

SETTING RELE ARUS LEBIH ADAPTIF PADA SISTEM DISTRIBUSI MESH DENGAN PEMBANGKIT TERSEBAR BERBASIS LEARNING VECTOR QUANTIZATION NEURAL NETWORK

Dinan Ibnu Husein, Margo Pujiantara, Ardyono Priyadi
Jurusan Teknik Elektro, Fakultas Teknologi Industri, Institut Teknologi Sepuluh Nopember (ITS)
Jl. Arief Rahman Hakim, Surabaya 60111

E-mail: dinanibnuhusein@mhs.ee.its.ac.id, margo@ee.its.ac.id, priyadi@ee.its.ac.id

Abstrak— Sistem distribusi di era ini sudah akan berpindah ke sistem *smart grids*. Apalagi dengan berkembangnya sistem distribusi menggunakan pembangkit tersebar. Dimana pada kondisi ini sistem disupply oleh *distributed generation* dan *grid* terpisah. Namun demikian, sistem ini masih memiliki banyak kekurangan dalam hal *setting* koordinasi proteksinya. Oleh sebab itu pada tugas akhir ini diusulkan menggunakan metode pengaman arus lebih yang adaptif, yang memanfaatkan LVQ (*Learning Vector Quantization*) *neural network* untuk mengatasi kendala tersebut di sistem distribusi mesh. Hasil simulasi akan ditunjukkan melalui aplikasi ETAP 12.6 dan nilai pengolahan data akan diperoleh dari aplikasi MATLAB. Dari hasil analisis akan menunjukkan bahwa kondisi pengoprasian dapat diidentifikasi dengan tepat. Serta hasil pengolahan data akan mengklasifikasikan pengaturan waktu koordinasi proteksi pada sistem dengan tepat sesuai dengan kondisi dan letak gangguan.

Kata Kunci— *Adaptive Relay, Mesh Distribution System, Learning Vector Quantization Neural Network*

I. PENDAHULUAN

Dalam suatu sistem distribusi mesh sering terjadi gangguan seperti beban lebih, arus lebih, tegangan lebih, dan lainnya. Gangguan yang terjadi dapat menyebabkan kerusakan pada peralatan yang mendukung proses produksi. Oleh karena itu, diperlukan adanya sistem proteksi untuk mengamankan peralatan dari gangguan yang mungkin terjadi.

Kendala yang dialami dalam mengoordinasikan sistem proteksi mesh ini adalah terletak pada waktu operasi yang sangat berdekatan antara rele primer satu dengan relay primer lainnya serta rele backup yang merupakan back-up dari relay primer tersebut. Plant IEEE dengan 8-Bus merupakan bentuk jaringan distribusi mesh, dimana plant tersebut sangat sulit atau kompleks untuk menentukan sistem proteksinya dibandingkan dengan jaringan pada umumnya.

Dalam tugas akhir ini jenis rele yang digunakan adalah adaptif overcurrent relay (OCR). Tiap rele arus lebih pada sistem ini akan memiliki kondisi lebih dari satu berubah-ubah sesuai dengan kondisi sumber listrik dan letak gangguannya. Untuk mempermudah pengaturan set *primary-backup* dan waktu operasi maka digunakanlah suatu *neural network* yaitu LVQ (*Learning Vector Quantization*)

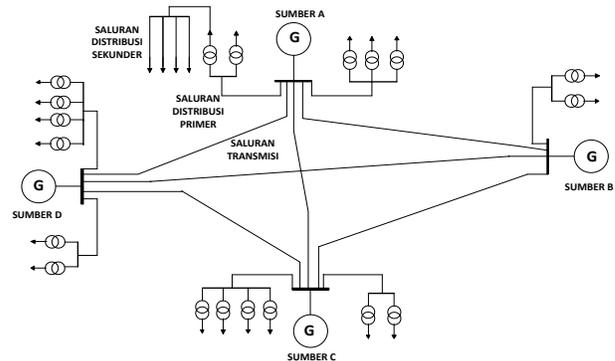
Learning Vector Quantization adalah sebuah metode klasifikasi dimana setiap unit output merepresentasikan sebuah kelas. LVQ digunakan untuk pengelompokan dimana jumlah kelompok sudah ditentukan arsitekturnya. Diharapkan dengan

menggunakan metode *Learning Vector Quantization* ini dapat membantu koordinasi rele arus lebih secara tepat.

II. SISTEM PENGAMAN TENAGA LISTRIK DAN BUSUR API

A. Sistem Distribusi Mesh

Sistem ini merupakan kombinasi antara sistem distribusi radial dan loop, dimana terdapat lebih satu sumber sehingga berbentuk saluran interkoneksi. Di sistem ini titik beban memiliki beberapa alternatif saluran, sehingga bila salah satu mengalami gangguan maka dengan segera dapat digantikan oleh saluran yang lain. Dengan demikian kontinuitas penyaluran daya sangat terjamin. Sistem ini memiliki beberapa kelebihan yaitu kontinuitas aliran daya terjamin dan Kualitas tegangannya baik, rugi daya pada saluran amat kecil. Serta kekurangannya adalah Koordinasi proteksi yang teliti dan sangat rumit.



Gambar 1. Sistem Distribusi Mesh

B. Gangguan pada Sistem Tenaga Listrik

Pada sistem tenaga listrik dapat mengalami keadaan tidak normal yang disebut dengan gangguan. Gangguan ini dapat berasal dari dalam sistem sendiri maupun dari luar sistem. Beberapa gangguan yang terjadi pada sistem tenaga listrik ialah, gangguan beban lebih, gangguan hubung singkat dan busur api.

Gangguan dapat diartikan sebagai suatu kondisi fisis yang disebabkan kegagalan suatu perangkat, komponen, atau suatu elemen untuk bekerja sesuai dengan fungsinya. suatu perangkat,

komponen, atau suatu elemen untuk bekerja sesuai dengan fungsinya. Dalam sistem tenaga listrik tiga fasa [1], gangguan-gangguan yang dapat menyebabkan timbulnya arus lebih yang dapat terjadi diantaranya gangguan tegangan lebih (*overvoltage*), Gangguan beban lebih (*overload*), dan gangguan hubung singkat (*short circuit*). Gangguan hubung singkat akan mengakibatkan arus lebih pada fasa yang mengalami gangguan dan menyebabkan kenaikan tegangan pada yang tidak mengalami gangguan. Gangguan hubung singkat dapat terjadi pada satu fasa ke tanah, dua fasa ke tanah, tiga fasa, atau tiga fasa ke tanah[2]. Gangguan hubung singkat ini dapat dibagi menjadi 2 kelompok yaitu hubung singkat simetri dan hubung singkat asimetri. Gangguan yang termasuk dalam hubung singkat asimetri adalah gangguan hubung singkat tiga fasa, sedangkan gangguan selain hubung singkat tiga fasa termasuk gangguan hubung singkat simetri[3].

C. Rele Pengaman Sistem Tenaga Listrik

Rele merupakan bagian dari peralatan sistem tenaga listrik digunakan untuk memberikan sinyal kepada CB agar dapat memutuskan atau menghubungkan pada sistem tenaga listrik saat terjadi gangguan ataupun tidak.

Rele pengaman mempunyai dua bagian yaitu elemen operasi dan kontak. Pada elemen operasi menerima masukan arus dari transformator arus (CT) atau transformator tegangan (PT) atau kombinasi keduanya. Selanjutnya elemen operasi tersebut melakukan pengukuran atau perbandingan operasi dasar input dan mengubahnya dalam bentuk gerakan kontak. Jika kontak dalam keadaan tertutup maka rele akan memberikan sinyal untuk membuka CB

D. Rele Arus Lebih

Rele akan bekerja jika arus gangguan yang melewati rele lebih besar dari arus kerja rele. Sedangkan rele akan tidak bekerja jika arus gangguan yang melewati rele lebih kecil dari arus kerja rele. Nilai I_p dan I_f dinyatakan terhadap gulungan sekunder trafo arus (CT), dengan I_p merupakan arus kerja dan I_f merupakan arus gangguan. Rele arus lebih dipergunakan untuk melindungi semua bagian pada sistem kelistrikan. Penggunaan rele arus terhadap waktu lebih terbagi atas: Rele arus lebih waktu tertentu, Rele arus lebih waktu instan, dan dan Rele arus lebih waktu inverse

Rele arus lebih yang digunakan dalam tugas akhir ini adalah waktu tertentu dan waktu instant. Rele jenis waktu tertentu dapat diatur waktu operasi yang beragam sesuai *level* arus yang berbeda. Dengan menggunakan rele arus lebih jenis ini gangguan dapat diputus dengan cepat sesuai dengan *time delay* yang *disetting*. Sedangkan rele waktu instant hampir sama dengan rele jenis waktu tertentu tetapi untuk waktu yang digunakan sangat cepat sebesar kurang dari 0,1 detik, bahkan dapat mendekati 0,08 detik.

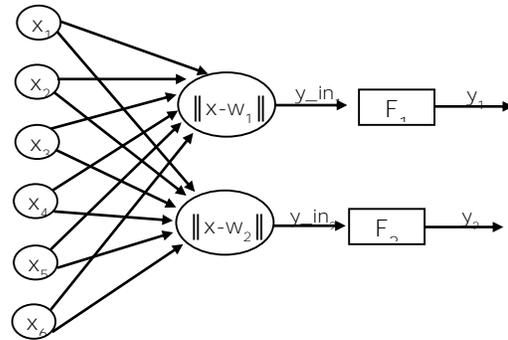
E. Distributed Generation

Distributed Generation (DG) atau nama lain dari sebuah pembangkitan listrik skala kecil yang terletak pada sistem distribusi tenaga listrik dan biasanya ditempatkan pada bus-bus yang terhubung langsung ke beban. Distributed Generation umumnya memiliki kapasitas kecil antara 15-10.000 kW [6]. Berikut merupakan contoh pengaplikasian DG: *Peaking power*

(*load shaving*), *Continous power*, *Combined Heat and Power (CHP)*, dan *Emergency power*.

F. Learning Vector Quantization (LVQ)

LVQ merupakan suatu metode untuk melakukan pelatihan terhadap lapisan-lapisan kompetitif yang terawasi. Lapisan kompetitif akan belajar secara otomatis untuk melakukan beberapa klasifikasi terhadap vektor input yang diberikan. Apabila beberapa vektor input memiliki jarak yang sangat berdekatan, maka vektor-vektor input tersebut akan dikelompokkan dalam kelas yang sama [7]. Gambar 2.5 menunjukkan jaringan LVQ dengan 6 unit pada lapisan input, dan 2 unit (neuron) pada lapisan output. Pemrosesan yang terjadi pada setiap neuron adalah mencari jarak antara suatu vektor input ke bobot yang bersangkuran (W_1 dan W_2). W_1 adalah vektor bobot yang menghubungkan setiap neuron pada lapisan input ke neuron pertama lapisan output, sedangkan W_2 adalah vektor bobot yang menghubungkan setiap neuron pada lapisan input ke neuron kedua pada lapisan output. Fungsi aktivasi F_1 akan memetakan y_{in1} ke $y_1 = 1$ apabila $\|x-w_1\| < \|x-w_2\|$, dan $y_1 = 0$ jika sebaliknya. Demikian pula dengan yang terjadi pada fungsi aktivasi F_2 , akan memetakan akan memetakan y_{in1} ke $y_1 = 1$ apabila $\|x-w_2\| < \|x-w_1\|$, dan $y_1 = 0$ jika sebaliknya.



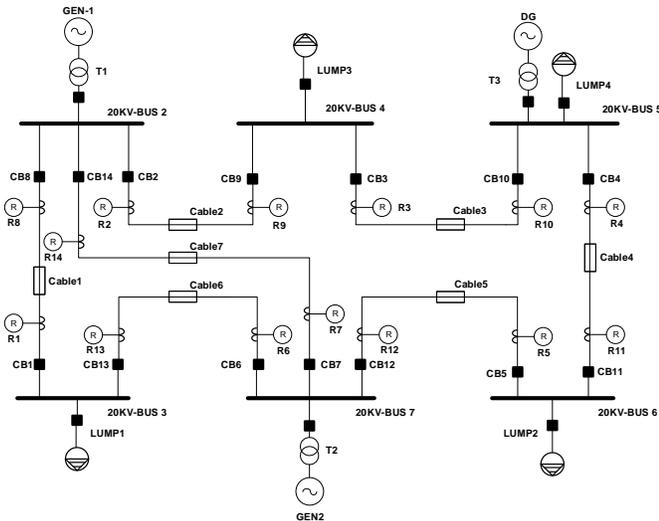
Gambar 2. Contoh arsitektur jaringan LVQ

III. PERANCANGAN SISTEM DAN METODOLOGI

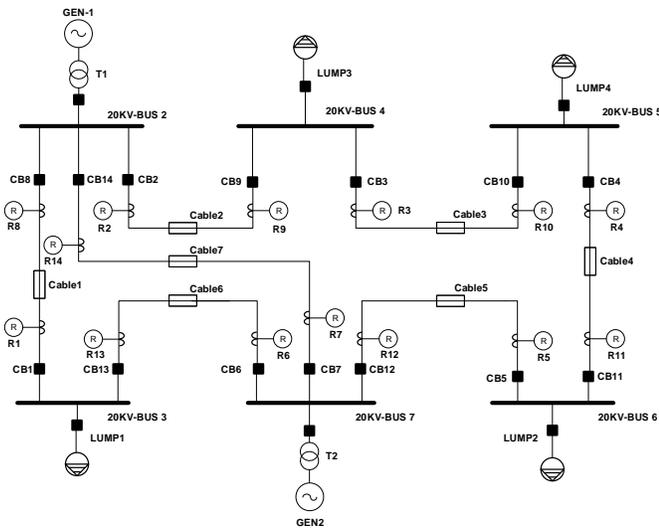
A. Perancangan Sistem

Dalam perancangan simulasi koordinasi proteksi pada tugas akhir ini, digunakan sistem distribusi mesh IEEE 8-bus dengan beberapa penambahan yaitu 1 *Distributed Generator* dan 4 *Lump Load*. *Single Line Diagram* IEEE 8-bus dengan DG tersebut dapat dilihat dalam Gambar 3 dan juga terdapat *Single Line Diagram* IEEE 8-bus tanpa DG pada gambar 4

Dalam sistem ini digunakan 2 generator berdaya 5 MW dan 1 DG berdaya 0,8 MW, 3 trafo yang mengubah level tegangan dari 6,3 KV menjadi 20 KV dan 4 beban lump sebesar 1,7 ; 2,55 ; 2,99 ; dan 0,85 MW.

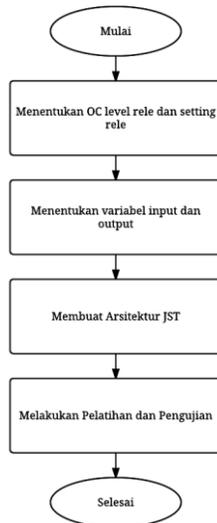


Gambar 3. Sistem IEEE-8 bus dengan penambahan DG



Gambar 4. Sistem IEEE-8 bus tanpa penambahan DG

B. Klasifikasi kondisi rele menggunakan LVQ



Gambar 5. Flowchart klasifikasi kondisi rele menggunakan LVQ

Langkah pertama adalah menentukan kondisi atau OC level serta setting rele. Pada sistem distribusi mesh ini apabila suatu rele arus lebih hanya memiliki 1 setting didalamnya, maka akan sulit sekali menemukan koordinasi proteksi yang tepat. Oleh karena itu dalam sistem ini akan digunakan 3 macam kondisi rele di masing-masing relenya. Kondisi rele akan berubah-ubah tergantung dari letak gangguan yang terjadi pada bus sistem. 3 macam kondisi rele tersebut adalah *Primary*, *Backup*, dan *Reverse Backup*. Seperti yang dapat dilihat pada tabel 1 berikut.

No	ID	Gangguan pada bus						
		2	3	4	5	6	7	
1.	R1	B	P	RB	RB	RB	RB	
2.	R2	P	RB	B	RB	RB	RB	
3.	R3	RB	RB	P	B	RB	RB	
4.	R4	RB	RB	RB	P	B	RB	
5.	R5	RB	RB	RB	RB	P	B	
6.	R6	RB	B	RB	RB	RB	P	
7.	R7	B	RB	RB	RB	RB	P	
8.	R8	P	B	RB	RB	RB	RB	
9.	R9	B	RB	P	RB	RB	RB	
10.	R10	RB	RB	B	P	RB	RB	
11.	R11	RB	RB	RB	B	P	RB	
12.	R12	RB	RB	RB	RB	B	P	
13.	R13	RB	P	RB	RB	RB	B	
14.	R14	P	RB	RB	RB	RB	B	

Tabel 1. Macam kondisi rele menurut letak gangguan bus

Langkah kedua adalah Menentukan variabel input dan output. Input yang digunakan dalam metode ini adalah sebagai berikut.

-Kondisi DG ; akan diberi nilai '1' apabila DG tersambung pada sistem, sedangkan akan diberi nilai '0' apabila DG terputus dari sistem.

-Besarnya yang lewat rele; akan diberi nilai sesuai dengan besar nilai arus (ampere) yang melewati masing-masing rele saat terjadi gangguan. Karena dalam tugas akhir ini hanya membahas highset pada rele arus lebih, maka besar arus yang dideteksi hanya terbatas gangguan I_{sc} minimum dan I_{sc} maksimum.

-Besarnya tegangan pada bus saat gangguan; akan diberi nilai sesuai dengan besar tegangan (volt) pada masing-masing bus saat terjadi gangguan.

Sedangkan output yang digunakan dalam metode ini adalah sebagai berikut.

- Kondisi Primary : bernilai '1'
- Kondisi Backup : bernilai '2'
- Kondisi Reverse Backup : bernilai '3'

Jumlah data yang digunakan dalam proses pelatihan adalah sebanyak 24 data per rele.

Langkah ketiga adalah Membuat Arsitektur JST; Arsitektur JST ini menggunakan jumlah neuron pada lapisan input = 3; jumlah node pada lapisan output = 3, dan jumlah lapisan tersembunyi = 10. Pada lapisan input tidak terjadi proses perhitungan apapun. Proses perhitungan terjadi di lapisan tersembunyi/kompetitif.

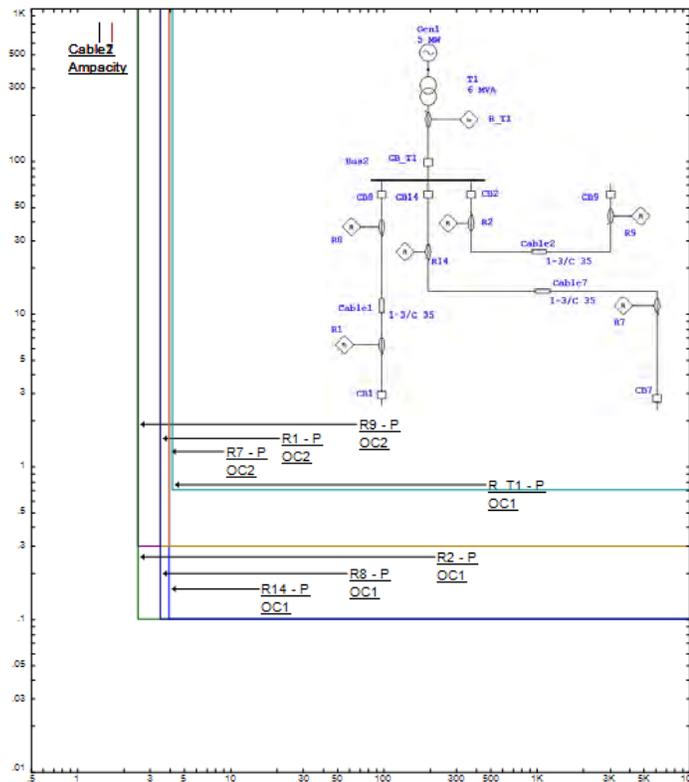
Kemudian dilakukan langkah terakhir yaitu pelatihan dan pengujian model LVQ. Output yang berupa bobot pada fase

pelatihan akan diuji coba pada fase pengujian. Setelah melakukan fase pelatihan dan pengujian ini kita akan mengetahui tingkat akurasi dan batas toleransi model LVQ ini dalam pengklasifikasian kondisi rele pada sistem distribusi mesh.

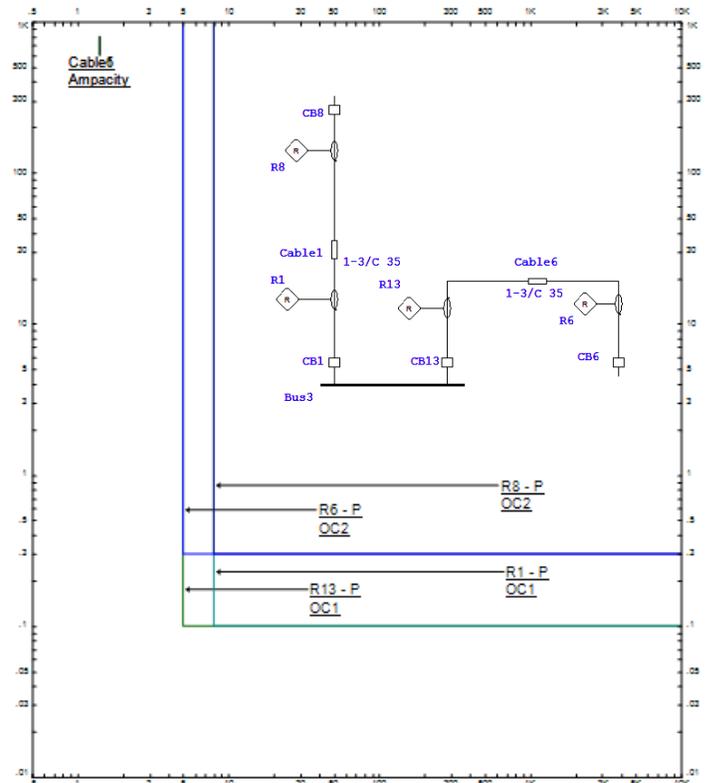
IV. SIMULASI DAN ANALISIS

A. Perhitungan Setting Rele Arus lebih

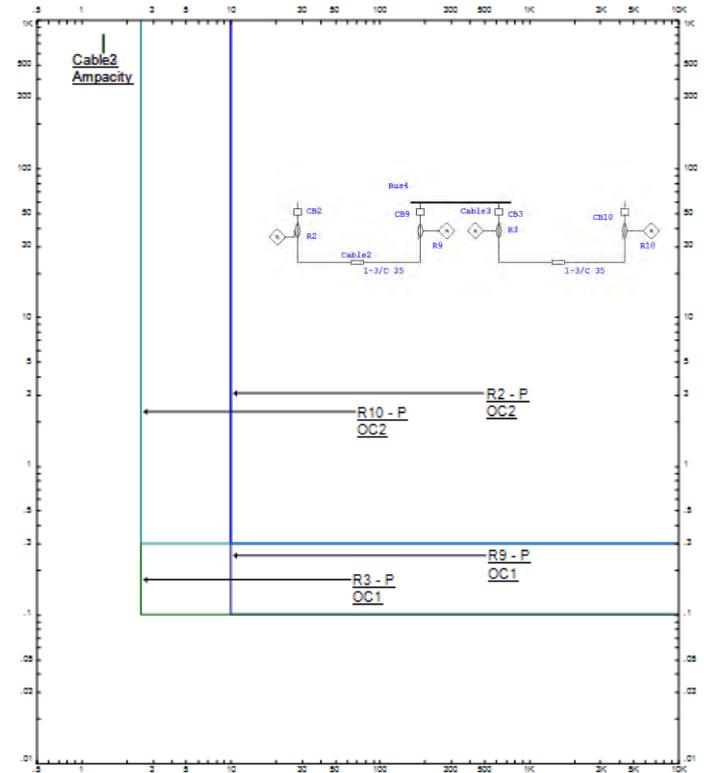
Pada perhitungan ini, hal pertama yang dilakukan adalah menghitung *setting highset* yang berguna sebagai proteksi sistem ketika terjadi gangguan hubung singkat atau *short circuit*. Analisa hubung singkat yang digunakan adalah hubung singkat 2 fasa pada saat 1,5-4 cycle. Nilai arus kontribusi yang melewati masing masing rele saat gangguan tersebut akan digunakan dalam perhitungan setting rele pengaman arus lebih. Setelah hasil perhitungan telah didapat, langkah selanjutnya adalah mem-plot kurva pada ETAP *star view simulation* untuk melihat bentuk kurva karakteristik rele instant.



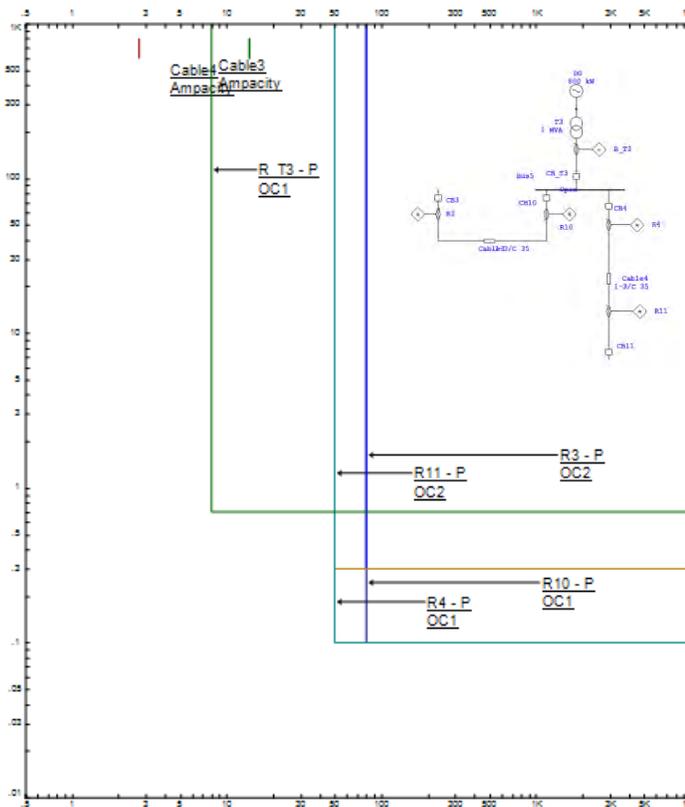
Gambar 6. Diagram Plot Kurva saat Gangguan pada Bus 2



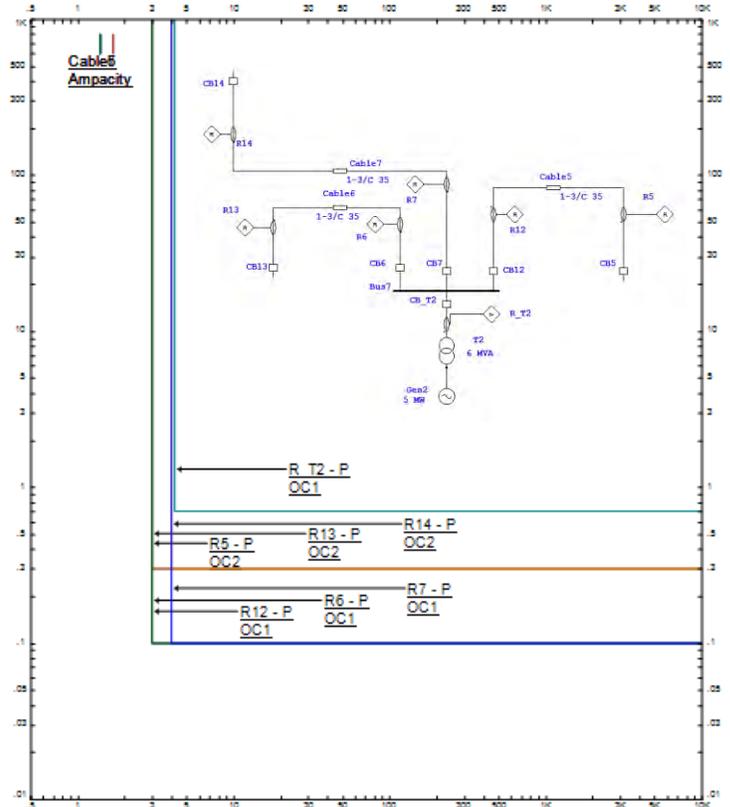
Gambar 7. Diagram Plot Kurva saat Gangguan pada Bus 3



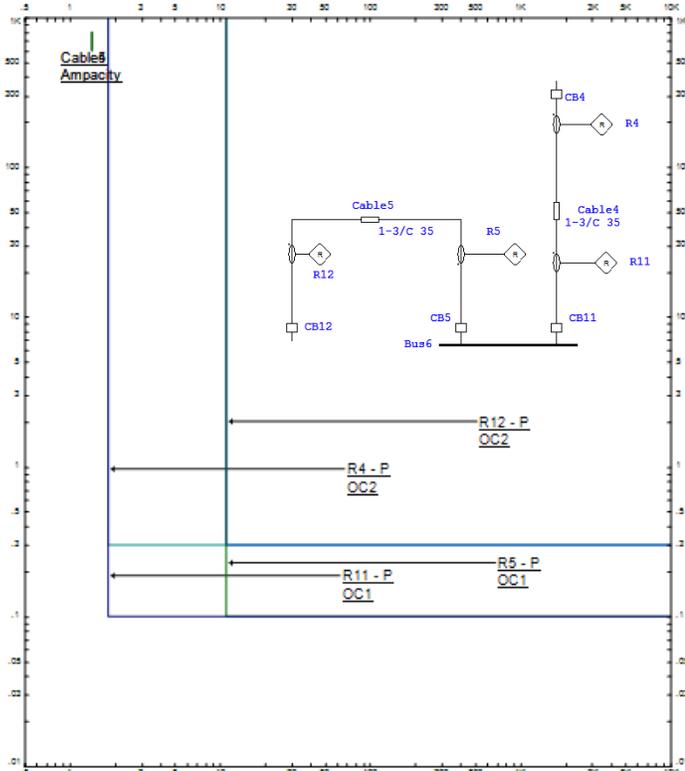
Gambar 8 Diagram Plot Kurva saat Gangguan pada Bus 4



Gambar 9. Diagram Plot Kurva saat Gangguan pada Bus 5



Gambar 11 Diagram Plot Kurva saat Gangguan pada Bus 7



Gambar 10. Diagram Plot Kurva saat Gangguan pada Bus 6

B. Hasil dan Analisa Klasifikasi Kondisi Rele Menggunakan metode LVQ

Setelah memasukkan data inputan menggunakan program *matlab* yang dijalankan, maka program tersebut akan melatih data inputan sehingga didapatkan sebuah data akurasi dari klasifikasi kondisi rele pada tiap rele sebagai berikut:

No	ID rele	Jumlah Kelas Tujuan		Akurasi (%)
		Benar	Salah	
1	R1	24	0	100
2	R2	22	2	91,67
3	R3	24	0	100
4	R4	23	1	95,88
5	R5	24	0	100
6	R6	24	0	100
7	R7	22	2	91,67
8	R8	24	0	100
9	R9	22	2	91,67
10	R10	24	0	100
11	R11	23	1	95,88
12	R12	24	0	100
13	R13	24	0	100
14	R14	22	2	91,67

Tabel 2. Data Akurasi Pemodelan Klasifikasi LVQ

Dapat disimpulkan dari tabel diatas bahwa rata-rata akurasi pemodelan LVQ dalam klasifikasi kondisi rele adalah 97,07%. Setelah melakukan pelatihan maka akan didapatkan bobot akhir pemodelan. Bobot akhir tersebut yang nanti nya diujikan dalam

data uji baru. Dengan melakukan pengujian dapat diketahui batas toleransi pemodelan tersebut. Data baru ini terdiri atas data awal diberi nilai lebih bertahap sebesar $\pm 2,5\%$, $\pm 5\%$, $\pm 7,5\%$, dan $\pm 10\%$ hingga terjadi penurunan akurasi pada tiap rele. Setelah diujikan ke semua data baru tiap rele, didapatkan hasil seperti berikut.

No	ID rele	Nilai Tambahan yang Mengurangi Akurasi (%)		Batas Toleransi (%)	
		Batas Atas	Batas Bawah	Batas Atas	Batas Bawah
1	R1	+10	-2,5	+7,5	0
2	R2	+5	-2,5	+2,5	0
3	R3	-	-2,5	+10	0
4	R4	+2,5	-5	0	-2,5
5	R5	+2,5	-2,5	0	0
6	R6	+2,5	-5	0	-2,5
7	R7	+5	-5	+2,5	-2,5
8	R8	+10	-2,5	+7,5	0
9	R9	+7,5	-2,5	+5	0
10	R10	-	-2,5	+10	0
11	R11	+5	-5	+2,5	-2,5
12	R12	+2,5	-2,5	0	0
13	R13	+2,5	-2,5	0	0
14	R14	+5	-5	+2,5	-2,5

Tabel 3. Data Batas Toleransi Pemodelan Klasifikasi LVQ

Dapat disimpulkan dari tabel diatas bahwa rata-rata batas toleransi pemodelan LVQ dalam klasifikasi kondisi rele adalah batas atas $\pm 3,75\%$ dan batas bawah $\pm 0,89\%$.

V. KESIMPULAN

Berdasarkan hasil simulasi dan analisa klasifikasi kondisi rele arus lebih adaptif dengan DG menggunakan *Learning Vector Quantization*, dapat diambil beberapa kesimpulan sebagai berikut :

1. Penambahan DG pada distribusi mesh menyebabkan penambahan arus hubung singkat minimum yang terbaca pada rele.
2. Rele arus lebih adaptif dapat bekerja lebih dari 1 kondisi, dalam tugas akhir ini direpresentasikan sebagai rele primary, backup, dan reserve backup.
3. Klasifikasi kondisi rele yang dilakukan dengan menggunakan Learning Vector Quantization mempunyai rata-rata akurasi 97,02 %
4. Klasifikasi kondisi rele yang dilakukan dengan menggunakan Learning Vector Quantization mempunyai rata-rata batas toleransi atas $\pm 3,75\%$ dan batas toleransi bawah $\pm 0,89\%$

DAFTAR PUSTAKA

- [1] Wahyudi, "Diktat Kuliah Pengaman Sistem Tenaga Listrik", Teknik Elektro ITS, Surabaya, 2004
- [2] Soeprijanto, Adi "Kestabilan Sistem Tenaga Listrik, Diktat Kuliah Analisis Sistem Tenaga Listrik 2", Institut Teknologi Sepuluh Nopember Surabaya

- [3] IEEE Std 242-2001, "IEEE Recommended Practice for Protection and Coordination of Industrial and Commercial Power Systems", The Institute of Electrical and electronics Engineers, Inc., New York, Ch. 15, 2001.
- [4] Lazar irwin "Electrical System Analysis and Design for Industrial Plant", McGraw-Hill Inc., USA, Ch, 1, 1980
- [5] Dondi P et al."Network Integration of Distributed Power Generation" Journal of Power Sources, Vol. 106, 2002.
- [6] U.S. Department of Energy, "The potential benefits of distributed eneration and rate-related issues that may impede their expansion", Feb. 2007.
- [7] Kusumadewi, Sri "Membangun Jaringan Syaraf Tiruan Menggunakan MATLAB dan Excel Link", Yogyakarta, Graha Ilmu, 2004.

BIODATA PENULIS



Dinan Ibnu Husein lahir di Malang pada tanggal 10 Juni 1994 akrab dipanggil Dinan. Penulis mengawali pendidikan sekolah dasar di MIN Malang I selama 6 tahun, kemudian penulis melanjutkan pendidikan di SMPN 3 Malang selama 3 tahun, setelahnya penulis melanjutkan pendidikan di SMAN 3 Malang selama 3 tahun. Setelah lulus dari SMA penulis melanjutkan kuliah S1 di Institut Teknologi Sepuluh

Nopember Surabaya, Jurusan Teknik Elektro, Bidang Studi Teknik Sistem Tenaga. Semasa perkuliahan penulis aktif dalam organisasi dengan menjadi staff ahli departemen lingpus Himatekro 2014/2015 dan aktif menjadi member Lab B204 Lipist elektro mulai tahun 2015 . Untuk menghubungi penulis dapat melalui email : dinanibnuhusein@gmail.com