

Studi Koordinasi Proteksi Recloser Fuse Pada Jaringan IEEE 34 Node Menggunakan ETAP

Wulan Nursyifa Rumbaman¹, Hari Purnama², Supriyanto^{3*}

^{1,2,3}Jurusan Teknik Elektro, Politeknik Negeri Bandung, Bandung 40012

¹E-mail : wulan.nursyifa.tlis18@polban.ac.id

²E-mail : haripoernama@gmail.com

³E-mail: *supriyanto_suhono@polban.ac.id

*E-mail korespondensi

ABSTRAK

Jaringan distribusi berfungsi untuk menyalurkan listrik kepada konsumen. Dalam penyalurannya seringkali terjadi gangguan yang dapat mengganggu kontinuitas pelayanan konsumen. Gangguan yang terjadi pada sistem distribusi yaitu gangguan hubung singkat yang dapat bersifat permanen atau temporer. Sebagian besar gangguan terjadi karena adanya hubung singkat 1 fasa tanah yang bersifat temporer dan jika dibiarkan akan menjadi gangguan yang permanen. Oleh karena itu keandalan sistem proteksi sangat diperlukan. Tujuan dari penelitian ini menguji perangkat proteksi pada kondisi gangguan menggunakan analisa hubung singkat 1 fasa tanah dan 3 fasa dan menguji koordinasi proteksi fuse recloser menggunakan ETAP. Metode dilakukan dengan cara membuat *single line diagram*, input data parameter IEEE 34 Node, menentukan rating proteksi, simulasi *load flow* dan menampilkan koordinasi proteksi pada saat gangguan. Saat disimulasikan hasil *load flow* cukup akurat dalam model IEEE 34 node dengan rata-rata error 2,1%. Hasil pengujian sequence of operation menunjukkan kurva koordinasi recloser dan fuse bekerja dengan baik. Ketika terjadi gangguan pada node 826 sebesar 233 ampere, pada kurva menunjukkan bahwa yang pertama bekerja adalah recloser cepat, kemudian fuse lalu kembali lagi ke recloser untuk membuka dan menutup hingga lockout. Waktu pemutusan recloser pada recloser cepat yaitu 53 ms dan siklus kedua 3375 ms.

Kata Kunci

Recloser, fuse, koordinasi proteksi, feeder test IEEE 34 node

1. PENDAHULUAN

Sistem distribusi tenaga listrik berfungsi untuk menyalurkan tenaga listrik ke konsumen. Sistem ini mempunyai peran yang penting bagi kehidupan manusia. Saat ini penggunaan energi listrik semakin meningkat baik dari konsumen perumahan atau industri. Dalam penyaluran energi listrik seringkali terjadi gangguan hubung singkat pada sistem distribusi yang dapat bersifat permanen atau temporer. Sebagian besar hubung singkat yang terjadi yaitu hubung singkat 1 fasa tanah yang sifatnya temporer (sementara), oleh karena itu dibutuhkan sistem yang memiliki keandalan yang tinggi.

Keandalan sistem diperlukan untuk mengamankan peralatan dari gangguan, mengurangi daerah gangguan dan meningkatkan kontinuitas penyaluran energi listrik. Keandalan sistem dapat dilihat dari koordinasi sistem proteksi yang bekerja dengan baik pada jaringan distribusi. Proteksi ini dapat mencakup recloser dan fuse cut out. Koordinasi proteksi yang dimaksud yaitu bagaimana koordinasi dari recloser dan fuse cut out dengan skema fuse saving yang bertujuan untuk mencegah kerusakan fuse ketika terjadi gangguan yang bersifat temporer.

Fuse Cut Out (FCO) yang merupakan alat pelindung dan pemutus rangkaian, mempunyai prinsip melebur atau mengamankan gangguan permanen antara fasa ke tanah. Dengan pemasangan Recloser maka dapat

mendeteksi arus gangguan di daerah pengaman fuse koordinasi maksimum antara recloser dan fuse dengan mengatur urutan kerja. Operasi cepat pertama dan kedua untuk menghilangkan gangguan temporer sebelum operasi ketiga, yaitu operasi lambat pertama yang memberikan kesempatan pada fuse untuk melebur (putus) lebih dahulu sehingga gangguan dapat diisolasi.[1]

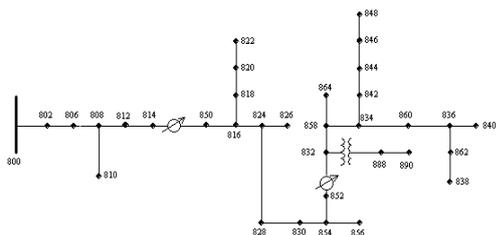
Dalam penelitian ini akan dibahas mengenai koordinasi proteksi pada sistem distribusi IEEE 34 *Node Test Feeder* yang merupakan jaringan distribusi tipe radial untuk analisis sistem distribusi. Pada sistem ini ditambahkan recloser dan fuse sebagai pengaman yang akan ditentukan rating proteksinya sesuai dengan kondisi jaringan agar dapat menampilkan bagaimana koordinasi yang memiliki keandalan tinggi sesuai dengan mekanisme fuse saving. Simulasi dilakukan menggunakan software ETAP dengan faktor yang diamati yaitu dapat mengetahui aliran daya pada jaringan, arus hubung singkat yang terjadi serta koordinasi proteksi.

2. TINJAUAN PUSTAKA

2.1 IEEE 34 Node Test Feeder

IEEE 34 Node Test Feeder adalah sebuah representasi dari analisis nyata sistem distribusi pada sebuah penyulang yang terletak di Arizona, Amerika Serikat.

Sistem IEEE 34 Node Test Feeder merupakan bagian dari penggambaran fisik secara nyata yang terdapat lapangan [2]



Gambar 1. IEEE 34 node test feeder

Pengembangan dan publikasi mengenai variasi sistem tidak seimbang yang dilakukan IEEE Distribution System Analysis Subcommittee dapat digunakan untuk menunjang penelitian pada simulasi kelistrikan sistem tenaga. [2] Pada gambar 1 adalah gambar rangkaian standar yang memodelkan sistem distribusi beroperasi pada 2,5-MVA dengan transformator gardu induk induk 69 / 24,9-kV dan peringkat transformator step-down 24,9 / 4,16-kV di salah lateral hilir. [3]

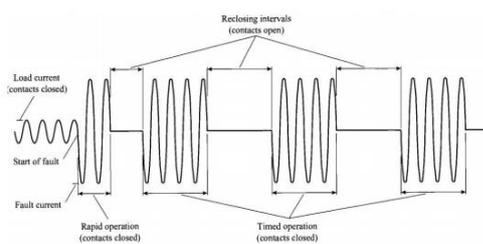
2.2 Gangguan Hubung Singkat

Hubung singkat adalah gangguan yang terjadi akibat adanya penurunan kekuatan dasar isolasi (*basic insulation strength*) antara sesama kawat fasa, atau antara kawat fasa dengan tanah, yang menyebabkan kenaikan arus secara berlebihan atau biasa juga disebut gangguan arus lebih. [4] Jenis gangguan hubung singkat yang akan disimulasikan pada penelitian ini yaitu hubung singkat 3 fasa dan hubung singkat 1 fasa tanah.

2.3 Sistem Proteksi Recloser Fuse

2.3.1 Recloser

Recloser adalah perangkat proteksi arus lebih yang secara otomatis membuka dan menutup balik dalam beberapa waktu tertentu saat terjadi gangguan sementara atau gangguan tetap. [5]. Gangguan sementara yaitu gangguan yang timbul dalam waktu yang singkat, sedangkan gangguan tetap atau permanen yaitu gangguan yang terjadi terus-menerus dalam waktu yang lama. Recloser mempunyai dua karakteristik pemutusan yaitu pemutusan operasi cepat dan operasi tunda atau lambat.



Gambar 2. Operasi kerja recloser

Pada gambar 2 merupakan urutan operasi recloser ketika terjadi gangguan tetap. Operasi pertama dilakukan dalam operasi cepat untuk mengisolir gangguan, lalu operasi pemutusan tunda bekerja. Pada gangguan sementara recloser hanya bekerja saat operasi pemutusan cepat karena terjadi dalam waktu yang singkat. [6] Perhitungan rating recloser:

Setelan arus

Nilai setelan recloser:

$$I_{set(pri)} = I, I \times Peak Load \quad (1)$$

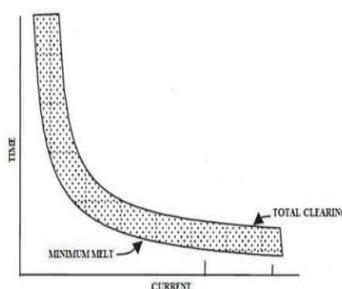
Setelan waktu (tms)

Setelan waktu pada penyulang:

$$Tms = \frac{t \times \left(\left(\frac{I_{fault}}{I_{set}} \right)^{0,02} - 1 \right)}{0,14} \quad (2)$$

2.3.3 Fuse Cut Out

Fungsi umum fuse berfungsi mengamankan rangkaian peralatan atau perlengkapan yang tersambung dari kerusakan gangguan akibat arus yang melebihi arus pengenalnya. [7]



Gambar 3. Karakteristik fuse cut out

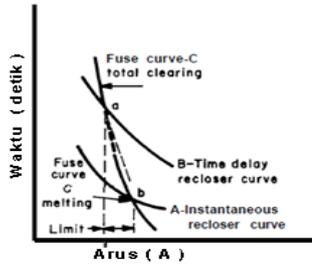
Pada gambar 3 terlihat sepasang garis lengkung arus waktu. Garis lengkung yang pertama disebut waktu lebur minimum minimum (*minimum melting time*) yaitu saat fuse mulai meleleh pada harga arus dan waktu tertentu. Garis lengkung yang sejajar di atasnya disebut waktu peleburan maksimum (*maximum clearing time*) yaitu waktu terlama elemen fuse putus jika dialiri dengan harga arus tertentu. Ada dua tipe fuse cut out yaitu tipe cepat (K) dan tipe lambat (T).

Perhitungan rating fuse:

$$IFLA = \frac{S}{\sqrt{3} \times V} \quad (3)$$

2.4 Koordinasi Recloser dan Fuse

Koordinasi recloser dan fuse akan berjalan dengan baik apabila nilai rating pada proteksi tersebut sesuai. Recloser mempunyai dua karakteristik pemutusan, yaitu waktu operasi cepat dan lambat seperti pada gambar 4.

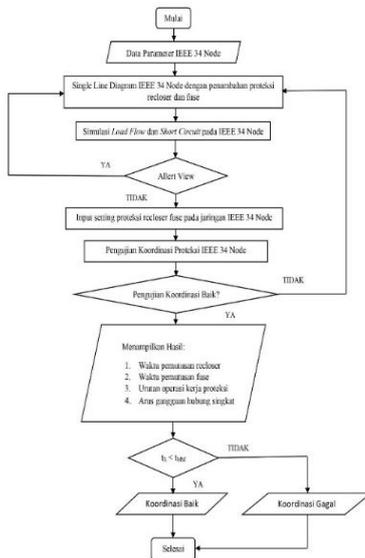


Gambar 4. Koordinasi recloser fuse

Pada gambar 4 memperlihatkan bahwa recloser dipasang sebelum fuse. Jika gangguan yang terjadi adalah gangguan bersifat temporer maka recloser akan bekerja sebelum gangguan mengenai fuse, jadi recloser berfungsi memberikan proteksi terhadap fuse. [8]

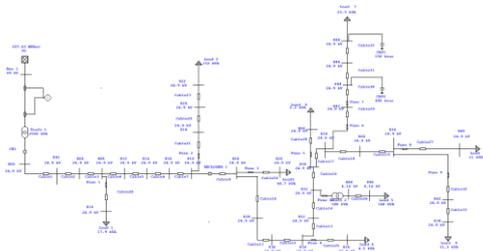
3. DISKUSI DAN PEMBAHASAN

3.1 Urutan Metode Penelitian



Gambar 5. Diagram alir

3.2 Pemodelan Single Line Diagram IEEE 34 Node dengan penambahan proteksi recloser Fuse



Gambar 6 Single line diagram IEEE 34 Node pada software ETAP

Pada gambar 6 merupakan pemodelan single line diagram IEEE 34 Node dengan penambahan recloser dan fuse sebagai proteksi. Recloser dipasang pada bus

816-824. Untuk fuse terdapat 10 fuse yang dipasang pada setiap node beban seperti pada gambar 6.

3.3 Setting Koordinasi Proteksi

3.3.1 Setting recloser

$$\begin{aligned} \text{Coil Size (Amp)} &= 1.1 \times \text{Ibeban maksimum} \\ &= 1.1 \times 22.5 \text{ A} = 24.75 \text{ A} \end{aligned} \quad (4)$$

$$\begin{aligned} T_{ms} &= \frac{T \times \left[\left(\frac{I_{sc} \text{ Max}}{I_p} \right) - 1 \right]}{0.14} \\ &= \frac{0.3 \times \left[\left(\frac{725.44}{63.7626} \right) - 1 \right]}{0.14} \\ &= 0.16 \end{aligned} \quad (5)$$

Berdasarkan perhitungan dipilih recloser yang diinput pada ETAP:

Device Type: Recloser-Hydraulic

Manufacture: Cooper

Arus coil: 25 A

TMS: 0.2

3.3.2 Setting Fuse

Arus pengenalan pada setiap cabang pada jaringan ini kurang dari 100 A. menurut SPLN 1985 rating fuse yaitu 1.5 dikali arus pengenalan. Rating fuse yang digunakan adakah seperti pada tabel I

Tabel I Rating fuse

Fuse	Rating
Fuse 1	10K
Fuse 2	20K
Fuse 3	12K
Fuse 4	15K
Fuse 5	10K
Fuse 6	30K
Fuse 7	25K
Fuse 8	15K
Fuse 9	10K
Fuse 10	35K

Pada fuse 10 karena letak fuse berada pada trafo XFM sehingga mengikuti standar NEC 450,3 yaitu 300% dari arus beban penuh trafo.

3.4 Hasil Pengujian Load Flow

Pengujian load flow atau aliran daya pada jaringan bertujuan agar seluruh komponen beroperasi dengan baik. Saat pengujian harus memastikan tidak ada gangguan critical yang dapat dilihat pada alert view, agar jaringan berjalan baik.

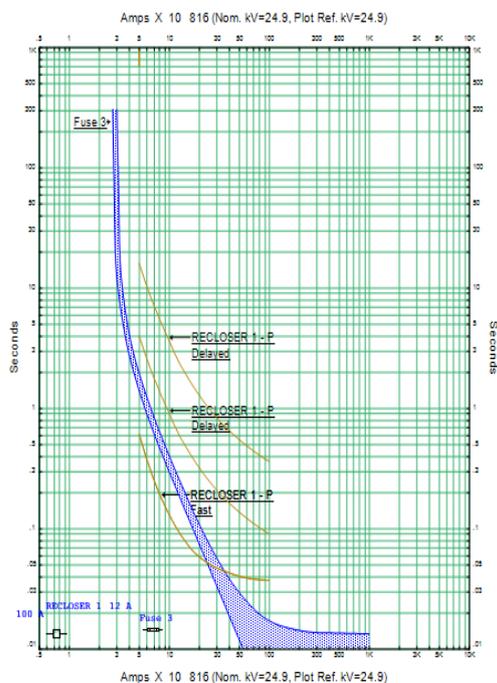
3.4.2 Hasil simulasi koordinasi proteksi hubung singkat 1 fasa tanah

Tabel V Hasil simulasi koordinasi proteksi hubung singkat 1 fasa tanah

BUS	Rating Fuse	Waktu Pemutusan Recloser (ms)		Fuse (ms)		Arus Gangguan
		Fast	Delayed	Total Clearing	Minimum Melting	
826	15K	58.3	3438	173	127	200 Amp
856	12K	74.2	3605	179	128	152 Amp
864	10K	82	3681	141	92.8	139 Amp
842	30K	84.8	3707	1686	1318	135 Amp
844	25K	85.5	3714	1023	803	135 Amp
848	30K	87.6	3734	1070	839	132 Amp
840	10K	87.5	3732	235	170	132 Amp
838	25K	90.1	3756	162	108	129 Amp
890	15K	336	5997	2076	1561	63 Amp

Pada tabel V memperlihatkan waktu pemutusan antara recloser dan fuse saat terjadi gangguan hubung singkat 1 fasa tanah pada setiap bus. Arus gangguan terbesar terjadi pada bus 826 sebesar 200 ampere dengan waktu pemutusan recloser dilihat pada recloser cepat 58.3 ms dan pemutusan fuse dilihat pada minimum melting fuse sebesar 127 ms.

3.4.3 Kurva koordinasi proteksi recloser dengan fuse 3



Gambar 8. Kurva koordinasi proteksi recloser dengan fuse 3

Pada gambar 6 menampilkan kurva koordinasi recloser dan fuse ketika terjadi gangguan pada bus 826 sebesar 233 ampere. Terlihat pada kurva urutan kerja menunjukkan bahwa yang pertama bekerja adalah recloser cepat, kemudian fuse lalu kembali lagi ke recloser untuk membuka dan menutup hingga lockout. Waktu pemutusan recloser pada recloser cepat yaitu 53 ms dan siklus kedua 3375 ms.

4. KESIMPULAN

1. Hasil simulasi *load flow* dibandingkan antara data IEEE 34 Node dengan simulasi menunjukkan hasil yang cukup akurat dengan rata-rata error +/- 2,1%.
2. Hasil simulasi *short circuit* dengan simulasi hubung singkat 3 fasa dan 1 fasa tanah. Nilai arus gangguan hubung singkat 3 fasa maksimum terjadi pada bus 826 dengan hubung singkat 3 fasa sebesar 233 ampere, dan arus minimum pada node 890 sebesar 90 ampere. Sedangkan pada hubung singkat 1 fasa tanah nilai arus maksimum terjadi pada node 826 sebesar 200 ampere dan nilai arus minimum pada node 890 sebesar 63 ampere.
3. Waktu pemutusan tercepat antara recloser dan fuse saat terjadi gangguan hubung singkat 3 fasa terjadi pada node 826 yaitu sebesar 233 ampere dengan waktu pemutusan recloser dilihat pada recloser cepat (fast) 53 ms dan pemutusan fuse dilihat pada minimum melting sebesar 130 ms. Waktu pemutusan tercepat antara recloser dan fuse saat terjadi gangguan hubung singkat 1 fasa tanah pada node 826 sebesar 200 ampere dengan waktu pemutusan recloser dilihat pada recloser cepat 58.3 ms dan pemutusan fuse dilihat pada minimum melting fuse sebesar 127 ms.
4. Hasil pengujian sequence of operation menampilkan kurva koordinasi recloser dan fuse yang bekerja dengan baik. Contohnya ketika terjadi gangguan pada bus 826 sebesar 233 ampere. Terlihat pada kurva urutan kerja menunjukkan bahwa yang pertama bekerja adalah recloser cepat, kemudian fuse lalu kembali lagi ke recloser untuk membuka dan menutup hingga lockout. Waktu pemutusan recloser pada recloser cepat yaitu 53 ms dan siklus kedua 3375 ms.

UCAPAN TERIMA KASIH

Terima kasih kepada Politeknik Negeri Bandung atas dukungan bantuan dana Tugas Akhir dan terlibat dalam Skema Penelitian Peningkatan Kapasitas Laboratorium, sesuai nomor kontrak No. B /74.8/PL1.R7/PG.00.03/2021.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] Galla, Wellem F., Agusthinus S. Sampeallo, and Julian I. Daris. "Analisis Gangguan Hubung Singkat Pada Saluran Udara 20 kV Di Penyulang Naioni PT. PLN (Persero) Ulp Kupang Untuk Menentukan Kapasitas Pemutusan Fuse Cut Out Menggunakan Etap 12.6." *Jurnal Media Elektro* (2020): 101-112.
- [2] A. J. O. Owuor, J. L. Munda and A. A. Jimoh, "The iee 34 node radial test feeder as a simulation testbench for Distributed Generation," *IEEE Africon '11*, Victoria Falls, Zambia, 2011, pp. 1-6, doi: 10.1109/AFRCON.2011.6072095
- [3] H. B. Funmilayo, J. A. Silva and K. L. Butler-Purry, "Overcurrent Protection for the IEEE 34-Node Radial Test Feeder," in *IEEE Transactions on Power Delivery*, vol. 27, no. 2, pp. 459-468, April 2012, doi: 10.1109/TPWRD.2012.2186181
- [4] Utomo, H. B. (2010). Buku 1 Bahan Ajar Distribusi Tenaga Listrik. Bandung: Politeknik Negeri Bandung.
- [5] Analisis Koordinasi Rele Arus Lebih, Pemutus Balik Otomatis (Recloser), Dan Fuse Pada Jaringan Distribusi 20 Kv
- [6] Hasbullah, Mohamad. "Analisis Pengaruh Penambahan Distributed Generation (DG) Pada Jaringan Distribusi Radial Terhadap Koordinasi Proteksi." (2016).
- [7] Pratama, Putra Rizki, et al. "Analisis Pengaman Transformator Distribusi 400 Kva Dengan Fuse Cut Out." *Buletin Utama Teknik* 15.1 (2019): 2
- [8] Aly, M. M., Mahrous, H., & Mahmoud, M. M, "Recloser-fuse coordination of radial distribution systems with different technologies of distributed generatio," In International Conference on Innovative Trends in Computer Engineering (ITCE.) IEEE, pp. 420-425. 2019
- [9] Dugan, R. C., and W. H. Kersting. "Induction machine test case for the 34-bus test feeder-description." In 2006 IEEE Power Engineering Society General Meeting, pp. 4-pp. IEEE, 2006.
- [10] Tio, A. D. C., et al. "Improving Overall Reliability of Radial Distribution Systems through Optimal Lateral Protection Scheme." Quezom City: University of the Philippines Diliman (2011)