

## **BAB 2**

### **TINJAUAN PUSTAKA**

#### **2.1 Tinjauan Pustaka**

Berikut ini adalah contoh penelitian yang pernah dilakukan untuk mendukung penulisan tugas akhir ini, diantaranya sebagai berikut :

Pressa Perdana (2010) yaitu tanaman tebu di Indonesia digunakan sebagai bahan baku pembuatan gula oleh Pabrik Gula. Sisa-sisa penggilingan berupa ampas tebu biasanya kurang dimanfaatkan secara maksimal. Memang pada kebanyakan Pabrik Gula, ampas tebu telah digunakan sebagai bahan bakar pada boiler, namun karena jumlahnya yang banyak dan sifatnya yang meruah sehingga menimbulkan masalah penyimpanan pada pabrik gula serta sifatnya yang mudah terbakar karena di dalamnya terkandung air, gula, serat dan mikroba, maka kelebihan ampas tebu dibakar secara berlebihan (*inefisien*).

Pritzelwitz (Hugot, 1986) tiap kilogram ampas dengan kandungan gula sekitar 2,5% akan memiliki kalor sebesar 1825 kkal. Nilai bakar tersebut akan meningkat dengan menurunnya kadar air dan gula dalam ampas. Dengan penerapan teknologi pengeringan ampas yang memanfaatkan energi panas dari gas buang cerobong ketel, dimana kadar air ampas turun menjadi 40% akan dapat meningkatkan nilai bakar per kg ampas hingga 2305 kkal.

Fathur Rahman Rifai (2015) Jumlah ampas yang tersedia di Pabrik Gula (PG) bergantung pada banyaknya tebu yang digiling dan kadar sabut dari varietas

tebu. Jumlah ampas yang tersedia di pabrik gula bervariasi antara 25–34% dari bobot tebu yang digiling. Jadi, bila jumlah ampas tebu rata-rata 30% dari bobot tebu dan kapasitas giling sebuah PG sebesar 5.000 ton tebu per hari (TCD) maka jumlah ampas yang tersedia sekitar 1.500 t/hari. Pabrik Gula yang pengolahan energinya efisien, potensi surplus ampas bisa mencapai 10% dari bobot tebu atau sekitar 500 ton ampas per hari untuk Pabrik Gula berkapasitas 5.000 TCD.

Nilai kalori ampas tebu dalam bentuk *net calorific value* (NCV) sekitar 7.588 kJ/kg pada kadar air 50%, nilai kalori tersebut lebih rendah daripada nilai kalori kayu sebesar 12.500 kJ/kg pada kadar air 30%. Namun demikian, ampas tebu merupakan sumber energi yang potensial dalam jumlah besar bila pemakaian energi di Pabrik Gula efisien dan bersifat terbarukan.

Dari hasil beberapa jurnal di atas di penelitian ini akan dibahas tentang bagaimana cara pengolahan potensi biomasa limbah tebu sebagai energi alternatif yang ramah terhadap lingkungan

## **2.2 Dasar Teori**

### **2.2.1 Sumber Potensi**

Sumber energi terbarukan diharapkan memiliki peran aktif dalam skenario diversifikasi energi di masa yang akan datang karena sumber energi ini bersifat ramah terhadap lingkungan dan memiliki cadangan yang tidak pernah habis. Sebagai contoh biomassa, yang merupakan bahan yang dapat di temukan di mana

saja dan sumber energi terbarukan lainnya, dapat digunakan sebagai sumber energi alternatif dan ketersediaannya juga sangat memadai. Selain itu, energi ini merupakan sumber energy alternatif yang sangat potensial untuk dikembangkan dan dapat di kombinasikan dengan energi alternatif lainnya. Meskipun demikian, energi ini perlu untuk pengkajian dan pengembangan agar di dapat hasil yang maksimal.

Sumber energi terbarukan memiliki potensi menghasilkan daya listrik untuk masyarakat. Proses pengembangan teknologi untuk memanfaatkan sumber-sumber energi terbarukan dalam skala kecil yang murah dan dapat memenuhi kebutuhan masyarakat masih terus dikembangkan.

### **2.2.2 Biomassa**

#### **2.2.3 Pengertian Biomassa**

Biomassa dalam industri produksi energi, merujuk pada bahan biologis yang hidup atau baru mati yang dapat digunakan sebagai sumber bahan bakar atau untuk produksi industrial. Umumnya biomassa merujuk pada materi tumbuhan yang dipelihara untuk digunakan sebagai biofuel, tapi dapat juga mencakup materi tumbuhan atau hewan yang digunakan untuk produksi serat, bahan kimia, atau panas. Biomassa dapat pula meliputi limbah terbiodegradasi yang dapat dibakar sebagai bahan bakar. Biomassa tidak mencakup materi organik yang telah tertransformasi oleh proses geologis menjadi zat seperti batu bara atau minyak bumi.

Biomassa disini adalah bahan organik yang dihasilkan melalui proses penggilingan tebu, baik berupa produk maupun buangan. Contoh biomassa antara lain adalah tanaman, pepohonan, rumput, ubi, limbah pertanian, limbah hutan, tinja dan kotoran ternak. Selain digunakan untuk tujuan primer serat, bahan pangan, pakan ternak, minyak nabati, bahan bangunan dan sebagainya, biomassa juga digunakan sebagai sumber energi (bahan bakar). Umum yang digunakan sebagai bahan bakar adalah biomassa yang nilai ekonomisnya rendah atau merupakan limbah setelah diambil produk primernya.

Sumber energi biomassa mempunyai beberapa kelebihan antara lain merupakan sumber energi yang dapat diperbaharui (*renewable*) sehingga dapat menyediakan sumber energi secara berkesinambungan (*sustainable*). Di Indonesia, biomassa merupakan sumber daya alam yang sangat penting dengan berbagai produk primer sebagai serat, kayu, minyak, bahan pangan dan lain-lain. Biomassa dapat digunakan untuk sumber energi langsung maupun dapat diolah atau dikonversikan menjadi bahan bakar. Teknologi pemanfaatan energi biomassa yang telah dikembangkan terdiri pembakaran langsung dan konversi biomassa menjadi bahan bakar. Hasil konversi biomassa ini dapat berupa biogas, bioetanol, biodiesel, ataupun arang. Untuk bioetanol dan biodiesel ini dalam jangka panjang diharapkan dapat digunakan sebagai bahan bakar pengganti minyak.

#### **2.2.4 Proses Konversi Biomassa**

Energi biomassa adalah jenis bahan bakar yang dibuat dengan mengkonversi dengan bahan biologis seperti tanaman. Energi biomassa menjadi

penting bila dibandingkan dengan energi terbarukan karena proses konversi menjadi energi listrik memiliki investasi yang lebih murah bila dibandingkan dengan jenis sumber energi terbarukan lainnya. Hal inilah yang menjadi kelebihan biomasa dibandingkan dengan energi lainnya. Penerapannya masih sangat sederhana, biomasa langsung dibakar dan menghasilkan panas. Ketika biomasa dibakar, maka energi akan terlepas. Di zaman modern sekarang ini panas hasil pembakaran akan dikonversi menjadi energi listrik melalui turbin dan generator. Panas hasil pembakaran biomasa akan menghasilkan uap dalam boiler. Uap akan ditransfer ke dalam turbin sehingga akan menghasilkan putaran dan menggerakkan generator. Putaran turbin dikonversi menjadi energi listrik melalui magnet-magnet dalam generator. Pembakaran langsung terhadap biomasa memiliki kelemahan, sehingga pada penerapan saat ini mulai menerapkan beberapa teknologi untuk meningkatkan manfaat biomasa sebagai bahan bakar. Beberapa penerapan teknologi konversi yaitu:

❖ *Densifikasi*

Praktek yang mudah untuk meningkatkan manfaat biomasa adalah membentuk menjadi briket atau pellet. Briket atau pellet akan memudahkan dalam penanganan biomasa. Tujuannya adalah untuk meningkatkan densitas dan memudahkan penyimpanan dan pengangkutan. Secara umum *densifikasi* (pembentukan briket atau pellet) mempunyai beberapa keuntungan yaitu: menaikkan nilai kalor per unit volume, mudah disimpan dan diangkut, mempunyai ukuran dan kualitas yang seragam.

❖ *Karbonisasi*

*Karbonisasi* merupakan suatu proses untuk mengkonversi bahan organik menjadi arang. Pada proses karbonisasi akan melepaskan zat yang mudah terbakar seperti CO, CH<sub>4</sub>, H<sub>2</sub>, formaldehid, metana, formik dan acetyl acid serta zat yang tidak terbakar seperti CO<sub>2</sub>, H<sub>2</sub>O dan tar cair. Gas-gas yang dilepaskan pada proses ini mempunyai nilai kalor yang tinggi dan dapat digunakan untuk memenuhi kebutuhan kalor proses karbonisasi.

❖ *Pirolisis*

Pada proses *pirolisis* atau yang dapat disebut *thermolisis* adalah proses pembakaran tanpa melibatkan oksigen. Produk yang dihasilkan oleh proses ini dipengaruhi oleh banyak faktor seperti temperatur, tekanan, waktu, dan heat losses. Biomassa mulai bereaksi dan membentuk tar dan senyawa gas yang flammable. Komposisi produk yang tersusun merupakan fungsi laju pemanasan selama pirolisis berlangsung. Proses pirolisis juga menghasilkan produk cair yang menguap mengandung tar dan PAH (*polyaromatic hydrocarbon*). Produk biasanya terdiri dari tiga jenis, yaitu gas ringan (H<sub>2</sub>, CO<sub>2</sub>, H<sub>2</sub>O, dan CH<sub>4</sub>), tar dan arang.

❖ *Anaerobic digestion*

Pada proses *anaerobic digestion* yaitu proses dengan melibatkan mikroorganisme tanpa adanya oksigen dalam suatu digester. Proses yang menghasilkan gas berupa metana (CH<sub>4</sub>) dan karbon dioksida (CO<sub>2</sub>) serta beberapa gas lainnya. Proses ini bisa diklarifikasikan menjadi anaerobik

digestion kering dan basah, dengan proses adalah kandungan dalam campuran air.

#### ❖ *Gasifikasi*

Proses konversi biomasa menjadi gas umpan dengan kandungan utama gas H<sub>2</sub> dan CO<sub>2</sub> yang dibutuhkan untuk proses sintesis *Fischer Tropsch* di dalam reaktor gasifikasi. Gasifikasi biomasa merupakan reaksi konversi thermal endotermik yang mengubah bahan bakar padat menjadi gas mudah terbakar. Oksigen, udara, kukus, atau kombinasi dari senyawa-senyawa tersebut dalam jumlah terbatas dapat berperan sebagai agen oksidasi. Produk gas terdiri dari atas karbonmonoksida(CO), karbondioksida (CO<sub>2</sub>), hidrogen (H<sub>2</sub>), metan (CH<sub>4</sub>), sedikit hidrokarbon berantai lebih tinggi (etena, etana), air, nitrogen (apabila menggunakan udara sebagai oksigen), dan berbagai kontaminan seperti partikel arang, debu, tar, hidrokarbon rantai tinggi, alkali, amoniak, asam dan senyawa-senyawa lainnya.

#### ❖ *Bioethanol*

Bioethanol adalah bahan bakar palig dikenal lebih baik dibandingkan biofuel dan merupakan alkohol yang dihasilkan dari jagung, sorgum, kentang, gandum, tebu, bahkan biomasa seperti batang jagung dan limbah sayuran. Bioethanol merupakan salah satu jenis bahan bakar alternatif yang prospektif pada masa depan, contoh nya digunakan sebagai campuran bensin (*gasolin*) yang disebut gashol E-10, artinya dalam setiap

satuan volume bahan bakar yang digunakan premiumnya 90% dan bioethanol 10%. Bahan baku dari sumber nabati yang banyak mengandung selulosa merupakan alternatif yang layak untuk dikembangkan.

#### ❖ Biofuel- Ethanol-Biodiesel

Biofuel merupakan bahan bakar terbarukan yang cukup menjanjikan. Biofuel dapat secara luas didefinisikan sebagai padatan, cairan atau gas bakar yang mengandung atau diturunkan dari biomasa. Biofuel dipandang sebagai bahan bakar alternatif yang penting karena dapat mengurangi emisi gas dan meningkatkan ketahanan energi. Bahan bakar ini biasanya blending dengan bahan bakar fosil seperti gasoline dan minyak diesel. Biodiesel bahan bakar yang dibuat dari minyak dan biji-bijian, lemak atau jelantah dengan proses esterifikasi. Bahan bakar diesel dapat digunakan pada mesin diesel tanpa harus mengubah struktur mesin.

#### ❖ Biogas

Biogas adalah gas yang dihasilkan oleh aktifitas anaerobik atau fermentasi dari bahan-bahan organik yang biodegradable dalam kondisi anaerobik. Kandungan utama dalam biogas adalah metana dan karbon dioksida, sehingga insentif yang kuat untuk menjaga biogas dari memasuki atmosfer. Biogas dapat ditangkap dan digunakan untuk transportasi, memasak dan listrik.



#### ❖ Briket

Briket adalah bahan bakar dari biomasa (arang tempurung, serbuk gergaji, limbah kayu dll) yang berbentuk padatan. Briket biomasa adalah energi alternatif yang ramah lingkungan dengan manfaat menjadipengganti bahan bakar minyak untuk pembakaran dan bisa menjadi pengganti arang aktif atau arang kayu sehingga mengurangi proses pembabatan hutan. Dan briket ini biasanya juga digunakan untuk bahan bakar untuk aroma masakan rumah tangga.

### **2.3 Gasifikasi Biomassa**

Gasifikasi adalah proses yang menggunakan panas untuk merubah biomasa padat atau padatan berkarbon lainnya menjadi gas sintetik, seperti gas alam yang mudah terbakar. Melalui proses gasifikasi, semua bahan organik padat dapat menjadi gas bakar yang bersih dan netral. Gas yang dihasilkan dapat digunakan untuk pembangkit listrik maupun sebagai pemanas. Untuk melangsungkan gasifikasi diperlukan suatu reaktor. Reaktor tersebut tempat berlangsungnya proses gasifikasi dan dikenal dengan nama gasier. Sebagian besar biomasa adalah kayu. Selain itu gasifikasi dapat menggunakan bahan baku dari sampah hasil perkebunan.

Proses gasifikasi sebagai proses pembakaran bertahap. Hal ini dilakukan dengan membakar padatan seperti kayu dan batu bara yang telah dikenal sejak abad lalu. Proses gasifikasi dapat dikatakan sebagai reaksi kimia pada temperatur

tinggi antara biomasa dengan udara. Gasifikasi terdiri dari beberapa tahapan terpisah sebagai berikut:

### 1. Tahap Pengeringan

Kandungan air pada bahan bakar padat diuapkan oleh panas yang diserap dari proses oksidasi. Biomasa mengalami pengeringan pada temperatur 100°C.

### 2. Tahap Pirolisis

Bila temperatur mencapai 250°C, biomasa mengalami proses pirolisis yaitu perpecahan molekul besar menjadi molekul 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.

### 3. Tahap 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<sub>2</sub> dan H<sub>2</sub>O yang secara berurutan direduksi ketika kontak dengan arang yang diproduksi pada pirolisis.

#### 4. Tahap Reduksi

Melibatkan suatu rangkaian reaksi endotermik yang disokong oleh panas yang di produksi dari reaksi pembakaran. Pada temperatur diatas 600oC arang bereaksi dengan uap air dan karbon dioksida. Untuk menghasilkan H<sub>2</sub>, CO, dan CH<sub>4</sub>.

#### **2.4 Potensi Pemanfaatan Biomassa**

Potensi energi tarbarukan yang besar dan belum banyak dimanfaatkan adalah energi dari biomassa. Potensi energi biomassa sebesar 50.000 MW hanya 320 MW yang sudah dimanfaatkan atau hanya 0,64% dari seluruh potensi yang ada. Potensi biomassa di Indonesia bersumber dari produk limbah kelapa sawit, jambu mete, penggilingan padi, kayu, pabrik gula, kakao, dan limbah industri pertanian lainnya (<http://www.ipard.com>). Berdasarkan penelitian terdahulu telah banyak dilakukan untuk mempelajari potensi energi dalam bentuk padat dari berbagai limbah pertanian seperti: ampas tebu, sekam padi, serta sampah pertanian jagung.

Potensi biomassa di Indonesia yang bisa digunakan sebagai sumber energi jumlahnya sangat melimpah. Limbah yang berasal dari hewan maupun tumbuhan semuanya potensial untuk dikembangkan. Tanaman pangan dan perkebunan menghasilkan limbah yang cukup besar, yang dapat dipergunakan untuk keperluan lain seperti bahan bakar nabati. Pemanfaatan limbah sebagai bahan bakar nabati memberi tiga keuntungan langsung. Pertama, peningkatan efisiensi

energi secara keseluruhan karena kandungan energi yang terdapat pada limbah cukup besar dan akan terbuang percuma jika tidak dimanfaatkan. Kedua, penghematan biaya, karena seringkali membuang limbah bisa lebih mahal dari pada memanfaatkannya. Ketiga, mengurangi keperluan akan tempat penimbunan sampah karena penyediaan tempat penimbunan akan menjadi lebih sulit dan mahal, khususnya di daerah perkotaan.

Tabel 2.1 Potensi energi terbarukan.

Energi	Potensi	Kapasitas Terpasang (MW)
Hidro	75,67 GW	4.200
Panas Bumi	27 GW	807
Mini/Mikro hidro	712 MW	206
Biomassa	49,81 GW	302,4
Energi matahari	4,8 kWh/m <sup>2</sup> /Hari	6
Angin	3-6 m/sekon	0,6

(Sumber: DGEEU, 2004)

Selain pemanfaatan limbah, biomassa sebagai produk utama untuk sumber energi juga akhir-akhir ini dikembangkan secara pesat. Kelapa sawit, jarak, kedelai merupakan beberapa jenis tanaman yang produk utamanya sebagai bahan baku pembuatan biodiesel. Sedangkan ubi kayu, jagung, sorghum, sago merupakan tanaman-tanaman yang produknya sering ditujukan sebagai bahan pembuatan bioethanol.

## **2.5 Potensi Pemanfaatan Limbah Tebu**

Kebutuhan energi tersebut sebenarnya tidak lain adalah energi yang dibutuhkan untuk menghasilkan dan mendistribusikan secara merata sarana-sarana pemenuhan kebutuhan pokok manusia. Berbagai macam bentuk energi telah digunakan manusia seperti batu bara, minyak bumi, dan gas alam yang merupakan bahan bakar yang tidak terbarui. Selain itu, sumber daya lainnya seperti kayu bakar saat ini masih digunakan, namun penggunaan kayu bakar tersebut mempunyai jumlah yang terbatas dengan semakin berkurangnya hutan sebagai sumber kayu. Dengan meningkatnya jumlah penduduk, terutama yang tinggal di perdesaan, kebutuhan energi rumah tangga masih menjadi persoalan yang harus dicarikan jalan keluarnya. Permasalahan kebutuhan energi perdesaan dapat diatasi dengan menggunakan sumber energi alternatif yang ramah lingkungan, murah, dan mudah diperoleh dari lingkungan sekitar dan bersifat dapat diperbaharui. Salah satu energi ramah lingkungan adalah gas bio yang dihasilkan dari proses fermentasi bahan-bahan organik akibat aktivitas bakteri anaerob pada lingkungan tanpa oksigen bebas. Energi gas bio didominasi gas metan (60% - 70%), karbondioksida (40% - 30%) dan beberapa gas lain dalam jumlah lebih kecil.

Penelitian baru telah menyebutkan bahwa ampas tebu bisa digunakan sebagai pengganti listrik. Melihat luasnya perkebunan tebu di Indonesia yang diperkirakan akan terus bertambah seiring dengan swasembada gula nasional, pemanfaatan limbah ampas tebu ini tentu akan menjadi potensi baru guna pengembangan energi di tanah air.

Potensi ampas tebu di Indonesia cukup besar. Hal ini dikaitkan dengan peningkatan produksi tebu. Pada 1999 tercatat mencapai 2.270.623 ton sehingga ampas tebu yang dihasilkan berkisar antara 340.593 ton sampai 711.614 ton. Kecenderungan masyarakat selama ini yang menjadikan ampas tebu hanya sebagai pakan ternak, ternyata di balik limbah ampas tebu dapat disulap menjadi bahan baru dengan nilai ekonomis yang lebih tinggi. Salah satunya bahan organik dalam pembuatan sumber listrik alternatif. Ampas tebu kering mengandung hemiselulosa dan selulosa ampas tebu dengan kemurnian tinggi masing-masing sebanyak 24,64; 54,4; dan 45,60%.

Pusat Penelitian Perkebunan Gula Indonesia (P3GI) juga menyatakan bahwa ampas tebu yang dihasilkan dalam suatu pabrik adalah sebanyak 30 persen dari berat tebu giling dengan kadar air sekitar 50 persen. Berdasarkan bahan kering, ampas tebu terdiri dari unsur C (karbon) 47%, H (hidrogen) 6,5 %. O (oksigen) 44 % dan abu 2,5 %. Menurut rumus Pritzewitz (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. Sehingga dengan demikian potensi limbah tebu/ ampas tebu sangat bagus untuk dikembangkan di Indonesia karena dapat menghasilkan energi listrik yang cukup besar dengan menggunakan alat MFC. Yaitu suatu alat yang menggunakan bakteri dalam menghasilkan tenaga listrik dari senyawa organik maupun non organik.

## **2.6 Proses Penggilingan Tebu**

### **2.6.1 Proses Penimbangan Tebu**

Proses awal di PG Madukismo dimulai dari penerimaan bahan baku yang biasanya diangkut menggunakan truk dan dipindahkan ke lori. Tebu yang masuk harus memiliki SPA (Surat Perintah Angkut), nama pemilik kebun dari tebu yang diangkut, nomor SPA, asal kebun, berat bruto, nama sinder, dan luas kebun. Tebu yang digunakan dalam pembuatan gula di PG Madukismo berasal dari Pasuruan, Solo, dan Yogyakarta.

Tebu yang masuk menggunakan truk akan melewati jembatan timbangan di pintu masuk untuk menghitung berat tebu bersama truk. Pada saat menimbang diperhatikan kepekaan, ketepatan, posisi ketepatan jarum, dan kesamaan pencatatan angka agar tidak terjadi kesalahan pada saat perhitungan berat tebu. Tebu yang masuk menggunakan truk, selanjutnya akan dipindahkan ke lori menggunakan *Hoist crane*. *Hoist crane* merupakan suatu alat yang dapat digerakkan melingkar 360°. Truk yang telah kosong akan keluar dari stasiun ini dan akan ditimbang kembali berat kosongnya pada jembatan penimbangan di pintu keluar.

### **2.6.2 Proses Penggilingan Tebu**

Penggilingan tebu bertujuan untuk memisahkan nira dari serabut atau ampas pada batang tebu dan menekan kehilangan gula dalam ampas sekecil mungkin. Proses pemerasan tebu dilakukan menggunakan rangkaian gilingan. Kriteria tebu yang baik PG Madukismo adalah manis, bersih, dan segar.

Penggilingan tebu di PG Madukismo dilakukan dengan 5 tahap proses penggilingan yaitu:

1. Tahap Pertama ( Gilingan I )

Pada gilingan yang pertama, tebu yang telah dicacah diperah sampai keluar niranya. Nira hasil gilingan pertama disebut sebagai Nira Perahan Pertama (NPP). NPP kemudian ditampung pada bak penampungan nira mentah, sedangkan ampas yang dihasilkan diperah kembali pada penggilingan II.

2. Tahap Kedua ( Gilingan II )

Pada tahap penggilingan kedua, ampas dari proses penggilingan pertama digiling kembali. Hasil perahan pada gilingan kedua disebut sebagai Nira Perahan Lanjutan (NPL). Nira hasil perahan giilingan II ini dicampur dengan NPP dan dinamakan nira mentah. Pada proses penggilingan kedua ini diberikan nira imbibisi hasil gilingan III.

3. Tahap Ketiga ( Gilingan III )

Pada gilingan III dilakukan pemerahan ampas dari gilingan kedua. Pada gilingan III ditambahkan dengan nira imbibisi hasil perahan gilingan IV. Nira yang didapatkan dari gilingan ketiga ini kemudian disaring dengan saringan goyang (*screen*) yang terbuat dari tembaga. Ampas gilingan III diperah lagi pada gilingan IV.



#### 4. Tahap Keempat ( Gilingan IV )

Gilingan IV menggunakan ampas dari gilingan ketiga yang kemudian diperah kembali. Pada penggilingan keempat ditambahkan nira imbibisi. Nira imbibisi yang ditambahkan pada proses ini merupakan nira hasil perahan gilingan V. Selain ditambahkan nira imbibisi, pada proses ini juga ditambahkan air imbibisi.

#### 5. Tahap Kelima ( Gilingan V )

Gilingan V menggunakan ampas dari gilingan keempat. Pada saat proses pemerahan ditambahkan air imbibisi. Air imbibisi yang ditambahkan pada gilingan IV dan V memiliki suhu sebesar 60-70°C sebanyak 20-30 % dari jumlah tebu yang digiling. Air imbibisi ini berasal dari air jatuhan kondensat.

### **2.6.3 Proses Pemurnian**

Produksi gula mulai dari proses penggilingan sampai proses penyelesaian harus benar-benar baik, terutama pada proses pemurnian nira di stasiun pemurnian. Hal ini disebabkan nira yang keluar dari stasiun gilingan masih mengandung kotoran. Oleh karena itu, nira harus dimurnikan dengan tujuan untuk menghilangkan kotoran yang terkandung dalam nira (Fahmie, 2002).

Penghilangan kotoran dilakukan dengan pengaturan kondisi proses sebaik mungkin, sehingga jumlah sukrosa maupun monosakarida yang rusak berkurang. Nira mentah yang berasal dari stasiun penggilingan terdiri dari berbagai macam komponen. Komponen nira mentah antara lain air, gula (sukrosa), monosakarida

(gula reduksi), asam organik dan protein, bahan lilin, bahan organik, dan tanah dan pasir. Tujuan dari pemurnian nira adalah untuk menghilangkan kandungan bukan gula sebanyak mungkin, dengan kerusakan gula dan gula reduksi sekecil-kecilnya.

#### **2.6.4 Proses Evaporasi**

Hasil dari proses pemurnian adalah nira encer. Langkah selanjutnya dalam proses pengolahan gula adalah proses penguapan. Penguapan dilakukan dalam bejana evaporator. Tujuan dari penguapan nira encer ini adalah untuk menaikkan konsentrasi dari nira mendekati konsentrasi jenuhnya (Risvan, 2008). Evaporasi dalam industri makanan dapat digunakan dengan mengkonsentratkan makanan agar menjadi lebih kental. Biasanya dilakukan dengan menghilangkan kadar airnya (Potter, 1995).

Penguapan adalah proses yang digunakan untuk mengurangi kadar air yang ada pada nira dengan menggunakan panas, karena nira dari proses pemurnian merupakan nira yang masih encer dan masih banyak mengandung air. Tujuan dari penguapan ini adalah untuk meningkatkan kandungan padatan dari produk pangan, memberikan kenyamanan bagi konsumen dan pabrik, serta mengubah flavor dan warna dari suatu produk pangan (Fellows, 1990).

### 2.6.5 Proses Kristalisasi

Proses kristalisasi merupakan salah satu proses yang penting dalam pembuatan gula di PG Madukismo. Proses kristalisasi merupakan suatu tahap proses penguapan lebih lanjut yang digunakan untuk pemasakan gula. Penguapan lebih lanjut ini dilakukan untuk mengkristalkan nira hasil penguapan menjadi lebih kental. Kehilangan gula dalam proses ini dapat meminimalkan waktu proses, sehingga dengan demikian biayanya pun dapat diminimalkan.

Proses pembentukan kristal gula pada dasarnya adalah untuk penghilangan air dari larutan sukrosa, sehingga larutan menjadi jenuh dan akhirnya mengkristal. Apabila kristal yang terdapat pada nira kental yang satu dengan yang lain saling tarik – menarik, maka kristal sukrosa yang terdapat di bagian dalam akan mengalami kesetimbangan antara molekul sukrosa yang larut dan yang mengkristal. Keadaan ini yang dinamakan dengan keadaan lewat jenuh.

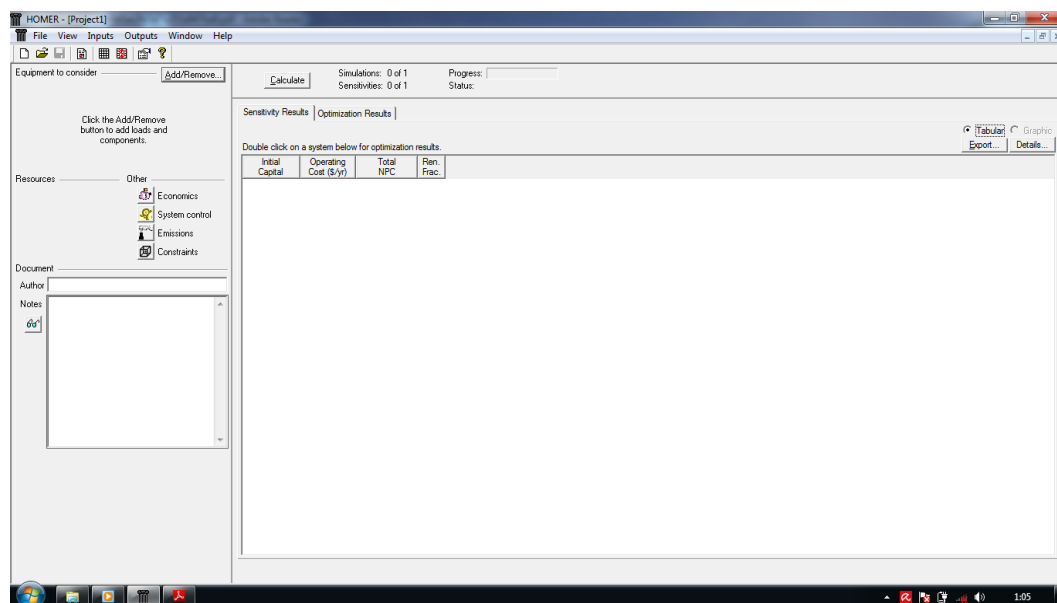
## 2.6 Software HOMER

HOMER adalah singkatan dari the hybrid optimisation model *for electric renewables*, merupakan perangkat lunak yang digunakan untuk membantu pemodelan dari sebuah sistem tenaga listrik dengan menggunakan berbagai pilihan sumber daya terbarukan dan salah satu tool populer untuk desain sistem PLH ( Pembangkit Listrik Hybrid ) menggunakan energi terbarukan. HOMER mensimulasikan dan mengoptimalkan sistem pembangkit listrik baik *stand-alone* maupun *grid connected* yang dapat terdiri dari kombinasi turbin angin,

*photovoltaic*, mikrohidro, biomassa, generator (diesel/bensin), *microturbine*, *fuel-cell*, baterai, dan penyimpanan hidrogen, melayani beban listrik maupun termal. Dengan HOMER, dapat diperoleh spesifikasi paling optimal dari sumber-sumber energi yang mungkin diterapkan.

## 2.7 Tutorial Software HOMER

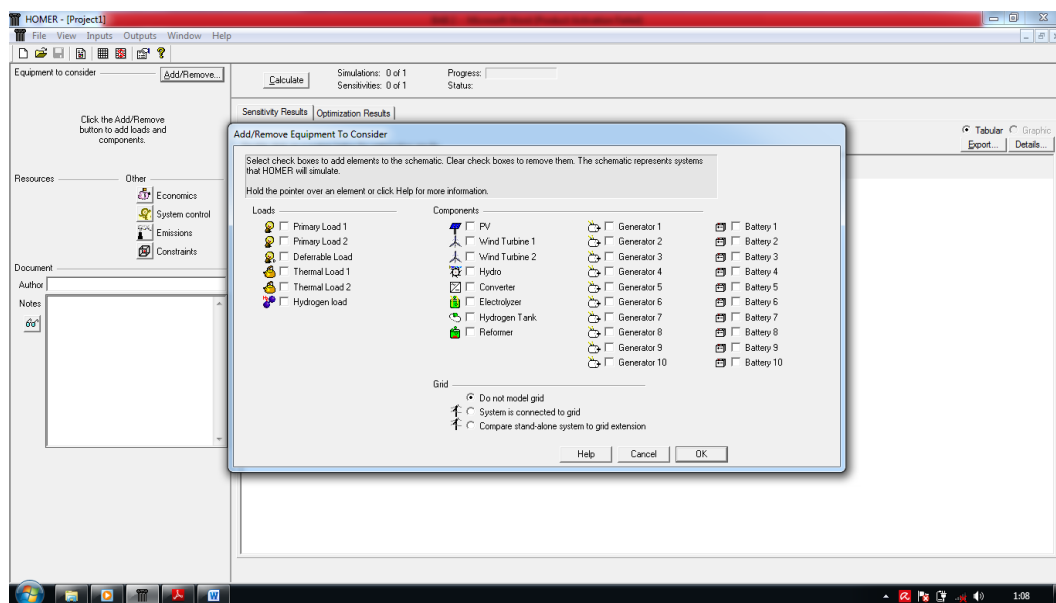
Tampilan perangkat lunak HOMER bisa dilihat di Gambar 2.1 dibawah ini. Perancang dapat menyusun sistem pembangkit dari berbagai jenis sumber daya, baik sumber daya konvensional maupun yang terbarukan. Proses simulasi pada HOMER dilakukan untuk mengetahui karakteristik atau performansi dari suatu sistem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



Gambar 2.1 Tampilan utama HOMER

Setelah kita membuka program Homer, maka yang harus kita lakukan adalah memberikan atau menambahkan masukkan device pada system hybrid

yang akan kita buat. Disini, yang harus kita masukkan adalah jenis beban yang akan ditopang dari system kita. Homer memberikan pilihan berbagai jenis beban sesuai dengan kebutuhan pengguna. Begitu juga pada pilihan komponen yang akan kita buat. Komponen pembangkit energy yang disediakan HOMER yaitu : PV, Wind Turbine, Hydro, Converter, Electrolyzer, Hydrogen Tank, Reformer, generator, dan system battery. Disini juga ada pilihan untuk menyalurkan pembangkit dengan grid PLN atau tidak.



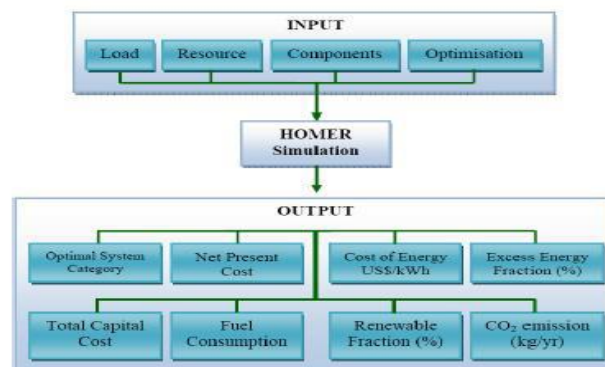
Gambar 2.2 Pemilihan tipe beban dan komponen pembangkit

Setelah menentukan tipe beban dan komponen pembangkit, maka hal yang selanjutnya dilakukan adalah memasukkan data beban tiap jamnya. Disini ada pilihan beban yang kita buat, tipe DC dan AC. Selanjutnya simulasi dari variasi

beban tiap waktunya dapat kita simulasikan dengan memasukkan presentase pada random variability.

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

## 2.8 Konfigurasi HOMER



Gambar 2.3 Bagian utama arsitektur HOMER

Saat melakukan simulasi, HOMER menentukan semua konfigurasi sistem yang mungkin, kemudian ditampilkan berurutan menurut *net presents costs* - NPC (atau disebut juga *life cycle costs*). Jika analisa sensitivitas diperlukan, HOMER akan mengulangi proses simulasi untuk setiap variabel sensitivitas yang ditetapkan. (Sheriff dan Ross 2003).