

## REKONFIGURASI RELAI PROTEKSI SETELAH PENAMBAHAN PEMBANGKIT TERSEBAR PADA JARINGAN DISTRIBUSI

Nurul Mukhlisiah dan Adrianti\*

Jurusan Teknik Elektro, Fakultas Teknik, Universitas Andalas

\*Corresponding author, e-mail : adrianti@ft.unand.ac.id

**Abstrak**— Pemasangan Pembangkit Tersebar (PT) di jaringan distribusi dapat mengubah arah aliran arus saat kondisi normal dan kondisi gangguan. Hal ini dapat menyebabkan relai-relai proteksi yang sudah ada sebelum pemasangan PT tidak bekerja sebagaimana seharusnya. Relai dapat mengalami maloperasi ataupun tidak berhasil mendeteksi adanya gangguan di daerah proteksinya. Untuk itu, perlu dilakukan pengkajian ulang terhadap kerja dan koordinasi relai-relai setelah penambahan DG. Pada tulisan ini, dilakukan upaya rekonfigurasi dan resetting relai-relai proteksi setelah penambahan PT di bagian yang sensitif dari jaringan distribusi, yaitu bagian paling hilir. Perbaikan dilakukan dengan menambahkan relai arus lebih berarah untuk mengantisipasi sumber arus gangguan dari grid dan PT yang berbeda arah, serta setting ulang relai-relai akibat perubahan yang disebabkan oleh pemasangan PT. Selanjutnya, dilakukan pengujian koordinasi relai yang telah direkonfigurasi dan diresetting tersebut menggunakan software ETAP. Untuk mengantisipasi kondisi PT yang dapat berubah dilakukan variasi kapasitas PT yaitu kapasitas penuh, setengah kapasitas dan kondisi PT terlepas dari jaringan. Pengujian urutan kerja relai ini dilakukan pada berbagai titik gangguan dan untuk setiap titik gangguan disimulasikan 3 jenis gangguan yaitu gangguan tiga fasa, antar fasa dan satu fasa ke tanah. Dari pengujian tersebut didapatkan bahwa rekonfigurasi dan resetting yang sudah dilakukan berhasil memberikan koordinasi relai yang benar untuk ketiga macam kapasitas PT tersebut.

**Kata Kunci** : Pembangkit Tersebar , Relai arus lebih berarah, Koordinasi proteksi.

**Abstract**— Installation of distributed generation (DG) on a distribution network can change the direction of electrical current during normal and faulted condition. This change can cause failures to operate of the existing relay protection. The failures are including unwanted operation and protection blinding. Therefore, evaluation of the existing protection after DG installation is needed. This paper proposes a method for reconfiguration and resetting of the relays after installation of a DG on the sensitive part of a distribution network i.e. the very downstream of the distribution network. The reconfiguration suggests the application of directional overcurrent relay in order to distinguish the sources of fault current: from the grid and from the DG. The reconfiguration and the resetting results then are simulated in ETAP software. The simulation is carried out for several variation i.e. DG capacity, type of fault and fault position on the network. From the simulation can be concluded that the reconfiguration and resetting of the protection relays after installation of the DG have provided a correct operation of protection coordination as intended to.

**Keywords**: Distributed Generation (DG), Directional Overcurrent Relay, Protective Coordination.

Copyright © 2017 JNTE. All rights reserved

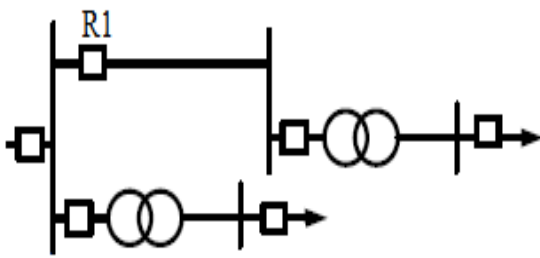
### 1. PENDAHULUAN

Strategi yang sangat populer untuk memenuhi kebutuhan energi listrik yang terus meningkat adalah dengan menggunakan Pembangkit Tersebar (PT). Pembangkit Tersebar didefinisikan sebagai pembangkit tenaga listrik berskala kecil yang ditempatkan pada jaringan distribusi atau pada sisi jaringan pelanggan. PT memberikan berbagai kelebihan dibandingkan pembangkitan konvensional seperti lebih ramah lingkungan, mengurangi

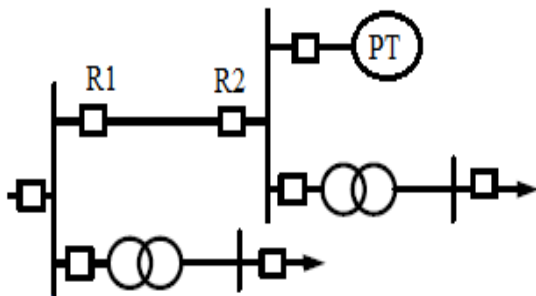
rugi-rugi transmisi dan sekaligus mengurangi kebutuhan investasi peningkatan kapasitas saluran transmisi. Akan tetapi PT juga berpotensi menimbulkan permasalahan baru yang salah satunya adalah terjadinya kesalahan operasi dari relai proteksi yang sudah ada sebelum pemasangan PT [1, 2].

Pada penelitian [1], didapatkan bahwa penempatan PT pada jaringan distribusi dapat menyebabkan kesalahan operasi dan koordinasi relai proteksi yang sudah ada, baik pada saat kondisi gangguan maupun saat kondisi normal.





Gambar 2. Relai proteksi pada jaringan distribusi sebelum penempatan PT.



Gambar 3. Relai proteksi pada jaringan distribusi setelah penambahan PT.

### 3. METODE PENELITIAN

Langkah-langkah rekonfigurasi dan setting ulang relai proteksi setelah pemasangan PT adalah sebagai berikut:

Setelah data sistem diperoleh, dilakukan pemodelan sistem tenaga listrik berupa *single line diagram* pada software ETAP 12.6

Selanjutnya dilakukan simulasi aliran daya untuk mengetahui arus nominal. Simulasi gangguan hubung singkat pada berbagai titik gangguan untuk mengetahui arus gangguan hubung singkat yang terlihat oleh masing-masing relai. Kedua nilai ini diperlukan untuk perhitungan setting relai

Berbagai titik gangguan pada jaringan diamati untuk melihat arah arus gangguan yang datang dari grid dan dari PT. Jika kedua sumber arus gangguan ini datang dari arah yang sama, maka tidak diperlukan penggantian relai menjadi relai berarah. Sebaliknya jika kedua arus gangguan tersebut datang dari arah yang berlawanan, maka akan dibutuhkan dua relai dengan setting arah yang berlawanan pada kedua ujung saluran atau komponen sistem distribusi.

Selanjutnya dilakukan perhitungan setting relai arus lebih dan relai arus lebih berarah.

Setting dan koordinasi relai proteksi dihitung menggunakan rumus sebagai berikut [5, 6]:

$$I_{set} = 1.1 \times \text{arus nominal } (I_n) \quad (1)$$

$$I_{pick\ up} = I_{set} \times \frac{\text{sekunder CT}}{\text{primer CT}} \quad (2)$$

$$PSM = \frac{I_{fault}}{I_{pickup}} \quad (3)$$

$$t_{op} = TMS \times \left[ \frac{0,14}{(PSM)^{0,02} - 1} \right] \quad (4)$$

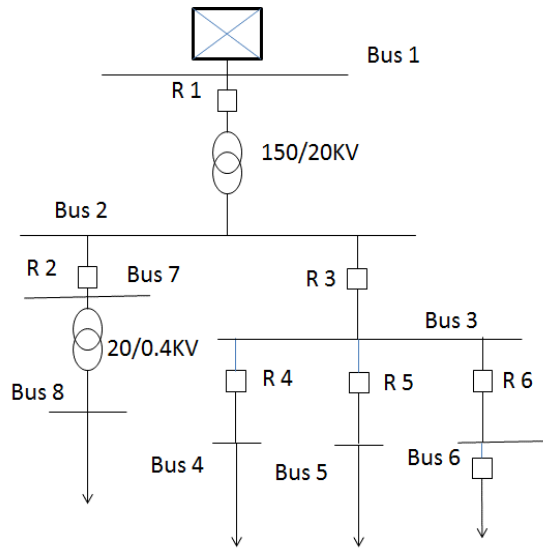
Dimana  $I_{set}$  adalah setting arus relai dalam besaran sisi primer CT, sedangkan  $I_{pick\ up}$  adalah nilai  $I_{set}$  setelah ditransformasi oleh CT.  $t_{op}$  adalah waktu operasi relai. Perhitungan setting waktu untuk relai berarah dilakukan dengan memperhatikan relai mana yang menjadi relai utama dan mana yang menjadi relai back up sesuai arah relai dan arah arus gangguan.

Kemudian, untuk mengecek kebenaran setting yang akan diaplikasikan ke masing-masing relai, dilakukan simulasi operasi relai dengan software ETAP. Dari simulasi untuk suatu titik gangguan, akan dapat diketahui urutan trip dari relai-relai yang ada. Sehingga dapat dicek apakah koordinasi relai sudah sesuai dengan yang diinginkan. Jika koordinasi relai belum sesuai, dilakukan perbaikan setting relai. Jika sudah sesuai, lakukan pengecekan untuk titik-titik gangguan lainnya di dalam jaringan.

Karena dalam operasinya PT dapat terkoneksi atau terputus dari sistem, maka perlu diketahui apakah setting relai yang telah diperoleh masih dapat bekerja dengan baik untuk berbagai kondisi PT. Untuk itu simulasi dilakukan untuk 3 macam kapasitas PT yaitu kapasitas maksimum, setengah kapasitas dan PT dilepas dari sistem.

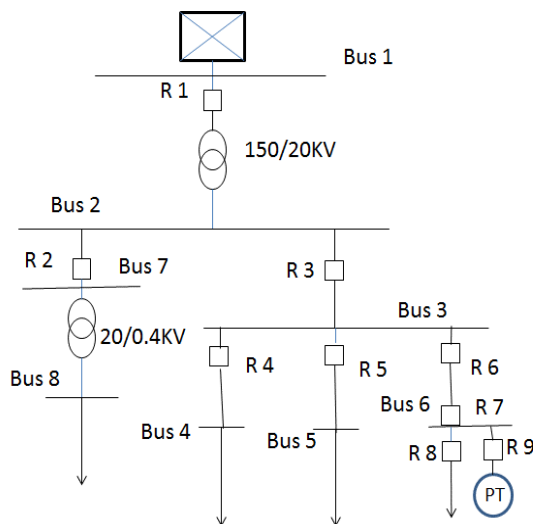
### 4. HASIL DAN PEMBAHASAN

Pada penelitian ini dilakukan rekonfigurasi relai proteksi pada sistem distribusi yang dibahas pada [1]. *Single line diagram* sebelum penambahan PT disajikan pada Gambar 4. Sebuah PT dengan kapasitas 2 MW dipasang pada Bus 6 (Gambar 5). Akibat pemasangan PT tersebut, sistem proteksi mengalami maloperasi dan kesalahan koordinasi relai. Sehingga diperlukan rekonfigurasi dan setting ulang relai-relai proteksi.



Gambar 4. Jaringan distribusi sebelum penambahan PT [1]

Jika terjadi gangguan pada saluran dari bus 3 ke bus 6, arus gangguan akan mengalir dari dua arah yang berlawanan yaitu dari grid (hulu) dan dari PT (hilir) akibatnya dibutuhkan relai arus lebih pada kedua ujung saluran tersebut (R6 dan R7) seperti ditunjukkan pada Gambar 5.



Gambar 5. Rekonfigurasi relai setelah pemasangan PT pada bus 6

R6 diganti menjadi relai arus lebih berarah forward dan R7 merupakan penambahan relai arus lebih berarah yang diset melihat arus ke arah hulu (reverse). Penempatan relai arus lebih berarah pada kedua ujung saluran selain untuk memutuskan arus gangguan dari grid dan dari PT

jika terjadi gangguan di saluran tersebut, juga untuk mencegah maloperasi relai saat terjadi gangguan di bagian lain di dalam jaringan.

Penempatan PT pada bus 6 mengakibatkan diperlukannya pemasangan relai arus lebih R9 pada terminal PT dan R8 pada jaringan di hilir Bus 6. R9 diset untuk berkoordinasi dengan R7, sedangkan R6 berkoordinasi dengan R8. Jika terjadi gangguan pada saluran antara Bus 3 dan Bus 6 maka arus dari grid akan diputus oleh R6 yang jika gagal akan dibackup oleh R3 kemudian R1. Sedangkan arus dari PT akan diputus oleh R7 yang dibackup oleh R9. Untuk gangguan yang terjadi pada Bus 6, maka arus dari grid akan diputus oleh R6 dengan backup R3 kemudian R1, sedangkan arus dari PT akan diputus oleh R9. Selain itu, R7 juga berfungsi sebagai relai backup untuk memutuskan arus dari PT saat terjadi gangguan dibagian lain dari jaringan

Berdasarkan hasil simulasi aliran daya, simulasi gangguan dan urutan koordinasi masing-masing relai dilakukan perhitungan setting relai-relai di jaringan. Hasil perhitungan setting masing-masing relai ditunjukkan pada Tabel 1.

Tabel 1. Setting masing-masing relai setelah penambahan pembangkit tersebar

Nama Relai	arah	Iset A	TMS
R1	-	9,9	0,765
R2	-	2	0,362
R3	-	72,16	0,458
R4	-	30,91	0,262
R5	-	28,49	0,248
R6	forward	13,31	0,264
R7	reverse	5,388	0,485
R8	-	14,9	0,05
R9	-	18,04	0,46

Untuk pengujian koordinasi relai, jaringan distribusi diberi gangguan di berbagai lokasi guna melihat urutan relai yang bekerja. Pengujian koordinasi juga dilakukan dengan variasi kapasitas PT (2 MW, 1 MW dan PT terlepas).

Rekapitulasi hasil pengujian koordinasi relai pada variasi kapasitas PT: 2 MW, 1 MW dan 0 W, ditunjukkan pada Tabel 2 dan Table 3. Pada

pengujian tersebut, gangguan yang disimulasikan meliputi gangguan 3 fasa, antar fasa dan satu fasa ke tanah. Tidak terdapat perbedaan urutan trip relai untuk ke tiga macam jenis gangguan tersebut.

Urutan trip relai yang diperoleh untuk kapasitas PT 2 MW sama dengan urutan untuk kapasitas PT 1 MW seperti yang ditunjukkan pada Tabel 2. Hal ini menunjukkan bahwa konfigurasi dan setting yang dibuat dapat digunakan untuk kondisi dimana semua unit PT beroperasi maupun saat sebagian unit PT dalam keadaan tidak beroperasi.

Tabel 2. Rekapitulasi pengujian koordinasi relai dengan kapasitas PT 2 MW dan 1 MW

Lokasi gangguan	Proteksi Utama	Proteksi Cadangan 1	Proteksi Cadangan 2	Ket
Di hulu R8	R8	R6	R3	Sesuai
		R9		Sesuai
Bus 6	R6	R3	R1	Sesuai
	R9			Sesuai
Saluran dari Bus 3 ke Bus 6	R6	R3	R1	Sesuai
	R7	R9		Sesuai
Bus 5	R5	R3	R1	Sesuai
		R7	R9	Sesuai
Bus 4	R4	R3	R1	Sesuai
		R7	R9	Sesuai
Bus 3	R3	R1		Sesuai
	R7	R9		Sesuai
Bus 2	R1			Sesuai
	R7	R9		OK
Saluran Bus 2 ke Bus 8	R2	R1		Sesuai
		R7	R9	Sesuai
Saluran Bus 2 ke Bus 3	R3	R1		Sesuai
	R7	R9		Sesuai

Konfigurasi dan setting yang sama juga berhasil bekerja sesuai dengan urutan koordinasi yang diharapkan untuk kondisi PT terlepas dari sistem, seperti ditunjukkan pada Tabel 3. Dari Tabel 3 dapat dilihat bahwa relai dengan arah reverse (R7) dan relai pada terminal PT (R9) tidak pernah trip, karena tidak ada arus gangguan yang disuplai dari PT.

Tabel 3. Rekapitulasi pengujian koordinasi relai penambahan PT 0 kW

Lokasi gangguan	Proteksi Utama	Proteksi Cadangan 1	Proteksi Cadangan 2	Ket
Di hulu R8	R8	R6	R3	Sesuai
Bus 6	R6	R3	R1	Sesuai
Saluran dari Bus 3 ke Bus 6	R6	R3	R1	Sesuai
Bus 5	R5	R3	R1	Sesuai
Bus 4	R4	R3	R1	Sesuai
Bus 3	R3	R1		Sesuai
Bus 2	R1			Sesuai
Antara Bus 2 ke Bus 8	R2	R1		Sesuai
Saluran Bus 2 ke Bus 3	R3	R1		Sesuai

## 5. KESIMPULAN

Dari hasil perhitungan, simulasi dan analisa yang dilakukan, dapat diambil kesimpulan bahwa rekonfigurasi sistem proteksi dengan penambahan 2 unit relai arus lebih berarah dan 2 unit relai arus lebih serta perubahan setting relai pada jaringan distribusi dengan pembangkit tersebar, telah berhasil beroperasi saat terjadi gangguan didalam zona proteksinya dan mencegah maloperasi saat terjadi gangguan di luar daerah proteksinya.

Koordinasi relai saat penambahan PT dengan variasi kapasitas 2 MW, 1 MW dan kondisi PT terputus dari jaringan, sudah bekerja dengan baik. Hal ini ditandai dengan kesesuaian antara hasil simulasi koordinasi relai yang dilakukan dengan koordinasi yang diharapkan.

Pada penelitian selanjutnya, disarankan agar dapat membahas skema proteksi pada kondisi grid terputus dari sistem dan PT bekerja secara islanding di jaringan distribusi.

## DAFTAR PUSTAKA

- [1] A. Adrianti and R. Prasetya, "Maximum Capacities of Distributed Generation in order to Avoid Failures of the Overcurrent Relay Coordination on a Distribution

- Networks," *Jurnal Nasional Teknik Elektro*, vol. 5, (2016).
- [2] M. H. Bollen and F. Hassan, *Integration of distributed generation in the power system* vol. 80: John Wiley & Sons, (2011).
- [3] S. K. Salman and I. M. Rida, "Investigating the Impact of Embedded Generation on Relay Settings of Utilities' Electrical Feeders," *IEEE Transaction on Power Delivery*, vol. 16, pp. 246-251, (2001).
- [4] T. N. Boutsika and S. A. Papathanassiou, "Short-circuit calculations in networks with distributed generation," *Electric Power Systems Research*, vol. 78, pp. 1181-1191, (2008).
- [5] Alstom-Grid. *Network Protection & Automation Guide*. (2011) Available: [http://www.alstom.com/grid/products-and-services/Substation-automation-](http://www.alstom.com/grid/products-and-services/Substation-automation-system/protection-relays/Network-Protection-Automation-Guide-NEW-2011-Edition/)
- [system/protection-relays/Network-Protection-Automation-Guide-NEW-2011-Edition/](http://www.alstom.com/grid/products-and-services/Substation-automation-system/protection-relays/Network-Protection-Automation-Guide-NEW-2011-Edition/)
- [6] Y. G. Paithankar and S. R. Bhide, *Fundamentals of power system protection*. New Delhi: PHI Learning Private Limited, (2010).

#### ***Biodata Penulis***

**Adrianti**, Saat ini bertugas sebagai dosen di Jurusan Teknik Elektro, Universitas Andalas, Padang, Indonesia. Dia menyelesaikan studinya di Universitas Sriwijaya dan gelar magister di Institut Teknologi Bandung. Dia menyelesaikan studi PhD di University of Strathclyde, Glasgow, Inggris pada tahun 2015.