

Analisis Pemanfaatan Limbah Tandan Kosong Kelapa Sawit Sebagai Cofiring pada PLTU Batubara

Muhammad Farizan Praevia¹, Widayat²

¹Magister Energi, Sekolah Pascasarjana, Universitas Diponegoro;

²Departemen Teknik Kimia, Fakultas Teknik, Universitas Diponegoro;

Email : farizanpraevia@students.undip.ac.id (M.F.P), widayat@lecturer.undip.ac.id (W);

Abstrak : Pemerintah Indonesia melalui Rencana Umum Energi Nasional (RUEN) menetapkan kebijakan bauran EBT sebesar 23% di tahun 2025. Salah satu upaya yang dilakukan adalah dengan *cofiring* biomassa pada PLTU Batubara. Indonesia sebagai negara penghasil kelapa sawit terbesar di dunia, otomatis menghasilkan limbah yang besar. Dari 1 ton Tandan Buah Segar (TBS), dihasilkan sebanyak 21% Tandan Kosong Kelapa Sawit (TKKS). Tandan kosong kelapa sawit dibiarkan menumpuk dan tidak dimanfaatkan. Tandan kosong kelapa sawit dapat dimanfaatkan sebagai bahan bakar pembangkit uap dan listrik. Beberapa peneliti mengidentifikasi potensi tandan kosong kelapa sawit sebagai sumber energi terbarukan. Tandan kosong kelapa sawit dapat dijadikan *cofiring* pada PLTU Batubara eksisting dengan metode *direct cofiring*. Tandan kosong kelapa sawit dimixing dengan batubara sebelum masuk ke unit Boiler. Untuk mengurangi dampak dari abu hasil pembakaran biomassa, seperti *alkali content*, kadar air yang tinggi, *calorific value* yang rendah direkomendasikan proses peningkatan kualitas bahan bakar dengan cara *Hydrothermal Treatment* (HT). Metode ini disebut juga proses torefaksi, dimana memanaskan tandan kosong sawit pada temperatur 200°C – 300°C selama 15 – 60 menit. Hasil pemanasan diperoleh *char* (biomassa terkarbonasi) dengan kualitas yang sama dengan batubara. Penelitian menunjukkan dengan mengalami proses karbonasi dengan *hydrothermal treatment* diperoleh kenaikan *calorific value* tandan kosong dari 7,86 MJ/kg menjadi 22,22 MJ/kg (dibanding dengan batubara 22,34 MJ/kg). Skenario ini dapat dijadikan acuan bagi pemerintah Indonesia untuk terus berupaya mengurangi pemakaian bahan bakar fosil. Lebih lanjut terdapat beberapa penelitian terkait yang fokus mengidentifikasi rasio perbandingan biomassa dan batubara sebelum dibakar disuatu PLTU batubara eksisting.

Kata Kunci : Tandan Kosong Kelapa Sawit (TKKS), Biomassa, *Cofiring*, *Hydrothermal Treatment*, *Char*, Torefaksi

Abstract : The Indonesia Government through the Rencana Umum Energi Nasional (RUEN) has set a policy for the Renewable Energy mixing by 23% in 2025. One of the potential efforts made is by *cofiring* biomass in coal-fired power plants. Indonesia has the largest palm oil plantation the world, its produces a large amount of waste. From one ton of Palm Oil Fruit Bunches, 21% of Empty Fruit Bunches produced. Empty Fruit Bunches just accumulated and not be utilized. Empty Fruit Bunches can be used as fuel for steam and electricity generation. Several researchers identified the potential of Empty Fruit Bunches as the renewable energy source. Empty Fruit Bunches can be used as *cofiring* in

the existing coal fired power plant using the direct cofiring method. Empty Fruit Bunches are mixed with coal before entering the Boiler unit. To reduce the impact of biomass burning ash, such as alkaline content, high water content, low calorific value, it is recommended to improve fuel quality by using Hydrothermal Treatment (HT). This method is also called the torrefaction process, which heats Empty Fruit Bunches at a temperature of 200°C – 300°C for 15 – 60 minutes. The heating results obtained char (carbonated biomass) with the same quality as coal. The study showed that by undergoing the carbonation process with hydrothermal treatment, the calorific value of empty bunches increased from 7.86 MJ/kg to 22.22 MJ/kg (compared to coal 22.34 MJ/kg). This scenario can be used as the references for the Indonesian government to continue to reduce the use of fossil fuels. Furthermore, there are several related studies that focus on identifying the ratio of the ratio of biomass and coal before being burned in an existing coal power plant.

Keywords : Empty Fruit Bunches, Biomass, Cofiring, Hydrothermal Treatment, Char, Torrefaction

1. Pendahuluan

Kebutuhan energi Indonesia meningkat seiring dengan peningkatan jumlah penduduk. Strategi pemerintah dalam perencanaan energi nasional tertuang didalam Peraturan Presiden Republik Indonesia No. 22 Tahun 2017 tentang Rencana Umum Energi Nasional. Rencana Umum Energi Nasional (RUEN) disusun oleh Pemerintah Pusat dan ditetapkan oleh Dewan Energi Nasional untuk jangka waktu sampai dengan tahun 2050. RUEN dijadikan sebagai pedoman untuk memberi arah pengelolaan energi nasional guna mewujudkan kemandirian energi dan ketahanan energi nasional untuk mendukung pembangunan nasional berkelanjutan. Peranan energi sangat penting bagi peningkatan kegiatan ekonomi dan ketahanan nasional. Energi dikelola berdasarkan asas kemanfaatan, efisiensi, berkeadilan, peningkatan nilai tambah, keberlanjutan, kesejahteraan masyarakat, pelestarian fungsi lingkungan hidup, ketahanan nasional, dan keterpaduan dengan mengutamakan kemampuan nasional sesuai dengan UU No. 30 Tahun 2007 tentang Energi. Komitmen Indonesia dalam memberikan kontribusi terhadap solusi perubahan iklim global dan komitmen Indonesia sebagai penandatanganan *Paris Agreement* menurunkan emisi gas rumah kaca sebesar 29% di tahun 2030. Target ini telah dituangkan dalam Rencana Umum Energi Nasional (RUEN) dengan meningkatkan bauran Energi Baru dan Terbarukan sebesar 23% di tahun 2025.

Salah satu usaha dalam menaikkan presentase EBT sesuai bauran energi tahun 2025 adalah dengan *cofiring* biomassa dan batubara pada PLTU batubara yang sudah ada. Biomassa dipilih karena saat dibakar menghasilkan emisi yang lebih sedikit dibanding dengan bahan bakar fosil dan mudah untuk diproses. Penggunaan pada pembangkit biomassa dicampur melalui peralatan penggiling/*grinding* atau dengan pengumpan/*feeder*, selanjutnya dicampur dengan batubara ataupun menggunakan boiler terpisah. Teknologi dengan pembakaran langsung batubara dan biomassa disebut dengan *cofiring* lebih hemat biaya (Tilman, 2017). Terdapat beberapa jenis limbah biomassa di Indonesia yang dapat dioptimalkan sebagai sumber energi, salah satunya adalah limbah kelapa sawit.

Indonesia sebagai penghasil kelapa sawit terbesar di dunia, tentunya limbah sawit yang dihasilkan juga sangat besar. Limbah kelapa sawit adalah sisa hasil dari proses budidaya tanaman kelapa sawit, industri pengolahan sawit (PKS) menjadi CPO, maupun pengolahan bagian kernel menjadi minyak inti sawit /Palm Kernel Oil (PKO). Limbah padat yang dihasilkan dari sekitar 35% –

40% dari total TBS yang diolah dalam bentuk tandan kosong, serat, cangkang buah, abu bakar dan bungkil sawit.

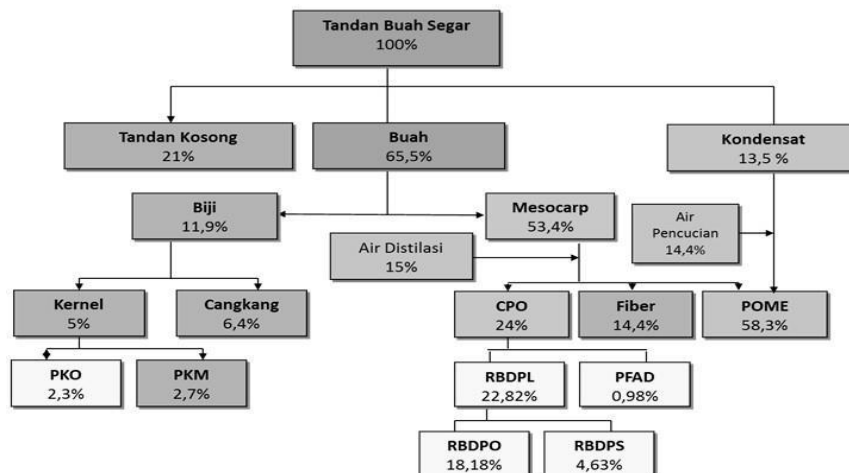


Gambar 1. Tandang Kosong Kelapa Sawit

Limbah tandan kosong kelapa sawit adalah limbah padat terbesar dari dimana saat ini belum dimanfaatkan. Jika cangkang buah sudah dimanfaatkan sebagai bahan bakar *boiler* di pabrik pengolahan kelapa sawit, tandan kosong kelapa sawit masih belum *massive* pemanfaatannya. Selama ini, tandan kosong hanya dimanfaatkan sebagai penimbun tanah atau terkadang dijadikan pupuk kompos. Sisa tandan kosong kelapa sawit dibiarkan menumpuk. Apabila penumpukan dibiarkan maka tandan kosong kelapa sawit dapat menimbulkan permasalahan sampah (Gusman, 2016). Tandan kosong dapat dimanfaatkan sebagai bahan bakar karena memiliki nilai kalor sebesar 2900 kal/gram. Potensi pemanfaatan biomassa yang dihasilkan dari pabrik kelapa sawit harus mempertimbangkan beberapa karakteristik utama, praktik, dan jumlah yang tersedia (Garcia-Nunez, 2016). Evolusi dari pabrik kelapa sawit dari limbah biomassa untuk membuat *biorefinery* membutuhkan biaya yang sangat tinggi untuk pengembangannya. Perkembangan serupa telah dilakukan di Malaysia baru-baru ini dengan menganalisis tujuh teknologi yang memanfaatkan residu kelapa sawit. Teknologi tersebut meliputi produksi etanol, produksi briket, pemulihan metana, biofuel sebagai kombinasi panas listrik, dan pembangkit listrik (CHP). Dimana berdasarkan studi tersebut pengaplikasian sebagai bahan bakar pembangkit merupakan cara yang paling mudah dilakukan. Tujuan dari penulisan jurnal ini adalah untuk mengkaji dan menganalisis potensi pemanfaatan limbah tandan kosong kelapa sawit sebagai *cofiring* pada PLTU batubara.

2. Limbah Tandan Kosong Kelapa Sawit

Kelapa sawit mendominasi perkebunan di Indonesia, terutama wilayah Sumatera dan Kalimantan. Tinggi pohon kelapa sawit mencapai 20 – 24 meter. Setiap pohon dapat menghasilkan 20 tandan buah segar per tahun dengan berat satuan buah mencapai 20 kg (Gusman, 2016). Pabrik kelapa sawit menghasilkan limbah biomassa baik berbentuk padat maupun cair. Biomassa pengolahan pabrik kelapa sawit terdiri dari *Mesocarf Fibre*, *Palm Kernel Shell*, *Tandan Kosong Kelapa Sawit* (Empty Fruit Bunch/ TKKS), dan *Palm Oil Mills Effluent* (POME). Neraca massa pengolahan kelapa sawit ditunjukkan pada Gambar 2.



Gambar 2. Neraca Massa Pengolahan Kelapa Sawit

Berdasarkan Gambar 2, setiap pengolahan 1 ton Tandans Buah Segar (TBS), menghasilkan buah sebesar 65,5% sementara sisanya merupakan tandans kosong. Proses pengolahan minyak sawit diawali dengan penimbangan tandans buah segar pada loading ramp. Loading ramp berfungsi sebagai penampung sementara tandans buah segar sebelum diteruskan menuju lori buah. Tandans buah segar diangkut lori buah menuju unit perebusan atau steriliser. Perebusan tandans buah segar bertujuan untuk mempermudah pelepasan brondolan buah, menghilangkan asam lemak bebas, mempermudah proses pelepasan inti sawit dari cangkang, mengurangi kadar air pada brondolan, dan membantu proses pemecahan emulsi (Gusman, 2016).

Tandans buah yang sudah disterilisasi akan melalui proses *threshing*. *threshing* merupakan proses pelepasan brondolan buah dari tandannya. Brondolan buah yang terlepas akan diteruskan menuju digester. Selanjutnya buah mengalami beberapa tahapan hingga diperoleh CPO. Sedangkan tandans kosong yang sudah terpisahkan diangkut ke tempat penyimpanan dan menumpuk. Tandans kosong hasil proses rebusan dan perontokan mengandung kadar air sebesar sekitar 65% (Nugraha, 2018), dengan kadar air sebesar ini terdapat beberapa penelitian dan studi mengembangkan teknologi *pretreatment* sebelum dijadikan bahan bakar boiler. Selain itu bentuk fisik tandans kosong juga masih berbentuk seperti tandans atau janjangan seperti Gambar 1. Bentuk fisik seperti ini juga menyulitkan proses pengolahan limbah tandans kosong ini, karena memiliki bentuk, densitas dan kekerasan yang berbeda. Terdapat beberapa teknologi peningkatan kualitas limbah tandans kosong kelapa sawit yang saat ini sedang berkembang, diantaranya adalah: *biopellet*, *hydrothermal treatment*, dan *torrefaction*. Metode yang sudah sering dikaji efektif dalam meningkatkan kualitas biomassa baik secara fisis dan kandungan kimia adalah *Hydrothermal Treatment* (HT).

3. *Hydrothermal Treatment* (HT)

Sejumlah penelitian telah mengusulkan proses pencucian biomassa sebelum dijadikan bahan bakar, tujuan pencucian ini adalah untuk menghilangkan elemen bermasalah dari biomassa (Nasution, 2014). Perlakuan hidrotermal (HT) dikenal untuk mengkonversi limbah padat kadar air tinggi menjadi kering, seragam, bubuk, bahan bakar padat seperti batu bara. Selain itu, HT juga dapat menghilangkan anorganik seperti Ca, S, P, Mg, K Fe, dan Mn dari biomassa. Kombinasi dari dua pra-perlakuan, HT, dan mencuci, layak untuk diselidiki untuk memaksimalkan efektif dalam

meningkatkan sifat fisik, bahan bakar sifat serta mengurangi kadar abu khususnya unsur kalium dari tandan kosong sawit.

Hidrotermal merupakan metode konversi kimia yang digunakan untuk meningkatkan kualitas bahan bakar padat biomassa. Hidrotermal sering disebut dengan proses Torefaksi. Torefaksi atau pengarangan, merupakan perlakuan termal biomassa tanpa adanya oksigen selama kurang lebih 15 – 60 menit pada temperatur 200°C – 300°C dan tekanan atmosferik (Idris, et. al, 2012). Hasilnya, biomassa akan berubah menjadi produk yang menyerupai arang. Transformasi torefaksi adalah proses dengan efisiensi tinggi (konversi 85% – 95%). Perlakuan panas tidak hanya mengubah struktur serat, tetapi juga keuletan dari biomassa. Selama proses torefaksi, biomassa akan mengalami devolatisasi yang menyebabkan penurunan berat, tetapi kandungan energi awal dari biomassa yang telah mengalami torefaksi tersebut tetap terjaga dalam produk padatan sehingga densitas energi dari biomassa menjadi lebih tinggi dibanding biomassa awal.

Perbandingan antara kualitas batubara, tandan kosong sawit murni, dan tandan kosong sawit setelah di hidrotermal ditunjukkan pada Tabel 1.

Tabel 1.

Perbandingan kualitas Batubara, Tandan Kosong Murni, dan Tandan Kosong Hidrotermal
(Darmawan, et. al, 2017)

Komponen	Paramater	Batubara	Tandan Kosong	Tandan Kosong Hidrotermal
Analisis Proksimat (% berat)	<i>Fixed Carbon</i>	40,23	6,43	28,62
	<i>Volatile Matter</i>	41,57	33,09	62,57
	<i>Moisture</i>	17,30	58,00	3,00
	<i>Ash</i>	0,9	2,48	5,82
Analisis Ultimat (% berat)	C	56,98	17,58	52,72
	H	3,69	2,48	5,33
	O	18,13	19,22	31,95
	N	2,83	0,71	0,85
	S	0,17	0,00	0,00
	<i>Calorific Value (MJ/kg)</i>	22,34	7,86	22,22

Berdasarkan data diatas, dapat dilihat bahwa setelah tandan kosong mengalami proses karbonasi dengan hidrotermal diperoleh kenaikan *calorific value* dari 7,86 MJ/kg menjadi 22,22 MJ/kg. Nilai kalor tandan kosong mendekati dengan batubara. Dengan adanya *treatment* ini kualitas bahan bakar menjadi lebih baik. Selain *calorific value*, parameter penting lain adalah kadar air. Sifat tandan kosong yang berserabut, dan hidrofilik, membuat air tidak mudah meninggalkan tandan kosong (Idris, et. al, 2012). Air yang terkandung pada tandan kosong ini tidak dapat dikurangi dengan pengeringan biasa. Berdasarkan penelitian yang dilakukan oleh Idris, setelah dilakukan torefaksi selama 30 menit pada suhu 300 derajat, tandan kosong mengalami penurunan kadar air sebanyak 31,8%. Selain pengurangan kadar air yang cukup signifikan, melalui torrefaksi yang diusulkan, warna tandan kosong yang terbakar menjadi lebih gelap karena perubahan suhu yang meningkat dari cokelat muda ke cokelat gelap (Gambar 3). Perubahan warna ini disebabkan oleh devolatisasi biomassa dan peningkatan kandungan karbon dengan meningkatnya suhu torefaksi. Keadaan vakum, dimana tandan kosong tidak kontak langsung dengan udara bebas, yang diusulkan membuat perubahan

warna tandan kosong hidrotermal tidak terlihat secara signifikan. Proses hidrotermal sering juga disebut dengan proses karbonisasi dimana dihasilkan produk berupa *char*.

Perubahan fisik juga terjadi selama proses hidrotermal ini. Struktur tandan kosong yang ulet dan berserat kuat, sebagian besar hancur melalui pemecahan hemiselulosa dan tingkat molekul selulosa menjadi lebih rendah. Hal ini membuat tandan kosong hidrotermal menjadi rapuh dan mudah digiling.



Gambar 3. Perubahan warna Tandan Kosong Setelah Hidrotermal

Mekanisme dari *hydrothermal treatment* didasarkan pada reaksi dari 3 komponen utama biomassa, yaitu hemiselulosa, selulosa, dan lignin (Idris et. al, 2012). Pada temperatur 200°C, hemiselulosa mengalami devolatisasi secara terbatas dan pengarbonan (biomassa mulai berwarna kecoklatan). Saat devolatisasi dilanjutkan dengan temperatur sekitar 250-260°C, lignin dan selulosa sedikit mengalami dekomposisi yang tidak menyebabkan kehilangan berat biomassa secara signifikan.

Perbedaan reaksi pada hemiselulosa, selulosa, dan lignin yang menghasilkan 2 jenis torefaksi. Yang pertama adalah torefaksi ringan dengan temperatur di bawah 240°C dan ditandai oleh dekomposisi yang signifikan dari hemiselulosa. Sedangkan yang kedua adalah torefaksi berat (severe torefaksi) yang terjadi di atas 270°C dan ditandai oleh reaksi selulosa dan lignin. Pada proses inilah biomassa berubah menjadi *char*.

4. Teknologi Cofiring PLTU Batubara

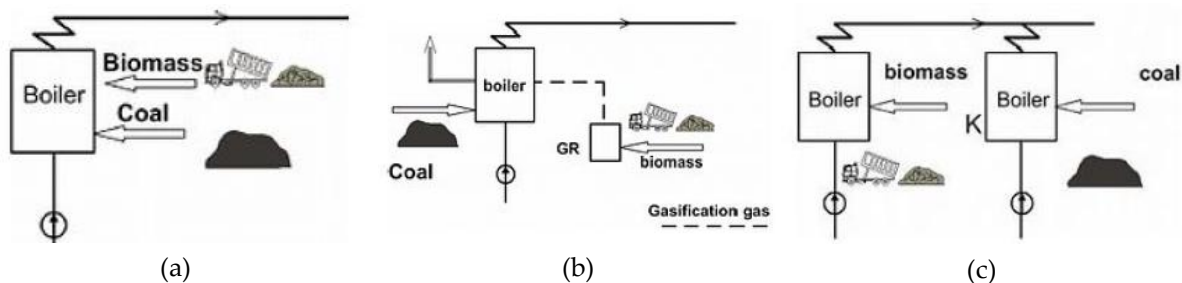
Pemerintah Republik Indonesia melalui PT Pembangkitan Jawa-Bali (PT PJB), sebuah anak perusahaan PT PLN, BUMN produsen listrik yang menyuplai kebutuhan listrik di dengan kapasitas total 6.511 Megawatt mencanangkan program *cofiring* PLTU ini. *Cofiring* batubara dengan limbah biomassa dilaksanakan dengan tujuan mengurangi penggunaan energi fosil yang tidak terbarukan, mengurangi emisi karbon, dan peningkatan komposisi bauran EBT dalam total bauran energi nasional dengan cara yang relatif cepat dan mudah.

Cofiring merupakan proses penambahan biomassa sebagai bahan bakar pengganti parsial ke dalam boiler batubara tanpa melakukan modifikasi yang signifikan (Surjosatyo, 2018). Tujuan dari *cofiring* adalah untuk mengurangi penggunaan energi fosil yang tidak terbarukan. Meskipun biomassa merupakan sumber energi potensial, perilakunya jauh berbeda dengan batubara. Oleh karena itu, penting untuk memahami perilaku batubara dan biomassa serta pengaruhnya terhadap

efisiensi pembakaran (Idris, et. al, 2012). Pembakaran bersama batubara-biomassa adalah salah satu jangka pendek yang menjanjikan alternatif penggunaan bahan bakar terbarukan dengan tujuan mengurangi dari emisi CO₂. Selain itu, penggunaan biomassa dapat mewakili alternatif untuk pembuangan limbah dan pemanfaatannya sebagai yang terbarukan sumber energi (Darmawan, et. al, 2017).

Terdapat 3 metode *cofiring* yang dibedakan berdasarkan mekanisme pencampuran dengan batubaranya (Madanayake, 2017).

- 1) *Direct Cofiring*, merupakan opsi yang paling murah dan yang paling umum diterapkan. Limbah biomassa yang sudah diolah, biopellet atau HT, dicampur melalui peralatan penggilinging/grinding dan pengumpan/feeder yang sama atau terpisah kemudian dimixing dengan batubara ke dalam boiler yang sama untuk dibakar, maupun menggunakan boiler terpisah.
- 2) *Indirect Cofiring*, biomassa digasifikasi terlebih dahulu menjadi *syn gas*. Kelebihan dari metode ini adalah proses gasifikasi ini meminimalkan dampak pencemaran dari pembakaran langsung.
- 3) *Parelel Cofiring*, pada metode ini memerlukan investasi pembangunan boiler berbahan bakar biomassa yang terpisah, kemudian uap yang dihasilkan dari boiler biomassa diumpungkan ke dalam sistem uap boiler berbahan bakar batubara eksisting. Pendekatan ini menggunakan boiler biomassa yang terpisah dari boiler batubara yang memungkinkan pemanfaatan biomassa lebih maksimal, namun biasanya digunakan pada produk sampingan untuk pabrik kertas (mis., kulit kayu, limbah kayu).



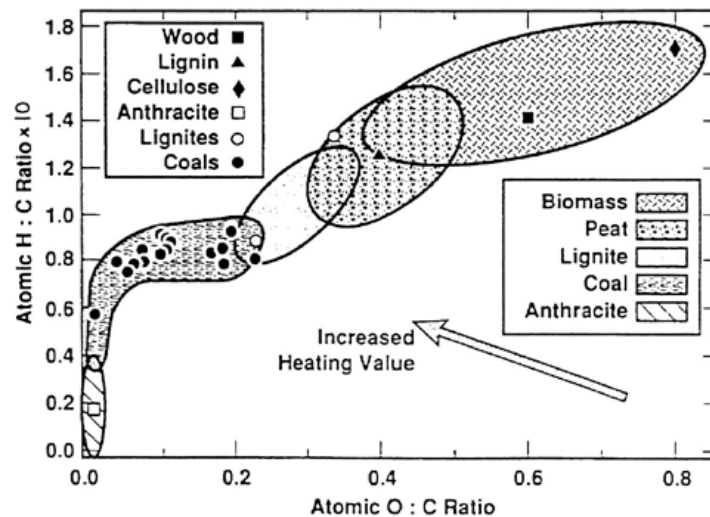
Gambar 4. Metode Cofiring

(a) *Direct Cofiring*, (b) *Indirect Cofiring*, (c) *Paralel Cofiring* (EBTKE, 2020)

Kualitas bahan bakar padat dibandingkan menggunakan tiga jenis analisis, yaitu nilai kalor, analisis proksimat, dan analisis ultimat. Nilai kalor menunjukkan energi panas yang dapat dihasilkan tiap satuan massa bahan bakar. Terdapat dua jenis nilai kalor, yaitu nilai kalor atas (HHV atau *high heating value*) dan nilai kalor bawah (LHV atau *low heating value*). HHV diperoleh melalui pembakaran bahan bakar yang disertai dengan terkondensasinya air setelah proses pembakaran. LHV merupakan nilai yang diperoleh pada pembakaran bahan bakar tanpa disertai kondensasi air setelah proses pembakaran.

Analisis proksimat dilakukan untuk mengetahui komponen penyusun bahan bakar padat. Adapun komponen yang ditinjau yaitu kadar air, zat terbang, abu, dan karbon tetap. Analisis proksimat yang dilakukan mengacu pada standar ASTM D 3172 (Gusman, 2016).

Analisis ultimat dilakukan untuk mengetahui elemen organik penyusun bahan bakar padat, seperti karbon, hidrogen, oksigen, nitrogen, dan sulfur. Analisis ultimat dilakukan mengacu pada standar ASTM D 3176. Analisis ultimat dapat digambarkan pada diagram Van Krevelen. Diagram Van Krevelen (Gambar 5) menjelaskan hubungan antara karbon, oksigen, dan hidrogen dalam bentuk perbandingan. Kualitas bahan bakar padat yang baik memiliki rasio O : C dan H : C yang menurun. Sementara rasio O : C yang meningkat dan H : C yang menurun menghasilkan bahan dengan kualitas baik. Batubara merupakan materi yang dijadikan acuan kualitas bahan bakar padat, baik dari analisis nilai kalor, analisis proksimat, maupun analisis ultimat (Gusman, 2016).



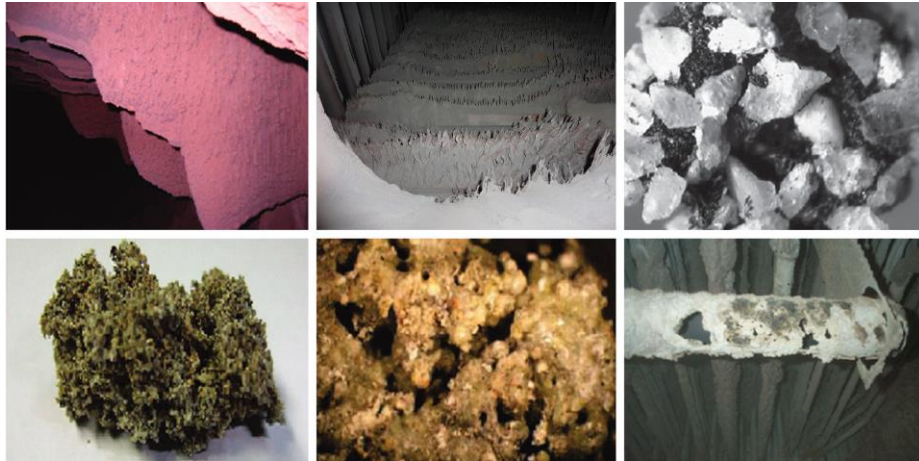
Gambar 5. Diagram Van Krevelen

5. Abu Hasil Pembakaran *Cofiring* Tandan Kosong dan Batubara

Disamping potensi tandan kosong kelapa sawit sebagai *cofiring* batubara, pembakaran bersama kedua bahan bakar ini tetap menjadi tantangan. Salah satunya adalah masalah terkait abu terjadi selama dan setelah pembakaran. Konsentrasi tinggi Cl dan logam alkali (K dan Na) yang terkandung pada tandan kosong menghasilkan penumpukan deposit yang tidak dapat dikelola dengan cepat di permukaan yang terbakar, terutama *slagging* yang diinduksi alkali pada area *superheater* dan *slagging* yang diinduksi lelehan silikat di dinding *furnace* PLTU, yang menghambat perpindahan panas dan mengurangi boiler efisiensi (Y. Niu, 2016).

Selanjutnya, akumulasi abu dengan Cl tinggi dapat menyebabkan korosi pada pipa. Permasalahan lain yaitu agglomerasi, agglomerasi terbentuk dari abu yang menyatu atau sebagian menyatu antara abu biomassa, batubara, dan pasir sebagai media pemanas pada *furnace*. Agglomerasi mengakibatkan defluidisasi hingga *shutdown* tak terjadwal dari seluruh pembangkit listrik. Tidak seperti batubara, biomassa memiliki berbagai sumber. Misalnya, biomassa kayu memiliki kandungan Si dan K yang rendah, namun tinggi di Ca. Residu pertanian tinggi Si dan K, namun rendah Ca. Bagian yang berbeda pada biomassa, dapat menghasilkan kandungan dan komposisi abu yang berbeda. Abu yang dihasilkan tidak dapat diprediksi dan sangat bervariasi masalah. Dampak hasil pembakaran abu biomassa ditunjukkan oleh Gambar 6. Proses ini dapat dihindarkan dengan proses *pretreatment* biomassa, berdasarkan penelitian yang dilakukan Gusman, 2016, terjadi penurunan total

alkali (Na, K) sebesar 15,3% saat dibandingkan analisis ultimat tandan kosong sebelum dan sesudah dilakukan torefaksi.



Gambar 2.3. Dampak Hasil Pembakaran Biomassa dan Batubara pada unit PLTU
(Y. Niu, 2016)

6. Kesimpulan

Indonesia merupakan negara penghasil minyak kelapa sawit terbesar di dunia yang menyebabkan potensi limbah yang dihasilkan cukup besar, salah satunya tandan kosong kelapa sawit. Permasalahan akan limbah tandan kosong muncul karena limbah ini kurang dimanfaatkan dan hanya menjadi sampah. Teknologi *cofiring* pada PLTU Batubara telah diidentifikasi sebagai salah satu teknologi yang mudah dilakukan dan paling efisien untuk mengubah limbah kelapa sawit ini menjadi energi. Terlebih saat tandan kosong diolah lebih dahulu dengan *hydrothermal treatment* (HT) terbukti mampu meningkatkan kualitas bahan bakar sebelum dicampur dengan batubara. Kehadiran tandan kosong hidrotermal dapat mengatasi permasalahan terkait hasil pembakaran *cofiring* biomassa dan batubara dewasa ini.

Daftar Pustaka

- Darmawan, A., Budianto, D., Aziz, M. (2017). Hydrothermally-treated empty fruit bunch cofiring in coal power plants: a techno-economic assessment, *Journal Energy Procedia* 105, p. 297-302.
- Dewan Energi Nasional (2020). *Buku Bauran Energi Nasional 2020*. Jakarta: Sekretariat Jenderal DEN.
- Gusman, Hanif (2016). Peningkatan Kualitas Limbah Tandan Kosong Kelapa Sawit Produk Torefaksi Basah Skala Pilot Sebagai Bahan Bakar Padat Bersih. *Teknik Mesin ITB*.
- Garcia-Nunez, J.A., Ramirez-Contreras, N.E., Rodriguez, D.T. (2016). Evolution of palm oil mills into bio-refineries: Literature review on current and potential uses of residual biomass and effluents. *Journal Resources, Conservation and Recycling* 110, pp. 99–114
<http://dx.doi.org/10.1016/j.resconrec.2016.03.022>

Idris, S.S, Rahman, N.A, Ismail, K. (2012). Combustion characteristics of Malaysian oil palm biomass, sub-bituminous coal and their respective blends via thermogravimetric analysis (TGA), *Journal Bioresource Technology* 123, p. 581–591. <http://dx.doi.org/10.1016/j.biortech.2012.07.065>

Kementerian ESDM Republik Indonesia (2020): Arah Kebijakan untuk Mendukung Implementasi Cofiring Bahan Bakar Jumptan Padat pada PLTU. Jakarta: Direktorat Jenderal EBTKE

Madanayake, BM (2017): Biomass as an energy source in coal co-firing and its feasibility enhancement via pre-treatment techniques, *Fuel Processing Technology* 159, pp. 289–291.

Nasution, N.A., Herawan, T. (2014) Analysis of Palm Biomass as Electricity from Palm Oil Mills in North Sumatera, *Journal Energy Procedia* 47, p. 166–172.

Nugraha, Endah Laksmi (2018). Studi Integrasi Torrefaction Sebagai Pre-Treatment Tandan Kosong Kelapa Sawit Pada Co-Firing Biomassa Dengan Pendekatan Computational Fluid Dynamics. Teknik Fisika ITS.

Peraturan Presiden Republik Indonesia No. 22 Tahun 2017 tentang Rencana Umum Energi Nasional. Indonesia.

Surjosatyo, Adi (2018). Penelitian dan Pengembangan Gasifikasi Biomassa Bergerak (Mobile Gasifier). Lemtek Universitas Indonesia

Tilman, DA (2017). Final Report: EPRI-USDOE Cooperative Agreement Co-firing Biomass with Coal, pp. 1-10.

Yanqiu, N., Tan, H., Hui, S. (2016). Ash-related issues during biomass combustion: Alkali-induced slagging, silicate melt-induced slagging (ash fusion), agglomeration, corrosion, ash utilization, and related countermeasures. *Journal Progress in Energy and Combustion Science* 52, p. 1–61 <http://dx.doi.org/10.1016/j.pecs.2015.09.003>