

STUDI PROTEKSI BELITAN GENERATOR KAPASITAS 50 MW MENGUNAKAN RELAY DIFFERENSIAL TIPE NARI NSP711

Hustagini¹, Danial², Usman A. Gani³

husta.gini@gmail.com¹, danial.noah@ee.untan.ac.id², usmanagani@gmail.com³

Universitas Tanjungpura

ABSTRAK

Dalam era perkembangan teknologi yang pesat, kebutuhan akan sistem proteksi yang handal menjadi sangat penting untuk menjaga kestabilan pasokan listrik. Sehingga peningkatan efektivitas sistem proteksi pada sistem tenaga listrik menjadi suatu keharusan yang harus dilakukan agar sistem tenaga listrik dapat beroperasi dengan efisien dan aman. Penelitian ini bertujuan untuk menganalisis efektivitas sistem proteksi pada generator di Pembangkit Listrik Tenaga Uap (PLTU) Bengkayang 2x50 MW, serta untuk menentukan arus setting yang optimal untuk relay differensial. Metodologi yang digunakan dalam penelitian ini meliputi pengumpulan data spesifikasi generator, relay differensial, dan impedansi equivalent. Perhitungan pada penelitian ini meliputi perhitungan arus rating, arus sekunder CT, error mismatch, arus diferensial, arus restrain, slope, penyetelan relay differensial dan arus hubung singkat 1 fasa ke tanah. Perhitungan tersebut digunakan untuk melihat efektivitas relay sebagai proteksi untuk melindungi generator dari gangguan. Hasil penelitian menunjukkan bahwa arus setting relay differensial yang dihitung adalah sebesar 0,393 A, yang terletak pada titik gangguan 1,936% dari belitan. Relay differensial tipe NARI NSP711 terbukti efektif dengan kemampuan mendeteksi arus gangguan hingga 98,04% dari belitan stator generator dan memenuhi persyaratan dalam perencanaan pemilihan sistem proteksi yang baik berdasarkan standart IEEE 242-1986.

Kata Kunci: Proteksi Generator, Relay Differensial, Hubung Singkat, PLTU, NARI NSP711.

ABSTRACT

In an era of rapid technological advancement, the need for reliable protection systems is crucial for maintaining the stability of electricity supply. Therefore, enhancing the effectiveness of protection systems in electrical power systems has become a necessity to ensure efficient and safe operation. This research aims to analyze the effectiveness of the protection system for generators at the Bengkayang 2x50 MW Steam Power Plant (PLTU), as well as to determine the optimal setting current for the differential relay. The methodology employed in this research includes the collection of data on generator specifications, differential relays, and equivalent impedance. The calculations in this study encompass the rating current, secondary CT current, error mismatch, differential current, restrain current, slope, differential relay setting, and single-phase-to-ground short-circuit current. These calculations are utilized to assess the effectiveness of the relay as a protection mechanism for safeguarding the generator against disturbances. The results indicate that the calculated setting current for the differential relay is 0.393 A, located at a disturbance point of 1.936% of the winding. The NARI NSP711 differential relay has proven effective, capable of detecting disturbance currents up to 98.04% of the generator stator winding and meeting the requirements for selecting a good protection system based on IEEE Standard 242-1986.

Keywords: Generator Protection, Differential Relay, Short Circuit, Steam Power Plant (PLTU), NARI NSP711.

PENDAHULUAN

Energi listrik memegang peranan sentral dalam menggerakkan perkembangan masyarakat dan ekonomi. Di tengah era perkembangan teknologi yang pesat dan meningkatnya kebutuhan energi, tantangan untuk menjaga kestabilan dan keandalan pasokan listrik menjadi semakin kompleks. Oleh karena itu, penelitian yang difokuskan pada penyetelan relay differensial dan peningkatan efektivitas sistem proteksi belitan

generator menjadi suatu keharusan yang harus dilakukan.

Untuk menjaga kestabilan dan keandalan pasokan listrik agar tidak terjadi gangguan, salah satu hal yang perlu diperhatikan pada sistem tenaga listrik yaitu pengamanan terhadap peralatan yang digunakan dari berbagai macam gangguan, dengan cara memisahkan bagian sistem tenaga listrik yang terganggu dengan sistem tenaga listrik yang tidak terganggu. Langkah ini penting untuk mencegah dampak yang lebih luas pada sistem secara keseluruhan. Dengan demikian, sistem tenaga listrik dapat beroperasi dengan efisien dan aman.

Salah satu bentuk pengamanan peralatan listrik di Pembangkit Listrik Tenaga Uap (PLTU) Bengkayang 2x50 MW khususnya pada generator yaitu relay differensial. Relay differensial digunakan apabila terjadi gangguan hubung singkat antara belitan stator generator (Sarimun 2016). Prinsip kerja relay differensial yaitu membandingkan arus masuk dan arus keluar pada peralatan yang dilindungi, yaitu perbedaan arus dari dua buah trafo arus yang masuk ke relay (Hajar & Mercury, 2019).

Pembangkit Listrik Tenaga Uap (PLTU) Bengkayang 2x50 MW menggunakan relay differensial tipe NARI NSP711 sebagai bentuk pengamanan terhadap generator dari gangguan-gangguan yang terjadi seperti gangguan hubung singkat. penelitian ini bertujuan untuk memahami bagaimana efektivitas dan penyetelan relay differensial dapat dioptimalkan untuk memberikan keamanan sebagai proteksi belitan generator di lingkungan energi. Dengan pemahaman yang lebih baik mengenai parameter penyetelan dan kinerja relay, diharapkan dapat mengurangi resiko kerusakan serta meningkatkan keandalan operasional sistem di Pembangkit Listrik Tenaga Uap (PLTU) Bengkayang 2x50 MW.

METODOLOGI

Penelitian ini dilakukan di PT PLN Indonesia Power UPK Singkawang PLTU Bengkayang 2x50 MW selama lima bulan. Beberapa alat yang digunakan dalam penelitian ini meliputi laptop Acer Swift 3 sebagai sarana penyusunan dan pengolahan data, kalkulator untuk membantu perhitungan teknis seperti setting relay differensial dan arus hubung singkat satu fasa ke tanah, serta alat tulis untuk mencatat hasil perhitungan. Penelitian ini dilakukan dengan beberapa tahapan, yaitu seminar proposal, persiapan alat dan bahan, pengumpulan data teknis terkait generator, relay differensial, dan impedansi, dilanjutkan dengan analisis dan penarikan kesimpulan yang ditunjukkan juga dalam bentuk diagram alir.

Metode penelitian yang digunakan terdiri dari studi literatur, pengumpulan data langsung dari PLTU Bengkayang 2x50 MW, pengolahan data, serta penarikan kesimpulan. Studi literatur mencakup kajian terhadap buku dan karya ilmiah yang relevan. Pengumpulan data dilakukan secara langsung di lokasi penelitian untuk memperoleh data teknis yang akurat, seperti data spesifikasi generator dan relay differensial tipe NARI NSP711 serta data impedansi equivalent. Data ini kemudian diolah untuk menghitung arus setting relay differensial dan menilai efektivitasnya dalam melindungi generator dari gangguan.

Hasil dari penelitian ini berupa nilai arus setting pada relay differensial yang kemudian dianalisis untuk melihat efektivitasnya dalam sistem proteksi generator. Analisis ini bertujuan untuk memastikan bahwa relay differensial dapat berfungsi optimal dalam meningkatkan perlindungan terhadap belitan generator pada PLTU Bengkayang 2x50 MW. Penelitian ini menekankan pentingnya akurasi data dan perhitungan teknis agar sistem proteksi bekerja secara andal dan efisien dalam kondisi operasi nyata.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Penelitian ini difokuskan pada sistem proteksi belitan stator generator menggunakan relay differensial tipe NARI NSP711 di Pembangkit Listrik Tenaga Uap (PLTU) Bengkayang dengan kapasitas 2x50 MW. Tujuannya adalah untuk mengukur keefektifan sistem proteksi serta menetapkan nilai arus setting yang sesuai agar sistem dapat bekerja optimal dalam mendeteksi dan merespons gangguan, khususnya gangguan hubung singkat satu fasa ke tanah. Gangguan seperti ini cukup umum terjadi dalam sistem kelistrikan dan memerlukan perhatian khusus karena dapat menimbulkan kerusakan besar jika tidak segera diatasi.

Generator yang digunakan memiliki spesifikasi buatan Shanghai Electric dengan daya sebesar 68,75 MVA, kapasitas 55 MW, tegangan nominal 10,5 kV, dan arus nominal 3780 A. Generator beroperasi pada kecepatan 3000 RPM dan memiliki faktor daya sebesar 0,8. Spesifikasi tersebut menunjukkan bahwa generator ini merupakan salah satu komponen vital dalam sistem pembangkitan yang harus dilindungi secara maksimal.

Untuk melindungi generator dari gangguan, digunakan relay differensial numerik tipe NARI NSP711. Relay ini dirancang dengan teknologi digital yang terintegrasi antara perlindungan utama, cadangan, serta perlindungan dari kesalahan operasi. Fitur-fitur seperti dual CPU independen, sensor DSP (Digital Signal Processor), antarmuka komunikasi RS-485 dan Ethernet, serta tampilan LCD yang menampilkan waktu, arus, dan tegangan secara real-time, menjadikan relay ini sangat dapat diandalkan untuk proteksi sistem.

Nilai arus primer CT dari relay ini adalah 5000 A, dengan nilai sekunder sebesar 5 A. Rentang arus setting yang dapat disesuaikan pada alat ini berada pada kisaran 0,1 A hingga 2,0 A. Dalam penelitian ini, perhitungan menunjukkan bahwa nilai arus setting optimal yang digunakan adalah 0,393 A. Penetapan nilai ini mempertimbangkan beberapa variabel seperti faktor keamanan, error mismatch, toleransi, serta percent slope.

Perhitungan arus rating dari generator dilakukan terlebih dahulu untuk menentukan rasio CT. Diperoleh hasil bahwa arus rating-nya sebesar 3780,269 A. Dengan rasio CT 5000/5 A, arus sekunder CT diperoleh sebesar 3,78 A. Dari sini, dilakukan perhitungan error mismatch antara CT ideal dan CT yang terpasang, yang hasilnya menunjukkan nilai sebesar 0,2%. Nilai ini tergolong kecil dan menunjukkan kualitas yang baik dari sistem proteksi yang dipasang.

Dalam kondisi normal, arus yang mengalir pada kedua sisi CT (masuk dan keluar) adalah sama sehingga tidak akan ada perbedaan yang memicu kerja relay. Oleh karena itu, arus differensial yang diukur adalah nol, dan ini sesuai dengan prinsip kerja relay differensial, yang hanya akan aktif jika terdapat ketidakseimbangan arus akibat gangguan internal.

Penghitungan arus restrain dilakukan untuk mengetahui rata-rata arus yang mengalir di antara dua sisi CT. Hasilnya juga sebesar 3,78 A. Dengan nilai differensial nol dan arus restrain sama besar, percent slope yang diperoleh adalah nol persen, menandakan bahwa sistem dalam kondisi normal dan relay tidak akan aktif.

Untuk menentukan penyetelan relay differensial, digunakan rumus minimum setting dengan penjumlahan faktor keamanan, error mismatch dari kedua CT, serta toleransi. Hasil akhir perhitungan menunjukkan bahwa minimum setting sebesar 10,4%, sehingga arus setting adalah 10,4% dari arus sekunder CT atau sebesar 0,393 A.

Penelitian juga melakukan simulasi terhadap gangguan hubung singkat satu fasa ke tanah yang terjadi pada beberapa titik di belitan stator, yaitu pada 100%, 75%, 50%, 25%, 5%, dan titik terkecil pada 1,936%. Perhitungan dilakukan untuk mengetahui di titik mana arus gangguan setara atau lebih besar dari arus setting sehingga bisa memicu kerja relay.

Pada titik gangguan 5% belitan, diperoleh arus gangguan sebesar 1,4329 A, yang

masih jauh lebih tinggi dari arus setting. Ini menunjukkan bahwa relay dapat mendeteksi gangguan sejak awal belitan. Ketika diperhitungkan lebih lanjut, ditemukan bahwa titik gangguan dengan arus sebesar 0,393 A adalah pada posisi 1,936% belitan, yang berarti sistem proteksi mampu melindungi hingga 98,04% dari total belitan stator.

Efektivitas sistem proteksi menggunakan relay differensial ini diuji berdasarkan beberapa parameter menurut standar IEEE 242-1986. Dari sisi kecepatan, relay ini mampu bekerja dalam waktu ≤ 40 ms, yang masuk dalam rentang cepat berdasarkan standar tersebut. Selain itu, keandalan sistem juga dinilai tinggi karena peralatan telah diuji tahan terhadap gangguan interferensi dan memiliki sistem deteksi digital yang sangat sensitif.

Dari aspek selektivitas, relay ini terbukti hanya bekerja pada saat terjadi gangguan di zona proteksi. Hal ini penting untuk mencegah pemutusan sistem secara menyeluruh yang tidak diperlukan. Kemampuan relay dalam membedakan antara gangguan internal dan eksternal dibuktikan melalui pengukuran arus restrain dan arus differensial secara bersamaan.

Sensitivitas relay juga tergolong tinggi. Hal ini ditunjukkan oleh kemampuannya untuk mendeteksi gangguan sekecil 1,936% dari belitan stator. Biasanya, standar yang digunakan dalam industri menyatakan bahwa proteksi hingga 90% dari belitan sudah dianggap sangat baik. Namun, dalam kasus ini, relay mampu memberikan proteksi lebih luas dari standar tersebut.

Dengan kemampuan untuk mendeteksi gangguan pada titik awal belitan, sistem ini mampu mencegah gangguan berkembang menjadi kerusakan yang lebih parah. Penyetelan arus yang dilakukan juga mempertimbangkan kemungkinan ketidakakuratan dari CT, sehingga menghindari kesalahan kerja relay.

Relay tipe NARI NSP711 juga didukung dengan fitur-fitur digital yang memungkinkan pemantauan kondisi sistem secara real-time. Ini membuat proses evaluasi sistem proteksi menjadi lebih mudah, cepat, dan akurat. Dengan sistem ini, operator dapat segera mengetahui adanya gangguan dan mengambil tindakan dengan cepat.

Secara keseluruhan, hasil penelitian menunjukkan bahwa sistem proteksi belitan stator generator menggunakan relay differensial tipe NARI NSP711 sangat efektif. Tidak hanya memberikan proteksi yang luas, tetapi juga cepat dan akurat dalam bekerja. Penggunaan teknologi digital serta struktur pengolahan data yang baik membuatnya sangat cocok digunakan pada sistem pembangkitan seperti di PLTU Bengkayang.

Penggunaan relay ini direkomendasikan untuk sistem kelistrikan skala besar yang mengandalkan keandalan tinggi dalam operasionalnya. Karena mampu memberikan proteksi lebih dari 98%, sistem ini membantu menjaga kestabilan suplai listrik dan meminimalisir risiko kerusakan peralatan.

Dengan adanya sistem proteksi seperti ini, maka keandalan sistem tenaga listrik secara keseluruhan dapat ditingkatkan. Tidak hanya dari sisi teknis, tetapi juga dalam mendukung operasional pembangkitan listrik yang efisien, aman, dan berkelanjutan.

KESIMPULAN

Berdasarkan hasil perhitungan penyetelan relay differensial pada generator kapasitas 50MW menggunakan relay differensial type NARI NSP711, maka diperoleh kesimpulan sebagai berikut :

1. Arus hubung singkat 1 fasa ke tanah yang melalui kumparan kerja relay pada 100%, 75%, 50%, 25%, 5% belitan stator generator adalah sebesar 18,8616 A, 1,14,1619 A, 9,5626 A, 4,9025 A, dan 1,4329 A.
2. Pada saat terjadi hubung singkat 1 fasa ke tanah pada generator 1 arus yang mengalir ke CT1 sebesar 8,4506 A, 6,867 A, 4,9956 A, 2,7483 A, dan 0,5976 A dan CT2 yang

merupakan sumbangan dari system yaitu dari jaringan dan generator 2 sebesar 10,4110 A, 7,2945 A, 4,5670 A, 2,1542 A dan 0,8353 A.

3. Arus hubung singkat 1 fasa ke tanah dijadikan acuan untuk penyetelan relay differensial dikarenakan memiliki arus yang terkecil.
4. Oleh karena trafo arus CT1 dan CT2 pada generator memiliki rasio yang sama sehingga menghasilkan nilai slope sebesar 0%, nilai arus differensial 0 A
5. Penyetelan relay differensial didapatkan arus setting sebesar 0,393 A pada titik gangguan 1,936% belitan. Sesuai dengan range spesifikasi dari relay differensial tipe NARI NSP711 yaitu 0,1 A-2,0 A.
6. Relay differensial tipe NARI NSP711 terbilang efektif karena memenuhi persyaratan dalam perencanaan pemilihan sistem proteksi yang baik berdasarkan standart IEEE 242-1986 dan standart IEEE, 2014.
7. Relay differensial akan bekerja apabila mendeteksi arus yang melebihi arus setting sebesar 0,393 A.

DAFTAR PUSTAKA

- IEEE Standart Association 242. Recommended Practice for Protection and Coordination of Industrial and Commercial Power System. New York. 1986
- W. Sarimun, Proteksi Sistem Tenaga Distribusi Listrik, Kedua. Bekasi: Garamond, 2016.
- C. Russell Mason, The Art & Science Of Protective Relaying.
- C L Wadhwa, Electrical Power System, Delhi, India 2012.
- J. C. Das, Power System Analysis: Short-Circuit Load Flow and Harmonics, Atlanta, Georgia 2002.
- Fauziyah, E., & Irwanto. (2022). Analisis Sistem Proteksi Generator Menggunakan Over Current Relay Di PT. Indonesia Power. Jurnal Ilmiah Information Technology d'Computare, XII, 1-9.
- Hajar, I., & Mercury, M. R. (2019). JURNAL ILMIAH SUTET. Analisa Setting Relay Differensial Pada Generator PT. PJB UBJ O & M PLTU Rembang, IX(1), 1-15.
- Hardi, S., Adam, M., & Arisandy, I. (2020). Analisis Kerja Relay Overall Diferensial Pada Generator Dan Transformator PLTG Paya Pasir PT. PLN Persero. (Rekayasa Elektrikal dan Energi): Jurnal Teknik Elektro, II(2), 58- 65.
- Laksono, Y. T., & Syahrial. (2022). Evaluasi Setting Relay Proteksi Differensial Pada Generator Unit 2 PLTP Kamojang POMU menggunakan Simulasi ETAP. Prosiding Diseminasi FTI Ganjil (hal. 1-12). Bandung: Itenas.
- Samola, J. L., Samola, Mangindaan, G. M., & Patras, L. S. (2023). Analysis of Differential Relay on Generator Unit 5 at Lahendong Geothermal Power Plant Units 5 and 6 (2X20 MW). Jurnal Teknik Elektro dan Komputer.
- Yuniarto, Subari, A., & Kusumastuti, D. H. (2015). Setting Relay Differensial pada Gardu Induk Kaliwungu Guna Menghindari Kegagalan Proteksi. Transmisi, XVII(3), 147-152.
- Aita Diantari R, Mardhi Rahmatullah. (2017). Analisis Proteksi Differensial Pada Generator di PLTU Suralaya. Jurnal Energi & Kelistrikan Vol 9
- Fischer N, Finney D, Taylor D. How to Determine the Effectiveness of Generator Differential Protection. IEEE 2014.