

Perancangan *Time Synchronization* Sebagai Alat Bantu Pengujian Intertrip Relay Distance

Ryan Wicaksono¹, R. Jasa Kusumo Haryo², Apriando Ravi Dwi Santoso³, Endrik Dwi Wibowo⁴, Pembri Ridho Hanafi⁵

^{1,2,3} Teknik Listrik Politeknik Negeri Madiun,
^{4,5} PT PLN (Persero) UIT JBM UPT Madiun ULTG Madiun

¹ryanwicak@pnm.ac.id, ²jasakusumo@pnm.ac.id, ³apriandosantoso@gmail.com, ⁴endrikwibowo@gmail.com, ⁵pembrihanafi@gmail.com

Article Info

Article history:

Received July 18th, 2024

Revised July 26th, 2024

Accepted Oktober 30th, 2024

Keyword:

ESP32 Devkit V1

GPS NEO-6M

Intertrip Relay Distance.

ABSTRACT

At the company PT. PLN (Persero) ULTG Madiun carried out many tests relay, one of which is intertrip testing relay distance. Intertrip testing relay distance is a test carried out between 2 (two) relay distance conducting bays in main substations that face each other. Intertrip testing relay distance must be done if replacement occurs relay, replacement of teleprotection equipment, changes to protection schemes, and changes to logic circuits relay which is related to the send or receive signal from the opposite substation. However, this test requires synchronization between two intertrip test tools relay distance at each substation. In this final project, it will be designed Time Synchronization As A Tool For Intertrip Relay Distance Testing, to make things easier for PT employees. PLN (Persero) ULTG Madiun when synchronizing two intertrip test equipment relay distance. All process control of this tool uses ESP32 Devkit V1. Meanwhile for displaying setting time for testing can be seen on the web assisted by GPS NEO-6M. The results obtained when testing the Dolopo by Ponorogo R and S phase distance intertrip relay were carried out at 12.00.00, experiencing a delay time of 0.0553 seconds when the PMT tripped. Meanwhile, the Dolopo by Ponorogo T phase distance intertrip relay test was carried out on 12.09.00 and experienced a delay of 0.0529 seconds when the PMT tripped. From two intertrip relay distance tests, the trip time delay is no more than 0.1 second..

Copyright © 2024 Jurnal JEETech.
All rights reserved.

Corresponding Author:

Apriando Ravi Dwi Santoso

Program Studi Teknik Listrik Politeknik Negeri Madiun

Address: Jalan Serayu Nomor 84 Madiun Kode Pos 63133

Email: apriandosantoso@gmail.com

Abstrak—Sebuah abstrak yang disiapkan dengan baik memungkinkan pembaca untuk mengidentifikasi konten dasar suatu dokumen dengan cepat dan akurat, untuk menentukan relevansinya dengan minat mereka, dan dengan demikian untuk memutuskan apakah akan membaca dokumen secara keseluruhan. Abstrak harus informatif dan sepenuhnya jelas, memberikan pernyataan yang jelas tentang masalah, pendekatan atau solusi yang diusulkan, dan menunjukkan temuan dan kesimpulan utama. Panjang abstrak harus 150 hingga 250 kata. Abstrak harus ditulis dalam bentuk lampau. Nomenklatur standar harus digunakan dan singkatan harus dihindari. Tidak ada literatur yang harus dikutip. Daftar kata kunci memberikan peluang untuk menambahkan kata kunci, yang digunakan oleh layanan pengindeksan dan abstrak, selain yang sudah ada dalam judul. Penggunaan kata kunci yang bijaksana dapat meningkatkan kemudahan pihak yang berkepentingan dapat menemukan artikel kami.

I. Pendahuluan

Dari *Relay distance* atau relay jarak adalah *relay* penghantar yang prinsip kerjanya berdasarkan pengukuran impedansi penghantar. Impedansi penghantar yang dirasakan oleh *relay* adalah hasil bagi tegangan dengan arus dari sebuah sirkit. Sebagai unit proteksi *relay distance* dilengkapi dengan skema pola teleproteksi POTT (*Permissive Overreach Transfer Trip*).

Relay distance selain sebagai proteksi utama penghantar, *Relay distance* juga berfungsi sebagai proteksi cadangan jauh terhadap proteksi utama penghantar di depannya. Proteksi utama (zona 1) adalah proteksi yang bekerja tanpa waktu tunda dengan jangkauan terbatas pada seksi penghantar itu sendiri. Proteksi cadangan jauh (zona 2 dan zona 3) adalah proteksi yang dicadangkan untuk bekerja apabila proteksi utama seksi di depannya gagal bekerja.

Uji intertrip *relay* adalah pengujian yang dilakukan antara 2 (dua) *relay* bay penghantar pada gardu-gardu induk yang saling berhadapan. Pengujian ini membutuhkan peralatan teleproteksi dan media komunikasi. Pengujian intertrip *relay distance* dilakukan dengan skema teleproteksi POTT (*Permissive Overreach Transfer Trip*) dan harus dilakukan bila terjadi penggantian *relay*, penggantian peralatan teleproteksi, perubahan skema proteksi, dan perubahan rangkaian logika *relay* yang berhubungan dengan sinyal kirim atau terima dari gardu induk yang berhadapan. Pengujian intertrip memerlukan sinkronisasi waktu antara 2 (dua) alat uji pada masing-masing gardu induk yang berhadapan. Sinkronisasi dapat menggunakan GPS (*Global Positioning System*) untuk memastikan alat uji dapat mensimulasikan gangguan pada saat yang bersamaan dengan gardu induk di hadapannya. Berdasarkan latar belakang yang telah dipaparkan di atas, penulis mempunyai gagasan untuk membuat sebuah “PERANCANGAN *TIME SYNCHRONIZATION* pandemic yang pernah terjadi pola hidup sehat dan pengendalian lingkungan perlu tetap dijalankan oleh masyarakat. Tidak hanya peran pemerintah dan tenaga medis yang menggawangi keputusan mata rantai ini, namun peran dan kesadaran dari masyarakat untuk memperdulikan himbauan dari pemerintah dan tenaga kesehatan serta meningkatkan diri untuk mencegah berbagai penyakit harus kita jalankan

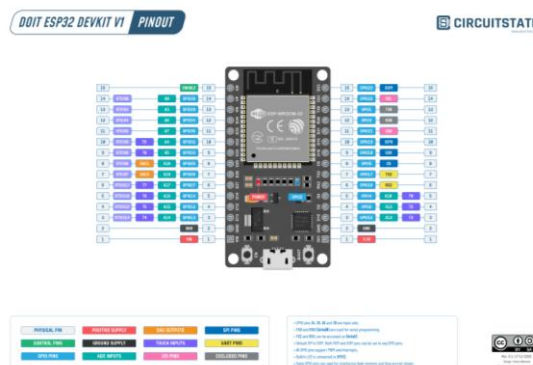
II. Metode Penelitian

A. Komponen

Dalam Tugas Akhir ini penulis membutuhkan beberapa komponen penting guna menunjang berjalannya perakitan alat yang akan dibuat oleh penulis, berikut ini adalah beberapa komponen yang dibutuhkan :

1. ESP32 Devkit V1

ESP32 Devkit V1 merupakan modul development board yang memudahkan anda untuk mempelajari dan mencoba rangkaian-rangkaian yang menggunakan *chip* ESP-WROOM-32. Chip ESP32 memiliki keunggulan daripada *chip* ESP sebelumnya ESP32 memiliki kecepatan yang lebih tinggi, 32 bit, memori lebih besar, dan telah terintegrasi modul *bluetooth* ke dalamnya.



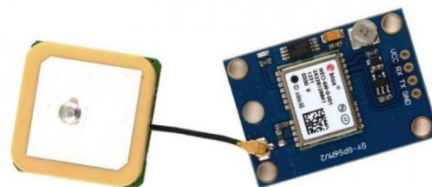
Gambar 1. ESP32 Devkit V1
(Sumber : Datasheet ESP32 Devkit V1)

Spesifikasi ESP32 Devkit V1

- MCU : Tensilica 32-bit Single/
Dual core CPU Xtensa LX6
- Operating voltage : 3.3V
- Input voltage : 7-12V (Vin)
- Digital IO Pin (DIO) : 25
- Analog Input Pin (ADC) : 6
- Analog Output Pin (DAC) : 2
- UART : 3
- SPI : 2
- I2C : 3
- Flash Memori : 4MB
- SRAM : 520 KB
- Clock Speed : 240 Mhz
- Wi Fi : IEEE 802.11 b/g/n/e/i
- Mode supported : AP, STA, AP+STA
- CP2102 USB controller

2. GPS NEO-6M

GPS NEO-6M berfungsi sebagai penerima GPS (*Global Positioning System*) yang dapat mendeteksi lokasi dengan menangkap dan memproses sinyal dari satelit navigasi. GPS NEO-6M juga memiliki ukuran yang ringkas (25 x 35 mm untuk modul dan 25 x 25 mm untuk antenna). GPS (*Global Positioning System*) ini kompatibel dengan APM2 dan APM2.5 dengan EEPROM terpadu yang dapat digunakan untuk menyimpan data konfigurasi. GPS (*Global Positioning System*) processor dari modul ini menggunakan u-blox NEO-6 GPS Module dengan mesin penjejak posisi yang berkinerja tinggi dengan versi ROM (*Read Only Memory*) terbaru (ROM7.03). Modul ini dapat memproses hingga 50 kanal sinyal secara cepat dengan waktu *Cold TTFF* (*Cold-Start Time-To-First-Fix*) waktu yang diperlukan untuk menentukan posisi dari kondisi mati total. Pada kondisi *hot start*, waktu TTFF (*Time to First Fix*) yang dibutuhkan mencapai kurang dari 1 detik. Kinerja tinggi ini dicapai dengan prosesor khusus untuk mengumpulkan data sinyal satelit yang memiliki hingga 2 juta korelator yang sanggup memproses data waktu dan frekuensi secara masif dengan sangat cepat sehingga mampu menemukan sinyal dari satelit navigasi secara instan. Prosesor ini juga menerapkan teknologi DSP (*Digital Signal Processor*) terkini untuk meredam sumber pengacak (*jamming sources*) dan mengurangi secara signifikan efek interferensi multi-jalur. Sumber tenaga DC (*Direct Current*) dapat menggunakan catu daya antara 3 Volt hingga 5 Volt, ideal untuk digunakan pada berbagai *development board* mulai dari aneka macam Arduino Board, Raspberry Pi, dan lain sebagainya.



Gambar 2. GPS NEO-6M
(Sumber : Datasheet GPS NEO-6M)

3. Relay 2 Channel

Fungsi Relay 2 channel adalah sebagai saklar elektrik. *Relay 2 channel* akan bekerja secara otomatis berdasarkan perintah logika yang diberikan. Kegunaan *relay 2 channel* secara lebih spesifik adalah sebagai berikut :

- Menjalankan fungsi logika dari mikrokontroler.

- Sarana untuk mengendalikan tegangan tinggi hanya dengan menggunakan tegangan rendah.
- Meminimalkan terjadinya penurunan tegangan.
- Memungkinkan penggunaan fungsi penundaan waktu atau fungsi *time delay function*.
- Melindungi komponen lainnya dari kelebihan tegangan penyebab konsleting.



Gambar 3. Relay 2 Channel
(Sumber : Datasheet Relay 2 Channel)

4. HLK-PM01 AC-DC Isolation Switching Power Supply Module 5V dc/0,6A-3W

HLK-PM01 adalah modul catu daya kecil yang dapat memasok 5V DC/0,6A dari 120VAC atau 230VAC. HLK-PM01 digunakan untuk membantu proyek kecil yang membutuhkan pasokan 5 Volt dari listrik dan membuat simpel tanpa menggunakan adaptor eksternal.



Gambar 4. HLK-PM01 AC-DC
(Sumber : Datasheet HLK-PM01 AC-DC)

5. LED (*Light Emiting Diode*)

LED (*Light Emiting Diode*) adalah komponen elektronika yang dapat memancarkan cahaya monokromatik ketika diberikan tegangan dengan bias maju (*forward bias*). LED (*Light Emiting Diode*) dapat diartikan sebagai sebuah dioda yang memancarkan cahaya, karena memang LED (*Light Emiting Diode*) merupakan keluarga dioda yang terbuat dari bahan semikonduktor. LED (*Light Emiting Diode*) memiliki bentuk seperti bohlam lampu dan dapat memancarkan cahaya dengan berbagai warna. Walaupun bentuknya menyerupai sebuah bohlam kecil namun LED (*Light Emiting Diode*) tidak membutuhkan flamen layaknya seperti lampu pijar sehingga LED (*Light Emiting Diode*) tidak menghasilkan panas berlebih yang diakibatkan dari pembakaran *filamen* ketika lampu pijar menghasilkan cahaya.



Gambar 5. LED (*Light Emiting Diode*)
(Sumber : Datasheet LED (*Light Emiting Diode*))

6. Resistor

Resistor merupakan salah satu komponen yang paling sering ditemukan dalam rangkaian elektronika. Hampir setiap peralatan elektronika menggunakannya. Pada dasarnya resistor adalah

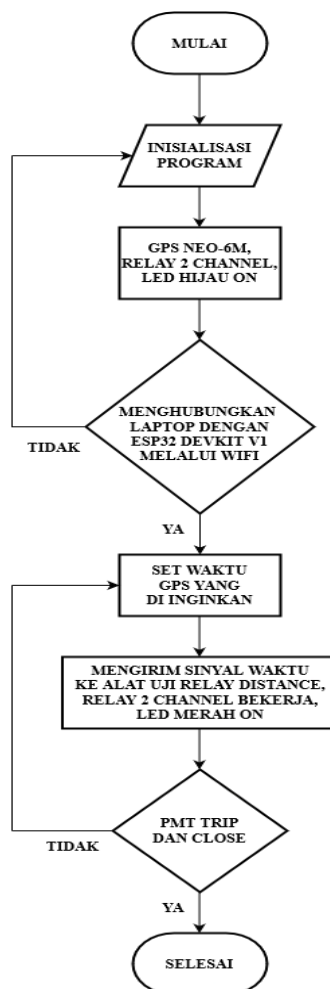
komponen elektronika pasif yang memiliki nilai resistansi atau hambatan tertentu yang berfungsi untuk membatasi dan mengatur arus listrik dalam suatu rangkaian elektronika. Satuan resistansi resistor adalah OHM (Ω). Fungsi resistor diantaranya sebagai pembatas arus listrik, pengatur arus listrik, pembagi tegangan listrik, dan penurun tegangan listrik.



Gambar 6. Resistor
(Sumber : *Datasheet Resistor*)

B. Flowchart

Flowchart di bawah ini menjelaskan tentang urutan langkah kerja dari Perancangan *Time Synchronization* Sebagai Alat Bantu Pengujian Intertrip *Relay Distance*.

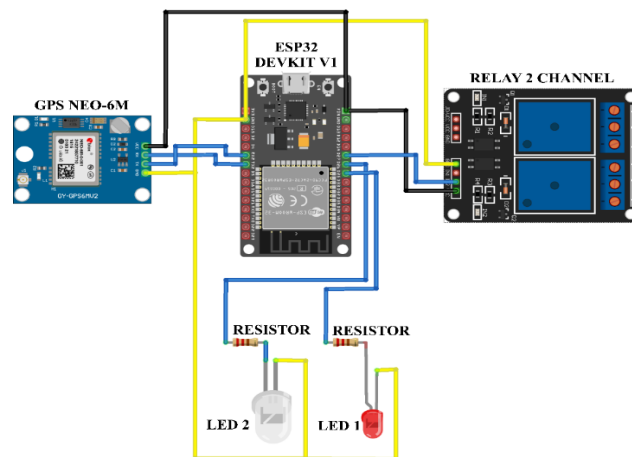


Gambar 7. Flowchart Kerja Alat
(Sumber : Dokumentasi Pribadi)

Gambar 7. merupakan *flowchart* kerja alat. Langkah pertama setelah sistem diaktifkan, GPS NEO-6M dan relay 2 channel menyala serta LED (*Light Emitting Diode*) warna hijau berkedip. Selanjutnya sambungkan wifi ESP32 dengan laptop. Setelah tersambung masuk ke *browser* masukan *IP adress* lalu muncul sebuah tampilan untuk *set waktu*. Atur *set waktu* yang di inginkan. Setelah mengatur *set waktu*, alat *time synchronization* mengirimkan sinyal waktu ke alat uji *relay distance* dan *relay 2 channel* bekerja. Saat mengirimkan sinyal waktu GPS (*Global Positioning System*), LED (*Light Emitting Diode*) warna merah menyala. Maka terjadilah Pengujian intertrip *relay distance* di gardu induk yang saling berhadapan berjalan bersamaan. Jika pengujian sudah terlaksana dan akan melaksanakan pengujian lagi maka bisa di *set ulang* lagi *set waktu* yang berada di tampilan *browser*.

C. Desain Rangkaian

Penulis membuat desain rangkaian *time synchronization* sebagai alat bantu pengujian *relay distance* sebagai berikut :



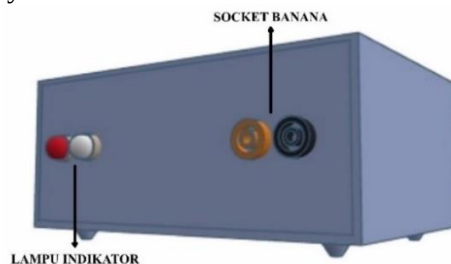
Gambar 8. Desain Rangkaian Pada Software
(Sumber : Dokumentasi Pribadi)

Penjelasan rangkaian di atas sebagai berikut :

- ESP32 Devkit V1 berfungsi untuk mengkontrol kerja semua komponen.
- GPS NEO-6M berfungsi untuk sinkronisasi waktu.
- Relay 2 Channel berfungsi sebagai switch dengan memutus atau menghubungkan arus listrik.
- Resistor berfungsi sebagai penghambat arus listrik yang masuk ke LED (*Light Emitting Diode*).
- LED (*Light Emitting Diode*) 1 yang berwarna merah berfungsi sebagai lampu indikator saat mengirim sinyal waktu kepada alat uji intertrip *relay distance*.
- LED (*Light Emitting Diode*) 2 yang berwarna hijau berfungsi sebagai lampu indikator saat sistem dihidupkan.

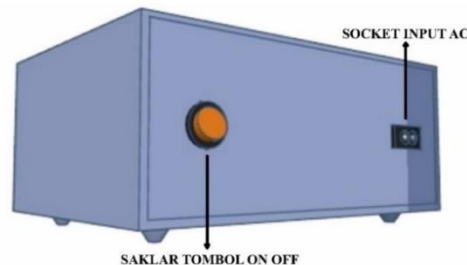
D. Desain 3D Alat Time Synchronization

Dalam penelitian ini penulis menambahkan desain 3d dengan tujuan memberitahukan kepada pembaca untuk mengetahui bentuk alat secara nyata.



Gambar 9. Desain 3D Alat Tampak Depan
(Sumber : Dokumentasi Pribadi)

Gambar 9. menunjukkan Desain 3D alat tampak depan. Alat bantu *time synchronization* ini didesain dengan menempatkan lampu indikator dan output di bagian depan. Lampu indikator terdiri dari LED (*Light Emiting Diode*) warna hijau yang menyala saat sistem dihidupkan dan LED (*Light Emiting Diode*) berwarna merah yang menyala saat mengirim sinyal waktu kepada alat uji intertrip *relay distance*. Sedangkan Output terdiri dari socket banana berfungsi untuk mengirimkan sinyal waktu ke alat uji intertrip *relay distance* dan socket banana disambungkan ke binary input alat uji intertrip *relay distance*.



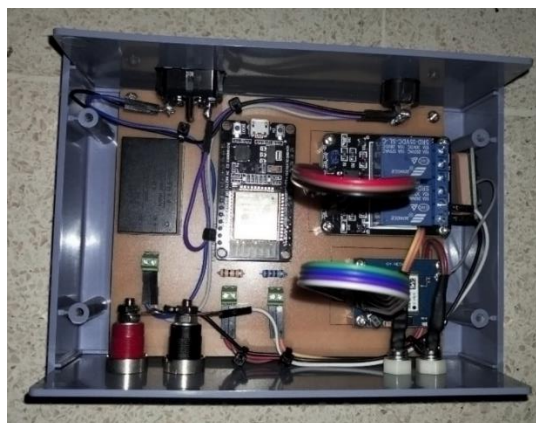
Gambar 10. Desain 3D Alat Tampak Belakang
(Sumber : Dokumentasi Pribadi)

Gambar 10. menunjukkan desain 3D alat tampak belakang. Alat bantu *time synchronization* ini didesain dengan menempatkan saklar tombol *On Off* dan socket input AC di bagian belakang. Saklar tombol *On Off* berfungsi untuk menyalakan dan mematikan alat *time synchronization*. Sedangkan socket input AC berfungsi sebagai penghubung sumber dan alat *time synchronization*.

III. Pengujian dan Pembahasan

A. Alat Time Synchronization

Alat *time synchronization* berfungsi sebagai alat bantu pengujian intertrip *relay distance*. Berikut ini gambar alat *time synchronization*.

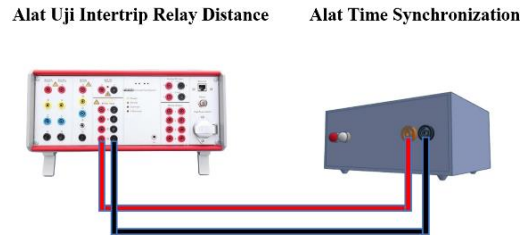


Gambar 11. Alat Time Synchronization

Dari Gambar 11. alat *time synchronization* dikontrol oleh ESP32 Devkit V1. Untuk sumber alat *time synchronization* AC 220 volt di jadikan DC 5 volt oleh *power supply* DC 5 volt. Sinkronisasi waktu di bantu oleh GPS NEO-6M di *setting* sesuai satelit Indonesia. Sedangkan relay 2 channel berfungsi sebagai *switch* dengan memutus atau menghubungkan arus listrik ke binary input alat uji intertrip *relay distance*.

B. Menghubungkan Output Alat Time Synchronization Ke Alat Uji Intertrip *Relay Distance*

Sebelum dilakukan pengujian intertrip relay distance sambungkan kabel seperti berikut.

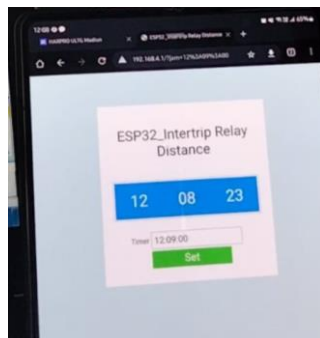


Gambar 12.. Menghubungkan *Alat Time Synchronization* Dengan Alat Uji Intertrip *Relay Distance*

Dari gambar 12. output alat *time synchronization* berupa kontak NO (*Normally Open*) dihubungkan ke binary input alat uji intertrip *relay distance*. Fungsi dari NO (*Normally Open*) yaitu akan memulai pengujian intertrip *relay distance*. Selanjutnya saat waktu *setting* sudah sesuai yang kita inginkan output alat *time synchronization* akan bekerja menjadi *close* sehingga alat *time synchronization* mengirimkan sinyal kepada alat uji intertrip *relay distance*.

C. *Kondisi Sebelum Dilakukan Pengujian*

Saat *setting* waktu belum sesuai dengan jam dan alat uji intertrip *relay distance* tidak dapat mensimulasikan gangguan pada saat yang bersamaan dengan gardu induk yang saling berhadapan.



Gambar 13. Tampilan Setting Waktu Sebelum Pengujian

Saat alat *time synchronization* menyala dan sebelum setting waktu sesuai dengan waktu pengujian, lampu indikator alat *time synchronization* berkedip berwarna hijau.



Gambar 14. Alat Time Synchronization Sebelum Pengujian

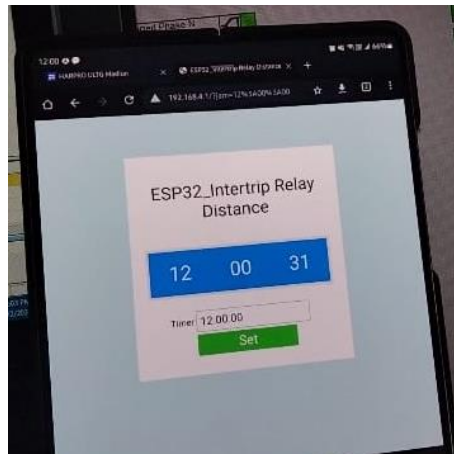
Saat *relay distance* sebelum merasakan sinyal dari GI (Gardu Induk) yang berhadapan, lampu indikator fasa *relay distance* belum menyala dan indikator CB close menyala berwarna merah.



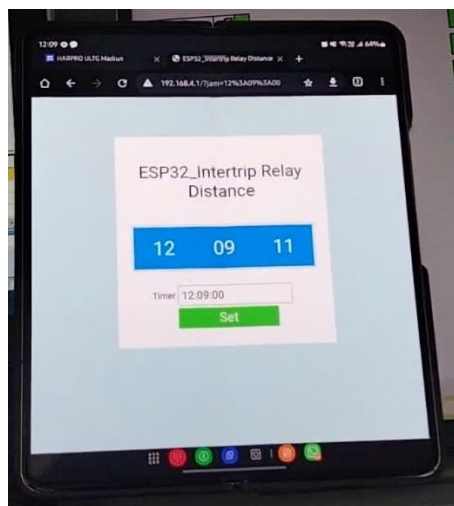
Gambar 15. Relay Distance Sebelum Pengujian

D. Hasil Pengujian Intertrip Relay Distance

Pengujian intertrip relay distance dilakukan di lakukan di jam 12.00.00 dan 12.09.00.



Gambar 16. Waktu Pengujian Fasa R dan S



Gambar 17. Waktu Pengujian Fasa T

Saat *setting* waktu sesuai dengan waktu pengujian, lampu indikator alat *time synchronization* menyala berwarna merah.

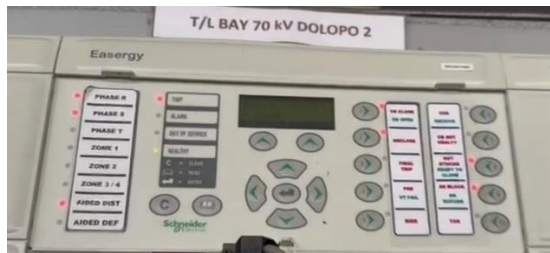


Gambar 18. Alat Time Synchronization Sesuai Setting Waktu Pengujian

Saat *relay distance* merasakan sinyal dari GI (Gardu Induk) yang berhadapan lampu indikator fasa R dan S pada *relay distance* menyala, indikator trip menyala, dan indikator CB open menyala berwarna hijau.



Gambar 12. Relay Distance Gardu Induk Dolopo



Gambar 19. Relay Distance Gardu Induk Ponorogo

Saat *relay distance* merasakan sinyal dari GI (Gardu Induk) yang berhadapan lampu indikator fasa T pada *relay distance* menyala, indikator trip menyala, dan indikator CB open menyala berwarna hijau.



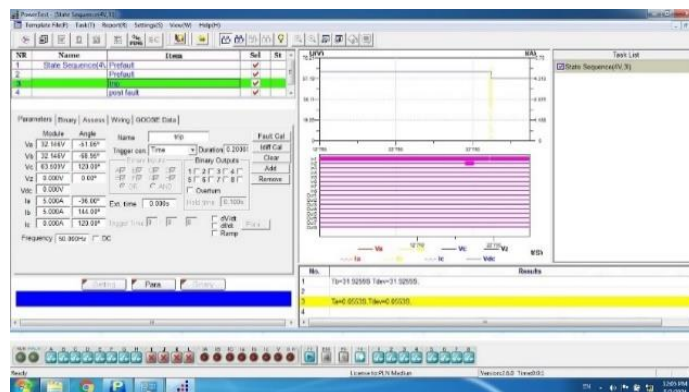
Gambar 20. Relay Distance Gardu Induk Dolopo



Gambar 21. Relay Distance Gardu Induk Ponorogo

E. Hasil Pengujian Intertrip Di Software Power Test

Saat pengujian intertrip *relay distance* fasa R dan S di hasilkan waktu delay 31.9259 second dari *setting* waktu hingga *setting* waktu sesuai dengan waktu pengujian dan waktu *delay* 0.0553 second dari *setting* waktu sesuai dengan waktu pengujian hingga PMT trip.



Gambar 22. Hasil Pengujian Intertrip *Relay Distance* Fasa R dan S

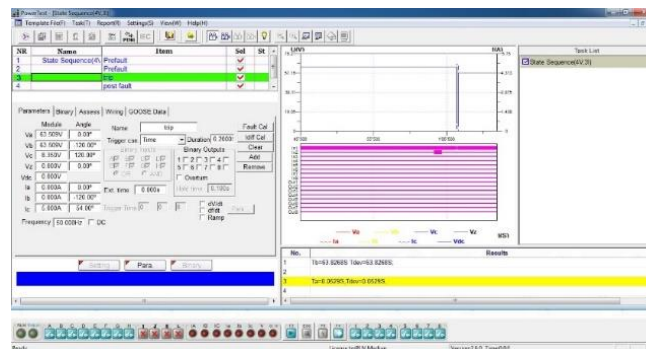
Module		Angle	Name	trip	Fault Cal
Va	32.146V	-51.05°	Trigger con.	Time	Duration 0.2000s
Vb	32.146V	-68.95°	Binary Inputs	Binary Outputs	Idiff Cal
Vc	63.509V	120.00°	AP	BP	Clear
Vz	0.000V	0.00°	EP	FP	Add
Vdc	0.000V		GP	HP	Remove
Ia	5.000A	-36.00°	OR	C AND	
Ib	5.000A	144.00°	Ext. time	0.000s	Hold time 0.100s
Ic	0.000A	120.00°	Trigger Time	0 0 0	dV/dt
Frequency	50.000Hz	DC			dI/dt
					Ramp

Gambar 23. Tampilan Input Data Sesuai Data *Relay Distance*

No.	Results
1	Tb=31.9259S Tdev=31.9259S,
2	
3	Ta=0.0553S Tdev=0.0553S,
4	

Gambar 24. Hasil Pengujian Intertrip *Relay Distance* Phasa R dan S

Saat pengujian intertrip *relay distance* phasa T di hasilkan waktu *delay* 63.8268 second dari *setting* waktu hingga *setting* waktu sesuai dengan waktu pengujian dan waktu *delay* 0.0529 second dari *setting* waktu sesuai dengan waktu pengujian hingga PMT trip.



Gambar 25. Hasil Pengujian Intertrip *Relay Distance* Phasa T

Parameters		Binary	Assess	Wiring	GOOSE Data
Module	Angle	Name	trip	Fault Cal	
Va	63.509V	0.00°	Trigger con.	Time	Duration 0.2000s
Vb	63.509V	-120.00°	Binary inputs	1 2 3 4	5 6 7 8
Vc	8.350V	120.00°	Ext. time	0.000s	Hold time 0.100s
Vz	0.000V	0.00°	Frequency	50.000Hz	DC
Vdc	0.000V	0.00°	Trigger Time	0 0 0	
Ia	0.000A	0.00°			
Ib	0.000A	-120.00°			
Ic	5.000A	54.00°			

Gambar 26. Tampilan Input Data Sesuai Data *Relay Distance*

No.	Results
1	Tb=63.8268S Tdev=63.8268S,
2	
3	Ta=0.0529S Tdev=0.0529S,
4	

Gambar 27. Hasil Pengujian Intertrip *Relay Distance* Phasa T

Untuk *delay* waktu trip tidak lebih dari 0,1 *second* dan jika lebih pengujian intertrip di anggap gagal. Hal ini dapat memperbesar risiko kerusakan pada peralatan atau bahkan kegagalan lebih lanjut dalam sistem. Saat waktu *delay* trip lebih dari 0,1 *second* bisa dilakukan pengecekan *setting* nilai *impedance*, pengecekan alat-alat pengujian, dan pengecekan kabel – kabel jumper yang di hubungan setiap alat pengujian.

F. Data Hasil Pengujian intertrip *Relay Distance*

Dalam pengujian intertrip *relay distance* menghasilkan data sebagai berikut:

Tabel 1. Hasil Pengujian Intertrip *Relay Distance*

Waktu	Phasa Yang di Uji	Area	Keterangan
12.00.00	Phasa R dan S	Dolopo	Berhasil
12.00.00	Phasa R dan S	Ponorogo	Berhasil
12.09.00	Phasa T	Dolopo	Berhasil
12.09.00	Phasa T	Ponorogo	Berhasil

Dari tabel 1. pengujian intertrip *relay distance* phasa R dan S Dolopo by Ponorogo dan Ponorogo by Dolopo yang di lakukan pada waktu 12.00.00 berhasil di tandai dengan PMT trip dan *close*. Sedangkan untuk pengujian intertrip *relay distance* phasa T Dolopo by Ponorogo dan Ponorogo by Dolopo yang dilakukan pada waktu 12.09.00 berhasil ditandai dengan PMT trip dan *close*.

IV. Kesimpulan

Berdasarkan hasil pengujian dan analisa yang dilakukan pada pengujian intertrip *relay distance*, maka dapat diambil kesimpulan :

1. Intertrip *relay distance* menunjukkan kinerja yang baik dalam mendeteksi dan merespons gangguan pada saluran transmisi. Pengujian fungsional menunjukkan bahwa relay dapat mengisolasi gangguan dengan cepat dan akurat, sesuai dengan pengaturan yang telah ditetapkan.
2. Modul GPS NEO-6M yang di program dengan ESP32 Devkit V1 dapat berfungsi dengan baik dalam sinkronisasi waktu saat pengujian intertrip *relay distance*.
3. Alat *time synchronization* menunjukkan kinerja yang baik dalam sinkronisasi waktu untuk membantu pekerja PLN melakukan pengujian intertrip *relay distance* bila terjadi penggantian *relay*, penggantian peralatan teleproteksi, perubahan skema proteksi, dan perubahan rangkaian logika *relay* yang berhubungan dengan sinyal kirim atau terima dari GI (Gardu Induk) yang berhadapan.
4. Saat pengujian intertrip *relay distance* phasa R dan S Dolopo by Ponorogo mengalami waktu delay 0.0553 detik dari *setting* waktu sesuai jam hingga PMT trip. Sedangkan pengujian intertrip *relay distance* phasa T Dolopo by Ponorogo mengalami waktu delay 0.0529 detik dari set waktu sesuai jam hingga PMT trip. Dari dua pengujian intertrip *relay distance* bahwa *delay* waktu trip tidak lebih dari 0,1 second dan selisih *delay* waktu trip antar phasa tidak lebih dari 0,005 detik.

V. Daftar Pustaka

- [1] Espressif. (2023). ESP32 Series Datasheet.
- [2] Export Worlwide. (2019, April). Menerima Waktu GPS untuk Sinkronisasi Jaringan.
- [3] Karyana. (2013). Pedoman dan Petunjuk Sistem Proteksi Transmisi dan Gardu Induk Jawa dan Bali (Pertama). PT. PLN (Persero) Penyaluran dan Pusat Pengaturan Beban Jawa-Bali.
- [4] Koordinator Verifikasi dan Finalisasi Review KEPDIR 113 & 114 Tahun 2010. (2014). Buku Pedoman Pemeliharaan Proteksi dan Kontrol Penghantar. PT PLN (Persero) No. 0520-3.K/DIR/2014.
- [5] MICROBOT. (n.d.). Relay Module 2-Channel.
- [6] Shenzhen Hi-Link Electronic Co., Ltd. (2018). 3W Ultra-small Power Module PM03/PM01/PM09/PM12.
- [7] U-blox AG. (2011). NEO-6 u-blox 6 GPS Modules Data Sheet.
- [8] Vishay. (2017). High Efficiency LED, Ø 5 mm Tinted Non-Diffused Package.
- [9] Vishay Intertechnology. (2017). Standard Metal Film Leaded Resistors.
- [10] Iswanto. (2019). Pentingnya Sinkronisasi Waktu Pada Jaringan Komputer.
- [11] Taryana Suryana. (2021) . Antarmuka Ublox NEO-6M GPS Module Dengan NodeMCU ESP8266.
- [12] NN-digital. (2019) . Panduan Belajar Menggunakan GPS Ublox NEO-6M dengan Arduino.
- [13] Ardutech. (2020). Mengenal ESP32 Development Kit untuk IoT (Internet of Things).
- [14] Vadrick Ferdinand Fu. (2022) . ESP32
- [15] Farhan. (2022) . Cara Penggunaan Module Relay 2 Channel Arduino.
- [16] Last Minute Engineers. (2024) . Modul Relai Dua Saluran Antarmuka dengan Arduino.