

BAB I

PENDAHULUAN

1.1. Latar Belakang

Peningkatan konsumsi energi sesuai dengan pertumbuhan penduduk dan pertumbuhan ekonomi negara. Di Indonesia konsumsi energi masih didominasi oleh bahan bakar fosil (batu bara, minyak bumi, gas bumi). Penyediaan listrik di Indonesia saat ini masih didominasi oleh energi fosil dimana batubara menjadi sumber energi yang paling banyak digunakan. Berdasarkan data bauran energi tahun 2020, batubara mengisi porsi bauran energi sebesar 38,5% (Dewan Energi Nasional, 2021). Pertumbuhan rata-rata konsumsi batubara untuk pembangkit listrik periode 2015-2020 adalah sebesar 8,4%. Pada tahun 2020 konsumsi batubara untuk pembangkit listrik mencapai 104,8 juta ton yang dipengaruhi oleh naiknya kapasitas PLTU batubara domestic (Dewan Energi Nasional, 2021). Laporan dari *Intergovernmental Panel on Climate Change* bahwa global emisi gas yang paling besar adalah karbon dioksida (CO₂) dengan prosentase 65% berasal dari sector pembangkitan (*fossil fuel*) dan *industrial proses* (IPCC, 2014). Emisi CO₂ yang berlebihan dapat menyebabkan efek Gas Rumah Kaca (GRK), yang selanjutnya mengarah ke serangkaian masalah seperti suhu tinggi, pencairan gletser, naiknya permukaan laut, hama dan penyakit, banjir tanah pesisir dan sebagainya (Su C-W et al., 2021). Listrik adalah faktor produksi yang penting bagi negara berkembang seperti Indonesia. Sektor ketenagalistrikan Indonesia berada di bawah tekanan yang signifikan untuk memenuhi permintaan listrik yang meningkat akibat demografi pertumbuhan, pembangunan ekonomi dan peningkatan akses energi. Oleh Karena itu pengurangan emisi karbon dioksida (CO₂) telah menjadi topik yang mendesak untuk dipelajari dan dipecahkan secara mendalam termasuk pemahaman tentang pemanasan global dan sering terjadinya iklim ekstrim.

Kebijakan Energi Nasional (KEN) dan *Paris Agreement* merupakan langkah transisi energi di Indonesia menuju pemanfaatan energi baru terbarukan. Pemerintah berkomitmen untuk mengurangi emisi Gas Rumah Kaca (GRK)

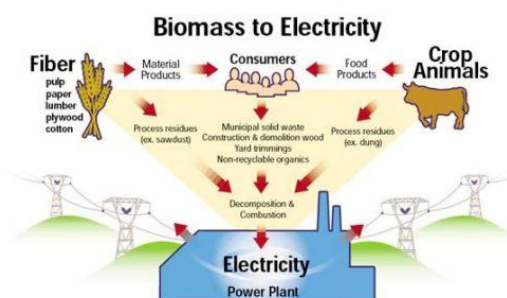
melalui penggunaan energi baru terbarukan. Sumber emisi GRK ada lima kategori, yaitu: energi, proses industri dan penggunaan produk, pertanian, kehutanan dan perubahan penggunaan lahan lainnya, serta pengelolaan limbah. Penerapan teknologi rendah karbon atau dekarbonisasi di sektor energi merupakan implementasi untuk mencapai target tersebut. Dekarbonisasi secara teknis dapat dicapai melalui penerapan tiga pilar, yaitu: melakukan efisiensi energi, penggunaan energi terbarukan, dan elektrifikasi untuk penggunaan akhir. Melalui Undang-Undang No 16 Tahun 2016 tentang Pengesahan *Paris Agreement to The United Nations Framework Convention on Climate Change* (Persetujuan Paris Atas Konvensi Kerangka Kerja Perserikatan Bangsa-Bangsa mengenai Perubahan Iklim), secara nasional Indonesia telah menyatakan komitmennya dalam pengurangan emisi dengan meratifikasi Perjanjian Paris tersebut. Perjanjian tersebut pada pokoknya berisikan kesepakatan antar negara yang tergabung dalam UNFCCC untuk membatasi kenaikan suhu global di bawah 2°C dari tingkat pra-industrialisasi dan melakukan upaya membatasinya hingga di bawah 1,5°C. Dengan meratifikasi Perjanjian Paris tersebut. Di dalam dokumen NDC yang telah dikirimkan ke UNFCCC, Indonesia menetapkan target pengurangan emisi Gas Rumah Kaca di Indonesia, yakni sebesar 29% tanpa syarat (dengan usaha sendiri) dan 41% bersyarat (dengan dukungan internasional yang memadai) pada tahun 2030. Target ini telah dituangkan dalam Rencana Umum Energi Nasional (RUEN) dengan meningkatkan bauran Energi Baru dan Terbarukan sebesar 23% di tahun 2025 (Dewan Energi Nasional, 2020).

PLTU batubara bisa menyediakan listrik sepanjang hari dengan harga yang murah. PLTU Batubara dibagi 3 tipe menurut metode pembakarannya, yaitu; *Fix Bed Combustion (Chain Gate Stoker)*, *Circulating Fluidized Bed (CFB)* dan *Pulverized Coal Combustion (PC)*. Di dalam penelitian ini yang akan dibahas adalah *Fix Bed Combustion (Chain Gate Stoker)*. *Stoker Type Boiler* adalah sistem pembakaran dengan memasukkan bahan bakar padat pada *bed* pembakaran yang tetap. Boiler berbahan bakar Stoker adalah unit terkecil di antara boiler berbahan bakar batubara yang lainnya. Kelemahan utama dari PLTU

batubara adalah pencemaran emisi karbonnya sangat tinggi dan menyebabkan pemanasan global.

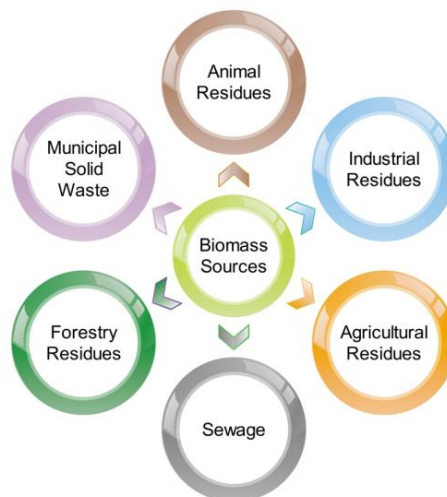
Co-firing biomassa dengan batubara merupakan salah satu metode yang paling ekonomis, sumber energi terbarukan yang praktis dan proses *Combustion* nya adalah netral CO₂ (Assadi et al., 2009). Program terobosan Untuk mencapai target cepat dalam pengurangan emisi CO₂ dari pembangkit listrik adalah substitusi biomassa ke bahan bakar batubara (Tillman DA, 2000). Komposisi *Co-firing* biomassa di PLTU batubara biasanya di 5%-20%, tergantung pada teknologi dan jenis biomassa yang digunakan, dalam banyak kasus metode ini merupakan pilihan tepat hemat biaya dalam produksi listrik dan untuk mengurangi emisi CO₂ (Tillman DA et al., 2012). Keuntungan *Co-firing* adalah investasi yang relatif rendah dibandingkan dengan investasi pembangunan pembangkit biomassa baru. Selain itu, biomassa termasuk dalam energi terbarukan, sehingga ramah lingkungan.

Biomassa adalah zat yang berasal dari organisme hidup seperti tumbuhan, hewan, dan mikroorganisme. Biomassa adalah energi yang diperoleh sebagai bahan bakar dari sumber daya alam terbarukan. Energi biomassa bisa menjadi solusi untuk bahan bakar yang sebelumnya tidak terbarukan dan menimbulkan polusi. Bahan penghasil energi biomassa terbagi menjadi dua jenis: yang berasal dari hewan berupa mikroorganisme dan makro organisme, dan yang berasal dari tumbuhan seperti sisa tanaman yang diproses atau dipanen langsung. Contoh biomassa meliputi pohon, tanaman produksi dan residu serat-serat tanaman, limbah hewan, limbah industri dan limbah-limbah lain yang berupa bahan organik. Pemanfaatan energi biomassa yang sudah banyak saat ini adalah dari limbah biomassa itu sendiri, yakni sisa-sisa biomassa yang sudah tidak terpakai, bekas tebu kering, tangkai jagung, tangkai padi, cangkang sawit, sekam padi, sisa pengolahan kayu dan sebagainya.



Gambar 1.1 Biomass to Electricity (sumber: ge.com)

Gambar 1.1 menunjukkan bahwa biomassa adalah sumber daya alam terbarukan yang berasal dari biologi yang mudah diakses dari berbagai industri. Pertanian, kehutanan, perikanan, peternakan, dan limbah kota seperti jerami, sekam padi, selulosa, serbuk gergaji, dan kotoran hewan adalah jenis biomassa yang umum di jumlah besar, muncul sebagai bahan baku berkelanjutan untuk biorefinery. Biomassa mengandung organik bahan dengan karbon, oksigen, dan hidrogen yang melimpah. (Cao *et al.*, 2020). Indonesia terletak di negara tropis berbasis pertanian, sehingga potensi bioenergi baik itu berbasis limbah maupun tanaman biomassa ini juga mempunyai potensi yang sangat menjanjikan. Biomassa merupakan sumber energi terbarukan yang memiliki potensi manfaat dari penurunan produksi polutan dan menjadi netral CO₂ (Pradhan *et al.*, 2018). Sumber energi yang dikenal manusia sejak zaman dahulu berasal dari bahan organik seperti tanaman pertanian, sisa panen hutan, alga, bahan tanaman dan limbah organik (Agbor *et al.*, 2014). Gambar 1. 2 adalah sumber biomassa yang paling penting yaitu residu pertanian dan kehutanan (limbah dari industri pengolahan kayu seperti serutan, serbuk gergaji, dll.), residu hewan (peternakan), limbah, ganggang, dan tanaman air (Tursi, 2019).



Gambar 1.2 Sumber biomassa (sumber: tursi, 2019)

Gambar 1. 3 merupakan jenis biomassa pertanian atau perkebunan antara lain *rice hulk*, *corn waste*, *palm waste*, *woodchip*, *sugarcane* dan *wooden pellets*.



Gambar 1.3 Jenis biomassa (Sumber: Sorrentino, 2019)

Biomassa merupakan salah satu sumber energi baru dan terbarukan (EBT) yang potensinya sangat melimpah di Indonesia tetapi penggunaannya belum optimal. Potensi biomassa di Indonesia untuk produksi listrik sebesar 32.6 GW (ESDM, 2020). Pemerintah telah mendorong penggunaan energi baru dan terbarukan melalui Peraturan dan Undang-Undang yang telah diterbitkan. Biomassa merupakan salah satu sumber energi baru dan terbarukan (EBT) yang potensinya sangat melimpah di Indonesia, tetapi penggunaannya belum optimal. Biomassa yang digunakan sebagai sumber energi (bahan bakar) di Indonesia pada umumnya, memiliki nilai ekonomis rendah, atau merupakan limbah yang telah diambil produk primernya. Pengembangan EBT merupakan suatu yang penting dan perlu segera dilakukan untuk saat ini. Setidaknya ada dua alasan. Pertama, energi fosil tidak bisa diperbaharui, sehingga makin lama semakin berkurang dan suatu saat akan habis. Kedua, adanya perubahan iklim akibat pemanasan global dan kesadaran masyarakat seluruh dunia terhadap kesehatan dan lingkungan. Dari alasan tersebut pengembangan dan penggunaan *renewable energy* sebagai suatu keharusan dan bukan merupakan suatu pilihan.

1.2. Perumusan Masalah

Perumusan masalah dalam penelitian ini adalah untuk menganalisa *performance co-firing* PLTU Batubara *Chain Grate Stoker 2x7 MW* dengan memanfaatkan biomassa cangkang sawit dan penurunan emisi gas CO₂ sebagai substitusi bahan bakar batubara, adalah sebagai berikut:

1. Mengevaluasi uji *performance* dan dampak pengoperasian mode operasi *co-firing* menggunakan bahan bakar cangkang sawit pada *Chain Grate Stoker 2x7 MW*
2. Bagaimana pengurangan emisi CO₂ ketika menggunakan *Co-firing* cangkang sawit
3. Bagaimana potensi terjadinya jelaga (*Slagging dan Fouling*)
4. Bagaimana penghematan biaya ketika menggunakan *Co-firing* cangkang sawit

1.3. Tujuan Penelitian

Adapun tujuan dari penelitian ini adalah untuk menjawab target bauran energi nasional dengan *Co-firing* PLTU Batubara *Chain Grate Stoker 2x7 MW* adalah sebagai berikut:

1. Menganalisa dan mengevaluasi karakteristik bahan bakar cangkang sawit dan batubara
2. Menganalisa dan mengevaluasi perubahan parameter operasi pada sistem *boiler* saat *Co-firing* dibandingkan dengan pengujian menggunakan bahan bakar eksisting
3. Menganalisa dan mengevaluasi hasil *co-firing* cangkang sawit dari sisi operasional dan emisi CO₂
4. Menganalisis potensi terjadinya jelaga (*slagging dan fouling*) pada boiler saat digunakan kombinasi pembakaran biomassa dengan batubara.

5. Menganalisis limbah bahan bakar (*Fly ash and Bottom Ash*) hasil *Co-firing*

1.4. Manfaat Penelitian

Penelitian ini diharapkan dapat memberikan manfaat yaitu:

1. Program *co-firing* pada PLTU juga membantu dalam mengurangi konsumsi batubara sehingga bisa menekan emisi karbon (CO₂)
2. Program *co-firing* PLTU batubara dengan biomassa merupakan salah satu dari program *green booster* untuk mendukung target bauran energi EBT nasional
3. *Co-firing* juga berdampak positif kepada pengembangan ekonomi kerakyatan (*circullar economy*) karena dapat membuka lapangan kerja dan peluang bisnis di sektor biomassa khususnya yang berbasis sampah dan limbah

1.5. Originalitas Penelitian

Terdapat beberapa penelitian yang berkaitan dengan pemanfaatan *co-firing* biomassa sebagai sumber energi terbarukan. Penelitian ini terdiri dari: penjabaran, uji coba dan optimasi. Selain itu pada penelitian ini juga dilakukan analisis kelayakan keekonomian dan dampak terhadap lingkungan. Ringkasan penelitian sebelumnya dapat dilihat dalam Tabel I.1.

Tabel I.1 Ringkasan penelitian terdahulu

No.	Penelitian (tahun)	Judul Penelitian	Hasil Penelitian	Gap Penelitian
1	<i>(Paulo R. Wander et al., 2020)</i>	<i>Co-firing low-rank coal and biomass in a bubbling fluidized bed with varying excess air ratio and fluidization velocity</i>	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Penelitian ini di lakukan pada Bubbling fluidized bed combustor Boiler ▪ Biomassa yang digunakan Pinus Elliotti sawdust ▪ Kalori batubara yang digunakan 4500 kcal/kg ▪ Hasil percobaan menunjukkan bahwa campuran bahan bakar yang mengandung hingga 15% biomassa memberikan hasil yang baik dalam hal emisi dan kontrol stabilitas suhu ▪ Disimpulkan bahwa kombinasi pembakaran batu bara dengan biomassa merupakan alternatif yang layak untuk mengurangi emisi tanpa mengganggu efisiensi. 	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Penelitian dilakukan pada PLTU Chain Grate Stoker ▪ Biomassa yang digunakan adalah Cangkang Sawit dengan nilai ▪ Kalori batubara yang digunakan 4025 kcal/kg ▪ Penelitian menggunakan biomasa 5%, 10%, 15%, 20% - Penelitian yang dilakukan saat ini untuk menganalisis performance pembangkit, emisi, penghematan biaya pokok penyediaan (BPP)
2	<i>(Dumitru Cebucean et al., 2017)</i>	<i>Modeling and Evaluation of a Coal Power Plant with Biomass Cofiring and CO2 Capture</i>	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Penelitian ini di lakukan pada Pulverized Coal kapasitas 550 MW net power ▪ Biomassa yang digunakan hybrid poplar 	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Penelitian dilakukan pada PLTU Chain Grate Stoker 2x7 MW ▪ Biomassa yang digunakan Cangkang Sawit

No.	Penelitian (tahun)	Judul Penelitian	Hasil Penelitian	Gap Penelitian
			<ul style="list-style-type: none"> ▪ <i>Prose Cofrirng Menggunakan adiktif amine based</i> ▪ <i>Hasilnya menunjukkan bahwa pembakaran 10% biomassa di pembangkit listrik berbasis batubara hanya sedikit mempengaruhi kinerja energi pembangkit, mengurangi efisiensi bersih sebesar 0,3% poin</i> ▪ 	<ul style="list-style-type: none"> ▪ <i>Tanpa menggunakan adiktif</i> ▪ <i>Penelitian yang dilakukan saat ini untuk menganalisis performance pembangkit, emisi, penghematan biaya pokok penyediaan (BPP)</i>
3	<i>XuebinWang et al., 2021)</i>	<i>Experimental Study and Design of Biomass Co Firing in a Full-Scale Coal-Fired Furnace with Storage Pulverizing System</i>	<ul style="list-style-type: none"> ▪ <i>Penelitian ini di lakukan pada tangentially fired pulverized net power 55 MW</i> ▪ <i>Penelitian menunjukkan bahwa pencampuran bahan bakar biomassa dengan kurang dari 20% tidak tidak berdampak pada pembakaran dan safety</i> ▪ <i>Pembakaran bersama biomassa hingga 20% layak dilakukan, tetapi lebih besar dari persentase ini akan sangat mempengaruhi efisiensi</i> 	<ul style="list-style-type: none"> ▪ <i>Penelitian dilakukan pada PLTU Chain Grate Stoker 2x7 MW</i> ▪ <i>Penelitian menggunakan biomasa 5%, 10%, 15%, 20%</i>

No.	Penelitian (tahun)	Judul Penelitian	Hasil Penelitian	Gap Penelitian
4	(Fan Hu et al., 2021)	<i>MILD combustion of co-firing biomass and pulverized coal fuel blend for heterogeneous fuel NO and PM2.5 emission reduction</i>	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Penelitian ini dilakukan pada pulverized boiler ▪ Biomassa yang digunakan Saw dust ▪ Penelitian ini terintegrasi dengan MILD Combustion ▪ MILD Combustion memiliki berbagai range fleksibilitas bahan bakar dan dapat secara signifikan mengurangi emisi NO 	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Penelitian dilakukan pada PLTU Chain Grate Stoker 2x7 MW ▪ Penelitian menggunakan biomasa 5%, 10%, 15%, 20% ▪ Tidak menerapkan teknologi MILD Combustion