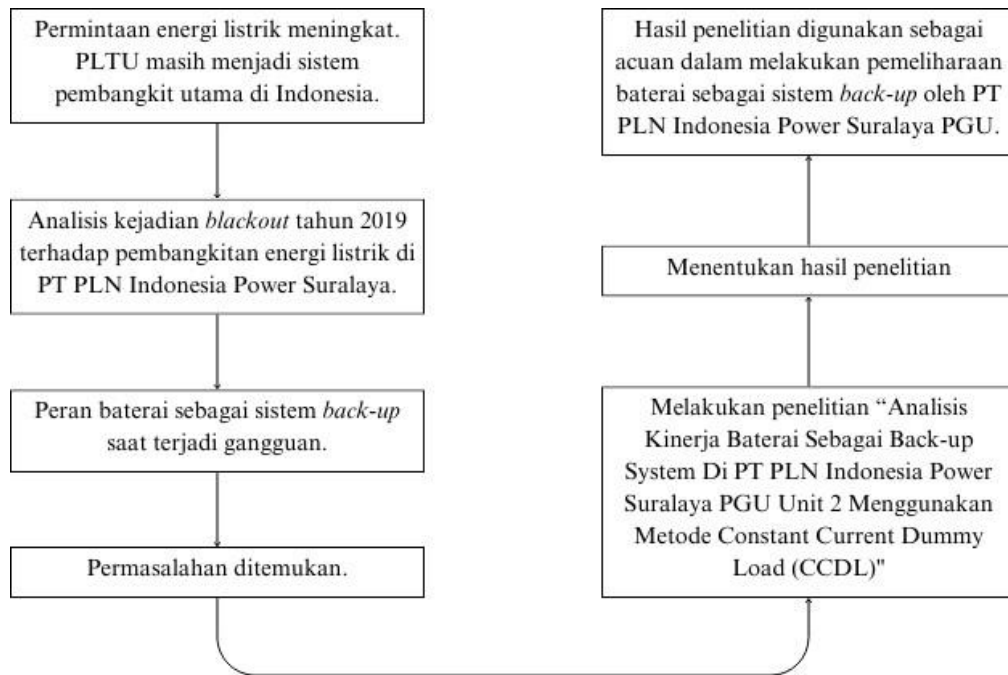


## BAB III METODE PENELITIAN

### 3.1 Desain Penelitian

Desain penelitian merupakan kerangka kerja atau rencana yang lebih luas yang menjelaskan bagaimana penelitian akan dijalankan secara keseluruhan. Pada penelitian yang berjudul “Analisis Kinerja Baterai Sebagai Back-up System Di PT PLN Indonesia Power Suralaya PGU Unit 2 Menggunakan Metode Constant Current Dummy Load (CCDL)” ini peneliti menggunakan pendekatan eksperimental dan analisis kuantitatif. Terkait desain penelitian yang dilakukan peneliti ditampilkan lebih jelas pada *flowchart* di bawah ini.



Gambar 3.1 Flowchart Desain Penelitian

Dengan meningkatnya kebutuhan energi listrik, PLTU (Pembangkit Listrik Tenaga Uap) masih menjadi sistem pembangkit utama di Indonesia. Hal ini menunjukkan pentingnya menjaga keandalan dan stabilitas suplai listrik yang dihasilkan oleh PLTU. Kejadian *blackout* besar di Pulau Jawa pada tahun 2019 memberikan pelajaran penting mengenai kerentanan sistem pembangkit listrik. Analisis terhadap kejadian ini membantu mengidentifikasi kelemahan dalam sistem dan perlunya solusi untuk mencegah gangguan serupa di masa depan. Baterai dapat

berperan sebagai sistem cadangan (*back-up*) yang penting untuk menjaga kontinuitas suplai listrik saat terjadi gangguan atau kegagalan pada sistem utama. Ini menggaris bawahi pentingnya memiliki *back-up system* yang andal. Berdasarkan analisis dan kejadian *blackout*, ditemukan permasalahan dalam keandalan sistem *back-up* yang ada. Ini memicu kebutuhan untuk mengevaluasi dan meningkatkan sistem *back-up* yang digunakan. Penelitian ini dilakukan untuk menguji dan menganalisis kinerja baterai sebagai sistem *back-up* menggunakan metode CCDL, dengan tujuan untuk mengevaluasi keandalannya dalam kondisi operasional nyata. Setelah penelitian dilakukan, hasil yang diperoleh dievaluasi untuk menentukan efektivitas baterai sebagai sistem *back-up*. Ini termasuk mengukur tegangan, arus, kapasitas, dan stabilitas baterai di bawah beban konstan. Hasil dari penelitian ini digunakan sebagai panduan untuk pemeliharaan dan pengelolaan baterai sebagai sistem *back-up*. Dengan demikian, dapat diimplementasikan langkah-langkah yang tepat untuk meningkatkan keandalan sistem listrik di PT PLN Indonesia Power Suralaya PGU.

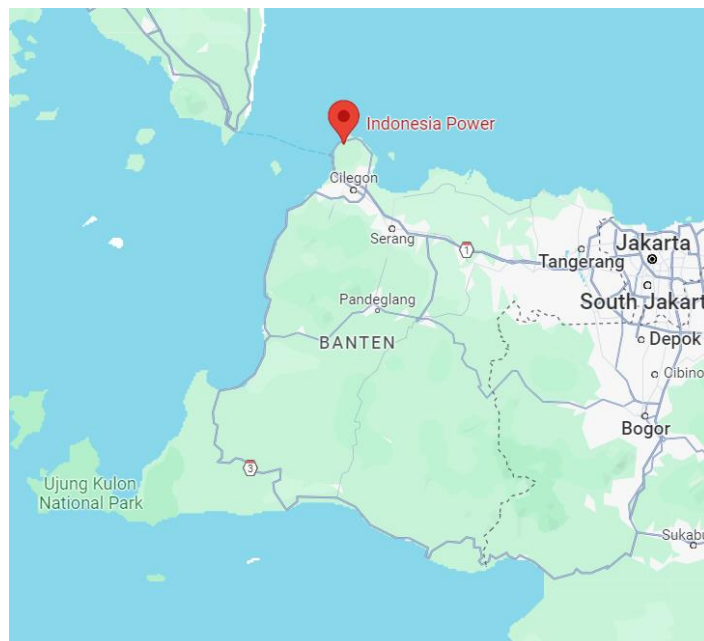
### 3.2 Objek dan Lokasi Penelitian

Penelitian ini menjadikan baterai 125 VDC pada PT PLN Indonesia Power Suralaya PGU Unit 2 sebagai objek yang diteliti. Penelitian ini berfokus pada evaluasi kinerja baterai menggunakan metode CCDL, dengan pengukuran parameter seperti tegangan, densitas elektrolit, suhu, dan kapasitas baterai.



Gambar 3.2 PT PLN Indonesia Power PGU Suralaya

Lokasi penelitian ini berada di PT PLN Indonesia Power Suralaya PGU yang terletak di Jl. Suralaya No.21, Kelurahan Suralaya, Kecamatan Pulomerak, Kota Cilegon, Banten 42439. Berjarak 20 km ke arah barat dari Jakarta menuju pelabuhan ferry Merak dan 7 km ke arah utara dari pelabuhan Merak dengan luas area PLTU Suralaya adalah  $\pm 254$  ha.



Gambar 3.3 Lokasi PT PLN Indonesia Power Suralaya PGU

Terdapat beberapa pihak yang membantu penulis dalam penyusunan karya ilmiah dan penelitian ini. Yaitu pihak-pihak PT PLN Indonesia Power Suralaya PGU dan dosen pembimbing. Adapun pihak PT PLN Indonesia Power antara lain *Assistant Manager* HAR Unit 1-4, *supervisor senior* HAR Unit 1-4, dan teknisi-teknisi lain yang membantu peneliti di lapangan selama penelitian berlangsung.

### 3.3 Instrumen Penelitian

Instrumen penelitian adalah alat atau perangkat yang digunakan oleh peneliti untuk mengumpulkan, mengukur, dan menganalisis data dalam sebuah penelitian. Pemilihan instrumen yang tepat sangat penting karena akan mempengaruhi validitas dan reliabilitas data yang dikumpulkan. Instrumen pada penelitian ini berupa data-data yang diperoleh dari *database* dan arsip internal PT PLN Indonesia Power Suralaya PGU. Berikut merupakan teknik yang digunakan penulis dalam mengumpulkan data instrumen penelitian:

### 1. Observasi Lapangan

Pada penelitian ini, peneliti perlu untuk mengambil data dengan mengamati objek penelitian serta mengumpulkan data-data yang relevan. Peneliti perlu melakukan observasi lapangan untuk mengamati langsung proses penggunaan baterai sebagai sistem *back-up* di PT PLN Indonesia Power Suralaya PGU Unit 2 saat terjadi situasi darurat.

### 2. Studi Literatur

Pada studi literatur diperlukan analisis terhadap informasi yang telah dipublikasikan sebelumnya dalam bentuk buku, jurnal ilmiah, artikel, laporan, dan sumber-sumber lainnya yang relevan dengan topik penelitian. Melalui studi literatur, peneliti dapat mengidentifikasi perkembangan terbaru, temuan-temuan yang relevan, serta teori-teori penunjang penelitian.

### 3. Diskusi

Teknik diskusi dalam penumpulan data ini melibatkan interaksi antar muka antara peneliti dan para ahli di bidangnya untuk mengumpulkan informasi, pandangan, atau pengalaman terkait dengan topik yang diteliti. Terutama diskusi dengan para Teknisi Lapangan dari PT PLN Indonesia Power Suralaya PGU divisi HAR Listrik unit 1-4 terkait penelitian yang dilakukan.

### 4. Bimbingan

Pada proses bimbingan ini peneliti diberikan arahan, panduan, dan dukungan kepada peneliti dalam proses pengumpulan data. Dan bimbingan juga membantu peneliti untuk meningkatkan kualitas penelitian mereka dan memastikan bahwa pengumpulan data dilakukan dengan cara yang efektif dan efisien.

Adapun data-data yang digunakan peneliti sebagai instrumen penelitian adalah sebagai berikut:

#### 1. Data Spesifikasi Baterai

Baterai merupakan objek utama pada penelitian ini, oleh karena itu penting untuk mengetahui jenis baterai yang digunakan beserta spesifikasi baterai tersebut. Data spesifikasi baterai yang digunakan pada sistem baterai 125 VDC di PT PLN Indonesia Power Suralaya PGU adalah sebagai berikut:

Tabel 3.1 Data Spesifikasi Baterai 125 VDC Unit 2

Spesifikasi Baterai	
<b>Jenis</b>	VLA ( <i>Valve Lead Acid</i> ) battery
<b>Merk</b>	Hoppecke
<b>Tipe</b>	11 OSP.HC 385
<b>Kapasitas</b>	441 Ah
<b>V float</b>	2,23 V/sel
<b>Tegangan</b>	2 V
<b>Temperatur</b>	20°C/68°F
<b>Berat Jenis Elektrolit</b>	1,24 Kg/L

Berdasarkan Tabel 3.1 di atas, spesifikasi baterai yang digunakan pada Unit 2 PLTU Suralaya adalah jenis baterai asam-timbal dengan tipe VLA (*Vented Lead-Acid*) dengan tegangan nominal sebesar 2 V.

## 2. Data Spesifikasi *Charger*

Pada setiap Unit PT PLN Indonesia Power Suralaya PGU menggunakan tipe *charger dual unit* yang terhubung langsung dengan baterai dan beban secara paralel. Jenis *charging* yang digunakan adalah *floating charge*. Berikut ini merupakan data spesifikasi *charger* Unit 2 PLTU Suralaya:

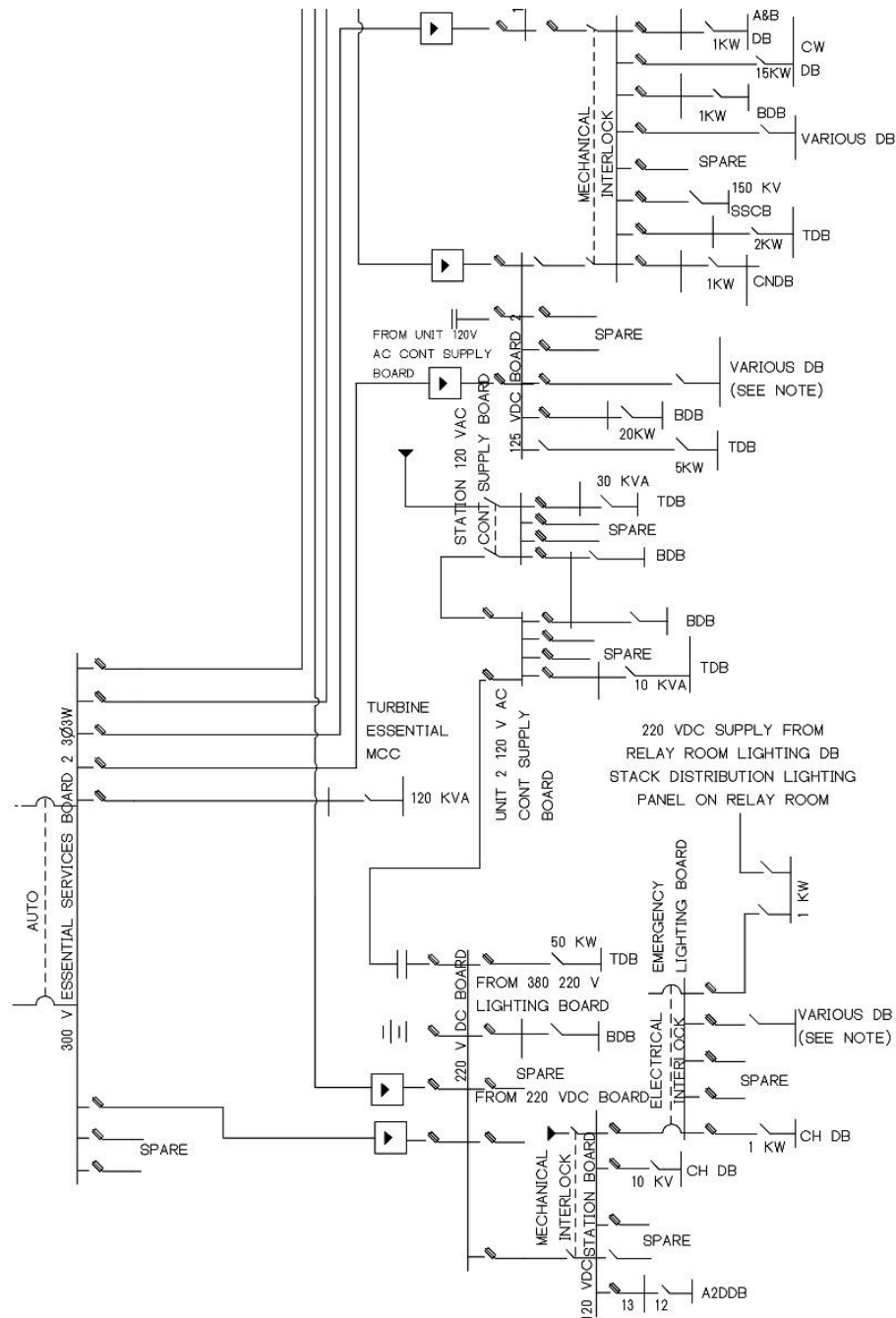
Tabel 3.2 Data Spesifikasi *Charger* 125 VDC

Spesifikasi Charger		
<b>Merk</b>	NIKSA	
<b>Model</b>	NTC 125-200(D)	
<b>Job No</b>	0339	
<b>Serial</b>	3351	
	<b>Input</b>	<b>Output</b>
<b>Volt</b>	380 VAC	125 VDC
<b>Ampere</b>	57,8 A	200 A
<b>Frekuensi</b>	50	-
<b>Phase</b>	3 $\theta$	-

Berdasarkan Tabel 3.2 di atas, spesifikasi *charger* yang digunakan adalah merk Niksa dengan input tegangan 380 VAC dan arus sebesar 57,8 A diubah menjadi tegangan DC sebesar 125 VDC dengan arus 200 A.

### 3. Single Line Diagram

Pada baterai PT PLN IP Suralaya PGU terdapat 2 buah *charger* dari unit yang berbeda. Untuk lebih jelas dapat dilihat pada gambar di bawah ini.



Gambar 3.4 Single Line Diagram Sistem DC Unit 2  
Sumber: (Arsip PT PLN Indonesia Power Suralaya PGU)

Gambar 3.3 menunjukkan setiap baterai bank memiliki 2 unit *charger* dan baterai yang disusun secara paralel. Beban-beban pada sistem langsung terhubung dengan *charger* sebelum akhirnya baterai mengambil alih ketika keadaan darurat terjadi. Terdapat juga sebuah *stand by generator diesel* yang siap ambil alih peran baterai dari kedua unit pembangkit tersebut.

#### 4. Data Batas Pemakaian Baterai

Baterai yang digunakan pada sistem DC PT PLN Indonesia Power Suralaya PGU Unit 2 berjenis *Valve lead acid* (VLA). Pada pemakaian normal terdapat batas pemakaian agar baterai terhindar dari kerusakan. Berikut merupakan batas pemakaian normal untuk 2 jenis baterai berdasarkan dengan jenis plat yang digunakan.

Tabel 3.3 Data Batas Pemakaian Baterai

Sistem Baterai	Persentase C Maks	T <sub>limit</sub> °C
LAB dengan		
- <i>Tubular plates</i>	80% C <sub>limit</sub>	55
- <i>Grid plates</i>	80% C <sub>limit</sub>	55
NCB dengan		
- <i>Pocket plates</i>	100% C <sub>limit</sub>	45
- <i>Sintered plates</i>	100% C <sub>limit</sub>	40

Pada Tabel 3.3 dijelaskan batasan kapasitas dan suhu baterai pada saat proses *discharging* berlangsung. Dengan waktu pengisian ditentukan selama 5 jam, baterai *lead-acid* dan baterai *nickel-cadmium* dengan plat yang berbeda memiliki batas kapasitas yang berbeda. Pada LAB (*lead-acid battery*) persentase maksimal kapasitasnya 80% dari kapasitas maksimal dengan suhu batas adalah 55°C. Sedangkan pada NCB (*nickel-cadmium battery*) dapat diisi dengan kapasitas maksimal 100% dengan suhu batas 40-45°C.

#### 5. Data Beban *Essential* 125 V

Pada sistem DC terdapat beban yang tidak boleh padam walaupun dalam keadaan *black-out* sekalipun. Beban tersebut disebut sebagai beban *essential*. Berikut merupakan data arus yang dibutuhkan untuk menyuplai beban *essential*.

Tabel 3.4 Data Arus Beban *Essential*

No	Nama Peralatan	Arus (A)
1	Turbine Relay Panel A	2
2	Turbine Relay Panel B	2
3	Boiler Relay Panel A	2
4	Boiler Relay Panel B	2
5	6 Kv Unit Switchgear	12
6	DC Distribution Panel	24
7	Spare	12
8	Spare	12
<b>TOTAL</b>		<b>68</b>

Data pada Tabel 3.4 merupakan data arus beban yang harus disuplai sistem DC. Beban yang perlu disuplai sistem DC rata-rata merupakan sistem proteksi pada unit. Total arus yang harus disuplai adalah sebesar 68 Ampere DC.

#### 6. Waktu Uji dan Besar Arus Pengujian

Pengujian pembebanan pada baterai 125 V dilakukan berdasarkan pada standard IEC (*International Electrotechnical Commission*). Dimana waktu pengujian yang dilakukan adalah selama **10 jam** dengan arus konstan yang digunakan sebagai beban dihitung berdasarkan rumus 2.5.

$$I_{(DS)} = 0,1 \times C \dots\dots\dots(2.5)$$

$$I_{(DS)} = 0,1 \times 441 Ah$$

$$I_{(DS)} = 44,1 A$$

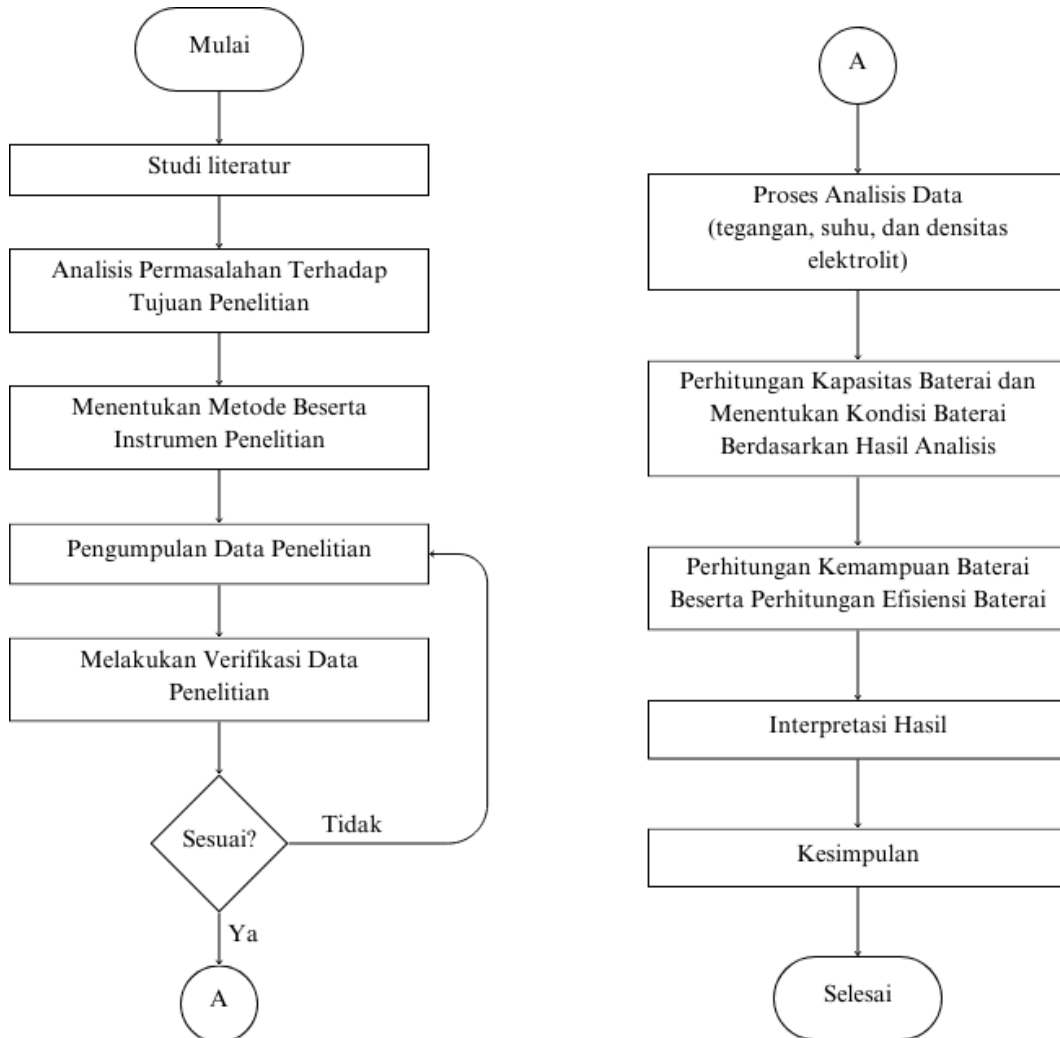
Perhitungan di atas didapat dengan mengalikan kapasitas baterai yang tertera pada *name plate* yaitu sebesar 441 Ah dengan nilai 0,1 sesuai dengan standard IEC. Oleh karena itu, arus yang digunakan untuk pengujian adalah sebesar 44,1 A.

### 3.4 Prosedur Penelitian

Prosedur penelitian adalah serangkaian langkah sistematis untuk menjalankan penelitian dari awal hingga akhir. Ini mencakup semua tindakan yang



diperlukan untuk mengumpulkan, mengolah, menganalisis, dan melaporkan data penelitian sesuai dengan desain yang telah ditetapkan. Diagram alur 'flowchart' mengenai prosedur penelitian ditampilkan pada Gambar 3.5 berikut.



Gambar 3.5 *Flowchart* Prosedur Penelitian

Gambar yang diberikan menunjukkan prosedur penelitian yang sistematis dan terstruktur, terdiri dari dua bagian utama. Berikut adalah penjelasan setiap langkah dalam prosedur tersebut:

#### 1. Studi Literatur

Melakukan penelusuran dan tinjauan terhadap literatur yang relevan untuk memahami konteks, teori, dan penelitian sebelumnya tentang kinerja baterai sebagai sistem *back-up*.

#### 2. Analisis Permasalahan

Mengidentifikasi masalah yang spesifik terkait dengan kinerja baterai di PT PLN Indonesia Power Suralaya menetapkan tujuan penelitian berdasarkan permasalahan yang ditemukan.

### 3. Penentuan Metode

Memilih metode yang digunakan dalam mengumpulkan, analisis, serta pengolahan data. Dan menentukan instrument yang digunakan pada penelitian.

### 4. Pengumpulan Data

Mengumpulkan data yang diperlukan, baik data primer melalui pengujian langsung maupun data sekunder dari catatan yang ada.

### 5. Verifikasi Data

Memeriksa keakuratan dan validitas data yang telah dikumpulkan untuk memastikan bahwa data tersebut sesuai dengan standar dan dapat diandalkan.

### 6. Proses Analisis Data

Menganalisis data yang telah diverifikasi, termasuk parameter-parameter penting seperti tegangan, suhu, dan densitas elektrolit baterai. Menampilkan perubahan-perubahan yang terjadi dalam bentuk tabel dan grafik.

### 7. Perhitungan Kapasitas Baterai

Menghitung kapasitas baterai berdasarkan data yang telah dianalisis dan menentukan kondisi fisik serta kinerja baterai berdasarkan hasil analisis yang telah dilakukan.

### 8. Perhitungan Kemampuan dan Efisiensi Baterai

Menilai kemampuan baterai dalam hal penyimpanan dan pelepasan energi, serta menghitung efisiensi baterai dalam operasi aktual. Perhitungan dilakukan menggunakan rumus yang telah didapat pada Bab 2.

### 9. Interpretasi Hasil

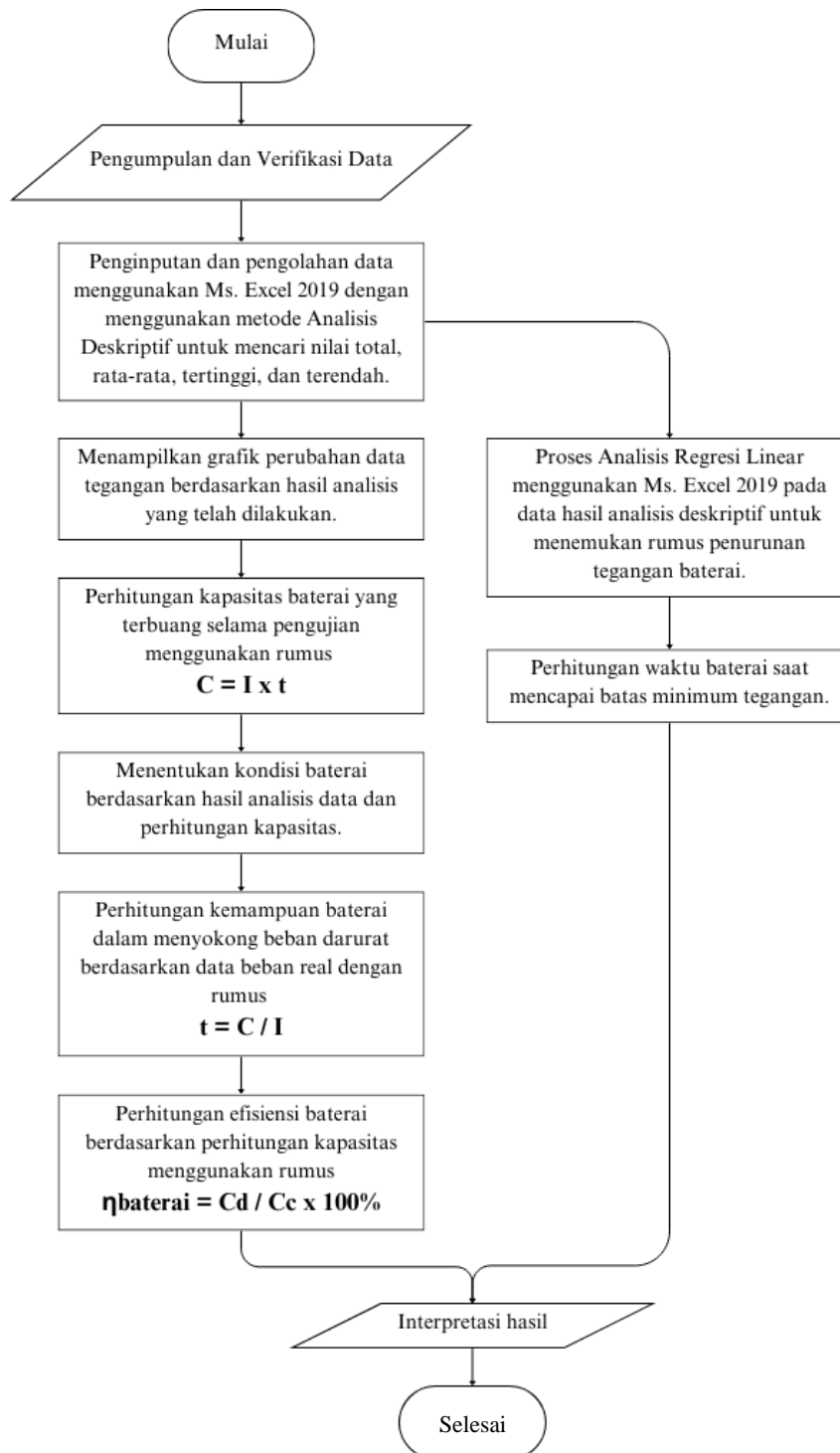
Menafsirkan hasil analisis dan perhitungan untuk memahami implikasi dari temuan tersebut terhadap kinerja baterai sebagai sistem *back-up*.

### 10. Kesimpulan

Menyusun kesimpulan dari penelitian, termasuk rekomendasi untuk perbaikan atau pengembangan lebih lanjut.

### 3.5 Teknik Pengolahan dan Analisis Data

Pengolahan data merupakan serangkaian metode dan proses yang digunakan oleh peneliti untuk mengumpulkan, memproses, menganalisis, dan menginterpretasikan data yang telah dikumpulkan selama penelitian. Di bawah ini merupakan diagram alur pengolahan dan analisis data.



Gambar 3.6 Diagram Alur Pengolahan dan Analisis Data

Pada penelitian ini pengolahan data didukung oleh perangkat lunak Microsoft Excel 2019 untuk pengolahan dan analisis data penelitian. Metode yang dipakai berupa analisis deskriptif untuk pengolahan awal yang kemudian akan dilakukan analisis regresi linear untuk menentukan rumus penurunan tegangannya. Berdasarkan diagram pada Gambar 3.6, maka teknik pengolahan dan analisis data adalah sebagai berikut.

### 3.5.1 Analisis Data dengan Menggunakan Metode Analisis Deskriptif

Analisis data dengan metode analisis deskriptif menggunakan Microsoft Excel melibatkan beberapa langkah untuk mengolah data dan menghasilkan informasi yang berguna dari dataset. Pada penelitian ini, data yang dianalisis berupa tegangan, suhu, dan densitas elektrolit baterai. Berikut adalah langkah-langkah detail dalam melakukan analisis deskriptif menggunakan Excel:

#### 1. Input Data

Kumpulkan data tegangan, suhu, dan densitas elektrolit dari database PT PLN Indonesia Power Suralaya PGU. Kemudian input data tersebut ke dalam lembar kerja Excel. Pastikan data terorganisir dengan baik dalam kolom-kolom yang sesuai.

#### 2. Hitung Statistik Deskriptif

Gunakan fungsi-fungsi Excel untuk menghitung nilai total, rata-rata, nilai tertinggi, dan nilai terendah untuk setiap variabel. Untuk fungsi yang digunakan pada *software* adalah sebagai berikut.

- Nilai total

	E	F
24	<b>=SUM(C4:C23;E4:E23;G4:G23)</b>	

Gambar 3.7 Fungsi Nilai Total

- Nilai rata-rata

	E	F
25	<b>=AVERAGE(C4:C23;E4:E23;G4:G23)</b>	

Gambar 3.8 Fungsi Nilai Rata-Rata

- Nilai maksimum

	E	F
26	<b>=MAX(C4:C23;E4:E23;G4:G23)</b>	

Gambar 3.9 Fungsi Nilai Maksimum

- Nilai minimum

	E	F
27	<b>=MIN(C4:C23;E4:E23;G4:G23)</b>	

Gambar 3.10 Fungsi Nilai Minimum

### 3. Menampilkan Grafik Perubahan Data

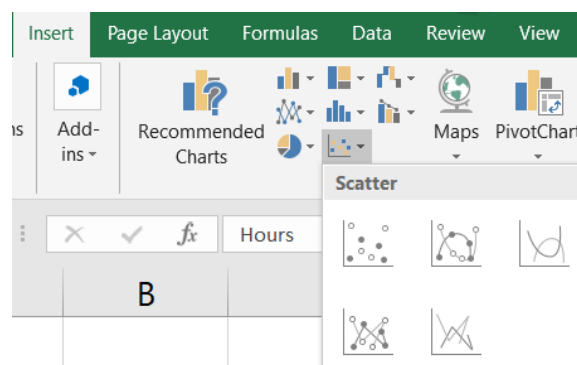
Tahap ini menggunakan fitur grafik di Excel untuk menampilkan perubahan data dari waktu ke waktu. Berikut langkah-langkah untuk menampilkan grafik pada excel:

- Pilih data yang ingin di grafik-kan

	D	E	F
	<b>Hours</b>	<b>Voltage</b>	
	1	123,07	
	2	121,99	
	3	120,91	
	4	119,83	
	5	118,75	
	6	117,66	
	7	116,58	
	8	115,50	
	9	114,42	
	10	113,34	

Gambar 3.11 Data Grafik Excel

- Ke tab *insert* pilih jenis grafik yang sesuai

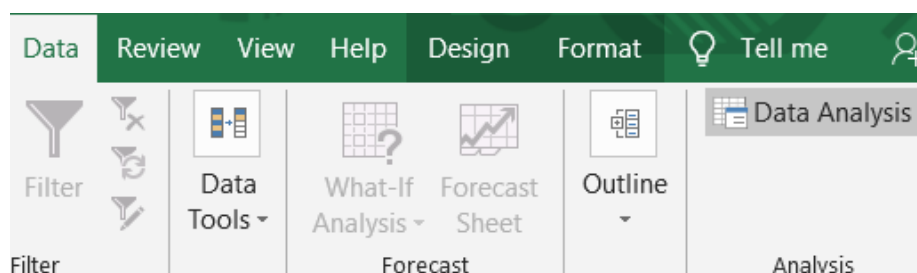


Gambar 3.12 Tab Insert Grafik Excel

### 3.5.2 Analisis Perubahan Tegangan dengan Metode Analisis Regresi Linear

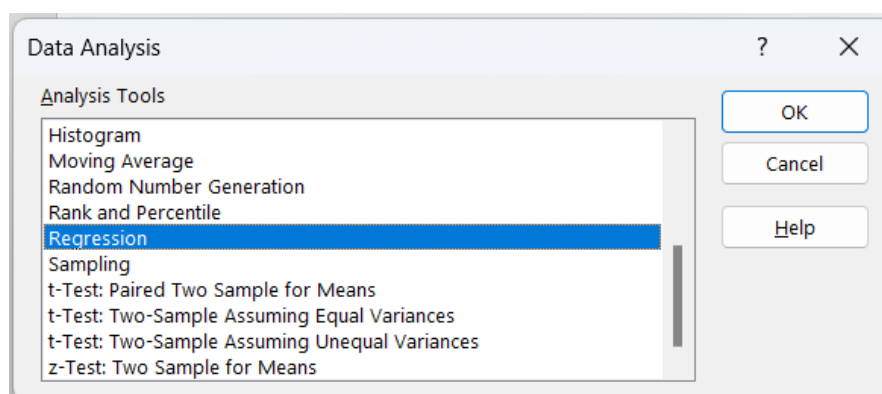
Analisis regresi linear merupakan teknik statistik yang digunakan untuk memodelkan hubungan antara 2 variabel. Pada penelitian ini, regresi linear digunakan untuk memahami bagaimana tegangan baterai berubah seiring dengan berjalannya waktu. Berikut adalah langkah-langkah rinci untuk melakukan analisis regresi linear pada perubahan tegangan terhadap waktu menggunakan Microsoft Excel:

- Persiapan data
  - Pastikan data terstruktur dengan baik dalam dua kolom.
- Pilih tab data, klik *Data Analysis*



Gambar 3.13 Data Analysis Option

- Pilih opsi *Regression*, klik OK



Gambar 3.14 Opsi Analisis Regresi

- Atur input data
  - Y range* untuk data tegangan

Regression
Sheet1!\$E\$99:\$E\$114
<b>Voltage</b>
123,07
121,99
120,91
119,83

Gambar 3.15 *Input Data Y Range*

X range untuk data waktu

Regression
Sheet1!\$D\$99:\$D
<b>Hours</b>
1
2
3
4
5

Gambar 3.16 *Input Data X Range*

Klik OK

Gambar 3.17 *Seting Regresi Excel*

### 3.5.3 Perhitungan Kapasitas Baterai

Setelah melakukan analisis terhadap parameter baterai, langkah selanjutnya adalah menghitung kapasitas aktual baterai berdasarkan data yang terkumpul selama pengujian. Perhitungan ini dapat membantu dalam menilai seberapa baik baterai dapat menyimpan dan melepaskan energi.

Langkah pertama dilakukan sebuah analisis regresi linear sederhana untuk menentukan waktu pengujian ketika tegangan baterai menyentuh batas minimum pemakaian. Kemudian perhitungan kapasitas baterai dapat dilakukan dengan menggunakan rumus 2.2.

$$C = I \times t \dots\dots\dots(2.1)$$

Berdasar pada rumus di atas, kapasitas baterai dapat dihitung dengan mengalikan I (arus pembebanan) dengan t (waktu uji) selama pengujian pengosongan. Dari perhitungan tersebut didapat kapasitas baterai dalam satuan *Ampere-hour* (Ah).

### 3.5.4 Perhitungan Kemampuan Baterai

Langkah ini melibatkan analisis terhadap daya tahan baterai dalam kondisi operasional yang mencakup pengujian baterai dengan beban konstan untuk mengevaluasi seberapa lama baterai dapat bertahan dalam situasi darurat sebelum perlu diisi ulang atau diganti. Perhitungan dapat dilakukan dengan dua cara, pertama berdasarkan data beban real dengan menggunakan rumus 2.2 di bawah ini.

$$C = I \times t \dots\dots\dots(2.2)$$

Maka

$$t = \frac{C}{I}$$

Yang kedua berdasarkan rumus penurunan tegangan yang didapatkan dari hasil analisis regresi linear. Rumus tersebut akan menentukan seberapa lama, atau pada jam ke-berapa tegangan total dari baterai akan menyentuh batas minimum pemakaian yaitu sebesar 108 V



### 3.5.5 Perhitungan Efisiensi Baterai

Efisiensi baterai dapat dihitung untuk mengetahui seberapa efisien baterai dalam mengonversi energi saat diisi ulang dan saat digunakan. Efisiensi baterai merupakan rasio antara energi yang disimpan dalam baterai saat diisi ulang dibandingkan dengan energi yang dilepaskan saat baterai digunakan. Untuk menghitung efisiensi baterai dapat menggunakan rumus 2.3.

$$\eta_{baterai} = \frac{C_d}{C_c} \times 100\% \quad \dots\dots\dots(2.3)$$

Dari rumus 2.3 di atas, efisiensi baterai dapat dihitung dengan membagi antara  $C_d$  (kapasitas pengosongan) dengan  $C_c$  (kapasitas pengisian) lalu kemudian dikalikan 100%. Hasilnya adalah seberapa persen besar efisiensi baterai dalam menghasilkan energi saat pengisian ataupun pengosongan.