

SIMULASI PENGARUH KADAR AIR TERHADAP PENGHEMATAN KONSUMSI SERAT KELAPA SAWIT SEBAGAI BAHAN BAKAR BOILER

Melvin Emil Simanjuntak

Jurusan Teknik Mesin
Politeknik Negeri Medan
mesimanjuntak@yahoo.com

ABSTRAK

Pada suatu Pabrik Kelapa Sawit, serat merupakan bahan bakar utama pada boiler selain cangkang. Pada kondisi saat ini serat yang merupakan hasil langsung dari screw press dengan kadar air sekitar 40 - 50 % dibakar di dalam boiler. Pembakaran pada kadar air ini akan memboroskan penggunaan serat karena selama pembakaran, air yang ada di dalam bahan bakar akan dipanaskan sampai uapnya mencapai temperatur ruang bakar boiler. Perhitungan konsumsi bahan bakar dilakukan dengan perangkat lunak firecad. Demikian juga ukuran geometri boiler yang mendukung proses pembakaran pada berbagai kondisi. Proses pengeringan diasumsikan tidak menggunakan tambahan bahan bakar. Sedangkan nilai kalor terendah bahan bakar atau LHV diperoleh dengan prediksi untuk berbagai kadar air berdasarkan data yang sudah ada. Bila dibandingkan dengan konsumsi bahan bakar yang ada saat ini dimana kadar airnya 40 – 50% maka dari hasil simulasi dapat diperoleh nilai penghematan yang cukup signifikan apabila kadar air yang digunakan sebesar 10%.

Kata Kunci : serat, kadar air, penghematan

ABSTRACT

On a Palm Oil Mill, fiber is the primary fuel of the boiler in addition to the shell. At the current state, the fiber which is a direct result of the screw press with a water content of about 40-50% burned in the boiler. Burning in this water levels will waste the use of fiber because during combustion, the water in the fuel will be heated until the steam reaches the boiler combustion chamber temperatures. The calculation of fuel consumption is done by software firecad. Similarly, the size of the boiler geometry that supports the combustion process under various conditions. Drying process is assumed not to use extra fuel. While the lowest calorific value or LHV of fuel obtained with predictions for a wide range of water content based on existing data. When compared with fuel consumption that exist today in which the water content 40-50%, from the simulation results can be obtained that the saving value is quite significant if the water content is used by 10%.

Keywords: fiber, moisture, saving

1. PENDAHULUAN

Serat buah kelapa sawit merupakan hasil samping dari proses pengepresan buah kelapa sawit di *screw press*. Buah sawit yang telah dilumat di *digester* akan memasuki *screw press*, daging buah ini akan mengalami tekanan pengepresan 40 – 60 bar. Minyak sawit kasar (CPO) akan keluar dari daging buah pada posisi bawah *screw press* sedangkan biji sawit dan serat akan keluar dari posisi depan kemudian jatuh ke bawah. Setelah mengalami beberapa proses lanjutan, serat dari daging buah sawit ini akan terpisah dari biji sawit. Biji sawit selanjutnya akan mengalami proses pengolahan yang berikutnya untuk diambil intinya sedangkan serat akan masuk ke *boiler* untuk digunakan sebagai bahan bakar. Pada umumnya kadar air serat ini mencapai 40 - 50 % dan langsung digunakan sebagai bahan bakar pada *boiler* untuk pengoperasian pabrik. Jumlah serat yang dihasilkan adalah sebanyak 8 – 11 % pada kondisi basah atau 5 – 8 % pada kondisi kering dari buah sawit yang diolah pada suatu Pabrik Kelapa Sawit (Naibaho, 1998).

Komposisi *proximate* dan *ultimate*, untuk serat kelapa sawit adalah (Rosyda Permatasari dkk, 2005): kadar air 13,98 %; gas volatil 84,780 %; karbon tetap 11,590 % dan abu 3,630 %; karbon 50,091 % dan hidrogen 6,247 %; oksigen 41,147 %; nitrogen 2,385 % dan sulfur 0,130 %.

Penelitian ini ditujukan untuk memperoleh pengaruh kadar air terhadap jumlah serat yang digunakan sebagai bahan bakar pada *boiler*, selain itu juga untuk memperoleh dimensi *boiler* yang dibutuhkan dan beberapa parameter lain yang dianggap berpengaruh terhadap operasional *boiler*. Dengan demikian dapat dibandingkan konsumsi serat untuk berbagai kadar air yang berbeda dengan asumsi pengeringan dilakukan dengan sinar matahari atau gas panas hasil pembakaran sehingga tidak ada kebutuhan bahan bakar tambahan untuk pengeringan. Untuk mempermudah perhitungan digunakan perangkat lunak Firecad GFB 2.0.



Gambar 1. Serat kelapa sawit

2. METODOLOGI

2.1. Prediksi Karakteristik Pembakaran Serat

Data yang diperoleh adalah pada kondisi *air dry base (adb)* sedang pembakaran terjadi pada kondisi *as received (ar)*. Dengan demikian perlu dilakukan konversi dari kondisi *adb* ke kondisi *ar*. Dimana kondisi *adb* diubah ke kondisi *maf (moisture ash free)*, kemudian diubah lagi ke kondisi *ar*. Nilai kalor atas *ar* kemudian diubah menjadi nilai kalor bawah *ar*. Menurut Nag (2002) persamaannya masing-masing adalah:

Komposisi pada kondisi *maf*:

$$Z_{maf} = \frac{Z_{adb}}{1 - (\Phi A_{adb} + \Phi M_{adb})} \quad (1)$$

dimana:

Z_{adb} = fraksi massa komponen hasil uji *proximate* dan *ultimate* pada kondisi *adb*

Z_{maf} = fraksi massa komponen hasil uji *proximate* dan *ultimate* pada kondisi bebas kadar air dan abu

ΦA_{adb} = fraksi massa abu pada kondisi *adb*

ΦM_{adb} = fraksi massa kadar air pada kondisi *adb*

Komposisi pada kondisi *ar*:

$$Z_{ar} = Z_{maf} (1 - (\Phi A_{ar} + \Phi M_{ar})) \quad (2)$$

dimana:

Z_{ar} = fraksi massa komponen hasil uji *proximate* dan *ultimate* pada kondisi *as received*

ΦA_{ar} = fraksi massa abu pada kondisi *as received*, ditetapkan 3,5%

ΦM_a = fraksi massa *kadar air* pada kondisi *as received*, ditetapkan dalam berbagai kondisi.

Nilai kalor pada kondisi *maf*:

$$HHV_{maf} = \frac{HHV_{adb}}{1 - \Phi A_{adb}} \quad (3)$$

dimana:

HHV_{maf} = nilai kalor atas bebas abu dan kadar air

HHV_{adb} = nilai kalor atas kondisi *adb*

ΦA_{adb} = fraksi massa abu

Nilai kalor atas *ar* adalah:

$$HHV_{ar} = HHV_{maf}(\Phi FC_{ar} + \Phi VM_{ar}) \quad (4)$$

dimana:

ΦFC_{ar} = fraksi massa karbon tetap

ΦVM_{ar} = fraksi massa zat terbang

Nilai kalor bawah *as received* adalah:

$$LHV_{ar} = HHV_{ar} - Q_{H_2O} \quad (5)$$

dimana:

HHV_{ar} = Nilai kalor atas pada kondisi *as received*

Q_{H_2O} = Nilai kalor penguapan air hasil pembakaran dan kadar air di dalam cangkang.

Pada penelitian ini nilai kalor dihitung berdasarkan persamaan Vondracek yang banyak digunakan untuk menghitung nilai kalor atas untuk kondisi *as received*. Komposisi masing - masing unsur pada setiap persentase kadar air dihitung sebagaimana halnya dengan metode prediksi di atas. Persamaan Vondracek untuk menghitung nilai kalor atas adalah:

$$HHV_{ar} = C(89,17) - 0,0622C_1 + 270(H - O/10) + 25S \text{ (kkal/kg)} \quad (6)$$

dimana:

C = kadar karbon pada kondisi *as received*

H = kadar hidrogen pada kondisi *as received*

O = kadar oksigen pada kondisi *as received*

S = kadar sulfur pada kondisi *as received*

C_1 = kadar karbon pada kondisi *dry ash free bases*

2.1. Simulasi Dimensi Boiler

Pada simulasi ini ukuran boiler dirancang untuk dapat dioperasikan pada suatu kisaran *excess air* tertentu dimana kebutuhan uap pada Pabrik Kelapa Sawit adalah sebesar 36000 kg/jam. Kebutuhan uap ini didasarkan pada suatu Pabrik Kelapa Sawit dengan kapasitas 60 ton TBS/jam dimana kebutuhan uap adalah sebesar 600 kg untuk setiap satu ton buah kelapa sawit yang diolah. Temperatur *ambient* diambil sebesar 30 °C sesuai dengan temperatur di daerah dataran rendah dimana kelapa sawit dibudidayakan. Asumsi- asumsi penting yang digunakan dalam simulasi Firecad GFB 2.0 ini dapat dilihat pada tabel di bawah.

Tabel 1. Parameter masukan pada simulasi dimensi boiler

No	Parameter	Nilai
1	Kapasitas uap (kg/jam)	36000
2	Tekanan uap (bar)	23
3	Temperatur uap (°C)	365

Lanjutan Tabel 1. Parameter

4	Temperatur lingkungan ($^{\circ}\text{C}$)	30
5	Kehilangan energi akibat radiasi	default
6	Kehilangan energi akibat bahan bakar tidak terbakar	default
7	Kehilangan energi yang tidak ikut terhitung	default
8	<i>Blowdown</i>	default
9	<i>Excess air</i>	Variable
10	<i>Heat recovery</i>	Economiser
12	Jenis tungku pembakaran	Screen
13	Jenis dinding tungku	membrane
14	Jenis <i>grate</i>	Dumping
15	Jenis <i>superheater</i>	Single stage, counter flow
16	Jenis <i>boiler</i>	Water tube
17	Jenis aliran pada <i>boiler</i>	Cross flow

Pada simulasi dengan perangkat lunak firecad ini selain dimensi *boiler*, parameter lain juga akan diperoleh seperti konsumsi bahan bakar, temperatur gas dan lain-lain.

3. HASIL DAN PEMBAHASAN

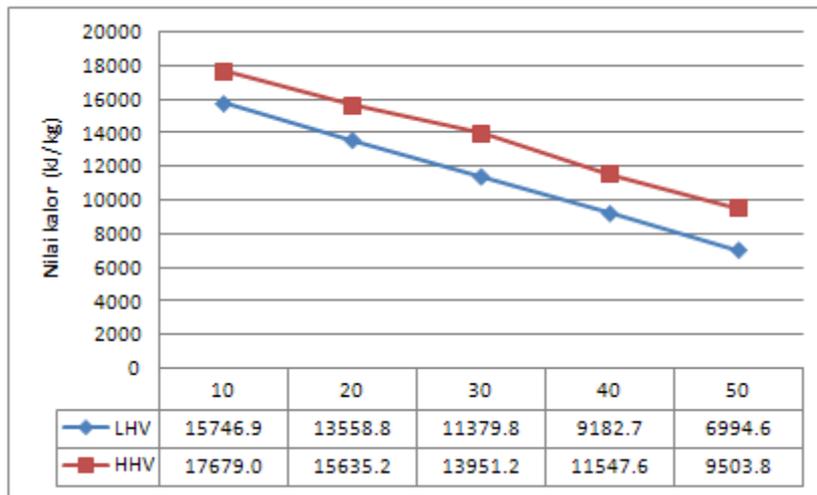
3.1. Karakteristik Serat

Fraksi massa abu pada kondisi *as received* ditentukan sebesar 3,5 %, harga ini diambil mendekati fraksi massa abu yang umumnya dijumpai dari pembakaran serat kelapa sawit. Kadar air pada kondisi *as received* kemudian diasumsikan sebesar 10, 20, 30, 40 dan 50 %. Komposisi serat untuk analisa *proximate* dan *ultimate* sebagai hasil prediksi diperoleh seperti pada tabel berikut:

Tabel 2. Prediksi komposisi proximate dan ultimate as received (%)

Parameter	Besaran (%)				
Kadar air	10	20	30	40	50
<i>Volatile</i>	76,10	67,30	58,50	49,70	40,91
<i>Fixed Carbon</i>	10,40	9,20	8,00	6,80	5,59
<i>Ash</i>	3,50	3,50	3,50	3,50	3,50
C	43,33	38,32	33,31	28,30	23,29
H	5,40	4,78	4,15	3,53	2,90
O	35,59	31,48	27,36	23,25	19,13
N	2,06	1,82	1,59	1,35	1,11
S	0,11	0,1	0,09	0,07	0,06

Dari komposisi unsur-unsur di atas terlihat kadar oksigen yang tinggi dimana hal ini merupakan tipikal dari biomassa. Demikian juga kadar karbon yang sedikit rendah. Komposisi yang demikian membuat nilai kalor biomass akan lebih rendah bila dibanding dengan nilai kalor batubara. Akan tetapi nilai ini masih cukup baik untuk digunakan sebagai bahan bakar ditambah lagi dengan potensi *global warming* yang dapat dianggap tidak ada dan kadar polusi yang sangat rendah. Hal ini disebabkan oleh karena bahan bakar biomassa ini merupakan bahan bakar yang terbarukan dan polusi yang ditimbulkan akan kembali diserap oleh tanaman ketika melakukan proses fotosintesa. Dengan menggunakan persamaan Vondracek, akan diperoleh nilai kalor dari serat pada masing masing nilai kadar air. Untuk kadar air 10 % akan diperoleh nilai kalor bawah sebesar 15746,9 kJ/kg sedangkan untuk serat dengan kadar air 50 % akan diperoleh nilai kalor bawah sebesar 6994,6 kJ/kg. Perubahan nilai kalor yang diperoleh cukup signifikan yaitu mencapai 125 % hanya dengan melakukan pengeringan. Perubahan yang terjadi untuk setiap tingkat nilai kadar air terlihat berkurang secara linier untuk kadar air yang semakin bertambah, untuk lebih lengkapnya hal tersebut dapat dilihat pada grafik di bawah.



Gambar 2. Nilai kalor seras buah sawit pada kadar air yang bervariasi

3.3. Dimensi Boiler

Pada simulasi ini, boiler direncanakan menghasilkan uap yang sesuai dengan kebutuhan turbin dan beroperasi dengan *excess air* 30 %. Dimensi boiler untuk tiap-tiap bagian meliputi tungku, *superheater*, boiler bank dan ekonomiser. Dari simulasi dengan perangkat lunak firecad diperoleh ukuran-ukuran komponen boiler yang cukup detail yang diperoleh seperti yang terdapat pada tabel-tabel di bawah ini. Untuk ukuran *grate* dan tungku (*furnace*) diperoleh ukuran panjang dan lebar, diperoleh juga tinggi tungku, posisi *lower* dan *top drum* beserta diameternya dan beberapa ukuran lainnya. Untuk masing-masing posisi komponen tadi dapat dilihat sketnya pada gambar yang ada di sebelah kanan.

Tabel 3. Dimensi tungku pembakaran

Parameter	Besaran (mm)	Gambar
Grate top	0	<p>Furnace: Different Levels (Typical)</p>
Front wall header	3000	
Rear wall Header	500	
Nose/ screen begin	6600	
Nose screen tip	7570	
Nose screen end	11810	
Front wall corner	11690	
Lower drum	6790	
Top drum	12280	
Furnace width	5300	
Furnace depth	3320	
Furnace Nose depth	1660	
Top Drum ID	1340	
Lower Drum ID	950	
Grate width	5300	
Grate depth	3320	

Pada simulasi boiler ini ukuran pipa *superheater screen* yang digunakan dapat dilihat, demikian juga posisi - posisi seperti jarak transversal dan longitudinal serta jumlah pipa yang digunakan. Dalam simulasi diasumsikan susunan pipa adalah *staggered* dan *heating surface area* adalah seluas 27,33 m².

Superheater merupakan suatu bagian penting dari boiler yang ditujukan untuk menghasilkan uap superpanas. Dari tabel di bawah ini dapat dilihat ukuran-ukuran pipa *superheater* yang diperoleh demikian juga jarak longitudinal dan transversal antar pipa serta jumlah pipa yang digunakan. Susunan pipa yang digunakan adalah *staggered* dan *heating surface area* dari pipa - pipa *superheater* ini adalah sebesar 194,12 m² dan susunan pipa - pipa ini adalah *staggered*.

Tabel 4. Dimensi superheater Screen

Parameter	Besaran	Gambar
Tube outer diameter	76,2 mm	
Tube thickness	4,06 mm	
Tube height	4233,19 mm	
Transver pitch	204 mm	
Longitudinal pitch	150 mm	
Tubes per row	27 mm	
No of rows	1	

Ukuran boiler bank screen dapat dilihat pada Tabel 6 yang meliputi ukuran – ukuran diameter, tebal dan rata - rata panjang pipa. Demikian juga jarak longitudinal dan transversal antar pipa serta jumlah pipa yang digunakan. Heating surface area dari pipa-pipa boiler bank screen ini adalah sebesar 22,31 m²

Tabel 5. Dimensi superheater

Parameter	Besaran	Gambar
Tube outer diameter	50,8 mm	
Tube thickness	4 mm	
Tube length	4609,59 mm	
Transver pitch	204 mm	
Longitudinal pitch	150 mm	
Tubes per row	24 mm	
No of rows	11	

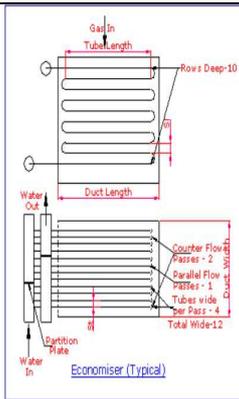
Tabel 6. Dimensi boiler bank screen

Parameter	Besaran	Gambar
Tube outer diameter	76,2 mm	
Tube thickness	4,06 mm	
Av Tube height	5486 mm	
Transver pitch	306 mm	
Longitudinal pitch	150 mm	
Tubes per Row	17	
No of Rows	1	

Tabel 7. Dimensi boiler bank

Parameter	Besaran	Gambar
Tube outer diameter	50,8 mm	
Tube thickness	3,66 mm	
Av Tube height	4608,24 mm	
Transver pitch	105 mm	
Longitudinal pitch	100 mm	
Tubes wide	50 mm	
Rows deep	22 mm	
Width	5304 mm	
Depth	2500 mm	

Tabel 8. Dimensi Ekonomiser

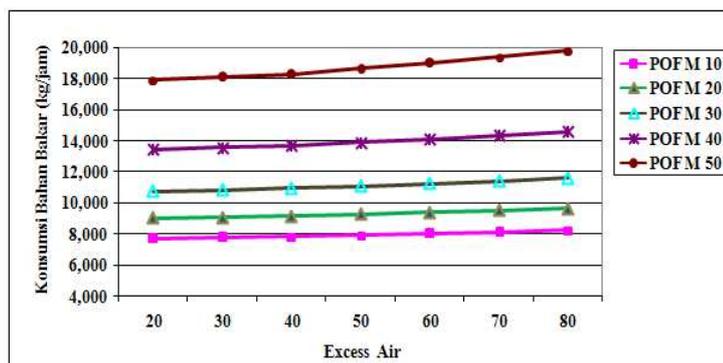
Parameter	Besaran	Gambar
Tube Pitch	Inlined	
Tube OD	50,8 mm	
Tube Thickness	3,66 mm	
Tube Length	4783,22 mm	
Transver pitch	100 mm	
Longitudinal pitch	150 mm	
Wide	17	
Deep	39	
Water Pass Counter	1	
Duct Width	1760 mm	
Duct Length	5083,22 mm	

Boiler bank merupakan susunan pipa - pipa yang berfungsi sebagai evaporator yang akan menghasilkan uap jenuh. Jumlah pipa - pipa ini yang terbanyak yang ada pada suatu *boiler*. Susunan pipa - pipa *boiler bank* ini adalah *inline* dengan *heating surface area* sebesar 808,58 m². Seperti halnya dengan komponen-komponen di atas, di sini juga dapat diperoleh ukuran - ukuran pipa yang digunakan seperti diameter, tebal, panjang dan jarak longitudinal dan transversal antar pipa demikian juga jumlah baris dan jumlah pipa setiap barisnya.

Ekonomiser merupakan suatu susunan pipa yang digunakan untuk memanfaatkan gas buang untuk menaikkan temperatur air sebelum memasuki *boiler bank* sehingga dapat menaikkan efisiensi *boiler*. Ukuran dari pipa-pipa ekonomiser ini ada pada tabel di bawah. *Heating surface area* adalah sebesar 531,06 m² dengan susunan pipa adalah *inline*.

3.4. Pengaruh Kadar Air Terhadap Konsumsi Bahan Bakar

Simulasi ini di-*set* untuk mendapatkan temperatur dan jumlah uap yang sama yang dihasilkan pada bagian *superheater*. Dengan asumsi semua bahan bakar yang digunakan adalah serat maka akan diperoleh jumlah kebutuhan serat yang akan digunakan untuk menghasilkan uap pada kondisi yang diinginkan. Kebutuhan serat untuk masing-masing kadar air yang dipilih dapat dilihat pada grafik di bawah. Kadar air yang terkandung di dalam serat masing-masing adalah sebesar 10 % (POFM 10), 20 % (POFM 20), 30 % (POFM 30), 40 % (POFM 40) dan 50 % (POFM 50).

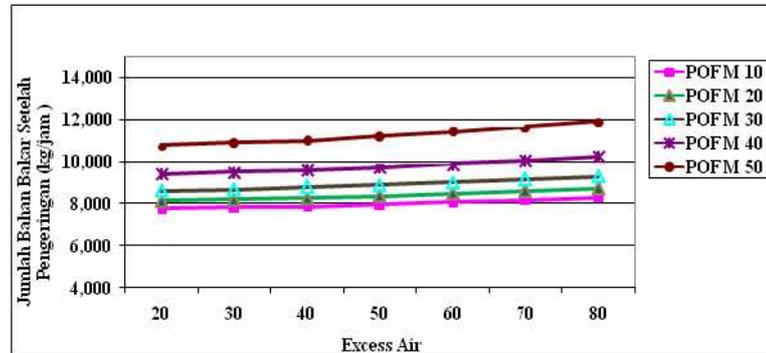


Gambar 2. Pengaruh excess air terhadap konsumsi bahan bakar pada kadar air yang berbeda

Dari grafik di atas terlihat konsumsi bahan bakar akan meningkat sehubungan dengan peningkatan *excess air* yang digunakan dalam proses pembakaran. Dengan meningkatnya jumlah udara yang masuk *boiler* maka hal ini juga meningkatkan jumlah panas yang dibutuhkan untuk memanaskan udara ini sehingga dibutuhkan bahan bakar yang lebih banyak.

- **Jumlah bahan bakar hasil pengeringan**

Setelah diperoleh jumlah kebutuhan serat untuk masing-masing keadaan, serat tadi dikeringkan hingga mencapai kadar air 10 %. Jumlah serat yang akan diperoleh untuk setiap kondisi diperlihatkan seperti pada grafik di bawah. Serat dari kadar 50 % air bila dikeringkan hingga mencapai kadar air 20 % akan diperoleh sebanyak 10.771 kg/jam dari yang sebelumnya sebanyak 17.952 kg/jam. Total energi yang diperoleh sebesar 169.613.670,6 kJ/kg sedangkan bila kadar airnya masih 50 % maka total energi yang tersedia hanya sebesar 125.567.548,8 kJ/kg.



Gambar 3. Pengaruh excess air terhadap jumlah bahan bakar yang diperoleh setelah dilakukan pengeringan pada kadar air yang berbeda

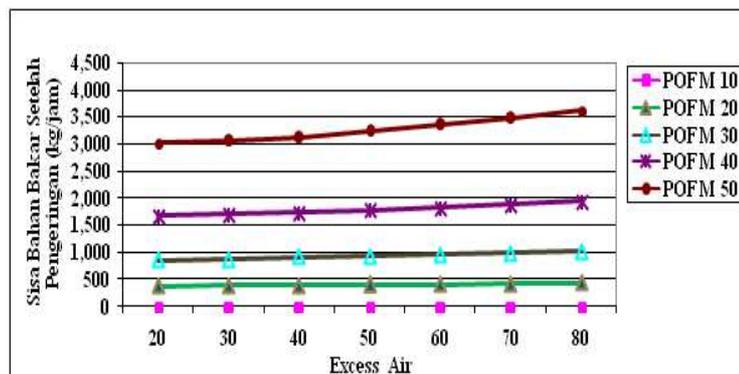
Perbedaan antara setiap tingkat kadar air akan membesar untuk tingkat serat yang memiliki kadar air yang lebih tinggi. Hal ini akan membuat penggunaan serat dengan kadar air yang kecil akan jauh lebih sedikit sehingga bila dibanding dengan yang ada sekarang akan semakin hemat. Hal ini disebabkan semakin tingginya nilai kalor dari serat. Akan tetapi kondisi ini akan dipengaruhi oleh kemampuan alat pengeringan yang ada.

- **Sisa bahan bakar setelah pengeringan**

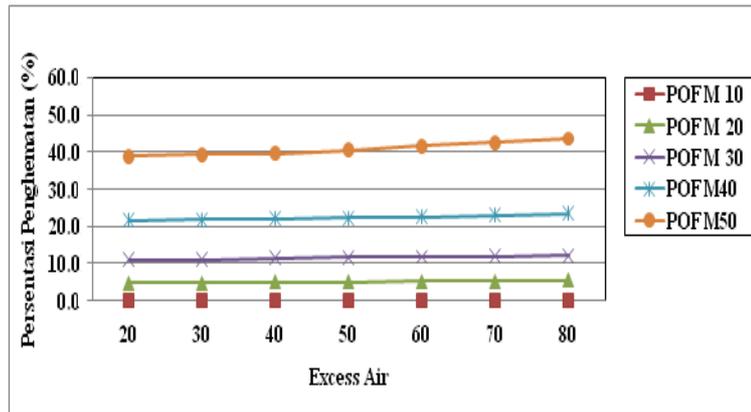
Dari jumlah bahan bakar yang diperoleh setelah dikeringkan dikurangkan dengan konsumsi bahan bakar dengan kadar air sebesar 10 % dan pembakaran dengan *excess air* yang bervariasi, maka akan diperoleh sisa yang besarnya untuk tiap - tiap kadar air ditunjukkan seperti pada Gambar 4.

Bila dibandingkan dengan kadar air serat yang digunakan di PKS yaitu 40-50 % maka untuk PKS dengan kapasitas 60 ton TBS/jam akan diperoleh sisa bahan bakar sekitar 1500 – 2500 kg/jam pada. Sedangkan dalam bentuk persentase akan diperoleh sebagaimana yang ditunjukkan pada gambar 5.

Penghematan yang dapat diperoleh sebesar 20 – 40 %. Besarnya penghematan ini apabila dikembalikan sebagai bahan bakar akan dapat menggantikan posisi cangkang. Sehingga cangkang yang digunakan sebagai bahan bakar tinggal sedikit atau tidak perlu digunakan sama sekali. Dengan menggunakan pengeringan ini akan terjadi penghematan biomassa cukup signifikan dan cangkang akan dapat dipergunakan untuk keperluan lain yang lebih memberikan nilai tambah secara ekonomis.



Gambar 4. Sisa bahan bakar setelah pengeringan



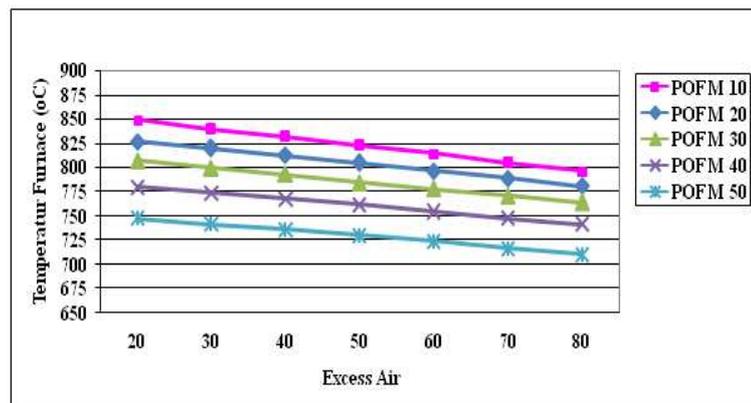
Gambar 5. Persentase penghematan yang diperoleh dengan serat yang dikeringkan

3.5. Analisis Sensitivitas

Analisis ini dilakukan untuk mengetahui perubahan kondisi pada *boiler*, parameter pada kondisi operasi tungku pembakaran pada *boiler* pada beberapa nilai masukan yang berubah. Pada analisis sensitivitas ini temperatur uap di *superheater* dibuat tetap. Simulasi dilakukan dengan mem-*force* temperatur gas buang. Berbagai perubahan parameter yang dilakukan dalam simulasi perangkat lunak ini dapat dilihat pada grafik di bawah ini.

- **Pengaruh kadar air dan *excess air* terhadap temperatur tungku**

Kondisi ini penting untuk mengetahui perubahan temperatur yang terjadi di dalam tungku.

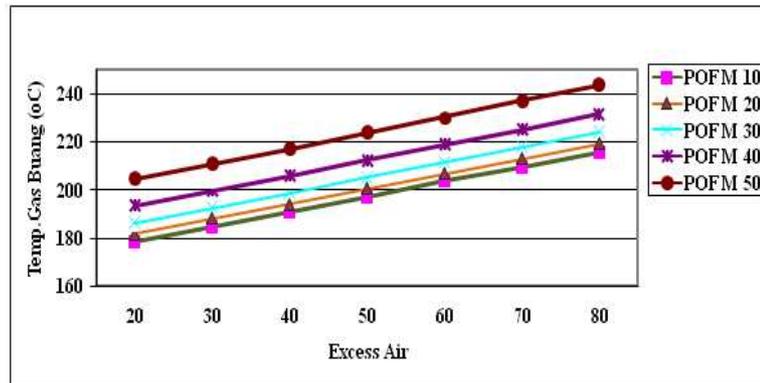


Gambar 6. Grafik Temperatur tungku (furnace) vs excess air

Temperatur yang terjadi di dalam tungku untuk variasi bahan bakar dengan berbagai *excess air* terlihat bahwa temperatur di dalam tungku akan menurun untuk *excess air* yang meningkat. Hal ini disebabkan karena banyaknya udara yang harus dipanaskan. Dengan kadar air 10 % temperatur di dalam tungku berkisar pada 800 – 850 °C. Terjadi peningkatan yang cukup besar bila dibandingkan dengan serat yang memiliki kadar air 50 % yang memiliki kisaran temperatur antara 700 – 755 °C. Hal ini perlu diperhatikan untuk material yang akan digunakan karena adanya kenaikan temperatur sehingga ketahanan tetap terjaga.

- **Pengaruh kadar air dan *excess air* terhadap temperatur gas buang**

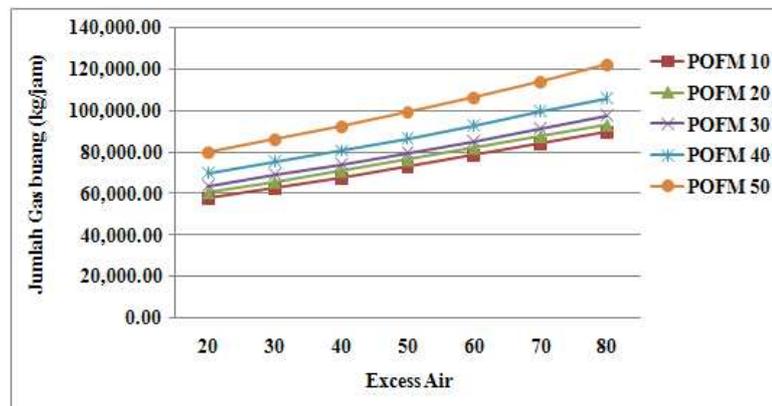
Temperatur gas buang pada cerobong akan perlu diperhitungkan untuk mengetahui efek korosi dimana pada temperatur yang terlalu rendah akan dapat mengakibatkan terjadinya pengembunan sulfur pada cerobong sehingga memudahkan terjadinya korosi pada bagian - bagian cerobong. Temperatur gas buang sebaiknya berada di atas 150 °C. (El Wakil, 1984). Pada simulasi ini diperoleh temperatur terendah di sekitar 180 °C. Hal menandakan bahwa temperatur tersebut masih berada di atas batas minimal yang disyaratkan.



Gambar 7. Grafik Temperatur gas buang vs Excess Air

• Pengaruh kadar air dan *excess air* terhadap jumlah gas buang

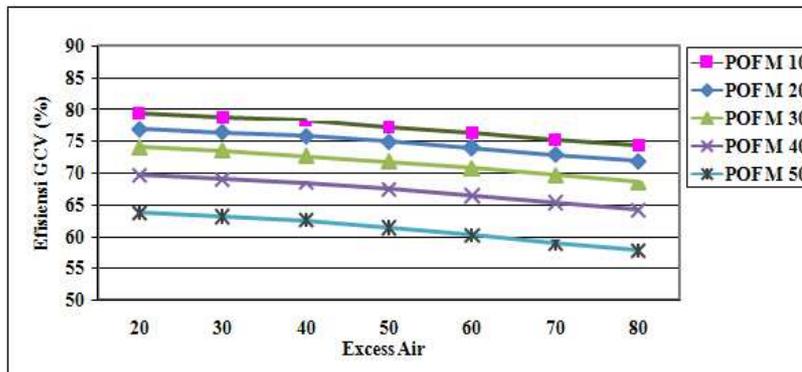
Jumlah gas buang yang dihasilkan dari proses pembakaran dapat juga diperoleh dengan perangkat lunak firecad. Untuk setiap kondisi yang disimulasikan, jumlah gas buang hasil pembakaran dapat dilihat pada grafik di bawah. Jumlah gas ini meningkat seiring dengan peningkatan *excess air* yang digunakan. Untuk *excess air* 20 % misalnya, jumlah gas buang akan berkurang dari 79.836,0 kg/jam menjadi hanya 57.643,10 kg/jam. Penurunan ini mencapai sekitar 39 % dan cukup signifikan untuk mengurangi konsumsi energi pada *forced draft fan* dan *induced draft fan* yang berfungsi untuk menarik udara luar dan menaikkan tekanan gas buang sehingga bisa terbuang melalui cerobong yang cukup tinggi.



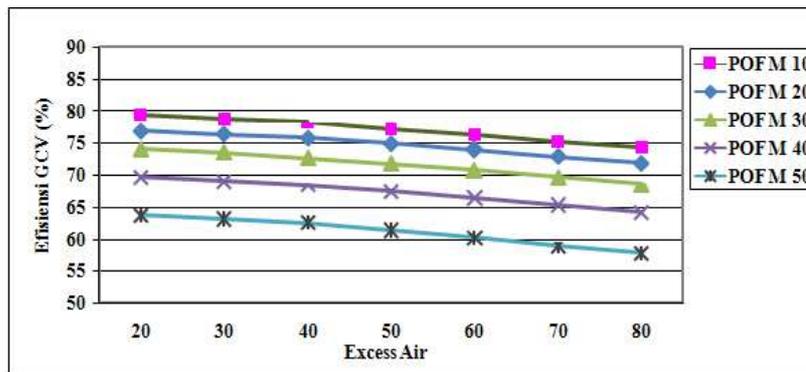
Gambar 8. Grafik Jumlah gas buang vs Excess Air

Untuk bahan bakar yang memiliki kadar air lebih rendah, temperatur gas buang yang dihasilkan juga lebih rendah. Dalam simulasi ini temperatur untuk *excess air* 20 % sebesar 150 °C masih dapat dianggap cukup baik untuk ukuran gas buang pada cerobong. Untuk peningkatan *excess air* yang digunakan temperatur gas buang akan meningkat. Dengan kondisi ini maka energi terpakai pada bahan bakar dengan kadar air sebesar 10 % akan lebih banyak sehingga akan menaikkan efisiensi bahan bakar.

Dari berbagai simulasi di atas diperoleh persentase efisiensi boiler seperti ditunjukkan pada dua grafik efisiensi di bawah. Diperoleh peningkatan efisiensi *GCV boiler* dari sekitar 58 – 63 % menjadi hampir 75 – 80 %. Peningkatan ini terlihat cukup signifikan sehingga akan sangat bermanfaat bila bahan bakar dibuat sekering mungkin.



Gambar 9. Grafik Efisiensi GCV vs Excess Air



Gambar 10. Grafik Efisiensi NCV vs Excess Air

4. SIMPULAN DAN SARAN

4.1 Simpulan

Dibandingkan dengan yang umum saat ini penggunaan serat sebagai bahan bakar masih dapat dihemat bila dilakukan pengeringan, dengan asumsi kadar air sebesar 10 % persentase penghematan yang diperoleh untuk berbagai kadar air yang digunakan diperoleh sebagai berikut:

Tabel 9. Persentase penghematan serat

Bahan Bakar	Excess Air						
	20	30	40	50	60	70	80
POFM 10	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
POFM 20	4,89	4,96	5,04	5,13	5,27	5,42	5,59
POFM 30	11,02	11,10	11,66	11,72	11,90	12,08	12,30
POFM 40	21,62	21,83	22,05	22,31	22,67	23,09	23,54
POFM 50	38,89	39,31	39,73	40,54	41,61	42,61	43,66

Penggunaan bahan bakar yang lebih kering ini juga akan menaikkan efisiensi boiler dan mengurangi energi yang digunakan untuk menarik udara luar dan mendorong gas buang.

4.2. Saran

Dengan diperolehnya persentase penghematan yang mungkin diperoleh maka perlu dilanjutkan penelitian lain mengenai pengeringan serat dengan menggunakan sinar matahari atau udara panas keluaran boiler untuk menghemat penggunaan bahan bakar, proses pembakaran dan temperatur yang terjadi di dalam tungku dan juga penelitian mengenai aspek ekonomi dan lingkungannya.

Dalam mendesain ukuran *boiler* perlu diperhatikan juga bahwa kadar air akan mengalami variasi sehingga akan berpengaruh dengan jumlah gas buang dan panas yang terjadi

DAFTAR PUSTAKA

El Wakil, M.M., 1984, *Power Plant Technology*, Mc Graw Hill, Singapore.

<http://ditjenbun.deptan.go.id/> akses internet 25 Agustus 2008.

Nag, P.K., 2002, *Power Plant Engineering*, 2nd Edition, Mc Graw Hill, Singapura. Halaman 170.

Naibaho, P., 1998, *Teknologi Pengolahan Kelapa Sawit*, PPKS Medan. Halaman 130-131.

Rosyda Permatasari, et.al. 2004, *Combustion Characteristic of Palm Waste in Fluidized Bed Combustion*, 2005, Malaysia.

Simanjuntak, Melvin E. 2010, *Perancangan Awal dan Simulasi Pembakaran Tungku Berbahan Bakar Tandan Kosong Kelapa Sawit untuk PLTU Berkapasitas 3 MW*, Tesis Magister, Jurusan Teknik Mesin, ITB, Bandung.

Vademikum Teknik dan Teknologi Kelapa Sawit PTPN IV