungkan faktor pencahayaan alam/sinar matahari.
5. Simulasi menggunakan software Delphi XE dan tidak dibahas secara detail.
6. Tidak memperhitungkan merk lampu.
7. Simulasi tidak membahas instalasi posisi letak lampu dan jarak antar lampu.

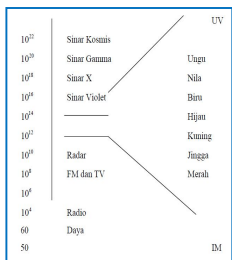
<sup>[1]</sup> Mahasiswa Teknik Elektro Universitas Diponegoro

<sup>[2]</sup> Dosen Teknik Elektro Universitas Diponegoro

**II. DASAR TEORI**

**2.1 Cahaya** <sup>[1,9]</sup>

Cahaya adalah satu bagian berbagai jenis gelombang elektromagnetik yang memiliki panjang gelombang dan frekuensi tertentu, yang nilainya dapat dibedakan dari energi cahaya dalam spektrum elektromagnetik.



Gambar 1. Spektrum gelombang elektromagnetik

Dari gambar 1 menunjukkan bahwa pancaran cahaya dengan gelombang yang berbeda, menghasilkan warna yang berbeda terhadap mata.

**2.2 Intensitas Pencahayaan Ruang**

Suatu ruang memiliki standar intensitas penerangan ruangan, untuk data digunakan standar SNI BSN-2000 sebagai berikut <sup>[3,5,6]</sup> :

Tabel 1. Standar penerangan ruang.

Jenis Ruang	Intensitas penerangan (lux)
Ruang kelas	120 - 250
Ruang tidur	150
Ruang kerja	120 - 250
Ruang tamu	120 - 250
Ruang gambar	750
Laboratorium	250
Toilet	100
Koridor	100
Dapur	200
Garasi	60
Ballroom	200
Tempat ibadah	200
Perpustakaan	300
Gudang arsip	150
Pabrik/industri	1000
Swalayan	500
Ruang pameran	500
Supermarket	750

Untuk mencari nilai intensitas penerangan ruangan (E) dan efisiensi daya ( $\eta$ ) dapat digunakan rumus <sup>[1,4]</sup> :

$$E = \frac{n \phi d \mu}{A} \dots\dots\dots (1)$$

$$\text{Efisiensi daya } (\eta) = \frac{E \text{ (lux)}}{\text{Efficacy}} \dots\dots\dots (2)$$

Keterangan:

- E = intensitas penerangan atau pencahayaan (lux)
- n = jumlah sumber cahaya/lampu
- $\phi$  = intensitas sumber cahaya (lumen)
- $\mu$  = konstanta nilai efisiensi ruang
- d = faktor pemakaian reflektor

A = luas ruangan (m<sup>2</sup>)

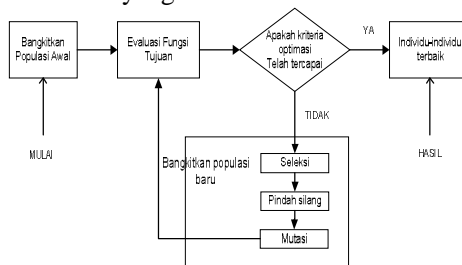
Efficacy = perbandingan keluaran lumen dihitung dengan pemakaian daya

**2.3 Algoritma Genetika** <sup>[7,8,10]</sup>

**2.3.1 Dasar Algoritma Genetik**

Algoritma genetik (*genetic algorithm*) adalah suatu metode optimasi yang melakukan pencarian terhadap suatu nilai tertentu dari beberapa parameter dengan prinsip hanya solusi terbaik yang dapat bertahan dan menghasilkan keturunan berkualitas. Sedangkan optimasi di definisikan sebagai proses untuk mendapatkan fungsi tersebut.

Ilustrasi mengenai siklus 4 langkah yang diinspirasi dari proses biologi untuk proses algoritma genetik dapat dilihat pada gambar 2. Setiap siklus yang dilalui memunculkan generasi baru yang memungkinkan sebagai solusi bagi permasalahan yang ada.



Gambar 2. Tahapan siklus algoritma genetik.

**2.3.2 Operasi Algoritma Genetik**

Proses dalam algoritma genetik sangat sederhana, yaitu hanya melibatkan penyalinan string dan pertukaran bagian string. Proses algoritma genetik pada umumnya melibatkan seleksi, pindah silang dan mutasi.

**2.3.2.1 Fungsi Evaluasi**

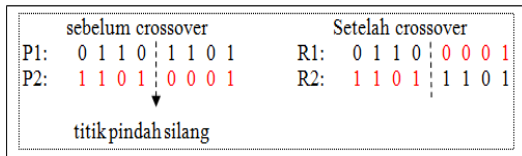
Fungsi evaluasi yang baik harus mampu memberikan nilai *fitness* yang sesuai dengan kinerja kromosom. Pada permulaan optimasi, biasanya nilai *fitness* masing-masing individu masih mempunyai rentang yang lebar. Seiring dengan bertambahnya generasi, beberapa kromosom mendominasi populasi dan mengakibatkan rentang nilai *fitness* semakin kecil. Hal ini dapat mengakibatkan konvergensi dini.

**2.3.2.2 Seleksi**

Meningkatnya tekanan seleksi akan berakibat pada minimnya keragaman populasi. Sebaliknya tekanan seleksi yang terlalu longgar membuat proses pencarian menjadi tidak efisien. Proses seleksi menghasilkan generasi selanjutnya. Kromosom-kromosom pada generasi selanjutnya mungkin berasal dari semua induk dan semua keturunan atau sebagian dari keduanya.

**2.3.2.3 Pindah Silang (crossover)**

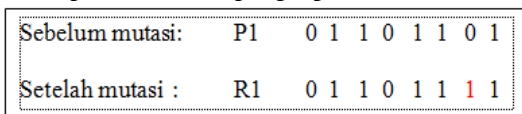
Pindah silang adalah operator genetika yang utama. Operator ini bekerja dengan mengambil 2 individu dan memotong string kromosom mereka pada posisi yang terpilih secara acak, untuk memproduksi dua segment *head* dan dua segment *tail*. Sebagai contoh adalah pada gambar 3.



Gambar 3. Ilustrasi Operasi Pindah Silang Dalam Algoritma Genetika

**2.3.2.4 Mutasi**

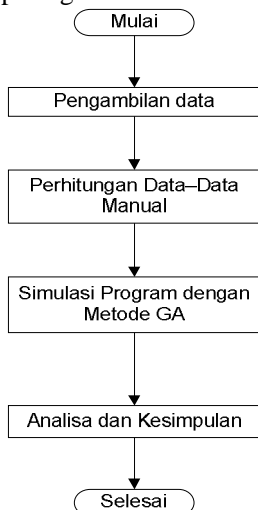
Operator mutasi digunakan untuk melakukan modifikasi satu atau lebih nilai gen dalam individu yang sama. Mutasi memastikan bahwa probabilitas untuk pencarian pada daerah tertentu dalam persoalan tidak akan pernah nol dan mencegah kehilangan total materi genetika setelah pemilihan dan penghapusan.



Gambar 4. Ilustrasi Operasi Mutasi Algoritma Genetika

**III. PERANCANGAN PROGRAM SIMULASI**

Secara umum tujuan dari perancangan program ini adalah bagaimana cara mengatur kebutuhan cahaya pada suatu gedung sehingga diperoleh hasil agar pemakaian energi listrik lebih efisien dari penggunaan jenis lampu, luas ruangan, reflektor serta jumlah dan daya lampu yang dipakai. Secara garis besar proses penelitian dapat dilihat pada gambar 5.



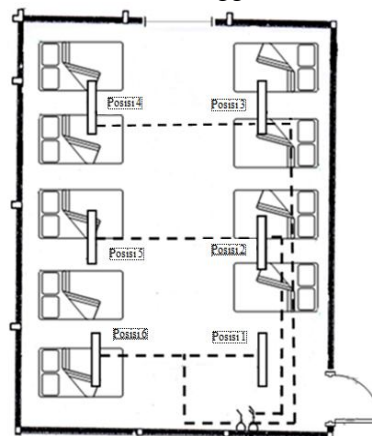
Gambar 5. Flowchart langkah penelitian

**3.1 Pengambilan Data**

Pengambilan data dilakukan di Rumah Sakit Islam Sunan Kudus pada ruangan *haemodialisa* (laboratorium cuci darah). Data yang diambil adalah data pada tanggal 1 – 4 Juni 2011.

**1. Data teknis ruang haemodialisa**

Pada ruang *haemodialisa* terdapat 12 lampu TL 40 watt, relektor aluminium, warna dinding warna muda dengan ukuran ruang panjang 10 meter, lebar 5 meter dan tinggi 4 meter.



Gambar 6. Denah ruang haemodialisa

**2. Data pengukuran pencahayaan ruang haemodialisa**

Pengukuran pencahayaan menggunakan alat bantu luxmeter.

Tabel 2. Data pengukuran hari pertama 1 Juni 2011

No.	Posisi pengukuran	Intensitas pencahayaan (Lux)
1	Posisi 1	208
2	Posisi 2	215
3	Posisi 3	250
4	Posisi 4	260
5	Posisi 5	226
6	Posisi 6	222
Rata-rata lux hari pertama		230,16

Tabel 3. Data pengukuran hari kedua 2 Juni 2011

No.	Posisi pengukuran	Intensitas pencahayaan (Lux)
1	Posisi 1	190
2	Posisi 2	203
3	Posisi 3	240
4	Posisi 4	235
5	Posisi 5	215
6	Posisi 6	220
Rata-rata lux hari kedua		271,16

Tabel 4. Data pengukuran hari ketiga 3 Juni 2011

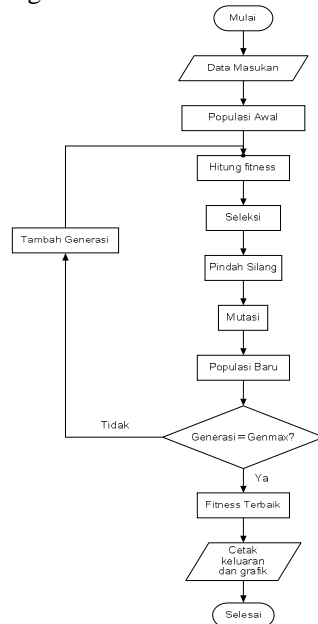
No.	Posisi pengukuran	Intensitas pencahayaan (Lux)
1	Posisi 1	190
2	Posisi 2	225
3	Posisi 3	245
4	Posisi 4	235
5	Posisi 5	220
6	Posisi 6	220
Rata-rata lux hari ketiga		219,16

Tabel 5. Data pengukuran hari keempat 4 Juni 2011

No.	Posisi pengukuran	Intensitas pencahayaan (Lux)
1	Posisi 1	195
2	Posisi 2	215
3	Posisi 3	240
4	Posisi 4	237
5	Posisi 5	218
6	Posisi 6	225
Rata-rata lux hari keempat		221,67

### 3.2 Pembuatan Program

Proses pembuatan program simulasi optimasi dengan metode algoritma genetik dapat dilihat pada gambar 7.



Gambar 7. Flowchart pembuatan program dengan metode algoritma genetik

## IV. PENGUJIAN DAN ANALISIS

Pengujian program ini dilakukan dengan tujuan agar diketahui apakah sistem yang dibuat dalam program ini sudah berjalan sesuai dengan yang diinginkan atau belum dengan perhitungan data yang diambil. Keberhasilan program diukur dari kemampuannya menganalisis nilai standar ruangan yang tepat sehingga diperoleh efisiensi daya per hari serta standar penerangan ruangan yang optimum.

### 4.1 Perhitungan Data

Pada perhitungan data yang digunakan adalah pada ruang cuci darah RSI Sunan Kudus sesuai data teknis ruangan dan data pencahayaan yang diambil selama 4 hari, seperti yang dijelaskan pada bab 3.1 pengambilan data.

#### 1. Perhitungan data teknis ruangan

Untuk perhitungan digunakan rumus pada persamaan 1 dan 2, sebagai berikut :  
Lampu TL (efficacy : 80 lumen/watt), daya lampu 40 watt.

$$\Phi = \text{efficacy} \times \text{daya lampu} \\ = 80 \times 40 = 3200 \text{ lumen}$$

Dengan persamaan 1, maka intensitas penerangan:

$$E = \frac{12 \times 3200 \times 0,7 \times 0,405}{10 \times 5}$$

$$E = 217,72 \text{ lux}$$

Dengan persamaan 2, maka efisiensi daya menjadi :

$$\text{Efisiensi daya } (\eta) = \frac{217,72}{80}$$

$$\eta = 2,72 \text{ watt/m}^2$$

### 2. Perhitungan data pengukuran pencahayaan ruang haemodialisa

Untuk perhitungan intensitas pencahayaan ruang (E) haemodialisa digunakan rata-rata lux tiap hari dari tanggal 1-4 juni 2011, seperti pada tabel 2-5 berikut perhitungannya :

$$E = \frac{\text{Jumlah rata - rata lux tiap hari}}{\text{Jumlah hari}}$$

$$E = \frac{230,16 + 217,16 + 219,16 + 221,67}{4}$$

$$E = 222,03 \text{ lux}$$

Dengan menggunakan rumus pada persamaan 2, maka didapat efisiensi daya ( $\eta$ ) :

$$\eta = \frac{222,03}{80}$$

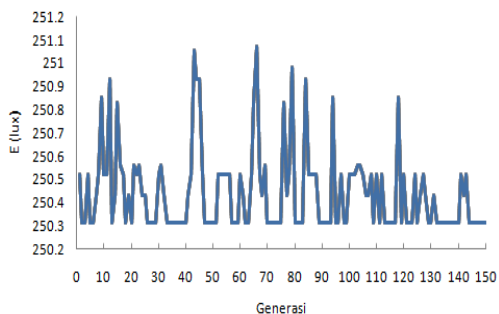
$$\eta = 2,75 \text{ watt/m}^2$$

Dari kedua perhitungan diketahui untuk perhitungan data teknis ruangan dan data pengukuran intensitas pencahayaan diruangan nilai intensitasnya sedikit berbeda. Hal ini bisa dikarenakan saat pengukuran data intensitas pencahayaan di ruangan tersebut dengan menggunakan alat lux meter ada faktor dari luar yang mempengaruhi. Faktor tersebut misalnya adalah cahaya sinar matahari yang masuk keruangan tersebut.

### 4.2 Hasil Optimasi Program

Untuk optimasi program simulasi dibutuhkan data dengan parameter ruangan sebagai berikut : jenis lampu = TL atau flourense, daya lampu 40 watt, jenis ruang = laboratorium, panjang ruang = 10 meter, lebar ruang = 5 meter dan tinggi ruang = 4 meter. Selain itu juga dibutuhkan data parameter algoritma genetik untuk program simulasi seperti jumlah generasi, probabilitas *crossover* dan probabilitas mutasi yang berbeda-beda.

Dengan parameter jumlah generasi = 150, probabilitas pindah silang = 0,8 dan probabilitas mutasi = 0,1 diperoleh hasil sebagai berikut :



Gambar 8. Grafik generasi fitness hasil pengujian 1

Gambar 9. Individu terbaik pengujian 1

Untuk pengujian dengan parameter algoritma genetik yang lain hasil pengujian 2 hingga pengujian 10 (lihat laporan), didapat perbandingan fitness antara pengujian diambil pada generasi ke-50, seperti pada tabel 6.

Tabel 6. Perbandingan fitness antar pengujian

Pengujian	Generasi	Probabilitas pindah silang	Probabilitas mutasi	Fitness contoh 1	Fitness contoh 2
1	50	0,8	0,1	250.3125333	250.3125333
2	50	0,8	0,02	250.56	250.3125333
3	50	0,8	0,001	250.5216	250.5216
4	50	0,5	0,1	250.3125333	250.5216
5	50	0,5	0,001	250.432	250.3125333
6	50	1	0	250.8288	250.432
7	50	1	0,02	250.3125333	250.5216
8	50	0,8	0,02	250.3125333	250.3125333
9	50	0,8	0,02	250.3125333	250.56
10	50	0,8	0,02	250.5216	250.3125333

Dari tabel 6. terlihat bahwa dari dua kali pengujian dengan nilai parameter algoritma genetik yang sama belum tentu didapatkan hasil yang sama. Pada pengujian ke 9 dan 10 dimana nilai fitness yang didapatkan berbeda meskipun dengan nilai probabilitas pindah silang dan probabilitas mutasi yang sama. Hal ini karena algoritma genetik menerapkan sistem random/acak pada tiap prosesnya.

### 4.3 Pengujian Efisiensi Daya Kinerja Pencahayaan Buatan (Lampu)

Untuk pengujian program simulasi efisiensi daya pada ruang *haemodialisa* RSI Sunan Kudus, digunakan data parameter seperti daya lampu sebesar 40 watt, ukuran ruang sama yaitu panjang = 10 meter, lebar = 5 meter dan tinggi = 4. Dengan parameter algoritma genetik jumlah individu = 50, jumlah generasi = 150, probabilitas pindah silang = 0,8 dan probabilitas mutasi = 0,02.

Sedangkan lampu yang akan diujikan pada ruang tersebut adalah lampu TL atau flouresen, lampu pijar, lampu neon kompak dan lampu halogen.

#### 1. Pengujian dengan lampu TL (flouresen)

Gambar 10. Individu terbaik efisiensi daya lampu TL

#### 2. Pengujian dengan lampu pijar

Gambar 11. Individu terbaik efisiensi daya lampu pijar

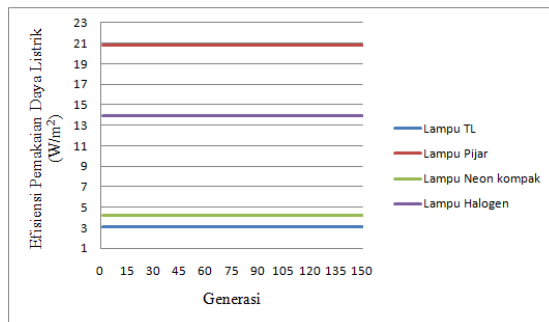
#### 3. Pengujian dengan lampu neon kompak

Gambar 12. Individu terbaik efisiensi daya lampu neon kompak

#### 4. Pengujian dengan lampu halogen

Gambar 13. Individu terbaik efisiensi daya lampu halogen

Dari pengujian dengan 4 lampu tersebut untuk grafik hasil individu tiap generasi hingga ke generasi 150 hasilnya pada gambar 4.41, 4.43, 4.45 dan 4.47 (lihat laporan). Sehingga diperoleh rekapitulasi hasil pengujian sebagai berikut :



Gambar 14 Grafik Hubungan antara generasi dengan efisiensi pemdaya lampu

Dari gambar 10 – 13 didapat efisiensi daya terbaik 4 jenis lampu, seperti tabel 7. berikut :

Tabel 7. Hasil efisiensi daya tiap lampu

Jenis Lampu	Jenis Ruangan	Jumlah Lampu	Efisiensi Pemakaian Daya Listrik (Watt/m <sup>2</sup> )
TL (Flourense)	Laboratorium	16	3,1289
Pijar	Laboratorium	158	20,8344
Neon Kompak	Laboratorium	37	4,1681
Halogen	Laboratorium	131	13,8894

Dari tabel 7. hasil pengujian dengan menggunakan 4 buah lampu menunjukkan efisiensi daya kinerja pencahayaan buatan (lampu) pada ruang laboratorium haemodialisa yang paling efisien adalah menggunakan lampu TL atau flourense (40 watt). Jika memakai lampu pijar, lampu neon kompak dan lampu halogen, dengan pemakaian daya yang sama yaitu 40 watt akan membutuhkan banyak lampu dan nilai efisiensi daya sangat jelek (tidak efisien) dibandingkan dengan memakai lampu TL.

Untuk kondisi yang ada pada ruang haemodialisa menggunakan 12 buah lampu TL dengan nilai intensitas penerangan sebesar 222,03 lux dan efisiensi daya sebesar 2,75 watt/m<sup>2</sup>. Sedangkan untuk pengujian efisiensi daya ruang haemodialisa dengan simulasi pada tabel 7 dengan menggunakan lampu TL sebanyak 16 buah didapat hasil intensitas penerangan sebesar 250,3 lux dan efisiensi daya sebesar 3,1289 watt/m<sup>2</sup>. Untuk hasil simulasi telah memenuhi standar pencahayaan ruang sesuai SNI BSN-2000, sehingga jika ruang laboratorium haemodialisa harus sesuai dengan standar maka harus ditambah 4 buah jenis lampu TL atau flourense.

## V. PENUTUP

### 5.1 Kesimpulan

- Dari hasil perhitungan yang telah dilakukan parameter jenis ruang, jenis lampu, jumlah lampu, jenis reflektor dan luas ruang berpengaruh untuk menghasilkan nilai intensitas pencahayaan (lux) yang maksimum sesuai standar, sedangkan untuk efisiensi pemakaian daya listrik dipengaruhi oleh nilai intensitas pencahayaan dengan efficacy lampu. Hal ini sesuai dengan persamaan 1 dan persamaan 2.
- Dari perhitungan data teknik ruangan mendapatkan hasil intensitas pencahayaan (E) sebesar 217,72 lux dan perhitungan dari pengukuran data pencahayaan menunjukkan hasil intensitas pencahayaan (E) sebesar 222,03 lux, hasilnya tidak sama hal ini karena adanya pengaruh faktor luar yaitu masuknya sinar matahari saat pengambilan data dengan alat luxmeter.
- Hasil pengujian optimasi program metode algoritma genetik menunjukkan hasil :
  - Metode algoritma genetik jika jumlah generasi semakin banyak, semakin besar pula kemungkinan untuk mendapat solusi yang baik secara cepat.
  - Nilai parameter probabilitas pindah silang antara 0,7-0,9 akan meningkatkan kemungkinan mendapat solusi yang lebih baik dari generasi.
  - Nilai probabilitas mutasi yang sangat kecil atau sangat besar akan mengurangi keanekaragaman solusi sehingga sulit didapat solusi yang terbaik.
- Dari tabel 7 pengujian efisiensi pemakaian daya listrik ruang laboratorium *haemodialisa* menggunakan lampu TL, lampu pijar, lampu neon kompak dan lampu halogen. Hasil terbaik memakai lampu TL sebanyak 16 buah sebesar 3,1289 Watt/m<sup>2</sup>.

### 5.2 Saran

- Dapat dikembangkan untuk tipe ruangan dengan bentuk lain, menggunakan metode yang lain dan posisi penempatan lampu diperhitungkan. Dengan memperhitungkan faktor pencahayaan alam agar bisa mendapatkan solusi yang lebih baik.
- Ruang laboratorium cuci darah rumah sakit islam sunan kodus menggunakan 12 buah lampu TL. Hasil simulasi untuk mencapai standar intensitas penerangan sebesar 250 lux dibutuhkan lampu TL sebanyak 16 buah, sehingga untuk laboratorium cuci darah sebaiknya ditambah 4 buah lampu TL.

## DAFTAR PUSTAKA

- [1.] Muhaimin, Drs, MT, “*Teknologi Pencahayaan*”, RefikaAditama, Malang, 2001.
- [2.] Pedoman Efisiensi Energi untuk Industri di Asia – [www.energyefficiencyasia.org](http://www.energyefficiencyasia.org).
- [3.] Prih Sumardjati,dkk, “*Teknik Pemanfaatan Tenaga Listrik untuk SMK*”, Direktorat Pembinaan SMK, Jakarta, 2008.
- [4.] P.Van Harten & Ir.E.Setiawan, ” *Teknik Instalasi Arus Kuat Jilid 2* ”, Binacipta, Jakarta, 1980.
- [5.] Keputusan Menteri Kesehatan RI, “*Persyaratan Kesehatan Lingkungan Rumah Sakit*”, Penerbit MenKes, Jakarta, 2004.
- [6.] SNI,BSN-2000
- [7.] Ratih Utami Dewi, “*Optimasi Unit Commitment dan Economic Dispatch Pembangkit Hidrotermal dengan Metode Algoritma Genetik*”, Laporan Tugas Akhir Strata 1 Jurusan Teknik Elektro Universitas Diponegoro, 2011.
- [8.] *Algoritma Genetik*, ([http://en.wikipedia.org/wiki/Artificial\\_intelligence](http://en.wikipedia.org/wiki/Artificial_intelligence), diakses pada tanggal 12 mei 2011).
- [9.] Karnoto, Yuningtyastuti, “*Bahan Ajar Mata Kuliah Iluminasi dan Instalasi Listrik*”, Universitas Diponegoro, Semarang, 2011.
- [10.]Radiktyo Nindyo Sumarno, “*Optimasi Penempatan Recloser Terhadap Keandalan Sistem Tenaga Listrik dengan Algoritma Genetika*”, Makalah Tugas Akhir S1 Jurusan Teknik Elektro Universitas Diponegoro, 2010.
- [11.]Chairul Gagarin Irianto, “*Studi Optimasi Sistem Pencahayaan Ruang Kuliah dengan Memanfaatkan Cahaya Alam*”,JETri, Volume 5, Nomor 2, Februari 2006, Halaman 1-20, ISSN 1412-0372.
- [12.]Ir. Heri M.Kholiq, MT, “*Analisa Nilai Pencahayaan Proses Belajar Mengajar Sekolah Dasar Di Malang*”, Laporan Penelitian Universitas Muhammadiyah Malang, 2007.
- [13.]Dedy Haryanto, Edy Karyanta, Paidjo, “*Kuat Penerangan Ruang Kendali Utama Untai Uji Termohidrolika PT.RKN-Batan*”,Sigma Epsilon, Vol. 12 No.1 Februari 2008, ISSN. 0853-910.
- [14.]Eko Indriyawan, Fransisca Aure Liasie dan Tomi Sayugo, “*Mastering Delphi XE*”, Penerbit ANDI, Yogyakarta, 2011.
- [15.]Spectrum-GE lighting lamp catalouge, “*GE Consumer & Industrial Lighting*”, 2004.

## Biodata Penulis



Fanny Hadisusanto, lahir di kota Kudus pada tanggal 29 Oktober 1988. Menempuh pendidikan di SD Muhammadiyah Pasuruhan Lor, SMP Muhammadiyah 1 Kudus, SMAN 2 Kudus dan saat ini sedang menyelesaikan studi Strata-1 di Jurusan Teknik Elektro Universitas Diponegoro Semarang dengan mengambil konsentrasi Power/Ketenagaan.

Menyetujui dan Mengesahkan,

Dosen Pembimbing I,

Ir. Yuningtyastuti, M.T.  
NIP. 195209261983032001

Dosen Pembimbing II,

Ir. Agung Warsito, DHET  
NIP.195806171987031002

