

**ANALISA KAPASITAS BATERAI SEBAGAI SUMBER
CADANGAN DC**

PADA GI 150 kV SRONDOL ULTG SEMARANG

PT PLN (PERSERO) UPT SEMARANG

LAPORAN TUGAS AKHIR



Disusun oleh :

KUNTORO BANGUN SETYADJI

NIM. 30601401630

**PROGRAM STUDI TEKNIK ELEKTRO
FAKULTAS TEKNOLOGI INDUSTRI
UNIVERSITAS ISLAM SULTAN AGUNG
SEMARANG
2021**

**ANALISA KAPASITAS BATERAI SEBAGAI SUMBER
CADANGAN DC**

PADA GI 150 kV SRONDOL ULTG SEMARANG

PT PLN (PERSERO) UPT SEMARANG

LAPORAN TUGAS AKHIR

Diajukan sebagai salah satu syarat untuk memperoleh gelar Sarjana S1
Program Studi Teknik Elektro Fakultas Teknologi Industri
Univeritas Islam Sultan Agung Semarang



OLEH

KUNTORO BANGUN SETYADJI

30601401630

**PROGRAM STUDI TEKNIK ELEKTRO
FAKULTAS TEKNOLOGI INDUSTRI
UNIVERSITAS ISLAM SULTAN AGUNG
SEMARANG**

2021

SURAT PERNYATAAN

Yang bertanda tangan dibawah ini:

Nama : Kuntoro Bangun Setyadji
NIM : 30601401630
Jurusan : Teknik Elektro
Fakultas : Fakultas Teknologi Industri

Dengan ini saya menyatakan bahwa Tugas Akhir yang diajukan dengan judul **“ANALISA KAPASITAS BATERAI SEBAGAI SUMBER CADANGAN DC PADA GI 150 kV SRONDOL ULTG SEMARANG PT PLN (PERSERO) UPT SEMARANG”** adalah hasil karya sendiri, tidak pernah diajukan untuk memperoleh gelar kesarjanaan di perguruan tinggi lain maupun ditulis dan diterbitkan orang lain, kecuali secara tertulis diacu dalam daftar pustaka. Tugas Akhir ini adalah milik saya segala bentuk kesalahan dan kekeliruan dalam Tugas Akhir ini adalah tanggung jawab saya.

Demikian surat pernyataan ini saya buat dengan sadar dan penuh tanggung jawab.

Semarang, 28 Desember 2021

Yang Menyatakan



Kuntoro Bangun Setyadji

LEMBAR PENGESAHAN PEMBIMBING

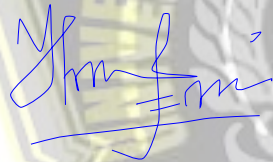
Laporan Tugas Akhir dengan judul “**ANALISA KAPASITAS BATERAI SEBAGAI SUMBER CADANGAN DC PADA GI 150 kV SRONDOL ULTG SEMARANG PT PLN (PERSERO) UPT SEMARANG**” ini disusun oleh:

Nama : KUNTORO BANGUN SETYADJI
NIM : 30601401630
Program Studi : Teknik Elektro

Telah disahkan dan disetujui oleh dosen pembimbing pada:

Hari : **Rabu**
Tanggal : **29 Desember 2021**

Pembimbing I



Ir. Ida Widiastuti, S.T.
NIDN : 0005036501

Pembimbing II



Muhammad Khosyi'in, S.T, M.T.
NIDN : 0602077901

Mengetahui,

Ka. Program Studi Teknik Elektro



Jenny Putri Hapsari, S.T, M.T.
NIDN : 0607018501

LEMBAR PENGESAHAN PENGUJI

Laporan Tugas Akhir dengan judul “ANALISA KAPASITAS BATERAI SEBAGAI SUMBER CADANGAN DC PADA GI 150 kV SRONDOL ULTG SEMARANG PT PLN (PERSERO) UPT SEMARANG” ini telah dipertahankan di depan Penguji sidang Tugas Akhir pada:

Hari : Rabu
Tanggal : 29 Desember 2021

Tim Penguji

Tanda Tangan

Jenny Putri Hapsari, ST, MT.
NIDN : 0607018501
Ketua

29/12/21

Dedi Nugroho, S.T., M.T.
NIDN : 0617126602
Penguji I

Bustanul Arifin, ST, MT.
NIDN : 0614117701
Penguji II

PERNYATAAN PERSETUJUAN PUBLIKASI ILMIAH

Yang bertanda tangan di bawah ini :

Nama : Kuntoro Bangun Setyadji
NIM : 30601401630
Program Studi : Teknik Elektro
Fakultas : Teknologi Industri
Alamat Asal : Pudukpayung Siroto No. 22 RT.05 RW.07
Kec Banyumanik, Semarang 50265
No. HP / Email : 081225476954 / kuntoro@std.unissula.ac.id

Dengan ini saya menyerahkan karya ilmiah berupa Tugas Akhir dengan judul **“ANALISA KAPASITAS BATERAI SEBAGAI SUMBER CADANGAN DC PADA GI 150 kV SRONDOL ULTG SEMARANG PT PLN (PERSERO) UPT SEMARANG”** dan menyetujui menjadi hak milik Universitas Islam Sultan Agung serta memberikan hak bebas royalti non-eksklusif untuk disimpan, dialih mediakan, dikelola dalam pangkalan data dan publikasinya di internet atau media lain untuk kepentingan akademis selama tetap mencantumkan nama penulis sebagai pemilik Hak Cipta.

Pernyataan ini saya buat dengan sungguh-sungguh. Apabila dikemudian hari terbukti ada pelanggaran Hak Cipta/ Plagiarisme dalam karya ilmiah ini, maka segala bentuk tuntutan hukum yang timbul akan saya tanggung secara pribadi tanpa melibatkan pihak Universitas Islam Sultan Agung

Semarang, 28 Desember 2021

Yang Menyatakan



Kuntoro Bangun Setyadji

KATA PENGANTAR

Puji dan syukur penulis panjatkan kehadiran Allah SWT, yang telah memberikan rahmat dan hidayah-Nya, sehingga penulis dapat menyelesaikan laporan tugas akhir ini dengan judul “Analisa Kapasitas Baterai Sebagai Sumber Cadangan DC Pada GI 150 kV Sronдол ULTG Semarang PT. PLN (Persero) UPT Semarang”.

Pada kesempatan ini penulis ingin menyampaikan terima kasih kepada :

1. Allah SWT, atas limpahan rahmat dan hidayah-Nya sehingga laporan tugas akhir ini dapat terselesaikan.
2. Ibu Dr. Ir. Novi Marlyana, S.T., M.T., selaku Dekan Fakultas Teknologi Industri Universitas Islam Sultan Agung Semarang.
3. Jenny Putri Hapsari, S.T., M.T., selaku Ketua Program Studi Teknik Elektro Fakultas Teknologi Industri Universitas Islam Sultan Agung Semarang
4. Ir. Ida Widiastuti, MT, sebagai Dosen Pembimbing I Teknik Elektro Universitas Islam Sultan Agung Semarang.
5. Muhammad Khosyi'in, ST., MT, sebagai Dosen Pembimbing II Teknik Elektro Universitas Islam Sultan Agung Semarang.
6. Istri, Anak dan Orang tua saya yang telah banyak memberi doa, semangat dan dorongan selama ini.
7. Lutfi Aziza, ST., selaku Supervisor Gardu Induk Sronдол. Serta Rekan – rekan staff JARGI dan HARPROT Unit Pemeliharaan Transmisi (UPT) Semarang.
8. Semua pihak yang tidak mungkin disebutkan satu persatu.

Penulis menyadari bahwa laporan tugas akhir ini masih banyak kekurangan dan jauh dari kesempurnaan, untuk itu penulis mengharapkan kritik dan saran yang bersifat membangun. Semoga laporan ini dapat bermanfaat bagi semua pihak.

Semarang, 28 Desember 2021



Kuntoro Bangun Setyadji

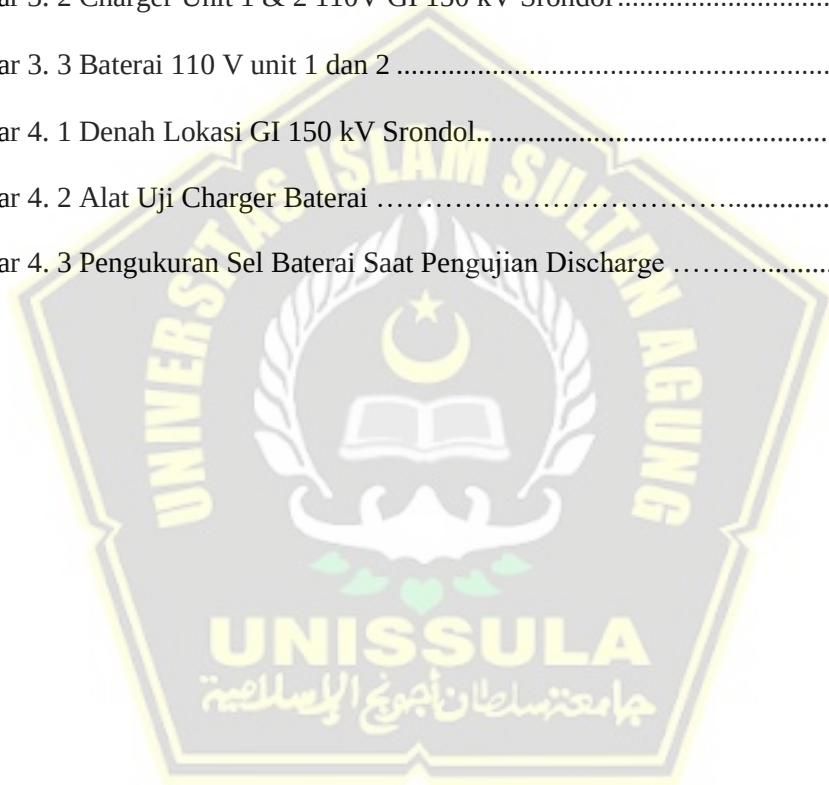
DAFTAR ISI

HALAMAN JUDUL	1
HALAMAN PENGESAHAN.....	2
KATA PENGANTAR	3
DAFTAR ISI.....	4
DAFTAR GAMBAR.....	6
DAFTAR TABEL.....	7
ABSTRAK.....	8
BAB I.....	9
PENDAHULUAN	9
1.1. Latar Belakang	9
1.2. Perumusan Masalah	10
1.3. Batasan Masalah	11
1.4. Tujuan	11
1.5. Objek Penelitian.....	12
1.6. Sistematika Penulisan	12
BAB II.....	13
LANDASAN TEORI.....	13
2.1. Tinjauan Pustaka.....	13
2.2. Dasar Teori Sistem DC	15
2.3. Jenis Beban Sistem DC	21
2.3.1 Peralatan Kontrol	21
2.3.2 Peralatan Proteksi.....	21
2.3.3 Peralatan Komunikasi	22
2.4. Jenis Gangguan Pada Sistem DC	23
2.4.1 Pada Rectifier.....	24

2.4.2	Pada Baterai	25
2.4.3	Pada Rangkaian Beban.....	28
BAB III		29
METODOLOGI PENELITIAN.....		29
3.1.	Tahapan Penelitian.....	29
3.2.	Lokasi Penelitian.....	30
3.3.	Data Peralatan	31
1.	Charger.....	31
2.	Baterai	33
3.4.	Simulasi Pengujian Kapasitas Baterai.....	34
BAB IV		36
HASIL DAN PEMBAHASAN PEMELIHARAAN		36
4.1.	Data Beban Sistem DC Gardu Induk 150 kV Spondol:.....	36
4.2.	Pengujian Kapasitas Baterai.....	39
4.3.1.	Pengisian Tegangan Baterai 110 VDC Sebelum Pengosongan	39
4.3.2.	Pengosongan Baterai 110 VDC	40
4.3.	Perhitungan	43
BAB V		47
PENUTUP		47
5.1.	Kesimpulan	47
5.2.	Saran	48
DAFTAR PUSTAKA		49
LAMPIRAN.....		50

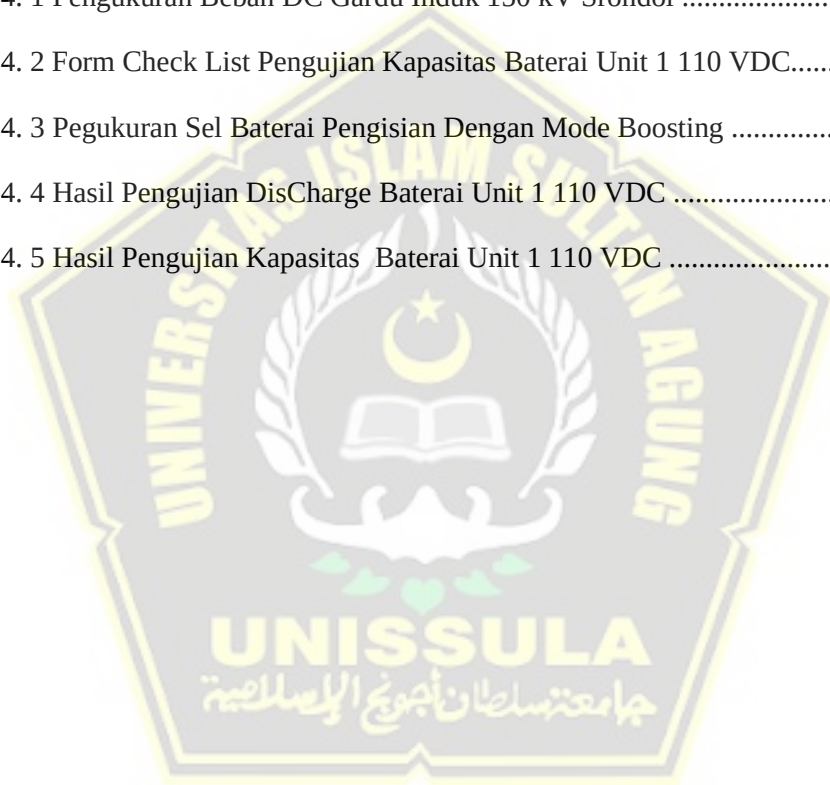
DAFTAR GAMBAR

Gambar 2. 1 Cara kerja dan bagian baterai.....	17
Gambar 2. 2 Baterai Alkali EMISA.....	18
Gambar 2. 3 a) Plat Grid, b) Material Aktif c) Grid Rangka Besi	20
Gambar 2. 4 Saluran PLC yang menumpang SUTT / SUTET	23
Gambar 2. 5 Titik Pengukuran Tegangan Ripple	25
Gambar 3. 1 Single line sistem DC GI 150 kV Spondol.....	31
Gambar 3. 2 Charger Unit 1 & 2 110V GI 150 kV Spondol	32
Gambar 3. 3 Baterai 110 V unit 1 dan 2	33
Gambar 4. 1 Denah Lokasi GI 150 kV Spondol.....	34
Gambar 4. 2 Alat Uji Charger Baterai	40
Gambar 4. 3 Pengukuran Sel Baterai Saat Pengujian Discharge	42



DAFTAR TABEL

Tabel 2. 1 Pembuatan larutan elektrolit alkali	20
Tabel 2. 2 Jenis gangguan pada Rectifier	24
Tabel 2. 3 Jenis gangguan pada Baterai.....	26
Tabel 2. 4 Jenis gangguan pada rangkaian beban	28
Tabel 3. 1 Data charger 110 V GI 150 kV Sron dol	32
Tabel 3. 2 Data baterai 110V Unit 1 dan 2	33
Tabel 4. 1 Pengukuran Beban DC Gardu Induk 150 kV Sron dol	35
Tabel 4. 2 Form Check List Pengujian Kapasitas Baterai Unit 1 110 VDC.....	36
Tabel 4. 3 Pengukuran Sel Baterai Pengisian Dengan Mode Boosting	37
Tabel 4. 4 Hasil Pengujian DisCharge Baterai Unit 1 110 VDC	38
Tabel 4. 5 Hasil Pengujian Kapasitas Baterai Unit 1 110 VDC	40



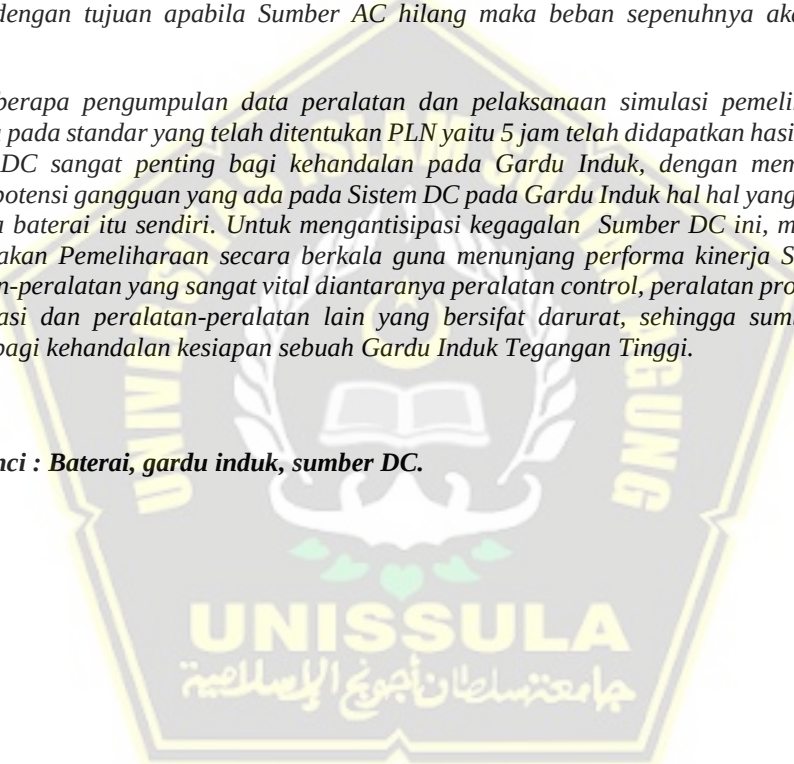
ABSTRAK

Dalam pengoperasian Gardu Induk, terdapat dua macam sumber tenaga untuk kontrol dalam Gardu Induk, yaitu sumber arus searah (DC) dan sumber arus bolak balik (AC). Satu daya sumber DC yang digunakan untuk kebutuhan operasi relai proteksi dan kontrol serta Supervisory Control And Data Acquisition Telecommunication dan penggunaannya mencakup dalam kondisi operasi normal ataupun saat kondisi emergency terjadi gangguan pada sistem AC. Dikarenakan beberapa faktor yang bisa menyebabkan potensi - potensi gangguan DC, dan dampak atau akibat dari terganggunya sistem DC yaitu terjadinya kerusakan fatal pada instalasi listrik utama, kebakaran, dan gangguan total (Black Out) oleh karena itu dilakukan penelitian dan analisa yang bertujuan untuk menjaga kehandalan dan stabilitas yang tinggi pada sistem DC guna memaksimalkan performa Kinerja Gardu Induk.

Sumber DC yang ada di Gardu Induk sebagai dasar menganalisa kemampuan Baterai sebagai sumber DC untuk memikul beban DC pada Gardu Induk saat terjadi gangguan yang berpotensi akan berdampak pada Sistem DC. Baterai terpasang parallel terhadap Sumber AC / Rectifier dan Beban, dengan tujuan apabila Sumber AC hilang maka beban sepenuhnya akan dipikul oleh Baterai.

Dari beberapa pengumpulan data peralatan dan pelaksanaan simulasi pemeliharaan dengan mengacu pada standar yang telah ditentukan PLN yaitu 5 jam telah didapatkan hasil analisa bahwa Sumber DC sangat penting bagi kehandalan pada Gardu Induk, dengan mempertimbangkan potensi-potensi gangguan yang ada pada Sistem DC pada Gardu Induk hal hal yang mempengaruhi performa baterai itu sendiri. Untuk mengantisipasi kegagalan Sumber DC ini, maka pentingnya dilaksanakan Pemeliharaan secara berkala guna menunjang performa kinerja Sistem DC pada peralatan-peralatan yang sangat vital diantaranya peralatan control, peralatan proteksi, peralatan komunikasi dan peralatan-peralatan lain yang bersifat darurat, sehingga sumber DC sangat penting bagi kehandalan kesiapan sebuah Gardu Induk Tegangan Tinggi.

Kata kunci : Baterai, gardu induk, sumber DC.



BAB I

PENDAHULUAN

1.1. Latar Belakang

Sumber energi listrik saat ini mempunyai peranan yang mutlak untuk digunakan dalam kehidupan sehari-hari oleh seluruh masyarakat. Energi listrik telah di gunakan oleh berbagai kalangan, mulai dari masyarakat desa sampai masyarakat perkotaan dan juga digunakan sebagai sumber dari industri kecil hingga industri besar. Dengan adanya kebutuhan energi listrik yang dikonsumsi oleh masyarakat mengakibatkan kebutuhan akan penambahan di wilayah pembangkit, transmisi, dan juga jaringan distribusi akan meningkat, dari permasalahan ini sebagai sarana penyaluran energi listrik antar provinsi/kota/kabupaten/desa. Maka di perlukanlah sebuah Gardu Induk Tegangan Ekstra Tinggi (GITET) dan Gardu Induk (GI).(Pemeliharaan 2013)

Catu daya sumber DC yang digunakan untuk kebutuhan operasi relai proteksi dan kontrol serta Supervisory Control And Data Acquisition Telecommunication (SCADATEL). Dalam pengoperasian tenaga listrik mempunyai dua macam sumber daya untuk kontrol pada Gardu Induk, yaitu sumber tegangan searah (DC) dan tegangan bolak-balik (AC). Pada sumber daya untuk kontrol diharapkan mempunyai kehandalan dan stabilitas yang tinggi, karena persyaratan inilah sumber daya pada gardu induk menggunakan sumber tegangan searah (DC). Suplai sumber DC pada sebuah gardu induk tegangan tinggi berasal dari rectifier (penyearah) dan baterai. Penggunaan sumber DC ini mencakup sistem-sistem yang bersifat emergency, sehingga sumber DC sangat penting bagi kehandalan kesiapan sebuah gardu induk tegangan tinggi ini. Hal hal yang mendasar pada sistem DC pada gardu induk yang meliputi di antaranya gangguan sistem DC, rangkaian instalasi sistem DC dan tindak lanjut untuk menjaga kehandalan sistem DC guna memaksimalkan performa kinerja gardu induk. (ANALISA EFISIENSI BATERAI 110 VOLT DI PT. PLN(PERSERO) GARDU INDUK 150 KV PATI 2020)

Untuk menunjang kinerja penyaluran energi listrik pada Gardu Induk 150 kV Sronol juga menggunakan Sumber DC sebagai sumber cadangan apabila system Catu Daya AC terjadi kegagalan / gangguan, yaitu Baterai 110 VDC Unit 1

dan Unit 2. Tentunya banyak hal yang mempengaruhi performa kinerja baterai didalam menunjang kinerja peralatan pada Gardu Induk 150 kV Spondol. Untuk itu tertarik ingin mempelajari bagaimana sumber DC mendukung kinerja pada sebuah Gardu Induk Tegangan Tinggi, penulis mengambil judul **“ANALISA KAPASITAS BATERAI SEBAGAI SUMBER CADANGAN DC PADA GI 150 KV SRONDOL ULTG SEMARANG PT. PLN (PERSERO) UPT SEMARANG”**.

1.2. Perumusan Masalah

Berdasarkan latar belakang penelitian, pengoperasian tenaga listrik mempunyai dua macam sumber daya untuk kontrol pada Gardu Induk, yaitu sumber tegangan searah (DC) dan tegangan bolak-balik (AC). Pada sumber daya untuk kontrol diharapkan mempunyai kehandalan dan stabilitas yang tinggi, karena persyaratan inilah sumber daya pada Gardu Induk menggunakan sumber tegangan searah (DC). Satu daya sumber DC yang digunakan untuk kebutuhan operasi relai proteksi dan kontrol serta Supervisory Control And Data Acquisition Telecommunication (SCADATEL). Suplai sumber DC pada sebuah gardu induk tegangan tinggi berasal dari rectifier (penyearah) dan baterai. Penggunaan sumber DC ini mencakup sistem-sistem yang bersifat emergency pada gardu induk saat terjadi gangguan, di antaranya sebagai berikut

1. Seperti apakah konfigurasi rangkaian baterai terhadap beban pada Gardu Induk 150 kV Spondol.
2. Apa sajakah fungsi Sumber DC pada Gardu Induk 150 kV Spondol saat kondisi normal dan emergency.
3. Faktor apa sajakah yang mempengaruhi performa Baterai pada Gardu Induk 150 kV Spondol.
4. Bagaimanakah kondisi performa baterai 110 VDC Unit 1 pada Gardu Induk 150 kV Spondol

Karena sumber DC memiliki kehandalan yang lebih baik di bandingkan sumber AC, namun pada sumber DC juga memiliki beberapa kelemahan yang menjadikan alasan penulis untuk melakukan analisa pada sistem DC Gardu Induk 150 kV Spondol. Pada penelitian kali ini penulis akan membahas tentang beban

pada Gardu Induk pada saat terjadi gangguan yang berdampak pada Sistem AC dan performa Baterai sebagai sumber cadangan DC untuk memikul beban pada Gardu Induk. Selanjutnya melaksanakan beberapa pengujian dan disertakan pelaksanaan simulasi pemeliharaan yang bertujuan untuk mengetahui performa pada peralatan Sumber DC yang ada di Gardu Induk sebagai dasar menganalisa kemampuan Baterai sebagai sumber DC untuk memikul beban DC pada Gardu Induk saat terjadi gangguan yang berpotensi akan berdampak pada Sistem DC diantaranya dan proses Analisa Kapasitas Baterai Sebagai Sumber Cadangan DC dan Tindak Lanjut Rekomendasi untuk menjaga kehandalan Sistem DC di GI 150 kV Spondol ULTG Semarang.

1.3. Batasan Masalah

Untuk memudahkan pembahasan dan laporan tugas akhir ini perlu adanya beberapa batasan, adapun batasan masalahnya adalah sebagai berikut:

1. Pemakaian Sumber DC / Beban Pada Peralatan GI Spondol
2. Sistem Instalasi Supply DC 110 V GI 150 kV Spondol
3. Analisa Kapasitas Baterai 110 VDC Unit 1 Terhadap Beban pada Gardu Induk 150 kV Spondol

1.4. Tujuan

Tujuan yang di harapkan dari penelitian tugas akhir ini adalah:

1. Mengetahui Pemakaian Sumber DC / Beban Pada Peralatan GI Spondol
2. Mengetahui Sistem Instalasi Suplai DC 110 V GI 150 kV Spondol dan Permasalahan / Gangguan pada Sistem DC
3. Mengetahui Analisa Kapasitas Baterai Terhadap Beban Gardu Induk 150 kV Spondol
4. Mengetahui Permasalahan / gangguan Sistem DC dan Tindak lanjut untuk menjaga kehandalan Sistem DC guna memaksimalkan performa Kinerja Gardu Induk

1.5. Objek Penelitian

Objek penelitian pada tugas akhir ini adalah Analisa Kapasitas Baterai Sebagai Sumber Cadangan DC Pada GI 150 kV Sronдол Ultg semarang PT. PLN (Persero) UPT Semarang.

1.6. Sistematika Penulisan

BAB I PENDAHULUAN

Pada bab ini dijelaskan mengenai Latar Belakang, Perumusan Masalah, Batasan Masalah, Tujuan Penelitian, Objek Penelitian dan Sistematika Penulisan.

BAB II LANDASAN TEORI

Pada bab ini berisi tinjauan pustaka dari materi buku pedoman Komponen Sistem DC yang berasal dari buku dan internet.

BAB III METODE PENELITIAN

Pada bab ini menjelaskan tentang bagaimana model Penelitian, metode penelitian, tempat penelitian, dan data yang di butuhkan oleh penulis.

BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN

Pada bab ini menjelaskan tentang pengolahan data-data yang di peroleh dan diaplikasikan dengan teori dari BAB II, perhitungan faktor-faktor dalam Analisa Kapasitas Baterai Sebagai Sumber Cadangan DC Pada GI 150 kV Sronдол tersebut.

BAB V PENUTUP

Pada bab ini memaparkan tentang hasil penelitian Tugas Akhir ini dengan mengambil kesimpulan dan saran

BAB II

LANDASAN TEORI

2.1. Tinjauan Pustaka

Berikut merupakan beberapa kumpulan tinjauan pustaka yang mendukung dalam penyelesaian tugas akhir ini:

1. (Nurtiasih, Pambudi, and Priyambodo 2017), melakukan penelitian dengan judul “Analisa Kapasitas Baterai Komunikasi Pada Gardu Induk 150 kV Bantul”. Pada tahun 2017, Berdasarkan data dan analisa hasil dari pengujian kapasitas Baterai 48 VDC pada Gardu Induk 150 kV Bantul, dengan menggunakan metode penelitian komparasi non hipotesis yaitu mengadakan perbandingan dengan fenomena yang sebenarnya. Sehingga dapat ditarik kesimpulan bahwa:
 - baterai komunikasi 48 VDC sebagai salah satu sumber arus searah (DC) yang berfungsi sebagai sumber tenaga peralatan telekomunikasi.
 - Efisiensi baterai 48 VDC unit 1 pada Gardu Induk 150 kV Bantul bisa dikatakan jelek karena tidak sesuai standar SKDIR 2014 PT. PLN.
 - Kemampuan baterai 48 VDC pada Gardu Induk 150 kV Bantul telah mengalami penurunan dari kapasitas awal setelah dilakukan simulasi pengujian, dari 110 Ah menjadi 65,3 Ah.
2. (Agnes and Nurhalim 2016), melakukan penelitian dengan judul “Studi Kapasitas Baterai 110 VDC pada Gardu Induk 150 kV Bangkinang”. Pada tahun 2015, Berdasarkan data dan analisa hasil studi, dengan menggunakan metode penelitian komparasi non hipotesis yaitu mengadakan perbandingan

dengan fenomena yang sebenarnya. Sehingga dapat ditarik kesimpulan sebagai berikut:

- Sistem DC merupakan jantung dari Gardu Induk 150 kV, apabila Gardu Induk 150 kV kehilangan suplai DC maka peralatan proteksi, mekanik PMT dan metering tidak dapat bekerja
 - Dari hasil pengujian pengukuran tegangan dan arus terdapat beberapa sel baterai mengalami drop tegangan
 - Berdasarkan pengujian kapasitas baterai 110 VDC Gardu Induk 150 kV Bangkinang, baterai bank NiCd dapat dikatakan handal karena bekerja di atas standar IEEE karena setelah 5 jam pengujian baterai bank memiliki tegangan sebesar 94V.
3. (Arif Muhammad Rifa'i 2019), melakukan penelitian dengan judul “Analisa Uji Kapasitas Baterai 110 VDC Pada Gardu Induk 150 kV Klaten”. Pada tahun 2019, Berdasarkan data dan analisa hasil penelitian menyebutkan bahwa Sistem DC pada Gardu Induk sangat penting, karena semua peralatan proteksi dan peralatan komunikasi menggunakan sumber DC untuk menunjang kinerjanya.
 4. (Adam 2015), melakukan penelitian dengan judul “Pemeliharaan Boosting dan Uji Kapasitas Batere 110 VDC”. Pada tahun 2015, Berdasarkan data dan analisa hasil studi, menjabarkan tentang hal hal yang perlu diperhatikan pada saat melaksanakan pemeliharaan Boosting dan Uji Kapasitas Batere 110 VDC.
 5. (Aprista, Afrianda, and Tresya M 2020), melakukan penelitian dengan judul “Pengaruh Proses Pengosongan (Discharging) Terhadap Kapasitas Baterai 110 VDC di Gardu Induk Cigereleng Bandung” pada tahun 2020. Berdasarkan hasil penelitian dapat di simpulkan bahwa dengan dilaksanakan pengujian Discharging untuk mengetahui kapasitas baterai

yang digunakan sehingga dapat diketahui kemampuan dalam mensuplai DC secara terus menerus pada Gardu Induk.

2.2. Dasar Teori Sistem DC

Baterai adalah sebuah sel listrik dimana didalam berlangsung proses elektro kimia dengan efisiensi yang tinggi. Yang dimaksud dengan proses elektro kimia adalah baterai dapat berlangsung proses perubahan kimia menjadi tenaga listrik (proses pengosongan), dan sebaliknya dari tenaga listrik menjadi tenaga kimia pengisian kembali dengan cara regenerasi dari elektroda - elektroda yang dipakai, dengan melewati arus listrik dalam arah (polaritas) yang berlawanan di dalam sel. Tiap sel baterai ini terdiri dari dua macam elektroda yang berlainan yaitu, elektroda positif dan elektroda negatif yang dicelupkan dalam suatu larutan kimia. Baterai merupakan salah satu sumber tegangan arus searah (DC) pada gardu induk maupun pusat pembangkit tenaga listrik (Nurtiasih, Pambudi, and Priyambodo 2017)

Sumber arus searah (DC) adalah macam sumber listrik untuk mensuplai peralatan di Gardu Induk yang memerlukan tegangan listrik searah (DC) dalam operasional disebut Sistem Suply DC. Besaran Tegangan Sistem DC di Gardu Induk adalah 110 VDC, yang digunakan untuk mensuplai beban GI. Dan untuk Komponen Sumber DC di antaranya adalah sebagai berikut:

Charger / Rectifier Sebagai Suplai DC Utama

Charger atau disebut juga rectifier (penyearah) adalah suatu kumpulan alat yang digunakan untuk mengubah arus bolak-balik (AC) menjadi arus searah (DC). Charger juga bisa digunakan untuk memberikan (charger current) pada baterai. Umumnya charger yang terpasang pada sebuah gardu induk berfungsi untuk mengisi muatan baterai, memasok daya secara continue ke beban dan menjaga baterai agar tetap dalam kondisi penuh.

Mode Operasi Charger diantaranya:

1. *Boosting Charge*

Boosting charge adalah Pengisian baterai dengan cara yang cepat untuk mengembalikan kapasitas maksimum pada baterai, untuk operasi pelayanan

berikutnya setelah baterai pada kondisi *discharge*, sehingga sebagian besar kapasitasnya berkurang saat keadaan emergency. Saat *boost charge* tegangan dan arus pengisian disetting lebih tinggi dari pada saat mode *floating charge*. Pada pengisian *Boost* ini arus yang diberikan ke baterai tidak boleh melebihi harga ampere-jam (Ah)-nya karena akan menyebabkan panas yang berlebih pada baterai dan baterai tidak dapat bekerja dengan optimal.

Tegangan boosting = 1,65volt x Jumlah sel = Volt

Arus pengisian = Kapasitas (Ah) / 5 jam = Ampere(2.1)

2. *Floating Charge*

Floating charge adalah pengisian baterai dalam keadaan full charge, dan baterai tidak mengeluarkan arus maupun menerima arus listrik, saat mencapai tegangan floating yang besarnya disesuaikan dengan rekomendasi dari pihak pabrik pembuatnya, sedangkan baterai tetap tersambung ke beban. Mode ini beroperasi pada kondisi normal (sehari-hari), dimana baterai dalam keadaan penuh (full charge). (Tiara Dewi, Muhammad Amir Masruhim 2016)

3. *Equalizing Charge*

Equalizing charge adalah pengisian baterai untuk mendapatkan kondisi balance / equal antara tegangan sel satu dengan sel yang lainnya atau penyamaan tegangan pada setiap sel. Dimana baterai dalam keadaan operasi dengan pengisian floating akan terjadi perbedaan tegangan (unbalance) antarasel satu dengan sel lainnya karena perbedaan kondisi. (Arif Muhammad Rifa'i 2019)

4. *DisCharging*

Simulasi pembebanan pada baterai untuk mengetahui kondisi baterai saat dibebani dengan simulasi kondisi nyata beban beroperasi secara terus menerus. Dengan seting alat pengujian sebagai berikut: (Adam 2015) (Aprista, Afrianda, and Tresya M 2020)

V discharge: 1 volt x jumlah sel = Volt(2.2)

Ah limit discharge: Besar ah name plate = Ah

Waktu discharge: 5 jam

$$(\text{Kapasitas hasil uji} / \text{Kapasitas name plate}) * 100 \% \dots\dots\dots(2.3)$$

Rumus kapasitas baterai yaitu:

$$C = I \times T$$

C = Kapasitas Baterai (Ah)

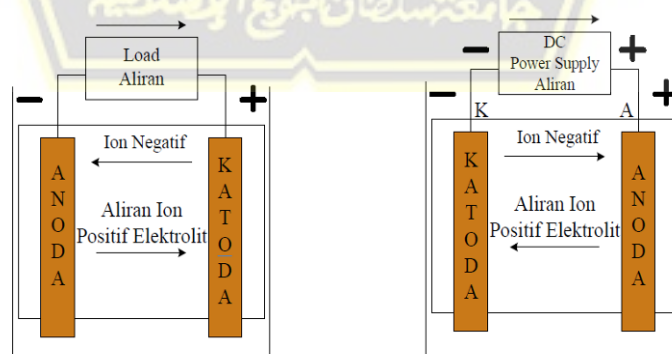
I = Arus/Beban (A)

T = Waktu (>5jam)(2.4)

2.2.1 Baterai Sebagai Sumber DC Cadangan

Baterai adalah suatu sel elektrokimia yang mengubah energi kimia menjadi energi listrik. Listrik yang dihasilkan oleh sebuah baterai muncul akibat adanya perbedaan potensial energi listrik dari kedua buah elektrodanya (katoda dan anoda). Perubahan kimia ini bersifat *reversible* terjadi di dalam baterai yaitu proses perubahan energy kimia menjadi energy listrik (proses penggunaan) dan begitu pula sebaliknya perubahan energy listrik menjadi energy kimia (proses pengisian), dengan cara regenerasi dari elektroda-elektroda yang dipakai. Dengan melewati arus listrik dalam arah polaritas yang berlawanan dalam sel.

Tiap sel baterai terdiri dari 2 macam elektroda, yaitu elektroda positif dan elektroda negative yang terendam dalam suatu larutan kimia yang berfungsi untuk memindahkan electron-elektron pada saat berlangsungnya reaksi kimia Charge dan Discharge seperti yang terlihat pada gambar di bawah ini.



Gambar 2. 1 Cara kerja dan bagian baterai (I Nugroho., Ir. Tejo Sukmadi 2012)

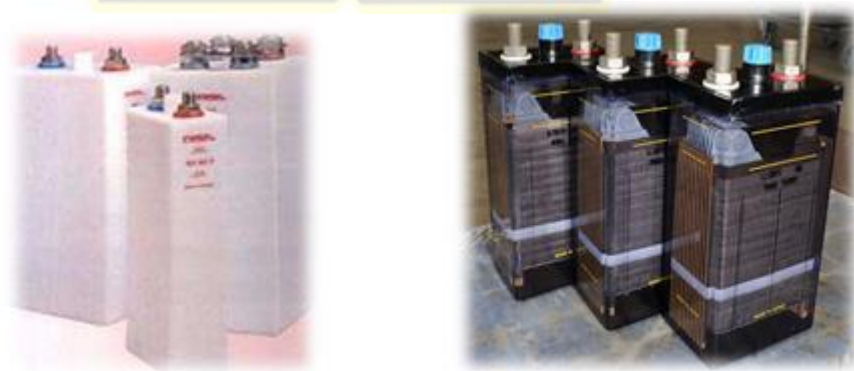
Dengan kemampuan baterai yang dapat menghasilkan energy listrik se-arrah (DC) dapat dimanfaatkan untuk keperluan bermacam-macam. Pada sebuah gardu induk baterai di manfaatkan sebagai berikut:

- a. Sumber tenaga pada peralatan kontrol, pengawasan (security), *annunciator* (indikator lampu alarm).
- b. Sumber tenaga pada motor-motor untuk pemutus tenaga (Circuit Breaker), pemisah (Disconnecting Switch), perubah tap pada trafo (Tap-Changer).
- c. Sumber suplai untuk relay proteksi.
- d. Sumber tenaga untuk peralatan telekomunikasi (PABX, PLC, dan Peralatan radio tranceifer).
- e. Sumber tenaga untuk penerangan darurat dan juga untuk suplai diesel starting/ engine starting.

Baterai yang di gunakan pada gardu induk adalah jenis baterai alkali. Baterai alkali adalah baterai yang bahan elektrolitnya meggunakan larutan alkali (*potasium-hydroxide*). Jenis dari baterai alkali ada dua macam,yaitu:

1. *Nickel-Iron Alkaline Battery (Ni-Fe Battery)*
2. *Nickel-Cadmium Alkaline Battery (Ni-Cd Battery)*

Pada GI Spondol baterai alkali yang digunakan adalah baterai alkali *Nickel-Cadmium* (Ni-Cd). Berikut bentuk fisik baterai alkali *Nickel-Cadmium* (Ni-Cd) dengan Merk EMISA.



Gambar 2. 2 Baterai Alkali EMISA (Setiawan et al. 2020)

Ciri-ciri umum (tergantung pabrik pembuatnya) sebagai berikut:

1. Tegangan nominal per sel 1,2 volt.
2. Nilai berat jenis elektrolitnya tidak sebanding dengan kapasitas baterai.
3. Umur baterai tergantung pada operasi dan pemeliharaan
4. Tegangan pengisian
 - Pengisian secara terapung *floating* 1,40-1,44 volt.
 - Pengisian secara cepat equalizing 1,50-1,60 volt
 - Pengisian dengan harga tinggi *boosting* 1,65-1,70 volt
5. Tegangan pengosongan akhir (end Voltage) per sel 1 volt

Bagian-bagian Utama Baterai diantaranya:

1. Elektrolit

Larutan elektrolit adalah larutan senyawa dalam air yang dapat menghantarkan arus listrik. Larutan alkali adalah komposisi dari *potassium-hydroxide* (KOH) ditambah dengan air murni juga ditambahkan *lithium-hydroxide* (LiOH) yang berfungsi untuk mencegah suatu perubahan dalam susunan/struktur material-material aktif pada pelat-pelat pasif pada kondisi temperatur tinggi. (Andra 2018)

Lithium-hydroxide sebagai campuran elektrolit sangat jarang digunakan, hal ini disebabkan oleh beberapa factor yaitu harganya yang sangat mahal dan juga susah didapat.

Perbandingan pada pembuatan elektrolit antara elektrolit kering dan air murni untuk proses pencampuran larutan elektrolit alkali dapat dilihat pada table berikut: (Agned and Nurhalim 2016)

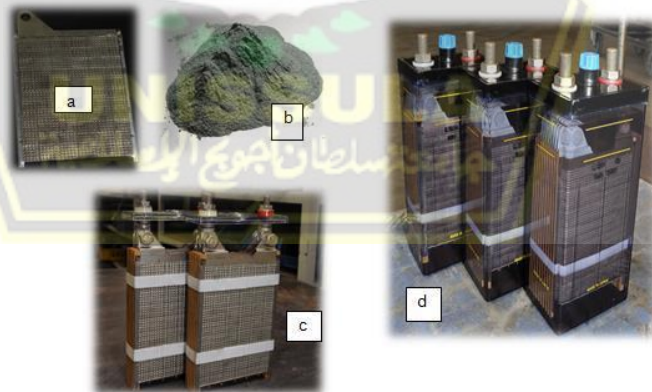
Tabel 2. 1 Pembuatan larutan elektrolit alkali

Elektrolit Kering	Air Murni	Berat Jenis
1 kg	3,5 liter	$1,180 \pm 0,010 \text{ gr/cm}^3$
1 kg	3,3 liter	$1,180 \pm 0,010 \text{ gr/cm}^3$
2 kg	5 liter	$1,180 \pm 0,010 \text{ gr/cm}^3$
2 kg	7 liter	$1,180 \pm 0,010 \text{ gr/cm}^3$

2. Elektroda

Tiap sel baterai terdiri dari 2 (dua) elektroda, yaitu elektroda positif dan negatif, direndam dalam suatu larutan kimia yang berfungsi sebagai media perpindahan elektron pada saat berlangsung charge discharg.

Elektroda positif dan negatif tersusun dari beberapa Grid yang berupa rangka besi berfungsi sebagai tempat material aktif. Material aktif berfungsi sebagai material yang bereaksi secara kimia untuk menghasilkan energi listrik (Setiawan et al. 2020)



Gambar 2. 3 a) Plat Grid, b) Material Aktif c) Grid Rangka Besi
d) Terakit Dalam Plastic Container (Setiawan et al. 2020)

2.3. Jenis Beban Sistem DC

Beban – beban yang disuplai sumber DC pada gardu induk spondol terdiri dari beberapa peralatan yang saling mendukung satu sama lain dalam hal menyalurkan energi listrik ke beban, beban – beban tersebut adalah:

2.3.1 Peralatan Kontrol

Sistem kontrol pada gardu induk spondol ini digunakan untuk mengontrol berbagai peralatan switch, dengan batuan dari panel untuk mengontrol, rangkaian kontrol, dan sumber DC yang mengoperasikan peralatan PMT dan PMS secara manual (pengoperasian melalui peralatan oleh petugas JARGI), remote (pengoperasian melalui panel kontrol oleh petugas JARGI), dan control centre (pengoperasian melalui monitor dengan memanfaatkan saluran PLC oleh petugas DISPATCHER).

2.3.2 Peralatan Proteksi

Peralatan proteksi pada gardu induk spondol ini hampir sebagian besar menggunakan sumber DC, peralatan tersebut meliputi:;

a. Relay proteksi

Relay proteksi ini merupakan peralatan yang digunakan untuk mengamankan atau mengisolir gangguan yang terjadi pada penghantar maupun transformer secara cepat dan tepat sehingga tidak terjadi kerusakan pada peralatan.

Relay proteksi ini menggunakan sumber DC sebagai power suplai utama, ada beberapa relay yang menggunakan baterai sebagai cadangan, biasanya relay elektrik terbaru sudah menggunakan bantuan baterai sebagai sistem cadangan.

Cara kerja dari relay proteksi ini bekerja sesuai dengan sensor arus (CT) dan tegangan (PT/CVT) yang masuk ke relay, dengan besaran arus dan tegangan yang masuk akan di bandingkan dengan setting tunda atau setting trip. Apabila besaran arus dan tegangan sudah mencapai setting tersebut akan mengirim tegangan untuk mengoperasikan kontaktor / tripping coil pada PMT, sehingga aliran listrik akan padam dan gangguan teratasi. (Pendidikan and Pelatihan n.d.)

b. Pemutus tenaga (PMT)

Pemutus tenaga merupakan peralatan saklar/ swithcing mekanis yang mampu menutup, mengalirkan dan memutus arus beban dalam kondisi normal serta mampu menutup, mengalirkan (dalam periode waktu tertentu) dan memutus arus beban dalam spesifik kondisi abnormal / gangguan seperti kondisi short circuit / hubung singkat.

Dalam pengoperasian pemutus tenaga ini menggunakan kontaktor / tripping coil suplai dari sumber DC untuk mentrigger mekanik penggerak untuk operasi tutup dan buka pemutus tenaga.

Kontaktur dan tripping coil pada PMT menggunakan suplai DC 110V ketika kontaktur dan tripping coil tersebut terisis tegangan penuh (110 V) dari relay dan switch kontrol maka kontaktur dan tripping coil tersebut akan bekerja dan mengoperasikan PMT. (GANTA 2015)

2.3.3 Peralatan Komunikasi

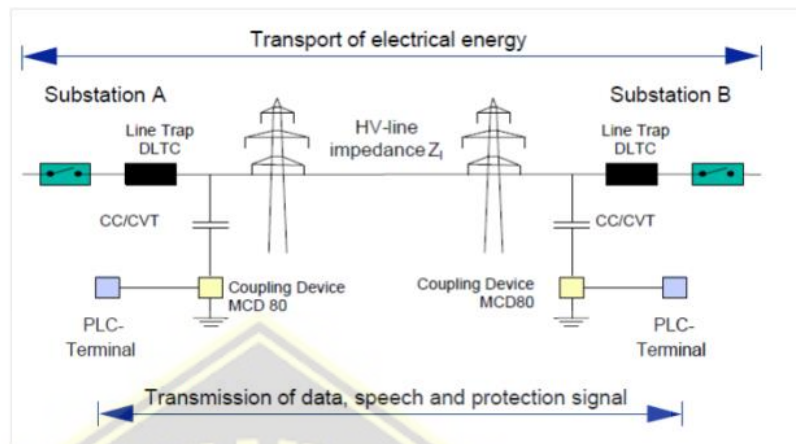
Peralatan komunikasi ini digunakan untuk penunjang yang sangat diperlukan dalam penyaluran energy listrik. Karena pada sistem kelistrikan jawa-bali ini saling interkoneksi satu dengan yang lain sehingga diperlukan komunikasi antar gardu induk melalui :

a. PLC (Power Line Carier)

PLC ini merupakan suatu peralatan komunikasi antar peralatan dan gardu induk guna sebagai proteksi. Melalui PLC ini petugas JARGI dapat berkomunikasi dengan JARGI lawan (GI / Pembangkit), serta petugas DISPATCHER dapat berkomunikasi dengan petugas JARGI.

Sistem PLC ini menggunakan frekuensi tinggi $>50\text{Hz}$, lebih tinggi dari frekuensi PLN. Yang mana PLC ini disalurkan melalui penghantar transmisi (500kV, 150kV) dari gardu induk ke gardu induk lainnya. Dengan demikian frekuensi PLC dan frekuensi PLN tumpang tindih jadi satu, supaya frekuensi ini tidak masuk ke peralatan pada gardu induk di pakailah line trap/ wavetrap sebagai blocking frekuensi tinggi.

Dan dengan bantuan CVT (Capasitor Voltage Transformer) dimana didalam-nya terdapat Copling Capacitor yang akan menyalurkan frekuensi tersebut menuju terminal PLC, dengan gambaran dibawah ini.



Gambar 2. 4 Saluran PLC yang menumpang SUTT / SUTET (Ibnu Salam 2007)

b. PABX (Private Automatic Branch Exchange)

PABX merupakan suatu perangkat keras elektronik telekomunikasi yang berfungsi sebagai pembagi atau pengatur antara bagian internal (extension to extension) dengan eksternal (outgoing dan incoming). PABX ini biasa digunakan untuk panggilan-panggilan antar stasiun yang masih berada di satu sistem, sistem kerjanya hampir sama dengan sentral telepon dial dari sistem ke umum.

2.4. Jenis Gangguan Pada Sistem DC

Pada saat terjadi gangguan pada sistem DC, diharapkan gangguan tersebut dapat pulih secepatnya supaya pasokan sumber DC tetap handal dan siap kapan saja saat terjadi gangguan penyaluran energi listrik. Dampak atau akibat dari terganggunya sistem DC yaitu terjadinya kerusakan fatal pada instalasi listrik utama, kebakaran, dan gangguan total (Black Out). Gangguan yang umumnya terjadi pada peralatan sistem DC adalah:

2.4.1 Pada Rectifier

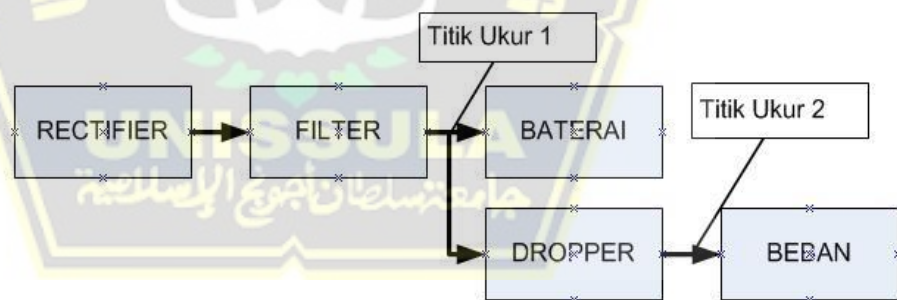
Gangguan yang terjadi pada rectifier ada beberapa kondisi abnormal, berikut kami sebutkan beserta hal hal yang memungkinkan menjadi penyebab kondisi abnormal tersebut.

Tabel 2. 2 Jenis gangguan pada Rectifier

Kondisi Abnormal	Kemungkinan Penyebab
Tegangan output naik	- Gangguan pada Modul AVR - Loss contact pada terminal output
Tegangan output tidak ada / hilang	- MCB trip - Dioda Thyristor rusak - Fuse pada modul kontrol putus
<i>Rectifier</i> di ON-kan MCB input AC trip	- Dioda SCR shorted - Output transformator utama disconnect - Control card disconnect / rusak - Filter capacitor rusak
<i>Rectifier</i> beroperasi pada limit arus terus menerus	- Kelebihan beban pada output rectifier - Setting tegangan Output tidak pada range yang tepat
Tegangan output rendah	- Gangguan pada transformator utama - Mala kerja pada voltage dropper - Kerusakan pada Variabel Resistor pengatur tegangan output
MCB input AC trip	- Kapasitas/karakteristik MCB tidak sesuai
Hubung tanah, lampu indikator menyala	- Hubung tanah pada rangkaian beban - Seting earth fault tidak sesuai

Kondisi Abnormal	Kemungkinan Penyebab
	- Gagal isolasi pada konduktor arah baterai atau beban
MCB input posisi-ON tegangan output tidak ada	- Gangguan pada transformator utama
Tegangan ripple yang tinggi >2%	- Rangkaian jembatan rectifier (Thyristor) bekerja tidak seimbang, mungkin salah satu Thyristor bekerja tidak stabil. - Rangkaian filter LC yang kurang baik (kapasitor/induktor bocor)

Berikut cara pengukuran tegangan ripple dilakukan pada titik output charger (sesudah rangkaian filter LC) dan titik input beban (output voltage dropper). Pengukuran tegangan ripple menggunakan alat ukur ripple voltage meter atau Oscilloscope.



Gambar 2. 5 Titik Pengukuran Tegangan Ripple

2.4.2 Pada Baterai

Gangguan yang terjadi pada baterai ada beberapa kondisi abnormal, berikut kami sebutkan beserta hal-hal yang memungkinkan menjadi penyebab kondisi abnormal tersebut.

Kondisi Abnormal	Kemungkinan Penyebab
Baterai panas lebih	- Beban terlalu besar - Kurang kontak/ Terminal Longgar - Tahanan kontak tinggi pada sambungan atau kabel - Kelebihan pengisian - Sirkulasi udara pada ruang baterai kurang
Tegangan Baterai tinggi	- Jumlah sel terpasang kurang - Setting tegangan rectifier tidak sesuai
Elektrolit berbuih / berbusa	- Pengotoran oleh Grease
Kelebihan Gas pada saat charge/discharge	- Elektrolit tidak murni
Pembentukan garam pada terminal	- Level elektrolit tinggi - Gasket pada teminal rusak - Kelebihan berat jenis
Hubung singkat ketanah	- Terdapat sel yang bocor - Cairan elektrolit meluap/tumpah - Kerusakan isolasi kabel
Archling pada terminal baterai	- Baut Terminal longgar
Pada rangkaian baterai mengalir arus secara kontiniu	- Beberapa sel rusak - Terjadi kelebihan pengosongan sendiri (self discharge)

Sel baterai panas	- Hubung singkat didalam sel - Kandungan carbon / endapan tinggi
Kapasitas rendah	- Float charging terlalu lama - Pengotoran elektrolit (contaminated) - Pengotoran carbon / endapan - Permukaan elektrolit terlalu rendah - Terjadi pengosongan didalam sel (separator) gangguan didalam sel. - Setting tegangan pengisian tidak sesuai dengan jumlah sel baterai.
Penurunan kapasitas atau gagal total	- Satu atau beberapa sel open sirkuit - Konektor antar sel, konektor antar jarak atau terminal sel berkarat (korosif) atau putus.
Bagian atas sel baterai retak	- Permukaan rak tidak merata - Penguncian mur pada terminal baterai terlalu kuat - Sinar matahari (Ultraviolet)
Elektrolit meluap	- Level elektrolit terlalu tinggi - Arus pengisian terlalu tinggi
Meledak atau terjadi devormasi	- Suhu elektrolit terlalu tinggi pada saat pengisian (charging) - Elektrolit kosong, Charger gagal sehingga terjadi tegangan lebih, Vent-plug tersumbat, terminal kendor dan terjadi arching.
Kabel penghubung antar rak panas	- Kurang kontak pada skun kabel - Korosif

2.4.3 Pada Rangkaian Beban

Gangguan yang terjadi pada rangkaian beban ada beberapa kondisi abnormal, berikut kami sebutkan beserta hal-hal yang memungkinkan menjadi penyebab kondisi abnormal tersebut.

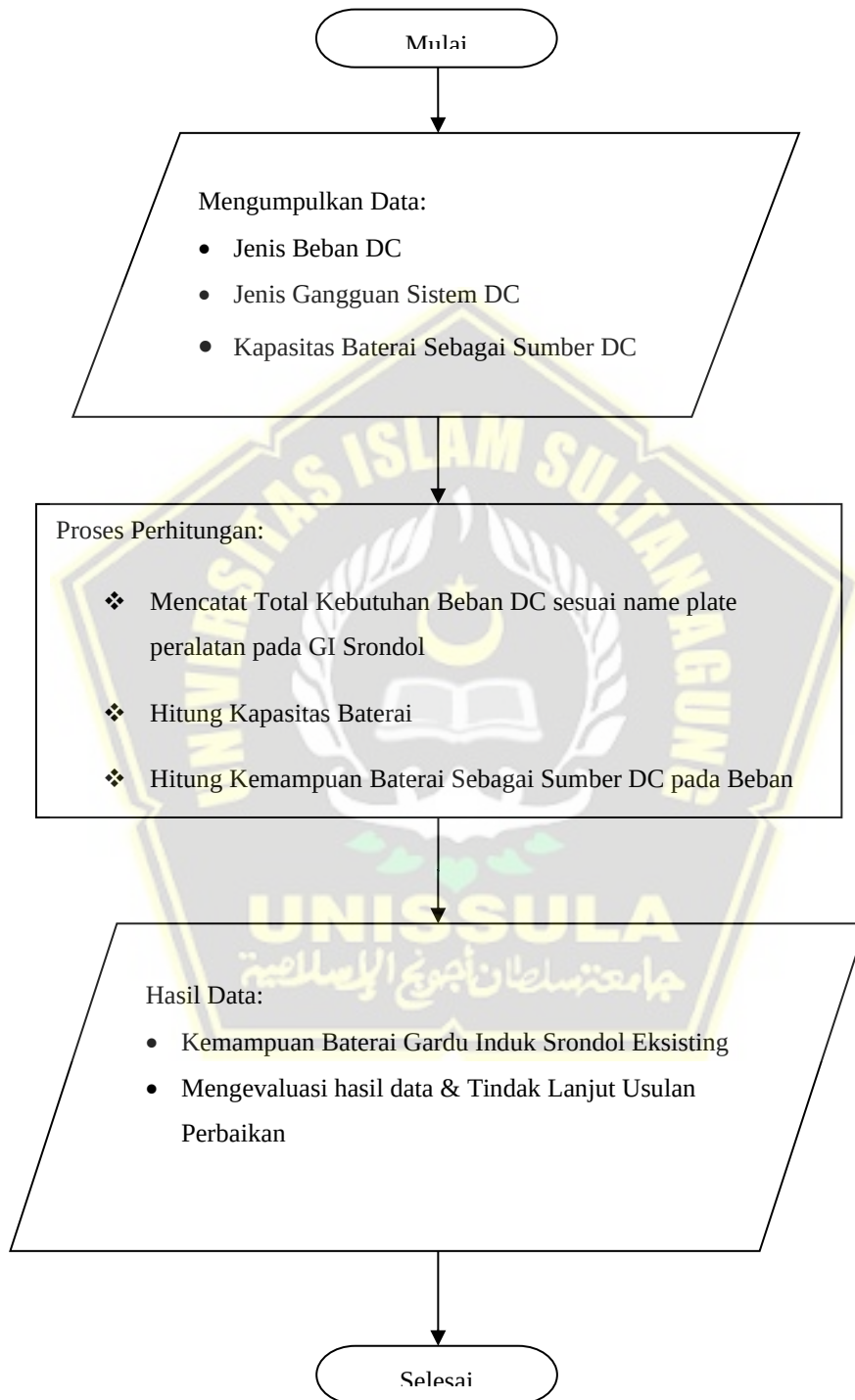
Tabel 2. 3 Jenis gangguan pada rangkaian beban

Kondisi Abnormal	Kemungkinan Penyebab
Terminal pencabangan rusak / longgar	- Penggabungan beberapa kabel - Ukuran dan Jenis kabel tidak sesuai - Baut terminal rusak
Hubung tanah	- Kerusakan isolasi kabel - Terminal basah /kotor
Indikasi alarm DC hilang tidak ada	- MCB Tidak dilengkapi Auxiliary Contact - Auxiliary Contact MCB rusak - Kabel putus - Relay bantu rusak
Kerusakan isolasi pada kabel power ke baterai dan ke DCPDB (beban)	- Gangguan mekanis - Penuaan (aging) - Terkena panas berlebih - Binatang - Kabel yang digunakan tidak sesuai dengan standart

BAB III

METODOLOGI PENELITIAN

3.1. Tahapan Penelitian



Metode penelitian yang di gunakan dalam melaksanakan penelitian ini meliputi:

a) Studi literatur

Dengan memanfaatkan buku-buku pedoman pemeliharaan di Gardu Induk Spondol, serta artikel dari internet yang menjadi acuan untuk mengolah penelitian ini dan mendapatkan hasil yang benar.

b) Studi lapangan

Dalam mengumpulkan data-data peralatan yang di butuhkan pada penelitian ini langsung di ambil secara langsung dari peralatan di lokasi penelitian ini dilaksanakan dengan bantuan dari pegawai yang bertugas di lokasi penelitian.

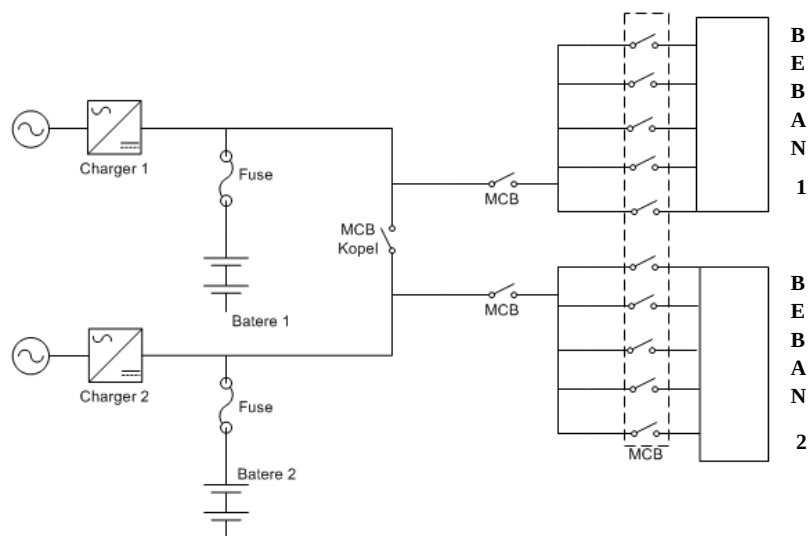
c) Wawancara

Wawancara dilaksanakan untuk memperlancar penelitian ini secara tepat dan benar, dengan cara berkonsultasi dengan pegawai JARGI (Jaringan dan GI) Spondol, pegawai HARPROT (Pemeliharaan Proteksi) ULTG Semarang, dan berkonsultasi dengan dosen yang berkompeten dalam penelitian ini.

3.2. Lokasi Penelitian

Pada pelaksanaan penelitian ini berlangsung didalam lingkungan instansi PT PLN (Persero), UIT-JBT (Unit Induk Transmisi - Jawa Bagian Tengah), UPT (Unit Pemeliharaan Transmisi) Semarang, Gardu Induk 150 kV Spondol yang beralamatkan di Jl. Ngesrep Timur V No.41 Kecamatan Banyumanik, Kota Semarang.

Konfigurasi rangkaian sistem DC pada Gardu Induk Spondol yaitu menggunakan dua unit charger yang terhubung dengan dua unit baterai. Menggunakan rangkaian floating sistem (sistem terapung) dalam menyuplai dua beban, dimana satu charger menyuplai satu beban. Dapat kita lihat rangkaian sistem DC.



Gambar 3. 1 Single line sistem DC GI 150 kV Spondol

Dari gambar tersebut dapat dijelaskan bahwa rangkaian pada sumber DC sistem 150 kV Gardu induk spondol menggunakan dua buah charger dan dua buah baterai yang memikul beban pada masing-masing rangkaian.

3.3. Data Peralatan

Objek pada penelitian ini adalah Analisa mengenai Sistem DC, Data Peralatan, Jenis Beban Sistem DC dan Gangguan Pada Sistem DC untuk menentukan Analisa Kapasitas Baterai Sebagai Sumber Cadangan DC pada Gardu Induk 150 kV Spondol.

Data Peralatan Sumber DC Gardu Induk 150 kV Spondol diantara lain:

1. Charger

Charger ini bersumber dari tegangan bolak-balik 380V yang didapat dari Trafo PS 66 / 380 kV (Pemakaian Sendiri), tegangan 380V disearahkan oleh charger menjadi 110V DC , dan 48V DC. Berikut data spesifikasi charger unit 1 dan 2.

Tabel 3. 1 Data charger 110 V GI 150 kV Spondol

Charger Unit 1, 110V	Charger Unit 2, 110V
Merk : BERGA Type : HQD 102/60 gortwx Tegangan input: 3 fase 380 ±15% VAC Arus input : 16 A Tegangan nominal output : 110 VDC (floating : 119 VDC ; Equalizing : 131,8 VDC) Arus output : 60 A Frekuensi : 50 ± %5 Ripple Factor : ≤ 5 % Noise : ≤ 50 dB Efficiency : ≥ 94 %	Merk : BERGA Type : HQD 102/60 gortwx Tegangan input: 3 fase 380 ±15% VAC Arus input : 16 A Tegangan nominal output : 110 VDC (floating : 119 VDC ; Equalizing : 131,8 VDC) Arus output : 60 A Frekuensi: 50 ± %5 Ripple Factor : ≤ 5 % Noise: ≤ 50 dB Efficiency = ≥ 94 %



Gambar 3. 2 Charger Unit 1 & 2 110V GI 150 kV Spondol

2. Baterai

Baterai pada Gardu Induk Spondol ini mempunyai 2 unit, yang masing-masing terpasang pada tiap charger unit 1 dan 2. Digunakan pada saat charger tidak dapat menyuplai beban karena terjadi kerusakan atau sedang dilaksanakan pemeliharaan. Berikut data spesifikasi baterai pada Gardu Induk 150 kV Spondol.

Tabel 3. 2 Data baterai 110V Unit 1 dan 2

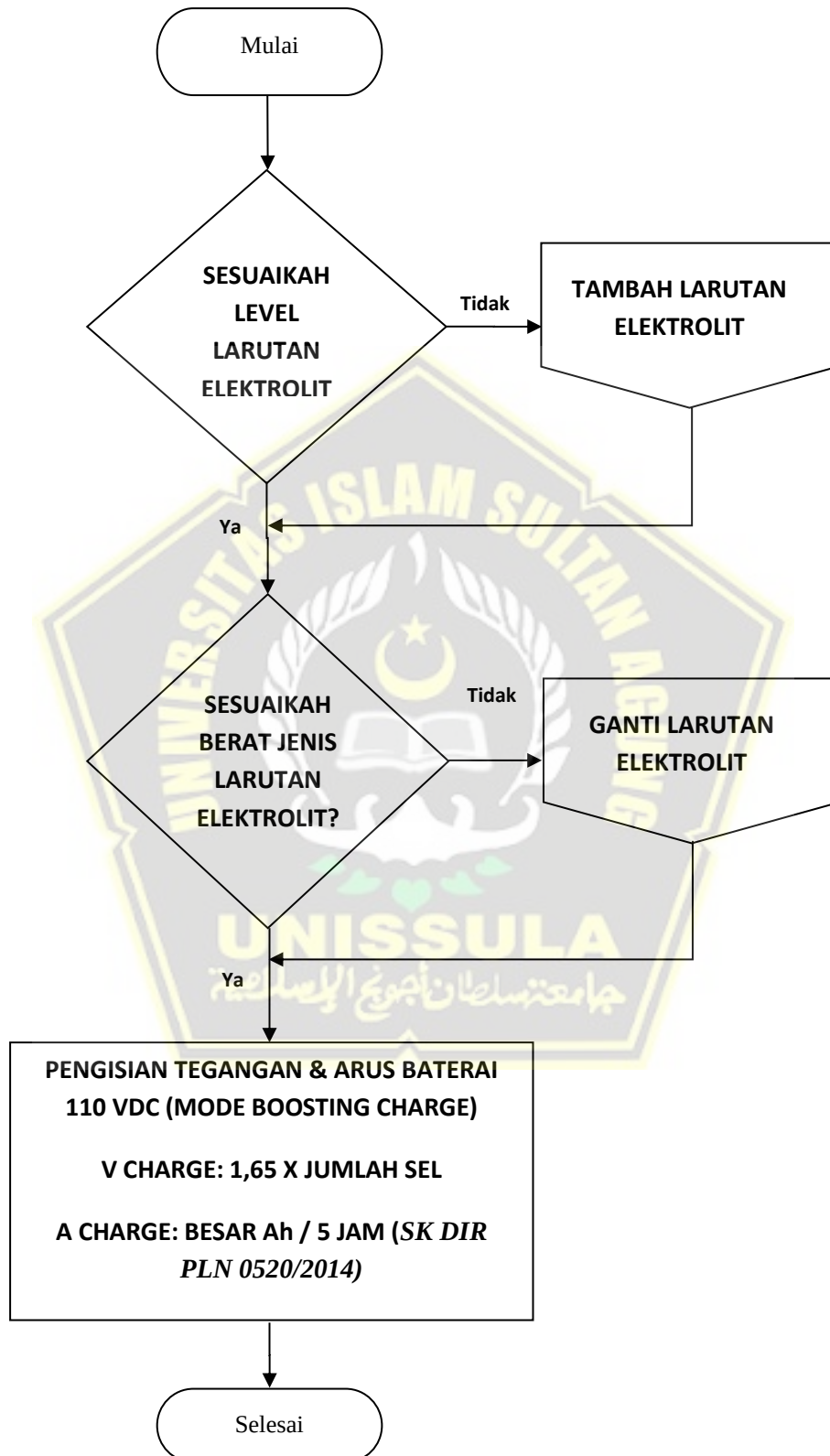
Baterai 110V Unit 1	Baterai 110V Unit 2
Merk : FRIWO	Merk : HBL
Pabrik : Jerman	Pabrik : India
Type : TS 275	Type : KMP 305
Jenis : Alkali	Jenis : Alkali
Jumlah Sel Baterai: 82 buah	Jumlah Sel Baterai: 84 buah
Tegangan / sel : 1,2 V	Tegangan / sel : 1,2 V
Kapasitas : 275 Ah	Kapasitas : 305 Ah
Lama Discharge : 5 Jam	Lama Discharge : 5 Jam
BJ Elektrolit / sel : 1.190 Kg/cm ³	BJ Elektrolit / sel : 1.200 Kg/cm ³
Tahun Operasi : 1992	Tahun Operasi : 2011



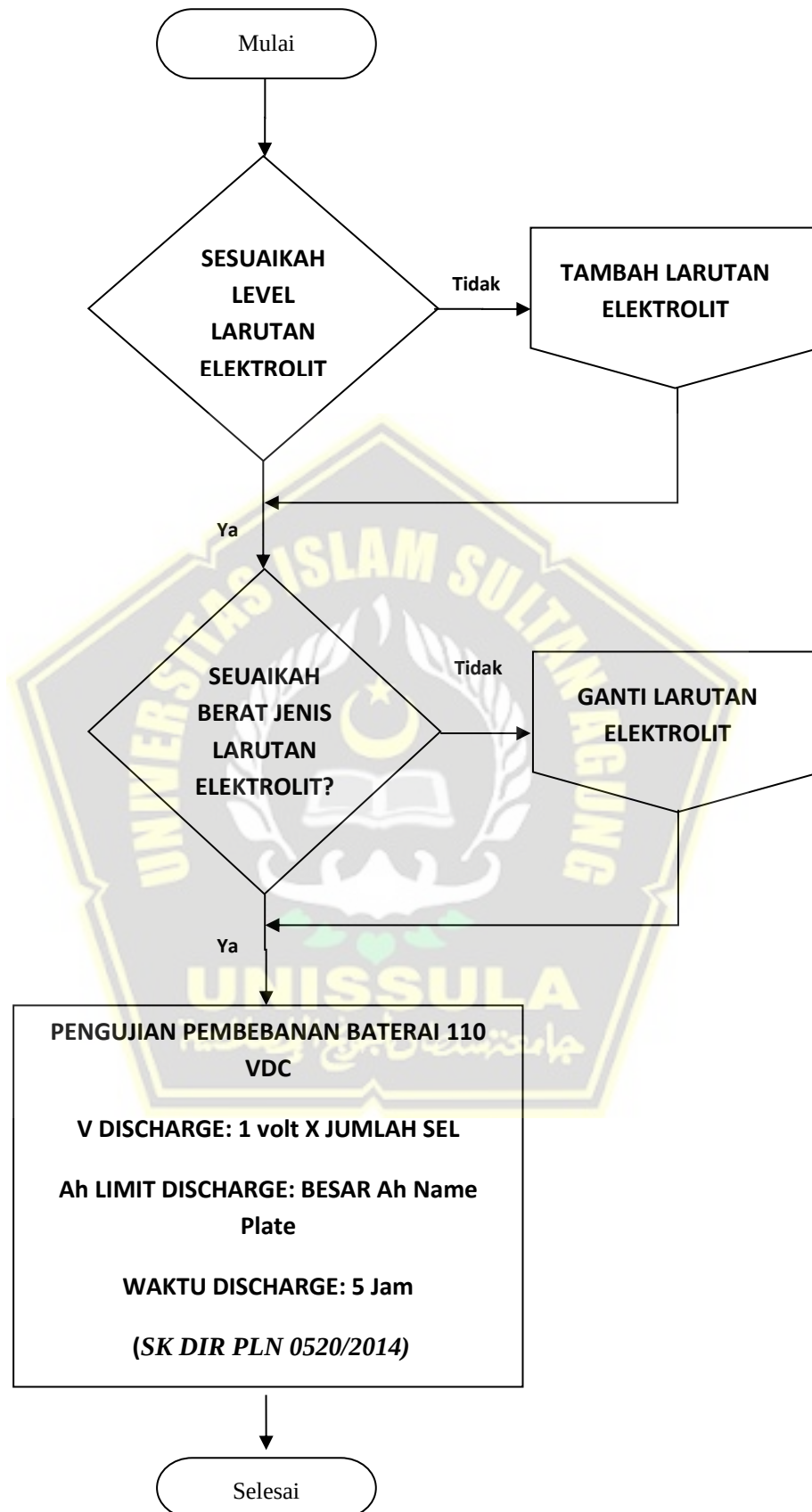
Gambar 3. 3 Baterai 110 V unit 1 dan 2

3.4. Simulasi Pengujian Kapasitas Baterai

3.4.1. Pengisian Sebelum Pengujian Pembebanan



3.4.2. Pengujian Pembebanan Baterai 110 VDC



BAB IV

HASIL DAN PEMBAHASAN PEMELIHARAAN

4.1. Data Beban Sistem DC Gardu Induk 150 kV Spondol:

1. Penerangan Lampu Emergency DC

Penerangan di gedung kontrol Gardu Induk Spondol untuk lampu emergency dilihat dari MCB nya yaitu 3 grup x (16A). Sehingga total memakan beban 48A saat terjadi Blackout (hilang tegangan system AC).



Gambar 4. 2 Denah Lokasi GI 150 kV Spondol

2. Jumlah Bay Gardu Induk Spondol

- a. Bay Penghantar Pandean Lamper (Pdlam) 1, 2
- b. Bay Penghantar Krpyak (Krpyk) 1, 2
- c. Bay Trafo I
- d. Bay Trafo II
- e. Bay Kopel

3. Beban DC 110 V di Gardu Induk 150 kV Spondol

- a. Kontrol, proteksi, DFR, Metering
- b. Motor PMS, PMT
- c. Tripping Coil dan Closing Coil

d. Alarm, signal (indikasi)

Tabel 4. 6 Pengukuran Beban DC Gardu Induk 150 kV Spondol

No	Beban DC				Tahanan	Arus	Arus Total per Bay	
1	Bay Krpyk 1	PMT (tahanan coil)	Fasa R	Closing Coil	26.1	2.107279693	24.36740136	
				Tripping Coil 1	25.9	2.123552124		
				Tripping Coil 2	22.6	2.433628319		
			Fasa S	Closing Coil	25.8	2.131782946		
				Tripping Coil 1	26	2.115384615		
				Tripping Coil 2	21.9	2.511415525		
			Fasa T	Closing Coil	26	2.115384615		
				Tripping Coil 1	26.6	2.067669173		
				Tripping Coil 2	23	2.391304348		
		PMS (Motor Penggerak)	PMS Bus 1	Open		0.79		
				Close		0.75		
			PMS Bus 2	Open		0.71		
				Close		0.74		
			PMS Line	Open		0.81		
				Close		0.57		
2	Bay Krpyk 2	PMT (tahanan coil)	Fasa R	Closing Coil	43.9	1.25284738	11.22178341	
				Tripping Coil 1	44.1	1.247165533		
				Tripping Coil 2	44	1.25		
			Fasa S	Closing Coil	44	1.25		
				Tripping Coil 1	44	1.25		
				Tripping Coil 2	44.1	1.247165533		
			Fasa T	Closing Coil	44.3	1.241534989		
				Tripping Coil 1	44.3	1.241534989		
				Tripping Coil 2	44.3	1.241534989		
		PMS (Motor Penggerak)	PMS Bus 1	Open		AC		
				Close				
			PMS Bus 2	Open				
				Close				
			PMS Line	Open				
				Close				
3	Bay Pdlam 1	PMT (tahanan coil)	Fasa R	Closing Coil	26	2.115384615	27.59355488	
				Closing Coil	26	2.115384615		
				Tripping Coil 1	22.8	2.412280702		
			Fasa S	Tripping Coil 2	22.9	2.401746725		
				Closing Coil	26.3	2.091254753		
				Closing Coil	25.7	2.140077821		
			Fasa T	Tripping Coil 1	21.9	2.511415525		
				Tripping Coil 2	21.7	2.534562212		
				Closing Coil	26.2	2.099236641		
		PMS (Motor Penggerak)	PMS Bus 1	Closing Coil	25.6	2.1484375		
				Tripping Coil 1	22.2	2.477477477		
			PMS Bus 2	Tripping Coil 2	21.6	2.546296296		
				Open		AC		
			Close					
			PMS Line	Open				
Close								
4	Bay Pdlam 2	PMT (tahanan coil)	Fasa R	Closing Coil	42.8		1.285046729	10.51085583
				Tripping Coil 1	76.1		0.722733246	
				Tripping Coil 2	74.5	0.738255034		
			Fasa S	Closing Coil	42.6	1.291079812		
				Tripping Coil 1	42.6	1.291079812		
				Tripping Coil 2	42.7	1.288056206		
			Fasa T	Closing Coil	42.4	1.297169811		
				Tripping Coil 1	42.5	1.294117647		
				Tripping Coil 2	42.2	1.303317536		
		PMS (Motor Penggerak)	PMS Bus 1	Open		AC		
				Close				
			PMS Bus 2	Open				
				Close				
			PMS Line	Open				
				Close				

5	Bag Trafo 1	PMT (tahanan coil) Three pole	150kV	Closing Coil	41.1	1.338199513	4.458296417
				Triping Coil 1	41.6	1.322115385	
				Triping Coil 2	42	1.30952381	
			20 kV	Closing Coil	294.5	0.186757216	
				Triping Coil 1	182.3	0.301700494	
				Triping Coil 2	-		
		PMS (Motor Penggerak)	PMS Bus 1	Open	AC		
				Close			
			PMS Bus 2	Open			
				Close			
			PMS Line	Open			
				Close			

6	Bag Trafo 2	PMT (tahanan coil) Three pole	150kV	Closing Coil	35.8	1.536312849	6.13924494
				Triping Coil 1	35.4	1.553672316	
				Triping Coil 2	35.4	1.553672316	
			20 kV	Closing Coil	73.4	0.749318801	
				Triping Coil 1	73.7	0.746268657	
				Triping Coil 2	-		
		PMS (Motor Penggerak)	PMS Bus 1	Open	AC		
				Close			
			PMS Bus 2	Open			
				Close			
			PMS Line	Open			
				Close			

7	Bag Kopel	PMT (tahanan coil) Three pole	150kV	Closing Coil	54	1.018518519	6.15
				Triping Coil 1	53.3	1.031894934	
				Triping Coil 2	53.2	1.033834586	
		PMS (Motor Penggerak)	PMS Bus 1	Open	AC		
				Close			
			PMS Bus 2	Open			
				Close			
			PMS Line	Open			
				Close			

8	Lain-lain	Lampu emergency	(3)x16A			48
		Inverter				25
		Yang di change over	Rele,DFR,Metering,panel kontrol			12.9
					Total	176.3411368

4. Data Hasil Pemeliharaan Tahunan Baterai 110 VDC

Tabel 4. 7 Form Check List Pengujian Kapasitas Baterai Unit 1 110 VDC

PT PLN (PERSERO) TRANSMISI JAT UPT SEMARANG		JOB SHEET PEMELIHARAAN BATERE GARDU INDUK : 150KV -GRONDOL		TANGGAL 17 - 19 Juni 2019	110 VOLT 1 (SATU)
JENIS PEMELIHARAAN / PERIODE : PEMELIHARAAN RUTIN / 2 TAHUNAN					
NO	SASARAN KEGIATAN	FORMULIR	STANDARD	HASIL	KETERANGAN
1	Pemasangan baterai cadangan	-	Sesuai kebutuhan	Baik	Normal
2	Pemindahan beban DC ke baterai cadangan	-	Normal	Baik	Normal
3	Pemeriksaan fisik baterai, kondisi sambungan di	-	Baik dan sempurna	Baik	Sempurna
4	Pemeriksaan level elektrolit baterai (Penambahan air suling / PH7 bila diperlukan)	-	Sesuai level	Baik	Sesuai Level
5	Pengisian arus / Equalizing charger baterai - yang akan diuji hingga full charge	-	$I_{max} = 0.2 \times C$ $V_{max} = 1.65 \times n \text{ Sel}$	Baik	Lama Pengisian : 20 Jam
6	Pengujian / Test kapasitas baterai	-	$> 60 \%$	Baik	Lihat lampiran
7	Pengukuran tegangan per-sel selama test kapasitas *)	-	Min 1 volt / sel	Baik	Lihat lampiran
8	Pembersihan bodi, pole dan connector baterai	-	Bersih	Baik	Bersih bersih
9	Pemberian vaselin netral pada pole dan connector	-		Baik	Diberi tipis-tipis
10	Pengisian arus kembali / reboosting charge	-	$I_{max} = 0.2 \times C$ $V_{max} = 1.65 \text{ s/d } 1.7 \text{ volt} \times n \text{ Sel}$	Baik	Lihat lampiran
11	Penomoran / pemasangan sistem DC	-	Normal	Normal	Tegangan Floating : 115.8 Volt
12	Pemeriksaan suhu dan fan ruang baterai	-	25°C s/d 30°C / ada	Baik	Fan : Ada / Tidak-ada, Jalan / Tidak-jalan-
*) Setiap satu jam sekali sampai tercapai tegangan 1 Volt / sel					
			Mengesah SPM HAR. PROT Rudi Prizanto	Pengawas Pekerjaan Agus Sunarno	

A
G

4.2. Pengujian Kapasitas Baterai

4.3.1. Pengisian Tegangan Baterai 110 VDC Sebelum Pengosongan

Sesuai nameplate baterai 110 VDC yang akan diuji dan hitung arus dan tegangan boosting sebagai berikut:

Kapasitas baterai = 275 Ah, menggunakan waktu C5 (5 jam)

Jumlah sel = 82

Menggunakan Persamaan 2.1 dapat dihitung

Tegangan boosting = $1,65 \times 82 = 135,3 \text{ V}$

Arus pengisian = $275 \text{ Ah} / 5 \text{ jam} = 55 \text{ A}$



Gambar 4. 2 Alat Uji Charger Baterai

Tabel 4. 8 Pegukuran Sel Baterai Pengisian Dengan Mode Boosting

No	Jam Ke	Tegangan	Arus	Suhu			
		Volt	Ampere	Elektrolit		Ruang	
1	0	104,1	7	32	°C	28	°C
2	1	106,9	10	32	°C	28	°C
3	2	109,7	12	32	°C	28	°C

4	3	112,5	12	32	°C	28	°C
5	4	115,3	12	32	°C	28	°C
6	5	118,1	15	32	°C	28	°C
7	6	120,9	15	32	°C	28	°C
8	7	123,7	15	32	°C	28	°C
9	8	126,5	15	32	°C	28	°C
10	9	129,3	15	32	°C	28	°C
11	10	132,1	15	32	°C	28	°C
12	11	134,9	14	32	°C	28	°C
13	12	135,3	12	32	°C	28	°C

4.3.2. Pengosongan Baterai 110 VDC

Sesuai nameplate baterai 110 VDC yang akan diuji dan hitung arus, tegangan & Ah Discharge menggunakan persamaan 2.2 dapat dihitung sebagai berikut:

- a) 1 volt x 82 sel baterai = 82 V
Menjelaskan pengujian discharge baterai limit stop tegangan (82 V)
- b) 275 Ah
Menjelaskan pengujian discharge baterai limit stop Ah (275 Ah)
- c) 5 jam
Menjelaskan pengujian discharge baterai limit stop Waktu (5 Jam)



Gambar 4. 3 Pengukuran Sel Baterai Saat Proses Pengujian Discharge

Tabel 4. 9 Hasil Pengujian DisCharge Baterai Unit 1 110 VDC

NO	Pengukuran Teg / Sel (Jam ke)				NO	Pengukuran Teg / Sel (Jam ke)			
SEL	0 (Jam)	1 (Jam)	2 (Jam)	3 (Jam)	SEL	0 (Jam)	1 (Jam)	2 (Jam)	3 (Jam)
1	1.305	1.09	1.06	1.06	42	1.272	1.09	1.06	1.05
2	1.29	1.08	1.07	1.07	43	1.273	1.09	1.05	1.04
3	1.286	1.18	1.14	1.13	44	1.267	1.09	1.05	1.05
4	1.332	1.11	1.07	1.07	45	1.265	1.09	1.05	1.05
5	1.288	1.11	1.1	1.1	46	1.276	1.16	1.06	1.04
6	1.29	1.15	1.11	1.1	47	1.237	1.09	1.08	1.05
7	1.291	1.14	1.11	1.1	48	1.277	1.17	1.08	1.08
8	1.291	1.09	1.07	1.07	49	1.27	1.09	1.05	1.05
9	1.289	1.11	1.1	1.09	50	1.275	1.09	1.06	1.05
10	1.283	1.09	1.07	1.07	51	1.275	1.16	1.14	1.13
11	1.285	1.1	1.08	1.08	52	1.27	1.08	1.05	1.04
12	1.284	1.07	1.04	1.03	53	1.235	1.09	1.06	1.06

13	1.274	1.08	1.06	1.05	54	1.25	1.08	1.05	1.04
14	1.287	1.09	1.07	1.07	55	1.269	1.07	1.05	1.04
15	1.284	1.09	1.06	1.05	56	1.233	1.09	1.06	1.05
16	1.286	1.09	1.08	1.08	57	1.267	1.08	1.06	1.06
17	1.289	1.16	1.14	1.14	58	1.241	1.1	1.07	1.07
18	1.284	1.09	1.05	1.04	59	1.229	1.1	1.07	1.06
19	1.284	1.09	1.07	1.06	60	1.269	1.14	1.11	1.1
20	1.286	1.12	1.1	1.1	61	1.247	1.1	1.06	1.06
21	1.282	1.13	1.12	1.12	62	1.219	1.1	1.08	1.08
22	1.269	1.09	1.06	1.05	63	1.27	1.15	1.12	1.11
23	1.285	1.11	1.08	1.07	64	1.254	1.09	1.08	1.08
24	1.255	1.1	1.07	1.07	65	1.232	1.09	1.07	1.06
25	1.272	1.09	1.06	1.06	66	1.25	1.09	1.06	1.05
26	1.273	- 0.07	- 0.93	-1.25	67	1.269	1.16	1.14	1.13
27	1.279	1.09	1.06	1.05	68	1.26	1.08	1.05	1.04
28	1.269	1.09	1.06	1.05	69	1.261	1.11	1.06	1.05
29	1.273	1.08	1.05	1.04	70	1.248	1.09	1.05	1.04
30	1.283	1.15	1.14	1.14	71	1.247	1.08	1.05	1.04
31	1.28	1.16	1.1	1.09	72	1.259	1.08	- 0.28	- 0.32
32	1.279	1.15	1.12	1.11	73	1.217	1.09	1.06	1.06
33	1.28	1.1	1.06	1.05	74	1.251	1.08	1.07	1.06
34	1.252	1.09	1.06	1.06	75	1.252	1.08	1.06	1.06
35	1.278	1.14	1.08	1.06	76	1.254	1.08	1.06	1.05
36	1.272	1.09	1.06	1.05	77	1.26	1.1	1.1	1.1
37	1.272	1.08	1.06	1.06	78	1.233	1.09	1.07	1.06
38	1.256	1.09	1.08	1.08	79	1.246	1.08	1.05	1.04

39	1.269	1.08	1.06	1.05	80	1.245	1.1	1.08	1.07
40	1.27	1.08	1.04	1.03	81	1.196	1.08	1.05	1.05
41	1.266	1.1	1.08	1.08	82	1.265	1.15	1.12	1.11

Tabel 4. 10 Hasil Pengujian Kapasitas Baterai Unit 1 110 VDC

Jam Ke (Pengukuran di mulai dari jam start pengujian)	Tegangan	Arus	Kapasitas	Suhu	
	(Volt)	(Ampere)	(Ah)	Elektrolit	Ruang
00:00	99.4	55	60	28 °C	27 °C
00:15	94.0	55	13	28 °C	27 °C
00:30	91.0	55	27	28 °C	27 °C
00:45	89.6	55	41	28 °C	27 °C
01:00	87.6	55	58	28 °C	27 °C
01:15	87.1	55	69	28 °C	27 °C
01:30	86.1	55	99	28 °C	27 °C
01:45	84.6	55	97	28 °C	27 °C
02:00	83.2	55	112	28 °C	27 °C
02:15	82.0	55	120	29 °C	27 °C

4.3. Perhitungan

Berdasarkan data penelitian pada Tabel 3.2, 4.1-4.5, telah didapatkan data Penelitian diantaranya sebagai berikut:

1. Kapasitas Baterai 110 VDC GI 150 kV Spondol (sesuai Name Plate Ah 100 %)
 - Kapasitas [C] baterai Unit I = 275 Ah
 - Kapasitas [C] baterai Unit 2 = 305 Ah

Waktu yang diminta PLN untuk baterai bekerja menanggung beban
= >5jam

Pada saat dilaksanakan Pengujian terdapat Kapasitas Baterai 110 VDC Unit 1 turun menjadi **120 Ah**, sehingga kemampuan Baterai Unit 1 menggunakan Persamaan 2.3 didapatkan:

$$(120 / 275) * 100\% = \mathbf{43,6 \%}$$

2. Beban DC di Gardu Induk Spondol sesuai perhitungan yang telah dilakukan pada Tabel 4.1 adalah :

Beban = 176.34 A di bagi 2 Unit Baterai 110 VDC, sehingga masing2 Unit Baterai 110 VDC memikul beban:

$$176,34 \text{ A} / 2 = \mathbf{88 \text{ Ampere}}$$

Dengan persamaan 2.4 maka analisisnya jika dengan beban DC maksimal di Gardu Induk adalah:

- a. Unit I

$$C = I \times T$$

$$\mathbf{120} = 88 \times T$$

$$T = \mathbf{120} / 88$$

$$T = 1.36 \text{ jam}$$

$$T = 1.36 \times 60 = 82 \text{ menit (} \mathbf{1 \text{ Jam } 22 \text{ Menit})}$$

- b. Unit II

$$C = I \times T$$

$$305 = 88 \times T$$

$$T = 305 / 88$$

$$T = 3,46 \text{ jam (} \mathbf{3 \text{ Jam } 28 \text{ Menit})}$$

Dari analisa diatas terlihat bahwa baik unit I, unit II, maupun unit yang baru tidak memenuhi standar waktu yang diinginkan perusahaan, jika menanggung beban maksimal. Maka jika menginginkan kinerja baterai dengan waktu 5 jam,

kapasitas baterai yang ideal untuk memikul beban keseluruhan dengan secara bersamaan adalah :

$$C = I \times T$$

$$C = 88 \times 5$$

$$C = \mathbf{440 \text{ Ah}}$$

Analisa diatas dengan catatan yaitu semua beban DC bekerja, namun realisasinya tentu tidak demikian. Tidak semua beban di serandang akan bekerja secara bersamaan dan terus-menerus selama 5jam.

Analisa kapasitas yang real time adalah :

Jika terjadi Blackout, maka sesuai SOP PMT harus dikeluarkan. Namun di Gardu Induk Spondol sudah menerapkan RTN(Rele Tegangan Nol), sehingga jika busbar I dan busbar II hilang tegangan maka otomatis PMT akan trip.

Beban DC saat blackout :

$$\text{Beban yang terbaca di change over charger} = 12.9 \text{ A}$$

$$\text{Lampu emergency} = 48 \text{ A}$$

$$\text{Total} = 60.9 \text{ A}$$

Kapasitas yang diperlukan :

$$C = I \times T$$

$$C = 60.9 \times 5 \text{ jam}$$

$$C = \mathbf{304.5 \text{ Ah}}$$

Maka jika dilihat dari jumlah beban yang di pikul terhadap ketersediaan unit baterai yang terdapat di Gardu Induk Spondol (Unit I 275 Ah Unit II 305 Ah) , dapat di tarik kesimpulan sebagai berikut:

- Unit I (275 Ah dan Kemampuan turun menjadi 43,6 %) sangat kurang dari kebutuhan Gardu Induk
- Unit II (**305 Ah**) Sudah Terpenuhi.

Oleh karena itu agar segera dilaksanakan penggantian baterai unit I yang sudah menurun kapasitasnya dengan unit baru dengan kapasitas (305Ah). Agar mampu menanggung beban DC di Gardu Induk Sronдол pada saat kondisi gangguan selama selang waktu yang menjadi standar perusahaan (5 jam).



BAB V

PENUTUP

5.1. Kesimpulan

Data-data yang diperoleh dan telah diuraikan diatas dapat disimpulkan sebagai berikut:

1. Konfigurasi rangkaian baterai saat kondisi operasi normal untuk beban yang ada pada Gardu Induk di pikul oleh Sumber AC, yaitu Rectifier yang terpasang Paralel terhadap Beban & Baterai sebagai sumber cadangan DC.
2. Digunakan untuk apa sajakah sumber DC ini pada peralatan-peralatan yang sangat vital diantaranya peralatan control, peralatan proteksi, peralatan komunikasi dan peralatan-peralatan lain. Saat kondisi operasi normal beban dipikul oleh Sumber AC, dan saat kondisi emergency (Black Out) sumber AC pada Gardu Induk akan hilang, sehingga beban akan di pikul oleh Baterai. Oleh karena itu Baterai sangatlah vital, dan di haruskan performa baterai tersebut dalam kondisi prima untuk menjaga kehandalan sistem operasi penyaluran pada Gardu Induk
3. Untuk performa baterai dipengaruhi oleh beberapa hal, diantaranya: Suhu lingkungan sekitar, suhu larutan elektrolit, berat jenis larutan elektrolit, suhu masing masing sel baterai, tegangan sel baterai dan kapasitas baterai.
4. Berdasarkan hasil simulasi pengujian yang terdiri dari pengisian sebelum dan pengujian pembebanan baterai 110 VDC pada Gardu Induk 150 kV Sronbol, dapat ditarik kesimpulan kondisi baterai jelek. Karena tidak sesuai standar SPLN 2014, sany sebelumnya memiliki kapasitas 275 Ah, menjadi 120 Ah atau bisa dikatakan performa menurun menjadi 43 %.

5.2.Saran

Adapun saran yang dapat penulis berikan untuk penelitian selanjutnya diantaranya adalah sebagai berikut.

1. Untuk pelaksanaan penelitian ke depannya dapat dilaksanakan menggunakan beberapa alat discharge baterai sebagai pembanding.
2. Dengan pelaksanaan penelitian ini saat pelaksanaan pengujian diperlukan pemantauan dan pengukuran baterai masing masing sel secara real time, oleh karna itu bisa dijadikan dasar untuk bisa di buatkan perangkat yang bisa monitoring secara On Line pada tiap sel baterai baik itu suhu ataupun berat jenis larutan elektrolit.



DAFTAR PUSTAKA

- Adam, Sumardi Sadi,. 2015. "PEMELIHARAAN BOOSTING DAN UJI KAPASITAS BATERE 110 VDC." *Jurnal Teknik* 4(2).
- Agned, Ricky, and Nurhalim. 2016. "Studi Kapasitas Baterai 110 Vdc Pada Gardu Induk 150 KV Bangkinang." *Jom FTEKNIK* 3(2).
- "ANALISA EFISIENSI BATERAI 110 VOLT DI PT. PLN(PERSERO) GARDU INDUK 150 KV PATI." 2020. *Prosiding Seminar Nasional NCIET* 1(1).
- Andra. 2018. "Larutan Elektrolit Dan Non Elektrolit." *Diambil dari* <https://ardra.biz/topik/daya-hantar-listrik-larutan/>. Tanggal 16 Desember 2020: 1–8.
- Aprista, Rana Dhiya, Rio Afrianda, and , Kartika Tresya M. 2020. "Pengaruh Proses Pengosongan (Discharging) Terhadap Kapasitas Baterai 110 Vdc Di Gardu Induk Cigereleng Bandung."
- Arif Muhammad Rifa'i. 2019. "Analisis Uji Kapasitalis Baterai 110 VDC Pada Gardu Induk 150 KV Klaten."
- GANTA, WILLYAM. 2015. "Sistem Proteksi Relay."
- I Nugroho., Ir. Tejo Sukmadi, MT. 2012. "Baterai Sebagai Suplai Tegangan DC Pada Gardu Induk 150 KV Kalisari." *Makalah Seminar Kerja Praktek*.
- Ibnu Salam. 2007. "Analisa Efisiensi Batere Komunikasi Pada Gardu Induk PT PLN (Persero) Region Jateng Dan DIY UPT Kudus." *Universitas Negeri Semarang* (1 Semarang): 1–76.
- Nurtiasih, Ety, Prastyono Eko Pambudi, and Sigit Priyambodo. 2017. "Analisa Kapasitas Baterai Komunikasi Pada Gardu Induk 150 KV Bantul." *Jurnal Elektrikal* 4(2).
- Pemeliharaan, Buku Pedoman. 2013. "PT.PLN (Persero) PEDOMAN PEMELIHARAAN SISTEM SUPLAI AC/DC." 53(9): 1689–99.
- Pendidikan, Pusat, and D A N Pelatihan. "1 Pola Proteksi Gardu Induk." : 1–35.
- Setiawan, A. M. et al. 2020. "Pembuatan Sel Baterai Berbasis Bahan Alam Melalui Pembelajaran Stem." *INKUIRI: Jurnal Pendidikan IPA* 9(1): 1.
- Tiara Dewi, Muhammad Amir Masruhim, Riski Sulistiarini. 2016. "濟無No Title No Title No Title." *Laboratorium Penelitian dan Pengembangan FARMAKA TROPIS Fakultas Farmasi Universitas Mualawarman, Samarinda, Kalimantan Timur* (April): 5–24.

LAMPIRAN

51954/WP-INT/KI/UPT SEMARANG/11/2021

DOKUMEN IJIN KERJA **WORKING PERMIT DOCUMENT**

INTERNAL



PT PLN (PERSERO)

UNIT INDUK TRANSMISI JAWA BAGIAN TENGAH



PT PLN (PERSERO)
UNIT INDUK TRANSMISI JAWA BAGIAN TENGAH
UPT SEMARANG



FORMULIR IJIN KERJA INTERNAL

No. Dokumen	FK3.TJBT.16.00.01
Edisi / Revisi	00/00
Berlaku Efektif	13 October 2016
Halaman	5 dari 8

FORM : WP 2

PERALATAN YANG PERLU DIBEBASKAN
 REQUIRED ISOLATING EQUIPMENT/POINTS

SINGLE LINE DIAGRAM	No URUT	STATUS	PERALATAN YANG DIBEBASKAN

CATATAN / NOTE

SEMARANG, 09 Agustus 2021

MENYETUJUI :
 Approved By

MENGETAHUI

PEMOHON
 Requested By

(TITI MURDIYATI)

AGENG NUGROHO

(KUNTORO BANGUN SETYADJI)

MANAGER UPT SEMARANG

SPV GI 150KV SRONDOL



PT PLN (PERSERO)
UNIT INDUK TRANSMISI JAWA BAGIAN TENGAH
UPT SEMARANG

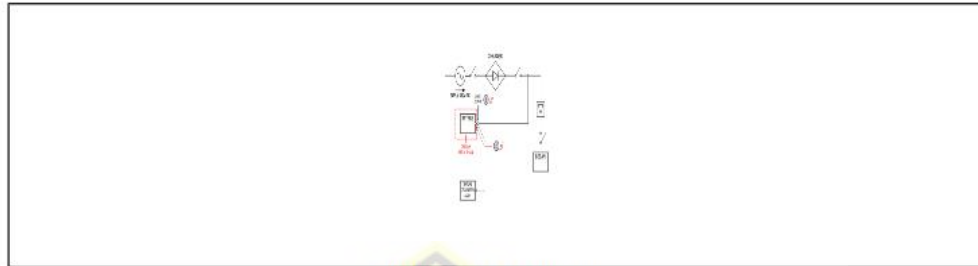


DOKUMEN WORKING PERMIT/IJIN KERJA INTERNAL

No. Dokumen FK3.TJBT.16.00.01
Edisi / Revisi 00/00
Berlaku Efektif 13 October 2016
Halaman 6 dari 8

FORM : WP 3

GAMBAR SINGLE LINE DIAGRAM (DENAH KERJA YANG AMAN)



SEMARANG, 09 Agustus 2021

CATATAN

- Gambarkan single line diagram / lay out
- Nyatakan lokasi daerah kerja yang aman
- Nyatakan lokasi pemasangan kawat pelepasan muatan
- Cantumkan No.urut sesuai urutan pengamanan

MENYETUJUI

MENGETAHUI

PEMOHON

(TITI MURDIYATI)

AGENG NUGROHO

KUNTORO BANGUN SETYADJI

MANAGER UPT SEMARANG SPV GI 150KV SRONDOL



PT PLN (PERSERO)
UNIT INDUK TRANSMISI JAWA BAGIAN TENGAH
UPT SEMARANG



FORMULIR IDENTIFIKASI BAHAYA, PENILAIAN DAN PENGENDALIAN RESIKO (IBPPR)

No. Dokumen FK3.TJBT.16.00.01
Edisi / Revisi 00/00
Berlaku Efektif 13 October 2016
Halaman 7 dari 8

LOKASI : GI 150KV KALIWUNGU

No	Kegiatan / Fasilitas	Potensi Bahaya		Resiko	Penilaian								Tingkat Resiko	Pengendalian
		Sumber/Mekanisme/Target			Akibat (a)		Paparan (b)		Peluang (c)		Nilai (a/b/c)			
					Seberapa Sering m sh	Seberapa Berat m sh	Seberapa Sering m sh	Seberapa Berat m sh	Seberapa Sering m sh	Seberapa Berat m sh	Seberapa Sering m sh	Seberapa Berat m sh		
1	Membawa alat kerja ke lokasi pekerjaan	Tersandung saat berjalan ke lokasi pekerjaan		Tertuka	1	1	2	2	1	1	2	1	Rendah	Hati-hati saat berjalan membawa alat kerja ke lokasi pekerjaan. Briefing K3
2	Memasang charger portable dan baterai cadangan	Polaritas terbalik sehingga terjadi short circuit		Menghasilkan ledakan kecil	3	3	3	3	3	1	27	5	Medium	Perhatikan polaritas baterai menggunakan test pen. Menggunakan APD sesuai. Bekerja sesuai SOP/IK. Pengawasan intensif
3	Melakukan uji kapasitas baterai	Salah menggunakan alat uji		Battery Rutuk	7	7	1	1	3	1	21	7	Medium	Baca dan pahami IK alat uji. Menggunakan APD sesuai. Bekerja sesuai SOP/IK. Pengawasan intensif

Mengetahui		Catatan : Identifikasi Potensi Bahaya ini dibuat dengan sebenar-benarnya dan "Wajib" di sampaikan kepada semua pekerja melalui safety briefing / Tool box meeting.	
		09 Agustus 2021	
		Dievaluasi Oleh	Dibuat Oleh
(MOCH IRFAN HANIF RIDLA NUGRAHA) MULTG SEMARANG		(AL GHAMAL)	(KUNTORO BANGUN SETYADJI)



LEMBAR REVISI dan TUGAS UJIAN SARJANA

Berdasarkan Rapat Tim Penguji Ujian Sarjana

Hari : Senin
Tanggal : 27 Desember 2021
Tempat : Online / Teleconference

Memutuskan bahwa mahasiswa :

Nama : Kuntoro Bangun Setyadi
NIM : 30601401630
Judul TA : Analisa Kapasitas Baterai sebagai Sumber Cadangan DC
Pada Gardu Induk 150 kV Srandol ULTG Semarang PT PLN
(PERSERO) UPT Semarang

wajib melakukan perbaikan dan membuat tugas seperti tercantum dibawah ini:

NO	REVISI	BATAS REVISI
	Abstrak dll Liat Laporan yang saya sertakan	2x 24 jam Acc, 281221 

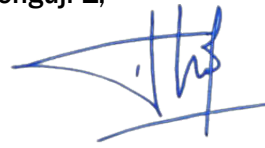
NO	TUGAS

Mengetahui,
Ketua Tim Penguji



Jenny Putri Hapsari, ST, MT
NIDN. 0607018501

Semarang, 27 Desember 2021
Penguji 1,



Jenny Putri Hapsari, ST, MT
NIDN. 0607018501



LEMBAR REVISI dan TUGAS UJIAN SARJANA

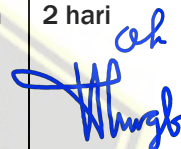
Berdasarkan Rapat Tim Penguji Ujian Sarjana

Hari : Senin
Tanggal : 27 Desember 2021
Tempat : Online / Teleconference

Memutuskan bahwa mahasiswa :

Nama : Kuntoro Bangun Setyadi
NIM : 30601401630
Judul TA : Analisa Kapasitas Baterai sebagai Sumber Cadangan DC
Pada Gardu Induk 150 kV Srandol ULTG Semarang PT PLN
(PERSERO) UPT Semarang

wajib melakukan perbaikan dan membuat tugas seperti tercantum dibawah ini:

NO	REVISI	BATAS REVISI
	Latar belakang, perumusan masalah, abstrak , kesimpulan disesuaikan lagi dengan aktifitas apa yang telah anda lakukan dalam tugas akhir anda	2 hari 

NO	TUGAS

Mengetahui,
Ketua Tim Penguji



Jenny Putri Hapsari, ST, MT
NIDN. 0607018501

Semarang, 27 Desember 2021
Penguji 2,



Dedi Nugroho, S.T., M.T.
NIDN. 0617126602



LEMBAR REVISI dan TUGAS UJIAN SARJANA

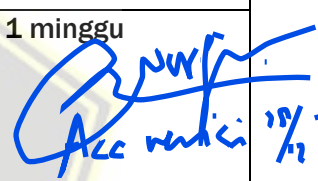
Berdasarkan Rapat Tim Penguji Ujian Sarjana

Hari : Senin
Tanggal : 27 Desember 2021
Tempat : Online / Teleconference

Memutuskan bahwa mahasiswa :

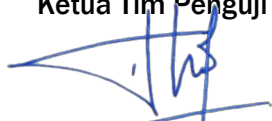
Nama : Kuntoro Bangun Setyadi
NIM : 30601401630
Judul TA : Analisa Kapasitas Baterai sebagai Sumber Cadangan DC
Pada Gardu Induk 150 kV Srandol ULTG Semarang PT PLN
(PERSERO) UPT Semarang

wajib melakukan perbaikan dan membuat tugas seperti tercantum dibawah ini:

NO	REVISI	BATAS REVISI
1.	Perbaiki penulisan di abstrak	1 minggu
2.	Perbaiki flow chart	 Acc revisi 18/12/21
3.	Lampirkan validasi data	

NO	TUGAS

Mengetahui,
Ketua Tim Penguji



Jenny Putri Hapsari, ST, MT
NIDN. 0607018501

Semarang, 27 Desember 2021
Penguji 3,



Bustanul Arifin, S.T., M.T.
NIDN. 0614117701