

**PERENCANAAN PEMBANGKIT LISTRIK TENAGA SURYA PADA GEDUNG
GEREJA GMIM PNIEL BAHU**

**Novellia Anise, Benny Maluegha, Hengky Luntungan
Jurusan Teknik Mesin Universitas Sam Ratulangi**

ABSTRACT

This research aims to make simple technical planning of Solar Power Plant system to meet the electricity needs of GMIM Pniel Bahu Church building. This research was carried out in several stages, namely literature studies, data collection, data processing, analysis and discussion, and most recently conclusions.

The data required in this study are data on the use of electrical equipment obtained directly at the research site, as well as radiation data and clearness index manado city obtained from NASA Surface Meteorology and Solar Energy database. Data processing is done using HOMER^(R) 2.86 software.

Result simulation with homer software^(R) 2.86 for on-grid system shows that for on-grid system, electricity needs of GMIM Pniel Bahu Church building are met by PLN network of 31,529 kWh/year (99%) and PLTS of 170 kWh/year (1%). The PLTS used consists of a 0.1 kW PV and a 0.1 kW converter. As for the off-grid system, the power supply for gmim pniel bahu church building is provided by PLTS consisting of 30 kW PV, 208 pieces of Trojan T-105 battery and 15 kW converter capable of producing electrical energy of 51,107 kWh/year.

Keywords: GMIM Pniel Bahu, HOMER^(R) 2.86, PLTS

ABSTRAK

Penelitian ini bertujuan untuk membuat perencanaan teknis sederhana sistem Pembangkit Listrik Tenaga Surya untuk memenuhi kebutuhan listrik gedung Gereja GMIM Pniel Bahu. Penelitian ini dilaksanakan dalam beberapa tahap, yaitu studi pustaka, pengumpulan data, pengolahan data, analisis dan pembahasan, dan yang terakhir penarikan kesimpulan.

Data yang diperlukan dalam penelitian ini adalah data tentang penggunaan peralatan listrik yang diperoleh secara langsung di lokasi penelitian, serta data radiasi dan *clearness index* Kota Manado yang didapatkan dari NASA *Surface Meteorology and Solar Energy database*. Pengolahan data dilakukan dengan menggunakan perangkat lunak HOMER^(R) 2.86.

Hasil simulasi dengan perangkat lunak HOMER^(R) 2.86 untuk sistem *on-grid* menunjukkan bahwa untuk sistem *on-grid*, kebutuhan listrik gedung Gereja GMIM Pniel Bahu dipenuhi oleh jaringan PLN yakni 31.529 kWh/tahun (99%) dan PLTS sebesar 170 kWh/tahun (1%). PLTS yang digunakan terdiri dari 0,1 kW PV dan 0,1 kW *converter*. Sedangkan untuk sistem *off-grid*, suplai listrik untuk gedung gereja GMIM Pniel Bahu disediakan oleh PLTS yang terdiri dari 30 kW PV, 208 buah baterai Trojan T-105 dan 15 kW *converter* yang mampu menghasilkan energi listrik sebesar 51.107 kWh/tahun.

Kata Kunci: GMIM Pniel Bahu, HOMER^(R) 2.86, PLTS

I. PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Energi listrik merupakan salah satu kebutuhan pokok yang dibutuhkan manusia saat ini. Rata-rata pekerjaan atau aktivitas yang dijalankan oleh manusia menggunakan energi listrik. Pada saat ini mayoritas masyarakat menggunakan sumber energi listrik berasal dari PLN (Pembangkit Listrik Negara) dimana masih ada pembangkit yang menggunakan minyak, batu bara dan gas alam sebagai bahan bakarnya.

Energi surya merupakan energi yang tidak akan pernah habis ketersediaannya dan dapat dimanfaatkan sebagai energi alternatif yang dapat diubah menjadi energi listrik. Saat ini, pemanfaatan energi surya di Indonesia baru mencapai 0,05% dari potensi yang ada dan kapasitas terpasang untuk PLTS baru mencapai 100 MW. Potensi sumber energi surya di Sulawesi Utara untuk PLTS adalah 2.113 MW. Namun, yang terpasang saat ini baru sebesar 0,3 MW. Pada perencanaan pembangunannya tahun 2019 – 2028 diharapkan kapasitas

terpasang mencapai 15 MW (Institute for Essential Services Reform, 2019).

1.2 Rumusan Masalah

Rumusan masalah dalam penelitian ini adalah bagaimana merencanakan panel surya untuk memenuhi kebutuhan energi listrik yang ada di gedung Gereja GMIM Pniel Bahu.

1.3 Batasan Masalah

Dalam penulisan ini, batasan masalah yang diambil dalam penelitian ini adalah sebagai berikut.

1. Perencanaan sistem PLTS dilakukan dengan perangkat lunak HOMER^(R) 2.86.
2. Sistem PLTS yang dirancang untuk kondisi *on-grid* dan *off-grid*.

1.4 Tujuan Penelitian

Tujuan dari penelitian ini adalah membuat perencanaan sederhana sistem PLTS untuk memenuhi kebutuhan listrik gedung gereja GMIM Pniel Bahu.

1.5 Manfaat Penelitian

Beberapa manfaat yang dapat diperoleh dari penelitian ini adalah

1. memberikan pengetahuan serta membuka wawasan tentang penggunaan HOMER^(R) 2.86 Beta untuk perancangan sederhana sistem PLTS;
2. memberikan masukan kepada pihak gereja GMIM Pniel Bahu tentang potensi penggunaan tenaga surya untuk memenuhi kebutuhan listrik gedung gereja.

II. LANDASAN TEORI

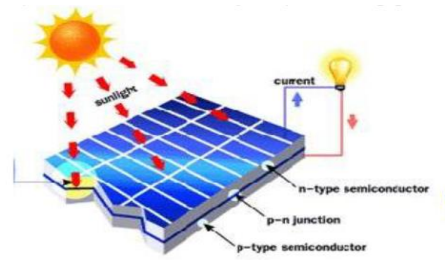
2.1 PLTS

PLTS adalah pembangkit listrik yang mengubah energi surya menjadi energi listrik. Pembangkit listrik bisa dilakukan dengan dua cara, yaitu secara langsung menggunakan fotovoltaik dan secara tidak langsung dengan pemusatan energi surya.

2.2 Sel Surya (*Solar Cell*)

Sel surya atau *solar cell* adalah suatu perangkat atau komponen yang dapat mengubah energi cahaya menjadi energi listrik dengan menggunakan prinsip efek fotovoltaik.

2.3 Prinsip Kerja Sel Surya



Gambar 2.1 Cara Kerja Sel Surya (Julisman, 2017)

Jika sel surya dipaparkan pada sinar surya, maka timbul yang dinamakan elektron dan lubang (*hole*). Elektron-elektron dan lubang-lubang yang timbul di sekitar PN-*junction* bergerak berturut-turut ke arah lapisan N dan ke arah lapisan P. Sehingga pada saat elektron dan lubang itu melintasi PN-*junction*, timbul beda potensial pada kedua ujung sel surya. Jika pada kedua ujung sel surya diberi beban maka timbul arus listrik yang mengalir melalui beban.

2.4 Manfaat dan Keunggulan Sel Surya

Manfaat dan keunggulan sel surya adalah sebagai berikut.

1. sel surya memanfaatkan sumber energi yang terbarukan dan tidak pernah habis.
2. energi yang dihasilkan sel surya bersih dan ramah lingkungan.

3. sel surya memiliki usia pakai yang panjang.
4. sel surya dapat dipasang dimana saja sepanjang bisa mendapatkan sinar surya.
5. sel surya sangat cocok untuk daerah tropis seperti Indonesia.

2.5 Jenis-Jenis Sel Surya

Ada tiga jenis utama sel surya, yaitu

1. *Monocrystalline solar cell*
2. *Polycrystalline solar panels*
3. *Amorphous solar panels*

2.6 Sistem Instalasi Pada Sel Surya

Pemasangan sistem kabel dalam sel surya terdiri dari dua sistem yaitu

1. sel surya dengan menggunakan rangkaian seri
2. sel surya dengan menggunakan rangkaian paralel

2.7 Komponen Pendukung PLTS

2.7.1 Solar Charge Controller (SCC)

Solar charge controller merupakan elektronik yang digunakan untuk mengatur arus

DC atau searah yang akan masuk ke baterai juga mengatur tegangan yang masuk menuju baterai agar tegangan pada baterai tetap stabil dengan tujuan tidak terjadi *overcharging* atau *overvoltage*. *Solar Charge Controller* sendiri dapat dibedakan menjadi dua jenis, yaitu

1. *Pulse Width Modulation (PWM)*
2. *Maximum Power Point Tracker (MPPT)*

2.7.2 Penyimpanan Energi

Baterai adalah sebuah media yang banyak digunakan dalam penyimpanan energi pada sistem PLTS.

2.7.3 Inverter

Inverter adalah suatu rangkaian atau perangkat elektronika yang dapat mengubah arus listrik searah (DC) ke arus listrik bolak-balik (AC) pada tegangan dan frekuensi yang dibutuhkan sesuai dengan perancangan rangkaiannya.

2.8 HOMER^(R) 2.86 Beta

HOMER (*Hybrid Optimization Model for Energy*)

Renewable) merupakan perangkat lunak simulasi yang mengoptimalkan sistem pembangkit tenaga listrik baik *on-grid* ataupun *off-grid* yang komponen di dalamnya terdiri atas *Primary Load* 1, PV, *converter*, baterai.

III. METODOLOGI PENELITIAN

3.1 Tempat dan Waktu Penelitian

Penelitian akan dilaksanakan di gedung Gereja GMIM Pniel Bahu di Kelurahan Bahu, Kecamatan Malalayang, Kota Manado, Sulawesi Utara. Waktu penelitian akan dilaksanakan pada bulan Agustus sampai Oktober 2020.

3.2 Alat dan Bahan

Alat yang dibutuhkan untuk penelitian ini adalah perangkat lunak HOMER^(R) 2.86. sedangkan untuk bahan yang dibutuhkan adalah data pemakaian energi listrik di gedung Gereja GMIM Pniel Bahu, data radiasi surya dan *clearness index* yang diperoleh dari NASA *Surface Meteorology*

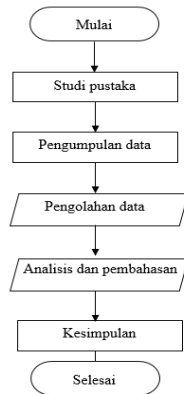
and Solar Energy database.

3.3 Prosedur Penelitian

Penelitian ini dilaksanakan dalam beberapa tahap. Tahap pertama adalah studi pustaka. Pada tahap ini, tulisan-tulisan ilmiah tentang teknologi tenaga surya dikumpulkan dan dipelajari. Kedua, pengumpulan data. Data yang dikumpulkan adalah perkiraan beban listrik di lokasi penelitian yang meliputi peralatan listrik yang digunakan dan berapa lama peralatan listrik tersebut digunakan dalam sehari. Selain itu juga diperlukan data tentang besarnya radiasi surya untuk Kota Manado. Langkah yang ketiga adalah pengolahan data. Dalam tahap ini, data yang diperoleh digunakan dalam perhitungan untuk menentukan jumlah energi harian yang digunakan.

Tahap keempat adalah analisis dan pembahasan, dimana data yang telah diolah digunakan sebagai input perangkat lunak HOMER^(R) 2.86 untuk menentukan sistem pembangkitan tenaga yang sesuai dengan kebutuhan listrik gedung gereja GMIM Pniel Bahu. Selanjutnya

tahap kelima yaitu penarikan kesimpulan, setelah diperoleh sistem pembangkitan listrik yang dapat memenuhi kebutuhan listrik gedung gereja.



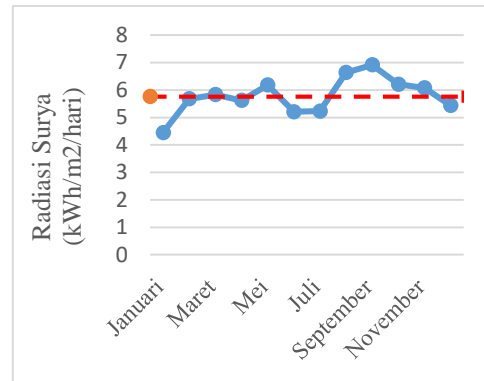
Gambar 3.1 Diagram Alir Penelitian

IV. HASIL DAN PEMBAHASAN

4.1 Radiasi Surya dan *Clearness Index*

Data yang diperoleh adalah data rata-rata bulanan selama tahun 2019. Data tersebut diperoleh dengan cara memasukkan letak astronomis kota Manado (1.4694^0 LU, 124.8443^0 BT).

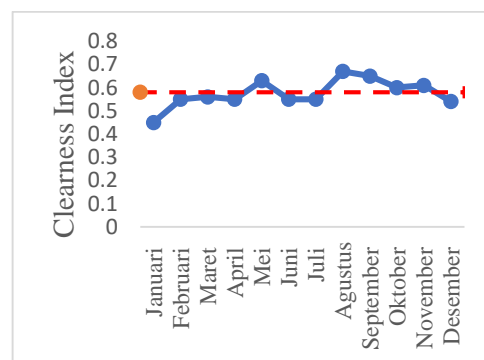
4.1.1 Radiasi Surya



Gambar 4.1 Radiasi surya rata-rata bulanan

Dapat dilihat bahwa radiasi maksimum terjadi pada bulan Agustus yaitu sebesar 6,64 kWh/m²/hari, dan radiasi surya minimum pada bulan Januari, 4,45 kWh/m²/hari, dengan rata-rata radiasi bulanan dalam setahun sebesar 5.76 kWh/m²/hari.

4.1.2 Clearness Index



Gambar 4.2 *Clearness Index*

Rata-rata bulanan *clearness index* rata-rata bulanan tertinggi adalah 0,67 yang terjadi pada bulan Agustus, yang terendah sebesar 0,45 pada bulan Januari. Nilai rata-rata *clearness index* bulanan pada tahun 2019 adalah 0,58.

4.2 Beban Listrik

Berdasarkan hasil pengambilan data pemakaian energi listrik di gedung Gereja GMIM Pniel Bahu yaitu daya peralatan listrik dan jam operasional.

Tabel 4.3 Pemakaian Energi Listrik

| No. | Peralatan Listrik | Daya (Watt) | Jam Beroperasi | Jumlah Jam | Konsumsi Energi (Wh) |
|-------------------------|--------------------------|-------------|----------------|------------|----------------------|
| 1. | Lampu LED (dalam gereja) | 18 | 16.00-20.00 | 4 | 72 |
| 2. | Lampu LED (luar gereja) | 65 | 06.00-22.00 | 16 | 1040 |
| 3. | Lampu LED Konsistori | 63 | 05.00-21.00 | 16 | 1008 |
| 4. | AC | 3000 | 08.00-21.00 | 16 | 48000 |
| 5. | Kipas | 220 | 05.00-20.00 | 13 | 2860 |
| 6. | Amplifier | 750 | 05.00-20.00 | 15 | 11250 |
| 7. | Microfon | 12 | 06.00-20.00 | 14 | 168 |
| 8. | Keyboard Yamaha PSR-S970 | 20 | 06.00-20.00 | 14 | 280 |
| 9. | Dispenser | 750 | 05.00-20.00 | 15 | 11250 |
| 10. | Pompa | 450 | 05.00-21.00 | 16 | 7200 |
| 11. | Komputer | 19 | 06.00-20.00 | 14 | 266 |
| 12. | Printer Epson L120 | 10 | 10.00-15.00 | 5 | 50 |
| 13. | Wifi | 12 | 06.00-21.00 | 15 | 180 |
| 14. | Genset | 2000 | 19.00-21.00 | 2 | 4000 |
| Jumlah Konsumsi Listrik | | | | | 99322 |

Dilakukan perhitungan mengenai jumlah pemakaian listrik perjam dari seluruh

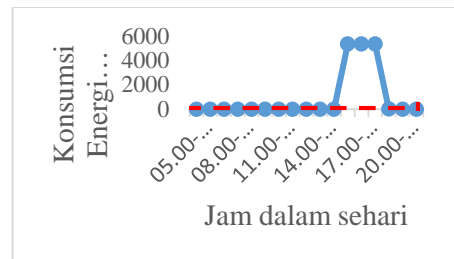
peralatan listrik yang ada di gedung gereja GMIM Pniel Bahu.

a. Pada pukul 05.00-06.00, peralatan-peralatan listrik yang digunakan adalah

- lampu LED konsistori (63 W)
- AC (3000 W)
- amplifier (750 W)
- dispenser (750 W)
- pompa (450 W)

Total konsumsi listrik:

$$63 \text{ W} + 3000 \text{ W} + 750 \text{ W} + 750 \text{ W} + 450 \text{ W} = 5013 \text{ W}$$



Gambar 4.3 Konsumsi Pemakaian Listrik Perjam

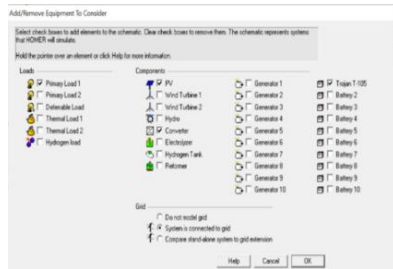
4.3 Perencanaan Sistem Pembangkit Listrik Tenaga Surya

4.3.1 Perencanaan Sistem PLTS *On-grid*

Tahap-tahap perancangan sistem pembangkit listrik diuraikan sebagai berikut.

1. Memilih beban dan komponen yang dibutuhkan

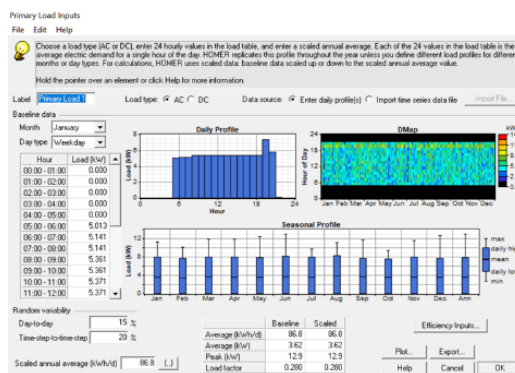
Komponen-komponen yang dimaksud disini adalah yang membentuk sebuah sistem pembangkit listrik yang diperlukan sesuai dengan kebutuhan.



Gambar 4.5 Pemilihan Beban dan Komponen dalam HOMER^(R) 2.86

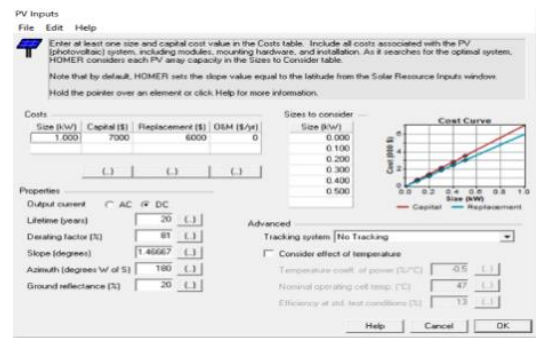
Gereja GMIM Pniel Bahu telah terhubung dengan jaringan listrik yang ada. Oleh karena itu, pada bagian *Grid* di jendela *Add/Remove Equipment to Consider* dipilih “System is connected to grid”.

2. Memasukkan beban utama



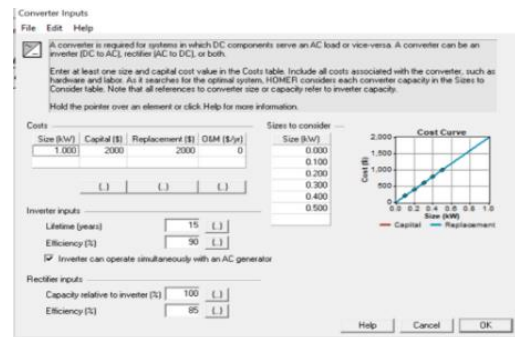
Gambar 4.6 Input Beban Utama Gereja GMIM Pniel Bahu

3. Memasukkan data PV (PV inputs)



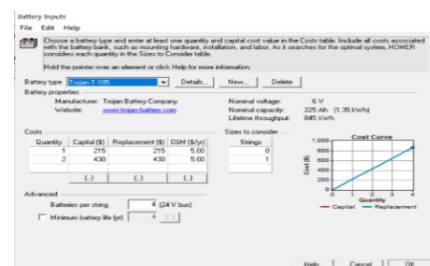
Gambar 4.7 Input Data PV ke dalam HOMER^(R) 2.86

4. Memasukkan data converter (converter inputs)



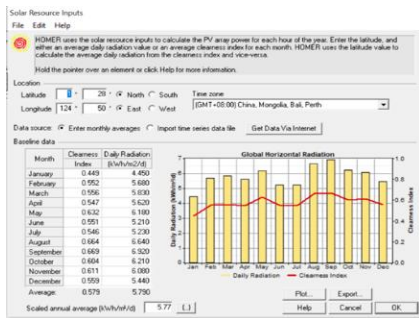
Gambar 4.8 Input Data Converter ke dalam HOMER^(R) 2.86

5. Memasukkan data baterai



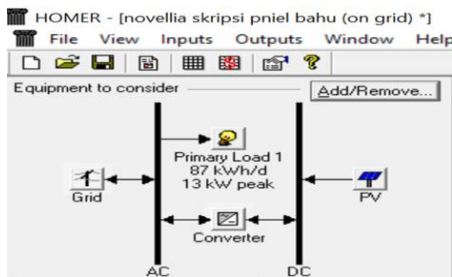
Gambar 4.9 Input Data Baterai ke dalam HOMER^(R) 2.86

6. Memasukkan data energi dari surya (*solar resources*)



Gambar 4.10 Input Data Radiasi Surya ke dalam HOMER^(R) 2.86

4.3.2 Hasil Simulasi dan Pembahasan PLTS *On-grid*



Gambar 4.11 Susunan Sistem Pembangkit Listrik Tenaga Surya *On-Grid*

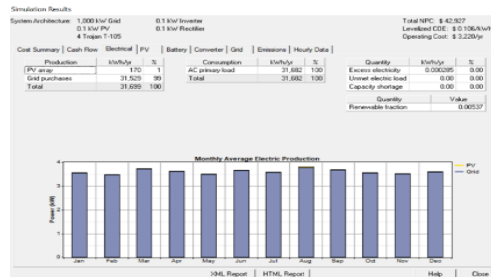
Gereja GMIM Pniel Bahu membutuhkan energi listrik sebesar 87 kWh/hari dengan beban puncak sebesar 13 kW. Beban listrik yang disuplai dari PLN (*on-grid*), per unit PV.

| Sensitivity Results | | Optimization Results | | Double click on a system below for simulation results. | | | | | |
|---------------------|---------|----------------------|------------|--|-----------------|------------------------|-----------|--------------|------------|
| System | PV (kW) | T-105 (kW) | Conv. (kW) | Grid (kW) | Initial Capital | Operating Cost (\$/yr) | Total NPC | COE (\$/kWh) | Ren. Frac. |
| 1 | 0.1 | 1000 | | | \$ 0 | 3,168 | \$ 40,500 | 0.100 | 0.00 |
| 2 | 0.1 | 4 | 0.1 | 1000 | \$ 900 | 3,165 | \$ 41,355 | 0.102 | 0.01 |
| 3 | 0.1 | 4 | 0.1 | 1000 | \$ 1,060 | 3,229 | \$ 42,340 | 0.105 | 0.00 |
| 4 | 0.1 | 4 | 0.1 | 1000 | \$ 1,760 | 3,220 | \$ 42,927 | 0.106 | 0.01 |

Gambar 4.12 Sistem PLTS yang

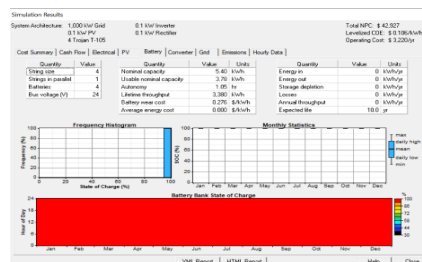
direkomendasikan HOMER^(R) 2.86

Sistem keempat memanfaatkan sumber energi terbarukan yang sudah dimasukkan ke dalam perangkat lunak, yaitu sumber energi surya.



Gambar 4.13 Hasil Simulasi Produksi Sistem Keempat (*grid*, PV, baterai dan *converter*)

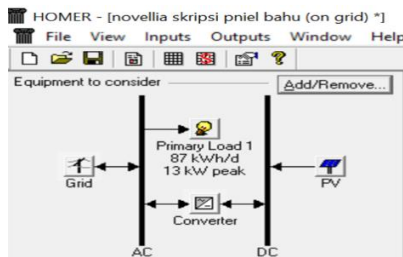
Energi listrik untuk memenuhi kebutuhan di gedung Gereja GMIM Pniel Bahu disediakan oleh *grid* (PLN), PV dan baterai. Terlihat di dalam gambar bahwa dalam pemenuhan kebutuhan listrik didominasi oleh PLN yaitu sebanyak 31.529 kWh/tahun dan dari PLTS hanya 170 kWh/tahun.



Gambar 4.14 Hasil Simulasi Baterai Sistem Keempat (*grid*, PV dan baterai)

4.3.3 Perencanaan Sistem PLTS *Off-grid*

Gereja GMIM Pniel Bahu telah terhubung dengan jaringan listrik yang ada. Oleh karena itu, pada bagian *Grid* di jendela *Add/Remove Equipment to Consider* dipilih “*Do not model grid*”.



Gambar 4.15 Susunan Sistem Pembangkit Listrik Tenaga Surya *Off-Grid*

| System | PV | T-105 | Conv | Initial Capital | Operating Cost (\$/yr) | Total NPC | COE (\$/kWh) | Ren. Frac. |
|--------|----|-------|------|-----------------|------------------------|------------|--------------|------------|
| 1 | 30 | 208 | 15 | \$ 204,720 | 5,368 | \$ 353,347 | 0.873 | 1.00 |

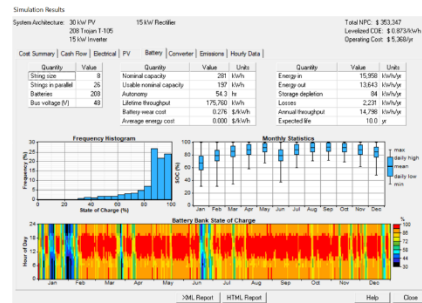
Gambar 4.16 Sistem PLTS yang direkomendasikan HOMER^(R) 2.86



Gambar 4.17 Hasil Simulasi Produksi Listrik Sistem (PV, baterai dan *converter*)

Energi listrik untuk

memenuhi kebutuhan di gedung Gereja GMIM Pniel Bahu disediakan oleh PV. Terlihat di dalam gambar bahwa dalam pemenuhan kebutuhan listrik yaitu sebesar 51.107 kWh/tahun.



Gambar 4.18 Hasil Simulasi Baterai Sistem Keempat (PV, baterai dan *converter*)

Baterai yang dipilih adalah Trojan T-105. Berdasarkan hasil simulasi jumlah baterai yang digunakan adalah 208 buah dengan tegangan *bus* 48 V. Susunan baterai itu terdiri dari 26 *string* yang terangkai secara paralel dimana setiap *string* terdiri dari 8 baterai yang terhubung secara seri. Untuk energi listrik yang masuk ke dalam baterai sebanyak 15.958 kWh/tahun sedangkan yang keluar sebanyak 13.643 kWh/tahun.

V. PENUTUP

5.1 Kesimpulan

Hasil simulasi dengan

perangkat lunak HOMER^(R) 2.86 untuk sistem on-grid menunjukkan bahwa untuk sistem on-grid, kebutuhan listrik gedung Gereja GMIM Pniel Bahu dipenuhi oleh jaringan PLN yakni 31.529 kWh/tahun (99%) dan PLTS sebesar 170 kWh/tahun (1%). PLTS yang digunakan terdiri dari 0,1 kW PV dan 0,1 kW converter. Sistem off-grid, suplai listrik untuk gedung gereja GMIM Pniel Bahu disediakan oleh PLTS yang terdiri dari 30 kW PV, 208 buah baterai Trojan T-105 dan 15 kW converter yang mampu menghasilkan energi listrik sebesar 51.107 kWh/tahun.

5.1 Saran

- a. melakukan penelitian lebih lanjut dengan menggunakan HOMER yang mengkaji pengurangan emisi gas rumah kaca yang bisa terjadi dengan adanya penggunaan sistem PLTS pada sebuah bangunan;
- b. melakukan penelitian serupa dengan perangkat lunak yang lain untuk mendapatkan perbandingan hasil secara ilmiah dan obyektif.

DAFTAR PUSTAKA

- Andriawan, H. A. Slamet, P. 2017. *Tegangan Keluaran Solar Cell Type Monocrystalline Sebagai Dasar Pertimbangan Pembangkit Tenaga Surya*, Vol. 02, Is. 01, pp. 39-45.
- Anwar, K. Isnaini, M. Utami, S. Linda. 2013. *Eksperimen Foto Listrik Berbasis Simulasi PhET*. Vol. 4. No. 2
- Direktorat Jendral Energi Baru Terbarukan dan Konversi Energi. 2019. *Peluang Besar Kejar Target EBT Melalui Energi Surya*. [http://ebtke.esdm.go.id/post/2019/09/26/2348/peluang-besar-kejar-target-ebt-melalui-energi.surya](http://ebtke.esdm.go.id/post/2019/09/26/2348/peluang-besar-kejar-target-ebt-melalui-energi-surya), 10 Agustus 2020.
- Helmi, M. Dina, F. 2019. *Optimalisasi Radiasi Sinar Surya Terhadap Solar Cell*, Vol. 7, Is. 2, pp. 86-156.
- Jansen, T.J. 1995. *Teknologi Rekayasa Sel Surya*. Terjemahan Wiranto Arimunandar. Universitas Negeri Malang. Malang
- Julisman, A. Sara, I. D. Siregar, R. H. 2017. *Prototipe Pemanfaatan Panel Surya Sebagai Sumber Energi Pada Sistem Otomasi Atap Stadion Bola*, Vol. 2, Is. 1, pp. 35-42.
- Koerniawan, T. Hasanah, W. A. 2018. *Kajian Sistem Kinerja PLTS Off-Grid 1 kWp di STT-PLN*. Jurnal Ilmiah Energi & Kelistrikan. Vol. 10. No. 1
- Maluegha, L. Benny. Soplanit, D. Gerrits. 2017. *Potensi*

- Sumber Energi Terbarukan di Desa Kilometer Tiga Kabupaten Minahasa Selatan.* Laporan Akhir Penelitian Dosen Pemula Teknik Mesin Universitas Sam Ratulangi, Manado.
- Pahlevi. R. 2014. *Studi Pengujian Karakteristik Panel Surya Berdasarkan Intensitas Tenaga Surya.* Skripsi Program S1 Teknik Elektro Universitas Muhammadiyah, Sukarta
- Power Data Access Viewer-* NASA POWER. 2019. <https://power.larc.nasa.gov/data-access-viewer/>, 18 Desember 2020.
- Siringoringo, G. F. Sofwan, A. Nugroho, A. 2019. *Over/Under Voltage Relay Menggunakan Mikrokontroler Pada Tegangan 1 Phasa 220VAC.* Jurnal Ilmiah Teknik Elektro. Vol. 8. No. 1
- Purwoto, H. Bambang. Jatmiko. Muhamad, F. Alimul. Huda, F. Ilham. 2018. *Efisiensi Penggunaan Panel Surya Sebagai Sumber Energi Alternatif.* Vol. 18. No. 01
- Wijaya, C. Taufik. Facta, M. Yuningtyastuti. 2014. *Optimasi Potensi Energi Terbarukan Untuk Sistem Pembangkit Listrik Hibrid Di Desa Margajaya Bengkulu Utara Menggunakan Perangkat Lunak Homer.* Jurnal Ilmiah Teknik Elektro. Vol. 3. No. 1
- Yuwono, B. 2005. *Optimalisasi Panel Sel Surya Dengan Menggunakan Sistem Pelacak Berbasis Mikrocontroller AT89C51.* Skripsi Program S1 Jurusan Fisika Universitas Sebelas Maret, Surakarta