

**PENGEMBANGAN PROSES PENDINGINAN OPTIMAL PADA
PLANT BIOMASSA PABRIK KELAPA SAWIT DENGAN
PEMODELAN ASPEN PLUS V.10.10****M Anjes Laudi, Nasrul ZA*, Novi Sylvia, Ishak Ibrahim, Rizka Mulyawan, Iqbal
Kamar**Jurusan Teknik Kimia, Fakultas Teknik, Universitas Malikussaleh
Kampus Utama Cot Teungku Nie Reuleut, Muara Batu, Aceh Utara – 24355*e-mail: nasrulza@unimal.ac.id**ABSTRAK**

Pertumbuhan industri sawit yang tinggi dalam dua decade terakhir menempatkan Indonesia sebagai produsen minyak sawit terbesar dunia. Industri sawit selain menghasilkan minyak nabati, juga menghasilkan limbah padat antara lain serat dan cangkang. Sebagian dari limbah padat ini dimanfaatkan sebagai sumber bahan bakar di boiler untuk menghasilkan uap yang dimanfaatkan untuk pemrosesan dan menghasilkan energi listrik. Paper ini melaporkan hasil kajian simulasi pengaruh rasio serat dan cangkang pada berbagai kondisi udara berlebih terhadap emisi gas hasil pembakaran yang dihasilkan. Penelitian ini menjadi penting mengingat pabrik minyak kelapa sawit ditengarai sebagai salah satu penghasil gas rumah kaca (GRK) dan pemerintah melalui Peraturan Menteri Negara Lingkungan Hidup Nomor 12 tahun 2010 bertekad mengurangi emisi GRK. Perangkat lunak ASPEN Plus (Versi 10.10) digunakan untuk memvariasikan rasio serat : cangkang berkisar 80:20, 75:25 dan 67:33 dengan udara berlebih 90, %, 120% dan 150% di atas kebutuhan stoikiometri. Bahan bakar dialirkan dengan laju tunak ke dalam proses sebesar 1500 kg/jam. Hasil simulasi menunjukkan bahwa kualitas emisi terbaik dihasilkan ketika rasio serat dan cangkang 80:20 dengan udara berlebih sebesar 90%. Pada kondisi seperti ini, gas CO₂ yang dihasilkan sebesar 1337 kg/jam, CO 2010 kg/jam, dan NO yang dihasilkan sebesar 0,032 kg/jam . Hasil ini menunjukkan bahwa kehadiran serat di dalam bahan bakar memberikan kontribusi negatif terhadap emisi. Kajian lebih mendalam masih diperlukan untuk meminimalisir limbah padat serat ini untuk digunakan sebagai sumber bahan bakar.

Kata kunci: *Boiler, serat, cangkang, udara berlebih dan emisi*DOI: <https://doi.org/10.29103/cejs.v3i1.8143>**1. Pendahuluan**

Kebutuhan dunia akan sumber energi semakin meningkat, sehingga sumber energi terbarukan menjadi alternatif pengganti bahan bakar fosil yang semakin

menipis. Salah satu jenis sumber energi terbarukan berasal dari pembakaran limbah biomassa, yang juga disebut bahan bakar padat, untuk menghasilkan panas dan energi. Berbagai jenis biomassa akan digunakan sebagai bahan bakar, salah satunya yaitu tandan buah kosong kelapa sawit, sejenis biomassa yang terdapat dalam produksi minyak sawit di Indonesia. Karena Indonesia adalah produsen minyak sawit terbesar, menghasilkan 30 juta TKKS (Hambali, dkk 2017).

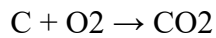
Pembakaran biomassa pada boiler merupakan reaksi antara oksigen dan bahan bakar berupa cangkang dan serat yang menghasilkan panas. Oksigen diambil dari udara yang berkomporsi 21% oksigen, nitrogen 79% (persentase volume) atau 77% oksigen serta 23% nitrogen (persentase massa). Unsur terbanyak yang terkandung dalam bahan bakar biomassa adalah karbon, hidrogen dan sedikit sulfur. Komposisi biomassa cangkang dan serat ditunjukkan pada Tabel 1.

Tabel 1. Komposisi Cangkang dan Serat (Fiber) Kelapa Sawit

Analisa	Serat (Fiber)	Cangkang (Shell)
<i>Proxonal analysis</i> (wt%)	Moisture : 31.84 Fixed carbon : 48.61 Volatile matters : 13.2 Ash : 6.35	Moisture : 12 Fixed carbon : 68.12 Volatile matters : 16.3 Ash : 3.5
<i>Utanal analysis</i> (wt%)	Ash : 8.4 Carbon : 47.2 Hydrogen : 6 Chlorine : 0 Sulfur : 0.3 Oxygen : 36.7	Ash : 3.2 Carbon : 52.4 Hydrogen : 6.3 Chlorine : 0 Sulfur : 0.3 Oxygen : 37.3

Pembakaran biomassa pada umumnya terdiri dari 2 tahap yaitu:

- a. Gasifikasi: biomassa + oksigen → fuel gas
 - $C + CO_2 \rightarrow 2CO$
 - $C + 2H_2 \rightarrow CH_4$
 - $C + H_2O \rightarrow CO + H_2$
 - $CO + H_2O \rightarrow CO_2 + H_2$
- b. Pembakaran: biomassa + oksigen stoikiometri → hot combustion product
 - $C + \frac{1}{2}O_2 \rightarrow CO$



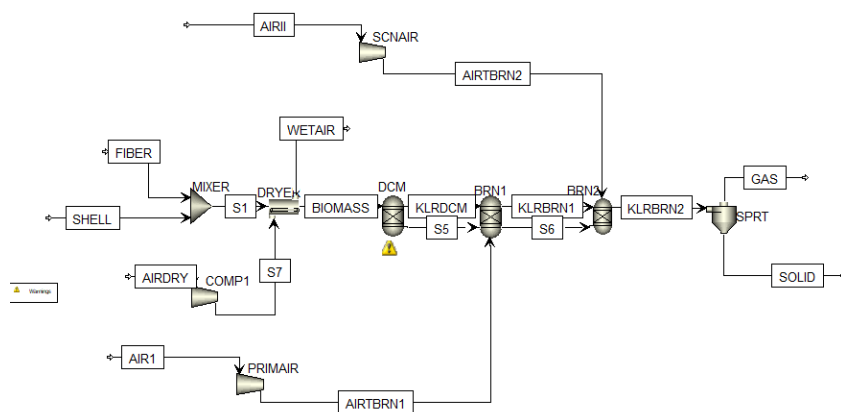
Emisi yang dihasilkan selama pembakaran serat dan cangkang sangat dipengaruhi oleh rasio serat dan cangkang juga udara berlebih. Pada penelitian ini rasio perbandingan serat/cangkang 80:20, 75:25, dan 67:33 dengan persentase udara berlebih 90%, 120%, dan 150%. Hal tersebut untuk mengurangi asap emisi yang di hasilkan dari pembakaran biomassa.

2. METODE PENELITIAN

Proses penelitian ini dilakukan dengan pemodelan yang terdiri atas dua bagian yaitu :

1. Properties yang digunakan Aspen Plus
2. Simulation menggunakan Aspen Plus

Software yang digunakan adalah perangkat lunak Aspen Plus V8.8. Proses simulasi untuk penelitian dimulai dari tahapan properties dengan memasukkan data seperti yang tertera pada Gambar 1 berupa pengisian komponen yang dipilih dan yang digunakan serta method yang digunakan yaitu ideal



Gambar 1. Pemodelan simulasi

Tahapan berikutnya yaitu tahap simulation. Tahapan ini berupa proses penggambaran flowsheet untuk proses secara keseluruhan meliputi proses biomass dekomposisi, reaksi volatil, char gasification, dan gas - solid separation. Fase-fase tersebut terjadi dalam beberapa blok reaktor yang digunakan untuk simulasi, yaitu

antara lain blok R. Yield, R. Gibbs R.Stoi dan separasi. Simulation flow-sheet yang digambarkan menggunakan perangkat lunak Aspen Plus V10.10, dapat dilihat pada Gambar 1. Selanjutnya dilakukan input data kondisi operasi alat dan kondisi bahan baku yang digunakan untuk proses simulasi yang ditunjukkan Tabel 2 dan 3.

Proses Biomass decomposition diwakili R.yield (Reactor Yield), dan digunakan sebagai reaktor non stoikiometrik berdasarkan distribusi hasil yang diketahui. R. Yield dapat melakukan perhitungan neraca massa dan energi berdasarkan nilai yield yang diberikan. Dan reaktor ini juga dapat mensimulasikan laju yang masuk tanpa diketahui secara pasti, tetapi diketahui komponen hasilnya. Serta dapat menspesifikasikan produk yield, dimana reaktor ini tidak memerlukan molar balance, atom balance, dan stoikiometri.

Volatile reactions terjadi pada Reaktor Burn I (Reactor Gibbs, RGibbs) digunakan untuk reaksi dan kesetimbangan multifasa berdasarkan minimalisasi energi bebas Gibbs. R. Gibbs, tidak memerlukan jenis reaksi yang terjadi, dan menspesifikasikan stoikiometri. Biasanya reaktor ini digunakan untuk mengeksplorasi kemungkinan termodinamika yang terjadi di dalam reaktor tersebut. Pada reaktor ini bisa memilih kesetimbangan yang diperhitungkan, reaktor ini juga dapat mempertimbangkan kesetimbangan fase dan kimia secara simultan dengan menentukan energi bebas gibbs dan phase splitting.

Sebagai hasil dari reaksi terjadi antara bahan bakar dan udara, berupa gas buang yang terdiri dari karbon, hidrogen, oksigen, karbon monoksida, karbon dioksida, uap air, nitrogen, belerang, nitrogen dioksida, nitrogen trioksida, dan belerang dioksida. Char gasification merupakan reaksi yang terjadi pada reaktor stoikiometri R. Stoi, hal ini dilakukan untuk kesempurnaan reaksi. Tahap akhir dari proses dilakukan gas-solid separation pada separate. Selanjutnya dilakukan proses run simulation tersebut sehingga dapat dilihat hasilnya pada result summary.

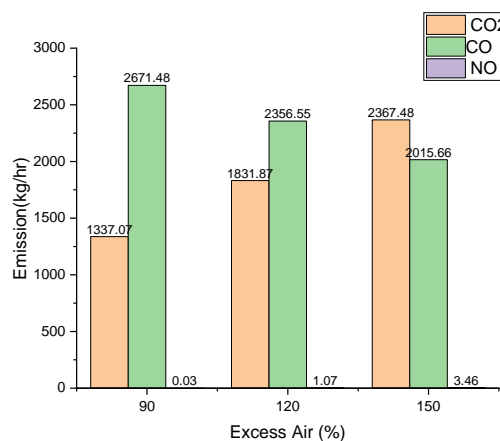
3. HASIL DAN DISKUSI

Hasil dari penelitian ini adalah menggambarkan proses pembakaran pada alat proses boiler di pabrik kelapa sawit yang dilakukan terhadap 4 proses yaitu pengeringan (*dryer*) menggunakan alat *dryer*, dekomposisi (*pyrolysis*) menggunakan reaktor yield (DCOMP), char combustion dan gasification menggunakan reaktor gibs (BRN-01 dan BRN-02), serta pemisahan emisi gas dan emisi padatan (Ash) disimulasikan menggunakan *cyclone (separate), compressor*, Kemudian dilakukan penentuan grafik variabel hasil penelitian yang menggunakan aplikasi *Microsoft Excel 2016*.

3.1 Pengaruh Perbandingan 80 % *Fiber* dan 20 % *Shell* Terhadap *Enthalpy Flow, Flowrate Ash, dan Emisi*

Adapun hasil eksperimen penelitian simulasi proses pembakaran fiber dan shell terhadap *enthalpy flow, Flowrate ash* dan *Emisi* dapat dilihat pada Tabel 3.1

Adapun hasil perbandingan fiber dan shell serta primary air dalam pembakaran boiler di pabrik kelapa Sawit (PKS) dapat dilihat pada gambar 3.1



Gambar 3.1 Perbandingan fiber dan shell serta primary air

Adapun hasil yang di dapatkan yaitu dihasilkan emisi dari perbandingan fiber dan shell (80/20) serta primary air 30%,20%,10% dan excess air (90%, 120% dan 150%) mendapatkan nilai emisi CO2 terendah yaitu 1345.2317 kg/jam pada excess air 90 % sedangkan emisi CO yang dihasilkan dari pembakaran

mendapatkan nilai terendah yaitu 2349.2704kg/jam pada excess air 120 % dan emisi H₂O yang dihasilkan dari kondisi proses yang sama didapatkan nilai emisi yang terendah yaitu 0.03 kg/jam pada excess air 90 %.

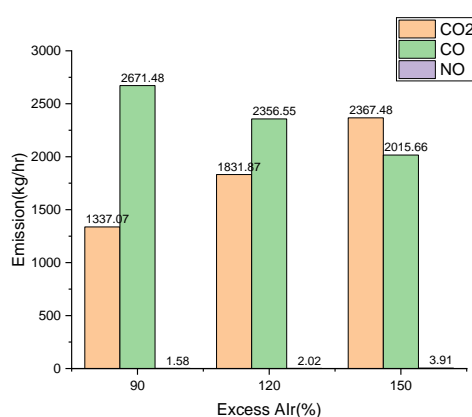
3.2 Pengaruh perbandingan 75% fiber dan 25% shell terhadap enthalphy flow, Flowrate ash dan Emisi

Adapun hasil eksperimen penelitian simulasi proses pembakaran fiber dan shell terhadap *enthalphy flow*, *Flowrate ash* dan *Emisi* dapat dilihat pada Tabel 3.2

Tabel 3.2 Pengaruh Perbandingan 75 % Fiber dan 25 % Shell Terhadap *Enthalphy Flow*, *Flowrate Ash*, dan Emisi

Rasio Fiber/Shell	Presentase Primary	Excess Air (%)	Enthalpy Flow (Gcal/hr)	Flowrate Ash (Kg/hr)	CO ₂	CO	NO
75/25	30,20,10	90	-5.80	540.0039	1342.08	2668.28	0.37
		120	-5.80	540.0038	1838.91	2352.07	1.47
		150	-5.81	540.0034	2374.94	2010.91	3.46

Adapun hasil perbandingan fiber dan shell serta primary air dalam pembakaran boiler di pabrik kelapa Sawit (PKS) dapat dilihat pada gambar 3.2



Gambar 3.2 Perbandingan fiber dan shell serta primary air

Dihasilkan emisi dari perbandingan fiber dan shell (75/25) serta primary air 30%,20%,10% dan excess air (90%, 120% dan 150%) mendapatkan nilai emisi

CO₂ terendah yaitu 1342.08kg/jam pada excess air 90 % sedangkan emisi CO yang dihasilkan dari pembakaran mendapatkan nilai terendah yaitu 2010.91 kg/jam pada excess air 150 % dan emisi H₂O yang dihasilkan dari kondisi proses yang sama didapatkan nilai emisi yang terendah yaitu 0.37 kg/jam pada excess air 90 %.

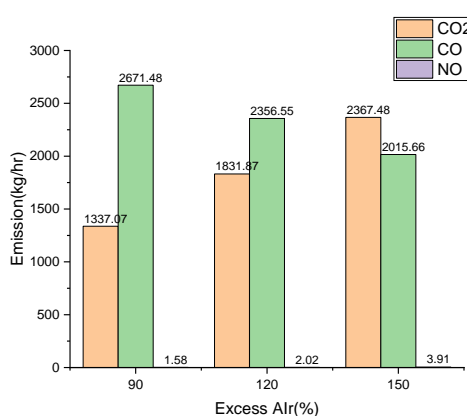
3.3 Pengaruh perbandingan 67 % fiber dan 33% shell terhadap enthalphy flow, Flowrate ash dan Emisi

Adapun hasil eksperimen penelitian simulasi proses pembakaran fiber dan shell terhadap *enthalphy flow*, *Flowrate ash* dan *Emisi* dapat dilihat pada Tabel 3.3

Tabel 3.3 Pengaruh Perbandingan 75 % Fiber dan 25 % Shell Terhadap *Enthalpy Flow*, *Flowrate Ash*, dan Emisi

Rasio Fiber/Shell	Presentase Primary	Excess Air (%)	Enthalpy Flow (Gcal/hr)	Flowrate Ash (Kg/hr)	CO ₂	CO	NO
67/33	30,20,10	90	-6.80	540.0029	1345.23	2666.28	1.58
		120	-6.80	540.0031	1843.32	2349.27	2.02
		150	-6.81	540.0034	2379.58	2379.58	3.91

Adapun hasil perbandingan fiber dan shell serta primary air dalam pembakaran boiler di pabrik kelapa Sawit (PKS) dapat dilihat pada gambar 3.3



Dihasilkan emisi dari perbandingan fiber dan shell (67:33) serta primary air 30%,20%,10% dan excess air (90%, 120% dan 150%) mendapatkan nilai emisi CO₂ terendah yaitu 1337.07 kg/jam pada excess air 90 % sedangkan emisi CO yang

dihasilkan dari pembakaran mendapatkan nilai terendah yaitu 2015.66 kg/jam pada excess air 150 % dan emisi NO yang dihasilkan dari kondisi proses yang sama didapatkan nilai emisi yang terendah yaitu 1.58 kg/jam pada excess air 90 %.

4. KESIMPULAN

Dari simulasi yang sudah dilakukan menggunakan *software* komputasi *Aspen Plus V.10.10* didapatkan hasil kesimpulan sebagai berikut :

1. Pada proses pembakaran dengan perbandingan pada 67% fiber dan 33% shell terhadap *enthalphy flow. flowrate ash*, dan emisi yaitu didapati nilai emisi CO₂ yang tertinggi sebesar 2367,48 , nilai emisi CO yang tertinggi sebesar 2672,48, dan nilai NO tertinggi yang didapatkan sebesar 3.91.
2. Pada proses pembakaran dengan perbandingan pada 75% fiber dan 25% shell terhadap *enthalphy flow. flowrate ash*, dan emisi yaitu didapati nilai emisi CO₂ yang tertinggi sebesar 2367,49 , nilai emisi CO yang tertinggi sebesar 2668,38, dan nilai NO tertinggi yang didapatkan sebesar 3.46.
3. Pada proses pembakaran dengan perbandingan pada 80% fiber dan 22% shell terhadap *enthalphy flow. flowrate ash*, dan emisi yaitu didapati nilai emisi CO₂ yang tertinggi sebesar 2367,58 , nilai emisi CO yang tertinggi sebesar 2379,58, dan nilai NO tertinggi yang didapatkan sebesar 3.46
4. Hasil simulasi yang di dapatkan pada nilai perbandingan yang terbaik yaitu 80 % fiber dan 20 % shell dikarenakan nilai emisi yang didapatkan dari beberapa perbandingan mendapatkan nilai emisi paling rendah yaitu 1337 kg/hr CO₂, 2015 % CO, dan 0.03 % NO.

5. DAFTAR PUSTAKA

- Badrun, y. (2010). Emisi udara industri pengolahan kelapa sawit di kabupaten rokan hilir. In *jurnal photon* (vol. 1, issue 1).
- Froderson, s., berghel, j., & renström, r. (2013). The potential of using two-step drying techniques for improving energy efficiency and increasing drying capacity in fuel pellet industries. *Drying technology*, 31(15), 1863–1870.
<https://doi.org/10.1080/07373937.2013.833520>

- Halim shah ismail, m., haddadian, z., & amin shavandi, m. (n.d.-a). Process simulation and optimization of palm oil waste combustion using aspen plus. *Research journal in engineering and applied sciences*, 1(5), 266–273. [Www.emergingresource.org](http://www.emergingresource.org)
- Hambali, e., & rivai, m. (2017). The potential of palm oil waste biomass in indonesia in 2020 and 2030. *Iop conference series: earth and environmental science*, 65(1). <https://doi.org/10.1088/1755-1315/65/1/012050>
- Han, j., & kim, j. (2018a). Process simulation and optimization of 10-mw efb power plant. In *computer aided chemical engineering* (vol. 43, pp. 723–729). Elsevier b.v. <https://doi.org/10.1016/b978-0-444-64235-6.50128-5>
- Hi, j., jabatan, m., bandar lampung untukmelaksanakankegiatan di bidangpenelitian, d., efisiensi boiler pabrik kelapa sawit dengan menggunakan bahan bakar fibre dan cangkang, a., & lampung, b. (n.d.).
- Klavina, k., žandekis, a., rochas, c., & zagorskis, a. (2014a). *Low temperature drying as a solution for sustainable use of biomass srcplus-short rotation coppice for local supply chains and heat use view project*. [Http://www.mla.vgtu.lt](http://www.mla.vgtu.lt)
- Mekar, r., kinasti, a., djoko, ;, & notodisuryo, n. (2017). *Pemanfaatan limbah pembakaran batubara (bottom ash) pada pltu suralaya sebagai media tanam dalam upaya mengurangi pencemaran lingkungan* (vol. 6, issue 2).
- Pusat statistik, s. (n.d.-a). *Statistik kelapa sawit indomesia indonesian oil palm statistic9 2019*.
- Sitepu, t., hadi, s., & silaban, p. (2014). Perancangan heat recovery steam generator (hrsg) yang memanfaatkan gas buang turbin gas di pltg pt. Pln (persero) pembangkitan dan penyaluran sumatera bagian utara sektor belawan. *Jurnal e-dinamis*, 8(4).
- Studi integrasi torrefaction sebagai pre-treatment tandan kosong kelapa sawit pada co-firingbiomassadengan pendekatan computational fluid dynamics*. (n.d.). Retrieved october 13, 2021, from https://repository.its.ac.id/55008/1/02311650020004-master_thesis.pdf
- Suntivarakorn, r., & treedet, w. (2016). Improvement of boiler's efficiency using heat recovery and automatic combustion control system. *Energy procedia*, 100, 193–197. <https://doi.org/10.1016/j.egypro.2016.10.164>
- Svoboda, k., martinec, j., pohořelý, m., & baxter, d. (2009). Integration of biomass drying with combustion/gasification technologies and minimization of emissions of organic compounds. In *chemical papers* (vol. 63, issue 1, pp. 15–25). <https://doi.org/10.2478/s11696-008-0080-5>
- Sylvia, n., husin, h., muslim, a., & yunardi, d. (2020). Analisa pengaruh rasio serat dan cangkang dengan udara berlebih terhadap emisi proses pembakaran pada boiler pabrik kelapa sawit. In *journal of mechanical engineering* (vol. 4, issue 2).
- Wibisono, g., ismail yusuf, m., hie khwee, k., studi teknik elektro, p., & teknik elektro, j. (n.d.). *Analisis potensi fiber dan cangkang kelapa sawit sebagai sumber pembangkit listrik tenaga uap (pltu) di pt. Pundi lahan khatulistiwa*.
- Ziembicki, p., koziół, j., bernasiński, j., & nowogoński, i. (2019). Innovative system for heat recovery and combustion gas cleaning. *Energies*, 12(22). <https://doi.org/10.3390/en12224255>

