

Analisa Kelayakan Pembangkit Listrik Tenaga Biomassa Sawit (PLTBS) PT. Perkebunan Nusantara I Aceh

Nazaruddin¹, Alkindi² and Asmadi Surdia³

¹Jurusan Teknik Mesin, Fakultas Teknik, Universitas Samudra, Meurandeh-Langsa, Aceh

²PT. Perkebunan Nusantara I, Pabrik Kelapa Sawit, Cot Girek, Aceh Utara

³Jurusan Teknik Sipil, Fakultas Teknik, Universitas Samudra, Meurandeh-Langsa, Aceh

INFORMASI ARTIKEL

Riwayat Artikel:

Dikirim 10 Mei 2014

Direvisi dari 20 Mei 2014

Diterima 30 Mei 2014

Kata Kunci:

Biomassa,

Sawit,

Tandan Kosong,

Efisiensi,

Boiler

ABSTRAK

Salah satu potensi EBT biomassa adalah Limbah padat di Pabrik Kelapa Sawit (PKS) yang terdiri dari tandan kosong (empty fruit bunch/EFB atau TKS), cangkang (shell) dan serabut (fibre). Pemanfaatan limbah padat, cangkang dan serabut sebagai bahan bakar sudah dilakukan pada ketel uap (boiler) di PKS untuk menghasilkan uap air/steam untuk kebutuhan proses pabrik, dan membangkitkan listrik untuk kebutuhan pabrik maupun perumahan pegawai di sekitar PKS. PT. Perkebunan Nusantara I yang mengelola PKS Tanjung Seumantoh dan PKS Pulo Tiga, dengan kapasitas pengolahan 317.731 Ton TBS/tahun. Dari pengolahan tersebut menghasilkan produk samping berupa biomassa sawit, yaitu; serat 15%, cangkang 7%, dan tandan kosong sawit (TKS) 23%, total biomassa yang sekitar 93.730,59 Ton/tahun. pada penelitian ini akan dikembangkan satu pemodelan untuk mensimulasi pemanfaatan sumber EBT biomassa PT. PN I Aceh untuk pembangkit energi listrik dengan skenario penggunaan boiler yang telah tersedia, atau dengan pengadaan boiler baru. Dari hasil simulasi, menggunakan boiler Atmospheric Fluidized Bed Boiler (AFBB) kadar air 30% daya maksimum yang dibangkitkan 12,406 MW dan efisiensi maksimum 79.82 %. Efisiensi total boiler Stoker Fired Boiler diperoleh sebesar 77.09 %, Boiler yang sesuai untuk pemanfaatan biomassa sawit pada PLTBS pada PT. Perkebunan Nusantara I adalah boiler Atmospheric Fluidized Bed Boiler (AFBB).

© 2014 Jurnal Ilmiah JURUTERA. Di kelola oleh Fakultas Teknik. Hak Cipta Dilindungi.

1. PENDAHULUAN

Pada tahun 2006-2010 penjualan tenaga listrik PLN di Sumatera tumbuh jauh lebih tinggi dari wilayah Jawa-Bali, yaitu rata-rata 9,59% per tahun. Pertumbuhan ini tidak seimbang dengan penambahan kapasitas pembangkit yang hanya tumbuh rata-rata 5,2% per tahun, sehingga di banyak daerah terjadi krisis daya yang kronis hingga tahun 2010 [1]. Kondisi kekurangan pasokan penyediaan tenaga listrik pada dasarnya disebabkan olehh keterlambatan penyelesaian proyek pembangkit tenaga listrik, baik proyek PLN maupun proyek yang dibangun oleh swasta. [1]

Sejalan dengan kebijakan pemerintah untuk memanfaatkan energi baru dan terbarukan (EBT) sebagaimana dimaksud dalam Peraturan Presiden No. 5 tahun 2006 mengenai Kebijakan Energi Nasional, PLN merencanakan pengembangan panas bumi yang sangat besar, pembangkit tenaga air skala besar, menengah dan kecil serta EBT tersebar berupa PLTS (tenaga surya), PLTB (tenaga angin), biomassa, biofuel dan gasifikasi batubara (energi baru). Hal ini didorong oleh semangat PLN untuk memberikan kesempatan kepada masyarakat terpencil untuk memperoleh akses ke tenaga listrik lebih cepat. Bentuk energi baru dan terbarukan (EBT) selain panas bumi dan tenaga air tersedia di Indonesia adalah biomassa, energi matahari dan energi kelautan.

Tabel 1. Data Jumlah Tandan Buah Segar Olah PKS Tj. Seumantoh & Pulo Tiga

Bulan	PKS Seumantoh (Ton)	Tj. Pulo Tiga (Ton)	PKS Pulo Tiga (Ton)	Total (Ton TBS)
Januari	9,058	7,572		16,630
Februari	8,439	8,568		17,007
Maret	12,886	11,149		24,035
April	14,195	11,148		25,343
Mei	16,897	11,469		28,366
Juni	17,440	13,850		31,290
Juli	19,689	15,434		35,123
Agustus	16,926	13,772		30,698
September	16,336	11,672		28,008
Oktober	18,393	13,252		31,645
November	15,547	9,283		24,830
Desember	15,163	9,592		24,755
Total	180,970	136,761		317,731

Salah satu potensi EBT biomasa adalah Limbah padat di Pabrik Kelapa Sawit (PKS) yang terdiri dari tandan kosong (*empty fruit bunch/EFB* atau TKS), cangkang (*shell*) dan serabut (*fibre*). Pemanfaatan limbah padat, cangkang dan serabut sebagai bahan bakar sudah dilakukan pada ketel uap (*boiler*) di PKS untuk menghasilkan uap air/*steam* untuk kebutuhan proses pabrik, dan membangkitkan listrik untuk kebutuhan pabrik maupun perumahan pegawai di sekitar PKS.

PT. Perkebunan Nusantara I yang mengelola PKS Tanjung Seumantoh dan PKS Pulo Tiga, dengan kapasitas pengolahan 317.731 Ton TBS/tahun. Dari pengolahan tersebut menghasilkan produk samping berupa biomassa sawit, yaitu; serat 15%, cangkang 7%, dan tandan kosong sawit (TKS) 23%, total biomassa yang sekitar 93.730,59 Ton/tahun, yang diperkirakan mampu menghasilkan 6 MW energi listrik.

Sejalan dengan kebijakan pemerintah mengenai kemandirian energi dan upaya optimalisasi pemanfaatan produk samping pengolahan kelapa sawit, maka PT. Perkebunan Nusantara (PTPN) I berupaya untuk membangun suatu Pembangkit Listrik Tenaga Uap berbahan bakar biomasa sawit yang diperkirakan dapat mengurangi defisit energi listrik sekitar 4 % dari total

kebutuhan yang diperlukan oleh Provinsi Aceh dan Sumut sekitar 150 MW.

Pada saat ini, PT. Perkebunan Nusantara I, memiliki 3 unit pembangkit listrik tenaga uap berbahan bakar biomassa dengan kapasitas pembangkit 1 MW. Hal ini tentu akan memberikan peluang keuntungan dalam pembangunan PLTBS baru. Akan tetapi disisi lain, boiler dari pembangkit tersebut telah berumur 10 tahun, dengan efisiensi operasi dibawah efisiensi yang direncanakan.

Berdasarkan uraian diatas, pada penelitian ini akan dikembangkan satu pemodelan untuk mensimulasi pemanfaatan sumber EBT biomassa PT. PN I Aceh untuk pembangkit energi listrik dengan skenario penggunaan boiler yang telah tersedia, atau dengan pengadaan boiler baru.

2. POTENSI ENERGI BIOMASSA

Biomassa sangat beragam jenisnya yang pada dasarnya merupakan hasil produksi dari makhluk hidup. Jumlah produksi biomassa sangat melimpah di dunia. Namun, pemanfaatan energi yang berasal dari biomassa masih belum optimal.

Biomassa dapat berasal dari tanaman perkebunan atau pertanian, hutan, peternakan atau bahkan sampah, siklus terbentuknya biomassa menjadikan sumber energi ini ramah lingkungan karena biomassa berasal dari bahan organik non fosil yang hasil pembakarannya tidak menimbulkan CO₂ yang berbahaya bagi lingkungan. Karbon ini disebut karbon netral (*carbon neutral*) karena karbon dioksida yang dilepaskan saat pembakaran biomassa diserap kembali oleh tumbuhan, karena itu pengembangan energi dari biomassa tidak akan berdampak buruk bagi atmosfir.

Biomassa (bahan organik) dapat digunakan untuk menyediakan panas, membuat bahan bakar, dan membangkitkan listrik. Ini disebut bioenergi. Kayu sebagai sumber terbesar dari bioenergi telah digunakan untuk menyediakan panas selama ribuan tahun. Tetapi masih banyak tipe lain dari biomassa, seperti tanaman, sisa-sisa pertanian atau kehutanan, dan komponen organik dari sampah kota dan industri, yang sekarang dapat digunakan sebagai sumber energi. Yang termasuk sumberdaya biomassa adalah semua bahan organik yang pada dasarnya dapat diperbaharui termasuk tanaman dan pohon khusus untuk energi tersebut, tanaman pangan, sampah dan sisa tanaman pertanian, sisa dan sampah kehutanan, tanaman

air, kotoran hewan, sampah perkotaan, dan material sampah lain.[3].

Bahan bakar biomassa terbentuk dari zat-zat organik yang disusun oleh tumbuhan melalui proses fotosintesis (dengan bantuan energi matahari). Biasanya bahan bakar jenis ini diklasifikasikan ke dalam bahan bakar padat yang memiliki unsur kimia antara lain: zat arang atau karbon (C), hidrogen (H), zat asam atau oksigen (O), zat lemas atau nitrogen (N), belerang (S), abu (A) dan air (M), yang semuanya itu terikat dalam satu persenyawaan kimia. Biomassa dapat digunakan sebagai bahan bakar alternatif pengganti bahan bakar fosil. Keunggulan bahan bakar biomassa dibanding bahan bakar lainnya adalah ramah lingkungan dan mempunyai sifat terbarukan (renewable).

Biomassa, biasanya mengandung dua komponen utama, yaitu; komponen yang dapat terbakar (combustible) dan komponen yang tak dapat dibakar (uncombustible). Komponen dasar yang tak dapat terbakar adalah air (water) dan abu (ash). Sedangkan bahan yang dapat dibakar adalah gas dan karbon (charcoal). Perbedaan utama antara bahan bakar biomassa dengan batu bara adalah kandungan *volatile matter* yang tinggi dan kandungan abu yang rendah pada bahan bakar biomassa. Kandungan air pada bahan bakar biomassa bervariasi antara 10 – 70%. Ketersediaan bahan bakar biomassa paling banyak dihasilkan dari limbah hasil pengolahan pertanian atau perkebunan.

Tabel 1, menunjukkan jumlah tandan buah segar (TBS) yang diolah oleh PKS Tanjung Seumantoh dan PKS Pulo Tiga pada tahun 2009. Jumlah TBS yang dapat diolah oleh PKS Tanjung Seumantoh adalah sebesar 180.970 ton TBS. Sedangkan Jumlah TBS yang diolah PKS Pulo Tiga adalah sebesar 136.761 ton TBS. Total TBS olah pada kedua PKS tersebut diperkirakan dapat menghasilkan biomassa untuk memasok kebutuhan bahan bakar Pembangkit Listrik Tenaga Biomassa Sawit (PLTBS) sebesar 317.731 Ton TBS/tahun.

Pengolahan TBS menjadi CPO akan menghasilkan produk samping berupa biomassa sawit, yaitu; serat 15%, cangkang 7%, dan tandan kosong sawit (TKS) 23%, sehingga total biomassa yang dihasilkan sekitar 141.390,21 ton (Tabel 2). TKS dan cangkang memiliki potensi besar untuk dikembangkan sebagai bahan bakar alternatif pembangkit energi listrik. Hal ini mengingat bahwa, selain memiliki nilai bakar yang relatif tinggi pemanfaatannya pun masih belum optimal.

Tabel 2. Data Potensi Biomassa sawit dari PKS Tj. Seumantoh & Pulo Tiga Tahun 2009

TBS Olah Ton	Serat (Ton) 15%	TKS (Ton) 23%	Cangkang (Ton) 7%	Total (Ton)
16,629.62	2,494.44	3,824.81	1,080.93	7,400.18
17,007.41	2,551.11	3,911.70	1,105.48	7,568.30
24,035.00	3,605.25	5,528.05	1,562.28	10,695.58
25,343.18	3,801.48	5,828.93	1,647.31	11,277.72
28,366.06	4,254.91	6,524.19	1,843.79	12,622.90
31,289.88	4,693.48	7,196.67	2,033.84	13,924.00
35,122.57	5,268.39	8,078.19	2,282.97	15,629.54
30,698.26	4,604.74	7,060.60	1,995.39	13,660.73
28,008.44	4,201.27	6,441.94	1,820.55	12,463.76
31,645.42	4,746.81	7,278.45	2,056.95	14,082.21
24,830.24	3,724.54	5,710.96	1,613.97	11,049.46
24,754.74	3,713.21	5,693.59	1,609.06	11,015.86
317,730.8				141,390.2
2	47,659.62	73,078.09	20,652.50	1

Sementara itu, serat sawit sampai saat ini masih tetap digunakan sebagai bahan bakar utama boiler untuk mendukung proses produksi minyak sawit. Dengan mempertimbangkan pemakaian serat sebagai bahan bakar di PKS, maka jenis biomassa yang dapat dimanfaatkan untuk mendukung pembangunan proyek PLTBS Tanjung Seumantoh adalah TKS dan cangkang. Secara spesifik potensi pemanfaatan kedua biomassa tersebut sebagai pemasok energi di PLTBS Tanjung Seumantoh disajikan pada Tabel 3.

Tabel 3. Data Potensi Bahan Bakar Biomassa Sawit untuk PLTBS Tanjung Seumantoh

Jenis Biomassa Sawit	PKS Tj. Seumantoh	PKS Pulo Tiga	Total (Ton/Tahun)
TBS Olah	180,970	136,761	317,731
TKS	41,623.06	31,455.03	73,078.09
Cangkang	11,763.04	8,889.47	20,652.50

Berdasarkan jumlah TBS yang diolah pada masing-masing PKS, maka potensi biomassa yang dihasilkan oleh PKS Tanjung Seumantoh sekitar 53.386,10 ton dan PKS Pulo Tiga sekitar 40.344,50 ton. Dengan demikian total produksi kedua biomassa sawit sekitar 93.730,59 Ton/tahun.

2.1. Proses Pembakaran

Teknologi proses penyalaan bahan bakar biomassa sawit sebagaimana bahan bakar padat lainnya membutuhkan teknologi proses penyalaan yang relatif rumit. Proses pembakaran pada bahan bakar padat berlangsung dalam tiga tahap, yaitu;

1. Proses pengeringan (drying)
2. Proses pirolisis (pyrolysis), dan
3. Proses pembakaran karbon (combustion)

Ketika biomasa dipanasi, kandungan air dalam bahan bakar mulai menguap dari permukaan bahan bakar. Pada kondisi itu ada dua hal yang terjadi; (i) proses gasifikasi pada permukaan bahan bakar, dan (ii) proses pirolisis yang merupakan proses pemanasan pada bahan bakar tanpa memasukkan oksigen. Hal itu tentunya akan meningkatkan proses penguapan air lebih lanjut dari bagian dalam bahan bakar biomasa, karena adanya kenaikan temperatur dari bagian sisi dalam biomasa.

Kandungan air yang dilepaskan dari bahan bakar biomasa tersebut kemudian mengalir keluar bersama dengan gas buang melalui sebuah cerobong. Gas *volatile* yang dihasilkan dari proses gasifikasi dan pirolisis tersebut kemudian dioksidasi dengan oksigen pada bagian atas bahan bakar dan akan melepaskan sejumlah panas sekitar 800-1026 °C. Proses pembakaran tersebut terjadi secara sinambung mengikuti ketiga reaksi di atas. Proses pirolisis kemudian dilanjutkan ke proses oksidasi karbon dengan oksigen yang disertai nyala api hingga hanya abu yang tersisa.

Nilai kalor bakar dari bahan bakar biomassa sawit dapat diketahui berdasarkan komposisi bahan bakar dari proses analisis ultimasi, melalui persamaan Dulong, berikut;

$$HHV = 33.950C + 144.200 \left[H_2 - \frac{O_2}{8} \right] + 9400S \quad (1)$$

Dimana;

- HHV : Nilai pembakaran tinggi (kJ/kg)
- C : Kandungan karbon (C) (wt%)
- H₂ : Kandungan hidrogen (H) (wt%)
- S : Kandungan sulfur (S) (wt%)
- O₂ : Kandungan oksigen (O) (wt%)

Sedangkan untuk menentukan nilai pembakaran rendah dapat dicari menggunakan persamaan berikut;

$$LHV = HHV - 2400 (M + 9H_2) \quad (2)$$

Dimana;

- LHV : Nilai pembakaran rendah (kJ/kg)
- M : Kandungan air (wt%)
- H₂ : Kandungan hidrogen (wt%)

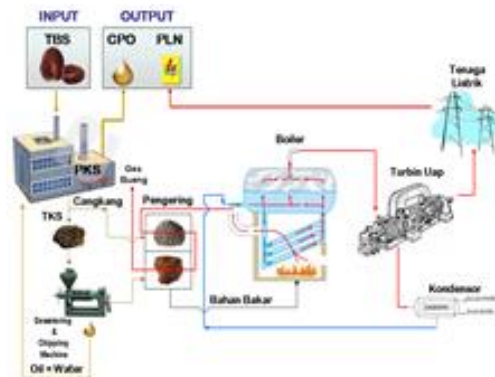
Dengan mempertimbangkan konversi energi kimia yang terkandung di dalam bahan bakar biomassa sawit (cangkang dan TKS) ke energi thermal (kalor) berupa uap panas, maka kebutuhan massa bahan bakar aktual yang diperlukan untuk PLTBS Tanjung Seumantoh dapat dicari dari persamaan berikut;

$$G = \frac{B(h_2 - h_1)}{\eta \times LHV} \quad (3)$$

Dimana;

- G : jumlah aliran massa bahan bakar (kg/jam)
- B : produksi uap (kg/jam)
- h₁ : entalpi air kJ/kg
- h₂ : entalpi uap air masuk turbin kJ/kg
- η : efisiensi boiler (%)

Gambar 1, memperlihatkan sebuah konsep teknologi terpadu PKS-PLTBS, dimana proses pengolahan tandan buah segar (TBS) akan menghasilkan dua keluaran yaitu, minyak sawit mentah [*crude palm oil*, (CPO)] dan tenaga listrik. Secara sederhana kegiatan proses produksi diawali dari unit pengolahan kelapa sawit di Pabrik Kelapa Sawit (PKS) Tanjung Seumantoh. Selain menghasilkan minyak sawit, PKS juga menghasilkan produk samping berupa TKS dan cangkang. Kedua biomassa sawit tersebut kemudian dikonversi menjadi energi listrik melalui beberapa tahapan proses. Sebelum dioksidasi diruang pembakaran boiler, TKS dan cangkang dikeringkan terlebih dahulu melalui alat penukar kalor hingga kadar airnya sekitar 10%.



Gambar 1. Konsep Teknologi PKS-PLTBS

3. METODOLOGI PENELITIAN

Penelitian ini dilaksanakan di PTPN I Tanjung Seumantoh yang terletak di Desa Tanjung Seumantoh Kabupaten Aceh Tamiang, Provinsi Aceh dengan posisi koordinat pada 04° 17' 50,4" Lintang Utara dan 098° 04' 29,0" Bujur Timur. PTPN I Tanjung Seumantoh berada sekitar 15 km dari arah kota Langsa dan sekitar 180 km dari arah kota Medan. Sedangkan jarak dari Tanjung Seumantoh ke PKS Pulo Tiga sekitar 25 km.

Pelaksanaan penelitian ini dimulai dengan pengambilan sampel biomassa. Sampel akan diambil secara acak pada dua PKS masing-masing 5 sampel. Sampel tersebut digunakan untuk pengujian proksimat dan ultimat. Pengujian tersebut dilakukan pada laboratorium PT. PN Pusat. Dari hasil pengujian akan diperoleh informasi sifat fisik dan kimia dari biomassa.

3.1. Metode Pengolahan Data

Kegiatan selanjutnya melakukan pemodelan PLTBS dengan menggunakan software SAM, ada dua skenario yang akan dikembangkan dalam model tersebut, (1) skenario penggunaan boiler yang tersedia pada PKS Tanjung Seumantoh. (2). skenario penyediaan boiler baru dan ditempatkan di PKS Tanjung Seumantoh. Hasil simulasi pemodelan untuk kedua skenario akan ditunjukkan dalam bentuk kurva bahan bakar dan kurva efisiensi.

Pada saat ini, pendekatan yang dilakukan untuk mempelajari konversi energi biomassa menjadi energi listrik adalah dengan melakukan pengujian pembakaran, hal ini tentu akan membutuhkan waktu yang lama. Disisi lain, pengembangan teknologi sistem pembangkit daya berbahan bakar biomassa juga sangat jarang dipublikasikan, seperti teknologi untuk merubah biomassa menjadi gas yang dapat dibakar. Begitu juga dengan teknologi konversi biomassa menjadi metan. Untuk menjawab kesulitan tersebut, NREL National Renewable Energy Laboratory) USA, mengembangkan satu software yang mampu melakukan estimasi kinerja dan kebutuhan biaya pemakaian energi pada sistem pembangkit listrik energi terbarukan. Software tersebut diberi nama System Advisor Model atau disingkat dengan nama SAM

Perangkat lunak SAM adalah suatu perangkat lunak yang digunakan untuk optimasi model sistem pembangkit listrik energi bersih, perangkat lunak ini mempermudah evaluasi disain sistem pembangkit listrik untuk berbagai jenis pembangkit listrik skala kecil baik yang tersambung ke jaringan listrik atau pun tidak. Perangkat lunak ini

melakukan perhitungan keseimbangan energi ini untuk setiap konfigurasi sistem yang akan dipertimbangkan. Kemudian menentukan konfigurasi yang layak, apakah dapat memenuhi kebutuhan listrik di bawah kondisi yang ditentukan, perkiraan biaya instalasi dan sistem operasi selama masa proyek. Perangkat lunak ini bekerja berdasarkan tiga langkah utama, yaitu simulasi, optimasi dan analisis ensitifitas.

Perangkat lunak ini akan mensimulasikan pengoperasian sistem pembangkit listrik tenaga hibrida dengan membuat perhitungan keseimbangan energi selama satu tahun. Untuk setiap jam, SAM membandingkan kebutuhan listrik dan panas di bulan ke sistem energi yang dapat memasok dalam jam tersebut, dan menghitung energi mengalir dari dan ke setiap komponen dari sistem.

Setelah disimulasi, tahapan selanjutnya adalah mengoptimasi semua kemungkinan sistem konfigurasi kemudian diurutkan berdasarkan Nilai Sekarang Bersih (Net Present Value) yang dapat digunakan untuk membandingkan sistem desain pilihan.

Kurva bahan bakar menggambarkan jumlah bahan bakar yang dikonsumsi oleh generator untuk menghasilkan listrik. SAM mengasumsikan kurva bahan bakar sebagai garis lurus. Persamaan berikut digunakan untuk menghitung bahan bakar yang dikonsumsi oleh generator dalam unit/jam sebagai fungsi keluaran listrik.

$$F = F_0.Y_{gen} + F_1.P_{gen} \quad (4)$$

Dengan F_0 adalah kurva koefisien intercept bahan bakar dalam unit/jam/kW, F_1 adalah slope kurva bahan bakar dalam unit/jam/kW, Y_{gen} adalah kapasitas generator terpasang dalam kW, dan P_{gen} adalah keluaran generator dalam kW.

Efisiensi keluaran generator diartikan sebagai energi listrik keluaran dibagi dengan energi kimia dari bahan bakar yang dipakai. Persamaannya adalah sebagai berikut :

$$\eta_{gen} = \frac{3.6.P_{gen}}{m_{fuel}.LHV_{fuel}} \quad (5)$$

Dengan P_{gen} adalah keluaran listrik dalam kW, m_{fuel} adalah jumlah aliran bahan bakar dalam kg/jam and LHV_{fuel} adalah nilai pemanasan terendah bahan bakar dalam MJ/kg (pengukuran kandungan energi). Jika satuan aliran bahan

bakar dalam kg, maka persamaan berikut untuk menghitung m_{fuel} :

$$m_{fuel} = F = F_0 \cdot Y_{gen} + F_1 \cdot P_{gen1}$$

Jika satuan bahan bakar dalam L berhubungan dengan massa jenis bahan bakar, maka persamaan untuk m_{fuel} adalah sebagai berikut :

$$m_{fuel} = \rho_{fuel} \left[\frac{F}{1000} \right] = \frac{\rho_{fuel} (F_0 \cdot Y_{gen} + F_1 \cdot P_{gen1})}{1000} \tag{6}$$

Dengan r_{fuel} adalah kepadatan bahan bakar dalam kg/m³. Jika satuan bahan bakar adalah m³ maka persamaan untuk menghitung m_{fuel} adalah sebagai berikut :

$$m_{fuel} = \rho_{fuel} F = \rho_{fuel} (F_0 \cdot Y_{gen} + F_1 \cdot P_{gen1}) \tag{7}$$

Persamaan efisiensi untuk satuan bahan bakar dalam L adalah sebagai berikut :

$$\eta_{gen} = \frac{3600 \cdot P_{gen}}{\rho_{fuel} (F_0 \cdot Y_{gen} + F_1 \cdot P_{gen1}) \cdot LHV_{fuel}} \tag{8}$$

Jika pembilang dan pembagi dibagi dengan Y_{gen} , kapasitas generator, dengan p_{gen} untuk keluaran relatif generator ($p_{gen} = P_{gen}/Y_{gen}$) persamaan efisiensinya menjadi sebagai berikut:

$$\eta_{gen} = \frac{3600 \cdot P_{gen}}{\rho_{fuel} (F_0 + F_1 \cdot P_{gen1}) \cdot LHV_{fuel}} \tag{9}$$

4. HASIL DAN PEMBAHASAN

PT.PN I Tanjung Seumantoh menyimpan limbah biomasa hasil pengolahan sawit dengan cara menumpuk dibawah sinar matahari. Dalam penelitian ini dua kondisi pengamatan yang akan dilakukan yaitu: kondisi pertama bahan bakar biomasa langsung diumpankan dalam boiler, kondisi kedua, bahan bakar sebelum diumpankan dalam boiler terlebih dahulu akan dilakukan pengeringan untuk memperoleh kandungan air sesuai dengan yang persyaratan oleh boiler.

Salah satu faktor penting yang mempengaruhi kandungan air dalam bahan bakar biomasa adalah kondisi udara disekitar penampungan Berdasarkan hasil pengukuran yang dilakukan oleh BMKG Langsa, diperoleh

kondisi udara dilokasi pengembangan PLTU Biomasa adalah sebagaimana ditunjukkan dalam Tabel 4.1. Dari tabel terlihat, temperatur udara maksimum terjadi pada bulan Juni sampai dengan bulan Agustus yang mencapai 31.5 °C, dan kelembaban relatif maksimum terjadi pada November, Desember dan Januari. Data tersebut kemudian diinputkan ke Software SAM untuk menghitung efisiensi menyeluruh PLTU biomasa.

Salah satu data hasil analisis yang dihasilkan oleh software SAM diperoleh data sebagaimana ditunjukkan dalam Tabel 4.6

Tabel 4.6 Hasil simulasi untuk kondisi bulanan dengan kandungan air 0,33 %

Month	Monthly biomass moisture fraction (dry)	Power Block Efficiency	Total Boiler Efficiency - HHV (%)
1,0	0.33	33,15	72,37
2,0	0.33	32,98	72,54
3,0	0.33	32,80	72,72
4,0	0.33	32,40	73,18
5,0	0.33	32,22	73,35
6,0	0.33	31,89	73,71
7,0	0.33	31,78	73,79
8,0	0.33	31,70	73,82
9,0	0.33	32,11	73,40
10,0	0.33	32,58	72,94
11,0	0.33	32,88	72,65
12,0	0.33	33,15	72,38

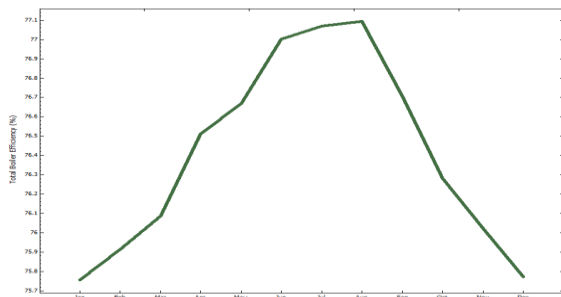
4.1. Pembahasan

Dalam penelitian ini dua kondisi pengamatan yang dilakukan yaitu: kondisi pertama bahan bakar biomasa langsung diumpankan dalam boiler, kondisi kedua, bahan bakar sebelum diumpankan dalam boiler terlebih dahulu akan dilakukan pengeringan untuk memperoleh kandungan air sesuai dengan yang persyaratan oleh boiler. Untuk setiap kondisi akan dianalisis untuk penggunaan boiler jenis Stoker Fired Boiler dan boiler jenis Atmospheric Fluidized Bed Boiler (AFBB), pada kondisi temperatur boiler = 398 °C dan tekanan 41 bar.

Gambar 4.2 memperlihatkan grafik efisiensi total boiler Stoker Fired Boiler berdasarkan nilai kalor tinggi (HHV) untuk satu tahun operasional pada kondisi bahan bakar di umpan langsung. Dari hasil simulasi diperoleh

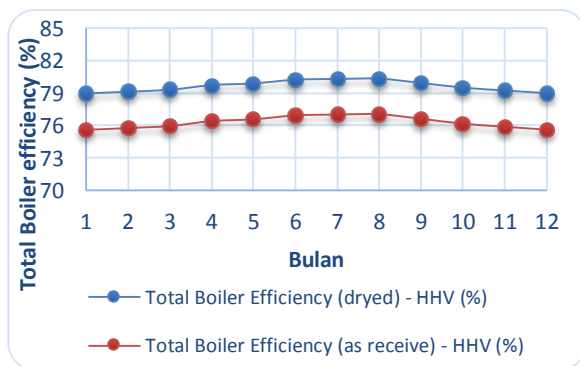
kadar air dalam bahan bakar mencapai 30% dan dengan daya maksimum yang dapat dibangkitkan 12,406 MW efisiensi maksimum diperoleh sebesar 73.82 % yang dicapai pada bulan September. Hal ini disebabkan kondisi bahan bakar terbaik berada pada bulan tersebut.

Gambar 4.3 memperlihatkan grafik efisiensi total boiler Stoker Fired Boiler berdasarkan nilai kalor tinggi (HHV) untuk satu tahun operasional pada kondisi bahan bakar di umpan setelah proses pengeringan mencapai kadar air 10 % dan dengan daya maksimum yang dapat dibangkitkan 12.951 MW efisiensi maksimum diperoleh sebesar 77.09 % yang dicapai pada bulan Agustus.



Gambar 4.3 Grafik efisiensi boiler bulanan untuk boiler boiler Stoker Fired Boiler bahan bakar telah dikeringkan

Gambar 4.3 memperlihatkan grafik efisiensi total boiler Atmospheric Fluidized Bed Boiler berdasarkan nilai kalor tinggi (HHV) untuk satu tahun operasional pada kondisi bahan bakar di umpan langsung dan setelah proses pengeringan mencapai kadar air 10 %. Dari hasil analisis diperoleh daya maksimum yang dapat dibangkitkan masing-masing 12,932 MW dan 13,476 MW efisiensi maksimum diperoleh masing-masing sebesar 77.02 % dan 80,29 %.



Gambar 4.3 Grafik efisiensi boiler bulanan untuk boiler boiler Atmospheric Fluidized Bed Boiler

Dari hasil perbandingan diatas terlihat bahwa penggunaan Atmospheric Fluidized Bed Boiler akan memberikan daya dan efisiensi yang lebih baik dibandingkan dengan boiler Stoker Fired Boiler. Akan tetapi biaya yang dikeluarkan untuk pengadaan Atmospheric Fluidized Bed Boiler akan jauh lebih mahal, sebagaimana dihasilkan dalam tabel 4.7 yang merupakan hasil analisis ekonomi menggunakan software SAM. Dari tabel terlihat bahwa efisiensi keseluruhan sistem yang tertinggi dapat diperoleh dengan menggunakan bahan bakar telah dikeringkan dengan Atmospheric Fluidized Bed Boiler (AFBB), yang mencapai 28,5 %. Dan sekaligus memberikan keuntungan yang sangat signifikan jika dibandingkan dengan penggunaan boiler jenis lainnya. Disisi lain boiler ini juga memiliki nilai heat rate yang lebih kecil dibandingkan dengan boiler lainnya, artinya boiler ini mampu menghasilkan daya yang lebih besar dibanding boiler lain dengan jumlah pemakaian bahan bakar yang sama.

Dari hasil analisis ini dapat disimpulkan bahwa boiler yang sesuai untuk pemanfaatan biomass sawit pada PLTU PT. PN I adalah boiler Atmospheric Fluidized Bed Boiler (AFBB).

Tabel 4.7 Hasil analisis teknik dan ekonomi

Metric	SFB (dryed)	AFBB (dryed)
Annual Energy (kWh)	114,003,707	118,795,065
Annual biomass usage (dry tons/yr)	93730	93730
Annual Capacity Factor (%)	100.5	100.6
Gross Heat Rate (MMBtu/MWh)	12.97	12.44
Net Heat Rate (MMBtu/MWh)	12.46	11.96
Thermal efficiency, HHV (%)	26.3	27.4
Thermal efficiency, LHV (%)	27.4	28.5
LCOE Nominal	8.37 ¢/kWh	8.21 ¢/kWh
LCOE Real	6.40 ¢/kWh	6.28 ¢/kWh
After-tax NPV	\$ 17,187,424.	\$ 19,702,686
Payback Period	7.38	7.02
First Year Revenue with System	\$ 11,628,378.07	\$ 12,117,096.61
First Year Net Revenue	\$ 11,628,378.07	\$ 12,117,096

Sumber : hasil perhitungan

5. KESIMPULAN

Dari hasil analisis pemanfaatan bahan bakar biomasa pada pembangkit listrik tenaga uap dapat disimpulkan:

1. Berdasarkan jumlah TBS yang diolah pada PT. PN I, maka potensi biomassa yang dihasilkan oleh PKS Tanjung Seumantoh sekitar 53.386,10 ton dan PKS Pulo Tiga sekitar 40.344,50 ton. Dengan demikian total produksi kedua biomassa sawit sekitar 93.730,59 Ton/tahun.
2. Dari hasil simulasi diperoleh kadar air dalam bahan bakar mencapai 30% dan dengan daya maksimum yang dapat dibangkitkan 12,406 MW efisiensi maksimum diperoleh sebesar 73.82 % yang dicapai pada bulan September. Hal ini disebabkan kondisi bahan bakar terbaik berada pada bulan tersebut.
3. Efisiensi total boiler Stoker Fired Boiler berdasarkan nilai kalor tinggi (HHV) untuk satu tahun operasional pada kondisi bahan bakar di umpan setelah proses pengeringan mencapai kadar air 10 % dan dengan daya maksimum yang dapat dibangkitkan 12.951 MW efisiensi maksimum diperoleh sebesar 77.09 % yang dicapai pada bulan Agustus.
4. Boiler yang sesuai untuk pemanfaatan biomass sawit pada PLTU PT. PN I adalah boiler Atmospheric Fluidized Bed Boiler (AFBB).

DAFTAR PUSTAKA

- Yusoff, Sumiani, Renewable energy from palm oil-innovation on effective utilization of waste, University of Malaysia, September 2004, pp 87-93.
- Jayantha.Weerantne. August, 2006. Application of industrial ecology system by applying life cycle analysis: A case study in a palm oil mill. Malaysia, pp 22-26.
- Yeoh, B.G. 2004. A technical and economic analysis of heat and power generation from biomethanation of palm oil mill effluent. *Electricity Supply Industry in Transition: Issues and Prospect for Asia*.20(14-16): 63-78.
- Chavalparit, Rulkens, W.H., Mol, A.P.J. & Khaodhair, S. 2006. Options for environmental sustainability of the crude palm oil industry in Thailand through enhancement of industrial ecosystems. *Environment, Development and Sustainability* 8: 271-287.
- Wood BJ, Corley RHV. The energy balance of oil palm cultivation. Paper for international oil palm conference, Kuala Lumpur; 1998.
- Chee MS. Forum on bioenergy from palm oil mills. Chemistry and technology conference. Malaysian Palm Oil Board; 2001.
- Kinoshita, C M. "Potensial for biomass electricity in four asia countries, Energy conversion Engineering Conference, 1997, IEEE 10.1109/IECEC . pp 1778-1784.

□TAR