

BAB II

TINJAUAN PUSTAKA

2.1. Penelitian Sebelumnya

Ada beberapa penelitian yang telah dilakukan sebelumnya yang mengangkat tema tentang potensi biomassa sebagai energi alternatif menjadi pendukung penulis dalam melakukan penelitian ini. Berikut ini merupakan contoh penelitian pendukung tersebut :

Penelitian yang dilakukan oleh Fathur Rahman Rifai (2015) menyebutkan bahwa hasil analisis dari penelitiannya di PG Gempolkrep memiliki potensi surplus energi dari kelebihan produk samping berupa ampas sebanyak 11.44 Ton/jam, setara dengan 2149 kW (2.15 MW) atau 8.24 kWh/tc. Upaya optimasi dengan melakukan full elektrifikasi pada kondisi saat ini dapat meningkatkan potensi surplus hingga menjadi 3.30 MW (12.66 kWh/tc) atau peningkatan sebesar 53.70 %. Optimasi dengan mengganti tekanan ketel (tekanan uap baru) mencapai titik optimum pada tekanan 30 kg/cm²a dengan potensi surplus listrik menjadi 3.4 MW (13.04 kWh/tc). Upaya optimasi dengan meningkatkan efisiensi ketel dan optimasi kondisi bahan bakar ampas yang lebih baik (kadar sabut tebu 16 %, zat kering ampas 52 %, pol ampas 1 %), optimum hingga tekanan 80 kg/cm²a dengan potensi surplus listrik hingga 8.16 MW (31.27 kWh/tc). Potensi surplus energi tersebut dapat dioptimalkan dengan melakukan optimasi-optimasi terhadap sub-sistem sub-sistem dari pabrik gula baik sub-sistem produsen energi maupun pemakai energi. Sehingga dengan optimalnya subsistem akan berdampak pada optimalnya sistem pabrik gula secara keseluruhan yang dibuktikan dengan meningkatnya potensi surplus energi yang dapat diekspor keluar pabrik gula.

Pressa Perdana (2010) dalam penelitiannya tentang potensi ampas tebu sebagai bahan bakar pembangkit listrik tenaga uap dengan perbandingan batu bara. PLTU dengan bahan bakar biomassa ini menghasilkan limbah gas dan

limbah padat yang bisa menimbulkan dampak negatif pada lingkungan. Limbah cair tidak dihasilkan dari PLTU karena uap panas yang dihasilkan setelah melewati turbin digunakan kembali untuk proses pengolahan gula sehingga tidak diperlukan air pendingin. Limbah gas yang dihasilkan hanya gas CO₂. Namun, limbah gas CO₂ yang dihasilkan dapat digunakan untuk proses pengolahan gula menggantikan gas SO₂ sehingga kadar pencemaran udaranya lebih rendah. Limbah padat yang dihasilkan berupa abu pembakaran. Jumlah abu yang dihasilkan sebanyak 2,5%, jauh lebih sedikit bila dibandingkan dengan batu bara yang menghasilkan abu 10%. Abu yang dihasilkan sebagian ditimbun dan ada yang diolah untuk campuran pada semen, keramik atau beton.

Ada pula Fanny Ardhy Pratama (2015) yang meneliti tentang sistem kelistrikan PG. Gula Putih Mataram termasuk Konsumsi Energi Spesifik (KES) pabrik, serta tingkat efisiensi dan nilai keekonomisan bila dibandingkan jika berbahan bakar solar. Dari penelitian yang telah dilakukan dapat diketahui bahwa rata-rata konsumsi energi listrik PG. Gula Putih Mataram adalah sebesar 9,05 MW pada musim produksi dan 2,01 MW pada saat musim non-produksi. Dan untuk nilai Konsumsi Energi Spesifik (KES) rata-rata pada Mei - Oktober 2013 adalah sebesar 159,18 kWh/Ton Gula atau sebesar 0,57 GJ/Ton. Hasil penelitian tersebut juga menunjukkan bahwa PLTU dengan bahan bakar ampas tebu lebih ekonomis 23,93% dibandingkan dengan PLTU berbahan bakar batu bara dan 92% bila menggunakan minyak solar HSD. Bila diasumsikan biaya bahan bakar sebesar Rp 448,- / kWh,

Dari hasil beberapa penelitian di atas maka pada penelitian ini akan membahas mengenai cara pengolahan limbah tebu yang tepat sebagai energi alternatif terbarukan yang ramah lingkungan.

2.2. Potensi Energi Terbarukan

Indonesia merupakan negara dengan kekayaan alam berlimpah tak terkecuali sumber daya alam sebagai pembangkit energi listrik. Batubara dan minyak bumi merupakan sumber daya alam yang sudah lama dimanfaatkan sebagai bahan bakar. Namun, batu bara dan minyak bumi merupakan sumber

daya alam yang tidak dapat diperbaharui, artinya sumber daya tersebut suatu saat akan habis. Selain batu bara dan minyak bumi, Indonesia juga mempunyai sumber energi lain seperti air yang termasuk sumber daya terbarukan dan dapat diperbaharui serta sudah lama dimanfaatkan sebagai pembangkit listrik. Selain sumber daya tersebut, Indonesia masih memiliki sumber daya energi lainnya yang cukup potensial.

Data potensi sumber energi terbarukan di Indonesia dapat dilihat pada tabel berikut ini. Data tersebut berupa jenis energi terbarukan, jumlah sumber daya, kapasitas terpasangan, serta rasionya.

Tabel 2.1 Potensi Energi Terbarukan di Indonesia

Energi Terbarukan	Kapasitas Terpasang (KT)	Sumber Daya (SD)	Rasio KT/SD
Air skala besar	6.654,29 MW	75.670 MW	8,8
Mini-mikrohidro	228,983 MW	769,69 MW	29,75
Panas bumi	1.226 MW	29.038 MW	4,2
Biomassa	1.618,40 MW	49.810 MW	3,25
Energi Surya	22,45 MW	4,80 kWh/m ² /day	-
Energi Angin	1,87 MW	448 at 3-6 m/sec	-
Uranium	30 MW**	3.000 MW*	1

Sumber : Ditjen EBTKE, dalam BPPT (2012)

Keterangan : * hanya di Kalan-Kalimantan Barat

** nonenergi, hanya untuk riset

Dari data pada tabel 2.1 tentang Potensi Energi Terbarukan di Indonesia tersebut menunjukkan bahwa potensi energi terbarukan di Indonesia sangat

besar namun pemanfaatannya masih belum maksimal. Ketersediaan sumber daya yang besar tidak diimbangi dengan penggunaannya.

Pemanfaatan energi baru dan terbarukan di Indonesia masih perlu penelitian yang lebih lanjut lagi dengan memperhatikan segala aspek termasuk kendala-kendala yang sering dihadapi dilapangan, agar potensi yang besar tersebut dapat dimanfaatkan secara maksimal untuk memenuhi kebutuhan energi yang murah, ramah lingkungan, dan berkelanjutan agar terwujud kesejahteraan sosial.

2.3. Biomassa dan Teknologi Pengelolaan Biomassa

Biomassa adalah bahan organik atau material yang berasal dari makhluk hidup yang dihasilkan melalui proses fotosintetik, baik berupa produk maupun buangan. Dalam kaitannya dengan energi biasanya berasal terutama dari tumbuh tumbuhan seperti kayu, dedaunan dan ranting, serta rumput-rumputan. Biji-bijian yang mengandung minyak seperti sawit dan kelapa juga termasuk dalam kategori biomassa ini. Selain itu, kotoran hewan pun sering dikategorikan sebagai salah satu biomassa.

Dewasa ini Material biomassa mulai banyak dipergunakan sebagai sumber energi yang lebih ramah lingkungan. Selain itu, Sumber energi biomassa juga mempunyai beberapa kelebihan antara lain merupakan sumber energi yang dapat diperbaharui (*renewable*) sehingga dapat menyediakan sumber energi secara berkesinambungan (*sustainable*).

Pemanfaatan biomassa sebagai energi alternatif memerlukan berbagai proses konversi terlebih dahulu sampai bisa digunakan. Konversi biomassa dilakukan menggunakan berbagai macam teknologi. Secara umum teknologi konversi biomassa menjadi bahan bakar dapat dibedakan menjadi tiga, yaitu pembakaran langsung, konversi termokimiawi, dan konversi biokimiawi. Pembakaran langsung merupakan teknologi yang paling sederhana karena pada umumnya biomassa telah dapat dibakar. Beberapa biomassa perlu dikeringkan terlebih dahulu dan diidentifikasi untuk kepraktisan dalam penggunaan. Konversi termokimiawi merupakan teknologi yang memerlukan perlakuan

termal untuk memicu terjadinya reaksi kimia dalam menghasilkan bahan bakar. Sedangkan konversi biokimiawi merupakan teknologi konversi yang menggunakan bantuan mikroba dalam menghasilkan bahan bakar (Susanto,2008).

Berikut ini merupakan beberapa teknologi konversi biomassa :

1. Pembakaran Langsung

Pembakaran langsung merupakan proses pemanfaatan biomassa paling sederhana. Biomassa dibakar langsung tanpa ada proses-proses tertentu. Di sektor industri atau pabrik pembakaran langsung biomassa umumnya menggunakan peralatan atau teknologi yang lebih inovatif untuk menggerakkan *steam turbin* dengan menambahkan generator sebagai pembangkit listrik yang digunakan untuk keperluan perusahaan. Cara ini banyak digunakan di pabrik kelapa sawit dan gula yang memanfaatkan limbahnya sebagai bahan bakar.

Proses pemanfaatan biomassa dengan pembakaran langsung dianggap kurang efisien walaupun cara kerjanya tergolong praktis. Sehingga berkembanglah teknologi baru dengan mengubah biomassa padat menjadi briket atau pelet agar lebih mudah penggunaan, proses pengiriman, dan penyimpanannya.

2. Gasifikasi

Gasifikasi biomassa merupakan reaksi konversi termal endotermik yang mengubah bahan bakar padat biomassa menjadi gas mudah terbakar yaitu karbon monoksida (CO), hidrogen (H₂), dan metan (CH₄). Proses gasifikasi ini melibatkan reaksi antara oksigen dan biomassa padat, uap air dan karbon dioksida hasil pembakaran yang direduksi menjadi gas-gas mudah terbakar tersebut yang kemudian disebut sebagai *synthetic gas* atau *syngas*. Proses gasifikasi berlangsung di dalam suatu reaktor yang disebut *gasifier*. Salah satu jenis *gasifier* yang sederhana dan banyak digunakan adalah *downdraft gasifier*.

Kelebihan *gasifier* jenis ini adalah gas yang dihasilkan lebih bersih dibandingkan dengan jenis lainnya serta dapat diaplikasikan sebagai pembangkit daya listrik maupun mesin.

Pada proses konversi biomassa dengan teknologi gasifikasi ini ada beberapa tahapan yang terjadi karena adanya pergerakan udara dan bahan bakar. Tahapan-tahapan tersebut adalah sebagai berikut :

- Pengerinan

Biomasa mengalami pengerinan pada suhu 100°C dimana kandungan air pada bahan bakar padat diuapkan oleh kalor.

- Pirolisis

Setelah temperatur mencapai 250°C , biomasa mengalami proses pirolisis yaitu peretakan molekul besar menjadi molekul yang lebih kecil akibat pengaruh temperatur yang sangat tinggi. Pemisahan volatile matters (uap air, cairan organik dan gas yang tidak terkondensasi) dari arang atau padatan karbon bahan bakar juga menggunakan panas yang diserap dari proses oksidasi

- Oksidasi

Pembakaran mengoksidasi kandungan karbon dan hidrogen yang terdapat pada bahan bakar dengan reaksi eksotermik, sedangkan gasifikasi mereduksi hasil pembakaran menjadi gas bakar dengan reaksi endotermik. Oksidasi atau pembakaran arang merupakan reaksi terpenting yang terjadi di dalam gasifier. Hasil reaksi tersebut adalah CO_2 dan H_2O yang secara berurutan direduksi ketika kontak dengan arang yang diproduksi pada pirolisis.

- Reduksi

Pada tahap reduksi ini terjadi saat suhu diatas 600°C arang bereaksi dengan uap air dan karbon dioksida untuk menghasilkan karbon monoksida (CO), hidrogen (H_2), dan metan (CH_4).

3. *Liquification*

Seperti namanya, *liquification* merupakan proses perubahan wujud benda dari gas ke cairan (liquid) dengan proses kondensasi. Biasanya, melalui proses pendinginan atau perubahan dari padat ke cairan dengan peleburan, bisa juga dengan pemanasan atau penggilingan dan pencampuran dengan cairan lain untuk memutuskan ikatan. Pada bidang energi *liquification* terjadi pada batu bara dan gas menjadi bentuk cairan untuk menghemat transportasi dan memudahkan dalam pemanfaatan (Abdullah *et al.*, 1991).

4. Pirolisis

Pirolisis mengonversi biomassa dengan cara mengurai biomassa (*lysis*) dengan panas (*pyro*) pada suhu lebih dari 150⁰C. Pada proses pirolisis ini ada beberapa tingkatan proses, yaitu pirolisis primer dan pirolisis sekunder. Pirolisis primer merupakan pirolisis yang terjadi pada bahan baku (umpan), sedangkan pirolisis sekunder adalah pirolisis yang terjadi atas uap/gas dan partikel hasil pirolisis primer. Pirolisis adalah proses penguraian karena panas, sehingga pada proses ini O₂ atau oksigen dihindari keberadaannya karena akan memicu reaksi kebakaran.

5. Biokimia

Cohtoh proses yang termasuk dalam proses biokimia adalah hidrolisis, *anaerobic digestion*, dan fermentasi. Proses *anaerobic digestion* adalah proses yang melibatkan mikroorganisme tanpa adanya oksigen dalam suatu digester. Proses ini menghasilkan gas berupa metana (CH₄) dan karbon dioksida (CO₂) serta beberapa gas lainnya. Proses ini dapat digolongkan menjadi anaerobik digestion kering dan basah tergantung pada prosesnya yang mengandung campuran air didalamnya.

Biomassa yang kaya akan karbohidrat dan glukosa dapat difermentasi sehingga terurai menjadi etanol dan CO₂. Karbohidrat

harus mengalami penguraian atau hidrolisis terlebih dahulu menjadi glukosa. Etanol yang dihasilkan dari proses fermentasi ini kadar airnya cukup tinggi dan harus didistilasi terlebih dahulu agar mencapai kadar etanol di atas 99,5 %.

6. Transesterifikasi

Transesterifikasi merupakan suatu reaksi organik dimana senyawa ester diubah menjadi senyawa ester lain melalui pertukaran gugus alkohol dari ester dengan gugus alkil dari senyawa alkohol lain. Transesterifikasi merupakan metode yang pada saat ini paling umum digunakan untuk memproduksi biodiesel.

2.4. Potensi Pemanfaatan Biomassa

Indonesia merupakan negara agraris yang sebagian besar mata pencaharian warganya adalah petani. Wilayah pertanian maupun perkebunan di Indonesia mampu menyediakan biomassa untuk energi terbarukan. Selain sektor pertanian dan perkebunan, sampah kota juga dapat dimanfaatkan sebagai biomassa untuk pembangkitan energi terutama sampah organik.

Potensi biomassa di sektor pertanian untuk energi adalah biomassa yang berasal dari limbah pertanian karena hasil pertanian lebih diutamakan untuk kebutuhan pangan. Seperti contohnya limbah padi, singkong atau ubi kayu, dan jagung, serta beberapa jenis tanaman yang tidak digunakan untuk penyedia pangan. Biomassa tersebut dapat digunakan sebagai bahan bakar untuk memasak. Dengan menggunakan teknologi konversi, biomassa limbah tersebut juga dapat menghasilkan listrik dan bahan bakar cair maupun gas. Salah satu contoh potensi biomassa sektor pertanian adalah sekam. Sekam memiliki nilai energi sekitar 3.000 kcal per kilogramnya. Pengukuran komposisi kimia sekam oleh Kim & Oem (2009) memberikan hasil berupa air 5%, holoselulosa 60,8%, lignin 21,6%, dan abu 12,6%. Konversi sekam secara kimia dilakukan dengan cara pembuatan arang, gasifikasi, dan pirolisis. Sedangkan secara fisika dilakukan dengan pembuatan briket sekam untuk memperbesar nilai energi per

satuan volumenya. Ada pula konversi secara biokimia yang diubah menjadi etanol (Sarasuk & Sajjakulnukit, 2011).

Sama halnya dengan biomassa di sektor pertanian, pemanfaatan biomassa di sektor perkebunan masih terbatas pada limbahnya karena hasil produksinya digunakan untuk memenuhi kebutuhan pangan. Contohnya adalah limbah kelapa sawit, tebu, karet, jarak pagar, kelapa, dan juga kemiri sunan. CPO dari kelapa sawit bisa dimanfaatkan untuk memproduksi biodiesel. Bagas dan ampas tebu lebih banyak digunakan oleh perusahaan gula untuk bahan bakar atau bahan untuk memproduksi listrik bagi kepentingan perusahaan tersebut (Hermawati, 2013).

Sampah di kota besar terdiri dari 40% sampah organik dan 60% sisanya merupakan sampah anorganik. Sampah organik kota besar merupakan salah satu biomassa yang potensial untuk pembangkit di Indonesia (Hermawati, 2013). Sampah organik tersebut misalnya dedaunan, kertas, kayu, karton, dan buah. Sampah tersebut biasanya berasal dari rumah tangga, pasar, rumah makan, hotel, dan taman kota. Pemanfaatan biomassa sampah organik tersebut sampai saat belum maksimal.

Potensi biomassa sebesar 49.810 MW baru dimanfaatkan 1.618,40 MW yang artinya hanya 3,25% dari total potensi keseluruhan. Pemanfaatan biomassa yang belum maksimal tak lepas dari berbagai kendala yang dihadapi, di antaranya permasalahan bagaimana mengelola kesinambungan sumber daya energi (misalnya dengan membuat kebun atau hutan energi), kesiapan sumber daya manusia yang mumpuni, teknologi yang efektif dan efisien untuk mengolah biomassa, masalah pembiayaan untuk energi biomassa, termasuk harga dari bioenergi yang masih kurang kompetitif di pasar lokal. Pemerintah sendiri telah menerbitkan Permen No. 25/2013 tentang keharusan penggunaan biodiesel, bioetanol, dan minyak nabati murni sebagai bahan campuran BBM sebagai langkah untuk mendukung pemanfaatan biomassa di Indonesia yang harus terus dikawal penerapannya agar pemanfaatan biomassa dapat lebih optimal.

2.5. Potensi Pemanfaatan Limbah Tebu

Salah satu kebutuhan bahan pangan pokok masyarakat di Indonesia adalah komoditas gula. Kebutuhan akan komoditas gula ini mengalami peningkatan sejalan dengan meningkatnya jumlah penduduk. Gula pasir dihasilkan dari tanaman tebu yang diolah dan diproduksi oleh pabrik gula yang tersebar di beberapa wilayah Indonesia.

Tabel 2.2 Produksi Biomassa Jenis Tanaman Tebu

Tahun	Produksi (Ton)	Luas Areal (Ha)	Produktivitas (Kg/Ha)
2008	2.668.428	436.505	6.113
2009	2.517.374	441.440	5.952
2010	2.290.116	454.112	5.292

Sumber : Statistik Pertanian 2011, Dirjen Perkebunan Kementerian Pertanian, dalam Hermawati *et al* (2013)

Dari data diatas dapat dilihat bahwa produksi tebu dari tahun ke tahun mengalami penurunan padahal luas area perkebunan tebu justru makin luas, sehingga membuat produktivitasnya semakin menurun. Walaupun demikian, pemerintah telah mencanangkan program swasembada gula pada tahun 2019 yang artinya peningkatan produksi gula akan terus diupayakan. Berdasarkan data BPS pada tahun 2015 angka produksi gula nasional mencapai 2,497 juta ton dari areal perkebunan tebu seluas 446.060 hektar, sedangkan kebutuhan konsumsi gula nasional setiap tahunnya mencapai sekitar 5 juta ton.

Peningkatan produksi tebu berdampak juga pada peningkatan limbah tebu. Limbah tebu termasuk salah satu jenis biomassa karena merupakan bahan biologis yang dihasilkan melalui proses fotosintesis. Biomassa sendiri dapat digunakan sebagai sumber energi. Dengan jumlah limbah tebu yang sebanyak itu, akan sangat disayangkan apabila hanya terbuang begitu saja tanpa adanya pengolahan kembali limbah produksi, pengolahan tersebut salah

satunya adalah untuk dimanfaatkan sebagai energi alternatif. Dalam hal ini pemanfaatan biomassa digunakan sebagai bahan bakar pembangkit listrik.

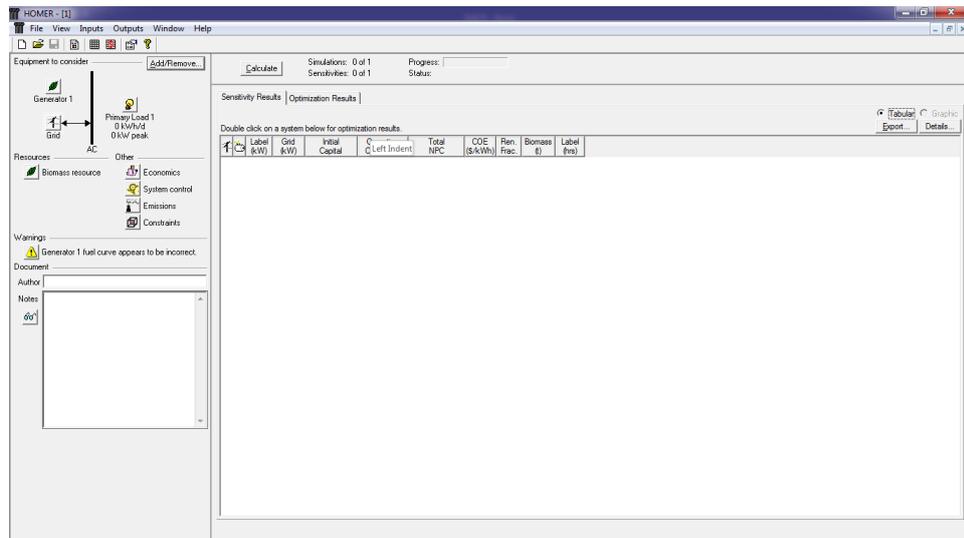
Dewasa ini sudah banyak penelitian yang membahas mengenai potensi limbah ampas tebu sebagai energi alternatif, salah satunya dari Pusat Penelitian Perkebunan Gula Indonesia (P3GI) yang menyatakan bahwa ampas tebu yang dihasilkan oleh suatu pabrik adalah 30% dari berat tebu giling dengan kadar air sekitar 50%. Berdasarkan bahan kering, ampas tebu terdiri dari unsur C (karbon) 47%, H (hidrogen) 6,5 %. O (oksigen) 44 % dan abu 2,5 %. Menurut rumus Pritzeltwitz (Hugot, 1986) tiap kilogram ampas tebu mengandung sekitar 2,5 persen gula dengan nilai kalor sebesar 1.825 kkal. Nilai bakar tersebut akan meningkat dengan menurunnya kadar air dan gula dalam ampas.

2.6. HOMER

Hybrid Optimisation Model for Electric Renewable atau yang dikenal juga dengan HOMER merupakan sebuah software aplikasi untuk merancang sistem pembangkit listrik energi terbarukan yang optimal. Homer mensimulasikan off-grid maupun grid-connected sistem pembangkit listrik untuk berbagai macam pilihan penggunaan sumber energi atau bahan bakar serta komponen seperti biomassa, turbin angin, mikrohidro, generator (diesel/bensin), termal, dan lain-lain. Dengan menggunakan HOMER, dapat diperoleh spesifikasi paling optimal dari beberapa konfigurasi yang ada.

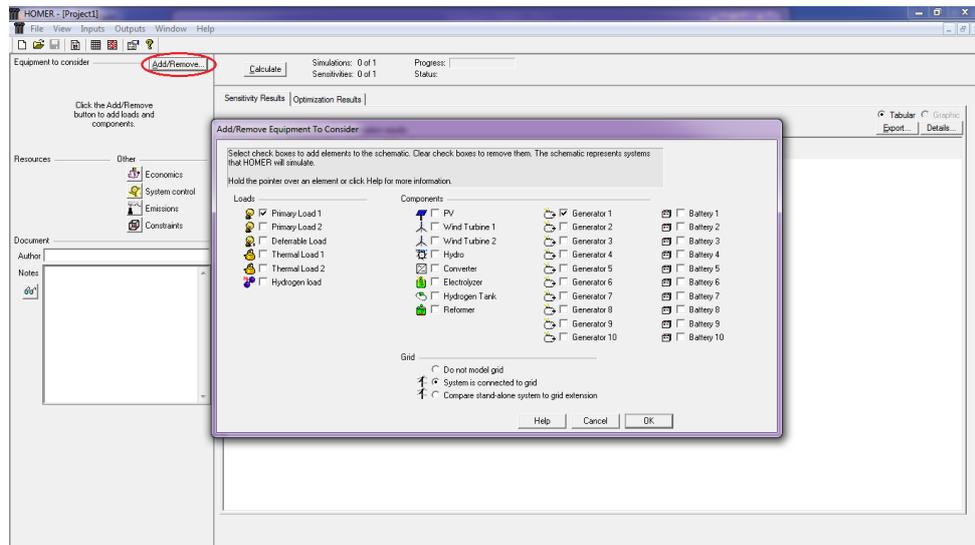
2.6.1. Tutorial HOMER

Tampilan perangkat lunak HOMER bisa dilihat di Gambar 2.1 dibawah ini. Perancang dapat menyusun sistem pembangkit dari berbagai jenis sumber energi, baik konvensional maupun terbarukan. Proses simulasi pada HOMER dilakukan untuk mengetahui karakteristik atau performa dari suatu sistem pembangkit.

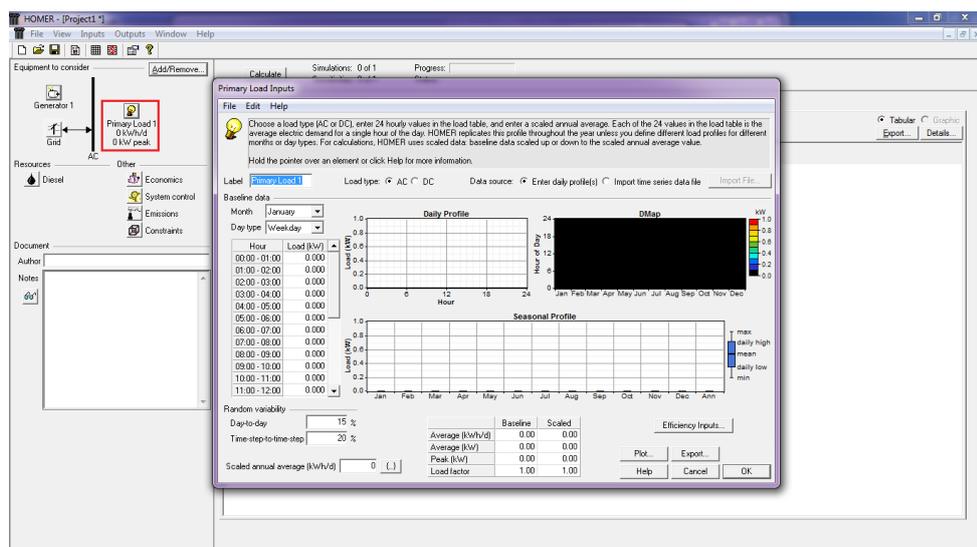


Gambar 2.1 Tampilan Utama HOMER

Setelah kita membuka program Homer, maka yang harus kita lakukan adalah menambahkan *input device* pada sistem pembangkit listrik yang akan disimulasikan. Disini, yang harus kita masukkan adalah jenis beban yang akan ditopang dari sistem. Homer memberikan pilihan berbagai jenis beban sesuai dengan kebutuhan pengguna. Begitu juga pada pilihan komponen yang akan kita buat. Komponen pembangkit energi listrik yang disediakan HOMER yaitu : PV, Wind Turbine, Hydro, Converter, Electrolyzer, Hydrogen Tank, Reformer, generator, dan system battery. Serta tentu saja pilihan untuk menyalurkan pembangkit dengan grid PLN atau tidak. Dalam hal ini penulis memilih untuk menggunakan grid PLN sebagai penyambung sistem biomassa.



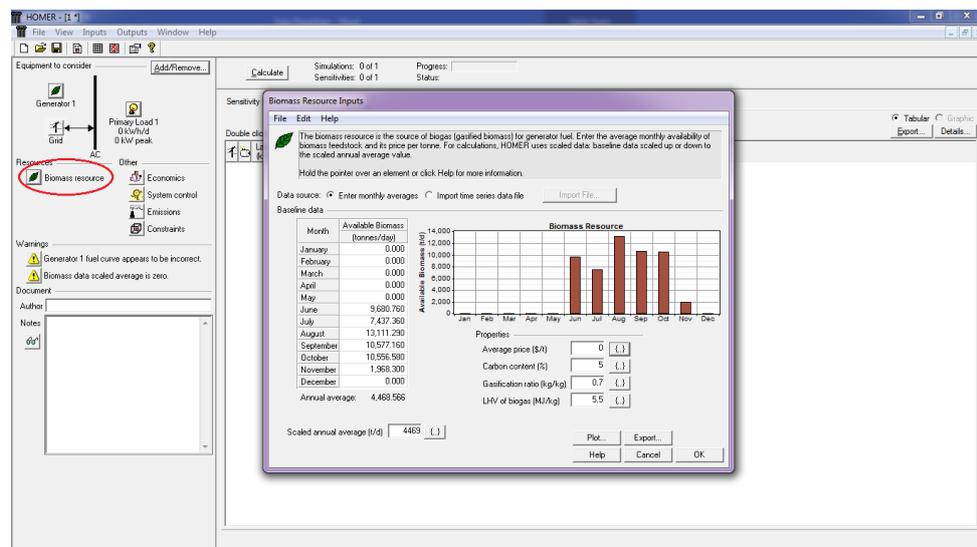
Gambar 2.2 Pemilihan tipe beban dan komponen pembangkit



Gambar 2.3 Proses input data beban

Setelah menentukan tipe beban dan komponen pembangkit, maka hal yang selanjutnya dilakukan adalah memasukkan data beban tiap jamnya. Disini ada pilihan beban yaitu tipe DC dan AC. Selanjutnya simulasi dari variasi beban tiap waktunya dapat kita simulasikan dengan memasukkan presentase pada random variability.

Data beban yang telah dimasukkan secara otomatis akan langsung dihitung oleh Homer dan menghasilkan data rata-rata pemakaian, data beban puncak, dan faktor beban.



Gambar 2.4 Proses input data biomassa

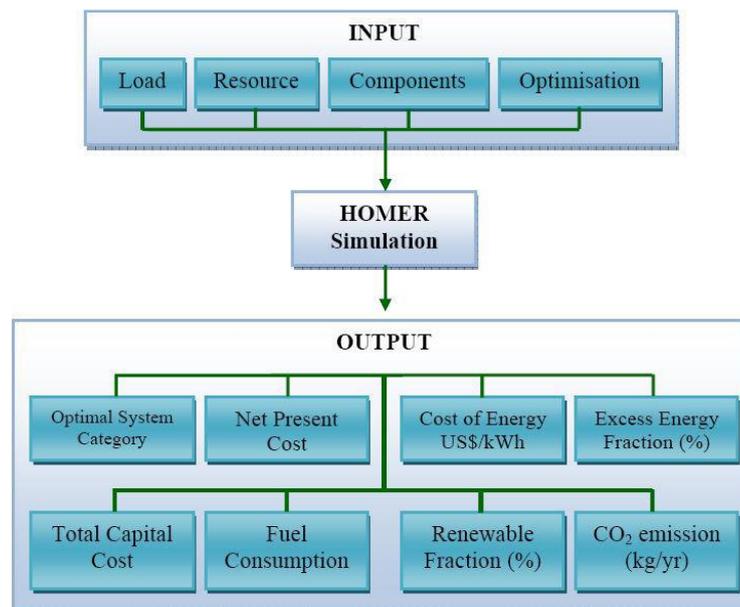
Setelah itu, kita harus memasukkan data tentang pembangkit energi biomassa yang akan disimulasikan. Data yang harus kita inputkan berupa data *Capital cost*, *Replacement cost*, *O&M cost*, dan *Lifetime*.

Proses optimasi dilakukan untuk memilah konfigurasi suatu pembangkit yang layak dan memiliki nilai ekonomis. HOMER mensimulasikan operasi sistem dengan menyediakan perhitungan *energy balance* untuk setiap 8.760 jam dalam setahun. Kemudian HOMER menentukan konfigurasi terbaik sistem dan kemudian memperkirakan biaya instalasi dan operasi sistem selama masa operasinya (life time costs) seperti biaya awal, biaya penggantian komponen-komponen, biaya O&M, biaya bahan bakar, dan lain-lain.

2.6.2. Konfigurasi HOMER

Saat melakukan simulasi, HOMER menentukan semua konfigurasi sistem yang mungkin, kemudian ditampilkan berurutan menurut net present cost-NPC (atau disebut juga *life coast*). Jika analisa sensitivitas diperlukan, HOMER akan mengulangi proses simulasi untuk setiap variabel sensitivitas yang di terapkan. Error relatif tahun sekitar 3% dan eror relative bulanan sekitar 10%(Sheriff dan Ross 2003).

Dibawah ini merupakan arsitektur HOMER, yang di ambil dari Fung et al. (2002) dengan sedikit modifikasi. Ada tiga bagian utama HOMER, input, simulasi dan output.



Gambar 2.5 Bagian Utama Arsitektur HOMER