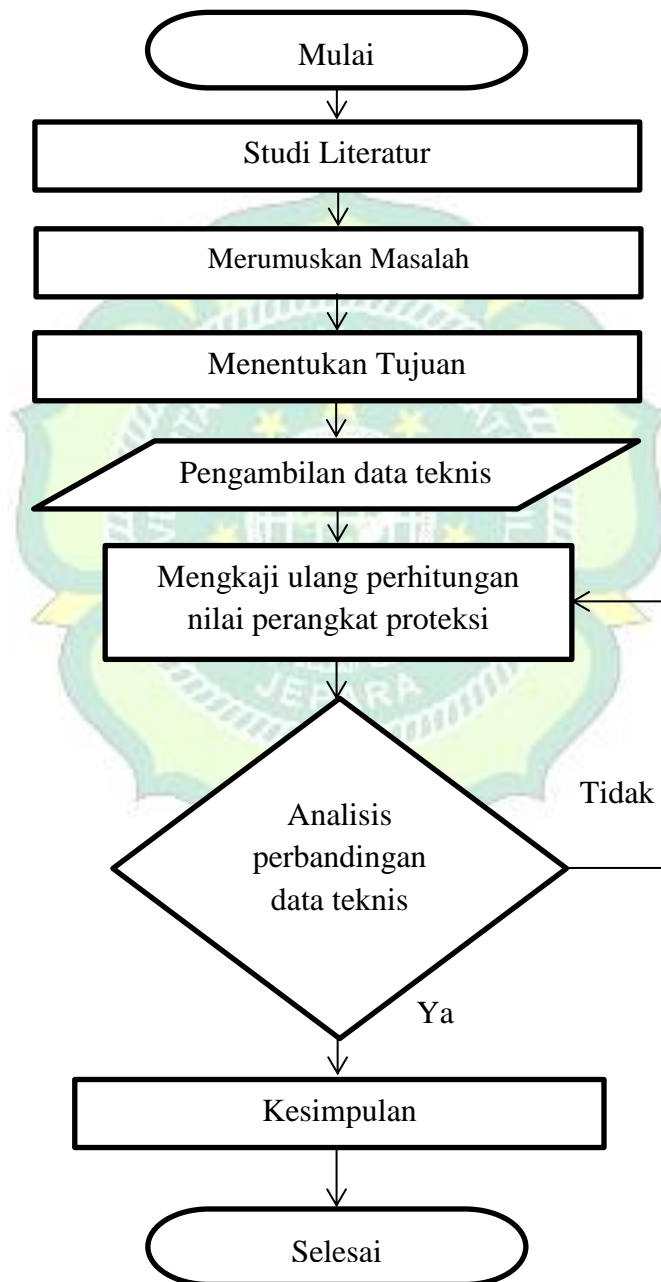


BAB III

METODOLOGI PENELITIAN

1.1. Metode Penelitian

Berikut ini merupakan *flowchart* dari langkah-langkah yang digunakan dalam penelitian ini.



Gambar 3.1 *Flowchart* Metode penelitian

Metode penelitian yang dipakai penulis adalah dengan melakukan kajian studi literatur melalui berbagai jurnal, buku, dan artikel dari internet tentang kajian relevan dengan pembahasan serta mengumpulkan data teknis dilapangan. Adapun data-data yang perlu dikumpulkan adalah data *rating* turbin angin, *rating* MCB, *rating fuse link*, *rating inverter*, *rating* baterai, *rating surge arrester*, *rating dummy load*, dan *rating* kabel. Setelah itu membandingkan spesifikasi perangkat proteksi yang diterapkan dengan perhitungan matematis.

Berikut ini adalah penjelasan dari *flowchart* langkah-langkah penelitian yang diambil penulis.

1.1.1. Studi Literatur

Studi literatur dilakukan untuk mengetahui hasil penelitian dan sumber data yang didapat dari penelitian-penelitian terdahulu dengan cara mengumpulkan informasi dari jurnal-jurnal ilmiah, skripsi, majalah, buku karya pengarang yang terpercaya dan artikel yang berkaitan dengan sistem proteksi pembangkit listrik tenaga bayu/angin. Metode yang digunakan penulis untuk melakukan studi literatur yaitu meringkas, membandingkan, mengupas dan mengumpulkan data dari suatu literatur.

1.1.2. Merumuskan Masalah

Pada tahap ini peneliti mengidentifikasi masalah berdasarkan topik yang akan dibahas dalam penelitian dan menentukan data-data yang akan dibutuhkan.

1.1.3. Pengambilan Data

Pengambilan data dilakukan setelah melakukan studi literatur, data yang diperoleh baik dari data teknis dilapangan maupun data kuantitatif yang berasal dari literatur yang diambil dipaparkan dan dianalisis sehingga dapat menjadi data acuan topik yang akan dibahas.

1.1.4. Perhitungan

Perhitungan ini dilakukan untuk menentukan kapasitas perangkat proteksi seperti kapasitas *fuse link*, MCB, *surge arrester*, *dumy load*, dan *rating* kabel yang dibutuhkan untuk mengamankan sistem dari gangguan.

1.1.5. Analisis

Pada tahap ini peneliti melakukan analisa hasil dari perhitungan. Hasil perhitungan kemudian dibandingkan dengan data yang sudah terpasang dilapangan apakah sudah sesuai dengan toleransi yang diizinkan atau tidak.

1.1.6. Laporan Skripsi

Pada tahap ini peneliti melakukan perhitungan dan analisa dari data yang diambil dari Pembangkit Listrik Tenaga Bayu (PLTB) Bayu baru. Kemudian hasil dari perhitungan dan analisa yang dilakukan dibuat dalam bentuk laporan tugas akhir.

1.1.7. Kesimpulan

Kesimpulan merupakan hasil akhir dari perhitungan dan analisa berupa data yang terbukti kebenarannya.

3.2. Jadwal Penelitian

Perancangan dan pembuatan laporan skripsi ANALISIS SISTEM PROTEKSI WIND TURBINE GENERATOR TYPE 1 GRUP BARAT (STUDI KASUS PADA PLTH BAYU BARU BANTUL YOGYAKARTA) dilaksanakan pada waktu 5 bulan. Adapun kegiatan penelitian adalah sebagai berikut:

Tabel 3.1 Pelaksanaan Penelitian

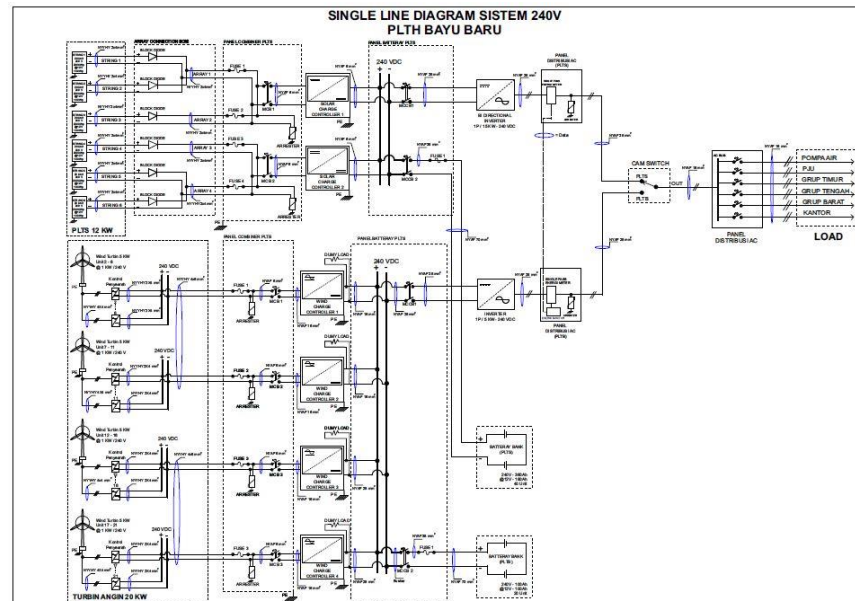
| No | Nama Kegiatan | Jangka waktu penelitian | | | | | | | | | | | | | | | | | |
|----|------------------|-------------------------|---|---|---|---------|---|---|---|---------|---|---|---|---------|---|---|---|---------|---|
| | | Bulan 1 | | | | Bulan 2 | | | | bulan 3 | | | | Bulan 4 | | | | Bulan 5 | |
| | | 1 | 2 | 3 | 4 | 1 | 2 | 3 | 4 | 1 | 2 | 3 | 4 | 1 | 2 | 3 | 4 | 1 | 2 |
| 1 | Observasi | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 2 | Pengumpulan data | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 3 | Analisis data | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 4 | Laporan Skripsi | | | | | | | | | | | | | | | | | | |

3.3. Pengumpulan Data

Sistem proteksi PLTH Bayu Baru yang akan di analisis memiliki berbagai lapisan proteksi. Yang memiliki fungsi masing-masing. Data yang akan digunakan dalam penelitian ini adalah data real yang terdapat dilapangan. Data yang didapat dari penelitian ini adalah sebagai berikut:

3.4.1. Gambar Single Line Diagram PLTH Bayu Baru

Sesuai data teknis lapangan, penulis memperoleh data gambar sistem jaringan yang terdapat di PLTH Bayu Baru Bantul Yogyakarta berupa single line diagram sebagai berikut:



Gambar 3.2 Single Line Diagram Sistem 240V PLTH Bayu Baru

3.4.2. Data Beban PLTH Bayu Baru

Beban yang ada di PLTH Bayu Baru adalah beban yang berasal dari konsumsi listrik masyarakat yang terdiri dari warung-warung warga, kantor PLTH dan lampu PJU. Rincian beban sebagai berikut:

Tabel 3.2 Data Beban PLTH Bayu Baru

| No | Jenis Beban | Jumlah | Daya (W) |
|-------|-------------------------|--------|------------|
| 1 | Lampu Penerangan Warung | 200 | 15 |
| 2 | Mesin Es Kristal | 1 | 3000 |
| 3 | Mesin Es Kristal | 1 | 2500 |
| 4 | Mesin Es Balok | 1 | 6000 |
| 5 | Pompa Air | 10 | 125 |
| 6 | Pompa Jet Pump | 1 | 250 |
| 7 | Lampu Penerangan Kantor | 10 | 20 |
| 8 | Dispenser | 5 | 350 |
| 9 | Kipas Angin | 3 | 50 |
| 10 | Televisi | 2 | 65 |
| 11 | Lampu PJU | 40 | 23 |
| 12 | Mesin Es Giling | 1 | 750 |
| 13 | Lampu Indikator Menara | 1 | 60 |
| Total | | | 13208 |

Dari data diatas dapat dilihat bahwa beban paling banyak berasal dari lampu warung ditambah beban lampu PJU sedangkan beban paling besar berasal dari mesin pembuat es (Saputra, 2018).

3.4.3. Datasheet Turbin

Turbin angin yang digunakan di PLTH Bayu Baru merupakan turbing angin type 1 dengan datasheet turbin sebagai berikut:

Tabel 3.3 Datasheet Turbin

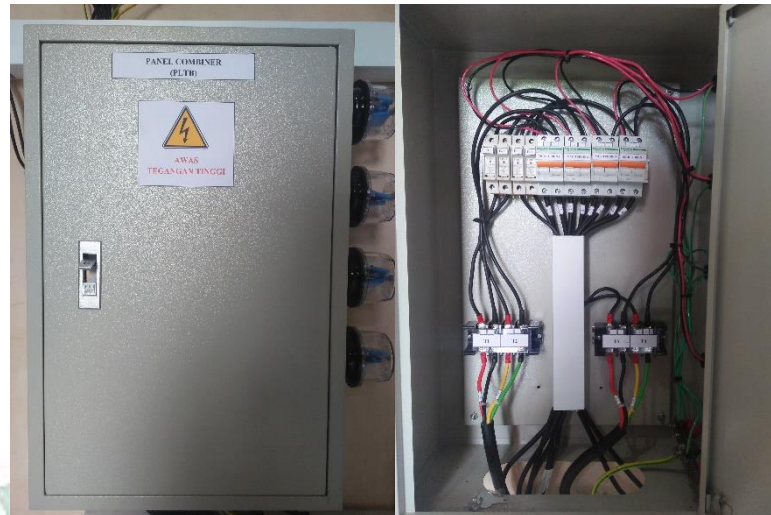
| Data Sheet Turbin 1 KW 240 V | |
|------------------------------|-------------------|
| Rotation axis | Horizontal |
| Orientation | Up wind |
| Number of blades | 3 |
| Material of blades | Fiber |
| Rated/Voltage | 240 Volt |
| Rated wind speed | 11,6 m/s - 13 m/s |
| Cut in | 3,1 m/s |
| Cut out | 16 m/s - 18 m/s |
| Swept area | 5,8 meter square |
| Rotation speed | 1200 rpm |
| blade pitch | fixed |

Dari tabel diatas diketahui turbin yang digunakan adalah turbin 1 KW 240 V dengan sumbu putar tipe horizontal orientation Up Wind menggunakan 3 baling-baling dengan bahan fiber, turbin ini memiliki rated/voltage 240 volt dengan rated wind speed pada kecepatan 11,6 m/s sampai dengan 13 m/s cut in pada kecepatan 3,1 m/s dan cut out pada kecepatan 16 m/s – 18 m/s dengan area sapuan 5,8 m².

3.4.4. Data Perangkat Proteksi yang Digunakan

Pada PLTH Bayu Baru, perangkat proteksi grup barat ditempatkan dalam dua box pane yaitu panel *combiner* box dan box panel baterai sedangkan kan charge controler terpasang terpisah.

a. *Combiner Box*



Gambar 3.3 Combiner Box PLTB

Pada gambar 3.3 dapat diketahui perangkat proteksi yang digunakan berupa MCB 2 pole dan fuse. MCB 2 pole sebanyak empat buah yang masing-masing MCB digunakan untuk menghubungkan dan melindungi satu set turbin angin yang terdiri dari 5 unit turbin angin. Berikut adalah spesifikasi perangkat yang terdapat dalam *combiner* box PLTB:

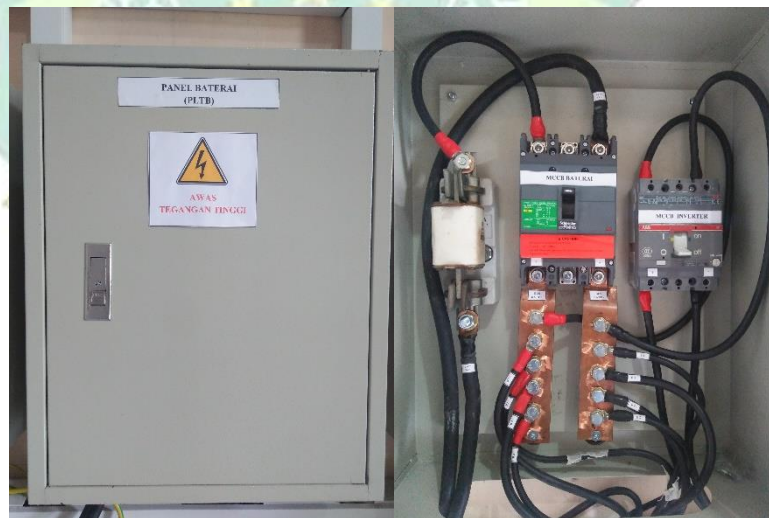
Tabel 3.4 Panel Combiner PLTB

| Panel Combiner (PLTB) | | |
|-----------------------|------------------------|-------------|
| Jumlah Unit | 1 | |
| Komponen | Spesifikasi | Jumlah Unit |
| MCB | 2 Pole (40 A) | 4 |
| Fuse | 500V – 100 kA (20A) | 4 |
| Box Fuse | 500V – 32A | 4 |
| Busbar Ground | 2*14 *0,3 cm (tembaga) | 1 |
| Terminal Kabel | STB-60 | 2 |

MCB yang digunakan adalah MCB 2 pole sebesar 40 ampere dengan tegangan maksimum 500 V DC menggunakan teknologi *trip unit* termal magnetik. Kapasitas *fuse* 20A dan mampu membersihkan kesalahan arus hubung singkat sampai 100kA pada tegangan 500 V. *Fuse* tersebut diletakkan dalam box *fuse* dengan kapasitas 32 ampere dan mampu bekerja pada tegangan sampai 500 V.

b. Box Panel Baterai

Box panel baterai merupakan box yang digunakan untuk menghantarkan arus dari turbin angin yang telah melalui combiner box dan charge control untuk digunakan charging/injek arus ke baterai dan inverter.



Gambar 3.4 Box Panel Baterai PLTB

Dalam box panel baterai terdapat beberapa perangkat utama yang terdiri dari dua buah MCCB, NH *fuse* serta busbar. Berikut spesifikasi perangkat yang terdapat dalam box panel baterai:

Tabel 3.5 Spesifikasi Perangkat Proteksi dalam Box Panel Baterai PLTB

| Panel Baterai (PLTB) | | | | | | | | | |
|----------------------|---------|--------------------------------------|-------------------|-----|-----|-----|--------------|--------|----------------------|
| Jumlah Unit | | | | | 1 | | | | |
| Komponen | | | Spesifikasi | | | | Jumlah Unit | | |
| Fuse | | | 660 V - 200A | | | | 1 | | |
| Terminal Fuse | | | 600V- (250A-300A) | | | | 1 | | |
| Busbar DC | | | 4*20*0,4 CM | | | | 2 | | |
| MCCB Baterai | | | | | | | | | |
| Ui=690V ~ 50/60Hz | | | Uimp=6Kv | | | | Cat.A 40° C | | |
| IEC 60947-2 | | | Ue (V) | | | | Icu/Ics (kA) | | |
| JIS C8201-2-1 | | | 230/240 ~ | | | | 25/13 | | |
| | | | 400/415 ~ | | | | 18/9 | | |
| | | | 440 ~ | | | | 15/8 | | |
| | | | 550 ~ | | | | 5/3 | | |
| | | | 250 ----- | | | | 5/3 | | |
| NEMA-AB1 | | | U(V) | | | | HIIC (kA) | | |
| | | | 240 ~ | | | | 25 | | |
| | | | 277/480 ~ | | | | 15 | | |
| DL 17041 | | | | | | | | | |
| MCCB (Inverter) | | | | | | | | | |
| S2N | | Iu=160A Ue=690V IEC60947-2 GB14048.2 | | | | | | | |
| ~ 50-60Hz | Ue (V) | 230 | 400/415 | 440 | 500 | 690 | ----- | Ue 250 | Ics = 100% Icu |
| | Icu(kA) | | 35 | | | 8 | | Icu | Cat.A |

c. Charge Controller

Spesifikasi *Charge Controller* yang digunakan dalam sistem berjumlah 4 unit dengan spesifikasi seperti berikut:

Tabel 3.6 Spesifikasi Charge Controller

| Parameters | | |
|--|--------------------|------------|
| Wind Generator Control Set-Up Definition | | |
| Rated Wind Turbine Power (KW) | 5 | |
| Wind Turbine Brake Voltage | ≤ 300 (adjustable) | |
| Battery Management Definition | | |
| Rated Batteries Voltage (V) | 240 | |
| Over - Charge Voltage (V) | 288 | adjustable |

| | | |
|---------------------------------------|--------------------------|------------|
| Over – Charge Recovery Voltage (V) | 264 | adjustable |
| Float Charge Voltage (V) | 274 | adjustable |
| Time Delay to Cut-Off Charge | 60 s (default) | adjustable |
| Time Delay to Charge Recovery | 10 minutes (default) | adjustable |
| Product Conventional Parameter | | |
| Display | LCD with backlight | |
| Consumption (mA) | ≤50 (backlight turn-off) | |
| Temperature-Compensation Coefficient | -35mV / °C (25° C ref.) | |
| Ambient Temperature Range | -30° C to + 50° C | |
| Store Temperature Range | -35° C to + 80° C | |
| Humidity Range | 10% - 90% (NC) | |
| Altitude Work (m) | ≤2000 | |
| Protection Class | IP55 | |
| Data-Communication (Optional) | RS232 or RS485 | |
| Dump Load Parameter | | |
| Dump-Load Power (KW) | 5 | |
| Rated Voltage (V) | 240 | |

Dari tabel diatas diketahui charge control yang digunakan menggunakan rated batteries voltage 240 V memiliki pengaman over charge voltage pada 288 V dan recoveri pada 264 V serta jeda waktu cut off pengisian 60 detik dan recoveri selama 10 menit.

3.4.5. Spesifikasi Kabel

Pada pembangkit listrik tenaga bayu / angin PLTH Bayu Baru menggunakan dua jenis tipe kabel yaitu NYHY 6 mm² serta NYAF dengan ukuran 6 mm², 16 mm², 25 mm² dan 35 mm². Berikut adalah *datasheet* kabel yang digunakan.

ELECTRICAL DATA

| Nominal cross-sectional area | Resistance at 20 °C | | Current Carrying Capacity at 30°C in AIR max | Short circuit current of conductor at 1.0 sec max |
|------------------------------|---------------------|----------------|---|---|
| | DC conductor max | Insulation min | | |
| mm ² | Ω/Km | MΩ.Km | A | kA |
| 0.75 | 26.0 | 50 | 6 | 0.09 |
| 1 | 19.5 | 50 | 10 | 0.12 |
| 1.5 | 13.3 | 50 | 15 | 0.17 |
| 2.5 | 7.98 | 50 | 20 | 0.29 |
| 4 | 4.95 | 50 | 26 | 0.46 |
| 6 | 3.30 | 50 | 33 | 0.69 |
| 10 | 1.91 | 50 | 45 | 1.16 |
| 16 | 1.21 | 40 | 61 | 1.84 |
| 25 | 0.780 | 40 | 83 | 2.87 |
| 35 | 0.554 | 40 | 103 | 4.03 |
| 50 | 0.386 | 30 | 132 | 5.75 |

Core identification : 2 cores by colours : either light blue, brown or light blue, black;

3 cores by colours : either green-and yellow, light blue, brown, or light blue, black, brown;

Gambar 3.5 Spesifikasi Kabel NYHY

ELECTRICAL DATA

| Nominal cross-sectional area | Resistance at 20 °C | | Current Carrying Capacity at 30°C max | | Short circuit current of conductor at 1.0 sec max |
|------------------------------|---------------------|----------------|---------------------------------------|--------|---|
| | DC conductor max | Insulation min | | | |
| | | | In Pipe | In Air | |
| mm ² | Ω/Km | MΩ.Km | A | | kA |
| 1.5 | 13.3 | 50 | 15 | 24 | 0.17 |
| 2.5 | 7.98 | 50 | 20 | 32 | 0.29 |
| 4 | 4.95 | 50 | 25 | 42 | 0.46 |
| 6 | 3.30 | 50 | 33 | 54 | 0.69 |
| 10 | 1.91 | 50 | 45 | 73 | 1.16 |
| 16 | 1.21 | 40 | 61 | 98 | 1.84 |
| 25 | 0.780 | 40 | 83 | 128 | 2.88 |
| 35 | 0.554 | 40 | 103 | 158 | 4.03 |
| 50 | 0.386 | 30 | 132 | 197 | 5.75 |
| 70 | 0.272 | 30 | 165 | 245 | 8.05 |
| 95 | 0.206 | 30 | 197 | 290 | 10.93 |
| 120 | 0.161 | 30 | 235 | 345 | 13.80 |
| 150 | 0.129 | 20 | - | 390 | 17.25 |
| 185 | 0.106 | 20 | - | 445 | 21.28 |
| 240 | 0.0801 | 20 | - | 525 | 27.60 |
| 300 | 0.0641 | 20 | - | 605 | 34.50 |
| 400 | 0.0486 | 20 | - | 725 | 46.34 |

Core identification : green-and-yellow, blue, black, yellow, red, green, white or brown.

Test Voltage : 2500 VAC/ 5 minutes.

Gambar 3.6 Spesifikasi Kabel NYAF

3.4.6. Spesifikasi Inverter

Data berikut merupakan data spesifikasi *Inverter* yang digunakan di PLTH Bayu Baru.

| TECHNICAL SPECIFICATION | | |
|-------------------------|--|--|
| ITEM | SPECIFICATION | |
| Main System | Main circuit | One phase full bridge inverter |
| | Main Component | IGBT |
| | Voltage control waveform | Digital Sinusoidal-PWM |
| | Cooling | Forced cooling using fan |
| DC Input Voltage | Nominal | 240Vdc |
| | Operation | 190 - 310 Vdc |
| AC Output | Rated Power | 5 kW |
| | Voltage | 220V +/- 15% (L-N) |
| | Voltage Regulation | +/- 1% (Steady state) < 4 % (Transient at 100% step load within 0.1 sec.) |
| | Number of Phase | One phase |
| | Frequency | 50Hz ± 0.2% |
| | Voltage Waveform | Pure sine wave |
| | Harmonic Distortion | < 3% |
| | Peak Surge Current | 200% |
| Isolation | Galvanic Isolation | Yes |
| Efficiency | Inverter | 93% |
| | Peak Efficiency | 93% |
| Protection | Over current, over load, short circuit, over temperature, over voltage, under voltage, over frequency, under frequency | |

| | | | |
|-------------------|--|----------------------------|------|
| Indicator | LED | Standby Run | |
| | | Overload | |
| | | Charging | |
| | | Inverter Running | |
| | | Low Battery | |
| | | High Temperature | |
| | | Load on Inverter | |
| | | Fault | |
| | | External Charging | |
| | | Generator Running | |
| Generator Failure | | | |
| Bypass | | | |
| LCD display | 3.5" Chip On Glass LCD, 128x128 pixels, Monochrome | | |
| | Audible alarm | Inverter fault | |
| | Temperature | 0 - 45°C | |
| Environment | Humidity | 0 - 95% | |
| | Nominal Input | 240 Vdc | |
| Power Supply | Input Range | 200 - 300 Vdc ³ | |
| | Output | Control | 24V |
| | | Sensor | ±15V |
| | | Board | 5V |
| Physical Size | Dimension, W x H x D | 60cm x 60cm x 160cm | |
| | Weight | 275kg | |

Gambar 3.7 Spesifikasi *Inverter*

Inverter yang digunakan di PLTH Bayu Baru merupakan *Inverter* satu fasa 5 kW dengan tegangan output AC sebesar 220 V. Inverter ini bekerja pada tegangan normal 240 V DC dengan toleransi variable tegangan 190 V sampai 310 V dengan efisiensi sebesar 93%.