

TUGAS AKHIR

PERANCANGAN SISTEM PROTEKSI MENGGUNAKAN MODUL DEEP SEA ELEKTRONIK 3110 PADA PLTMH BINTANG ASIH

*Diajukan Untuk Memenuhi Persyaratan Memperoleh Gelar Sarjana Teknik
Pada Fakultas Teknik Program Studi Teknik Elektro
Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara*

Disusun Oleh :

EKO PRAYOGI
NPM : 1407220084



UMSU
Unggul | Cerdas | Terpercaya

**PROGRAM STUDI TEKNIK ELEKTRO
FAKULTAS TEKNIK
UNIVERSITAS MUHAMMADIYAH SUMATERA UTARA
MEDAN
2018**

LEMBAR PENGESAHAN

TUGAS AKHIR

**PERANCANGAN SISTEM PROTEKSI MENGGUNAKAN MODUL DEEP
SEA ELEKTRONIK 3110 PADA PLTMH BINTANG ASIH**

*Diajukan Guna Melengkapi Tugas – Tugas dan Sebagai Persyaratan Untuk
Memperoleh Gelar Sarjana Teknik (S.T) Program Studi Teknik Elektro
Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara*

Telah Diuji dan Disidang Pada Tanggal :
(29 September 2018)

Oleh :
EKO PRAYOGI
1407220084

Pembimbing I



(Rimbawati, S.T, M.T)

Pembimbing II



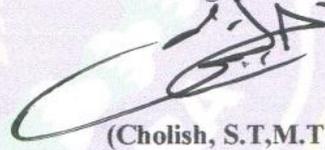
(Ir. Abdul Aziz H, M.M)

Penguji I



(Partonon Harahap, S.T,MT)

Penguji II



(Cholish, S.T,M.T)

Diketahui dan Disahkan
Ketua Jurusan Teknik Elektro



(Faisal Irsan Pasaribu, S.T,M.T)

**PROGRAM STUDI TEKNIK ELEKTRO
FAKULTAS TEKNIK
UNIVERSITAS MUHAMMADIYAH SUMATERA UTARA
MEDAN
2018**

SURAT PERNYATAAN KEASLIAN TUGAS AKHIR

Saya yang bertanda tangan di bawah ini :

Nama Lengkap : EKO PRAYOGI
NPM : 1407220084
Tempat / Tgl Lahir : Medan, 21 Januari 1997
Fakultas : Teknik
Program Studi : Teknik Elektro



Menyatakan dengan ini sesungguhnya dan sejujurnya, bahwa laporan tugas akhir (skripsi) saya ini yang berjudul :

"Perancangan Sistem Proteksi Menggunakan Modul Deep Sea Elektronik 3110 Pada PLTMH Bintang Asih"

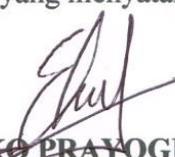
Bukan merupakan plagiarisme, pencurian hasil karya milik orang lain, hasil kerja orang lain untuk kepentingan saya karena berhubungan material maupun non material, ataupun segala kemungkinan lain yang pada hakekatnya bukan merupakan karya tulis Tugas Akhir saya secara orisinal dan otentik.

Bila kemudian hari diduga kuat ada ketidaksesuaian antara fakta dengan kenyataan ini, saya bersedia di proses oleh tim Fakultas yang dibentuk untuk melakukan verifikasi, dengan sanksi terberat berupa pembatalan kelulusan/kesarjanaan saya.

Demikian surat pernyataan ini saya buat dengan kesadaran sendiri dan tidak atas tekanan ataupun paksaan dari pihak manapun demi menegakkan integritas Akademik di Program Studi Teknik Elektro Fakultas Teknik Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara.

Medan, 29 September 2018

Saya yang menyatakan


EKO PRAYOGI
1407220084



ABSTRAK

Pembangkit Listrik Tenaga Mikrohidro (PLTMH) adalah suatu pembangkit listrik skala kecil yang mengubah energi potensial air menjadi energi mekanis, dengan cara memutar turbin dan generator untuk menghasilkan daya listrik skala kecil, yaitu sekitar 1 KW-100 KW. Pada sebuah pembangkit listrik, hal yang sangat perlu diperhatikan adalah kestabilan tegangan dan frekuensi keluaran yang dihasilkan oleh generator, hal ini diperlukan untuk menjaga agar peralatan pada konsumen tidak mengalami kerusakan. PLTMH sangat membutuhkan sistem proteksi yang mampu mengatasi jika terjadi gangguan baik dari dalam maupun dari luar sistem. Sistem proteksi tersebut menggunakan Modul Deep Sea Elektronik 3110 yang berguna untuk memproteksi adanya under dan over voltage serta memproteksi ketidakstabilan frekuensi. Sistem ini bekerja secara otomatis untuk memproteksi adanya gangguan, lalu di setting menggunakan software DSE 3110 Configuration Suite dengan kecepatan 0,5s. Apabila terjadinya over frequency 67,1 Hz, dan under frequency 27,9 Hz, begitu juga dengan over voltage 260 Volt dan under voltage 100 Volt maka Buzzer akan berbunyi sebagai indicator Alarm.

Kata Kunci: *Pembangkit Listrik Tenaga Mikrohidro, Deep Sea Elektronik 3110.*

KATA PENGANTAR



Assalamualaikum, Wr, Wb.

Puji syukur kehadiran ALLAH SWT atas rahmat dan karunianya yang telah menjadikan kita sebagai manusia yang beriman dan Insya ALLAH berguna bagi alam semesta. Shalawat berangkaikan salam kita panjatkan kepada junjungan kita Nabi Besar Muhammad SAW yang mana Beliau adalah suri tauladan bagi kita semua yang telah membawa kita dari zaman kebodohan menuju zaman yang penuh dengan ilmu pengetahuan.

Tulisan ini dibuat sebagai tugas akhir untuk memenuhi syarat dalam meraih gelar kesarjanaan pada Fakultas Teknik Elektro Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara. Adapun judul tugas akhir ini adalah **“Perancangan Sistem Proteksi Menggunakan Modul Deep Sea Elektronik 3110 Pada PLTMH Bintang Asih”**.

Selesaiannya penulisan tugas akhir ini tidak terlepas dari bantuan dan bimbingan dari berbagai pihak, oleh karena itu penulis menyampaikan rasa terima kasih yang sebesar-besarnya kepada :

1. Allah SWT, karena atas berkah dan izin-Mu saya dapat menyelesaikan tugas akhir dan studi di Fakultas Teknik Elektro Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara.
2. Kedua orang tua saya, yakni Ayahanda (Taufik) dan Ibunda (Farida Ariani) tercinta, yang dengan cinta kasih & sayang setulus jiwa

mengasuh, mendidik, dan membimbing dengan segenap ketulusan hati tanpa mengenal kata lelah sehingga penulis bisa seperti saat ini.

3. Bapak Munawar Alfansury S.T, M.T, selaku Dekan Fakultas Tehknik Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara.
4. Bapak Ade Faisal S.T, M.Sc, Ph.D, selaku Wakil Dekan I Fakultas Teknik Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara.
5. Bapak Khairul Umurani S.T, M.T, selaku Wakil Dekan III Fakultas Teknik Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara.
6. Bapak Faisal Irsan Pasaribu S.T, M.T, selaku Ketua Jurusan Teknik Elektro Fakultas Teknik Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara.
7. Bapak Partaonan Harahap S.T, M.T, selaku Sekretaris Jurusan Teknik Elektro Fakultas Teknik Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara.
8. Ibu Rimbawati S.T, M.T, selaku Dosen Pembimbing I dikampus yang telah memberi ide-ide dan masukkan dalam menyelesaikan penulisan laporan tugas akhir ini.
9. Bapak Abdul Aziz, S.T, M.T, selaku Dosen Pembimbing II dikampus yang selalu sabar membimbing dan memberikan pengarahan penulis dalam penelitian serta penulisan laporan tugas akhir ini.
10. Bapak Rohimin dan Bapak Man, selaku warga Bintang Asih yang selalu menyediakan tempat tinggal serta konsumsi saat saya melakukan penelitian dilapangan.
11. Bang Imam Riki Handanu, S.T, dan Bang Yudi Heriyanto, S.T, selaku karyawan CV. MEDCON-E yang banyak membantu saya dalam melakukan penelitian ini.

12. Segenap Bapak & Ibu dosen di Fakultas Teknik Elektro Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara.

13. Segenap kepada teman seperjuangan Fakultas Teknik yang tidak bisa penulis sebutkan satu per satu serta Keluarga Besar Teknik Elektro 2014 yang selalu memberikan semangat dan suasana kekeluargaan yang luar biasa.

14. Serta semua pihak yang telah mendukung dan tidak dapat penulis sebutkan satu per satu.

Penulis menyadari bahwa tulisan ini masih jauh dari kata sempurna, hal ini disebabkan keterbatasan kemampuan penulis, oleh karena itu penulis sangat mengharapkan kritik dan saran yang membangun dari segenap pihak.

Akhir kata penulis mengharapkan semoga tulisan ini dapat menambah dan memperkaya lembar khazanah pengetahuan bagi para pembaca sekalian dan khususnya bagi penulis sendiri. Sebelum dan sesudahnya penulis mengucapkan terima kasih.

Wassalamualaikum, Wr, Wb.

Medan, 31 Agustus 2018
Penulis

EKO PRAYOGI
1407220084

DAFTAR ISI

ABSTRAK	i
KATA PENGANTAR	ii
DAFTAR ISI	v
DAFTAR GAMBAR	vii
DAFTAR TABEL	vii
BAB I PENDAHULUAN	1
1.1 Latar Belakang	1
1.2 Perumusan Masalah	3
1.3 Tujuan Penelitian.....	3
1.4 Batasan Masalah	3
1.5 Sistematika Penulisan	4
BAB II LANDASAN TEORI	5
2.1 Tinjauan Pustaka Relevan	5
2.2 Landasan Teori	9
2.2.1 Pengertian Sistem Proteksi	9
2.2.2 Tujuan Sistem Proteksi	9
2.2.3 Fungsi Sistem Proteksi	10
2.2.4 Karakteristik Sistem Proteksi	10
2.3 Komponen Sistem Proteksi	13
2.3.1 Selector Switch	13
2.3.2 Volt Meter	15
2.3.3 Ampere Meter	16
2.3.4 MCB (<i>Miniature Circuit Breaker</i>)	17
2.3.5 Deep Sea Elektronik 3110	19
2.3.6 Relay	23
2.3.7 <i>Battery dan Automatic Battery Charger</i>	25
2.3.8 Lampu Indikator	27
2.3.9 <i>Buzzer</i>	28

2.4 Gangguan Pada Sistem Tenaga Listrik	29
2.5 Tegangan Listrik (<i>Electric Voltage</i>)	30
2.5.1 <i>Under</i> dan <i>Over Voltage</i>	31
2.6 Frekuensi	32
2.6.1 Stabilitas Frekuensi	33
BAB III METODOLOGI PENELITIAN	35
3.1 Tempat Penelitian	35
3.2 Bahan dan Peralatan Penelitian	36
3.2.1 Bahan Penelitian	36
3.2.2 Peralatan Penelitian	37
3.3 Perancangan Sistem Proteksi	38
3.3.1 Rangkaian Sistem Proteksi Modul Deep Sea Elektronik 3110	38
3.3.2 Langkah-Langkah Perakitan Sistem Proteksi	40
3.3.3 Prosedur Pengujian Sistem Proteksi	45
3.4 Flowchart Penelitian	47
BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN	48
4.1 Pengujian Sistem Proteksi Tegangan dan Frekuensi Terhadap Beban ..	48
4.2 Peranan Deep Sea Elektronik 3110 Sebagai Alat Proteksi	50
4.3 Kecepatan Deep Sea Elektronik 3110 Memproteksi Adanya Gangguan	51
BAB V PENUTUP	53
5.1 Kesimpulan	53
5.2 Saran	53
DAFTAR PUSTAKA	55
LAMPIRAN	57

DAFTAR GAMBAR

Gambar 2.1 <i>Selector Switch</i>	15
Gambar 2.2 Volt Meter	16
Gambar 2.3 Ampere Meter	17
Gambar 2.4 MCB (<i>Miniature Circuit Breaker</i>)	19
Gambar 2.5 Deep Sea Elektronik 3110.....	20
Gambar 2.6 Instrumen Display Deep Sea Elektronik 3110.....	21
Gambar 2.7 Tampak Bagian Belakang Modul Deep Sea Elektronik 3110	22
Gambar 2.8 Relay.....	23
Gambar 2.9 Sturuktur Sederhana Relay.....	24
Gambar 2.10 <i>Battery</i> 12 Volt 2 pcs.....	26
Gambar 2.11 <i>Automatic Battery Charger</i>	27
Gambar 2.12 Lampu Indikator.....	27
Gambar 2.13 <i>Buzzer</i>	28
Gambar 2.14 <i>Under dan Over Voltage</i>	31
Gambar 3.1 Lokasi PLTMH Bintang Asih UMSU.....	35
Gambar 3.2 Rangkaian Sistem Proteksi Menggunakan Modul Deep Sea 3110... 38	
Gambar 3.3 Tampilan Awal <i>DSE Configuration Suite</i>	42
Gambar 3.4 Tampilan <i>DSE 3110 Configuration Suite</i>	42
Gambar 3.5 Pengontrolan <i>Timers</i> pada Modul Deep Sea Elektronik 3110	43
Gambar 3.6 Pengontrolan <i>Voltage</i> pada Modul Deep Sea Elektronik 3110.....	44
Gambar 3.7 Pengontrolan <i>Frequency</i> pada Modul Deep Sea Elektronik 3110	44
Gambar 3.8 Hasil dari pemasangan komponen sistem proteksi	45
Gambar 3.9 <i>Flowchart</i> Penelitian	47
Gambar 4.1 Grafik Tegangan (V) Terhadap Beban (A)	49
Gambar 4.2 Grafik Putaran Generator (Rpm) Terhadap Beban (A).....	50
Gambar 4.3 Pengontrolan <i>Timers</i> pada Modul Deep Sea Elektronik 3110	51

DAFTAR TABEL

Tabel 2.1 Terminal Pada Modul Deep Sea Elektronik 3110	22
Tabel 3.1 Kebutuhan Komponen Rangkaian Deep Sea Elektronik 3110	36
Tabel 4.1 Data Pengujian Sistem Proteksi	48

BAB I

PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Energi listrik merupakan salah satu kebutuhan yang sangat diperlukan untuk kehidupan saat ini. Kerena segala aktivitas kehidupan manusia tidak bisa terlepas dari kebutuhan akan energi listrik, terutama untuk kebutuhan rumah tangga, sektor usaha dan industri. Begitu banyak permasalahan dalam memenuhi kebutuhan energi listrik tersebut, terutama diakibatkan besarnya ketergantungan kita terhadap Bahan Bakar Minyak (BBM), apalagi ditambah dengan naiknya BBM tentu akan semakin memberatkan pihak PLN untuk menyediakan energi listrik tersebut, sehingga konsekuensinya pemerintah menaikkan Tarif Dasar Listrik (TDL). Dampak dari hal ini diberlakukan maka akan menimbulkan masalah dan akan semakin memberatkan beban yang akan ditanggung oleh masyarakat, khususnya masyarakat pedesaan [1].

Indonesia merupakan negara kepulauan yang kaya akan sumber daya alam, namun belum dimanfaatkan secara optimal. Salah satu sumber daya alam yang ada di Indonesia adalah sumber energi air. Sumber energi mikrohidro adalah sumber energi yang memanfaatkan tenaga air dalam skala yang tidak begitu besar. Umumnya daerah terpencil yang terletak pada wilayah pegunungan mempunyai potensi energi air cukup besar, sehingga pembangkit listrik tenaga air skala mikro merupakan salah satu sumber energi yang dapat dikembangkan [2].

Sumatera Utara adalah salah satu Provinsi yang berpotensi cukup besar untuk mengembangkan Pembangkit Listrik Tenaga Mikrohidro (PLTMH), salah satunya sungai yang berada di Dusun Bintang Asih, Desa Rumah Sumbul, Kec. STM Hulu, Kab. Deli Serdang.

Biasanya Mikrohidro dibangun berdasarkan kenyataan bahwa adanya air yang mengalir di suatu daerah dengan kapasitas dan ketinggian yang memadai. Istilah kapasitas mengacu kepada jumlah volume aliran air persatuan waktu (*flow capacity*), sedangkan beda ketinggian daerah aliran sampai ke instalasi dikenal dengan istilah *head* [3].

PLTMH Bintang Asih tersebut saat ini berkapasitas 5 KW yang melayani sebanyak 28 Kepala Keluarga (KK). Apabila terjadi beban puncak, maka pembangkit akan mengalami perubahan tegangan dan frekuensi secara tiba-tiba (tidak stabil). Guna menjamin kontinuitas pelayanan, maka di sisi pembangkit membutuhkan sistem proteksi yang dapat memproteksi jika terjadi permasalahan di sisi beban.

Berdasarkan hal tersebut, maka perlu dilakukan perancangan sistem proteksi menggunakan Modul Deep Sea Elektronik 3110 pada PLTMH Bintang Asih, untuk mencegah terjadinya kerusakan pada sistem pembangkit, mengurangi kerusakan pada beban yang terjadi akibat adanya *Over* dan *Under Voltage* serta ketidakstabilan Frekuensi akibat *Prime Mover* (Penggerak Mula) yang tidak stabil. Penelitian ini berisi pembahasan tentang perancangan sistem proteksi Voltage, Frekuensi dan membaca kecepatan putaran pada Generator (Rpm) sebelum menuju ke beban (konsumen) dengan menggunakan Modul Deep Sea Elektronik 3110.

1.2 Perumusan Masalah

Berdasarkan latar belakang yang diuraikan diatas, maka permasalahan yang akan diamati adalah sebagai berikut :

1. Bagaimana perancangan sistem proteksi PLTMH Bintang Asih.
2. Bagaimana peranan Deep Sea Elektronik 3110 sebagai alat proteksi di PLTMH Bintang Asih
3. Seberapa cepat Deep Elektronik 3110 memproteksi adanya gangguan di Generator pada PLTMH Bintang Asih.

1.3 Tujuan Penelitian

Adapun tujuan penelitian ini adalah sebagai berikut :

1. Merancang sistem proteksi pada PLTMH Bintang Asih.
2. Untuk mengurangi kerusakan pada beban yang terjadi akibat *Over* dan *Under Voltage* serta ketidakstabilan Frekuensi akibat *Prime Mover* (Penggerak Mula) yang tidak stabil.
3. Sebagai ukuran yang dapat dibaca pada Modul Deep Sea Elektronik 3110 apabila terjadinya *Over* dan *Under Voltage* serta ketidakstabilan Frekuensi yang diakibatkan tidak stabilnya kecepatan pada penggerak mula (Generator).

1.4 Batasan Masalah

Masalah yang akan dibahas dalam Penelitian ini adalah :

1. Perancangan sistem proteksi akan dilakukan di PLTMH Bintang Asih.
2. Peranan Deep Sea Elektronik 3110 hanya untuk memproteksi Tegangan dan Frekuensi sehingga tidak terjadinya kerusakan pada beban.

3. Data yang diperoleh merupakan hasil dari perancangan sistem proteksi pada PLTMH Bintang Asih.

1.5 Sistematika Penulisan

Skripsi yang disusun memiliki sistematika sebagai berikut :

BAB 1 PENDAHULUAN

Pada bab ini diuraikan mengenai latar belakang, rumusan masalah, batasan masalah, tujuan penelitian dan sistematika penulisan.

BAB II DASAR TEORI

Bab ini berisi teori dasar yang menjelaskan tentang sistem tenaga listrik, Pembangkit Listrik Tenaga Mikrohidro (PLTMH), sistem proteksi PLTMH, permasalahan sistem proteksi PLTMH, Deep Sea Elektronik 3110, *Over* dan *Under Voltage* serta ketidakstabilan Frekuensi.

BAB III METODOLOGI PENELITIAN

Pada bab ini menjelaskan tentang alat proteksi, perancangan alat proteksi dan bahan yang digunakan dalam perancangan.

BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN

Berisi tentang hasil dari alat yang dirancang dan uji coba pada alat tersebut.

BAB V PENUTUP

Bab ini berisi kesimpulan dari hal-hal pokok yang ada pada keseluruhan bab yang dibahas dari penulis tentang hasil dari perancangan sistem proteksi menggunakan Modul Deep Sea Elektronik 3110 pada PLTMH Bintang Asih serta juga saran yang membangun untuk pengembangan selanjutnya.

BAB II

LANDASAN TEORI

2.1 Tinjauan Pustaka Relevan

Mikrohidro adalah sebuah istilah yang terbagi atas dua kata, mikro artinya kecil sedangkan hidro artinya air. Dalam prakteknya, istilah ini tidak merupakan sesuatu yang baku namun bisa dibayangkan bahwa mikrohidro pasti menggunakan air sebagai sumber energinya. Yang membedakan antara istilah Mikrohidro dengan Minihidro adalah output daya yang dihasilkan [6].

Mikrohidro mempunyai tiga komponen utama yaitu air sumber energi, turbin dan generator. Air yang mengalir dengan kapasitas tertentu disalurkan dengan ketinggian tertentu melalui pipa pesat menuju rumah instalasi (*power house*). Di rumah instalasi, air tersebut akan menumbuk turbin sehingga akan menghasilkan energi mekanik berupa berputarnya poros turbin. Putaran poros turbin ini akan memutar generator sehingga dihasilkan energi listrik [7].

Pembangkit Listrik Tenaga Mikrohidro (PLTMH) merupakan pembangkit listrik berskala kecil. Namun, PLTMH harus memiliki sistem pengontrolan yang kompleks, seperti halnya pembangkit listrik yang berskala besar. Pembangkitan energi dan pengkonversian energi mekanik menjadi energi listrik hingga sampai penyaluran energi listrik, semuanya dikontrol dalam suatu sistem pada PLTMH. Selain sistem pembangkitan energi, sistem pengaman juga merupakan hal yang tidak bisa diabaikan dalam proses pembangkitan energi. Apabila terjadi gangguan, maka untuk mengisolir dan mencegah terjadinya kerusakan diperlukan suatu pengaman [8].

Salah satu alternatif untuk mencukupi pasokan energi listrik di daerah yang tidak bisa dialiri listrik *Ongrid* adalah dengan cara membuat PLTMH. Kualitas dari energi listrik yang dihasilkan PLTMH juga harus diperhatikan, terutama kestabilan frekuensi. Ketidakstabilan beban konsumen akan mengakibatkan terjadinya fluktuasi frekuensi yang memberikan dampak buruk pada peralatan listrik konsumen [9].

Kondisi air yang bisa dimanfaatkan sebagai sumber daya (*resources*) penghasil listrik ialah memiliki kapasitas aliran dan ketinggian tertentu dari instalasi. Semakin besar kapasitas aliran maupun ketinggiannya dari instalasi maka semakin besar energi yang bisa dimanfaatkan untuk menghasilkan energi listrik [3].

Mengenai penelitian 'Pengatur Beban Otomatis Menggunakan Kontrol PID Sebagai Penstabil Tegangan Pada Pembangkit Listrik Tenaga Mikrohidro' menjelaskan bahwa PLTMH adalah suatu pembangkit listrik skala kecil dengan output antara 1 KW – 100 KW yang memanfaatkan aliran air sebagai sumber tenaga penggerakannya, misalnya saluran irigasi, sungai atau air terjun alam, dengan cara memanfaatkan tinggi terjunnya (*head*, dalam meter) dan jumlah debit airnya ($m^3/detik$). Sedangkan, Pembangkit Listrik Tenaga Minihidro (PLTM) adalah pembangkit tenaga listrik berskala (100 KW – 1 MW), yang memanfaatkan tenaga (aliran) air sebagai sumber penghasil energi [10].

PLTMH termasuk sumber energi terbarukan dan layak disebut dengan *clean energy* karena ramah lingkungan, maka kebijaksanaan pemerintah saat ini berkenaan dengan pengembangan pembangkit listrik ditekankan pada pemanfaatan sumber energi primer terbarukan (*Renewable Energy*) [4].

Dari segi teknologi, PLTMH dipilih karena konstruksinya sederhana, mudah dioperasikan, serta mudah dalam perawatan dan penyediaan suku cadang. Secara ekonomi, biaya dan perawatannya relatif murah, sedangkan biaya investasinya cukup bersaing dengan pembangkit listrik lainnya. Secara sosial, PLTMH mudah diterima masyarakat luas (bandingkan misalnya dengan Pembangkit Listrik Tenaga Nuklir). PLTMH biasanya dibuat dalam skala desa yang belum mendapatkan listrik dari PLN. Tenaga air yang digunakan dapat berupa aliran air pada sistem irigasi, sungai yang dibendung atau air terjun. Jadi pada prinsipnya dimana ada air mengalir dengan ketinggian minimal 2,5 meter dengan debit 250 liter/detik, maka disitu ada energi listrik. Selain daripada itu mikrohidro tidak perlu membuat waduk yang besar seperti PLTA [1].

Pada penelitian selanjutnya “Perancangan Sistem Kontrol Frekuensi-Beban pada PLTMH Matano Kabupaten Luwu Timur” mengatakan bahwa, PLTMH adalah suatu pembangkit listrik skala kecil yang menggunakan tenaga air sebagai tenaga penggerak. Sistem pengaturan yang umum dipakai pada PLTMH adalah Digital Load Controller (DLC). Bagian utama dari sistem kontrol ini terdiri dari panel kontrol dan ballast load. Pengaturan yang dilakukan alat ini adalah menyeimbangkan antara daya yang dihasilkan oleh generator dengan beban (daya) konsumen [11].

Mikrohidro dibangun berdasarkan kenyataan bahwa adanya air yang mengalir di suatu daerah dengan kapasitas dan ketinggian yang memadai. Istilah kapasitas mengacu kepada jumlah volume aliran air persatuan waktu atau *flow capacity*, sedangkan beda ketinggian daerah aliran sampai ke instalasi dikenal

dengan istilah tinggi jatuh air atau *head*. Mikrohidro juga dikenal sebagai *white resources* atau bisa dikatakan sebagai energi putih [12].

Selanjutnya menurut penelitian, PLTMH menggunakan sumber energi primer yang terbarukan, yaitu air. Daya tenaga listrik yang dihasilkan, juga tergantung adanya energi primer, yang sifatnya fluktuatif, tergantung musim. Sehingga daya yang dihasilkan PLTMH, sangat beresiko bila langsung dijual ke konsumen tetap [13].

Pada dasarnya PLTMH, perubahan beban akan berakibat langsung pada generator. Jika torsi turbin tidak diubah saat terjadi perubahan beban, maka frekuensi dan tegangan listrik yang dihasilkan akan berubah yang dapat mengakibatkan kerusakan baik di generator maupun di sisi beban. Karena itu, diperlukan suatu sistem proteksi yang dapat mencegah kerusakan ini terjadi [14].

Sistem proteksi adalah pengamanan listrik pada sistem tenaga listrik yang terpasang pada : sistem distribusi tenaga listrik, trafo tenaga, transmisi tenaga listrik dan generator listrik yang dipergunakan untuk mengamankan sistem tenaga listrik dari gangguan listrik atau beban lebih, dengan cara memisahkan bagian sistem tenaga listrik yang terganggu. Sehingga sistem kelistrikan yang tidak terganggu dapat terus bekerja (mengalirkan arus ke beban atau konsumen). Jadi pada hakekatnya pengamanan pada sistem tenaga listrik yaitu mengamankan seluruh sistem tenaga listrik supaya kehandalan tetap terjaga [15].

2.2 Landasan Teori

2.2.1 Pengertian Sistem Proteksi

Sistem proteksi adalah suatu sistem yang dipasang untuk pengamanan terhadap peralatan listrik, yang diakibatkan adanya gangguan teknis, gangguan alam, kesalahan operasi, dan penyebab lainnya.

Kehandalan suatu sistem tenaga listrik antara lain ditentukan oleh frekuensi pemadaman yang terjadi dalam sistem tersebut. Pemadaman yang terjadi pada sistem tenaga listrik biasanya disebabkan oleh gangguan, sehingga untuk mengatasi gangguan dan meningkatkan kehandalan sistem diperlukan sebuah mekanisme yang dapat menghindari frekuensi pemadaman yang terlalu sering dalam jangka waktu yang lama. Mekanisme ini dalam sistem kelistrikan dikenal dengan istilah sistem proteksi (pengaman sistem).

Sistem pengaman tenaga listrik merupakan sistem pengaman pada peralatan - peralatan yang terpasang pada sistem tenaga listrik, seperti generator, bus bar, transformator, saluran udara tegangan tinggi, saluran kabel bawah tanah, dan lain sebagainya terhadap kondisi ab-normal operasi sistem tenaga listrik tersebut.

Yang dimaksud dengan kondisi abnormal tersebut antara lain dapat berupa : hubung singkat, *over* dan *under voltage*, beban lebih, frekuensi yang tidak stabil dan lain-lain [16].

2.2.2 Tujuan Sistem Proteksi

Adapun beberapa tujuan dari sistem proteksi ini di buat adalah sebagai berikut :

1. Menghindari *over* dan *under voltage* serta ketidakstabilan *frequency*
2. Mencegah dan meminimalisir kerusakan pada komponen sistem
3. Menjaga kestabilan sistem tenaga listrik
4. Melindungi keselamatan personil dan masyarakat umum
5. Menghindari kecenderungan gangguan yang tidak dapat hilang dengan sendirinya [15].

2.2.3 Fungsi Sistem Proteksi

Adapun beberapa fungsi dari sistem proteksi ini dibuat dan bermanfaat untuk :

1. Menghindari ataupun untuk mengurangi kerusakan peralatan-peralatan akibat gangguan (kondisi abnormal operasi sistem). Semakin cepat reaksi perangkat proteksi yang digunakan maka akan semakin sedikit pengaruh gangguan kepada kemungkinan kerusakan alat.
2. Cepat melokalisir luas daerah yang mengalami gangguan menjadi sekecil mungkin.
3. Dapat memberikan pelayanan listrik dengan keandalan yang tinggi kepada konsumen dan juga mutu listrik yang baik.
4. Mengamankan manusia terhadap bahaya yang ditimbulkan oleh listrik [15].

2.2.4 Karakteristik Sistem Proteksi

Ada beberapa karakteristik yang perlu diketahui pada pemasangan suatu sistem proteksi dalam suatu rangkaian sistem tenaga listrik yaitu :

1. Kepekaan (*Sensivity*)

Sensitifitas adalah istilah yang sering dikaitkan dengan harga besaran penggerak minimum, seperti level arus minimum, tegangan, daya dan besaran lain dimana rele dan skema proteksi masih dapat bekerja dengan baik. Suatu rele disebut sensitif bila parameter operasi utamanya rendah. Artinya, semakin rendah besaran parameter penggerak maka perangkat tersebut dikatakan semakin sensitif.

Sensitifitas pada rele elektromekanikal terdahulu biasanya dikaitkan dengan kepekaan dari perangkat Bergeraknya terhadap daya yang diserap dalam bentuk Volt-Ampere dimana rele bekerja. Semakin kecil VA yang dibutuhkan maka rele elektromekanikal tersebut semakin sensitif. Pada rele – rele numerik sensitifitas tidak dikaitkan lagi pada perangkat kerasnya tetapi lebih pada aplikasi dan parameter transformator arus (CT) atau transformator tegangan (PT) yang digunakan.

2. Kecepatan Operasi (*Speed of Operation*)

Fungsi sistem proteksi adalah untuk mengisolasi gangguan secepat dan sesegera mungkin. Tujuan utamanya adalah mengamankan kontinuitas pasokan daya dengan menghilangkan setiap gangguan sebelum gangguan tersebut berkembang ke arah yang membahayakan stabilitas dan hilangnya sinkronisasi sistem pada akhirnya dapat meruntuhkan sistem tenaga tersebut.

Bila pembebanan sistem tenaga naik, pergeseran fasa antara dua busbar yang naik dan karena itu bila gangguan terjadi maka kemungkinan besar akan terjadi kehilangan sistem sinkronisasi. Semakin singkat waktu yang dibolehkan

pada gangguan makan kontinuitas pelayanan sistem akan semakin baik. Dengan demikian proteksi harus bekerja secepat mungkin.

3. Selektifitas (*Selectivity*)

Selektifitas suatu sistem proteksi jaringan tenaga adalah kemampuan rele proteksi untuk melakukan *tripping* secara tepat sesuai rencana yang telah ditentukan pada waktu mendesain sistem proteksi tersebut. Dalam pengertian lain, suatu sistem proteksi sistem tenaga harus bisa kerja secara selektif sesuai klasifikasi dan jenis gangguan yang harus diamankan. Selektifitas sistem proteksi terkait juga dengan kemampuan diskriminasi.

4. Keandalan (*Reliability*)

Suatu sistem proteksi dikatakan handal apabila selalu berfungsi seperti yang diharapkan. Sistem proteksi dikatakan tidak handal jika gagal bekerja saat dibutuhkan dan bekerja pada saat proteksi itu tidak seharusnya bekerja. Rele dikatakan baik apabila memiliki nilai keandalan 90-99%.

Keandalan dibagi menjadi 2 macam, yaitu :

- A. *Dependability* : Kemampuan beroperasi sesuai kebutuhan (tidak gagal beroperasi di saat jika terjadi gangguan)
- B. *Security* : Tetap dalam tidak beroperasi ketika tidak ada gangguan yang terkait dengan sistem yang di proteksi (tidak boleh salah bekerja).

5. Ekonomis

Suatu perencanaan teknik yang baik tidak terlepas tentunya dari pertimbangan nilai ekonomisnya. Suatu rele proteksi yang digunakan hendaknya ekonomis mungkin dengan tidak mengesampingkan fungsi dan keandalannya.

6. Sederhana (*Simplicity*)

Makin sederhana sistem relay semakin baik, mengingat setiap peralatan / komponen relay memungkinkan mengalami kerusakan. Jadi sederhana maksudnya kemungkinan terjadinya kerusakan kecil (tidak sering mengalami kerusakan).

7. Proteksi Pendukung (*Back Up Protection*)

Proteksi pendukung (*back up protection*) merupakan susunan yang sepenuhnya terpisah dan yang bekerja untuk mengeluarkan bagian yang terganggu apabila proteksi utama tidak bekerja (*fail*). Sistem pendukung ini sedapat mungkin indenpenden seperti halnya proteksi utama, memiliki transformator-transformator dan rele-rele tersendiri. Seringkali hanya tripping CB dan transformator–transformator tegangan yang dimiliki bersama oleh keduanya. Tiap-tiap sistem proteksi utama melindungi suatu area atau zona sistem daya tertentu. Ada kemungkinan suatu daerah kecil diantara zona-zona yang berdekatan misalnya antara trafo-trafo arus dan circuit breaker-circuit breaker tidak dilindungi [17].

2.3 Komponen Sistem Proteksi

2.3.1 Selector Switch

Saklar/*switch* adalah komponen elektikal yang berfungsi untuk memberikan sinyal atau untuk memutuskan atau menyambungkan suatu sistem kontrol. *Switch* berupa komponen kontaktor mekanik yang digerakan karena suatu kondisi tertentu. *Switch* merupakan komponen yang mendasar dalam sebuah rangkaian listrik mauapun rangkaian kontrol sistem.

Komponen ini sederhana namun memiliki fungsi yang paling vital di antara komponen listrik yang lain. Jadi *switch*/saklar pada dasarnya adalah suatu alat yang dapat atau berfungsi menghubungkan atau memutuskan aliran listrik (arus listrik) baik itu pada jaringan arus listrik kuat maupun pada jaringan arus listrik lemah. Yang membedakan saklar arus listrik kuat dan saklar arus listrik lemah adalah bentuknya kecil jika dipakai untuk peralatan elektronika arus lemah, demikian pula sebaliknya semakin besar saklar yang digunakan jika aliran arus listrik semakin besar.

Dari berbagai macam *switch*/saklar yang di buat oleh produsen saklar, sebenarnya bisa di klasifikasi-kan dalam beberapa jenis antara lain:

1. Menurut jumlah kaki/ kutub-nya : SP, DP, 3P.
2. Menurut jumlah posisi tertutup : *single throw* dan *double throw*.
3. Menurut jenis kontakannya : *knife blade*, *butt contact*, dan *mercury*.
4. Menurut jumlah breaks-nya: tunggal dan ganda.
5. Menurut metode isolasinya: *air-break* dan *oil immersed*.
6. Menurut metode operasinya: manual, magnetik, motor, *lever*, *dial*, *drum* dan *snap*.
7. Menurut kecepatan operasinya: *quick break*, *quick make* dan *slow break*.
8. Menurut tempatnya/ casingnya: terbuka dan tertutup.
9. Menurut tingkat perlindungan terhadap perangkat.
10. Menurut jenis penggunaannya: saklar daya, saklar kabel/ wiring, saklar kontrol, dan saklar instrumental.



Gambar 2.1 Selector Switch

Sumber: https://www.google.co.id/search?q=selector+switch&safe=strict&source=lnms&tbm=isch&sa=X&ved=0ahUKEwiDhO38uvDdAhXFQo8KHd9NAJwQ_AUIDigB&biw=1366&bih=657#imgrc=sy_Rk87ltV0YBM:

Saklar pemilih ini menyediakan beberapa posisi kondisi on dan kondisi off, ada dua, tiga, empat bahkan lebih pilihan posisi, dengan berbagai tipe geser maupun putar. Saklar pemilih biasanya dipasang pada panel kontrol untuk memilih jenis operasi yang berbeda, dengan rangkaian yang berbeda pula. Saklar pemilih memiliki beberapa kontak dan setiap kontak dihubungkan oleh kabel menuju rangkaian yang berbeda, misal untuk rangkaian putaran motor cepat dan untuk rangkaian putaran motor lambat. Atau pada rangkaian audio misalnya memilih posisi radio, tape dan lainnya.

2.3.2 Volt Meter

Voltmeter adalah alat ukur yang digunakan untuk mengukur besaran tegangan atau beda potensial listrik antara dua titik pada suatu rangkaian listrik yang dialiri arus listrik. Pada alat ukur voltmeter ini biasanya ditemukan tulisan voltmeter (V), milivoltmeter (mV), mikrovoltmeter, dan kilovolt (KV). Sekarang

ini, voltmeter ditemukan dalam dua jenis yaitu voltmeter analog (jarum penunjuk) dan voltmeter digital. Voltmeter memiliki batas ukur tertentu, yakni nilai tegangan maksimum yang dapat diukur oleh voltmeter tersebut. Jika tegangan yang diukur oleh voltmeter melebihi batas ukurnya, voltmeter akan rusak.



Gambar 2.2 Volt Meter

Sumber: https://www.google.co.id/search?q=voltmeter&safe=strict&source=lnms&tbm=isch&sa=X&ved=0ahUKEwjGgIeOvfDdAhUGVH0KHQ7pCEYQ_AUIDigB&biw=1366&bih=657#imgdii=R3XvrDHHrqE2vM:&imgsrc=DIKMaq3zoaCNum:

2.3.3 Ampere Meter

Amperemeter adalah alat yang digunakan untuk mengukur kuat arus listrik. Umumnya alat ini dipakai oleh teknisi elektronik dalam alat multi tester listrik yang disebut avometer gabungan dari fungsi amperemeter, voltmeter dan ohmmeter.

Amper meter dapat dibuat atas susunan mikroamperemeter dan shunt yang berfungsi untuk deteksi arus pada rangkaian baik arus yang kecil, sedangkan untuk arus yang besar ditambahkan dengan hambatan shunt.

Amperemeter bekerja sesuai dengan Gaya Lorentz gaya magnetis. Arus yang mengalir pada kumparan yang selimuti medan magnet akan menimbulkan gaya Lorentz yang dapat menggerakkan jarum amperemeter. Semakin besar arus yang mengalir maka semakin besar pula simpangannya.



Gambar 2.3 Ampere Meter

Sumber: https://www.google.co.id/search?safe=strict&biw=1366&bih=657&tbm=isch&sa=1&ei=Gpm3W7sDsbkvASs6LWADg&q=amperemeter&oq=amperemeter&gs_l=img..3..0j0i67k1j0l2j0i67k1j0l5.3361.5286.0.6157.11.8.0.3.3.0.273.1137.25.5.0....0...1c.1.64.img..4.7.967....0.6SzVHCbjQCs#imgrc=i0-RZw6SvA2ptM

2.3.4 MCB (*Miniature Circuit Breaker*)

MCB (*Miniature Circuit Breaker*) adalah saklar atau perangkat elektromekanis yang berfungsi sebagai pelindung rangkaian instalasi listrik dari arus lebih (*over current*). Terjadinya arus lebih ini, mungkin disebabkan oleh beberapa gejala, seperti: hubung singkat (*short circuit*) dan beban lebih (*overload*). MCB sebenarnya memiliki fungsi yang sama dengan sekering (*fuse*), yaitu akan memutus aliran arus listrik circuit ketika terjadi gangguan arus lebih. Yang membedakan keduanya adalah saat terjadi gangguan, MCB akan trip dan

ketika rangkaian sudah normal, MCB bisa di ON-kan lagi (*reset*) secara manual, sedangkan *fuse* akan terputus dan tidak bisa digunakan lagi.

MCB biasa diaplikasikan atau digunakan pada instalasi rumah tinggal, pada instalasi penerangan, pada instalasi motor listrik di industri dan lain sebagainya.

Prinsip kerja MCB sangat sederhana, ketika ada arus lebih maka arus lebih tersebut akan menghasilkan panas pada bimetal, saat terkena panas bimetal akan melengkung sehingga memutuskan kontak MCB (*trip*). Selain bimetal, pada MCB biasanya juga terdapat solenoid yang akan mengtripkan MCB ketika terjadi *grounding* (*ground fault*) atau hubung singkat (*short circuit*).

Namun penting juga untuk di ingat, bahwa MCB juga bisa trip dengan panas (*over heating*) yang diakibatkan karena kesalahan desain/ perencanaan instalasi, seperti ukuran kabel yang terlalu kecil untuk digunakan dalam arus yang tinggi, sehingga menghasilkan panas, yang lama-kelamaan akan melekungkan bimetal dan mengtripkan MCB. Oleh karena itu penggunaan kabel instalasi juga harus memperhatikan standar maksimum arus (A) kabel yang akan digunakan, dan arus kabel tersebut tidak boleh lebih kecil dari arus maksimum rangkaian/circuit.

Menurut karakteristik Tripnya, ada tiga tipe utama dari MCB, yaitu: tipe B, tipe C, dan tipe D yang didefinisikan dalam IEC 60898.

1. MCB Tipe B, adalah tipe MCB yang akan trip ketika arus beban lebih besar 3 sampai 5 kali dari arus maksimum atau arus nominal MCB. MCB tipe B merupakan karakteristik trip tipe standar yang biasa digunakan pada bangunan domestik.
2. MCB Tipe C, adalah tipe MCB yang akan trip ketika arus beban lebih besar 5 sampai 10 kali arus nominal MCB. Karakteristik trip MCB tipe ini akan

menguntungkan bila digunakan pada peralatan listrik dengan arus yang lebih tinggi, seperti lampu, motor dan lain sebagainya.

3. MCB tipe D, adalah tipe MCB yang akan trip ketika arus beban lebih besar 8 sampai 12 kali arus nominal MCB. Karakteristik trip MCB tipe D merupakan karakteristik trip yang biasa digunakan pada peralatan listrik yang dapat menghasilkan lonjakan arus kuat seperti, transformator, dan kapasitor.



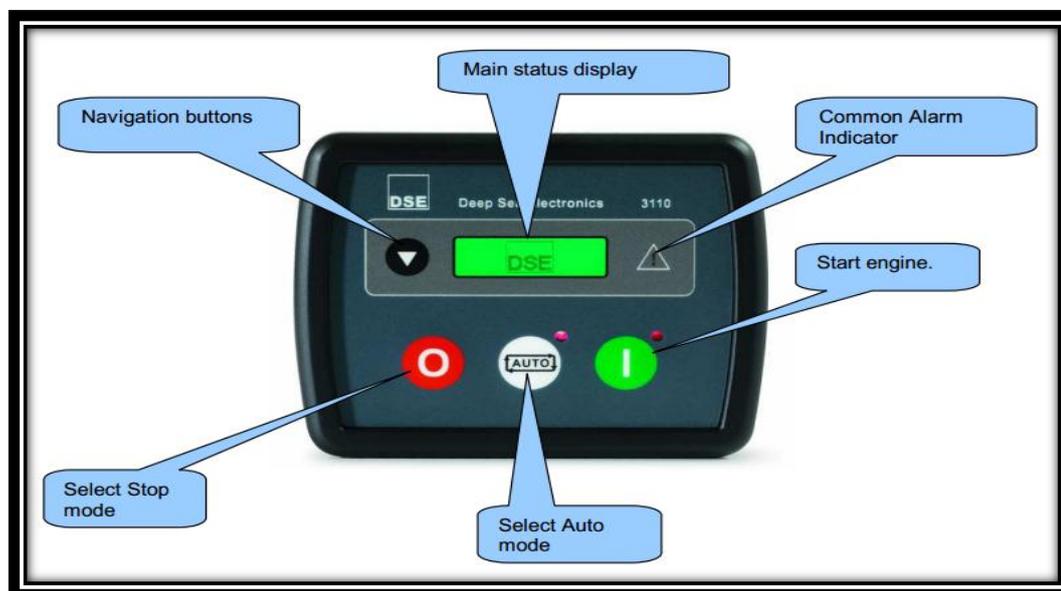
Gambar 2.4 MCB (*Miniature Circuit Breaker*)

Sumber: https://www.google.co.id/search?safe=strict&biw=1366&bih=657&tbm=isch&sa=1&ei=IPm3W8SYOofGvgSIkoigCQ&q=mcb&oq=mcb&gs_l=img.3...327682.328097.0.328540.3.3.0.0.0.0.0.0..0.0....0...1c.1.64.img..3.0.0....0.rp73_eMnaqY#imgsrc=JHHL6WHhSknFMM:

2.3.5 Deep Sea Elektronik 3110

Modul Deep Sea Elektronik 3110 adalah modul yang sudah banyak dipakai untuk kebutuhan sinkron dan dapat berfungsi untuk mengatur, mengontrol, memonitor dan mensupervisi suatu sistem *back up emergency* baik dari *mains supply (ongrid)* maupun dari *standby emergency power (Generator Set)*. *Deep sea* juga mempunyai fasilitas *load sharing*, *synchronizing*, *dependent start stop*, dan

lain lain. Bahkan mengontrol dan memonitor dapat diakses dengan jarak jauh baik menggunakan kabel data ataupun modem. *Module Deep Sea Elektronik 3110* dapat dilihat pada gambar dibawah ini :



Gambar 2.5 Deep Sea Elektronik 3110

Sumber : *DSE3110-Data-Sheet-USA*

Dari gambar diatas dapat dijelaskan mengenai tombol-tombol dan fasilitas yang ada pada modul Deep Sea 3110 :

1. *Button Select Stop/Reset Mode*,  adalah tombol yang berfungsi untuk menghapus setiap kondisi *alarm* dan menginstruksikan *circuit breaker* generator untuk membuka serta dapat untuk menghentikan generator.
2. *Button Select Auto Mode*,  adalah tombol yang berfungsi mengontrol generator secara otomatis. Modul akan memonitor input mulai jarak jauh dan sekali permintaan awal dibuat, set akan secara otomatis dimulai dan ditempatkan pada beban.
3. *Button Select Start Mode*,  adalah tombol yang berfungsi untuk menghidupkan modul secara manual.

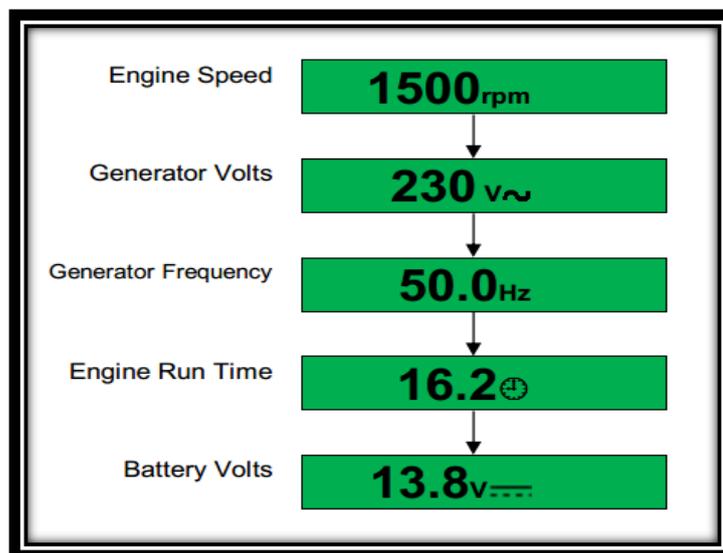
4. *Button Select Page Mode*,  adalah tombol yang berfungsi untuk mengganti layar untuk beberapa instrument.

Adapun fasilitas lain yang ada pada *Modul Deep Sea 3110* antara lain :

1. *Common Alarm Indicator*,  berfungsi sebagai indikator alarm.
2. *Main Status Display*,  berfungsi sebagai tampilan status utama.

Main Status Display dari *Modul Deep Sea Elektronik 3110* berfungsi untuk memonitoring :

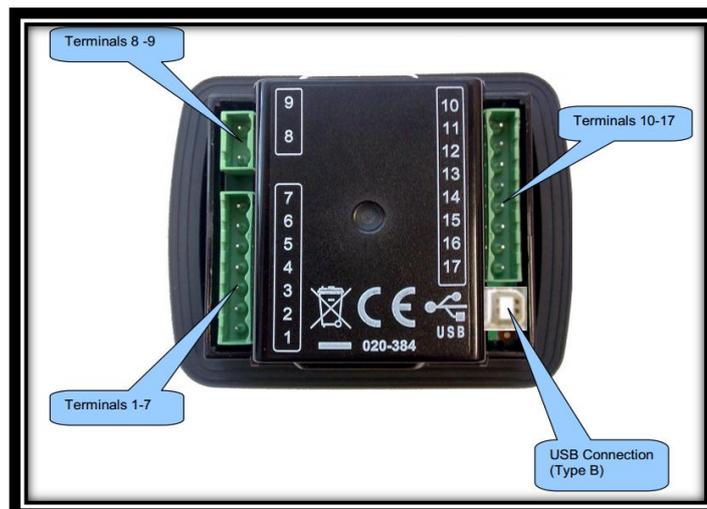
1. Putaran pada Generator (Rpm)
2. Tegangan pada Generator (Volt)
3. Frekuensi pada Generator (Hz)
4. Waktu (jam) pada saat Generator berputar
5. Tegangan pada Baterai (Volt)



Gambar 2.6 Instrumen Display Deep Sea Elektronik 3110

Sumber : DSE3110-Data-Sheet-USA

Modul Deep Sea Elektronik 3110 mempunyai 1-17 terminal dan USB yang masing-masing mempunyai uraian sebagai berikut :



Gambar 2.7 Tampak Bagian Belakang Modul Deep Sea Elektronik 3110

Sumber : DSE3110-Data-Sheet-USA

Tabel 2.1 Terminal Pada Modul Deep Sea Elektronik 3110

	PIN No	DESCRIPTION	CABLE SIZE	NOTES
	1	DC Plant Supply Input (Negative)	2.5mm ² AWG 13	
	2	DC Plant Supply Input (Positive)	2.5 mm ² AWG 13	(Recommended Maximum Fuse 15A anti-surge) Supplies the module (2A anti-surge requirement) and all output relays
	3	Output A (FUEL)	1.0mm ² AWG 18	Plant Supply Positive from terminal 2. 3 Amp rated.
	4	Output B (START)	1.0mm ² AWG 18	Plant Supply Positive from terminal 2. 3 Amp rated.
	5	Output C	1.0mm ² AWG 18	Plant Supply Positive from terminal 2. 3 Amp rated.
	6	Output D	1.0mm ² AWG 18	Plant Supply Positive from terminal 2. 3 Amp rated.
	7	Charge fail / excite	2.5mm ² AWG 13	Do not connect to ground (battery negative). If charge alternator is not fitted, leave this terminal disconnected.
	8	Generator Neutral (N) input	1.0mm ² AWG 18	Connect to generator Neutral terminal (AC)
	9	Generator L1 (U) voltage monitoring	1.0mm ² AWG 18	Connect to generator L1 (U) output (AC) (Recommend 2A fuse)
	10	Magnetic pickup Positive	0.5mm ² AWG 20	Connect to Magnetic Pickup device
	11	Magnetic pickup Negative	0.5mm ² AWG 20	Connect to Magnetic Pickup device
	12	Configurable digital input A	0.5mm ² AWG 20	Switch to negative
	13	Configurable digital input B	0.5mm ² AWG 20	Switch to negative
	14	Configurable digital input C	0.5mm ² AWG 20	Switch to negative
	15	Configurable digital input D	0.5mm ² AWG 20	Switch to negative
	16	Configurable digital input E	0.5mm ² AWG 20	Switch to negative
	17	Configurable digital input F	0.5mm ² AWG 20	Switch to negative

Sumber : DSE3110-Data-Sheet-USA

2.3.6 Relay

Relay adalah Saklar (*Switch*) yang dioperasikan secara listrik dan merupakan komponen *Electromechanical* (Elektromekanikal) yang terdiri dari 2 bagian utama yakni Elektromagnet (*Coil*) dan Mekanikal (seperangkat Kontak Saklar/*Switch*). Relay menggunakan Prinsip Elektromagnetik untuk menggerakkan Kontak Saklar sehingga dengan arus listrik yang kecil (*low power*) dapat menghantarkan listrik yang bertegangan lebih tinggi. Sebagai contoh, dengan Relay yang menggunakan Elektromagnet 5V dan 50 mA mampu menggerakkan Armature Relay (yang berfungsi sebagai saklarnya) untuk menghantarkan listrik 220V 2A



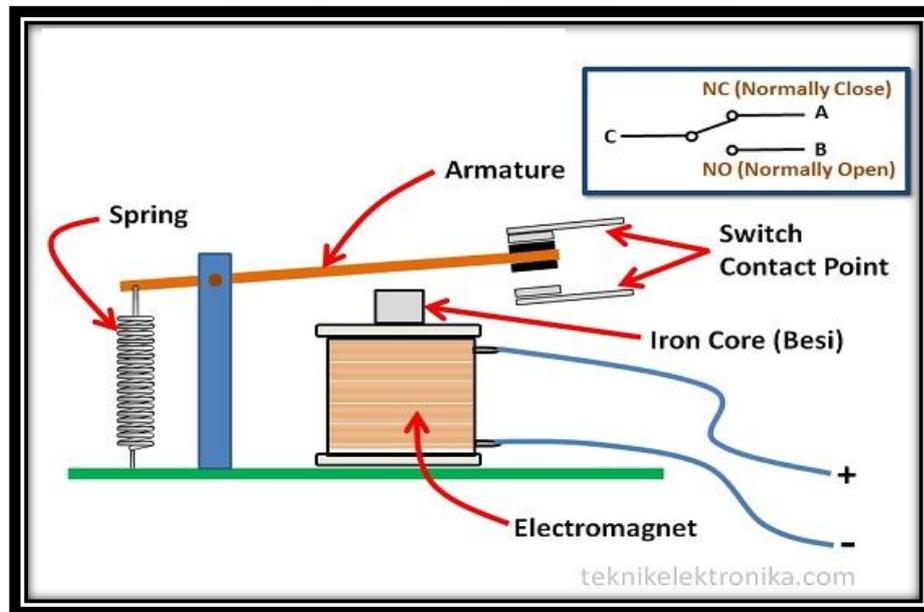
Gambar 2.8 Relay

Sumber: https://www.google.co.id/search?safe=strict&biw=1366&bih=657&tbm=isch&sa=1&ei=G_3W83cOIfEvwSBv7i4CA&q=relay&oq=relay&gs_l=img.3..35i39k112j015j0i67k1j0l2.3530.5766.0.7357.9.9.0.0.0.0.213.115.1.0j6j1.7.0....0...1c.1.64.img..2.7.1148...0i8i30k1.0.NmIxNp4Zxs#imgrc=BQWeeWVV0dEu-M:

Pada dasarnya, Relay terdiri dari 4 komponen dasar yaitu :

1. Elektromagnet (*Coil*)
2. *Armature*
3. *Switch Contact Point* (Saklar)
4. *Spring*

Berikut ini merupakan gambar dari bagian-bagian Relay :



Gambar 2.9 Stuktur Sederhana Relay

Sumber: https://www.google.co.id/search?safe=strict&biw=1366&bih=657&tbm=isch&sa=1&ei=G_3W83cOIfEwSBv7i4CA&q=relay&oq=relay&gs_l=img..3..35i39k112j015j0i67k1j0l2.3530.5766.0.7357.9.9.0.0.0.213.1151.0j6j1.7.0....0...1c.1.64.img..2.7.1148...0i8i30k1.0.NmIxnP4Zxs#imgdii=odAF94k9XXBxaM:&imgsrc=BQWeeWVV0dEu-M:

Kontak Poin (*Contact Point*) Relay terdiri dari 2 jenis yaitu :

- *Normally Close* (NC) yaitu kondisi awal sebelum diaktifkan akan selalu berada di posisi CLOSE (tertutup)
- *Normally Open* (NO) yaitu kondisi awal sebelum diaktifkan akan selalu berada di posisi OPEN (terbuka)

Berdasarkan gambar diatas, sebuah Besi (*Iron Core*) yang dililit oleh sebuah kumparan *Coil* yang berfungsi untuk mengendalikan Besi tersebut. Apabila Kumparan *Coil* diberikan arus listrik, maka akan timbul gaya Elektromagnet yang kemudian menarik *Armature* untuk berpindah dari Posisi sebelumnya (NC) ke posisi baru (NO) sehingga menjadi saklar yang dapat menghantarkan arus listrik di posisi barunya (NO). Posisi dimana *Armature* tersebut berada sebelumnya (NC) akan menjadi OPEN atau tidak terhubung. Pada saat tidak dialiri arus listrik, *Armature* akan kembali lagi ke posisi Awal (NC). *Coil* yang digunakan oleh Relay untuk menarik *Contact Poin* ke Posisi *Close* pada umumnya hanya membutuhkan arus listrik yang relatif kecil.

Beberapa fungsi Relay yang telah umum diaplikasikan kedalam peralatan Elektronika diantaranya adalah :

1. Relay digunakan untuk menjalankan Fungsi Logika (*Logic Function*)
2. Relay digunakan untuk memberikan Fungsi penundaan waktu (*Time Delay Function*)
3. Relay digunakan untuk mengendalikan Sirkuit Tegangan tinggi dengan bantuan dari Signal Tegangan rendah.
4. Ada juga Relay yang berfungsi untuk melindungi Motor ataupun komponen lainnya dari kelebihan Tegangan ataupun hubung singkat (*Short*).

2.3.7 Battery dan Automatic Battery Charger

Alat yang memiliki sumber energi kimia yang dapat menghasilkan energi listrik disebut dengan *electric cell* (sel listrik). Dan ketika beberapa sel listrik tersebut dihubungkan secara elektrik akan menjadi baterai.



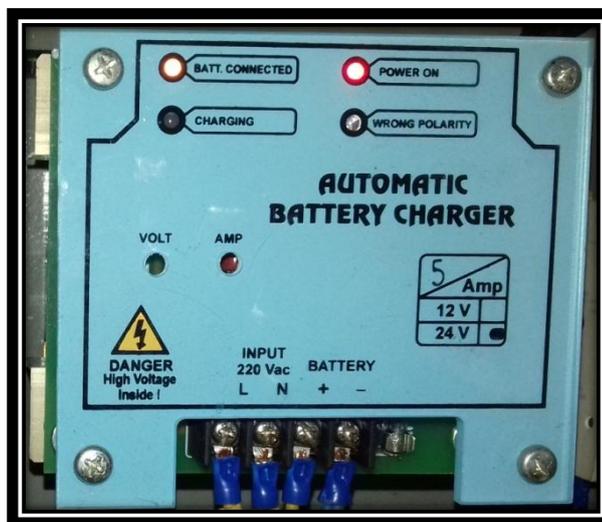
Gambar 2.10 *Battery* 12 Volt 2 pcs

Automatic Battery Charger biasanya sebagai charger yaitu alat ini mendapat suplai listrik dari sumber *ongrid* atau dari generator itu sendiri. *Battery charger* untuk mengisi energi listrik ke accu. Accu ini biasanya berkapasitas 12/24 V, maka *battery charger* ini harus dapat mengisi accu sampai kapasitas tersebut.

Automatic Battery Charger adalah suatu alat yang berfungsi untuk mengisi battery dengan tegangan konstan hingga mencapai tegangan yang ditentukan. Bila level tegangan yang ditentukan itu telah tercapai, maka arus pengisian akan turun secara otomatis sesuai dengan settingan dan menahan arus pengisian hingga menjadi lebih lambat sehingga indikator menyala menandakan *battery* telah terisi penuh.

Di dalam rangkaian *battery charger* terdapat rangkaian regulator dan rangkaian komparator. Rangkaian regulator berfungsi untuk mengatur tegangan keluaran agar tetap konstan, sedangkan rangkaian comparator berfungsi untuk menurunkan arus pengisian secara otomatis pada *battery* pada saat tegangan pada *battery* penuh dan menahan arus pengisian hingga menjadi lebih lambat sehingga menyebabkan indikator aktif menandakan *battery* telah terisi penuh.

Automatic Battery Charger yang dipakai untuk Deep Sea Elektronik 3110 adalah yang bertegangan 24 Volt DC dengan arus 5 Ampere.



Gambar 2.11 *Automatic Battery Charger*

2.3.8 Lampu Indikator

Lampu indikator merupakan komponen yang digunakan sebagai lampu tanda. Lampu tersebut digunakan untuk berbagai keperluan, misalnya untuk lampu indikator pada panel penunjuk fasa R, S dan T atau L1, L2 dan L3. Selain itu juga lampu indikator digunakan sebagai indikasi bekerjanya suatu sistem kontrol. Misalnya lampu berwarna hijau disini kita gunakan sebagai tanda bahwa komponen sistem tersebut sedang bekerja atau digunakan.



Gambar 2.12 Lampu Indikator

2.3.9 Buzzer

Buzzer adalah sebuah komponen elektronika yang berfungsi untuk mengubah getaran listrik menjadi getaran suara. *Buzzer* biasanya sering digunakan pada rangkaian anti-maling, Alarm pada Jam Tangan, Bel Rumah, peringatan mundur pada Truk dan perangkat peringatan bahaya lainnya. Pada dasarnya prinsip kerja *buzzer* hampir sama dengan loud speaker, jadi *buzzer* juga terdiri dari kumparan yang terpasang pada diafragma dan kemudian kumparan tersebut dialiri arus sehingga menjadi elektromagnet, kumparan tadi akan tertarik ke dalam atau keluar, tergantung dari arah arus dan polaritas magnetnya, karena kumparan dipasang pada diafragma maka setiap gerakan kumparan akan menggerakkan diafragma secara bolak-balik sehingga membuat udara bergetar yang akan menghasilkan suara. *Buzzer* ini digunakan sebagai indikator jika terjadi suatu kesalahan pada sebuah sistem. Dan *Buzzer* ini berfungsi sebagai *Alarm* untuk *under* dan *over voltage* serta ketidakstabilan *frequency*.



Gambar 2.13 Buzzer

Sumber: https://www.google.co.id/search?safe=strict&biw=1366&bih=657&tbn=isch&sa=1&ei=MAG4W9yjO8uAvQSpzrCoDQ&q=buzzer+alarm&oq=buzzer+&gs_l=img.1.0.35i39k1j0i67k113j016.55361.55361.0.59338.1.1.0.0.0.186.186.0j1.1.0....0...1c.1.64.img..0.1.183....0.fHRSGBG4l30#imgdii=G6DGlfiWfL5YHM:&imgsrc=O3n_aIRygYHA4M:

2.4 Gangguan Pada Sistem Tenaga Listrik

Adapun macam-macam gangguan yang sering terjadi pada sistem tenaga listrik seperti :

1. Gangguan Beban Lebih

Gangguan ini sebenarnya bukan gangguan murni, tetapi bila dibiarkan terus-menerus berlangsung dapat merusak peralatan listrik yang dialiri oleh arus tersebut.

2. Gangguan Hubung Singkat

Gangguan hubung singkat dapat terjadi antar fasa (3 fasa atau 2 fasa), 2 fasa ke tanah dan 1 fasa ke tanah yang sifatnya bisa temporer atau permanen.

3. Gangguan Tegangan Lebih

Gangguan tegangan lebih terjadi akibat adanya kelainan pada sistem tenaga listrik, seperti tegangan lebih karena adanya surja petir yang mengenai peralatan listrik.

4. Gangguan Ketidakstabilan

Gangguan ini disebabkan karena adanya gangguan hubung singkat di sistem tenaga listrik atau lepasnya pembangkit, yang dapat menyebabkan unit-unit pembangkit lepas sinkron.

Untuk mengurangi akibat-akibat negatif dari berbagai macam gangguan tersebut, maka diperlukan adanya rele proteksi.

2.5 Tegangan Listrik (*Electric Voltage*)

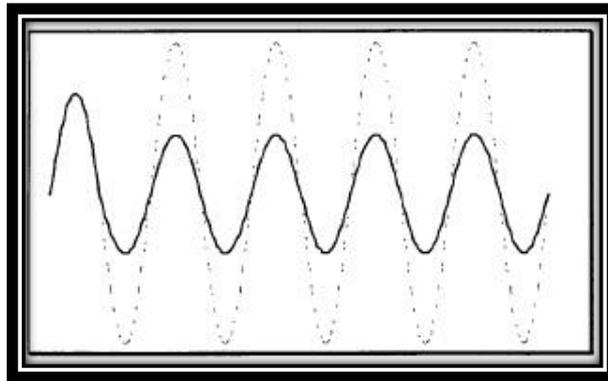
Tegangan Listrik adalah jumlah energi yang dibutuhkan untuk memindahkan unit muatan listrik dari satu tempat ke tempat lainnya. Tegangan listrik yang dinyatakan dengan satuan Volt ini juga sering disebut dengan beda potensial listrik karena pada dasarnya tegangan listrik adalah ukuran perbedaan potensial antara dua titik dalam rangkaian listrik. Suatu benda dikatakan memiliki potensial listrik lebih tinggi daripada benda lain karena benda tersebut memiliki jumlah muatan positif yang lebih banyak jika dibandingkan dengan jumlah muatan positif pada benda lainnya. Sedangkan yang dimaksud dengan Potensial listrik itu sendiri adalah banyaknya muatan yang terdapat dalam suatu benda.

Tegangan listrik dapat juga dianggap sebagai gaya yang mendorong perpindahan elektron melalui konduktor dan semakin tinggi tegangannya semakin besar pula kemampuannya untuk mendorong elektron melalui rangkaian yang diberikan. Apabila pada saat dua distribusi muatan listrik yang dipisahkan oleh jarak tertentu, maka akan terjadi kekuatan listrik diantara keduanya. Jika distribusinya memiliki muatan yang sama (kedua-duanya positif atau kedua-duanya negatif) maka saling berlawanan atau saling tolak menolak. Namun apabila dua distribusi muatan berbeda (satu positif dan satunya lagi negatif) maka akan menyebabkan gaya yang saling tarik-menarik. Pada saat kedua distribusi muatan tersebut disambungkan dengan rangkaian atau beban yang unit positifnya sedikit maka unit positif tersebut akan dipengaruhi oleh kedua distribusi muatan tersebut.

2.5.1 Under dan Over Voltage

Untuk meningkatkan kualitas daya listrik, perlu dilakukan pengurangan berbagai permasalahan yang menyebabkan buruknya kualitas daya listrik. Beberapa dari permasalahan tersebut adalah *under* dan *over voltage*.

Under dan *over voltage* termasuk ke dalam *long duration variation*, dimana waktu kejadiannya adalah lama. *Under voltage* adalah turunnya amplitudo tegangan Rms dalam waktu yang cukup lama (lebih dari 1 menit). *Over voltage* adalah naiknya amplitudo tegangan Rms dalam waktu yang cukup lama (lebih dari 1 menit).



Gambar 2.14 Under dan Over Voltage

Sumber: https://www.google.co.id/search?safe=strict&biw=1366&bih=657&tbm=isch&sa=1&ei=bgG4W_PjH4KuvwTmyKrYCw&q=under+dan+over+voltage&oq=under+dan+over+voltage&gs_l=img.3...738669.744190.0.745018.22.18.0.4.4.0.373.2649.0j13j2j1.16.0...0...1c.1.64.img..2.13.1478...0j35i39k1j0i67k1j0i10k1j0i30k1j0i8i30k1j0i24k1.0.kM2_5g_JJ9o#imgrc=4_VCix9ta_DU4M:

Penyebab terjadinya *under voltage* adalah karena pengkawatan pada sistem yang kurang baik dan pembebanan yang berlebih pada sistem (*overloaded*). Sedangkan penyebab terjadinya *over voltage* adalah karena setting tap transformator yang kurang sesuai dan pembebanan yang kurang pada sistem (*underloaded*). Selain itu dapat disebabkan oleh AVR (*Automatic Voltage Regulator*) yang rusak.

2.6 Frekuensi

Frekuensi sebenarnya adalah karakteristik dari tegangan yg dihasilkan oleh generator. Jadi kalau dikatakan frekuensi 50 Hz, maksudnya tegangan yg dihasilkan suatu generator berubah-ubah nilainya terhadap waktu, nilainya berubah secara berulang-ulang sebanyak 50 *cycle* setiap detiknya. jadi tegangan dari nilai nol ke nilai maksimum (+) kemudian nol lagi dan kemudian ke nilai maksimum tetapi arahnya berbalik (-) dan kemudian nol lagi dan seterusnya (kalau digambarkan secara grafik akan membentuk gelombang sinusoidal) dan ini terjadi dalam waktu yg cepat sekali, 50 *cycle* dalam satu detik. Jadi kalau kita perhatikan beban listrik seperti lampu, sebenarnya sudah berulang kali tegangannya hilang (alias nol) tapi karena terjadi dalam waktu yg sangat cepat maka lampu tersebut tetap hidup.

Untuk kestabilan beban listrik dibutuhkan frekuensi yg tinggi supaya tegangan menjadi benar-benar halus (tidak terasa hidup-matinya). Tegangan yg berfrekuensi ini yg biasa disebut juga tegangan bolak-balik (*Alternating Current*) atau VAC, frekuensinya sebanding dengan putaran generator.

Secara formula :

$$N = \frac{F \times 120}{P} \dots\dots\dots (2.1)$$

Keterangan :

N = Putaran (Rpm)

F = Frekuensi (Hz)

P = Jumlah pasang kutub generator, umumnya P = 2

Dengan menggunakan rumus diatas, untuk menghasilkan frekuensi 50 Hz maka generator harus diputar dengan putaran N = 3000 Rpm, dan untuk

menghasilkan frekuensi 60 Hz maka generator perlu diputar dengan putaran 3600 Rpm, jadi semakin kencang kita putar generatornya semakin besarlah frekuensinya. Kenapa gak kita putar saja generatornya dengan putaran super kencang biar menghasilkan frekuensi yg besar sehingga tegangan benar-benar halus. Kalau kita ingin memutar generator maka kita membutuhkan turbine, semakin tinggi putaran yg kita inginkan maka semakin besarlah daya turbin yg dibutuhkan, dan selanjutnya semakin besarlah energi yg dibutuhkan untuk memutar turbin. Kalau sumber energinya air maka makin banyaklah air yg dibutuhkan.

Baik tegangan maupun frekuensi dari generator bisa berubah-ubah besarnya berdasarkan range dari beban nol ke beban penuh. sering kita temui spesifikasi menyebutkan tegangan plus minus 10% dan frekuensi plus minus 5%. Ini artinya sistem suplai listrik/generator harus di desain pada saat beban penuh tegangan tidak turun melebihi 10% dan pada saat beban nol tegangan tidak naik melebihi 10%, begitu juga dengan frekuensi.

2.6.1 Stabilitas Frekuensi

Stabilitas frekuensi mengacu pada kemampuan sistem tenaga untuk mempertahankan frekuensi stabil karena gangguan pada sistem yang menghasilkan ketidakseimbangan antara generator dan beban. Ketidakstabilan dapat mengakibatkan terjadi ayunan frekuensi berkelanjutan, menyebabkan *trip* unit pembangkit atau beban.

Stabilitas frekuensi merupakan kemampuan sebuah sistem tenaga listrik untuk mempertahankan frekuensi dengan kisaran nominal (berkisar antara 50-60

Hz) mengikuti gangguan sistem yang menghasilkan ketidakseimbangan yang signifikan antara pembangkitan dan beban. Hal ini bergantung pada kemampuan untuk mengembalikan keseimbangan antara sistem beban dan pembangkitan dengan meminimalisasi pelepasan/kehilangan beban.

Ketidakstabilan frekuensi dapat dicegah berdasarkan karakteristik dari proses peralatan pengaman yang aktif dalam beberapa detik seperti respon *under* frekuensi pelepasan beban dan kontrol dari generator yang bisa terjadi dalam puluhan detik sesuai respon dari penggerak utama. Stabilitas frekuensi mungkin menjadi fenomena jangka pendek atau fenomena jangka panjang. Contoh ketidakstabilan frekuensi jangka pendek adalah gangguan pada suatu sistem yang cukup dengan *under frequency* pelepasan beban dalam beberapa detik sehingga frekuensi kembali normal walaupun terjadi pemadaman sebagian sistem. Di sisi lain, situasi fenomena jangka panjang di mana ketidakstabilan frekuensi disebabkan oleh kontrol turbin yang mengalami *overspeed* sehingga kontrol dapat dinormalkan selama waktu puluhan detik hingga beberapa menit.

BAB III

METODOLOGI PENELITIAN

3.1 Tempat Penelitian

Penelitian ini dilaksanakan di Panel Distribusi Pembangkit Listrik Tenaga Mikrohidro (PLTMH) di Dusun Bintang Asih, Desa Rumah Sumbul, Kec. STM Hulu, Kab. Deli Serdang. Lokasi PLTMH Bintang Asih ini berjarak sekitar 62 km dari Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara (UMSU) dan mempunyai waktu tempuh 2 jam 13 menit.



Gambar 3.1 Lokasi PLTMH Bintang Asih UMSU

Sumber : Google Maps PLTMH Bintang Asih UMSU

3.2 Bahan dan Peralatan Penelitian

3.2.1 Bahan Penelitian

Tabel 3.1 Komponen Rangkaian Deep Sea Elektronik 3110

No.	Komponen	Jumlah	Satuan
1.	Selector On/Off	1	Buah
2.	Selector Reset	1	Buah
3.	Volt Meter	1	Buah
4.	Ampere Meter	1	Buah
5.	Lampu Indikator	1	Buah
6.	Buzzer	1	Buah
7.	Relay 11515CX1	1	Buah
8.	Relay 02113EW	1	Buah
9.	Deep Sea Elektronik 3110	1	Buah
10.	Automatic Battery Charger	1	Buah
11.	Battery 12 VDC	2	Buah
12.	MCB 10 Ampere	2	Buah
13.	Kabel Ties	100	Buah
14.	Skun Kabel	100	Buah
15.	Kabel NYAF 1 mm ²	10	Meter

3.2.2 Peralatan Penelitian

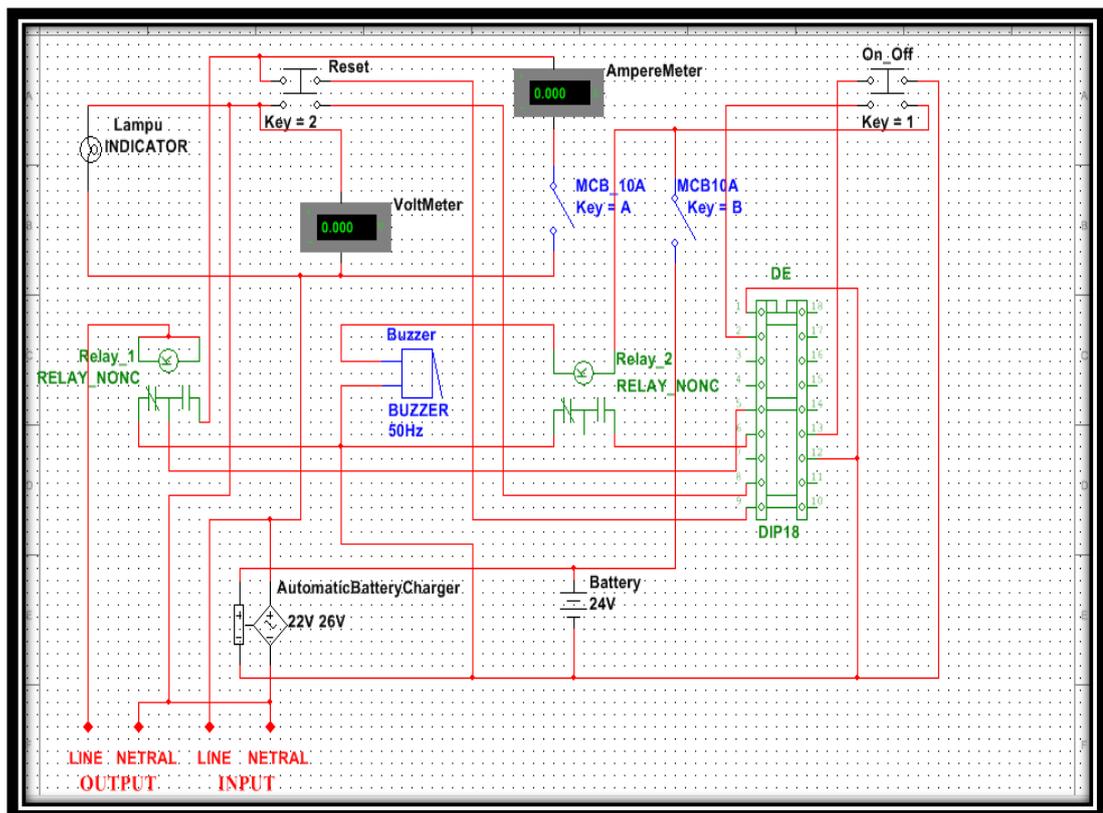
Adapun peralatan yang digunakan dalam penelitian ini adalah sebagai berikut :

1. Tang Ampere Digital, berfungsi untuk mengukur arus listrik pada sebuah kabel konduktor yang dialiri arus listrik dengan menggunakan dua rahang penjepitya (*Clamp*) tanpa harus memiliki kontak langsung dengan terminal listrik.
2. Multimeter Digital, berfungsi untuk mengukur tegangan listrik baik tegangan AC maupun DC, arus listrik dan tahanan listrik (resistansi). Multimeter digital juga berfungsi mengecek hubung singkat (koneksi), mengecek transistor, elco, diode, led, diode zener, dll.
3. Tang *Crimping* (Tang Press), berfungsi untuk pegencang kabel lug terhadap kabel. Dengan menggunakan Tang *Crimping* akan dipastikan kekuatan dan kekencangan sambungan antara kabel beserta soket nya lebih terjamin.
4. Obeng, berfungsi untuk memasang dan melepas skrup antar komponen. Bila ditinjau dari penampangnya, dibedakan menjadi 2, yaitu obeng pipih (-/min) dan obeng plus (+/kembang/bintang/philip).
5. Pisau Cutter, berfungsi untuk memotong sebuah benda. Pisau cutter terdiri dari dua bagian utama, yaitu bilah pisau dan gagang pisau. Bilah pisau terbuat dari logam pipih yang tepinya dibuat tajam yang disebut mata pisau, sedangkan pegangan pisau (gagang pisau) berbentuk memanjang agar dapat di genggam dengan tangan.
6. Penggaris, berfungsi untuk mengukur dan membuat garis lurus pada panel distribusi.

7. Tespen, berfungsi untuk mengecek atau mengetahui ada tidaknya suatu tegangan listrik.
8. Tang Potong, berfungsi untuk memotong kabel dan kawat serta berfungsi juga sebagai membuka tembaga pada kabel.
9. Spidol Permanent, berfungsi untuk memberi tanda (bacaan) pada panel distribusi.
10. Bor Listrik, berfungsi untuk membuat lubang pada panel distribusi.

3.3 Perancangan Sistem Proteksi

3.3.1 Rangkaian Sistem Proteksi Modul Deep Sea Elektronik 3110



Gambar 3.2 Rangkaian Sistem Proteksi Menggunakan Modul Deep Sea 3110

Pada rangkaian ini akan dijelaskan secara singkat bagaimana perancangan dan pembuatan sistem proteksi menggunakan Modul Deep Sea Elektronik 3110.

Secara umum DSE 3110 adalah sebagai proteksi Frekuensi dan Tegangan dari Generator sebelum di alirkan ke Beban (Penduduk). Dengan adanya sistem proteksi ini maka peralatan dari sistem pembangkit sampai ke konsumen akan aman (tidak terjadi kerusakan).

Cara kerja dari sistem proteksi dengan menggunakan modul Deep Sea Elektronik 3110 ini, pertama tegangan terminal yang dihasilkan oleh generator 1 fasa akan di terima oleh *Automatic Battery Charger*.

Automatic Battery Charger berfungsi sebagai charger yaitu alat ini mendapat suplai listrik dari sumber *ongrid* atau dari generator itu sendiri. *Automatic Battery Charger* untuk mengisi energi listrik ke accu. Accu ini biasanya berkapasitas 12/24 V, maka *Battery Charger* ini harus dapat mengisi accu sampai kapasitas tersebut. Dibagian *Automatic Battery Charger* ini terdapat terminal positif (+) dan negative (-) yang akan dialirkan ke Battery 12 Volt dan terminal Fasa dan Netral.

Battery 12 Volt sisi Negatif (-) akan terhubung dengan Selector On/Off, Relay, Deep Sea Elektronik 3110 (terminal 1 dan 12) dan Buzzer. Di sisi Positif (+) akan terhubung MCB B, lalu ke Selector On/Off dan Relay. Dibagian Netral akan terhubung dengan Selector Reset, Lampu Indikator dan Volt Meter. Dibagian Fasa akan terhubung dengan Volt Meter, MCB A, Lampu Indikator, Ampere Meter, Relay, dan Selector Reset.

Relay adalah Saklar (*Switch*) yang dioperasikan secara listrik dan merupakan komponen *Electromechanical* (Elektromekanikal) yang terdiri dari 2 bagian utama yakni Elektromagnet (*Coil*) dan Mekanikal (seperangkat Kontak Saklar/*Switch*). Relay menggunakan Prinsip Elektromagnetik untuk

menggerakkan Kontak Saklar sehingga dengan arus listrik yang kecil (*low power*) dapat menghantarkan listrik yang bertegangan lebih tinggi.

Relay 1 dan 2 akan terhubung dengan *Buzzer* yang fungsinya sebagai Alarm jika terjadi *Over* dan *Under Voltage* serta Ketidakstabilan Frekuensi. Dibagian Relay 2 akan terhubung dengan Modul Deep Sea Elektronik 3110 di terminal no 6. Dan dibagian Relay 1 akan terhubung dengan Modul Deep Sea Elektronik 3110 di terminal no 5.

Modul Deep Sea Elektronik 3110 berfungsi sebagai proteksi kestabilan frekuensi serta *under* dan *over voltage*. Selain itu display modul DSE 3110 ini bisa memonitor : putaran pada generator (Rpm), tegangan pada generator, frekuensi pada generator, waktu (jam) pada saat generator berputar, tegangan pada *battery*.

Terminal modul DSE 3110 no 1 dan 12 terhubung dengan bagian Negatif (-) dari *Battery*, terminal no 2 terhubung dengan *Selector On/Off*, terminal no 5 terhubung dengan Relay 1, terminal no 6 terhubung dengan Relay 2, terminal no 8 dan 9 terhubung dengan *Selector Reset* dan terminal no 13 terhubung dengan *Selector On/Off*.

Cara kerja dari DSE 3110 ini akan memproteksi Tegangan dan Frekuensi yang telah di setting pada modul tersebut. Jika Tegangan dan Frekuensi tidak memenuhi syarat, maka DSE 3110 tidak akan menghantarkan Tegangan dan Frekuensi tersebut kepada beban (konsumen).

3.3.2 Langkah-Langkah Perakitan Sistem Proteksi

Dalam merancang sistem proteksi PLTMH Bintang Asih hal yang pertama harus diperhatikan adalah kapasitas *Prime Mover* (penggerak mula) yang akan

digunakan pada sistem, sehingga selanjutnya pemilihan komponen-komponen pada sistem proteksi dapat dilakukan dengan pertimbangan teknis dan ekonomis.

Langkah selanjutnya (kedua) adalah melakukan perancangan gambar sistem proteksi yang sesuai dengan spesifikasi kerja yang diinginkan seperti yang dijelaskan di subbab prinsip kerja sebelumnya.

Berikut adalah langkah-langkah perakitan sistem proteksi PLTMH Bintang Asih :

1. Perancangan dan Perakitan Box

Box yang digunakan berdimensi panjang 50 cm, lebar 15 cm dan tinggi 70 cm. Terdiri dari box utama untuk komponen-komponen dalam dan pintu sebagai cover serta tempat peralatan interaksi dan pemantauan.

2. Pemasakan *Duck* (Jalur Kabel)

Pemasangan *duck* dilakukan dengan memperhatikan tata letak dari komponen yang akan dipasang baik di dalam box utama maupun pada pintu box. Pembuatan *duck* ini juga memperhatikan rangkaian sehingga memudahkan tahap perakitan selanjutnya yaitu tahap *wiring*.

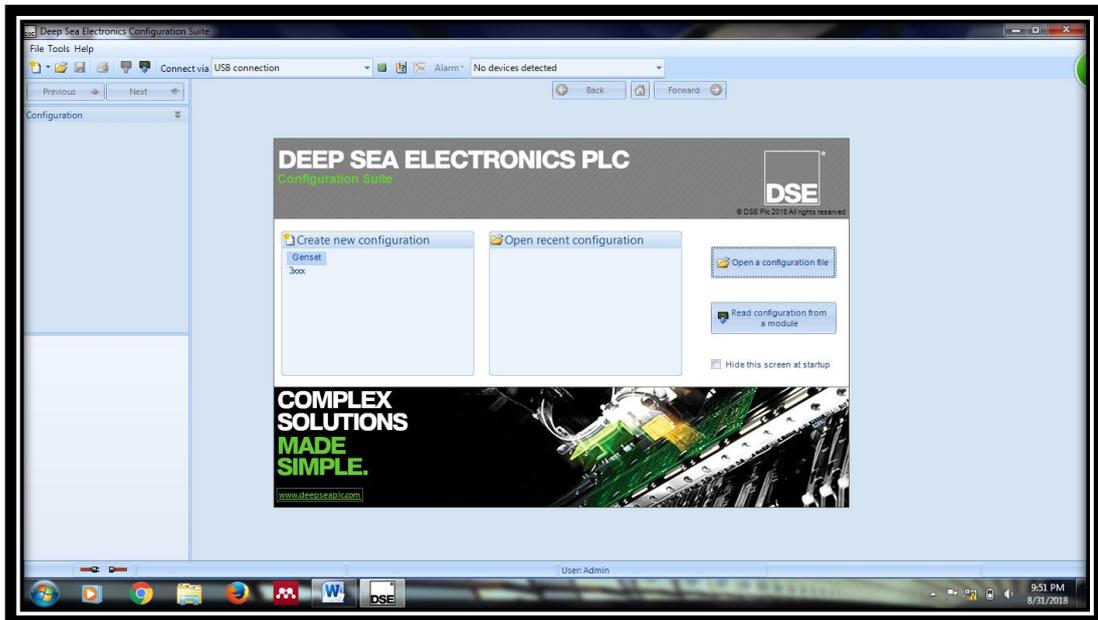
3. *Wiring* (Pengkabelan)

Tahap *wiring* dilaksanakan dengan memperhatikan gambar rancangan. Kabel yang digunakan adalah kabel jenis NYAF 1 mm².

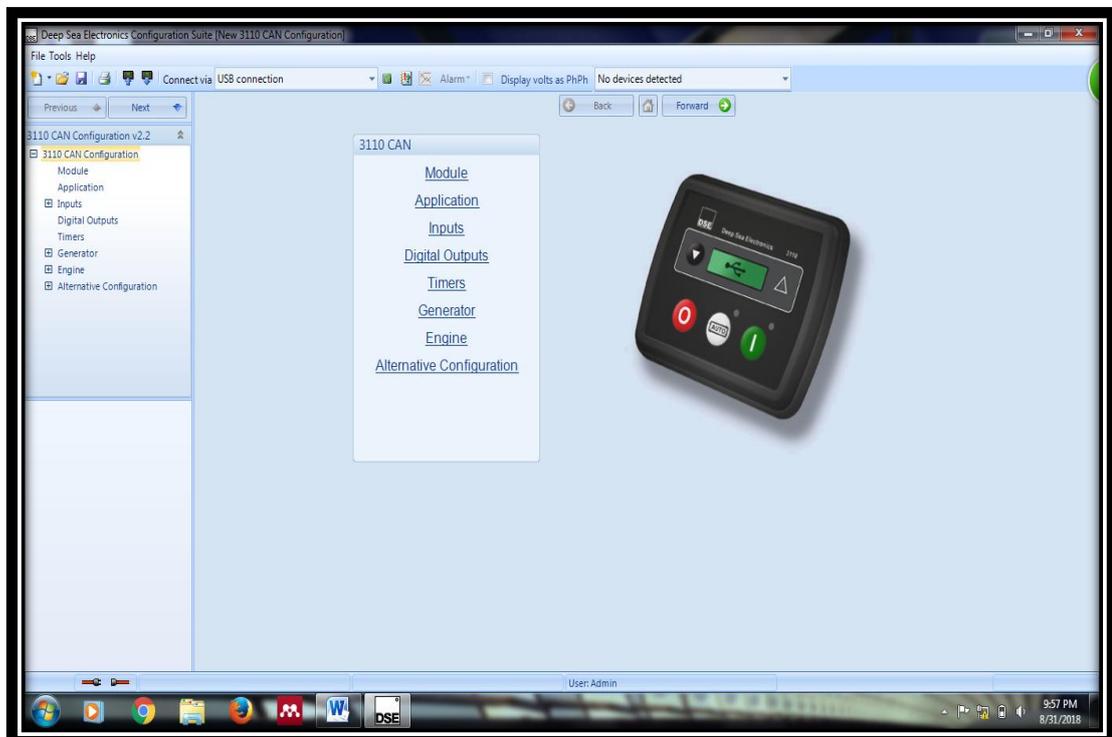
4. Pengontrolan Modul Deep Sea Elektronik 3110

Tahapan pengontrolan Modul Deep Sea Elektronik 3110 adalah dengan melakukan pemasukan data melalui software *DSE Configuration Suite* maka disitu kita akan men-setting seberapa cepat Deep Sea Elektronik 3110 ini bisa memproteksi adanya gangguan, men-setting *Under* dan *Over Voltage* serta

Under dan Over Frequency. Untuk lebih jelasnya pengontrolan *Module Deep Sea Elektronik 3110* maka dapat dilihat pada gambar dibawah ini :

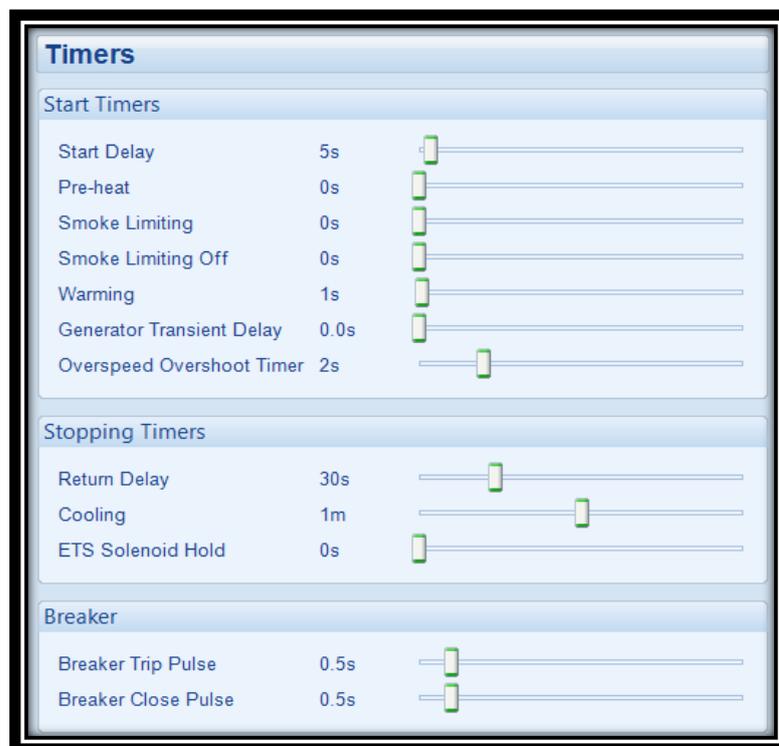


Gambar 3.3 Tampilan Awal *DSE Configuration Suite*



Gambar 3.4 Tampilan *DSE 3110 Configuration Suite*

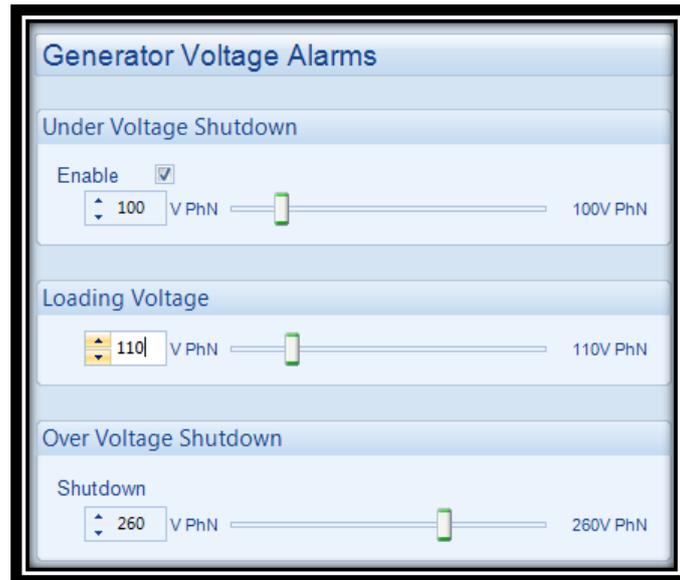
Setelah muncul Tampilan *DSE 3110 Configuration Suite* maka, pilih “*Timers*”, setelah itu muncul tampilan dibawah ini :



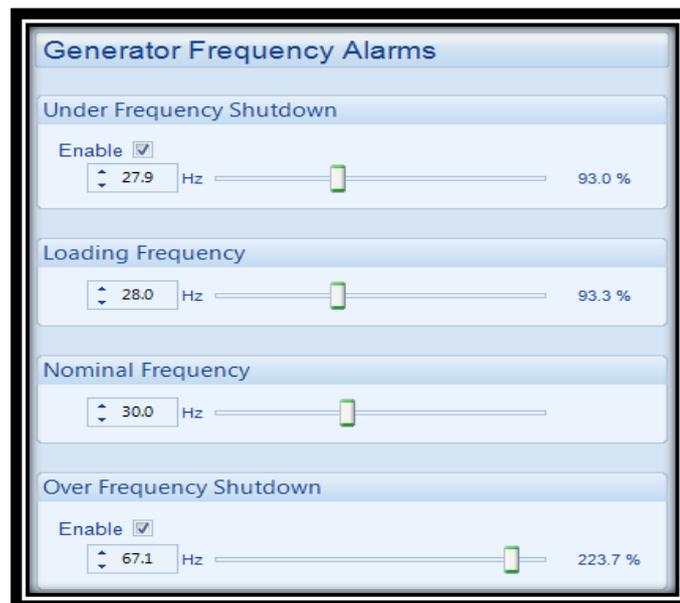
Gambar 3.5 Pengontrolan *Timers* pada Modul Deep Sea Elektronik 3110

Untuk melakukan settingan seberapa cepat Deep Sea Elektronik memproteksi adanya gangguan maka kita bisa men-settingnya pada bagian *Breaker*. Disini peneliti men-setting di 0,5s untuk *Breaker Trip Pulse* dan 0,5s untuk *Breaker Close Pulse*. Maksudnya jika terjadi adanya gangguan maka selama 0,5s sistem akan memproteksi dan segera membunyikan *Buzzer* sebagai pengingat Operator untuk cepat datang ke panel distribusi untuk meng-offkan Modul Deep Sea 3110 demi menjaga peralatan pada sistem pembangkitan dan pembebanan.

Tahapan selanjutnya adalah pengontrolan Frekuensi dan Tegangan. Untuk lebih jelas dari pengontrolan *Module Deep Sea Elektronik 3110* maka dapat dilihat pada gambar dibawah ini :



Gambar 3.6 Pengontrolan *Voltage* pada Modul Deep Sea Elektronik 3110

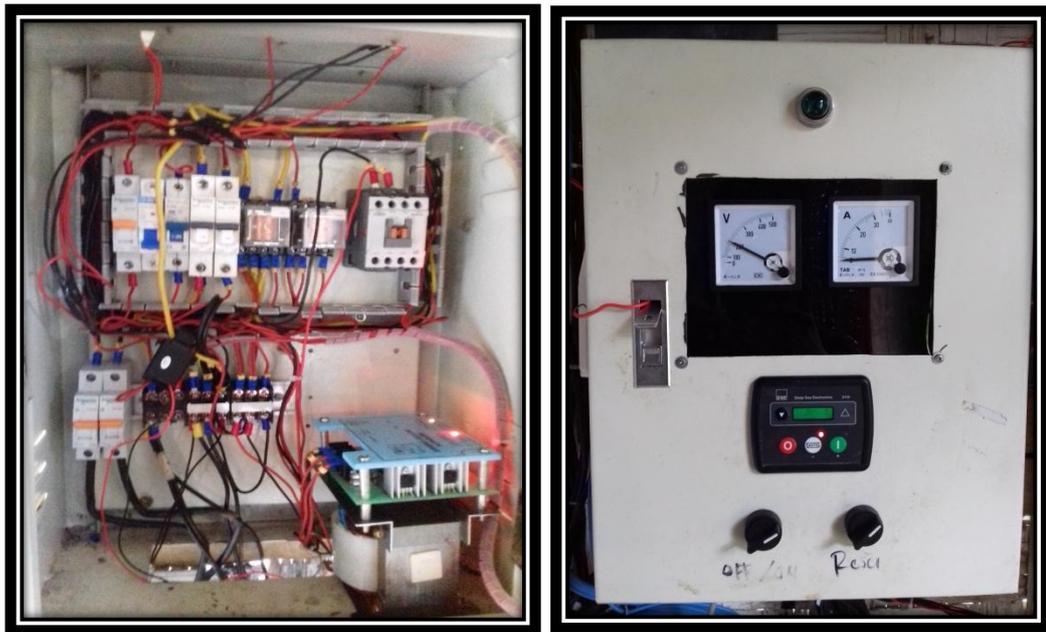


Gambar 3.7 Pengontrolan *Frequency* pada Modul Deep Sea Elektronik 3110

Pengontrolan Tegangan dan Frekuensi dilakukan sesuai gambar agar peralatan berjalan sesuai dengan yang direncanakan.

5. Pemasangan Komponen

Pemasangan komponen dilakukan sesuai dengan gambar rancangan dan alur wirring yang dilakukan.



Gambar 3.8 Hasil pemasangan komponen sistem proteksi

3.3.3 Prosedur Pengujian Sistem Proteksi

Setelah perancangan selesai, maka tahap selanjutnya adalah pengujian. Pengujian dilakukan untuk mengetahui bagaimana respon panel ini setelah dirakit. Sistem proteksi ini dikatakan baik bila kerja sistemnya sesuai dengan fungsi yang direncanakan pada saat perancangan.

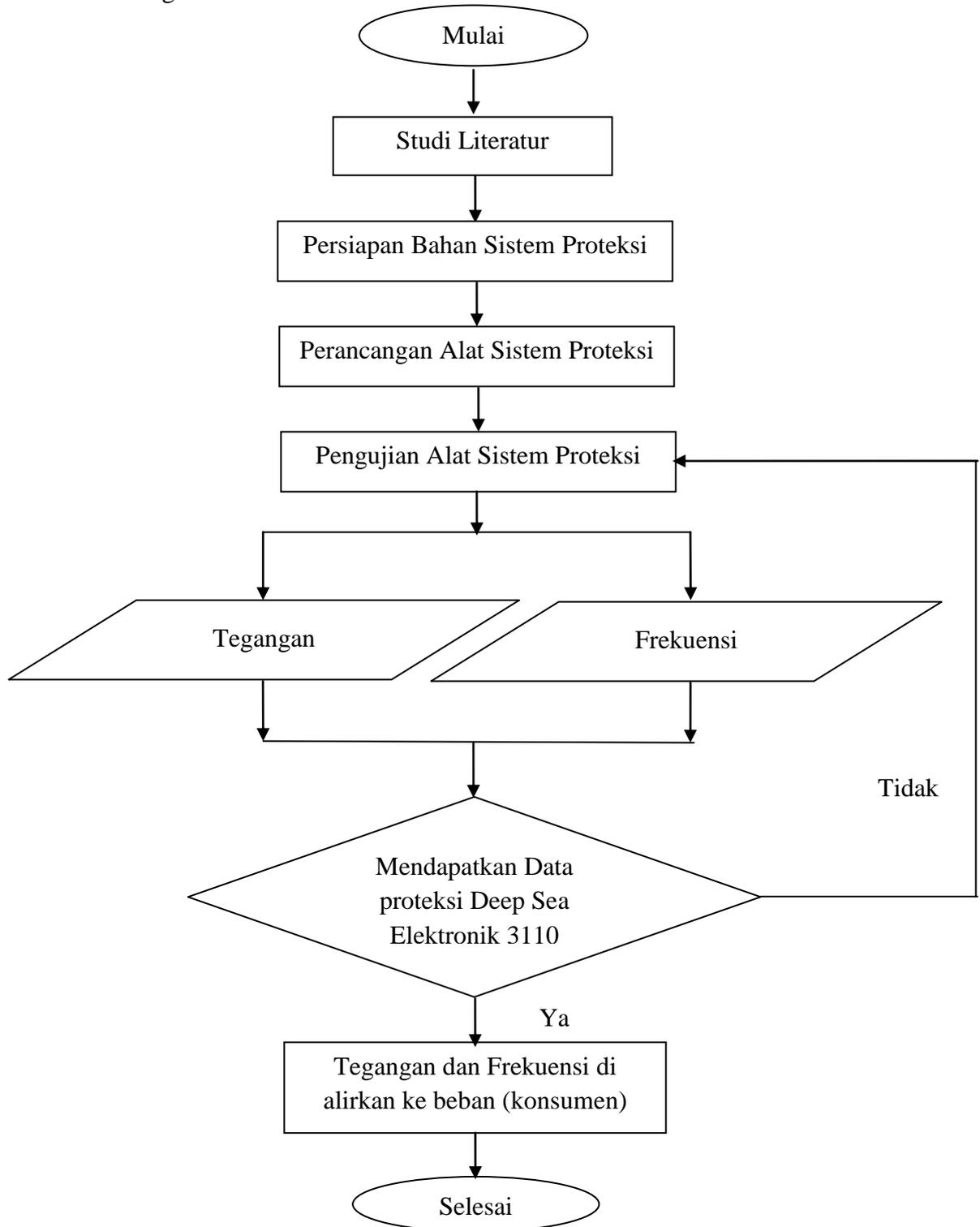
Berikut ini adalah langkah-langkah tahapan pengujiannya :

1. Membuka *Valve* pipa, sehingga air akan masuk ke Turbin dan akan menggerakkan Generator.
2. Setelah Generator berputar dan menghasilkan energi listrik, maka sesuaikan tegangan tersebut sesuai kebutuhan beban dengan cara mengatur *Valve* pada pipa.
3. Dengan adanya tegangan yang masuk, maka tegangan tersebut akan menuju ke sistem panel distribusi berkisar antara 200-220 Volt.

4. Lalu memposisikan MCB A dalam keadaan ON, dan secara otomatis tegangan masuk ke sistem panel distribusi, maka beban komplemen pun mulai bekerja untuk membackup beban sebelum beban di alirkan ke konsumen.
5. Setelah itu memposisikan *Selector ON/OFF* dalam keadaan ON, kemudian juga memposisikan *Selector Reset* dan dikembalikan dalam keadaan ON.
6. Menunggu respon Modul Deep Sea Elektronik 3110 yang sedang bekerja untuk memproteksi Tegangan dan Frekuensi yang masuk di Panel Distribusi.
7. Setelah Modul DSE 3110 tersebut bekerja, maka Modul DSE 3110 akan menampilkan informasi tentang Putaran Generator (Rpm), Tegangan pada Generator, Frekuensi pada Generator, Waktu (jam) pada saat Generator berputar, Tegangan pada *Battery* pada Displaynya.
8. Jika Tegangan dan Frekuensi sudah sesuai dengan yang diinginkan (normal), maka kita bisa memposisikan MCB B dalam keadaan ON, dan secara otomatis Tegangan dan Frekuensi akan menuju ke beban sehingga peralatan pada sistem pembangkit dan kerusakan pada beban akan berkurang.
9. Jika Tegangan dan Frekuensi yang dihasilkan dari Generator tidak sesuai dengan yang diinginkan (tidak normal) walaupun kita memposisikan MCB B dalam keadaan ON, maka secara otomatis juga Tegangan dan Frekuensi tidak akan masuk ke beban karena tidak sesuai settingan pada Modul DSE 3110.
10. Dan bila posisi MCB B tetap dalam keadaan ON maka *Buzzer* pun akan berbunyi untuk mengingatkan Operator untuk memposisikan MCB dalam keadaan OFF serta untuk memposisikan *Selector Reset* dan *Selector ON/OFF* dalam keadaan OFF demi menjaga peralatan pada sistem pembangkit.

3.4 Flowchart Penelitian

Adapun diagram alir (*flowchart*) untuk mempermudah memahami penelitian ini adalah sebagai berikut :



Gambar 3.9 *Flowchart* Penelitian

BAB IV

HASIL DAN PEMBAHASAN

4.1 Pengujian Sistem Proteksi Tegangan dan Frekuensi Terhadap Beban

Pada pengujian proteksi tegangan dan frekuensi terhadap beban ini dimulai dari tegangan 100-260 volt menggunakan Modul Deep Sea Elektronik 3110.

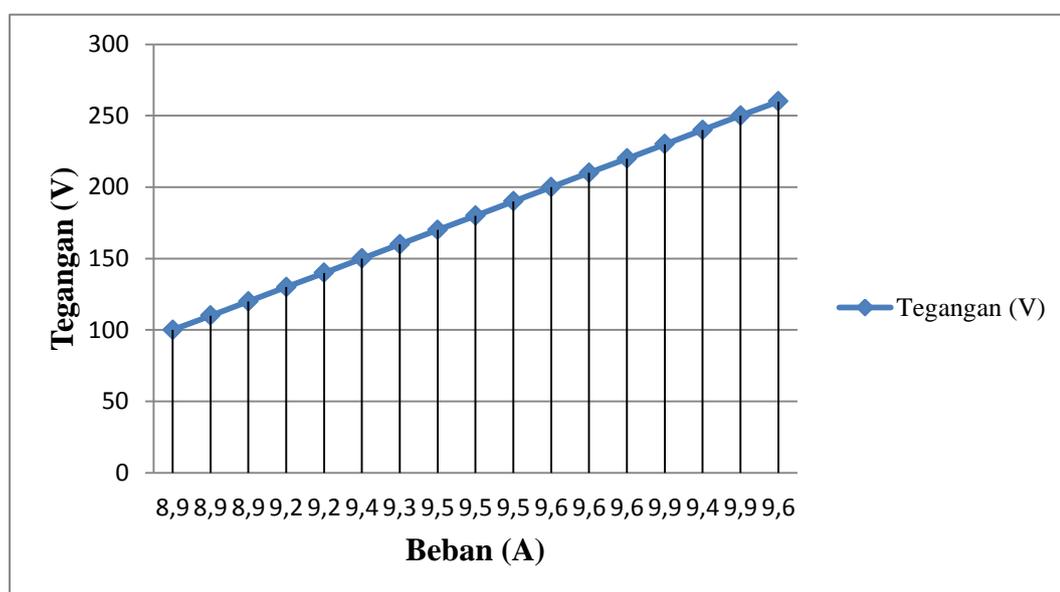
Untuk lebih jelasnya lihat tabel 4.1 di bawah ini :

Tabel 4.1 Data Pengujian Sistem Proteksi

No.	Tegangan (V)	Frekuensi (F)	Putaran Generator (Rpm)	Beban (A)	Hasil
1.	100	28,7	1722	8,9	Terproteksi
2.	110	30,5	1830	8,9	Aman
3.	120	31,4	1884	8,9	Aman
4.	130	33,1	1986	9,2	Aman
5.	140	36,8	2208	9,2	Aman
6.	150	41,7	2502	9,4	Aman
7.	160	40,2	2412	9,3	Aman
8.	170	44,3	2658	9,5	Aman
9.	180	46,6	2796	9,5	Aman
10.	190	47,9	2874	9,5	Aman
11.	200	49,7	2982	9,6	Aman
12.	210	50,7	3042	9,6	Aman
13.	220	52,5	3150	9,6	Aman
14.	230	55,8	3348	9,9	Aman
15.	240	49,3	2958	9,4	Aman
16.	250	68,5	4110	9,9	Terproteksi
17.	260	68,7	4122	9,6	Terproteksi

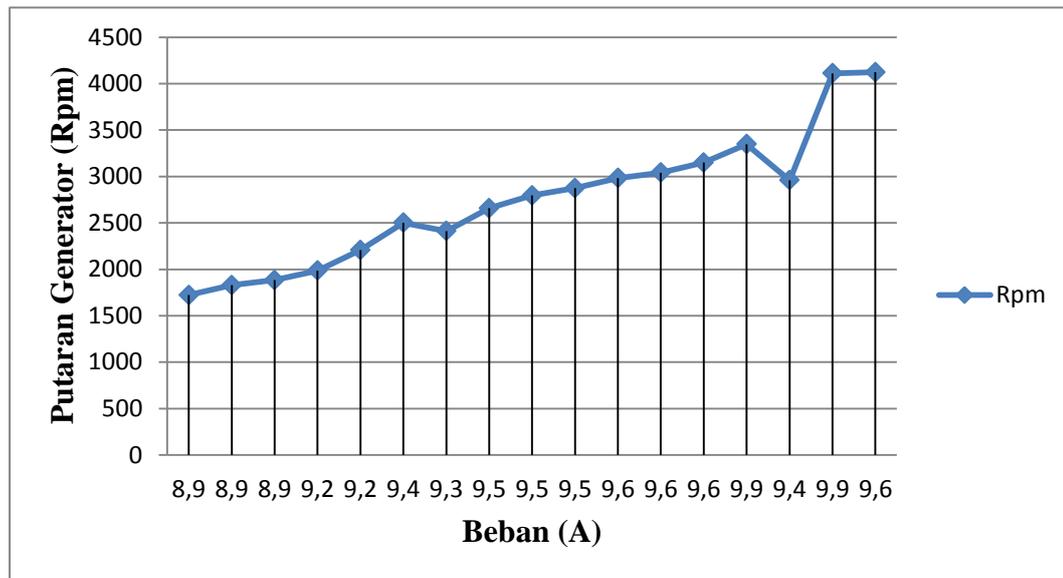
Dari tabel 4.1, terlihat beban yang tidak stabil mengakibatkan tidak frekuensi juga tidak stabil. Untuk menjaga peralatan pada sisi pembangkit dan beban, maka dibutuhkan adanya sistem proteksi tegangan dan frekuensi menggunakan Modul Deep Sea Elektronik 3110 agar peralatan tersebut lebih aman dan masa pakainya lebih lama.

Berdasarkan tabel tersebut, maka kita bisa membuat grafik tegangan terhadap beban dan putaran pada generator (Rpm) terhadap beban adalah sebagai berikut :



Gambar 4.1 Grafik Tegangan (V) Terhadap Beban (A)

Berdasarkan dari gambar 4.1, terlihat bahwa jika tegangan kita naikkan per 10 volt, maka beban bisa saja berubah bisa saja tidak (tergantung dari pemakaian konsumen), karena yang di pengaruhi oleh beban adalah Frekuensi. Tegangan bisa kita atur dari *Valve* pipa pada sisi pembangkit. Untuk lebih jelasnya lagi perhatikan gambar grafik berikut ini :



Gambar 4.2 Grafik Putaran Generator (Rpm) Terhadap Beban (A)

Berdasarkan dari gambar 4.2, terlihat bahwa putaran generator menjadi tidak stabil jika beban juga tidak stabil. Karena beban mempengaruhi kinerja dari Generator yang menyebabkan tidak stabilnya putaran dari generator (Rpm).

4.2 Peranan Deep Sea Elektronik 3110 Sebagai Alat Proteksi

Modul Deep Sea Elektronik 3110 adalah modul yang sudah banyak dipakai untuk kebutuhan sinkron dan dapat berfungsi untuk mengatur, mengontrol, memonitor dan mensupervisi suatu sistem *back up emergency* baik dari *mains supply (ongrid)* maupun dari *standby emergency power (Generator Set)*.

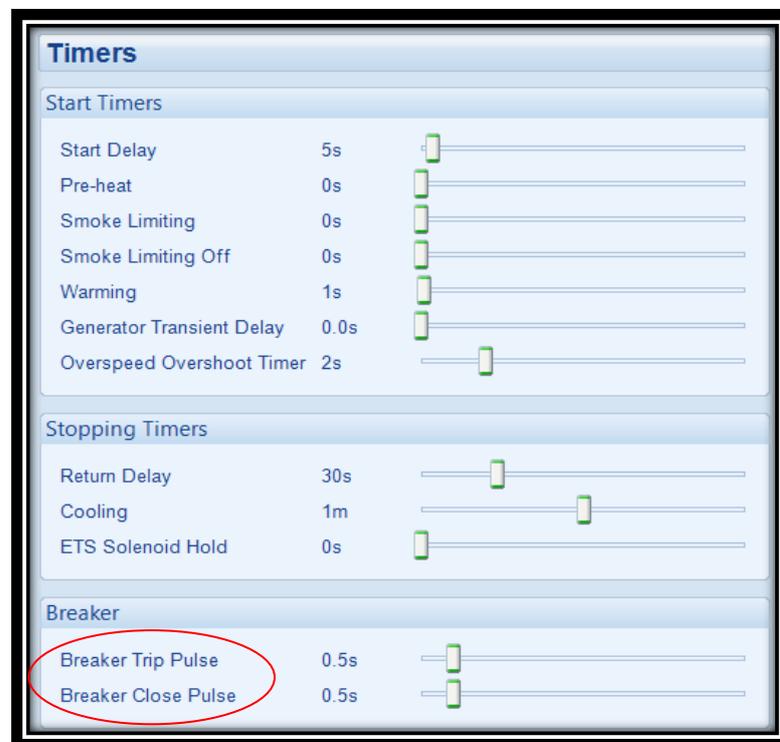
Peranan Deep Sea Elektronik 3110 dalam penelitian ini adalah sebagai alat proteksi Tegangan dan Frekuensi sebelum menuju ke beban (konsumen). Apabila terjadinya beban puncak, maka sistem pembangkit akan mengalami perubahan Tegangan dan Frekuensi secara tiba-tiba (tidak stabil), maka dari itu sistem

proteksi ini dibuat guna untuk melindungi peralatan yang ada pada sistem pembangkit mengingat peralatan tersebut yang mahal harganya.

Dengan adanya sistem proteksi ini, semoga peralatan baik yang ada di sisi pembangkit, di panel distribusi maupun di bagian beban (konsumen) dapat terjaga dengan baik sehingga biaya untuk perawatan PLTMH Bintang Asih akan berkurang.

4.3 Kecepatan Deep Sea Elektronik 3110 Memproteksi Adanya Gangguan

Seperti yang telah di jelaskan pada subbab 3.3.2 Langkah-Langkah Perakitan Sistem Proteksi pada bagian Pengontrolan Modul Deep Sea 3110, maka kecepatan sistem memproteksi adanya gangguan bisa di setting melalui software *DSE Configuration Suite*. Pengontrolan ini bisa di setting pada Menu *Timers*. Untuk lebih jelasnya perhatikan gambar berikut ini :



Gambar 4.3 Pengontrolan *Timers* pada Modul Deep Sea Elektronik 3110

Untuk melakukan settingan seberapa cepat Deep Sea Elektronik memproteksi adanya gangguan maka kita bisa men-settingnya pada bagian *Breaker*. Disini peneliti men-setting di 0,5s untuk *Breaker Trip Pulse* dan 0,5s untuk *Breaker Close Pulse*. Maksudnya jika terjadi adanya gangguan maka selama 0,5s sistem akan memproteksi dan segera membunyikan *Buzzer* sebagai pengingat Operator untuk cepat datang ke panel distribusi untuk meng-offkan Deep Sea Elektronik 3110 demi menjaga peralatan pada sistem pembangkit dan pembebanan.

BAB V

PENUTUP

5.1 Kesimpulan

Dari hasil perancangan dan pengujian dapat diambil beberapa kesimpulan, diantaranya:

1. Tegangan bisa kita atur dari *Valve* pipa di sistem pembangkit, namun Frekuensi tidak, karena Frekuensi dipengaruhi oleh beban, jika beban bertambah maka frekuensi semakin menurun.
2. Peranan dari Deep Sea Elektronik 3110 di PLTMH Bintang Asih adalah sebagai mengatur, mengontrol, memonitor dan mensupervisi. Tujuan utamanya adalah sebagai sistem proteksi *Under* dan *Over Voltage* serta menjaga ketidakstabilan Frekuensi akibat *Prime Mover* (penggerak mula) yang tidak stabil.
3. Untuk membaca Tegangan dan Frekuensi maka Deep Sea Elektronik 3110 membutuhkan waktu 0.5s, sehingga Modul Deep Sea tersebut dapat memproteksi adanya gangguan atau tidak demi mengamankan peralatan yang ada pada sisi pembangkit maupun pembebanan.

5.2 Saran

Dari hasil perancangan dan pengujian dapat diambil beberapa saran, diantaranya:

1. Karena sensitifitas sensor Deep Sea Elektronik 3110 sangat tinggi, maka perlu dilakukan perawatan berkala agar kinerja dari alat tersebut lebih optimal. Bukan hanya Modul Deep Sea Elektronik 3110 saja yang

membutuhkan perawatan berkala, peralatan pada sisi pembangkit dan pembebanan juga perlu agar semua peralatan yang ada di PLTMH Bintang Asih tetap terjaga dan tidak terjadi kerusakan.

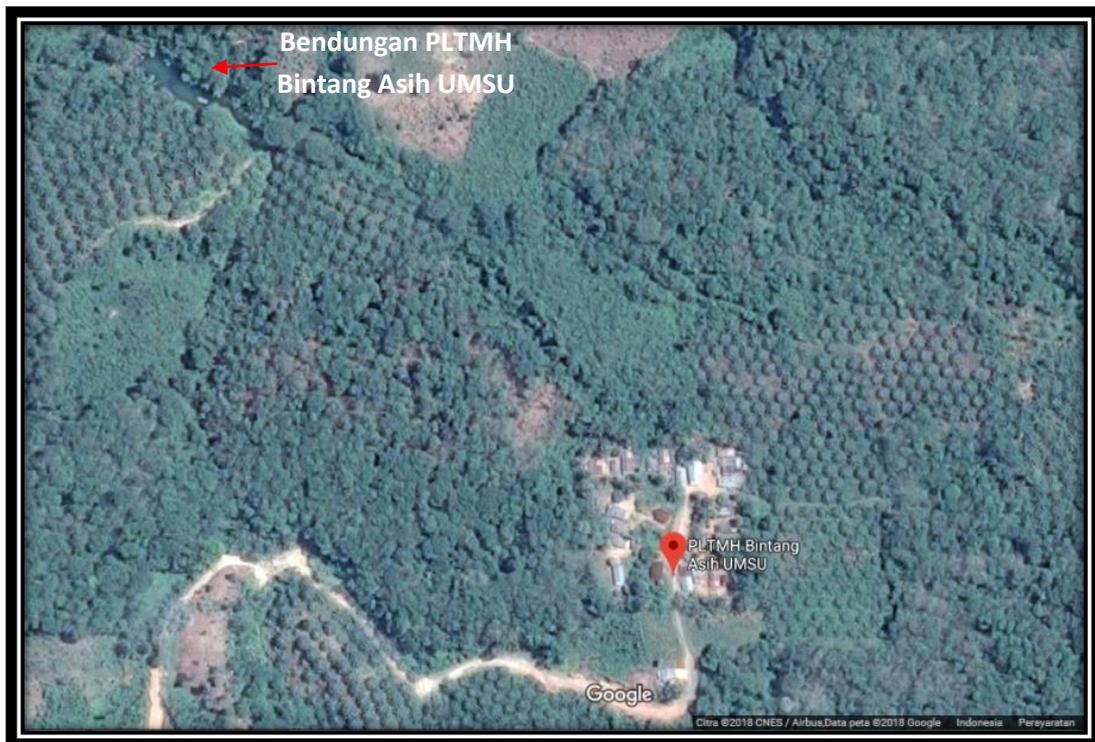
2. Modul Deep Sea Elektronik 3110 adalah perangkat elektronik yang membutuhkan sistem *grounding* yang baik sehingga membutuhkan sistem *grounding* tersendiri.
3. Untuk menjaga kontinuitas debit air dimusim kemarau, diharapkan untuk warga setempat menjaga kelestarian hutan disepanjang daerah aliran sungai Dusun Bintang Asih agar PLTMH Bintang Asih tetap berjalan dengan prosedur yang diinginkan.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] A. Rohermanto, “Pembangkit Listrik Tenaga Mikrohidro (PLTMH),” *Pembangkit List. Tenaga Mikrohidro*, vol. 4, no. 1, pp. 28–36, 2007.
- [2] M. Rizal Firmansyah, Ir. Teguh Utomo, MT, Ir. Hery Purnomo, “Perancangan Pembangkit Listrik Tenaga Mikrohidro Gunung Sawur unit 3 Lumajang,” in *Perancangan Pembangkit Listrik Tenaga Mikrohidro Gunung Sawur unit 3 Lumajang*, pp. 1–9.
- [3] Gianda.R.J.Wungow, “Sistem Kontrol Pembangkit Hybrid Dengan Menggunakan Arduino Uno,” Manado, 2016.
- [4] D. Damara, “Rancang Bangun Pengatur Beban Otomatis Menggunakan Kontrol PID Sebagai Penstabil Tegangan Pada Pembangkit Listrik Tenaga Mikrohidro,” *Rancang Bangun Pengatur Beban Otomatis Menggunakan Kontrol PID Sebagai Penstabil Tegangan Pada Pembangkit Listrik Tenaga Mikrohidro*, Padang, pp. 1–95, 2016.
- [5] M. Hariansyah, “Peranan Pembangkit Listrik Tenaga Mikrohidro (PLTMH) Di Pedesaan Sebagai Solusi Krisis Energi Listrik Di Pedesaan,” *Peran. Pembangkit List. Tenaga Mikrohidro Di Pedesaan Sebagai Solusi Krisis Energi List. Di Pedesaan*, vol. 9, no. 1, pp. 1–31, 2010.
- [6] A. Subandono, “PLTMH (Pembangkit Listrik Tenaga Mikrohidro),” *PLTMH (Pembangkit Listrik Tenaga Mikrohidro)*, Kediri, pp. 1–12.
- [7] S. Sukamta and A. Kusmantoro, “Perencanaan Pembangkit Listrik Tenaga Mikro Hidro (PLTMH) Jantur Tabalas Kalimantan Timur,” *Perenc. Pembangkit List. Tenaga Mikro Hidro Jantur Tabalas Kalimantan Timur*, vol. 5, no. 2, pp. 58–63, 2013.
- [8] Z. P. Teguh Eko Prasetyo, “Studi Proteksi Pada Pembangkit Listrik Tenaga Minihidro (PLTM) Silau 2 Tonduhan Kabupaten Simalungun,” *Stud. Prot. Pada Pembangkit List. Tenaga Minihidro Silau 2 Tonduhan Kabupaten Simalungun*, vol. 2, no. 3, pp. 113–118, 2013.
- [9] T. Awad, M. R. Kirom, and R. F. Iskandar, “Rancang Bangun Sistem Kontrol Distribusi Daya Berbasis Electronic Load Controller (ELC) Pada Genset 1200 Watt,” 2014.

- [10] T. Taofeq, B. Anggoro, and T. Arfianto, "Perancangan Sistem Kelistrikan Pada Pusat Listrik Tenaga Minihidro Lapai 2x2000 KW di Sulawesi Tenggara," *Peranc. Sist. Kelistrikan Pada Pus. List. Tenaga Minihidro Lapai 2x2000 KW di Sulawesi Tenggara*, vol. 1, no. 2, pp. 109–118, 2013.
- [11] C. Yohannes, M. I. Hasyimi, A. Wahyu, and F. A. Samman, "Perancangan Sistem Kontrol Frekuensi-Beban pada PLTMH Matano Kabupaten Luwu Timur," in *Perancangan Sistem Kontrol Frekuensi-Beban pada PLTMH Matano Kabupaten Luwu Timur Christoforus*, 2015, pp. 1–6.
- [12] H. Wibowo and A. M. B. A. A. Daud, "Kajian Teknis Dan Ekonomi Perencanaan Pembangkit Listrik Tenaga Mikrohidro (Pltmh) Di Sungai Lematang Kota Pagar Alam," *Kaji. Tek. Dan Ekon. Perenc. Pembangkit List. Tenaga Mikrohidro (Pltmh) Di Sungai Lematang Kota Pagar Alam*, vol. 4, no. 1, pp. 34–41, 2015.
- [13] A. Nugroho, "Daya Terserap Pembangkit Listrik Tenaga Mikrohidro Karangtalun Yang Digabung Dengan PT. PLN (Persero) Rayon Boja Area Semarang," Semarang.
- [14] A. M. S. Saragih, "Studi Pemodelan Electronic Load Controller (ELC) Sebagai Alat Pengatur Beban Pembangkit Listrik Tenaga Mikrohidro," Bandung.
- [15] P. N. Sriwijaya, "Dasar-Dasar Sistem Proteksi," in *Dasar-Dasar Sistem Proteksi*, 2010, pp. 8–29.
- [16] Z. Cahayahati, Syafii, Ija Darmana, "Pengembangan Sistem Proteksi Digital Arus Lebih Berbasis Logika Fuzzy Sebagai Pengaman PLTMH," *Pengemb. Sist. Prot. Digit. Arus Lebih Berbas. Log. Fuzzy Sebagai Pengaman PLTMH*, vol. 2, no. 2, pp. 1–7, 2013.
- [17] N. L. M. Ardianto, Firdaus, "Analisis Kinerja Sistem Proteksi Berdasarkan Frekuensi Gangguan Di Gardu Induk 150 KV Garuda Sakti," *Anal. Kinerja Sist. Prot. Berdasarkan Frekuensi Gangguan Di Gardu Induk 150 KV Garuda Sakti*, vol. 4, no. 1, pp. 1–8, 2017.

LAMPIRAN



Gambar Bendungan PLTMH Bintang Asih UMSU Via Google Maps



Gambar Rumah PLTMH Bintang Asih UMSU



Gambar Generator PLTMH Bintang Asih UMSU



Gambar Turbin PLTMH Bintang Asih UMSU

Spesifikasi Modul Deep Sea Elektronik 3110

DSE3110

MANUAL & AUTO START CONTROL MODULE

FEATURES



KEY FEATURES

- Back-lit icon LCD display
- Front panel editing
- LED and LCD alarm indication
- Power Save mode
- CAN and Magnetic Pick-up/Alt. versions available (specify on ordering)
- PC configurable
- 6 Digital inputs
- 4 Outputs (2 configurable on Magnetic Pick up/Alt., 4 configurable on CAN version)
- Configurable timers and alarms
- Alternative configuration
- Remote Start input

- Generator voltage display
- Generator frequency display
- Battery voltage display
- Engine speed display
- Hours counter
- Engine pre-heat
- Comprehensive shutdown or warning on fault condition

KEY BENEFITS

- Tamper-proof hours counter provides accurate information for monitoring and maintenance periods
- Multiple engine parameters are monitored simultaneously

- Module can be configured to suit individual applications
- Suitable for engine only applications
- Compatible with a wide range of CAN engines
- Uses DSE Configuration Suite PC software for simplified configuration
- IP65 rating (with optional gasket) offers increased resistance to water ingress
- Licence-free PC software

SPECIFICATION

DC SUPPLY

CONTINUOUS VOLTAGE RATING
8 V to 35 V Continuous

CRANKING DROPOUTS

Able to survive 0 V for 50 mS, providing supply was at least 10 V before dropout and supply recovers to 5 V. This is achieved without the need for internal batteries

CHARGE FAIL/ EXCITATION

8 V to 35 V fixed power source 2.5 W

NOMINAL STANDBY CURRENT

23 mA at 12 V, 18 mA at 24 V

MAXIMUM OPERATING CURRENT

35 mA at 12 V, 30 mA at 24 V

OUTPUTS

OUTPUT A (FUEL)
2 A DC at supply voltage

OUTPUT B (START)
2 A DC at supply voltage

AUXILIARY OUTPUTS C,D
2 A DC at supply voltage

GENERATOR

VOLTAGE RANGE
15 V - 333 V AC (L-N)

FREQUENCY RANGE
3.5 Hz to 75 Hz

MAGNETIC PICK UP VOLTAGE RANGE
+/- 0.5 V to 70 V

FREQUENCY RANGE
10,000 Hz (max)

DIMENSIONS

OVERALL
98 mm x 79 mm x 40 mm
3.9" x 3.1" x 1.6"

PANEL CUT-OUT
80 mm x 68 mm
3.1" x 2.7"

MAXIMUM PANEL THICKNESS
8 mm
0.3"

3 SPECIFICATIONS

3.1 POWER SUPPLY REQUIREMENTS

Minimum supply voltage	8V continuous
Cranking dropouts	Able to survive 0V for 50mS providing the supply was at least 10V before the dropout and recovers to 5V afterwards.
Maximum supply voltage	35V continuous (60V protection)
Reverse polarity protection	-35V continuous
Maximum operating current 3110-001-xx to 3110-005-xx	30mA at 24V 35mA at 12V
Maximum operating current 3110-006-xx onwards	76mA at 24V 61mA at 12V
Nominal standby current 3110-001-xx to 3110-005-xx	23mA at 24V 18mA at 12V
Nominal standby current 3110-006-xx onwards	45mA at 24V 43mA at 12V
Maximum Power Save mode current*	3.5mA at 24V 3.5mA at 12V

NOTE: - * Power Save mode is a configurable item. If enabled, the module switches to Power Save mode when in STOP mode for more than 1 minute (60 seconds)

Plant supply instrumentation display

Range	0V-60V DC (note Maximum continuous operating voltage of 35V DC)
Resolution	0.1V
Accuracy	1% full scale

3.2 TERMINAL SPECIFICATION

Connection type	Screw terminal, rising clamp, no internal spring
Min cable size	0.5mm ² (AWG 24)
Max cable size	2.5mm ² (AWG 10)

3.3 GENERATOR VOLTAGE / FREQUENCY SENSING

Measurement type	True RMS conversion
Sample Rate	5KHz or better
Harmonics	Up to 11 th or better
Input Impedance	300K Ω ph-N
Phase to Neutral	15V to 333V AC (max)
Phase to Phase	25V to 576V AC (max)
Common mode offset from Earth	100V AC (max)
Resolution	1V AC phase to neutral 2V AC phase to phase
Accuracy	$\pm 1\%$ of full scale phase to neutral $\pm 2\%$ of full scale phase to phase
Minimum frequency	3.5Hz
Maximum frequency	75.0Hz
Frequency resolution	0.1Hz
Frequency accuracy	± 0.2 Hz

3.4 INPUTS

3.4.1 DIGITAL INPUTS

Number	6
Arrangement	Contact between terminal and ground
Low level threshold	40% of DC supply voltage
High level threshold	60% of DC supply voltage
Maximum input voltage	DC supply voltage positive terminal
Minimum input voltage	DC supply voltage negative terminal
Contact wetting current 3110-001-xx to 3110-005-xx	2.5mA @ 12V typical 5mA @ 24V typical
Contact wetting current 3110-006-xx onwards	2.7mA @ 12V typical 5.5mA @ 24V typical
Open circuit voltage	Plant supply

3.4.2 CHARGE FAIL INPUT

Minimum voltage	0V
Maximum voltage	35V (plant supply)
Resolution	0.2V
Accuracy	± 1% of max measured voltage
Excitation	Active circuit constant power output
Output Power	2.5W Nominal @ 12V and 24V
Current at 12V	210mA
Current at 24V	105mA

3.4.3 MAGNETIC PICKUP

Type	Single ended input, capacitive coupled
Minimum voltage	0.5V RMS
Max common mode voltage	±2V
Maximum voltage	Clamped to ±70V by transient suppressers, dissipation not to exceed 1W.
Maximum frequency	10,000Hz
Resolution	6.25 RPM
Accuracy	±25 RPM
Flywheel teeth	10 to 500

3.5 OUTPUTS

3.5.1 OUTPUTS A & B (FUEL AND START)

Type	Fuel (A) and Start (B) outputs. Supplied from DC supply terminal 2. Fully configurable when CAN engine is selected.
Rating	2A @ 35V
Protection	Protected against over current & over temperature. Built in load dump feature.

3.5.2 CONFIGURABLE OUTPUTS C & D

Type	Fully configurable, supplied from DC supply terminal 2.
Rating	2A @ 35V
Protection	Protected against over current & over temperature. Built in load dump feature.

3.6 COMMUNICATION PORTS

USB Port	USB2.0 Device for connection to PC running DSE configuration suite only
CAN Port	Engine CAN Port Standard implementation of 'Slow mode', up to 250K bits/s Non Isolated. Internal Termination provided (120Ω)

3.7 ACCUMULATED INSTRUMENTATION

▲NOTE : When an accumulated instrumentation value exceeds the maximum number as listed below, it will reset and begin counting from zero again.

Engine hours run	Maximum 99999 hrs 59 minutes (approximately 11yrs 4months)
Number of starts	1,000,000 (1 million)

3.8 DIMENSIONS AND MOUNTING

3.8.1 DIMENSIONS

99mm x 79 mm x 40mm (3.9" x 3.1" x 1.6")

3.8.2 PANEL CUTOUT

80mm x 68mm (3.2" x 2.7")

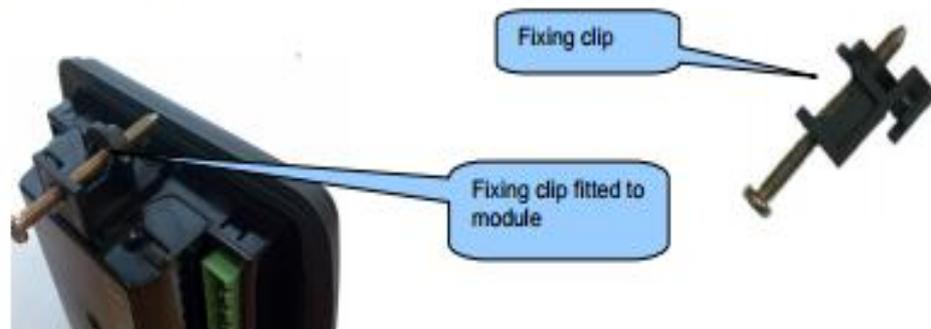
3.8.3 WEIGHT

89g (0.089kg)

3.8.4 FIXING CLIPS

The module is held into the panel fascia using the supplied fixing clips.

- Withdraw the fixing clip screw (turn anticlockwise) until only the pointed end is protruding from the clip.
- Insert the three 'prongs' of the fixing clip into the slots in the side of the 3000 series module case.
- Pull the fixing clip backwards (towards the back of the module) ensuring all three prongs of the clip are inside their allotted slots.
- Turn the fixing clip screws clockwise until they make contact with the panel fascia.
- Turn the screws a little more to secure the module into the panel fascia. Care should be taken not to over tighten the fixing clip screws.



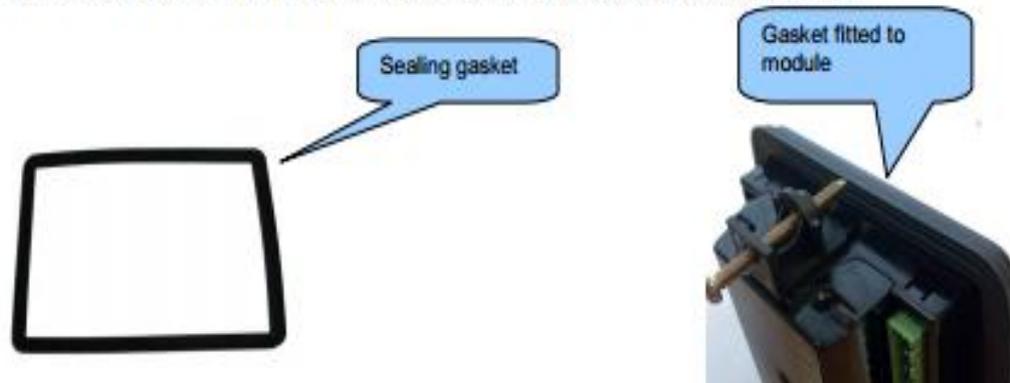
NOTE:- In conditions of excessive vibration, mount the panel on suitable anti-vibration mountings.

3.8.5 OPTIONAL SILICON SEALING GASKET

The optional silicon gasket provides improved sealing between the 3000 series module and the panel fascia.

The gasket is fitted to the module before installation into the panel fascia.

Take care to ensure the gasket is correctly fitted to the module to maintain the integrity of the seal.



PERANCANGAN SISTEM PROTEKSI MENGGUNAKAN MODUL DEEP SEA ELEKTRONIK 3110 PADA PLTMH BINTANG ASIH

Eko Prayogi¹, Rimbawati, S.T, M.T², Ir. Abdul Aziz H, M.M³

¹Mahasiswa dan ^{2,3}Dosen Fakultas Teknik

Program Studi Teknik Elektro

Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara (UMSU)

Jl. Kapt Mukhtar Basri No.3 Medan, Sumatera Utara

Homepage : www.umsu.ac.id

Email : prayogi176@gmail.com

ABSTRAK

Pembangkit Listrik Tenaga Mikrohidro (PLTMH) adalah suatu pembangkit listrik skala kecil yang mengubah energi potensial air menjadi energi mekanis, dengan cara memutar turbin dan generator untuk menghasilkan daya listrik skala kecil, yaitu sekitar 1 KW-100 KW. Pada sebuah pembangkit listrik, hal yang sangat perlu diperhatikan adalah kestabilan tegangan dan frekuensi keluaran yang dihasilkan oleh generator, hal ini diperlukan untuk menjaga agar peralatan pada konsumen tidak mengalami kerusakan. PLTMH sangat membutuhkan sistem proteksi yang mampu mengatasi jika terjadi gangguan baik dari dalam maupun dari luar sistem. Sistem proteksi tersebut menggunakan Modul Deep Sea Elektronik 3110 yang berguna untuk memproteksi adanya under dan over voltage serta memproteksi ketidakstabilan frekuensi. Sistem ini bekerja secara otomatis untuk memproteksi adanya gangguan, lalu di setting menggunakan software DSE 3110 Configuration Suite dengan kecepatan 0,5s. Apabila terjadinya over frequency 67,1 Hz, dan under frequency 27,9 Hz, begitu juga dengan over voltage 260 Volt dan under voltage 100 Volt maka Buzzer akan berbunyi sebagai indicator Alarm.

Kata Kunci: *Pembangkit Listrik Tenaga Mikrohidro, Deep Sea Elektronik 3110.*

PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Energi listrik merupakan salah satu kebutuhan yang sangat diperlukan untuk kehidupan saat ini. Karena segala aktivitas kehidupan manusia tidak bisa terlepas dari kebutuhan akan energi listrik, terutama untuk kebutuhan rumah tangga, sektor usaha dan industri. Begitu banyak permasalahan dalam memenuhi kebutuhan energi listrik tersebut, terutama diakibatkan besarnya ketergantungan kita terhadap Bahan Bakar Minyak (BBM), apalagi ditambah dengan naiknya BBM tentu akan semakin memberatkan pihak PLN untuk menyediakan energi listrik tersebut, sehingga konsekuensinya pemerintah menaikkan Tarif Dasar Listrik (TDL). Dampak dari hal ini diberlakukan maka akan menimbulkan masalah dan akan semakin memberatkan beban yang akan ditanggung oleh masyarakat, khususnya masyarakat pedesaan [1].

Indonesia merupakan negara kepulauan yang kaya akan sumber daya alam, namun belum dimanfaatkan secara optimal. Salah satu sumber daya alam yang ada di Indonesia adalah sumber energi air. Sumber energi mikrohidro adalah sumber energi yang memanfaatkan tenaga air dalam skala yang tidak begitu besar. Umumnya daerah terpencil yang terletak pada wilayah pegunungan mempunyai potensi energi air cukup besar, sehingga pembangkit listrik tenaga air skala mikro merupakan salah satu sumber energi yang dapat dikembangkan [2].

Sumatera Utara adalah salah satu Provinsi yang berpotensi cukup besar untuk mengembangkan Pembangkit Listrik Tenaga Mikrohidro (PLTMH), salah satunya sungai yang berada di Dusun Bintang Asih, Desa Rumah Sumbul, Kec. STM Hulu, Kab. Deli Serdang.

Biasanya Mikrohidro dibangun berdasarkan kenyataan bahwa adanya air yang mengalir di suatu daerah dengan kapasitas dan ketinggian yang memadai. Istilah kapasitas mengacu kepada jumlah volume aliran air persatuan waktu (*flow capacity*), sedangkan beda ketinggian daerah aliran sampai ke instalasi dikenal dengan istilah *head* [3].

PLTMH Bintang Asih tersebut saat ini berkapasitas 5 KW yang melayani sebanyak 28 Kepala Keluarga (KK). Apabila terjadi beban puncak, maka pembangkit akan mengalami perubahan tegangan dan frekuensi secara tiba-tiba (tidak stabil). Guna menjamin kontinuitas pelayanan, maka di sisi pembangkit membutuhkan sistem proteksi yang dapat memproteksi jika terjadi permasalahan di sisi beban.

Berdasarkan hal tersebut, maka perlu dilakukan perancangan sistem proteksi menggunakan Modul Deep Sea Elektronik 3110 pada PLTMH Bintang Asih, untuk mencegah terjadinya kerusakan pada sistem pembangkit, mengurangi kerusakan pada beban yang terjadi akibat adanya *Over* dan *Under Voltage* serta ketidakstabilan Frekuensi akibat *Prime Mover* (Penggerak Mula) yang tidak stabil. Penelitian ini berisi pembahasan tentang perancangan sistem proteksi Voltage, Frekuensi dan membaca kecepatan putaran pada Generator (Rpm) sebelum menuju ke beban (konsumen) dengan menggunakan Modul Deep Sea Elektronik 3110.

II. LANDASAN TEORI

2.1 Tinjauan Pustaka Relevan

Mikrohidro adalah sebuah istilah yang terbagi atas dua kata, mikro artinya kecil sedangkan hidro artinya air. Dalam prakteknya, istilah ini tidak merupakan sesuatu yang baku namun bisa dibayangkan bahwa mikrohidro pasti menggunakan air sebagai sumber energinya. Yang membedakan antara istilah Mikrohidro dengan Minihidro adalah output daya yang dihasilkan [4].

Mikrohidro mempunyai tiga komponen utama yaitu air sumber energi, turbin dan generator. Air yang mengalir dengan kapasitas tertentu disalurkan dengan ketinggian tertentu melalui pipa pesat menuju rumah instalasi (*power house*). Di rumah instalasi, air tersebut akan menumbuk turbin sehingga akan menghasilkan energi mekanik berupa berputarnya poros turbin. Putaran poros turbin ini akan memutar

generator sehingga dihasilkan energi listrik [5].

Pembangkit Listrik Tenaga Mikrohidro (PLTMH) merupakan pembangkit listrik berskala kecil. Namun, PLTMH harus memiliki sistem pengontrolan yang kompleks, seperti halnya pembangkit listrik yang berskala besar. Pembangkitan energi dan pengkonversian energi mekanik menjadi energi listrik hingga sampai penyaluran energi listrik, semuanya dikontrol dalam suatu sistem pada PLTMH. Selain sistem pembangkitan energi, sistem pengaman juga merupakan hal yang tidak bisa diabaikan dalam proses pembangkitan energi. Apabila terjadi gangguan, maka untuk mengisolir dan mencegah terjadinya kerusakan diperlukan suatu pengaman [6].

Pada dasarnya PLTMH perubahan beban akan berakibat langsung pada generator. Jika torsi turbin tidak diubah saat terjadi perubahan beban, maka frekuensi dan tegangan listrik yang dihasilkan akan berubah yang dapat mengakibatkan kerusakan baik di generator maupun di sisi beban. Karena itu, diperlukan suatu sistem proteksi yang dapat mencegah kerusakan ini terjadi [7].

Sistem proteksi adalah pengaman listrik pada sistem tenaga listrik yang terpasang pada : sistem distribusi tenaga listrik, trafo tenaga, transmisi tenaga listrik dan generator listrik yang dipergunakan untuk mengamankan sistem tenaga listrik dari gangguan listrik atau beban lebih, dengan cara memisahkan bagian sistem tenaga listrik yang terganggu. Sehingga sistem kelistrikan yang tidak terganggu dapat terus bekerja (mengalirkan arus ke beban atau konsumen). Jadi pada hakekatnya pengaman pada sistem tenaga listrik yaitu mengamankan seluruh sistem tenaga listrik supaya kehandalan tetap terjaga [8].

2.2 Pengertian Sistem Proteksi

Sistem proteksi adalah suatu sistem yang dipasang untuk pengamanan terhadap peralatan listrik, yang diakibatkan adanya gangguan teknis, gangguan alam, kesalahan operasi, dan penyebab lainnya.

Kehandalan suatu sistem tenaga listrik antara lain ditentukan oleh frekuensi pemadaman yang terjadi dalam sistem tersebut. Pemadaman yang terjadi pada sistem tenaga listrik biasanya disebabkan oleh gangguan, sehingga untuk mengatasi gangguan dan meningkatkan kehandalan sistem diperlukan sebuah mekanisme yang

dapat menghindari frekuensi pemadaman yang terlalu sering dalam jangka waktu yang lama. Mekanisme ini dalam sistem kelistrikan dikenal dengan istilah sistem proteksi (pengaman sistem).

Sistem pengaman tenaga listrik merupakan sistem pengaman pada peralatan - peralatan yang terpasang pada sistem tenaga listrik, seperti generator, bus bar, transformator, saluran udara tegangan tinggi, saluran kabel bawah tanah, dan lain sebagainya terhadap kondisi abnormal operasi sistem tenaga listrik tersebut.

Yang dimaksud dengan kondisi abnormal tersebut antara lain dapat berupa : hubung singkat, *over* dan *under voltage*, beban lebih, frekuensi yang tidak stabil dan lain-lain [9].

2.3 Tujuan Sistem Proteksi

Adapun beberapa tujuan dari sistem proteksi ini di buat adalah sebagai berikut :

1. Menghindari *over* dan *under voltage* serta ketidakstabilan *frequency*
2. Mencegah dan meminimalisir kerusakan pada komponen sistem
3. Menjaga kestabilan sistem tenaga listrik
4. Melindungi keselamatan personal dan masyarakat umum
5. Menghindari kecenderungan gangguan yang tidak dapat hilang dengan sendirinya [8].

2.4 Karakteristik Sistem Proteksi

Ada beberapa karakteristik yang perlu diketahui pada pemasangan suatu sistem proteksi dalam suatu rangkaian sistem tenaga listrik yaitu :

1. Kepekaan (*Sensitivity*)
Sensitifitas adalah istilah yang sering dikaitkan dengan harga besaran penggerak minimum, seperti level arus minimum, tegangan, daya dan besaran lain dimana rele dan skema proteksi masih dapat bekerja dengan baik. Suatu rele disebut sensitif bila parameter operasi utamanya rendah. Artinya, semakin rendah besaran parameter penggerak maka perangkat tersebut dikatakan semakin sensitif.
2. Kecepatan Operasi (*Speed of Operation*)
Fungsi sistem proteksi adalah untuk mengisolasi gangguan secepat dan sesegera mungkin. Tujuan utamanya adalah mengamankan kontinuitas pasokan daya dengan menghilangkan setiap gangguan sebelum gangguan tersebut berkembang ke arah yang

membahayakan stabilitas dan hilangnya sinkronasi sistem pada akhirnya dapat meruntuhkan sistem tenaga tersebut.

3. Selektifitas (*Selectivity*)

Selektifitas suatu sistem proteksi jaringan tenaga adalah kemampuan rele proteksi untuk melakukan *tripping* secara tepat sesuai rencana yang telah ditentukan pada waktu mendesain sistem proteksi tersebut. Dalam pengertian lain, suatu sistem proteksi sistem tenaga harus bisa kerja secara selektif sesuai klasifikasi dan jenis gangguan yang harus diamankan.

4. Kehandalan (*Reliability*)

Suatu sistem proteksi dikatakan handal apabila selalu berfungsi seperti yang diharapkan. Sistem proteksi dikatakan tidak handal jika gagal bekerja saat dibutuhkan dan bekerja pada saat proteksi itu tidak seharusnya bekerja.

5. Ekonomis

Suatu perencanaan teknik yang baik tidak terlepas tentunya dari pertimbangan nilai ekonomisnya. Suatu rele proteksi yang digunakan hendaknya ekonomis mungkin dengan tidak mengesampingkan fungsi dan keandalannya.

6. Sederhana (*Simplicity*)

Makin sederhana sistem relay semakin baik, mengingat setiap peralatan / komponen relay memungkinkan mengalami kerusakan. Jadi sederhana maksudnya kemungkinan terjadinya kerusakan kecil (tidak sering mengalami kerusakan).

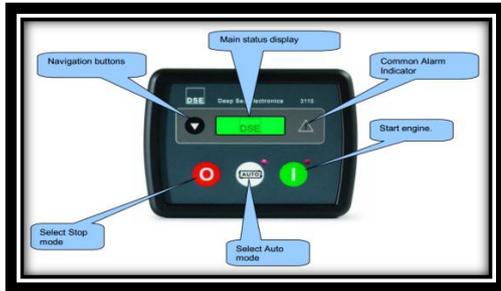
7. Proteksi Pendukung (*Back Up Protection*)

Proteksi pendukung (*back up protection*) merupakan susunan yang sepenuhnya terpisah dan yang bekerja untuk mengeluarkan bagian yang terganggu apabila proteksi utama tidak bekerja (*fail*).

2.5 Deep Sea Elektronik 3110

Modul Deep Sea Elektronik 3110 adalah modul yang sudah banyak dipakai untuk kebutuhan sinkron dan dapat berfungsi untuk mengatur, mengontrol, memonitor dan mensupervisi suatu sistem *back up emergency* baik dari *mains supply (ongrid)* maupun dari *standby emergency power (Generator Set)*. *Deep sea* juga mempunyai fasilitas *load sharing, synchronizing, dependent start stop*, dan lain lain. Bahkan mengontrol dan memonitor dapat diakses

dengan jarak jauh baik menggunakan kabel data ataupun modem. *Module Deep Sea Elektronik 3110* dapat dilihat pada gambar dibawah ini :



Gambar 2.1 Deep Sea Elektronik 3110

Sumber : DSE3110-Data-Sheet-USA

Dari gambar diatas dapat dijelaskan mengenai tombol-tombol dan fasilitas yang ada pada modul Deep Sea 3110 :

5. *Button Select Stop/Reset Mode*, , adalah tombol yang berfungsi untuk menghapus setiap kondisi alarm dan menginstruksikan circuit breaker generator untuk membuka serta dapat untuk menghentikan generator.
6. *Button Select Auto Mode*, , adalah tombol yang berfungsi mengontrol generator secara otomatis. Modul akan memonitor input mulai jarak jauh dan sekali permintaan awal dibuat, set akan secara otomatis dimulai dan ditempatkan pada beban.
7. *Button Select Start Mode*, , adalah tombol yang berfungsi untuk menghidupkan modul secara manual.
8. *Button Select Page Mode*, , adalah tombol yang berfungsi untuk mengganti layar untuk beberapa instrument.

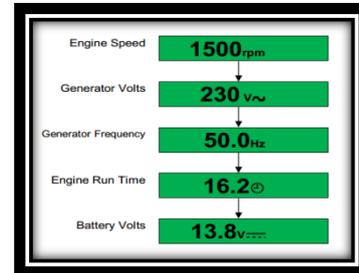
Adapun fasilitas lain yang ada pada *Modul Deep Sea 3110* antara lain :

3. *Common Alarm Indicator*, , berfungsi sebagai indikator alarm.
4. *Main Status Display*, , berfungsi sebagai tampilan status utama.

Main Status Display dari *Modul Deep Sea Elektronik 3110* berfungsi untuk memonitoring :

1. Putaran pada Generator (Rpm)
2. Tegangan pada Generator (Volt)
3. Frekuensi pada Generator (Hz)

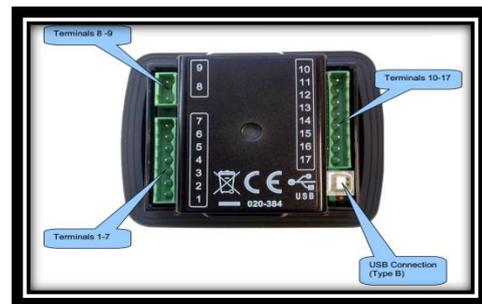
4. Waktu (jam) pada saat Generator berputar
5. Tegangan pada Baterai (Volt)



Gambar 2.2 Instrumen Display Deep Sea Elektronik 3110

Sumber : DSE3110-Data-Sheet-USA

Modul Deep Sea Elektronik 3110 mempunyai 1-17 terminal dan USB yang masing-masing mempunyai uraian sebagai berikut :



Gambar 2.3 Tampak Bagian Belakang Modul Deep Sea Elektronik 3110

Sumber : DSE3110-Data-Sheet-USA

Tabel 2.2 Terminal Pada Modul Deep Sea Elektronik 3110

PIN No	DESCRIPTION	CABLE SIZE	NOTES
1	DC Plant Supply Input (Negative)	2.5mm ² AWG 13	
2	DC Plant Supply Input (Positive)	2.5 mm ² AWG 13	(Recommended Maximum Fuse 15A anti-surge) Supplies the module (2A anti-surge requirement) and all output relays
3	Output A (FUEL)	1.0mm ² AWG 18	Plant Supply Positive from terminal 2. 3 Amp rated.
4	Output B (START)	1.0mm ² AWG 18	Plant Supply Positive from terminal 2. 3 Amp rated.
5	Output C	1.0mm ² AWG 18	Plant Supply Positive from terminal 2. 3 Amp rated.
6	Output D	1.0mm ² AWG 18	Plant Supply Positive from terminal 2. 3 Amp rated.
D+ W/L	Charge fail / excite	2.5mm ² AWG 13	Do not connect to ground (battery negative). If charge alternator is not fitted, leave this terminal disconnected.

~	8	Generator Neutral (N) input	1.0mm ² AWG 18	Connect to generator Neutral terminal (AC)
	9	Generator L1 (U) voltage monitoring	1.0mm ² AWG 18	Connect to generator L1 (U) output (AC) (Recommend 2A fuse)
m ₂	10	Magnetic pickup Positive	0.5mm ² AWG 20	Connect to Magnetic Pickup device
	11	Magnetic pickup Negative	0.5mm ² AWG 20	Connect to Magnetic Pickup device
f ₊	12	Configurable digital input A	0.5mm ² AWG 20	Switch to negative
	13	Configurable digital input B	0.5mm ² AWG 20	Switch to negative
	14	Configurable digital input C	0.5mm ² AWG 20	Switch to negative
	15	Configurable digital input D	0.5mm ² AWG 20	Switch to negative
	16	Configurable digital input E	0.5mm ² AWG 20	Switch to negative
	17	Configurable digital input F	0.5mm ² AWG 20	Switch to negative

Sumber : DSE3110-Data-Sheet-USA

2.6 Gangguan Pada Sistem Tenaga Listrik

Adapun macam-macam gangguan yang sering terjadi pada sistem tenaga listrik seperti :

1. Gangguan Beban Lebih
Gangguan ini sebenarnya bukan gangguan murni, tetapi bila dibiarkan terus-menerus berlangsung dapat merusak peralatan listrik yang dialiri oleh arus tersebut.
2. Gangguan Hubung Singkat
Gangguan hubung singkat dapat terjadi antar fasa (3 fasa atau 2 fasa), 2 fasa ke tanah dan 1 fasa ke tanah yang sifatnya bisa temporer atau permanen.
3. Gangguan Tegangan Lebih
Gangguan tegangan lebih terjadi akibat adanya kelainan pada sistem tenaga listrik, seperti tegangan lebih karena adanya surja petir yang mengenai peralatan listrik.
4. Gangguan Ketidakstabilan
Gangguan ini disebabkan karena adanya gangguan hubung singkat di sistem tenaga listrik atau lepasnya pembangkit yang dapat menyebabkan unit-unit pembangkit lepas sinkron.

Untuk mengurangi akibat-akibat negatif dari berbagai macam gangguan tersebut, maka diperlukan adanya rele proteksi.

2.7 Tegangan Listrik (*Electric Voltage*)

Tegangan Listrik adalah jumlah energi yang dibutuhkan untuk memindahkan unit muatan listrik dari satu tempat ke tempat lainnya. Tegangan listrik yang dinyatakan dengan satuan Volt ini juga sering disebut

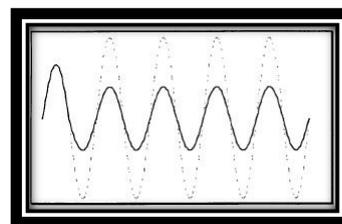
dengan beda potensial listrik karena pada dasarnya tegangan listrik adalah ukuran perbedaan potensial antara dua titik dalam rangkaian listrik. Suatu benda dikatakan memiliki potensial listrik lebih tinggi daripada benda lain karena benda tersebut memiliki jumlah muatan positif yang lebih banyak jika dibandingkan dengan jumlah muatan positif pada benda lainnya. Sedangkan yang dimaksud dengan Potensial listrik itu sendiri adalah banyaknya muatan yang terdapat dalam suatu benda.

Tegangan listrik dapat juga dianggap sebagai gaya yang mendorong perpindahan elektron melalui konduktor dan semakin tinggi tegangannya semakin besar pula kemampuannya untuk mendorong elektron melalui rangkaian yang diberikan. Apabila pada saat dua distribusi muatan listrik yang dipisahkan oleh jarak tertentu, maka akan terjadi kekuatan listrik diantara keduanya. Jika distribusinya memiliki muatan yang sama (kedua-duanya positif atau kedua-duanya negatif) maka saling berlawanan atau saling tolak menolak. Namun apabila dua distribusi muatan berbeda (satu positif dan satunya lagi negatif) maka akan menyebabkan gaya yang saling tarik-menarik. Pada saat kedua distribusi muatan tersebut disambungkan dengan rangkaian atau beban yang unit positifnya sedikit maka unit positif tersebut akan dipengaruhi oleh kedua distribusi muatan tersebut.

2.8 Under dan Over Voltage

Untuk meningkatkan kualitas daya listrik, perlu dilakukan pengurangan berbagai permasalahan yang menyebabkan buruknya kualitas daya listrik. Beberapa dari permasalahan tersebut adalah *under* dan *over voltage*.

Under dan *over voltage* termasuk ke dalam *long duration variation*, dimana waktu kejadiannya adalah lama. *Under voltage* adalah turunnya amplitudo tegangan Rms dalam waktu yang cukup lama (lebih dari 1 menit). *Over voltage* adalah naiknya amplitudo tegangan Rms dalam waktu yang cukup lama (lebih dari 1 menit).



Gambar 2.15 Under dan Over Voltage

Penyebab terjadinya *under voltage* adalah karena pengkawatan pada sistem yang kurang baik dan pembebanan yang berlebih pada sistem (*overloaded*). Sedangkan penyebab terjadinya *over voltage* adalah karena setting tap transformator yang kurang sesuai dan pembebanan yang kurang pada sistem (*underloaded*). Selain itu dapat disebabkan oleh AVR (*Automatic Voltage Regulator*) yang rusak.

2.9 Frekuensi

Frekuensi sebenarnya adalah karakteristik dari tegangan yg dihasilkan oleh generator. Jadi kalau dikatakan frekuensi 50 Hz, maksudnya tegangan yg dihasilkan suatu generator berubah-ubah nilainya terhadap waktu, nilainya berubah secara berulang-ulang sebanyak 50 *cycle* setiap detiknya. jadi tegangan dari nilai nol ke nilai maksimum (+) kemudian nol lagi dan kemudian ke nilai maksimum tetapi arahnya berbalik (-) dan kemudian nol lagi dan seterusnya (kalau digambarkan secara grafik akan membentuk gelombang sinusoidal) dan ini terjadi dalam waktu yg cepat sekali, 50 *cycle* dalam satu detik. Jadi kalau kita perhatikan beban listrik seperti lampu, sebenarnya sudah berulang kali tegangannya hilang (alias nol) tapi karena terjadi dalam waktu yg sangat cepat maka lampu tersebut tetap hidup.

Untuk menjaga kestabilan beban listrik dibutuhkan frekuensi yg tinggi supaya tegangan menjadi benar-benar halus (tidak terasa hidup-matinya). Tegangan yg berfrekuensi ini yg biasa disebut juga tegangan bolak-balik (*Alternating Current*) atau VAC, frekuensinya sebanding dengan putaran generator.

Secara formula :

$$N = \frac{F \times 120}{P} \dots\dots\dots (2.1)$$

Keterangan :

N = Putaran (Rpm)

F = Frekuensi (Hz)

P = Jumlah pasang kutub generator, umumnya P = 2

Dengan menggunakan rumus diatas, untuk menghasilkan frekuensi 50 Hz maka generator harus diputar dengan putaran N = 3000 Rpm, dan untuk menghasilkan frekuensi 60 Hz maka generator perlu diputar dengan putaran 3600 Rpm, jadi semakin kencang kita putar generatornya semakin besarlah frekuensinya. Kenapa gak

kita putar saja generatornya dengan putaran super kencang biar menghasilkan frekuensi yg besar sehingga tegangan benar-benar halus. Kalau kita ingin memutar generator maka kita membutuhkan turbine, semakin tinggi putaran yg kita inginkan maka semakin besarlah daya turbin yg dibutuhkan, dan selanjutnya semakin besarlah energi yg dibutuhkan untuk memutar turbin. Kalau sumber energinya air maka makin banyaklah air yg dibutuhkan.

Baik tegangan maupun frekuensi dari generator bisa berubah-ubah besarnya berdasarkan range dari beban nol ke beban penuh. sering kita temui spesifikasi menyebutkan tegangan plus minus 10% dan frekuensi plus minus 5%. Ini artinya sistem suplai listrik/generator harus di desain pada saat beban penuh tegangan tidak turun melebihi 10% dan pada saat beban nol tegangan tidak naik melebihi 10%, begitu juga dengan frekuensi.

2.10 Stabilitas Frekuensi

Stabilitas frekuensi mengacu pada kemampuan sistem tenaga untuk mempertahankan frekuensi stabil karena gangguan pada sistem yang menghasilkan ketidakseimbangan antara generator dan beban. Ketidakstabilan dapat mengakibatkan terjadi ayunan frekuensi berkelanjutan, menyebabkan *trip* unit pembangkit atau beban.

Stabilitas frekuensi merupakan kemampuan sebuah sistem tenaga listrik untuk mempertahankan frekuensi dengan kisaran nominal (berkisar antara 50-60 Hz) mengikuti gangguan sistem yang menghasilkan ketidakseimbangan yang signifikan antara pembangkitan dan beban. Hal ini bergantung pada kemampuan untuk mengembalikan keseimbangan antara sistem beban dan pembangkitan dengan meminimalisasi pelepasan/kehilangan beban.

Ketidakstabilan frekuensi dapat dicegah berdasarkan karakteristik dari proses peralatan pengaman yang aktif dalam beberapa detik seperti respon *under* frekuensi pelepasan beban dan kontrol dari generator yang bisa terjadi dalam puluhan detik sesuai respon dari penggerak utama. Stabilitas frekuensi mungkin menjadi fenomena jangka pendek atau fenomena jangka panjang. Contoh ketidakstabilan frekuensi jangka pendek adalah gangguan pada suatu sistem yang cukup dengan *under frequency* pelepasan beban dalam beberapa

detik sehingga frekuensi kembali normal walaupun terjadi pemadaman sebagian sistem. Di sisi lain, situasi fenomena jangka panjang di mana ketidakstabilan frekuensi disebabkan oleh kontrol turbin yang mengalami *overspeed* sehingga kontrol dapat dinormalkan selama waktu puluhan detik hingga beberapa menit.

III. METODOLOGI PENELITIAN

3.1 Bahan Penelitian

Tabel 3.2 Komponen Rangkaian Deep Sea Elektronik 3110

No.	Komponen	Jumlah	Satuan
1.	Selector On/Off	1	Buah
2.	Selector Reset	1	Buah
3.	Volt Meter	1	Buah
4.	Ampere Meter	1	Buah
5.	Lampu Indikator	1	Buah
6.	Buzzer	1	Buah
7.	Relay 11515CX1	1	Buah
8.	Relay 02113EW	1	Buah
9.	Deep Sea Elektronik 3110	1	Buah
10.	Automatic Battery Charger	1	Buah
11.	Battery 12 VDC	2	Buah
12.	MCB 10 Ampere	2	Buah
13.	Kabel Ties	100	Buah
14.	Skun Kabel	100	Buah
15.	Kabel NYAF 1 mm ²	10	Meter

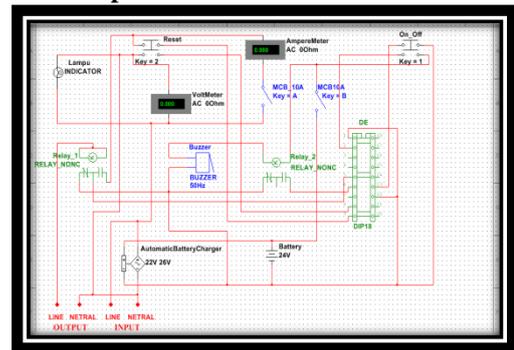
3.2 Alat Penelitian

Adapun peralatan yang digunakan dalam penelitian ini adalah sebagai berikut :

1. Tang Ampere Digital, berfungsi untuk mengukur arus listrik pada sebuah kabel konduktor yang dialiri arus listrik dengan menggunakan dua rahang penjepitya (*Clamp*) tanpa harus memiliki kontak langsung dengan terminal listrik.
2. Multimeter Digital, berfungsi untuk mengukur tegangan listrik baik tegangan AC maupun DC, arus listrik dan tahanan listrik (resistansi).
3. Tang *Crimping* (Tang Press), berfungsi untuk pegencang kabel lug terhadap kabel.
4. Obeng, berfungsi untuk memasang dan melepas skrup antar komponen.
5. Pisau Cutter, berfungsi untuk memotong sebuah benda. Penggaris, berfungsi untuk mengukur dan membuat garis lurus pada panel distribusi.

6. Tespen, berfungsi untuk mengecek atau mengetahui ada tidaknya suatu tegangan listrik.
7. Tang Potong, berfungsi untuk memotong kabel dan kawat serta berfungsi juga sebagai membuka tembaga pada kabel.
8. Spidol Permanent, berfungsi untuk memberi tanda (bacaan) pada panel distribusi.
9. Bor Listrik, berfungsi untuk membuat lubang pada panel distribusi.

3.3 Rangkaian Sistem Proteksi Modul Deep Sea Elektronik 3110



Gambar 3.1 Rangkaian Sistem Proteksi

3.4 Langkah-Langkah Perakitan Sistem Proteksi

Berikut ini adalah langkah-langkah perakitan sistem proteksi PLTMH Bintang Asih :

1. Perancangan dan Perakitan Box
Box yang digunakan berdimensi panjang 50 cm, lebar 15 cm dan tinggi 70 cm. Terdiri dari box utama untuk komponen-komponen dalam dan pintu sebagai cover serta tempat peralatan interaksi dan pemantauan.
2. Pemasakan *Duck* (Jalur Kabel)
Pemasangan duck dilakukan dengan memperhatikan tata letak dari komponen yang akan dipasang baik di dalam box utama maupun pada pintu box. Pembuatan duck ini juga memperhatikan rangkaian sehingga memudahkan tahap perakitan selanjutnya yaitu tahap *wiring*.
3. *Wiring* (Pengkabelan)
Tahap *wiring* dilaksanakan dengan memperhatikan gambar rancangan. Kabel yang digunakan adalah kabel jenis NYAF 1 mm².
4. Pengontrolan Modul Deep Sea Elektronik 3110
Tahapan pengontrolan Modul Deep Sea Elektronik 3110 adalah dengan

melakukan pemasukan data melalui software *DSE Configuration Suite* maka disitu kita akan men-setting seberapa cepat Deep Sea Elektronik 3110 ini bisa memproteksi adanya gangguan, men-setting *Under* dan *Over Voltage* serta *Under* dan *Over Frequency*. Untuk lebih jelasnya pengontrolan *Module Deep Sea Elektronik 3110* maka dapat dilihat pada gambar dibawah ini :



Gambar 3.2 Tampilan Awal *DSE Configuration Suite*



Gambar 3.3 Tampilan *DSE 3110 Configuration Suite*

Setelah muncul Tampilan *DSE 3110 Configuration Suite* maka, pilih “*Timers*”, setelah itu muncul tampilan dibawah ini :



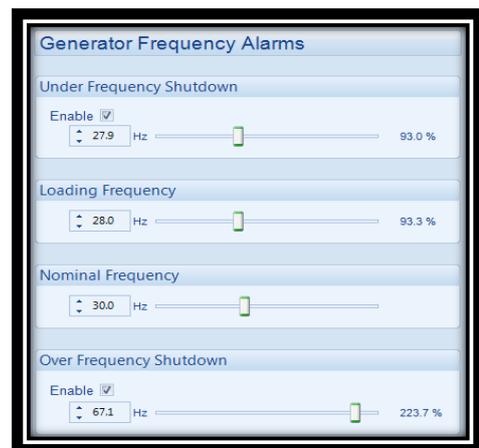
Gambar 3.4 Pengontrolan *Timers* pada Modul Deep Sea Elektronik 3110

Untuk melakukan settingan seberapa cepat Deep Sea Elektronik memproteksi adanya gangguan maka kita bisa men-settingnya pada bagian *Breaker*. Disini peneliti men-setting di 0,5s untuk *Breaker Trip Pulse* dan 0,5s untuk *Breaker Close Pulse*. Maksudnya jika terjadi adanya gangguan maka selama 0,5s sistem akan memproteksi dan segera membunyikan *Buzzer* sebagai pengingat Operator untuk cepat datang ke panel distribusi untuk meng-offkan Modul Deep Sea 3110 demi menjaga peralatan pada sistem pembangkitan dan pembebanan.

Tahapan settingan selanjutnya adalah pengontrolan Frekuensi dan Tegangan. Untuk lebih jelas dari pengontrolan *Module Deep Sea Elektronik 3110* maka dapat dilihat pada gambar dibawah ini :



Gambar 3.5 Pengontrolan *Voltage* pada Modul Deep Sea Elektronik 3110



Gambar 3.6 Pengontrolan *Frequency* pada Modul Deep Sea Elektronik 3110

Pengontrolan Tegangan dan Frekuensi dilakukan sesuai gambar dan settingan agar peralatan berjalan sesuai dengan yang direncanakan.

5. Pemasangan Komponen
Pemasangan komponen dilakukan sesuai dengan gambar rancangan dan alur wiring yang dilakukan.



Gambar 3.7 Hasil pemasangan komponen sistem proteksi

3.5 Prosedur Pengujian Sistem Proteksi

Berikut ini adalah langkah-langkah tahapan pengujiannya :

1. Membuka *Valve* pipa, sehingga air akan masuk ke Turbin dan akan menggerakkan Generator.
2. Setelah Generator berputar dan menghasilkan energi listrik, maka sesuaikan tegangan tersebut sesuai kebutuhan beban dengan cara mengatur *Valve* pada pipa.
3. Dengan adanya tegangan yang masuk, maka tegangan tersebut akan menuju ke sistem panel distribusi berkisar antara 200-220 Volt.
4. Lalu memposisikan MCB A dalam keadaan ON, dan secara otomatis tegangan masuk ke sistem panel distribusi, maka beban komplemen pun mulai bekerja untuk membackup beban sebelum beban di alirkan ke konsumen.
5. Setelah itu memposisikan *Selector ON/OFF* dalam keadaan ON, kemudian juga memposisikan *Selector Reset* dan dikembalikan dalam keadaan ON.
6. Menunggu respon Modul Deep Sea Elektronik 3110 yang sedang bekerja untuk memproteksi Tegangan dan Frekuensi yang masuk di Panel Distribusi.
7. Setelah Modul DSE 3110 tersebut bekerja, maka Modul DSE 3110 akan menampilkan informasi tentang Putaran Generator (Rpm), Tegangan pada Generator, Frekuensi pada Generator, Waktu (jam) pada saat Generator

berputar, Tegangan pada *Battery* pada Displaynya.

8. Jika Tegangan dan Frekuensi sudah sesuai dengan yang diinginkan (normal), maka kita bisa memposisikan MCB B dalam keadaan ON, dan secara otomatis Tegangan dan Frekuensi akan menuju ke beban sehingga peralatan pada sistem pembangkit dan kerusakan pada beban akan berkurang.
9. Jika Tegangan dan Frekuensi yang dihasilkan dari Generator tidak sesuai dengan yang diinginkan (tidak normal) walaupun kita memposisikan MCB B dalam keadaan ON, maka secara otomatis juga Tegangan dan Frekuensi tidak akan masuk ke beban karena tidak sesuai settingan pada Modul DSE 3110.
10. Dan bila posisi MCB B tetap dalam keadaan ON maka *Buzzer* pun akan berbunyi untuk mengingatkan Operator untuk memposisikan MCB dalam keadaan OFF serta untuk memposisikan *Selector Reset* dan *Selector ON/OFF* dalam keadaan OFF demi menjaga peralatan pada sistem pembangkit.

IV. HASIL DAN PEMBAHASAN

4.1 Pengujian Sistem Proteksi

Pada pengujian proteksi tegangan dan frekuensi terhadap beban ini dimulai dari tegangan 100-260 volt menggunakan Modul Deep Sea Elektronik 3110. Untuk lebih jelasnya lihat tabel 4.1 di bawah ini :

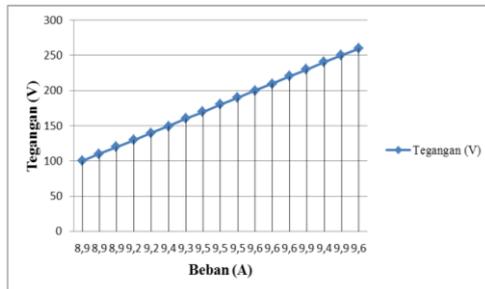
Tabel 4.2 Data Pengujian Sistem Proteksi

No.	Tegangan (V)	Frekuensi (F)	Putaran Generator (Rpm)	Beban (A)	Hasil
1.	100	28,7	1722	8,9	Terproteksi
2.	110	30,5	1830	8,9	Aman
3.	120	31,4	1884	8,9	Aman
4.	130	33,1	1986	9,2	Aman
5.	140	36,8	2208	9,2	Aman
6.	150	41,7	2502	9,4	Aman
7.	160	40,2	2412	9,3	Aman
8.	170	44,3	2658	9,5	Aman
9.	180	46,6	2796	9,5	Aman
10.	190	47,9	2874	9,5	Aman
11.	200	49,7	2982	9,6	Aman
12.	210	50,7	3042	9,6	Aman
13.	220	52,5	3150	9,6	Aman
14.	230	55,8	3348	9,9	Aman
15.	240	49,3	2958	9,4	Aman
16.	250	68,5	4110	9,9	Terproteksi
17.	260	68,7	4122	9,6	Terproteksi

Dari tabel 4.1, terlihat beban yang tidak stabil mengakibatkan tidak frekuensi juga tidak stabil. Untuk menjaga peralatan pada sisi pembangkit dan beban, maka dibutuhkan adanya sistem proteksi tegangan

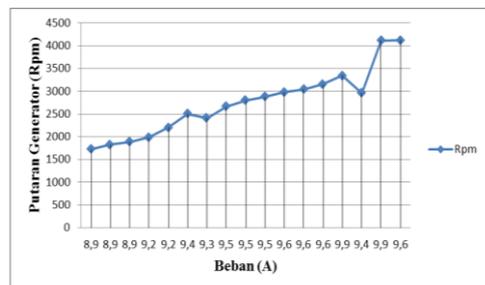
dan frekuensi menggunakan Modul Deep Sea Elektronik 3110 agar peralatan tersebut lebih aman dan masa pakainya lebih lama.

Berdasarkan tabel tersebut, maka kita bisa membuat grafik tegangan terhadap beban dan putaran pada generator (Rpm) terhadap beban adalah sebagai berikut :



Gambar 4.4 Grafik Tegangan (V) Terhadap Beban (A)

Berdasarkan dari gambar 4.1, terlihat bahwa jika tegangan kita naikkan per 10 volt, maka beban bisa saja berubah bisa saja tidak (tergantung dari pemakaian konsumen), karena yang di pengaruhi oleh beban adalah Frekuensi. Tegangan bisa kita atur dari Valve pipa pada sisi pembangkit. Untuk lebih jelasnya lagi perhatikan gambar grafik berikut ini :



Gambar 4.5 Grafik Putaran Generator (Rpm) Terhadap Beban (A)

Berdasarkan dari gambar 4.2, terlihat bahwa putaran generator menjadi tidak stabil jika beban juga tidak stabil. Karena beban mempengaruhi kinerja dari Generator yang menyebabkan tidak stabilnya putaran dari generator (Rpm).

4.2 Peranan Deep Sea Elektronik 3110 Sebagai Alat Proteksi

Modul Deep Sea Elektronik 3110 adalah modul yang sudah banyak dipakai untuk kebutuhan sinkron dan dapat berfungsi untuk mengatur, mengontrol, memonitor dan mensupervisi suatu sistem *back up*

emergency baik dari *mains supply (ongrid)* maupun dari *standby emergency power (Generator Set)*.

Peranan Deep Sea Elektronik 3110 dalam penelitian ini adalah sebagai alat proteksi Tegangan dan Frekuensi sebelum menuju ke beban (konsumen). Apabila terjadinya beban puncak, maka sistem pembangkit akan mengalami perubahan Tegangan dan Frekuensi secara tiba-tiba (tidak stabil), maka dari itu sistem proteksi ini dibuat guna untuk melindungi peralatan yang ada pada sistem pembangkit mengingat peralatan tersebut yang mahal harganya.

Dengan adanya sistem proteksi ini, semoga peralatan baik yang ada di sisi pembangkit, di panel distribusi maupun di bagian beban (konsumen) dapat terjaga dengan baik sehingga biaya untuk perawatan PLTMH Bintang Asih akan berkurang.

V. PENUTUP

5.1 Kesimpulan

Dari hasil perancangan dan pengujian dapat diambil beberapa kesimpulan, diantaranya:

4. Tegangan bisa kita atur dari Valve pipa di sistem pembangkit, namun Frekuensi tidak, karena Frekuensi dipengaruhi oleh beban, jika beban bertambah maka frekuensi semakin menurun.
5. Peranan dari Deep Sea Elektronik 3110 di PLTMH Bintang Asih adalah sebagai mengatur, mengontrol, memonitor dan mensupervisi. Tujuan utamanya adalah sebagai sistem proteksi *Under* dan *Over Voltage* serta menjaga ketidakstabilan Frekuensi akibat *Prime Mover* (penggerak mula) yang tidak stabil.
6. Untuk membaca Tegangan dan Frekuensi maka Deep Sea Elektronik 3110 membutuhkan waktu 0.5s, sehingga Modul Deep Sea tersebut dapat memproteksi adanya gangguan atau tidak demi mengamakkan peralatan yang ada pada sisi pembangkit maupun pembebanan.

5.2 Saran

Dari hasil perancangan dan pengujian dapat diambil beberapa saran, diantaranya:

1. Karena sensitifitas sensor Deep Sea Elektronik 3110 sangat tinggi, maka perlu dilakukan perawatan berkala agar kinerja dari alat tersebut lebih optimal. Bukan hanya Modul Deep Sea Elektronik 3110 saja yang membutuhkan perawatan berkala, peralatan pada sisi

- pembangkit dan pembebanan juga perlu agar semua peralatan yang ada di PLTMH Bintang Asih tetap terjaga dan tidak terjadi kerusakan.
2. Modul Deep Sea Elektronik 3110 adalah perangkat elektronik yang membutuhkan sistem *grounding* yang baik sehingga membutuhkan sistem *grounding* tersendiri.
 3. Untuk menjaga kontinuitas debit air dimusim kemarau, diharapkan untuk warga setempat menjaga kelestarian hutan disepanjang daerah aliran sungai Dusun Bintang Asih agar PLTMH Bintang Asih tetap berjalan dengan prosedur yang diinginkan.
- Electronic Load Controller (ELC) Sebagai Alat Pengatur Beban Pembangkit Listrik Tenaga Mikrohidro,” Bandung.
- [8] P. N. Sriwijaya, “Dasar-Dasar Sistem Proteksi,” in *Dasar-Dasar Sistem Proteksi*, 2010, pp. 8–29.
 - [9] Z. Cahayahati, Syafii, Ija Darmana, “Pengembangan Sistem Proteksi Digital Arus Lebih Berbasis Logika Fuzzy Sebagai Pengaman PLTMH,” *Pengemb. Sist. Prot. Digit. Arus Lebih Berbas. Log. Fuzzy Sebagai Pengaman PLTMH*, vol. 2, no. 2, pp. 1–7, 2013.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] A. Rohermanto, “Pembangkit Listrik Tenaga Mikrohidro (PLTMH),” *Pembangkit List. Tenaga Mikrohidro*, vol. 4, no. 1, pp. 28–36, 2007.
- [2] M. Rizal Firmansyah, Ir. Teguh Utomo, MT, Ir. Hery Purnomo, “Perancangan Pembangkit Listrik Tenaga Mikrohidro Gunung Sawur unit 3 Lumajang,” in *Perancangan Pembangkit Listrik Tenaga Mikrohidro Gunung Sawur unit 3 Lumajang*, pp. 1–9.
- [3] Gianda.R.J.Wungow, “Sistem Kontrol Pembangkit Hybrid Dengan Menggunakan Arduino Uno,” Manado, 2016.
- [4] A. Subandono, “PLTMH (Pembangkit Listrik Tenaga Mikrohidro),” *PLTMH (Pembangkit Listrik Tenaga Mikrohidro)*, Kediri, pp. 1–12.
- [5] S. Sukamta and A. Kusmantoro, “Perencanaan Pembangkit Listrik Tenaga Mikro Hidro (PLTMH) Jantur Tabalas Kalimantan Timur,” *Perenc. Pembangkit List. Tenaga Mikro Hidro Jantur Tabalas Kalimantan Timur*, vol. 5, no. 2, pp. 58–63, 2013.
- [6] Z. P. Teguh Eko Prasetyo, “Studi Proteksi Pada Pembangkit Listrik Tenaga Minihidro (PLTM) Silau 2 Tonduhan Kabupaten Simalungun,” *Stud. Prot. Pada Pembangkit List. Tenaga Minihidro Silau 2 Tonduhan Kabupaten Simalungun*, vol. 2, no. 3, pp. 113–118, 2013.
- [7] A. M. S. Saragih, “Studi Pemodelan

