

SIMULASI *SETTING DIRECTIONAL OVERCURRENT RELAY (DOCR)* MENGUNAKAN ALGORITMA GENETIK

Ibnu Maulana Siddiq, Drs. Daryanto, M.T., Massus Subekti, S.Pd., M.T.
Jurusan Teknik Elektro Fakultas Teknik Universitas Negeri Jakarta
Gedung L Kampus A Universitas Negeri Jakarta, Jalan Rawamangun Muka, Jakarta 13220

Abstrak - Koordinasi *directional overcurrent relay* pada sistem tenaga listrik dengan jaringan *loop* merupakan salah satu hal yang cukup rumit. Hal ini dikarenakan sebuah relay menjadi *primary relay* untuk relay yang lain, tetapi sekaligus menjadi backup untuk relay yang lain pula. Penelitian ini menggunakan algoritma genetik untuk mendapatkan koordinasi DOCR pada jaringan sistem IEEE 9 bus. Koordinasi yang optimal dicapai dengan meminimumkan nilai waktu operasi waktu operasi relay dengan tanpa melanggar batasan CTI sebesar 0,2 s. Optimasi DOCR menggunakan algoritma genetik menghasilkan rata-rata nilai *function value* sebesar 13,206, dengan rata-rata jumlah generasi sebesar 459,07. Untuk nilai *function value* terkecil senilai 13,1502, sedangkan untuk nilai *function value* terbesar senilai 13,2295.

Kata kunci: Koordinasi *Directional Overcurrent Relay*, Algoritma Genetik, IEEE 9 Bus.

I. Pendahuluan

Pada masa ini listrik merupakan sumber energi yang sangat penting dalam kehidupan sehari-hari. Namun pada sistem tenaga listrik sering terjadi gangguan, baik gangguan yang disebabkan dari alam maupun gangguan yang disebabkan oleh kerusakan suatu peralatan, salah satunya adalah gangguan hubung singkat atau *overcurrent*. Gangguan hubung singkat merupakan gangguan yang paling sering terjadi pada sistem tenaga listrik. Untuk

melakukan proteksi terhadap gangguan hubung singkat pada sistem dengan jaringan berbentuk *loop*, maka diperlukan koordinasi *Directional Overcurrent Relay (DOCR)*.

Masalah koordinasi DOCR pada jaringan berbentuk *loop* terdapat relay yang menjadi *primary relay*, tetapi sekaligus juga menjadi *backup relay*.

Untuk menyelesaikan permasalahan koordinasi DOCR pada sistem interkoneksi atau jaringan *loop*, berbagai metode dan teknik yang telah dilakukan diklasifikasikan menjadi tiga jenis, yaitu teknik *curve fitting*, teknik teori graf dan teknik optimasi. Algoritma genetik merupakan contoh dari beberapa teknik optimasi yang ada (Hussain, dkk, 2013).

Dengan latar belakang tersebut, pada penelitian ini akan menggunakan metode algoritma genetik untuk mendapatkan *setting* relay yang optimal dan waktu operasi keseluruhan relay yang minimum dengan menggunakan *software* Matlab dan juga kinerja koordinasi DOCR berbasis algoritma genetik terhadap gangguan hubung singkat tiga fasa pada simulasi koordinasi proteksi pada *software* ETAP 7.5.

Pada penelitian ini nilai *setting* relay yang akan dicari adalah nilai *time dial setting* dan arus *pickup* relay, sehingga diharapkan akan didapat nilai yang optimal, yang sesuai dengan *coordination time interval* antara *primary relay* dan *backup relay*, dengan waktu operasi keseluruhan relay yang minimum.

II. Kajian Teoritis

2.1. Gangguan Hubung Singkat

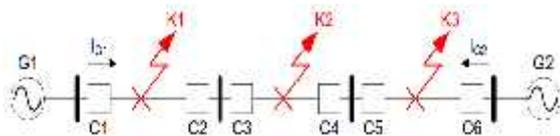
Jenis gangguan hubung singkat yang penting untuk diketahui adalah (Wadhwa, 2009):

1. Hubung singkat 1 fasa ke tanah.
2. Hubung singkat fasa ke fasa.
3. Hubung singkat fasa ke fasa ke tanah.
4. Hubung singkat tiga fasa.

2.2. Directional Overcurrent Relay (DOCR)

Directional overcurrent relay (DOCR) merupakan suatu relay arus lebih yang memiliki fungsi tambahan untuk membedakan arah gangguan

Ketika terjadi gangguan pada jaringan berbentuk *loop* dengan lebih dari 1 sumber maka arus gangguan akan mengalir menuju titik gangguan dari dua arah. Contoh penggunaan DOCR dapat dilihat pada gambar 2.1. :



Gambar 2.1. Arah arus gangguan pada jaringan dengan dua generator
Sumber : Davies : 1984

Gambar 2.1. menunjukkan bahwa apabila terjadi gangguan pada K1 maka arus I_{G1} dan I_{G2} akan mengalir dari generator G1 dan G2. Akibatnya C1 dan C2 akan terbuka. Untuk menjaga supaya C3 jangan ikut terbuka, maka pengesetan waktu C3 harus lebih besar dari C2 atau dapat dituliskan $t_{C3} > t_{C2}$. Kondisi ini akan terjadi sebaliknya yaitu apabila terjadi gangguan pada K2 maka C3 dan C4 akan terbuka dan untuk menjaga supaya C2 tidak ikut terbuka maka $t_{C2} > t_{C3}$, begitu seterusnya untuk gangguan pada K3. Terlihat bahwa langkah ini tidak efisien

karena diperlukan banyak pengesetan waktu terhadap peralatan tersebut.

Suatu langkah efisiensi dapat dilakukan dengan menggunakan DOCR, yaitu apabila gangguan terjadi pada K1, maka hanya C1 dan C2 yang terbuka dan seterusnya.

Untuk menentukan waktu operasi (t) dari sebuah DOCR dapat digunakan persamaan matematis yang mendefinisikan kurva karakteristik kerja dari relay *inverse*. Secara matematis waktu operasi dari sebuah relay *inverse* dengan persamaan sebagai berikut :

$$t = \frac{k_1}{\left(\frac{I}{I_p}\right)^{k_2} - 1} \cdot TDS$$

t = waktu operasi relay

k_1 & k_2 = konstanta lekukan kurva

I = arus gangguan

I_p = arus *pickup* relay

Rumusan t adalah waktu operasi dari sebuah relay dalam satuan sekon, TDS adalah *time dial setting*, I adalah nilai arus dalam ampere dan I_p adalah nilai arus *pick-up*.

Nilai konstanta k_1 dan k_2 merupakan nilai yang menentukan lekukan (*slope*) kurva karakteristik kerja relay tersebut. Nilai dan untuk *overcurrent relay* dapat dilihat pada tabel 2.1.

Tabel 2.1. Tabel koefisien *inverse*

Tipe Kurva	k_1	k_2
<i>Standard Inverse</i>	0,14	0,02
<i>Very Inverse</i>	13,5	1,00
<i>Extremely Inverse</i>	80	2,00

Urutan kerja dari *primary relay* dan *backup relay* inilah yang disebut dengan koordinasi proteksi, dimana waktu kerja atau operasi backup relay harus lebih besar dari waktu kerja primary relay ditambah koordinasi CTI. Dalam menentukan

margin relay, yang menjadi pertimbangan adalah :

1. Waktu operasi relay.
2. Waktu kecepatan CB terbuka.
3. Safety margin (Error).



Gambar 2.2. Koordinasi relay proteksi
Sumber : Niyomphant, dkk : 2012

Dalam gambar 2.2., bila gangguan terjadi pada F, maka secara matematis dapat ditulis

$$tR_A - tR_B \geq CTI$$

tR_A = waktu operasi relay R_A

tR_B = waktu operasi relay R_B

CTI = *Coordination Time Interval*

Coordination time interval ini ditentukan :

1. Waktu yang dibutuhkan CB untuk memutuskan daya sepenuhnya.
2. Error yang disebabkan oleh trafo arus (CT) dan relay.
3. Overshoot dari relay.

Berikut merupakan standar dari nilai *coordination time interval*.

Tabel 2.2. Tabel *coordination time interval*

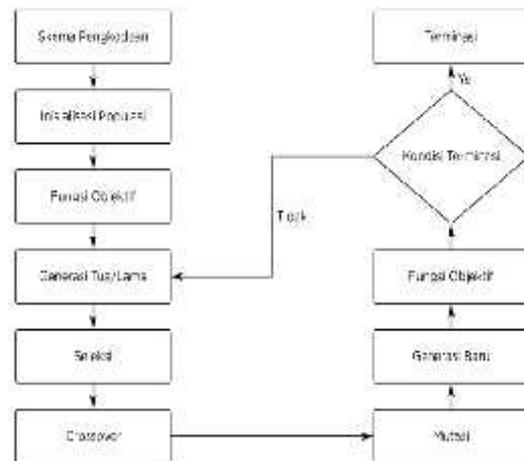
Jenis Relay	CB Time (s)	Overshoot Time (s)	Error Time (s)	CTI (s)
Mekanik	0.10	0.15	0.15	0.40
Elektronik	0.08	0.02	0.10	0.20

2.3. Algoritma Genetik

Algoritma genetika adalah suatu algoritma stokastik yang memodelkan proses evolusi dari spesies biologi melalui seleksi alam (Konar, 2005). Secara umum, populasi ini dibangkitkan secara random dan solusi yang adalah dibangkitkan sesudah tahapan konsektif dari proses *crossover* dan mutasi. Setiap individu dari populasi memiliki nilai yang diasosiasikan

ke dalam suatu nilai *fitness*, di dalam kaitannya untuk menyelesaikan suatu permasalahan (Rabunal & Dorado, 2006).

Algoritma genetik memberikan suatu pilihan bagi penentuan nilai parameter dengan meniru cara reproduksi genetik, membentuk kromosom baru serta seleksi alam seperti yang terjadi pada makhluk hidup. Algoritma genetik secara umum dapat diilustrasikan dalam diagram pada gambar 2.3.



Gambar 2.3. Diagram algoritma genetik
Sumber : Ongko : 2015

Secara umum struktur dari suatu algoritma genetika dapat didefinisikan dengan langkah-langkah sebagai berikut: (Negnevitsky, 2005)

1. Membangkitkan populasi awal.
2. Menghitung nilai fungsi objektif.
3. Evaluasi solusi.
4. Proses *crossover*.
5. Proses Mutasi.

III. Metodologi Penelitian

3.1. Tempat dan Waktu Penelitian

Penelitian ini dilakukan pada bulan Mei dan Juni 2015. Penelitian ini dilakukan di laboratorium penggunaan komputer dalam sistem tenaga listrik, Teknik Elektro Universitas Negeri Jakarta.

3.2. Tahapan Penelitian

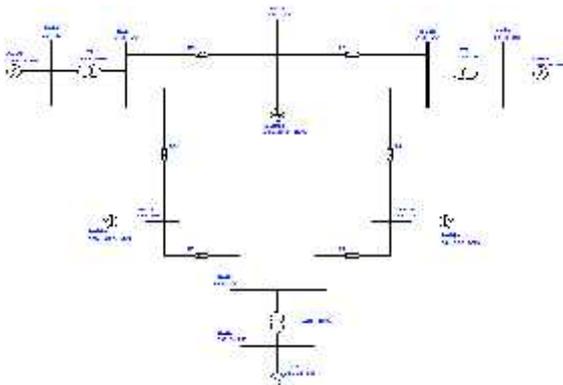
Perancangan penelitian dibagi menjadi tahapan-tahapan inti yang membentuk suatu kerangka kerja skripsi ini. Berikut tahapan penelitian ini:

1. Pengumpulan Data dan Literatur.
2. Pemodelan *Single Line Diagram* Sistem.
3. Penentuan Pasangan *Primary Relay* dan *Backup Relay*.
4. Simulasi Aliran Daya Menggunakan ETAP 7.5.
5. Simulasi Gangguan Hubung Singkat Tiga Fasa Menggunakan ETAP 7.5.
6. Mendapatkan *Setting* Relay dengan Metode Algoritma Genetik Menggunakan MATLAB R2013a.
7. Simulasi Koordinasi *Directional* OCR Berbasis Algoritma Genetik Menggunakan ETAP 7.5.

IV. Pembahasan

4.1. Pemodelan Sistem

Pemodelan sistem dilakukan menggunakan *software* ETAP 7.5.



Gambar 4.1. Pemodelan sistem IEEE 9 bus dalam *software* ETAP

4.2. Simulasi Aliran Daya

Berikut merupakan rekapitulasi besar arus beban maksimum yang melewati tiap relay :

Tabel 4.1. Arus beban maksimum yang melewati relay

No. Bus		No. Relay	Inominal (A)
Dari	Ke		
Bus 1	Bus 4	-	2545.7
Bus 2	Bus 7	-	5238.4
Bus 3	Bus 9	-	3575.6
Bus 4	Bus 5	Relay 1	77.8
		Relay 7	
Bus 4	Bus 6	Relay 2	108.2
		Relay 8	
Bus 7	Bus 5	Relay 3	249.6
		Relay 9	
Bus 9	Bus 6	Relay 4	119.8
		Relay 10	
Bus 7	Bus 8	Relay 5	161.0
		Relay 11	
Bus 9	Bus 8	Relay 6	96.9
		Relay 12	

4.3. Simulasi Gangguan Hubung Singkat

Berikut merupakan rekapitulasi besar arus gangguan hubung singkat tiga fasa yang melewati tiap relay untuk setiap gangguan :

Tabel 4.2. Arus gangguan hubung singkat yang melewati relay

<i>Fault bus</i>	<i>Primary relay</i>	<i>Iprimary (A)</i>	<i>Backup relay</i>	<i>Ibackup (A)</i>
Bus 4	Relay 7	1090	Relay 9	1090
	Relay 8	783	Relay 10	783
Bus 5	Relay 1	1470	Relay 8	421
	Relay 9	1453	Relay 11	303
Bus 6	Relay 2	1739	Relay 7	692
	Relay 10	1177	Relay 6	451
Bus 7	Relay 3	1162	Relay 1	1162
	Relay 11	609	Relay 12	609
Bus 8	Relay 5	1609	Relay 3	466
	Relay 12	1297	Relay 4	574
Bus 9	Relay 4	1308	Relay 2	1308
	Relay 6	877	Relay 5	877

4.4. Hasil Optimasi Koordinasi DOCR Menggunakan Algoritma Genetik

Dalam penelitian ini fungsi tujuan yang akan diminimumkan adalah jumlah waktu operasi (t) keseluruhan relay baik ketika berfungsi sebagai *primary relay* maupun ketika berfungsi sebagai *backup relay*.

$$\text{Min Obj} = \sum_{i=1}^{N_{\text{primary}}} T_{\text{primary}}^i + \sum_{j=1}^{N_{\text{backup}}} T_{\text{backup}}^j$$

Dengan :

$$T_{\text{primary}}(i) = \frac{0.14 * \text{TDS}(i)}{\frac{\text{Ipr}(i)}{\text{PS}(i) * \text{Inominal}(i)} - 1}^{0.02}$$

$$T_{\text{backup}}(j) = \frac{0.14 * \text{TDS}(j)}{\frac{\text{Ibc}(j)}{\text{PS}(j) * \text{Inominal}(j)} - 1}^{0.02}$$

Ipr adalah nilai arus gangguan *primary*, ketika relay bertindak sebagai *primary relay* yang didapat dari simulasi hubung singkat yang terdapat pada tabel 4.2.

Ibc adalah nilai arus gangguan *backup*, ketika *relay bertindak sebagai backup relay* yang didapat dari simulasi hubung singkat yang terdapat pada tabel 4.2.

Inominal adalah arus beban maksimum yang didapat dari simulasi aliran daya yang terdapat pada tabel 4.1.

TDS (*time dial setting*) dan PS (*plug setting*) adalah nilai yang akan di optimasi.

Persamaan fungsi objektif akan diminimumkan dengan melakukan optimasi pada nilai TDS dan PS, dengan tetap memenuhi fundamental sistem proteksi tenaga listrik, dimana :

$$T_{\text{backup}} - T_{\text{primary}} \geq \text{CTI}$$

T_{backup} adalah waktu operasi *backup relay*.

T_{primary} adalah waktu operasi *primary relay*.

CTI adalah *coordination time interval*.

Coordination Time Interval yang digunakan dalam penelitian ini adalah sebesar 0.2.

Dan juga batasan lain yang digunakan adalah batas bawah (*lower bound*) dan batas atas (*upper bound*) untuk nilai TDS adalah sesuai dengan jenis masing-masing relay, dan pada penelitian ini relay TSJ62 memiliki batasan nilai TDS dengan *range* :

$$0.05 \leq \text{TDS} \leq 3.2$$

Sedangkan batas bawah dan batas atas untuk nilai PS adalah sesuai dengan British Standard (BS 142 : 1983) yaitu sebesar :

$$1.25 \leq \text{PS} \leq 1.5$$

Sedangkan nilai arus *pickup* pada *setting* relay akan didapatkan melalui persamaan :

$$I_{\text{pickup}} = \frac{\text{PS} * \text{Inominal}}{\text{rasio CT}}$$

Untuk mendapatkan *setting* relay yang optimal menggunakan metode algoritma genetik, maka pengujian akan dilakukan menjadi beberapa bagian. Pembagian tersebut terkait pencarian parameter yang optimal dari metode algoritma genetik. Parameter tersebut terbagi menjadi dua bagian yaitu, parameter tetap dan parameter berubah.

Parameter tetap adalah parameter yang tidak diubah dan nilainya tetap disetiap pengujian. Sedangkan parameter berubah adalah parameter yang nilainya diubah dengan skala tertentu pada setiap pengujian.

Pada pengujian ini, terdapat 3 parameter berubah dengan 3 kombinasi nilai/metode pada masing-masing parameter berubah tersebut, sehingga total

pengujian untuk masing-masing metode dilakukan sebanyak 27 kali.

Pada penelitian ini pengujian dilakukan dengan menggunakan *Global Optimization Toolbox* yang terdapat program MATLAB r2013a, dengan menuliskan parameter, fungsi serta fungsi pembatas yang akan dioptimasi kedalam MATLAB files atau *m-files*.

Berikut merupakan parameter berubah pada pengujian optimasi menggunakan algoritma genetik yang ditunjukkan pada Tabel 4.3. Parameter berubah dalam pengujian optimasi DOCR menggunakan algoritma genetik

No.	Parameter	Nilai/Metode
1	Populasi	a. 50 b. 100 c. 150
2	Crossover	a. <i>Single point</i> b. <i>Two point</i> c. <i>Scattered</i>
3	Seleksi	a. <i>Roulette wheel</i> b. <i>Tournament</i> c. <i>Stochastic uniform</i>

Pada pengujian optimasi menggunakan metode algoritma genetik ini, jumlah iterasi atau dalam metode algoritma genetik disebut dengan generasi, adalah tidak terbatas, tetapi proses optimasi akan berhenti jika dalam 50 generasi nilai PS dan TDS tidak mengalami perbaikan, maka nilai yang didapat pada pengujian itu dianggap sudah merupakan nilai terbaik yang bisa didapatkan oleh kombinasi parameter pada pengujian tersebut.

Berikut merupakan hasil optimasi *setting relay* DOCR menggunakan algoritma genetik.

Tabel 4.4. Hasil optimasi *setting relay* DOCR menggunakan algoritma genetik

Nomor	Parameter	<i>Best function value</i>	Jumlah generasi
	Pop./Cross./Select.		
1	50/SP/RW	13.2137	728
2	50/SP/T	13.2223	95
3	50/SP/SU	13.2133	760
4	50/TP/RW	13.2063	566
5	50/TP/T	13.2078	98
6	50/TP/SU	13.2023	294
7	50/Sc/RW	13.1502	958
8	50/Sc/T	13.2241	99
9	50/Sc/SU	13.2076	616
10	100/SP/RW	13.2180	210
11	100/SP/T	13.1900	130
12	100/SP/SU	13.2106	305
13	100/TP/RW	13.2107	399
14	100/TP/T	13.2133	96
15	100/TP/SU	13.2095	553
16	100/Sc/RW	13.2051	583
17	100/Sc/T	13.2295	91
18	100/Sc/SU	13.1948	752
19	150/SP/RW	13.2119	778
20	150/SP/T	13.2269	80
21	150/SP/SU	13.2126	586
22	150/TP/RW	13.2099	401
23	150/TP/T	13.2249	79
24	150/TP/SU	13.2107	895
25	150/Sc/RW	13.1521	729
26	150/Sc/T	13.2158	164
27	150/Sc/SU	13.1677	1350
Rata-rata		13.2060	459.07

Dari tabel 4.4. dapat dilihat bahwa optimasi menggunakan metode algoritma genetik menghasilkan rata-rata nilai *function value* senilai 13,2060, dengan rata-rata jumlah generasi adalah sebesar 459,07.

Untuk nilai *function value* terkecil yang didapatkan senilai 13,1502, Sedangkan nilai *function value* terbesar yang didapatkan adalah senilai 13,2295.

4.5. Hasil Simulasi Koordinasi DOCR

Berikut merupakan akumulasi waktu operasi (t) keseluruhan relay hasil simulasi masing-masing *setting relay*.

Tabel 4.5. Hasil simulasi koordinasi DOCR

<i>Setting Relay</i>	<i>Function Value</i>	<i>Error/Miss Koordinasi</i>
1	13.2137	0
2	13.2223	0
3	13.2133	0
4	13.2063	0
5	13.2078	0
6	13.2023	0
7	13.1502	0
8	13.2241	0
9	13.2076	0
10	13.2180	0
11	13.1900	0
12	13.2106	0
13	13.2107	0
14	13.2133	0
15	13.2095	0
16	13.2051	0
17	13.2295	0
18	13.1948	0
19	13.2119	0
20	13.2269	0
21	13.2126	0
22	13.2099	0
23	13.2249	0
24	13.2107	0
25	13.1521	0
26	13.2158	0
27	13.1677	0

Dari semua simulasi koordinasi DOCR yang telah dilakukan pada bus 4, bus 5, bus 6, bus 7, bus 8 dan bus 9 dengan gangguan hubung singkat tiga fasa, dapat dilihat bahwa pada setiap kasus *fault spot*, seluruh *setting relay* mampu bekerja dengan sangat baik tanpa adanya satupun yang mengalami kegagalan ataupun *miss* koordinasi antara *primary relay* dengan *backup relay*. Dimana waktu operasi (t) relay yang beroperasi pada setiap kasus

fault spot, memenuhi *coordination time interval* (CTI) antara *primary relay* dengan *backup relay*, CTI yang digunakan dalam penelitian ini adalah sebesar 0,2 s.

Sehingga para *primary relay* pada masing-masing kasus *fault spot* mampu mendeteksi arus gangguan dan beroperasi dengan waktu operasi (t) yang lebih cepat daripada *backup relay* mereka. Sekalipun para *primary relay* mengalami kegagalan atau malfungsi, maka para *backup relay* mereka akan mampu beroperasi dengan selisih waktu operasi (t) lebih dari atau sama dengan nilai CTI.

V. Kesimpulan dan Saran

5.1. Kesimpulan

1. Optimasi DOCR menggunakan algoritma genetik menghasilkan rata-rata nilai *function value* sebesar 13,206, dengan rata-rata jumlah generasi adalah sebesar 459,07. Untuk nilai *function value* terkecil yang didapatkan senilai 13,1502, sedangkan untuk nilai *function value* terbesar yang didapatkan adalah senilai 13,2295.
2. Seluruh *setting relay* berbasis algoritma genetik mampu memproteksi sistem dengan baik setiap gangguan hubung singkat tiga fasa pada setiap *fault bus* dengan sangat baik tanpa adanya satupun yang mengalami kegagalan atau *miss* koordinasi antara *primary relay* dengan *backup relay*.

5.2. Saran

1. Mensimulasikan pada jenis gangguan yang lebih beragam, misalnya gangguan hubung singkat satu fasa ke tanah atau gangguan antar fasa, dengan tujuan untuk membuktikan *flexibility* dari koordinasi *directional overcurrent relay* berbasis algoritma genetik.
2. Menggunakan metode optimasi lain seperti *particle swarm optimization*, *simulated annealing* atau *neural network* dalam melakukan optimasi terhadap permasalahan koordinasi *directional overcurrent relay*.
3. Menggunakan metode algoritma genetik dalam melakukan optimasi permasalahan lain dalam sistem tenaga listrik seperti, penalaan parameter *power system stabilizer* untuk peningkatan kestabilan *transient* pada sistem ataupun optimasi penempatan dan besar nilai kapasitor *bank* dalam perbaikan daya reaktif.

Daftar Pustaka

- Hussain, M.H.; Musirin, I.; Rahim, S.R.A. & Abidin, A.F. 2013. *Computational Intelligence Based Technique in Optimal Overcurrent Relay Coordination : a Review*. The International Journal of engineering and Science 2(1):1-9.
- Wadhwa, C.L. 2009. *Electrical Power System*. New York: New Age International.
- Davies, T. 1984. *Protection of Industrial Power Systems*. New York: Pergamon Press.
- Niyomphant, S.; Kulworawanichpong, T.; Leeton, U. & Chomnawang, N. 2012. *Application of Linear Programming for Optimal Coordination of Directional Overcurrent Relays*. [Prosiding] 9th Electrical Engineering/Electronics, Computer, Telecommunications and Information Technology International Conference; Phetchaburi, 16-18 May 2012. Phetchaburi: IEEE. Hal 1-4.
- Konar, A. 2005. *Computational Intelligence Principles, Techniques, and Applications*. New Delhi: Springer.
- Rabunal, J.R. & Dorado, J. 2006. *Artificial Neural Networks in Real – Life Applications*. New York: Ideal Group Publishing Hershey.
- Ongko, E. 2015. *Analisis Performance Atas Metode Arithmetic Crossover Dalam Algoritma Genetika* [Skripsi]. Medan: Fakultas Teknik, Universitas Sumatera Utara.
- Negnevitsky, M. 2005. *Artificial Intelligence - A Guide to Intelligent Systems*. Edinburg: Addison Wesley.
- Anderson, P.M. & Fouad, A.A. 2003. *Power System Control and Stability*. New York: IEEE Press & Wiley-Interscience.
- Khalkho, P. & Singh, A.K. 2014. *Transient Stability Improvement by using PSS and Increasing Inertia of Synchronous Machine*. American Journal of Electrical Power and Energy System 3(2):45-49.
- Elrafie, H.B. & Irving, M.R. 1993. *Linear programming for directional overcurrent relay coordination in interconnected power systems with constraint relaxation*. Electric Power Systems Research 27(3):209-216.
- Gers, J.M. & Holmes, E.J. 2004. *Protection of Electricity Distribution Networks*. London: The Institution of Electrical Engineering.