

BAB II TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Penelitian Terdahulu

Erliansyah [9] membahas tentang Optimisasi energi terbarukan untuk pembangkitan energi listrik ini dilakukan di kantor Gubernur Kalimantan Barat yang mempunyai beban rata-rata sebesar 383 kW/hari dengan beban puncak sebesar 849 kW. Model simulasi yang digunakan Terdapat 5 katagori desain sistem pembangkit, antara lain : PV + Generator Diesel + Inverter dan Baterai, PV + Generator Diesel + Inverter tanpa Baterai, Generator Diesel saja, Generator Diesel + Inverter + Baterai tanpa PV dan PV + Inverter + Baterai tanpa generator diesel. Hasil simulasi dan optimasi dengan bantuan perangkat lunak HOMER menunjukkan bahwa secara keseluruhan PLTH yang optimum untuk dapat diterapkan di Kantor Gubernur Kalimantan Barat adalah Sistem PV + Generator Diesel + Inverter + Baterai dengan hasil harga energi listrik per tahun sebesar USD 0,289/kWh. Sedangkan polusi yang dihasilkan dari emisi karbon dioksida 2.360.816 kg/tahun dan karbon monoksida 5.827 kg/tahun untuk dapat melayani beban Listrik Perkantoran 100% tanpa ada pemadaman.

Indrawan [10] membahas tentang Penelitian ini menganalisis tentang perencanaan pembangkit listrik hibrida bersumber dari angin, biomassa, diesel, dan surya untuk memenuhi kebutuhan energi listrik di Desa Penjernang dari aspek ekonomis. Perangkat lunak HOMER digunakan untuk mensimulasikan dan menganalisis konfigurasi dengan skenario *off grid* dan *on grid*. Dari simulasi didapatkan hasil analisis ekonomi dari sistem PLTH *on grid* paling ekonomis yaitu dengan konfigurasi panel surya – inverter – grid yang menghasilkan total biaya keseluruhan (NPC) sebesar Rp4.826.167.342,68, total biaya tahunan (AC) sebesar Rp243.444.137,89, dan biaya pokok produksi (LCOE) sebesar Rp1.174,232/kWh. Dan untuk hasil analisis ekonomi dari sistem PLTH *off grid* paling ekonomis yaitu konfigurasi panel surya – generator diesel – generator biogas – inverter – baterai menghasilkan total biaya keseluruhan (NPC) sebesar Rp9.094.862.206,57, total biaya tahunan (AC) sebesar Rp458.767.948,12, biaya pokok produksi (LCOE) sebesar Rp2.399,3512/kWh. Secara keseluruhan untuk biaya yang paling

terekonomis antara skenario terputus jaringan dan terhubung jaringan, didapatkan bahwa konfigurasi terhubung jaringan dari panel surya – inverter – grid adalah konfigurasi yang paling ekonomis pada perencanaan PLTH untuk Desa Penjernang.

Kossi [11] membahas tentang PLTS Siding memiliki kapasitas setara 40 kWp dengan jumlah pelanggan yang tersambung sebanyak 52 pelanggan dan total beban sebesar 31.700 VA. Untuk mengetahui tingkat daya-guna PLTS Terpusat (*Off-Grid*) Siding ditinjau dari kapasitas sistem PLTS dalam melayani kebutuhan tenaga listrik bagi masyarakat Desa Siding, perlu melakukan studi dan meneliti tentang unjuk kerja dari PLTS Terpusat Siding dengan mengevaluasi daya yang dibangkitkan PLTS Siding, menghitung kapasitas komponen PLTS yang terpasang, serta analisis kelayakan investasi PLTS Siding dengan metode : *Net Present Value* (NPV), *Profitability Index* (PI), dan *Payback* Periode. Berdasarkan hasil evaluasi kapasitas komponen-komponen PLTS Siding masih layak digunakan untuk pelayanan beban. Perhitungan biaya investasi awal untuk PLTS Siding sebesar Rp. 2.662.800.000,00, diperoleh biaya energi (*Cost Of Energy*) PLTS Siding sebesar Rp. 4.600,00/kWh. Hasil analisis kelayakan investasi menunjukkan bahwa investasi PLTS Siding sebagai sumber tenaga listrik di Kecamatan Siding termasuk layak untuk dilaksanakan. Dengan memaksimalkan pemanfaatan PLTS Terpusat Siding melalui penambahan beban sehingga terjadi penambahan pemakaian energi harian sebesar 226,24 kWh/hari, akan menurunkan biaya energi PLTS Siding sebesar Rp. 4.600/kWh menjadi 3.500/kWh.

Sihotang [12] membahas tentang kebutuhan energi listrik semakin meningkat seiring pertumbuhan penduduk dan perkembangan teknologi. Peningkatan dipicu juga oleh laju pertumbuhan kebutuhan energi 6,86 % setiap tahunnya. Kebutuhan energi sebagian besar berasal dari energi tak terbarukan yang memiliki keterbatasan dan tidak ramah lingkungan. Oleh karena itu diperlukan alternatif energi terbarukan dan ramah lingkungan. Salah satu alternatif tersebut adalah pemanfaatan energi matahari sebagai pembangkit listrik yang dikonversikan dengan panel surya. Kaitannya dengan itu, penelitian ini bertujuan untuk mengetahui potensi, kontribusi dan aspek biaya energi matahari sebagai pembangkit listrik di atap Hotel Kini Pontianak. Hasil penelitian menunjukkan bahwa implementasi PLTS *Rooftop* di Hotel Kini Pontianak dapat membangkitkan kapasitas total 119,857946 kWh yang

memiliki energi konversi sebesar 43.748,15 kWh/tahun. Total investasi awal sebesar Rp 1.076.367.000. Dengan harga energi per kWh Rp 1.467,28 /kWh, total arus kas masuk sebesar Rp 425.130.239.

Putra [13] membahas tentang perencanaan PLTS untuk memenuhi kebutuhan listrik secara mandiri pada rumah tinggal yang akan digunakan siang dan malam hari. Tipe rumah tinggal yang digunakan adalah tipe 36, dengan total kebutuhan daya listrik per harinya diperkirakan adalah 2876 Wh. Panel surya yang digunakan menghasilkan daya sebesar 300 Wp. Dengan asumsi 1 hari tanpa sinar matahari, maka diperoleh biaya investasi awal PLTS rumah tinggal secara mandiri ini adalah sebesar Rp. 98.946.000 dan biaya tahunan PLTS selama umur pakai 25 tahun adalah Rp. 11.637.840.

Hidayat [14] membahas tentang analisa ekonomi perencanaan sistem PLTS terhubung dengan jaringan listrik PLN hasil simulasi HOMER dan PVsyst. Dari sisi ekonomi menganalisis biaya investasi dan alur kas selama investasi PLTS, menggunakan beberapa metode, yaitu Net Present Value (NPV), Benefit–Cost Ratio (B-CR), dan Discounted Payback Period (DPP).

Berdasarkan beberapa referensi di atas penelitian terdahulu yang relevan dengan penelitian penulis yang berjudul Perancangan Optimum sistem PLTS pada Klinik Pratama Universitas Tanjungpura menggunakan software HOMER, maka yang membedakan dari penelitian sebelumnya ialah penelitian ini menentukan kapasitas energi listrik dan biaya energi listrik pada klinik.

2.2 Pembangkit Listrik Tenaga Surya

Pembangkit listrik tenaga surya merupakan sebuah teknologi pembangkit listrik yang mengkonversi energi dari radiasi matahari menjadi energi listrik. Hingga saat ini, energi surya telah populer di antara sumber energi terbarukan lainnya terutama karena fitur *plug and play*, tidak seperti sumber daya lain yang membutuhkan dukungan mekanis seperti motor atau generator (tenaga air, angin, gelombang) atau dukungan kimia (bahan bakar nabati) yang sebagian besar berorientasi pada keadaan. Teknologi surya baru dan berkembang dengan kecepatan linier. Teknologi tenaga surya telah dipopulerkan sejak penerapannya sebagai sumber energi alternatif untuk kalkulator saku. Sekarang panel surya

digunakan di sepanjang jalan raya utara-selatan, menara telekomunikasi, dan bahkan untuk penerangan jalan. Konversi energi matahari menjadi energi listrik ini dilakukan pada panel surya yang terdiri dari sel *photovoltaic*. Sel *photovoltaic* merupakan lapisan tipis dari sebuah *silicon* murni ataupun semi konduktor bertipe P dan N (*P-N junction semiconductor*) yang dapat bereaksi terhadap cahaya matahari dan menghasilkan arus listrik [15].

Photovoltaic itu sendiri ialah teknologi yang menghasilkan energi daya listrik yang arusnya searah (DC) yang diukur dalam Watt (W) atau Kilo Watt (kW) dari semikonduktor disinari oleh foton. Selama cahaya menyinari sel surya (nama untuk elemen PV individu), itu menghasilkan tenaga listrik. Saat energi listrik mati. Sel surya itu sendiri tidak perlu lagi untuk mengisi ulang seperti halnya pada baterai. Daya listrik yang dihasilkan oleh panel surya dapat didefinisikan sebagai berikut ini [16, 17]

$$P_{pv} = P_{pv,STC} * f_{PV} * f_{temp} \left(\frac{I_T}{I_{T,STC}} \right) \dots\dots\dots (2.1)$$

Di mana, $P_{pv,STC}$ adalah daya panel surya pada kondisi uji baku (kW), f_{PV} adalah faktor suatu susut (%), I_T adalah radiasi matahari global yang mengenai permukaan panel surya (kW/m²), $I_{T,STC}$ adalah radiasi matahari pada kondisi uji buku (1 kW/m²), dan f_{temp} adalah faktor susut akibat perubahan temperatur. Faktor susut adalah pengurangan daya keluaran panel surya akibat debu/kotoran pada permukaan panel, rugi-rugi pengawatan, dampak bayangan yang menutupi panel, usia pakai, serta hal lain yang dapat menyebabkan daya keluaran panel surya menyimpang dari kondisi ideal [18].

$$f_{temp} = [1 + a_p (T_c - T_{c,STC})] \dots\dots\dots (2.2)$$

Keterangan :

a_p = Koefisien temperatur daya (% °C)

T_c = Temperatur sel surya (°C)

$T_{c,STC}$ = Temperatur sel surya pada kondisi uji baku (25°)

Temperatur sel surya, T_c merupakan temperatur yang di ukur pada permukaan panel surya. Ketika pada waktu malam hari, nilai temperatur ini sama dengan temperatur lingkungan sekitarnya, tetapi ketika pada waktu siang hari saat

terik matahari, nilai temperaturnya dapat mencapai pada suhu 30°C bisa melebihi temperatur lingkungan sekitarnya. Jadi untuk menghitung temperatur pada sel surya ini dapat menggunakan persamaan sebagai berikut : [18]

$$T_c = T_a + I_T \left(\frac{T_{c,NOCT} - T_{a,NOCT}}{I_{T,NOCT}} \right) \left(1 - \frac{\eta_c}{0.9} \right) \dots \dots \dots (2.3)$$

Keterangan :

T_a = Temperatur daerah sekitar (°C)

$T_{a,NOCT}$ = Temperatur daerah sekitar jika temperatur nominal sel surya (20°C)

$T_{c,NOCT}$ = Temperatur operasional nominal sel surya (°C)

$I_{T,NOCT}$ = Radiasi matahari pada temperatur nominal sel surya didefinisikan (0,8 kW/m²)

η_c = Efisiensi konversi listrik panel surya

Apabila panel surya dikendalikan oleh MPPT (*Maximum Power Point Tracker*), maka panel tersebut akan selalu bekerja pada titik daya maksimumnya dan efisiensi sel surya (η_c) selalu bernilai sama dengan efisiensi titik daya yang maksimum (η_{mp}). Penggunaan perangkat penjejak titik daya maksimum ini sangat di rekomendasikan untuk meningkatkan kapasitas PLTS oleh panel surya tersebut. Temperatur sel surya pada perangkat penjejak titik daya maksimum dapat ditentukan dengan persamaan sebagai berikut : [18]

$$T_c = T_a + I_T \left(\frac{T_{c,NOCT} - T_{a,NOCT}}{I_{T,NOCT}} \right) \left(1 - \frac{\eta_{mp}}{0.9} \right) \dots \dots \dots (2.4)$$

Nilai η_{mp} tergantung pada temperatur sel T_c , maka

$$\eta_{mp} = f_{temp} * \eta_{mp,STC} \dots \dots \dots (2.5)$$

Dimana $\eta_{mp,STC}$ adalah efisiensi panel surya pada titik daya maksimum di bawah kondisi uji baku (%). Produsen panel surya biasanya mencantumkan nilai $T_{c,NOCT}$, α_p , $\eta_{mp,STC}$ sebagai bagian dari data produk mereka tersebut [18].

Keluaran daya dari *array* panel surya seperti pada rumus (2.2) tergantung pada faktor penurunan suhu yang merupakan fungsi dari *ambient* suhu. Faktor penurunan suhu dapat disederhanakan dari rumus (2.3) sampai (2.5) menjadi rumus berikut ini [18].

$$f_{temp} = \frac{1 + \alpha_p \left[T_a + I_T \left(\frac{T_{c,NOCT} - T_{a,NOCT}}{I_{T,NOCT}} \right) - T_{c,STC} \right]}{1 + \alpha_p I_T \left(\frac{T_{c,NOCT} - T_{a,NOCT}}{I_{T,NOCT}} \right) \frac{\eta_{mp,STC}}{0.9}} \dots \dots \dots (2.6)$$

2.3 Sistem Kerja PLTS

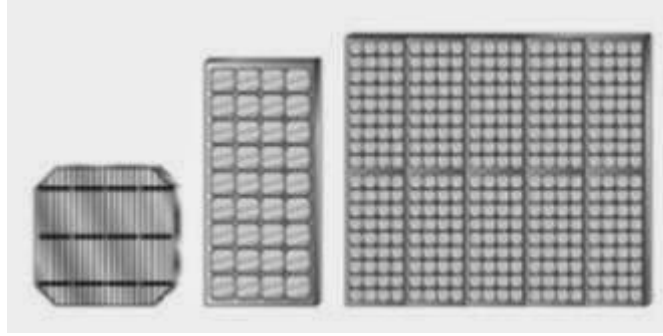
Sistem kerja PLTS berdasarkan prinsip *photovoltaic* yang mengonversikan energi matahari menjadi energi listrik. Karena panel surya merupakan bahan semikonduktor maka pada panel surya terdiri dari lapisan tipe N, lapisan tipe P-N *junction* dan lapisan tipe P. Lapisan tipe N memiliki elektron berlebih (bermuatan negatif), dan lapisan tipe P memiliki *hole* yang berlebih (bermuatan positif). P-N *junction* sebagai tempat terbentuknya medan listrik. Ketika terdapat intensitas sinar matahari mengenai panel surya maka muatan positif dari semikonduktor tipe P berinteraksi dengan muatan elektron tipe N, sehingga elektron akan berpindah dari semikonduktor tipe N ke semikonduktor tipe P, sehingga pada semikonduktor tipe N menjadi kutub positif. Begitu pun sebaliknya, semikonduktor tipe P akan menjadi kelebihan elektron atau menjadi kutub negatif. Karena terdapat elektron dan *hole* yang terus berpindah-pindah maka terbentuk medan listrik yaitu saat intensitas sinar matahari mengenai susunan P-N *junction* [19].

Indonesia merupakan negara yang memiliki potensi energi matahari yang efektif bekerja 5 jam per hari, yaitu pukul 09.00 sampai dengan pukul 14.00. Jumlah panel surya dapat dihitung berapa sesuai kebutuhan yang harus dipasang sesuai dengan daya yang akan digunakan. Rumusnya adalah : [20]

$$\text{Jumlah kebutuhan panel surya} = \frac{\text{Penggunaan Energi}}{\text{Waktu efektif} \times \text{Kapasitas PV}} \dots\dots\dots (2.7)$$

2.4 Sel Surya

Sel surya merupakan komponen yang sangat penting dalam sistem PLTS. Fungsi sel surya adalah mengubah energi matahari menjadi energi listrik. Lapisan silikon hanya menyerap cahaya yang diubah menjadi energi listrik, sedangkan sisanya terbuang dalam bentuk pantulan atau panas. Saat memilih modul solar *cell*, sebaiknya pilih modul dengan lapisan silikon yang lebih besar untuk memaksimalkan penangkapan sinar matahari dan mengubahnya menjadi energi listrik. Beberapa sel surya dengan karakteristik yang sama dihubungkan untuk membentuk modul surya. Kemudian, susunan beberapa modul surya akan membentuk panel surya [21].



Gambar 2.1 : Sel Surya, Module Surya, dan Susunan Panel Surya.

2.5 Jenis Panel Surya

2.5.1 Panel Surya Tipe *Polycrystalline*

Panel surya tipe *Polycrystalline* mempunyai susunan kristal acak. Untuk menghasilkan listrik yang sama, panel surya tipe *Polycrystalline* akan membutuhkan permukaan yang lebih luas sedangkan jenis *Monocrystalline* membutuhkan lebih sedikit. Panel surya tipe *polycrystalline* ini dapat menghasilkan listrik pada saat mendung, sehingga cocok ditempatkan pada wilayah yang lembab dan sering hujan. Panel surya jenis ini memiliki efisiensi sekitar 13-16%. Dimana efisiensi tersebut lebih rendah dari panel surya tipe *monocrystalline* [21].



Gambar 2.2 : Modul PV Tipe *Polycrystalline*

2.5.2 Panel Surya Tipe *Monocrystalline*

Panel surya tipe *Monocrystalline* adalah panel surya yang memiliki efisiensi paling baik yaitu 14%-18%. Panel surya ini dapat memproduksi daya listrik persatuan luas yang paling tinggi. Kelemahan dari panel surya ini yaitu efisiensinya akan cepat turun dalam cuaca yang berawan. Sehingga, panel surya jenis ini cocok ditempatkan pada wilayah yang panas dan jarang hujan [21].



Gambar 2.3 : Modul PV Tipe *Monocrystalline*

2.5.3 Panel Surya Tipe *Thin Film*

Panel Surya tipe *Thin Film* memiliki efisiensi antara 6%-12%. Walaupun efisiensinya rendah, kelebihan dari panel surya jenis ini yaitu bentuknya yang tipis (sekitar 10 mikron) dan ringan [21].



Gambar 2.4 : Modul PV Tipe *Thin Film*

2.6 Baterai

Baterai adalah komponen pada PLTS yang digunakan untuk mengumpulkan energi listrik pada siang hari yang dihasilkan oleh panel surya yang kemudian dipergunakan untuk malam hari atau saat cuaca mendung. Baterai pada PLTS memiliki dua fungsi penting yaitu menyediakan energi listrik untuk beban saat PLTS tidak bekerja (pada malam hari) dan menyimpan energi listrik berlebih yang dihasilkan oleh panel surya [21].

Pada sistem PLTS diperlukan untuk penyimpanan energi listrik, sehingga ketika di malam hari atau saat matahari tidak muncul, pengguna masih dapat memanfaatkan energi listrik yang tersimpan dalam baterai [22]. Untuk mengetahui kapasitas dari baterai tersebut dapat menggunakan persamaan berikut ini [23].

$$C = \frac{E_m}{\text{Battery Loss} * DOD * V_B} \dots\dots\dots (2.8)$$

Keterangan :

C = Kapasitas baterai (Ah)

V_B = Tegangan kerja baterai (V)

E_m = Total energi yang disuplai oleh panel surya (Wh)

2.7 Inverter

Inverter berfungsi untuk mengubah daya arus searah (DC) menjadi daya arus bolak balik (AC) yang tegangan dan frekuensinya dapat diatur. Tegangan arus bolak balik yang dihasilkan oleh *inverter* berbentuk gelombang persegi dan pada pemakaian tentu diperlukan filter untuk menentukan gelombang sinus. Ukuran *inverter* dinilai berdasarkan ukuran PV untuk kuantitas energi yang akan didapat oleh *inverter* dari PV. *Array* PV konstanta R umumnya digunakan untuk menentukan ukuran PV dibandingkan dengan ukuran inverter, yang didefinisikan sebagai berikut : [24]

$$R = \left(\frac{\text{Ukuran Panel Surya}}{\text{Ukuran Inverter}} \right) \dots\dots\dots (2.9)$$

Besarnya ukuran frekuensi inverter tidak sama dengan ukuran PV ($R > 1$) karena PV tidak selalu menghasilkan daya maksimalnya. Pertimbangan untuk

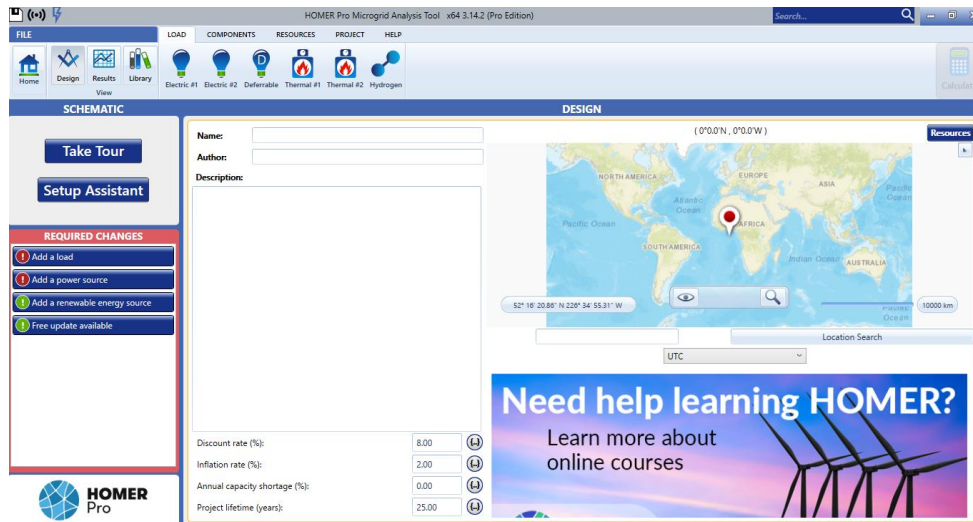
menggunakan inverter ukuran yang lebih kecil adalah meminimalkan biaya inverter [24].

2.8 *Solar Charge Controller*

Solar Charge Controller merupakan salah satu komponen dalam PLTS yang berfungsi untuk mengatur besarnya arus DC yang masuk ke baterai dan mengambil arus dari baterai kemudian mengarahkannya. *Solar Charge Controller* merupakan salah satu komponen dalam PLTS yang berfungsi untuk mengatur arus ke beban. Selain itu, *Solar Charge Controller* juga digunakan untuk melindungi baterai dari *overcharge* atau kelebihan tegangan dari modul surya. Jika baterai kelebihan tegangan, ini akan mempersingkat umur baterai. *Solar Charge Controller* menggunakan teknologi *Pulse Width modulation* (PWM) yang mengatur pengisian baterai dan penyaluran arus dari baterai ke beban [25].

2.9 HOMER (*Hibrida Optimazation Model For Electric Rewnwebles*)

HOMER (*Hybrid Optimization Model for Energy Renewable*) adalah perangkat lunak yang tepat digunakan untuk membantu pemodelan dari sebuah sistem tenaga listrik dengan menggunakan berbagai pilihan sumber daya terbarukan. HOMER dapat digunakan untuk simulasi dalam mengoptimalkan sistem pembangkit tenaga listrik, baik *off-grid* (*stand-alone*) maupun *grid-connected* yang dapat terdiri atas kombinasi photovoltaic, mikrohidro, battery dan kombinasi sumber energi baru dan terbarukan lainnya serta untuk melayani beban listrik maupun beban thermal. Perangkat lunak HOMER ini dikembangkan oleh *The National Renewable Energy Laboratory* (NREL), USA yang bekerjasama dengan *Mistaya Engineering*, dimana hak ciptanya dilindungi oleh *Midwest Research Institute* (MRI) dan digunakan oleh Departemen Energi Amerika Serikat [26]. HOMER ini biasa digunakan untuk simulasi desain mikro grid pada berbagai sektor, seperti pedesaan utilitas pulau, kampus, dan pangkalan militer yang terhubung dengan jaringan listrik. HOMER dapat mempertimbangkan suatu desain mikro *grid* baik dari sisi teknis maupun ekonomi, sehingga HOMER sangat cocok untuk dijadikan sebagai *software* untuk studi kelayakan [26].



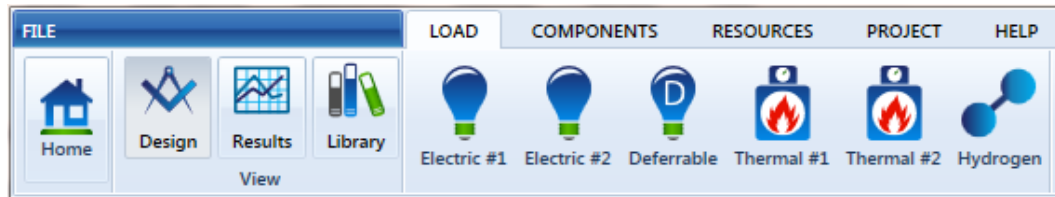
Gambar 2.5 : Tampilan Awal Pada Homer

HOMER berfungsi juga untuk melakukan simulasi dalam menganalisis potensi energi surya, biaya pembangunan energi terbarukan dan melakukan optimisasi. Proses simulasi HOMER berguna mengetahui performansi dan karakteristik untuk sistem pembangkit listrik. Proses optimisasi berguna untuk konfigurasi dalam suatu pembangkit listrik yang layak dan bernilai ekonomis.

tampilan menu utama dari HOMER yang terdiri dari *Home, Design, Result, Library*. Menu utama ini digunakan untuk menyimpan file yang telah dibuat, rancangan *file*, dan juga untuk mencari suatu komponen secara mendetail. Pada menu komponenter terdiri dari *Load, Component, Resource, Project*, dan *Help*. Menu komponen mempunyai fungsi yang berbeda-beda yaitu : [26]

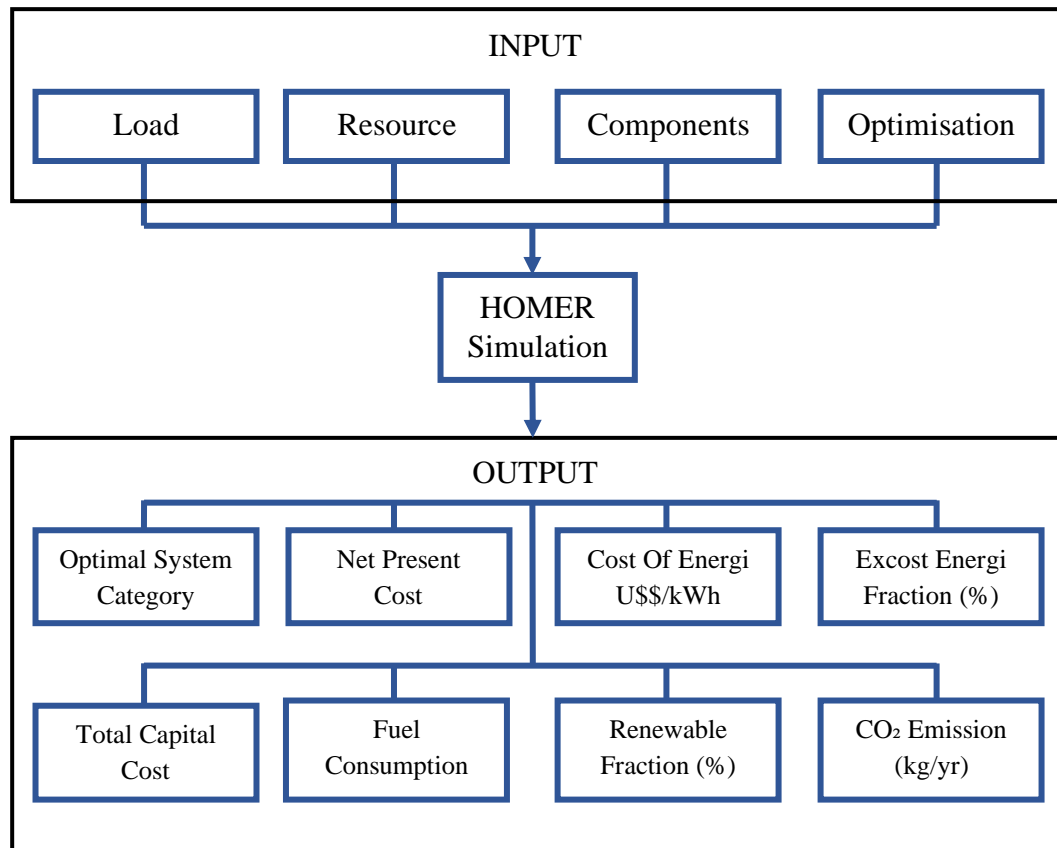
- a) *Load* yang terdiri berbagai jenis beban dan memiliki fungsi sebagai pengaturan beban secara berkala.
- b) *Components* yang terdiri berbagai sumber pembangkit, *converter* dan juga dapat mengatur sumber pembangkit dengan menu custom.
- c) *Resource* yang terdiri sumber energi seperti sinar matahari, angin, air, biomassa dll.
- d) *Project* yang berfungsi mengatur rangkaian mulai dari arah mata angin suatu proyek rangkaian, berapa tahun pemakaian, pengaturan standarisasi harga listrik tiap daerah tempat proyek itu dijalankan.

- e) *Help* yang berfungsi untuk digunakan sebagai *problem solver* mulai dari *simple* sampai masalah-masalah yang kompleks seperti dasar–dasar *software*, *design*, komponen dll.



Gambar 2.6 : Tampilan Menu Pada Homer

HOMER dapat melakukan tiga tugas pokok yaitu simulasi, optimasi, serta analisis sensitivitas. Pada proses simulasi, HOMER akan mensimulasikan operasi sistem untuk setiap 8.760 jam dalam satu tahun untuk menentukan kelayakan secara teknis dan *life-cycle cost* (biaya siklus hidup). Pada proses optimasi, HOMER akan mensimulasikan banyak konfigurasi pada sistem yang berbeda-beda, menampilkan secara berurutan beberapa hasil simulasi yang dimulai dari *Net Present Cost* (NPC) terendah. Pada proses simulasi ini HOMER juga memperkirakan semua biaya investasi awal sampai biaya selama masa operasi sistem seperti biaya penggantian komponen-komponen, dan biaya *operational and maintenance* (O&M). Kemudian analisis sensitivitas, HOMER melakukan beberapa optimasi dari berbagai asumsi masukan lalu mengukur efek dari ketidakpastian atau perubahan dalam model *input* [27].



Gambar 2.7 : Diagram Alur Simulasi Optimasi pada HOMER

Dalam pengoperasiannya, HOMER memiliki 3 tugas utama yaitu :

2.9.1 Simulasi (*Simulation*)

Pada proses simulasi untuk menentukan bagaimana konfigurasi dari sistem yang ekonomis, kombinasi dari besarnya nilai kapasitas komponen-komponen sistem, dan strategi operasi yang menentukan bagaimana komponen-komponen tersebut bisa bekerja bersama-sama dalam periode waktu tertentu [27].

2.9.2 Optimisasi (*Optimization*)

Proses optimisasi dilakukan setelah proses simulasi dilakukan. Proses ini pengguna merancang konfigurasi sistem yang khusus, maka untuk proses optimasi dilakukan untuk menentukan kemungkinan teroptimal dalam konfigurasi pada sistem. Pada hasil optimisasi ini, HOMER akan menggunakan nilai NPC yang terendah hingga tertinggi. jika salah satu konfigurasi sistem memiliki nilai NPC terendah pada jangka waktu yang telah ditentukan maka hasil akan dapat dikatakan optimal, variabel nilai masukan dapat diubah-ubah sesuai keinginan pengguna [27].

2.9.3 Analisis Sensitivitas (*Sensitivity Analysis*)

Proses selanjutnya adalah proses analisis sensitivitas. Proses hasil konfigurasi pada sistem yang optimal apabila nilai parameter masukan (*input*) berbeda-beda. Dapat menunjukkan analisis sensitivitas dengan memasukan beberapa nilai variabel sensitivitas seperti nilai variabel tunggal ataupun nilai variabel. Contohnya seperti perbedaan harga tenaga listrik pada jaringan (*grid*), perbedaan biaya bahan bakar, perbedaan nilai suku bunga per tahun, dan lain-lain [27].

2.10 Aspek Ke Ekonomian

2.10.1 *Net Present Cost* (NPC)

Net present cost adalah biaya total dari seluruh biaya yang di keluarkan selama masa penggunaan yaitu biaya modal awal proyek, biaya untuk penggantian, biaya untuk pengoperasian dan perawatan, biaya untuk bahan bakar, biaya denda emisi dan pembelian daya dari jaringan listrik. Homer menghitung NPC dengan menggunakan persamaan berikut ini [28].

$$C_{NPC} = \frac{C_{ann,tot}}{CRF(i,Rproj)} \dots\dots\dots (2.10)$$

Keterangan :

$C_{ann,tot}$ = Total biaya tahunan (Rp/tahun)

CRF = Faktor pemulihan modal

i = Tingkat bunga (%)

$Rproj$ = Umur/masa manfaat proyek (tahun)

C_s = Total biaya yang tersisa (Rp)

2.10.2 *Annualized Cost* (AC)

Annualized cost digunakan untuk mengetahui total biaya tahunan dari pengoperasian sistem pembangkit listrik tenaga *hybrid*. Biaya tahunan adalah biaya yang, jika terjadi sama di setiap tahun seumur hidup proyek, akan memberikan

biaya sekarang yang sama dengan urutan arus kas aktual yang terkait dengan komponen itu [28].

2.10.3 *Levelized Cost of Energy (LCOE)*

Levelized Cost of Energi atau Biaya Pokok Produksi (BPP) digunakan untuk mengetahui biaya yang harus dikeluarkan per kWh dari sistem. Untuk mengetahui biaya yang di keluarkan dapat dihitung dengan menggunakan persamaan berikut ini [28].

$$COE = \frac{C_{ann,tot}}{E_{served}} \dots\dots\dots (2.11)$$

Keterangan :

COE = Biaya per kWh (Rp)

$C_{ann,tot}$ = Biaya tahunan (Rp)

E_{served} = Total beban listrik dilayani selama setahun (kWh)

2.11 **Beban Listrik Pada Klinik Pratama Universitas Tanjungpura**

Untuk pelayanan kesehatan digunakan standar berdasarkan Peraturan Menteri Kesehatan Republik Indonesia Nomor 43 Tahun 2019 yang menyatakan bahwa sumber daya listrik paling rendah yang dibutuhkan adalah 10000 VA dan daya listrik darurat 75% dari sumber daya listrik normal. Untuk memenuhi kebutuhan listrik pada kilinik maka di rancang energi alternatif yaitu pembangkit listrik tenaga surya.

Perkiraan total konsumsi energi per/hari di klinik pratama universitas tanjungpura, adalah 84,072 kWh/hari yang digunakan pada peralatan listrik AC. Diasumsikan peralatan yang digunakan secara bersamaan maka ditentukan beban puncak adalah sebesar 10.034 watt. Klinik pratama terdiri dari ruang pengelola, ruang laboratorium, poli gigi, ruang administrasi, poli KIA, ruang apotek, ruang poli umum, dan aula tunggu.