

PROCEEDING SEMINAR NASIONAL TEKNIK ELEKTRO DAN INFORMATIKA (SNTEI) 2022

Makassar, 21 September 2022

Tema:

**Teknologi Digital Twins sebagai Solusi Inovatif dalam
Pengembangan Industri Indonesia di Masa Depan**

Bidang Ilmu:

Teknik Elektronika, Kontrol dan Informatika

Teknik Informasi dan Komunikasi

Teknik Komputer dan Jaringan

Teknik Multimedia dan Jaringan

Teknik Telekomunikasi Teknik

Kelistrikan

Penerbit:

Jurusan Teknik Elektro

Politeknik Negeri Ujung Pandang

Jl.Perintis Kemerdekaan KM 10 Makassar

2022

PROCEEDING SEMINAR NASIONAL TEKNIK ELEKTRO DAN INFORMATIKA (SNTEI) 2022

DAFTAR ISI

HALAMAN JUDUL		i
SUSUNAN PANITIA		ii
KATA PENGANTAR		iii
DAFTAR ISI		iv
1	SNTEI 2022 TEK Rancang Bangun Modul Unipolar 60 Degrees-Pulse Witdh Modulation Fasa Tunggal Rifa Muhammad Fahrizal, Dwi Septiyanto, Nanang Mulyono	1-8
2	SNTEI 2022 TEK Rancang Bangun Modul Bipolar 60 Degrees-Width Modulation Fasa Tunggal Ary Cristyadi, Nanang Mulyono, Dwi Septiyanto	9-15
3	SNTEI 2022 TEK Rancang Bangun Inverter Fasa Tunggal Berbasis Unipolar Trapezium Pulse Width Modulation (TPWM) Ilham Akbar, Dwi Septiyanto, Nanang Mulyono	16-22
4	SNTEI 2022 TEK Rancang Bangun Kendali Robot Mekanum Menggunakan Metode Face Kontrol Achmad Nur Aliansyah, Safarudin M, Luther Pagiling, Nita Zelfia Dinianti Luzi Mulyawati	23-28
5	SNTEI 2022 TEK Sistem Deteksi Kesalahan Penggunaan Foot Brake pada Komatsu Hd465-7 Berbasis Plc dan Android, guna Memperpanjang Umur Komponen Front Brake Pt. Darma Henwa Bengalon Coal Project Hendro Setyo Widodo, Siti Zaenab Nurul Haq, Riska Nur Wakidah, Endi Perwitosari, Wahyu Prasetyo	29-32
6	SNTEI 2022 TEK Rancang Bangun Tracking Koper Menggunakan GPS Deby Noviana Situmorang, Tiza Kirana, Christian Lumembang, Daniel Kambuno	33-36
7	SNTEI 2022 TEK Pemodelan Kotak 3D Menggunakan Sensor MPU6050 muhammad fathur rahman N, YURIKA NANTAN, WISNA SAPUTRI ALFIRA WS	37-40
8	SNTEI 2022 TEK Rancang Bangun Prototype Sistem Pengendalian Pintu Pagar Dengan Pemindai Wajah dan Aplikasi Telegram muhammad haddad al faiz, muhammad irsal, Mohammad adnan, reski praminasari	41-45
9	SNTEI 2022 TEK Rancang Bangun Prototipe Alat Monitoring Potensi Likuifaksi Pada Suatu Daerah Berbasis Data Logger Rizana Fauzi, Moh Eri Reza Tursina, Aidynal Mustari, Rudi Santoso, Rahmah Rahmah	46-55
10	SNTEI 2022 TEK Rancang Bangun Sistem Smart Lab Menggunakan Outseal PLC dan HMI dengan Media Komunikasi Modbus Febry Dwi Yanto, Nurhani Amin, Irwan Mahmudi, Moh Aristo, Sari Dewi	56-60
11	SNTEI 2022 TEK Pendekatan Non-invasif Untuk Memantau Kadar Glukosa Darah Dengan Jaringan Syaraf Tiruan (JST) menggunakan Gray Level Co-Occurrence Matrix (GLCM) Pada Citra Digital Usman Umar, Syahrir Syahrir, Risnawaty Alyah	61-67
12	SNTEI 2022 TEK Rancang Bangun Kondensator Otomatis Pada Rumah Burung Walet Andi Aliem Adrian Asrul, Andi Aulia Citra Puspita, Dharma Aryani, Muhammad Chaerur Rijal	68-73
13	SNTEI 2022 TEK Rancang Bangun Pengukur Arus Berbasis Web Kifaya Kifaya, Reski Praminasari, Muthiah Azizah Ijsam, Suci Nurfauziyah Amin	74-77
14	SNTEI 2022 TEK Rancang Bangun Modul Pembelajaran Berbasis Raspberry Pi Kartika Dewi, Sulaeman Sulaeman, Andi Varera Varadiba, Andi Fatiwara Michrun	78-86
15	SNTEI 2022 TEK Rancang Bangun Alat Pemantau Kualitas Air Kolam Ikan Hias Berbasis Internet Of Things (IOT) Andi Adhim Harun AlQadry, Khairun Nisa, Mohammad Adnan, Reski Praminasari, Andi Ari Nugraha	87-91

16	SNTEI 2022 TEL	Analisis Kapasitas Shannon pada Jaringan LTE di Kota Makassar Nurul Khoviva Anastasya Putri Bakri, Sulwan Dase, Umar Katu	92-96
17	SNTEI 2022 TEL	Analisis Pengukuran Kinerja Jaringan 4G LTE Berdasarkan Hasil Drive Test Nur Halisa Herina, Sulwan Dase, Zaini Zaini	97-102
18	SNTEI 2022 TEL	Analisa Sistem Automasi Monitoring Worst Performance Cell pada Jaringan 4G Nabila Khansa Hartono, Asri Wulandari, Fenny Rizza	103-109
19	SNTEI 2022 TEL	Perancangan Private 5G Network Kawasan Industrial Jababeka untuk Mendukung Revolusi Industri 4.0 Asri Wulandari, Toto Supriyanto, Akita Hasna Mayanti, Raviadin Nugroho	110-115
20	SNTEI 2022 TEL	Pengembangan Coverage 5G Wilayah Depok Memanfaatkan Analisis Big Data Multi-Parameter Damelia Panggabean, Asri Wulandari, Marfani Hasan, Hananto Widhi Santoso	116-122
21	SNTEI 2022 TEL	Optimalisasi Perangkat Satellite News Gathering berdasarkan Threshold Level Power Asma Amaliah, Asmawaty Azis, Ilham RS	123-127
22	SNTEI 2022 TEL	Analisis Implementasi Algoritma Auction pada Komunikasi Device to Device (D2D) untuk Frekuensi 2,3 Ghz Asma Amaliah, Kurniawan Harun, Ghisyelda Azzalia	128-133
23	SNTEI 2022 TEL	Prototype Sistem Penetralisir Asap Rokok Menggunakan Filter Karbon Aktif Tempurung Kelapa Berbasis Internet Of Things (IOT) Zaryanti Zainuddin, Safaruddin -, Imran S	134-138
24	SNTEI 2022 TIF	Purwarupa Pot Pintar dengan Memanfaatkan Tanaman Lidah Mertua sebagai Alat Filtrasi Udara Alami pada Ruangan Tertutup Berbasis Internet Of Things Muhammad Donnes Firdaus, Juan Novansyah Pratama, Kemahyanto Exaudi, Ahmad Zarkasi, Sarmayanta Sembiring, Rendyansyah Rendyansyah, Bagus Prasetyo	139-145
25	SNTEI 2022 TIF	Aplikasi Rekomendasi Rumah Makan Khas Makassar Menggunakan Metode Technique For Others Preference by Similarity to Ideal Solution (TOPSIS) Yusno Yusno, Muhammad Nur Yasir Utomo, Meylanie Olivya	146-151
26	SNTEI 2022 TIF	Sistem Pendukung Keputusan Berbasis Metode Korelasi untuk Menganalisis Penyebab Tidak Tercapainya Target Produksi Batu Bara di PT XYZ Wa Ode Zalmawati, Muhammad Nur Yasir Utomo, Rini Nur	152-157
27	SNTEI 2022 TIF	Sistem Penguncian Cerdas Pada Pintu Berbasis Face Recognition Muhammad Arafah, Akbar Iskandar, Tatik Maslihatin, Ramlah Ramlah, Abdur Rahim	158-162
28	SNTEI 2022 TIF	Model Pencarian Rumah Makan Berbasis Radius Location Based Service Regena Sherly Padandanan	163-167
29	SNTEI 2022 TIF	Aplikasi Chatbot untuk Layanan Informasi Penerimaan Mahasiswa Baru Annisa Nurul Puteri, Fadli Tamrin, Khaidir Rahman Nasir, Defi Widya Anggraeni, Muhammad Arafah	168-174
30	SNTEI 2022 TIF	Penerapan Metode Scrum dengan Framework Flutter dalam Teknologi Location Based Service Pada Sistem Provos Polisi Andi Maulidinnawati Abdul Kadir Parewe, A. Sumardin, Muhammad Isra Pratama	175-179
31	SNTEI 2022 TIF	Rancang Bangun Sistem Informasi Penghitung Jumlah Orang Pada Ruangan Tertutup Berbasis Internet Of Things (IoT) Yuli Asmi Rahman, Irham Ramadana Putra, Alamsyah Alamsyah, Mery S, Ardi Amir, Tan Suryani S	180-184
32	SNTEI 2022 TIF	Sistem Informasi Manajemen Sumber Daya Manusia Sebagai Evaluasi Kinerja Pegawai Miswan Gumanti, Alfina Damayanti, Yolla Zelika Desastra, Ricco Herdiyan Saputra, Fauzi Fauzi, Ahmad Syarifuddin, Marilyn Kristina	185-190
33	SNTEI 2022 TIF	Sistem Informasi Akademik Berbasis Android Sri Ipnuwati, Dian Puspita, Eko Hendrawan, Jeprianto Jeprianto, Nadiatul Munawaroh, Arbi Maulana, Andino Maseleno	191-196

34	SNTEI 2022 TIF	Sistem Informasi Kepegawaian Berbasis Web Mobile Eka Ridhawati, Dita Novitasari, Ari Bowo, Andre Ilham Vergiano, Novi Ayu Kristiana Dewi, Ahmad Khumaidi, Rinawati Rinawati	197-202
35	SNTEI 2022 TIF	Sistem Informasi Jadwal Praktek Dokter Berbasis Android Sri Hartati, Ayunda Mugjarsih, Septiana Mar'atus Sholikhah, Zain Khiswari, Agus Suryana, Rara Marselina Jupon, Pamuji Setiawan	203-208
36	SNTEI 2022 TIF	Sistem Pendukung Keputusan Pemilihan Kepala Sekolah Menggunakan Metode AHP Winia Waziana, Nungsiati Nungsiati, Danang Kusnadi, Ahmad Agus Rozikin, Hikmatul Aliyah, Erliza Septia Nagara, Adi Prasetya Nanda	209-214
37	SNTEI 2022 TIF	Sistem Pendukung Keputusan Dalam Menentukan Siswa-Siswi Berprestasi Untuk Mendapatkan Beasiswa Menggunakan Metode Simple Additive Weighting Berbasis Website Elisabet Yunaeti Anggraeni, Sudewi Sudewi, Ary Surya Pratama Puspawijaya, Nadiatul Munawaroh, Taufik Taufik, Yuri Fitriani, Leni Anggraeni	215-220
38	SNTEI 2022 TIF	E-Government Pada Pekon Purwodadi Kec. Adiluwih Kab. Pringsewu Berbasis Android Andreas Andoyo, Nabila Kharimah Vedy, Tri Susilowati, Aurizal Bahri Bahri, Yoeyong Rahsel, Bernadhita Herindri Samodera Utami, Widiyanto Widiyanto	221-226
39	SNTEI 2022 TIF	E-Learning Berbasis Android Untuk Sekolah Menengah Kejuruan Naila Maghfiroh, Rita Irviani, Aprianto Aprianto, Rinnanik Rinnanik, Sri Ipnuwati, Novi Ayu Kristiana Dewi, Suyono Suyono	227-233
40	SNTEI 2022 TIF	Klasifikasi Jamur dapat Dikonsumsi dan Beracun Menggunakan Model Bayesian Network Marselia Ghanyyu Wahdini, Nurul Fuady Adhalia H, Armin Lawi	234-238
41	SNTEI 2022 TIF	KLASIFIKASI PENYAKIT CITRA DAUN TANAMAN TOMAT DENGAN ENSEMBLE CONVOLUTIONAL NEURAL NETWORK Armin Lawi, Naili Suri Intizhami, Rio Mukhtarom, Supri Amir	239-243
42	SNTEI 2022 TIF	Rancang Bangun Sistem Monitoring Penggunaan Listrik Pada Layanan Indekos Berbasis Internet of Things Muhammad Siddiq Agussalim, indra indra, Farid Wajidi, Muh. Fuad Mansyur, Andi Amirul Asnan Cirua	244-248
43	SNTEI 2022 TIF	Simulasi Pergerakan Harga Saham Menggunakan Model Brownian Motion Wahyuni Ekasasmita, Nurul Fuady Adhalia, Armin lawi	249-253
44	SNTEI 2022 TIF	Implementasi Prototyping Model untuk Pengembangan Real-Time Notifikasi Telegram Api (Application Programming Interface) pada Tugas Akhir Mahasiswa Patimah Patimah, Dian Megah Sari, Muhammad Fahmi Rustan, Ismaun Rusman, Dian Megah Sari	254-258
45	SNTEI 2022 TIF	Pengembangan Sistem Manajemen Distribusi Logistik Pascabencana menggunakan Metode Exteme Programming Muhammad Fudhail Asri, Asmawati Asmawati, Farid Wajidi, A.Amirul Asnan Cirua	259-263
46	SNTEI 2022 TIF	Implementasi Metode Background Subtraction untuk Monitoring Ruang Secara Realtime Amin Rais, Sulfayanti Sulfayanti, Iq Andi Iman, Sugiarto Cokrowibowo, Wawan Firgiawan	264-268
47	SNTEI 2022 TIF	Implementasi Algoritma D8 untuk Pencarian Titik Terendah pada Digital Elevation Model Nasional (DEMNAS) Ahmad Afrisal, Hafsa Nirwana, Nurul Inayah Inayah, Ulfa Maulidia, Nurmadinah Nurmadinah	269-273
48	SNTEI 2022 TIF	Implementasi Algoritma D8 untuk Pencarian Titik Terendah pada Digital Elevation Model Nasional (DEMNAS) Ahmad Afrisal, Hafsa Nirwana, Nurul Inayah Inayah, Ulfa Maulidia, Nurmadinah Nurmadinah	274-278

49	SNTEI 2022 TIF	Pengembangan Sistem Alat Pendeteksi Kebocoran Pipa Tanaman Hidroponik Menggunakan Sensor WaterFlow Haeruddin Haeruddin, Dian Megah Sari, Muhammad Fahmi Rustam, Muhammad Rafli Rasyid	279-285
50	SNTEI 2022 TIF	PERBANDINGAN KINERJA MODEL ENSEMBLED TRANSFER LEARNING PADA KLASIFIKASI PENYAKIT DAUN TOMAT Muhammad Islahfari Wahid, Armin Lawi, A. Muh. Amil Siddik	286-291
51	SNTEI 2022 TIF	IMPLEMENTASI ARSITEKTUR DENGAN PEMILIHAN MODEL TRANSFER LEARNING CONVOLUTIONAL NEURAL NETWORK DALAM MENGLASIFIKASIKAN PENYAKIT KANKER KULIT Ajrana Ajrana, Armin Lawi, A. Muh Amil Siddik	292-297
52	SNTEI 2022 TIF	Model Prediksi Harga Saham Apple Inc Pada Beberapa Bursa Efek Menggunakan Metode Multivariate Gated Recurrent Unit Cecilia Tania Emanuella, Armin Lawi, Hendra Hendra	298-303
53	SNTEI 2022 TIF	Implementasi Transfer Learning dan Multi-Channel CNN pada Penyakit Daun Padi Eka Qadri Nuranti, Armin Lawi, Khawaritzmi Abdallah Ahmad, Sri Astuti Thamrin	304-309
54	SNTEI 2022 TIF	SISTEM DETEKSI PENYAKIT ARITMIA BERDASARKAN JUMLAH DETAK JANTUNG BERBASIS INTERNET OF THINGS DAN CLOUD STORAGE Musfirah Putri Lukman, Desi Widyaningsih, Armin Lawi, Asmila Asmila	310-315
55	SNTEI 2022 TIF	Rancang Bangun Aplikasi Identifikasi Dini Gangguan Postur Tubuh Menggunakan Metode Haar Cascade Classifier Nur Azizah, Mardawia Mabe Parenreng, Andi Gunawan	316-320
56	SNTEI 2022 TIF	Sistem Penentuan Kemiripan antar Skripsi menggunakan Metode Cosine Similarity pada Perpustakaan Destri Natalia Lindang, Andi Yulia Muniar, Agus Halid, Muhajirin Muhajirin, Amran Amiruddin	321-324
57	SNTEI 2022 TIF	Penerapan Metode Pengembangan Agile pada Sistem Pencatatan dan Pelaporan Retribusi Sampah Secara Online Muhammad Arafah, Wahdania Nurarfiani Ashari, Andi Maulidinnawati Abdul Kadir Parewe, Nuraida Latif, Agus Halid	325-331
58	SNTEI 2022 TIL	Analisis Load Flow SUTET 500kV Jawa-Bali Menggunakan Power Word Simulation Ratih puspita siwi, Agus Siswanto	332-337
59	SNTEI 2022 TIL	Analisis Keandalan Sistem Jaringan Distribusi 20 KV di PT. PLN (Persero) ULP Kalebajeng Dengan Metode Reliability Network Equivalent Approach (RNEA) Rika Nurul Annisa, Hama Hama, Nandy Rizaldy Najib	338-343
60	SNTEI 2022 TIL	Studi Manajemen Trafo PT PLN (Persero) Unit Layanan Pelanggan Sungguminasa Mus Fira Tahir, Ashar AR, Muhammad Thahir	344-350
61	SNTEI 2022 TIL	Prototipe Monitoring Sistem Catu Daya 48 Volt DC pada Gardu Induk dengan Pemodelan HMI Muhammad Irsyad Baihaqi Janwar, Sarwo Pranoto, Hamdani Hamdani	351-354
62	SNTEI 2022 TIL	Pengaruh Optimasi Penempatan Distributed Generation Pada Sistem Distribusi Kota Lampung Mempertimbangkan Penyebaran Distorsi Harmonisa Muhammad Alief Jamal, Muhira Dzar Faraby, Sofyan Sofyan, Ontoseno Penangsang, Andi Fitriati, Fauziah Fauziah	355-359
63	SNTEI 2022 TIL	Analisis Penerapan Fungsi Dua Tahap Pada Relai Proteksi Standby Earth Fault (SBEF) Transformator 30 MVA Gardu Induk Maros 150 KV Alfin Akram Dwi Amir, Ahmad Rizal Sultan, Muh. Imran Bachtiar	360-365
64	SNTEI 2022 TIL	Analisis Peningkatan Pelayanan Suplai Rumah Sakit Hermina Makassar dengan Dua Penyulang Incoming Ahmad Muzammil, Bakhtiar Bakhtiar, Sarma Thaha	366-371

65	SNTEI 2022 TIL	Analisis Pembangkit Hybrid Energi Terbarukan Dengan Metode Particle Swarm Optimization (PSO) Mansur Mansur, Sarwo Pranoto, Agus Siswanto, Luther Pagiling	372-375
66	SNTEI 2022 TIL	Perancangan Pemasangan Express Feeder Untuk Perbaikan Profil Tegangan Pada Jaringan Distribusi 20 kV Penyulang Gardu Hubung Sungguminasa (GHSM) PT. PLN (Persero) ULP Sungguminasa Nurhaliza Saputri, Baktiar Bakhtiar, Andarini Asri	376-380
67	SNTEI 2022 TIL	Optimasi Rekonfigurasi Jaringan Pada Sistem Distribusi ULP Way Halim Kota Bandar Lampung Mempertimbangkan Penggunaan Beban Nonlinear Yuli Asmi Rahman, Muhira Dzar Faraby, Ontoseno Penangsang, Mukhlisin Mukhlisin, Yoan Elviralita, Isminarti Isminarti, Asminar Asminar	381-386
68	SNTEI 2022 TIL	Analisis Pembagian Beban Generator Unit PLTD Desa Tana Merah Kabupaten Tana Tidung Provinsi Kalimantan Utara Restu restu Aditya, Ismit Mado	387-392
69	SNTEI 2022 TIL	Pengaruh Pembebanan Terhadap Sistem Eksitasi Generator Sinkron Sf 33.065 Pada Pembangkit Listrik Tenaga Air (PLTA) Poso 1 Energy Yuli Asmi Rahman, Kevin Chrisdaniel Sindang, Baso Mukhlis, Yusnaini Arifin, Maryantho Masarrang	393-397
70	SNTEI 2022 TIL	Penilaian Keandalan Sistem Tenaga Listrik dengan Menggunakan Formula Analitis Deduksi Rahmat Saiful, Syarifuddin Syarifuddin, Kazman Riyadi	398-403
71	SNTEI 2022 TIL	Analisis Penggantian Minyak OLTC Terhadap Efektifitas Kinerja Trafo Daya 30 MVA Gardu Induk Tallo Lama Nur Akbar, Aksan Aksan, Alimin Alimin	404-409
72	SNTEI 2022 TIL	Analisis Kinerja dan Ekonomi Sistem Pompa Air Tenaga Surya dan PLN Andi Khofifah Patriany, Aksan Aksan, Usman Usman	410-415
73	SNTEI 2022 TIL	ANALISIS PERBANDINGAN EFEKTIVITAS PENEMPATAN FUSE CUT OUT (FCO) TERHADAP LIGHTNING ARRESTER (LA) PADA GARDU DISTRIBUSI ULP DAYA Muhammad Fadris Maskun, satriani said akhmad, Ashar	416-420
74	SNTEI 2022 TIL	Pengendalian Overload Transformator Dengan Metode Pecah Beban di PT.PLN (Persero) ULP Daya Wisna Saputri Alfira WS, Bakhtiar Bakhtiar, elviana elviana	421-428
75	SNTEI 2022 TIL	Analisis Perhitungan Setting Proteksi Transformator 60 MVA Pada Gardu Induk Bulukumba PT.PLN (Persero) Muh. Rafif Akhdan, Nirwan A. Noor, Kurniawati Naim	429-434
76	SNTEI 2022 TIL	Analisis Perbaikan Jatuh Tegangan Akibat Sambungan Rumah Berderet Dengan Penggantian Kabel Berdasarkan Pemetaan Berbasis GPS Garmin Munifa Istiqamah, Ahmad Rosyid Idris, Alamsyah Achmad	435-440
77	SNTEI 2022 TIL	Peramalan Beban Listrik Menggunakan Kombinasi Metode Jaringan Saraf Tiruan Dan Regresi Linier Di ULP Sungguminasa Muhammad Fadel Pradika Rodney, Ahmad Rizal Sultan, Usman Usman	441-445
78	SNTEI 2022 TIL	ANALISIS PENYEBAB TERJADINYA DC GROUND DI GARDU INDUK TELLO 150KV MENGGUNAKAN EAGLE EYE GFL-1000 Fitriani Fitriani, Hamma Hamma, Naely Muchtar	446-451

Analisis Penerapan Fungsi Dua Tahap Pada Relai Proteksi *Standby Earth Fault* (SBEF) Transformator 30 MVA Gardu Induk Maros 150 kV

Alfin Akram Dwi Amir¹⁾, Ahmad Rizal Sultan²⁾, Muh. Imran Bachtiar³⁾

^{1,2,3}Teknik Elektro, Politeknik Negeri Ujung Pandang

¹alvinakram2512@gmail.com, ²rizal.sultan@poliupg.ac.id, ³muh.imranb@poliupg.ac.id

Abstrak

Relai SBEF berfungsi untuk melindungi NGR di sisi netral sekunder transformator, SBEF bekerja dengan mentripkan PMT sisi 150 kV yang *interlock* dengan PMT sisi 20 kV apabila muncul arus di sisi netral sekunder trafo, akan tetapi pada tahun 2020 untuk mendukung program *zero trip* PMT 150 kV, PLN menerapkan fungsi dua tahap Relai SBEF guna memberi jeda ketika ada gangguan yang membuat Relai SBEF bekerja dan akan mentripkan sisi 20 kV terlebih dahulu. Tujuan penelitian adalah menganalisis arus hubung singkat dari transformator 30 MVA di Gardu Induk Maros beserta *setting* dari relai SBEF, menganalisis koordinasi relai SBEF dan GFR (*Ground Fault Relay*) berdasarkan simulasi di aplikasi ETAP 16.0.0. Metode dalam penelitian ini berupa studi literatur dan observasi sedangkan teknik analisis data menggunakan metode deskriptif kualitatif. Dari hasil penelitian didapatkan *setting* arus kerja SBEF sebesar 86,6 A untuk tahap satu dan tahap dua. Sedangkan TMS (*Time Multiple Second*) sebesar 0,097 untuk tahap satu dan 0,117 untuk tahap 2, dimana tahap 1 untuk mentripkan PMT sisi 20 kV (*Incoming*) sedangkan tahap 2 untuk mentripkan PMT sisi 150 kV. Untuk simulasinya, GFR bekerja secara bertahap tergantung dari lokasi gangguannya yang dimulai dari GFR Penyulang, GFR *Incoming*, SBEF tahap satu dan SBEF tahap dua.

Keywords: SBEF, *setting* relai, koordinasi relai, ETAP

I. PENDAHULUAN

Sistem proteksi merupakan suatu sistem pengamanan terhadap peralatan listrik dari gangguan seperti gangguan teknis, gangguan alam, kesalahan operasi, dan penyebab lainnya, yang bekerja dengan cara mendeteksi kondisi abnormal pada sistem tenaga listrik dan memisahkan peralatan yang terganggu dari sistem yang sehat, sekaligus mengamankan bagian yang masih sehat dari kerusakan atau kerugian yang lebih besar sehingga sistem dapat terus berfungsi. Zona proteksi transformator merupakan salah satu contoh subsistem dari sistem proteksi. Pola proteksi transformator harus dapat mengamankan transformator dari gangguan internal maupun gangguan eksternal. Proteksi transformator tenaga umumnya menggunakan *Differential Relay* dan *Restricted Earth Fault* (REF) sebagai proteksi utama. Sedangkan proteksi cadangan menggunakan *Over Current Relay* (OCR) dan GFR. Relai SBEF umumnya hanya dipergunakan pada transformator dengan belitan Y yang ditanahkan dengan *resistor* dan fungsinya lebih mengamankan *Neutral Grounding Resistor* (NGR). Umumnya, relai proteksi SBEF satu tahap yang berfungsi sebagai pengaman NGR bekerja dengan memisahkan bagian transformator secara keseluruhan (memutus PMT sisi 150 kV pada Transformator 150/20 kV) akan tetapi prinsip tersebut terkadang sangat merugikan karena biasanya penyebab gangguan berada di sisi beban (sisi 20 kV). Sehingga pada tahun 2020 untuk mendukung program *zero trip* PMT 150 kV, PLN menerapkan fungsi SBEF dua tahap guna memberi jeda ketika ada gangguan yang membuat relai SBEF bekerja dan akan mentripkan sisi 20 kV terlebih dahulu [1].

Tujuan penelitian ini adalah untuk menganalisis arus hubung singkat dari transformator 30 MVA di Gardu Induk Maros beserta *setting* dari Relai SBEF, menganalisis koordinasi Relai SBEF dan GFR menggunakan simulasi di aplikasi ETAP 16.0.0. Metode dalam penelitian ini berupa studi literatur dan observasi. Data dari hasil penelitian kemudian dapat digunakan oleh pihak PLN sebagai bahan referensi dalam melaksanakan penerapan fungsi dua tahap relai SBEF.

II. KAJIAN LITERATUR

A. Transformator Tenaga

Transformator daya dapat memindahkan arus bolak-balik dari suatu rangkaian primer ke rangkaian sekunder dengan tegangan dan arus berubah, namun dengan frekuensi yang tepat [2]. Transformator menggunakan prinsip hukum induksi faraday dan hukum lorentz dalam menyalurkan daya, dimana arus bolak balik yang mengalir mengelilingi suatu inti besi maka inti besi itu akan berubah menjadi magnet. Dan apabila magnet tersebut dikelilingi oleh suatu belitan maka pada kedua ujung belitan tersebut akan terjadi beda potensial

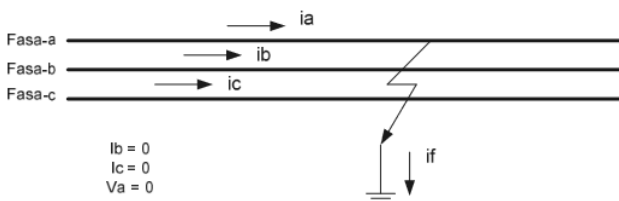
B. Komponen Simetris

Suatu sistem tak seimbang yang terdiri dari 'n' fasa yang berhubungan dapat diuraikan menjadi 'n' buah sistem dengan fasa seimbang dinamakan komponen simetris dari fasa aslinya. Prinsip dasar dari komponen simetris untuk rangkaian sistem tiga fasa adalah setiap bilangan fasa yang tak seimbang dapat diuraikan menjadi fasa seimbang [3]. Pada Gangguan tiga fasa semua fasa mengalami hubung singkat. Ada kemungkinan 2 situasi

yaitu ketiga fasa kemungkinan mengalami hubung singkat ke tanah atau tidak melalui ke tanah. Gangguan tiga fasa dijadikan standar untuk menentukan tingkat gangguan [4]. Gangguan satu fasa ke tanah umumnya bukan merupakan hubung singkat melalui tahanan gangguan, sehingga arus gangguannya menjadi semakin kecil dan tidak bisa terdeteksi oleh rele 1 T 2 T yang ada [5].

C. Gangguan Hubung Singkat Satu Fasa ke Tanah

Gangguan satu fasa ke tanah dapat dikategorikan sebagai gangguan asimetris sehingga memerlukan metode komponen simetris untuk menganalisa tegangan dan arus pada saat terjadi gangguan. Gangguan satu fasa ke tanah akan menyebabkan kenaikan arus pada fasa terganggu dan tegangan menjadi nol, sedangkan arus pada fasa lain menjadi nol yang diikuti dengan kenaikan tegangan pada fasa yang lain. Untuk gangguan ini dianggap fasa *a* mengalami gangguan. Gambar 1. menunjukkan gangguan satu fasa ke tanah.



Gambar 1. Gangguan hubung singkat 1 fasa ke tanah

Sebelum menghitung nilai gangguan hubung singkat diperlukan nilai impedansi sumber dan impedansi trafo. Impedansi sumber dapat dihitung dengan data hubung singkat dalam bus primer trafo memakai Persamaan (1).

$$Z_{hs} = \frac{V_p \times 1000}{\sqrt{3} \times I_f} \tag{1}$$

Data yang tercantum pada *nameplate* transformator, nilai *base* transformator dapat dihitung menggunakan persamaan berikut :

$$Z_b \text{ HV} = \frac{V_{hv}^2}{S_b} \tag{2}$$

$$Z_b \text{ LV} = \frac{V_{lv}^2}{S_b} \tag{3}$$

$$I_b \text{ HV} = \frac{S}{V_{hv} \times \sqrt{3}} \tag{4}$$

$$I_b \text{ LV} = \frac{S}{V_{lv} \times \sqrt{3}} \tag{5}$$

$$R_{NGRS} = \frac{3 \times R_{NGR}}{Z_b \text{ LV}} \tag{6}$$

$$X_{t1} = \frac{S_b}{S} \times X_{t\%} \tag{7}$$

Menghitung impedansi transformator urutan positif, urutan negatif, dan urutan nol dilakukan menggunakan persamaan berikut :

$$X_{tp1}, X_{tp2}, X_{tp0} = 0,5 \times X_{t1} \tag{8}$$

$$X_{ts1}, X_{ts2}, X_{ts0} = 0,5 \times X_{t1} \tag{9}$$

$$X_{tt1}, X_{tt2}, X_{tt0} = 0,5 \times X_{t1} \tag{10}$$

Nilai arus hubung singkat transformator pada gangguan 1 fasa ke tanah dihitung menggunakan persamaan (11 sampai 14) :

$$Z1 = Z_{s1} + j.X_{tp1} + j.X_{ts1} \tag{11}$$

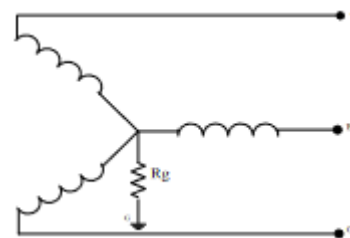
$$Z2 = Z_{s2} + j.X_{tp2} + j.X_{ts2} \tag{12}$$

$$Z0 = \left\{ \frac{(Z_{s0} + j.X_{tp0}) \times j.X_{tt0}}{(Z_{s0} + j.X_{tp0}) + j.X_{tt0}} \right\} + j.X_{ts0} + R_{NGR} \tag{13}$$

$$I_{hs1\phi20} = \frac{3}{Z1 + Z2 + Z0} \times I_b \text{ LV} \tag{14}$$

D. Neutral Grounding Resistor

NGR adalah sebuah tahanan yang dipasang seri dengan netral sekunder pada generator sebelum terhubung ke tanah [6].



Gambar 2. Neutral Grounding Resistor

Tujuan dipasangnya NGR adalah untuk mengontrol besarnya arus gangguan yang mengalir dari sisi netral ke tanah [7]. Berikut ini pada persamaan 2.17 rumus untuk menghitung arus nominal NGR.

$$I_n \text{ NGR} = \frac{V_{lv}}{\sqrt{3} \times R_s} \tag{15}$$

E. Rele

Rele proteksi merupakan skema atau rangkaian yang mampu merespon terhadap adanya suatu gangguan atau kesalahan dalam sistem tenaga listrik dan secara otomatis memutuskan hubungan peralatan yang terganggu atau memberikan sinyal (*alarm*) [8].

Rele adalah peralatan yang peka terhadap perubahan arus dan tegangan, pada rangkaian sistem yang dapat mem- pengaruhi bekerjanya alat lain. Syarat karakteristik rele antara lain [9].

F. Rele Standby Earth Fault (SBEF)

Filosofi relai ini adalah untuk mengamankan NGR dari kerusakan akibat panas. Panas bisa dihasilkan karena arus hubung singkat atau arus urutan nol yang mengalir ke titik netral transformator secara terus menerus (*continue*). Prinsip kerja relai ini sama dengan relai gangguan ke tanah dan dipasang hanya untuk pentanahan yang bukan pentanahan langsung.

Untuk pemilihan waktu dan karakteristik SBEF dengan memperhatikan ketahanan termis NGR. Karena arus yang mengalir ke NGR sudah dibatasi oleh resistansi terpasang pada NGR itu sendiri. Karena nilai arus yang

flat, maka pemilihan karakteristik waktu disarankan menggunakan *Definite* atau *Long Time Inverse* [10].

Untuk mengetahui waktu tunda dan tms dari relai SBEF fungsi 2 tahap dapat menggunakan persamaan (16 sampai 19) :

$$ts = 0,5 \times t \text{ max NGR} \quad (16)$$

$$Tms \text{ tahap 1} = \frac{(\frac{\ln NGR}{I_{set}} - 1) \times ts}{120} \quad (17)$$

$$Tms \text{ tahap 2} = \frac{(\frac{\ln NGR}{I_{set}} - 1) \times (ts + 1)}{120} \quad (18)$$

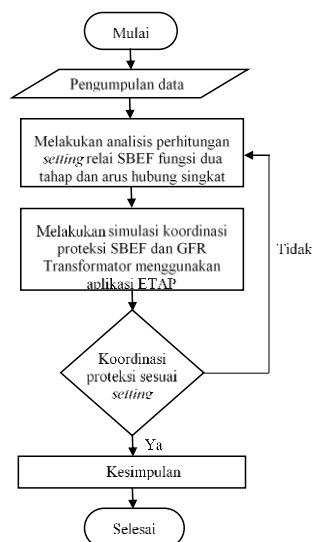
$$LTI = \frac{Tms \times 120}{\frac{I_{hs}}{I_{set}} - 1} \quad (19)$$

III. METODE PENELITIAN

Pada penelitian ini yang menjadi objek penelitian adalah Relai SBEF pada Transformator #1 Gardu Induk Maros, dimana relai ini berfungsi untuk mendeteksi gangguan hubung singkat 1 fasa ke tanah dan diprogram untuk bekerja setelah relai GFR sisi 20 kV penyulang dan *incoming* gagal bekerja.

A. Prosedur Penelitian

Prosedur penelitian yang dilakukan dapat dilihat pada Gambar 3 berikut.



Gambar 3. Diagram Alir (*Flowchart*) Penelitian

B. Teknik Pengumpulan Data

Teknik pengumpulan data yang digunakan pada penelitian ini adalah sebagai berikut :

1. Metode Literatur

Pengumpulan data dengan metode literatur dilakukan dengan cara mengumpulkan berbagai referensi-referensi baik berupa buku, internet, jurnal ilmiah, dokumen pemeliharaan tahunan ULTG Maros maupun buku panduan dari PT PLN (Persero), seperti buku Pedoman Proteksi Transmisi dan Gardu Induk Jawa Bali, buku Perhitungan setting dan Koordinasi Proteksi Sistem Distribusi, dll.

2. Metode Observasi

Pengumpulan data dengan metode observasi dilakukan dengan cara mencari data-data teknis secara langsung di lapangan. Data tersebut berupa setting dan hasil pengujian setelah pengaktifan fungsi relai yang diambil pada saat terlibat dalam kegiatan pemeliharaan. Pengumpulan data dan pengamatan langsung di lapangan dilakukan tepatnya pada Gardu Induk Maros 150 kV, Unit Layanan Transmisi dan Gardu Induk (ULTG) Maros.

C. Teknik Analisis Data

Data yang didapat kemudian dianalisis serta dilakukan perhitungan terhadap data tersebut dengan tahapan sebagai berikut :

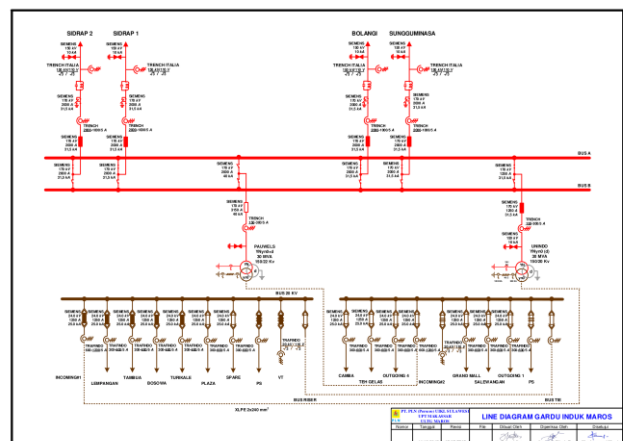
1. Perhitungan *setting* Relai SBEF fungsi dua tahap dan arus hubung singkat transformator.
2. Simulasi koordinasi proteksi SBEF dan GFR Transformator menggunakan aplikasi ETAP.
3. Perbandingan antara hasil teori dan simulasi *setting* relai proteksi SBEF.

IV. HASIL DAN PEMBAHASAN

Pada penelitian ini yang menjadi objek penelitian adalah Relai SBEF pada Transformator #1 Gardu Induk Maros, dimana GI Maros merupakan salah satu Gardu Induk yang berada di bawah asuhan ULTG Maros.

A. Gambaran Umum Gardu Induk Maros

Pada gardu induk maros terdiri dari 4 bay line dan 2 bay trafo dengan masing-masing bay trafo dilengkapi transformator berkapasitas 30 MVA. Adapun *single line diagram* dari Gardu Induk Maros, dapat dilihat pada Gambar 4 berikut.



Gambar 4. *Single line diagram* GI Maros

B. Data Teknis Gardu Induk Maros

1) Data Spesifikasi Transformator

Data Spesifikasi Transformator #1 Gardu Induk Maros dapat dilihat pada Tabel 1 berikut.

Tabel 1. Spesifikasi Transformator #1

Spesifikasi	Keterangan
Merek	UNINDO
Frekuensi	50 Hz
Kapasitas	30 MVA
Vektor Grup	YNyn0(d)
Impedansi	12,74 %
Tegangan Primer	150 Kv
Tegangan Sekunder	20 Kv
Tegangan Tersier	10 Kv
E	1 pu

Tabel 1. Spesifikasi Transformator #1

2) Data Spesifikasi NGR

Data spesifikasi NGR transformator #1 Gardu Induk Maros dapat dilihat pada Tabel 2 berikut.

Tabel 2. spesifikasi NGR Transformator #1 GI Maros

Besaran	Nilai
R sisi HV	0 Ω
R sisi LV	40 Ω
I max NGR	300 A
I kontinu	30 A
t max NGR	10 s

3) Data Impedansi Sumber di bus 150 kV

Data impedansi sumber di Bus 150 kV GI Maros dapat dilihat pada Tabel 3 berikut :

Tabel 3. Impedansi Sumber di Bus 150 kV

Impedansi Sumber di bus 150 Kv					
Urutan Positif		Urutan Negatif		Urutan Nol	
R1 (p.u)	X1 (p.u)	R2 (p.u)	X2 (p.u)	R0 (p.u)	X0 (p.u)
0,00457	0,03052	0,00176	0,03108	0,01515	0,05681

C. Perhitungan Arus Hubung Singkat Transformator dan Setting Relai SBEF

1. Perhitungan nilai base transformator

Berdasarkan Tabel 1 dan Tabel 2, nilai base transformator dapat dihitung menggunakan persamaan 2 sampai 10.

- i. Impedansi dasar sisi primer

$$Z_b \text{ HV} = \frac{150^2 \text{ kV}}{100 \text{ MVA}}$$

$$Z_b \text{ HV} = 225 \text{ pu}$$

- ii. Impedansi dasar sisi sekunder

$$Z_b \text{ LV} = \frac{20^2 \text{ kV}}{100 \text{ MVA}}$$

$$Z_b \text{ LV} = 4 \text{ pu}$$

- iii. Arus dasar sisi primer

$$I_b \text{ HV} = \frac{100 \text{ MVA}}{150 \text{ kV} \times \sqrt{3}}$$

$$I_b \text{ HV} = 384,9 \text{ A}$$

- iv. Arus dasar sisi sekunder

$$I_b \text{ LV} = \frac{100 \text{ MVA}}{20 \text{ kV} \times \sqrt{3}}$$

$$I_b \text{ LV} = 2886,751 \text{ A}$$

- v. Tahanan dasar NGR sisi sekunder

$$R_{NGRS} = \frac{3 \times 40 \Omega}{4 \text{ pu}} = 30 \Omega$$

- vi. Impedansi urutan positif trafo

$$X_{t1} = \frac{12,74}{100} \times \frac{100 \text{ MVA}}{30 \text{ MVA}}$$

$$X_{t1} = 0,424 \text{ pu}$$

$$X_{tp1} = 0,5 \times 0,424 \text{ pu} = 0,212 \text{ pu}$$

$$X_{ts1} = 0,5 \times 0,424 \text{ pu} = 0,212 \text{ pu}$$

$$X_{tt1} = 0,5 \times 0,424 \text{ pu} = 0,212 \text{ pu}$$

- vii. Impedansi urutan negatif trafo

$$X_{tp2} = 0,5 \times 0,424 \text{ pu} = 0,212 \text{ pu}$$

$$X_{ts2} = 0,5 \times 0,424 \text{ pu} = 0,212 \text{ pu}$$

$$X_{tt2} = 0,5 \times 0,424 \text{ pu} = 0,212 \text{ pu}$$

- viii. Impedansi urutan nol trafo

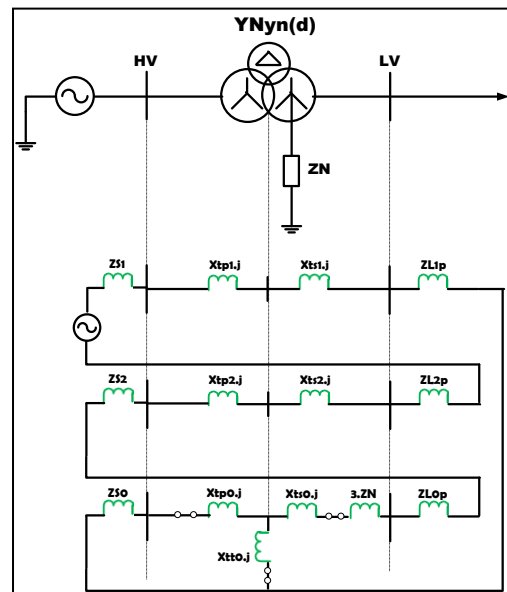
$$X_{tp0} = 0,5 \times 0,424 \text{ pu} = 0,212 \text{ pu}$$

$$X_{ts0} = 0,5 \times 0,424 \text{ pu} = 0,212 \text{ pu}$$

$$X_{tt0} = 0,5 \times 0,424 \text{ pu} = 0,212 \text{ pu}$$

2. Perhitungan arus hubung singkat transformator

Berikut ini Gambar 5 rangkaian ekivalen perhitungan arus hubung singkat 1 fasa di bus 20 kV.



Gambar 5. Rangkaian Ekivalen Perhitungan Arus Hubung Singkat 1 Fasa di Bus 20 kV

Berdasarkan gambar 5, arus hubung singkat 1 fasa ke tanah di bus 20 kV dapat dihitung menggunakan persamaan 11 sampai 14.

$$Z1 = 0,030856 + j.0.212 + j.0,212 = 0,454539 \text{ pu}$$

$$Z2 = 0,03345 + j.0.212 + j.0,212 = 0,456309 \text{ pu}$$

$$Z0 = \left\{ \frac{(0,058797 + 0,212) \times 0,212}{(0,058797 + 0,212) + 0,212} \right\} + 0,212 + 30 = 30,004767 \text{ pu}$$

$$I_{hs1\phi 20} = \frac{3}{0,454539 + 0,456309 + 30,004767} \times 2886,751$$

$$I_{hs1\phi 20} = \frac{3}{30,042} \times 2886,751$$

$$I_{hs1\phi 20} = 288,269 \text{ A}$$

3. Perhitungan setting fungsi dua tahap Relai SBEF

Untuk menghitung setting fungsi dua tahap relai SBEF, terlebih dahulu menghitung arus nominal dari NGR menggunakan persamaan 15 berikut.

$$I_{n \text{ NGR}} = \frac{20 \text{ kV}}{\sqrt{3} \times 40 \Omega}$$

$$I_{n \text{ NGR}} = 288,68 \text{ Ampere}$$

Selanjutnya untuk menghitung setting dari relai SBEF fungsi 2 tahap menggunakan persamaan (16 sampai 19) berikut.

$$I_{set} = 0,3 \times 288,68 \text{ A} = 86,6 \text{ Ampere}$$

$$t_s = 0,5 \times 10 \text{ s} = 5 \text{ Second}$$

$$T_{ms \text{ tahap 1}} = \frac{\left(\frac{288,68 \text{ A}}{86,6 \text{ A}} - 1 \right) \times 5 \text{ s}}{120}$$

$$T_{ms \text{ tahap 1}} = 0,097$$

$$T_{ms \text{ tahap 2}} = \frac{\left(\frac{288,68 \text{ A}}{86,6 \text{ A}} - 1 \right) \times (5 \text{ s} + 1)}{120}$$

$$T_{ms \text{ tahap 2}} = 0,117$$

$$LTI \text{ tahap 1} = \frac{0,097 \times 120}{\frac{276 \text{ A}}{86,6 \text{ A}} - 1}$$

$$LTI \text{ tahap 1} = 5,322 \text{ detik atau } 5322 \text{ ms}$$

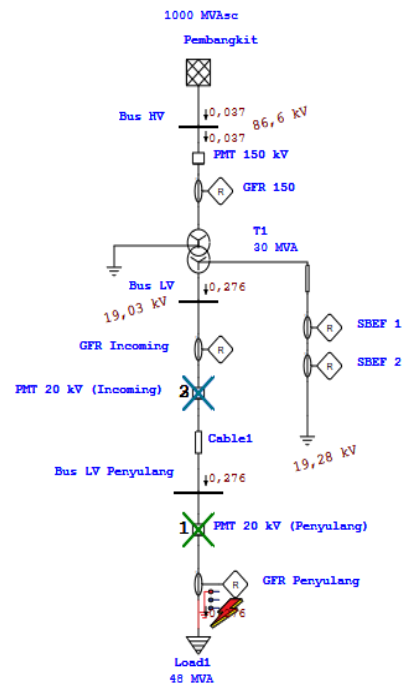
$$LTI \text{ tahap 2} = \frac{0,117 \times 120}{\frac{276 \text{ A}}{86,6 \text{ A}} - 1}$$

$$LTI \text{ tahap 2} = 6,419 \text{ detik atau } 6419 \text{ ms}$$

Berdasarkan hasil perhitungan setting waktu kerja aktual relai didapat hasil sebesar 5,322 detik untuk tahap 1 dan 6,419 detik untuk tahap 2 dari relai SBEF. Waktu kerja aktual ini menunjukkan relai akan bekerja (*trip*) bila arus hubung singkat melewati nilai setting arus CT lebih dari 5,322 detik.

D. Simulasi Koordinasi antara Relai Proteksi SBEF dengan GFR sisi 150 kV dan 20 kV pada Transformator Menggunakan Aplikasi ETAP 16.0.0

Simulasi gangguan dimulai dari sisi penyulang (*Outgoing*) untuk melihat relai apa yang bekerja dan seberapa cepat responnya terhadap gangguan apabila diberi gangguan arus hubung singkat *phase – ground*. Untuk lebih jelasnya dapat dilihat pada Gambar 6 dan Gambar 7.



Gambar 6. Simulasi Gangguan Arus Hubung Singkat *phase – ground* di sisi Penyulang (*Outgoing*)

Sequence-of-Operation Events - Output Report: Untitled

Line-to-Ground (Symmetrical) fault on connector between CT6 & Load1. Adjacent bus: Bus LV Penyulang

Data Rev.: Base Config: Normal Date: 11-04-2022

Time (ms)	ID	If (kA)	T1 (ms)	T2 (ms)	Condition
452	GFR Penyul...	0,276	452		Ground - OC1 - 51
452	PMT 20 kV ...		0,0		Tripped by GFR Penyulang Ground - OC1 - 51
722	GFR Incoming	0,276	722		Ground - OC1 - 51
722	PMT 20 kV ...		0,0		Tripped by GFR Incoming Ground - OC1 - 51
5326	SBEF 1	0,276	5326		Ground - OC1 - 51
5326	PMT 20 kV ...		0,0		Tripped by SBEF 1 Ground - OC1 - 51
6424	SBEF 2	0,276	6424		Ground - OC1 - 51
6424	PMT 150 kV		10,0		Tripped by SBEF 2 Ground - OC1 - 51

Gambar 7. Tampilan *Sequence Viewer*

Berdasarkan Gambar 6 dan 7 dapat diketahui bahwa ketika diberi gangguan 1 fasa ke tanah pada sisi penyulang 20 kV, relai GFR akan bekerja terlebih dahulu untuk memisahkan bagian yang terganggu dengan bagian yang tidak terganggu, kemudian disusul relai SBEF ketika relai GFR gagal mentripping PMT. Hal tersebut sesuai dengan peran relai SBEF sebagai *back-up protection* yang menggunakan karakteristik *Long Time Inverse* sehingga relai akan bekerja paling terakhir.

E. Perbandingan Hasil Teori dan Simulasi Setting Relai Proteksi SBEF

Hasil simulasi pada gambar 7 dapat diketahui perbandingan antara hasil simulasi dan teori untuk mengetahui persentase kesalahan dari *setting* yang digunakan.

1. Perbandingan relai SBEF tahap 1

$$\text{Persentase kesalahan} = \frac{\text{Hasil uji - teori}}{\text{teori}} \times 100\%$$

$$\text{Persentase kesalahan} = \frac{5,326 - 5,322}{5,322} \times 100\% = 0,075\%$$

2. Perbandingan relai SBEF tahap 2

$$\text{Persentase kesalahan} = \frac{\text{Hasil uji - teori}}{\text{teori}} \times 100\%$$

$$\text{Persentase kesalahan} = \frac{6,424 - 6,419}{6,419} \times 100\% = 0,077\%$$

Berikut ini Tabel 4. Perbandingan antara hasil simulasi dan teori relai SBEF dua tahap.

Tabel 4. Perbandingan Hasil Simulasi dan Teori Relai

Relai SBEF	Hasil Simulasi	Teori	%Error
1. Tahap satu	5,326 detik	5,322 detik	0,075%
2. Tahap dua	6,424 detik	6,419 detik	0,077%

SBEF

Berdasarkan Tabel 4 dapat dilihat perbandingan hasil simulasi dengan teori pada relai SBEF 2 tahap didapatkan tidak jauh berbeda dengan persen *error* untuk tahap 1 sebesar 0,075% dan untuk tahap 2 sebesar 0,077%.

V. KESIMPULAN

- Maksimum besarnya arus hubung singkat 1 fasa ke tanah di bus 20 kV sebesar 288,269 Ampere. Sedangkan *setting* dari Relai SBEF dua tahap memiliki arus kerja 86,6 Ampere. Perbedaan antara tahap 1 dan tahap 2 hanya pada tms (*Time Multiple Second*) nya. Untuk tahap 1 memiliki tms 0,097 dan untuk tahap 2 memiliki tms 0,117.
- Hasil simulasi rangkaian pada aplikasi ETAP 16.0.0 jika terjadi gangguan satu fasa ke tanah sebesar 276 A, maka ada 3 relai proteksi cadangan transformator yang berkoordinasi yaitu SBEF, GFR sisi *incoming* dan GFR sisi *outgoing*. Relai tersebut bekerja secara bertahap tergantung dari lokasi gangguannya.

UCAPAN TERIMA KASIH

Penelitian ini dapat dilaksanakan dengan baik berkat bantuan dari berbagai pihak, untuk itu penulis mengucapkan terima kasih kepada seluruh staf pengajar Politeknik Negeri Ujung Pandang yang telah membimbing dan mengarahkan penulis dalam menyelesaikan penelitian ini. Terima kasih kepada teman-teman program studi D4

Teknik Listrik yang telah membantu pada penyelesaian penelitian ini.

REFERENSI

- Asrida, Andi Yusril. 2020. Penerapan Fungsi Dua Tahap pada Relai SBEF Transformator 60 MVA Gardu Induk Sungguminasa. Makassar : Politeknik Negeri Ujung Pandang.
- PT. PLN (Persero). Proteksi dan Kontrol Transformator. Kebayoran Baru, Jakarta: 2014.
- Jr. Stevenson, “Analisis Sistem Tenaga Listrik”, Jakarta : Erlangga, 1984.
- Badri Ram. D.N Vishwakarma. 2007. Power System Protection and Switchgear 22nd. New Delhi. Tata McGraw-Hill.
- Anom Astana Ady, I.K. Studi Pengaruh *Setting* Rele Pengaman Untuk Meminimalkan Gangguan *Sympathetic Trip* Pada Penyulang Bunisari-Suwung. Jurnal Teknologi Elektro, Vol.15 No.2, Juli-Desember 2016.
- Ramadhan, Muhammad Zakiy. 2009. *Netral Grounding Resistor*. Laporan Mingguan OJT PT PLN Sektor Asam-Asam Wilayah Kalimantan Selatan dan Kalimantan Tengah.
- PT. PLN (Persero). 2014b. Buku Pedoman Pemeliharaan Transformator Tenaga. Jakarta : PT. PLN (Persero).
- Pradnya, M.A. Studi Analisis Dampak Pemasangan Over Load Shedding Terhadap Pembebanan Pada Saluran Transmisi 150 kV Di Bali. Jurnal Teknologi Elektro, Vol.16, No.1, Januari-April 2017.
- Sarimun. 2014. Buku Saku Pelayanan Teknik (Yantek). Edisi Ketiga. Kota Depok, Penerbit: Garamod.
- Karyana. 2013. Pedoman Proteksi Transmisi dan Gardu Induk Jawa Bali. Jakarta : PT. PLN (Persero).