

ANALISIS SWOT UNTUK *DIRECT CO-FIRING* BATUBARA DENGAN *PELLET* SAMPAH PADA *BOILER* TIPE CFBC

Muhammad Fadli¹, Dianta Mustofa Kamal², Pribadi Mumpuni Adhi²

¹Program Studi Pembangkit Tenaga Listrik, ²Magister Terapan Rekayasa Teknologi Manufaktur,
Jurusan Teknik Mesin, Politeknik Negeri Jakarta
Jalan Prof. Dr. G. A. Siwabessy, Kampus UI, Depok 16425
e-mail: mfadli2428@gmail.com, dianta@mesin.pnj.ac.id, pribadi.adhi@mesin.pnj.ac.id

ABSTRACT

Indonesia to be the world's second-largest contributor of plastic waste in the oceans. Every resident in Indonesia can produce 0,52 kg/person/day of waste. Efforts to overcome the problem of waste by processing it into Pellets, which contain calories from 2,800 to 3,300 kcal/kg using the peuyeumisasi method, so that they can use for co-firing in PLTU. Trial for direct co-firing coal and RDF Pellet from Klungkung Bali, will be carry out on Circulating Fluidized Bed Combustion (CFBC) boiler. The goal of study to analyze the feasibility for co-firing with SWOT analysis. The SWOT analysis questionnaire was compiled based on internal and external factors, which was carried out through the study of literature and document. After the questionnaire was compiled, the questionnaire was given to respondents who collected 10 people, selected based on factors of relevance and understanding of the issues discussed. The results of the questionnaire show the main indicators, which are divided into 2 parts, internal factors consisting of strengths, weaknesses and external factors consisting of opportunities and threats. Then implemented in the SWOT matrix, to get the best strategy and whether the decision is feasible or not. The results is feasible to be implemented in the PLTU MSW, with internal factor value of 3,03 or rounded to 3 (strong) and an external factor value of 2,6 or rounded to 3 (strong). Several strategies are designed to use the strength to take advantage of opportunities, reduce weaknesses and threats.

Key words: *RDF Pellet, Co-firing, SWOT Analysis*

ABSTRAK

Indonesia berada pada peringkat ke dua di dunia penyumbang sampah plastik ke laut. Setiap penduduk di Indonesia dapat menghasilkan sampah sebanyak 0,52 kg/jiwa/hari. Upaya mengatasi permasalahan sampah dengan mengolahnya menjadi Pellet yang mengandung kalori 2800-3300 kcal/kg menggunakan metode peuyeumisasi, sehingga bisa dimanfaatkan PLTU untuk dicampur dengan batubara (co-firing). Uji coba direct co-firing batubara dan Pellet sampah dari Klungkung Bali akan dilakukan pada boiler tipe Circulating Fluidized Bed Combustion (CFBC). Penelitian ini bertujuan menganalisa kelayakan co-firing Pellet sampah dan batubara dengan pendekatan analisis SWOT. Kuesioner analisis SWOT disusun berdasarkan identifikasi faktor internal, dan eksternal yang dalam penelitian ini dilakukan melalui studi pustaka terhadap dokumen dan literatur terkait. Setelah kuesioner disusun, kuesioner diberikan kepada responden yang berjumlah 10 orang, dipilih berdasarkan faktor keterkaitan serta pemahaman terhadap masalah yang diteliti. Hasil kuesioner menunjukkan penilaian terhadap indikator-indikator utama, yang terbagi ke dalam 2 bagian, yaitu : faktor internal berupa strengths (kekuatan), weakness (kelemahan) serta faktor eksternal berupa opportunities (peluang) dan threats (ancaman). Kemudian diimplementasikan dalam matriks SWOT, untuk mendapatkan strategi terbaik serta keputusan layak atau tidaknya. Hasilnya adalah layak diimplementasikan pada PLTU MSW, dengan nilai fakot internal 3,03 atau atau dibulatkan menjadi 3 (kuat) dan nilai faktor eksternal 2,6 atau dibulatkan menjadi 3 (kuat). Beberapa strategi disusun agar menggunakan kekuatan untuk memanfaatkan peluang serta memperbaiki kelemahan dan mengurangi ancaman.

Kata kunci : *Pellet Sampah, Co-firing, Analisis SWOT*

PENDAHULUAN

Salah satu permasalahan sosial yang sering timbul di perkotaan suatu negara

adalah permasalahan sampah. Sebuah penelitian menyebutkan, Indonesia berada pada peringkat ke dua di dunia penyumbang sampah plastik ke laut

setelah Tiongkok, disusul Filipina, Vietnam dan Sri Langka [6]. Diperkirakan setiap penduduk di Indonesia dapat menghasilkan sampah sebanyak 0,52 kg/jiwa/hari [1]. Khusus di Kabupaten Tabalong Provinsi Kalimantan Selatan, jumlah sampah ditimbun TPA periode 2017-2018 adalah 58 ton/hari dengan jumlah sampah tidak terkelola 18,79 ton/hari, sehingga presentase yang tertanggulangi baru 67,6 % [13].

Upaya untuk mengatasi permasalahan sampah telah dilakukan oleh Pemda Klungkung (Bali) bersama Sekolah Tinggi Teknik (STT) PLN dan Indonesia Power (IP) meluncurkan program Tempat Olah Sampah Setempat (TOSS). Sampah langsung diolah menjadi briket dan *Pellet* dengan metode *peuyeumisasi*. *Pellet* yang berupa bulatan-bulatan kecil mengandung kalori 2500 - 4000 kcal/kg [9] yang kemudian bisa dimanfaatkan pembangkitan listrik skala besar untuk dicampur dengan batubara.

Pemerintah Kabupaten Tabalong, berencana membuat sistem TOSS seperti di Klungkung. Sampah yang ada dikumpulkan lalu diolah menjadi *Pellet*. *Pellet* akan digunakan sebagai campuran bahan bakar batubara PLTU mulut tambang berkapasitas 2×30 MW di Tabalong milik PT. Makmur Sejahtera Wisesa (MSW). PLTU MSW yang menggunakan boiler tipe *Circulating Fluidized Bed Combustion* (CFBC) akan menjadi PLTU pertama di Kalimantan yang melakukan *direct co-firing* batubara dengan *Pellet* sampah. Ujicoba akan dilaksanakan akhir 2019 menggunakan *Pellet* sampah dari Klungkung (Bali). Oleh karena itu, penelitian ini bertujuan menganalisa kelayakan uji coba *co-firing* berdasarkan perbandingan batu bara dan *Pellet* sampah paling optimum serta mengetahui *internal strategy factor analysis* (IFAS) dan *eksternal strategy*

factor analysis (EFAS) menggunakan pendekatan analisis SWOT.

Pemanfaatan sampah sebagai bahan bakar disebut *Refused Derived Fuel* (RDF) [16]. Salah satu sumber sampah untuk menghasilkan RDF berasal dari MSW (*Municipal Solid Waste*) atau sampah kota [5]. Berdasarkan standar ASTM E856-83 (*American Standard Testing and Material*), terdapat 7 tipe RDF yang diklasifikasikan sesuai dengan wujud dan proses pemilahan awalnya. Pengklasifikasian RDF di Eropa diatur oleh UNI CEN/TS 15359 berdasarkan tiga sifat bahan bakar, yaitu *net calorific value* berfungsi sebagai indikator ekonomi, kandungan klorin sebagai indikator teknologi dan kandungan merkuri sebagai parameter lingkungan [16]. Pengklasifikasian bertujuan menentukan secara rinci sifat kimia dan fisiknya yang menjamin dari penyalahgunaan ketika bahan bakar dari sampah ini diperjualbelikan seperti batubara.

Kandungan klorin pada RDF dapat dipisahkan sebagai klorin organik (misal PVC) dan klorin anorganik (misal NaCl). Ketika pembakaran RDF, kandungan klorinnya dalam *furnace* bereaksi sebagai uap asam klorida atau klorida yang mengembun di permukaan *furnace* seperti garam dan menyebabkan korosi [18]. HCl juga dapat bereaksi dengan molekul organik sehingga membentuk dioksin dan furan. Mekanisme tersebut ditampilkan pada gambar 1. Kandungan klorin dalam deposit mempercepat proses korosi dengan menurunkan *softening temperature* (ST) yang ketika meleleh dapat merusak lapisan oksida permukaan logam. Oleh karena itu, ketika temperatur deposit lebih tinggi dari ST, kecepatan korosi meningkat secara signifikan. Telah ditetapkan bahwa ketika rasio molar S/Cl lebih dari 4, bahan bakar dapat dianggap sebagai non-korosif. Jika S/Cl kurang dari 2, bahan bakar bersifat korosif [10].

Dioksin (PCDD) dan furan (PCDF) merupakan produk sampingan yang secara tidak sengaja terjadi dalam proses pembakaran. Pembakaran yang mengandung bahan klorin, seperti plastik PVC akan meningkatkan produksi dioksin dan furan [17]. Temperatur optimum untuk pembentukan dioksin dan furan adalah 250-400°C [7]. Dampak pencemaran dioksin dan furan terhadap kesehatan untuk jangka panjang adalah kanker, gangguan pada sistem reproduksi dan cacat lahir.

Co-firing adalah proses pembakaran dua material yang berbeda secara bersamaan, sering diaplikasikan pada batubara dan biomassa dengan cara substitusi sebagian batubara dengan biomassa ke dalam unit pembangkit. Keuntungan *co-firing* adalah terjadinya pengurangan gas CO₂, SO_x dan NO_x pada bahan bakar fosil, karena biomassa dikenal sebagai zero CO₂ sehingga tidak menyebabkan akumulasi CO₂ di atmosfer dan mengandung lebih sedikit sulfur jika dibanding batubara [19].

Berdasarkan penelitian ERFO–*European Recovered Fuel Organisation* : “SRF Markets” Maret 2006, setiap 1 ton RDF (melalui produksinya dari MSW dan *co-firing*) bisa mengurangi emisi CO₂ sebesar 1,75 ton/CO₂[20].

Terdapat 3 potensi masalah dari *co-firing Pellet* sampah dan batubara, yaitu korosi pada tube perpindahan panas, kualitas ash, dan emisi yang dihasilkan [10]. *Co-firing* dengan menggunakan 5% *Pellet* sampah berpotensi meningkatkan laju pembentukan deposit [8].

Pada 2009, PLTU batubara Italia yang berlokasi di Fusina-Venice milik ENEL “*Andrea Palladio*” kapasitas 320 MW unit 4, telah sukses melakukan *co-firing* dengan perbandingan 95% batubara bituminus dan 5% *Pellet* sampah menghasilkan emisi yang rendah serta efisiensi termal hingga 35%. *Pellet* sampah yang dibutuhkan adalah 6,7 t/h.

Saat ini sekitar 70 kt/y *Pellet* sampah dikirim ke ENEL, tetapi diharapkan meningkat menjadi 100-105 kt/y. Setiap 1 ton *Pellet* sampah yang digunakan untuk *co-firing* dapat menghindari produksi 500 kg CO₂[20]. *Pellet* sampah yang diproduksi memiliki rata-rata nilai kalor 4300 kcal/kg, kandungan klorin 0,92% dan kandungan merkuri 0,024 mg/MJ [3]. Perihal korosi sudah dilakukan pemantauan 8-15 bulan di ruang bakar dan *superheater*. Hasilnya korosi dapat diabaikan pada *superheater* dengan material baja S304H dan 347H. Pada dinding ruang bakar menunjukkan bahwa terjadi korosi dekat *nozzel* RDF dengan material baja 16Mo3 dan A105 [4].

Pada 1998 dan 1999, *Korea Electric Power Corporation* (KEPCO) membangun PLTU Donghae (Korea Selatan) yang menggunakan boiler tipe CFBC dengan kapasitas 2×200 MW. PLTU menggunakan batubara jenis antrasit dengan kandungan *ash* yang tinggi dan *volatile matter* (VM) rendah. Hal tersebut membuat reaktivitas batubara antrasit menjadi rendah, sehingga efisiensi pembakaran rendah, operasi boiler menjadi tidak stabil dan produksi listrik yang terbatas karena pembatasan *supply*, produksi dan harga bahan bakar yang mahal. Untuk mengatasi hal tersebut, PLTU Donghae berinovasi melakukan *co-firing* batubara dengan *Pellet* sampah yang dikenal memiliki nilai VM tinggi, dengan perbandingan 1-5% *Pellet* sampah. *Pellet* sampah yang dibutuhkan adalah 4,2 t/h. Hasilnya adalah tidak ada perubahan signifikan pada temperatur, tekanan dan emisi sebelum maupun setelah *co-firing*[7]. Temperatur meningkat sedikit pada sisi bawah dan *outlet furnace*, karena *Pellet* sampah mengandung VM yang tinggi dan reaktivitas pembakaran yang cepat di *furnace* sisi bawah dibandingkan batubara antrasit. Tekanan pada *furnace* sisi atas juga menurun sedikit, karena

adanya perbedaan ukuran *Pellet* sampah (15-50 mm) dengan batubara antrasit (<6 mm). Tetapi hal tersebut tidak mengganggu kestabilan operasi. Untuk emisi dioksin dan furan, kadarnya masih di bawah ambang batas yang ditetapkan pemerintah Korea Selatan, sedangkan emisi NO_x dan SO_x menurun sedikit, karena kandungan *Pellet* sampah relatif memiliki kandungan S, N yang lebih kecil dibandingkan batubara antrasit. Kandungan HCL meningkat sedikit, karena klorin pada *Pellet* sampah lebih besar dibandingkan batubara antrasit. Di Indonesia, uji coba pertama *co-firing Pellet* sampah (RDF) dan batubara baru saja dilakukan PLTU Jeranjang Nusa Tenggara Barat milik PT Indonesia Power pada 19-20 Februari 2019. *Pellet* sampah yang berasal dari Klungkung Bali digunakan sampai dengan 5% dari kebutuhan bahan bakar PLTU Jeranjang yang menggunakan *boiler* tipe CFBC. Uji coba dilakukan pada beban 25 MW dengan tahapan hari pertama uji operasional dan hari kedua uji stabilitas selama 5 jam. Hasil uji coba menunjukkan hasil yang positif dimana sebagian besar parameter operasi dalam batas aman dan emisi gas buang yang didapat juga dalam batas normal. Komposisi *Pellet* sampah sendiri terbuat dari campuran sampah organik dan anorganik (non PVC) dengan perbandingan 95% : 5%. *Pellet* sampah dilakukan analisa *proximate* maupun *ultimate* untuk mengetahui *Ash Fusion Temperature* (AFT) dan memastikan seberapa besar risiko *slagging* akibat penggunaan *pellet* sampah. Hasilnya, AFT pada 1344 °C yang menunjukkan potensi *slagging* cenderung rendah [15]. *Pellet* sampah Klungkung Bali berasal dari sampah kota yang dibuat dengan metode *peuyeumisasi*. Metode ini ditemukan dan dikembangkan oleh Sonny Djatnika Sundadjaya [17]. Proses tersebut bisa dibuat dalam waktu kurang dari 10 hari. *Peuyeumisasi* merupakan

proses alami menggunakan keramba bambu, mengkonversi sampah organik dan anorganik menjadi bahan bakar padat melalui proses pemeraman secara mikrobiologi yang bertujuan mempercepat terjadinya peluruhan/penguraian (*degradasi*) sampah padat. Metode ilmiah yang digunakan adalah dengan memanfaatkan *bioactivator* berisi bakteri tertentu sehingga sampah tersebut bisa hilang baunya dan menyusut serta menghasilkan suatu produk briket sampah lalu dicetak menjadi *Pellet* dengan diameter 10 mm - 12 mm yang memiliki kadar kalori 2500 - 4000 kcal/kg [9].

METODE PENELITIAN

Wawancara meliputi kegiatan diskusi dan tanya-jawab dengan *power plant manager*, *plant performance section head*, *operation section head*, serta *operator distribution control system (DCS)* dan *expert*. Kemudian pengumpulan data *proximate* dan *ultimate analysis Pellet* sampah Klungkung Bali dari Sumitomo Heavy Industries, LTD (Jepang). Hasil *proximate & ultimate analysis Pellet* sampah Klungkung Bali, dilakukan studi kelayakan untuk *direct co-firing* dengan batubara di PLTU berdasarkan jurnal penelitian, dan *best practice* dari PLTU yang sudah melakukannya. Kuesioner analisis SWOT disusun berdasarkan identifikasi faktor internal, dan eksternal yang dalam penelitian ini dilakukan melalui studi pustaka terhadap dokumen dan literatur terkait. Setelah kuesioner disusun, kuesioner diberikan kepada responden yang berjumlah 10 orang, dipilih berdasarkan faktor keterkaitan serta pemahaman terhadap masalah yang diteliti (*purposive sampling*). Berdasarkan hasil kuesioner, didapatkan penilaian terhadap indikator-indikator utama yang terbagi ke dalam 2 bagian, yaitu : faktor

internal berupa *strengths* (kekuatan), *weakness* (kelemahan) dan faktor eksternal berupa *opportunities* (peluang) dan *threats* (ancaman) [11]. Kemudian diimplementasikan dalam matriks SWOT, untuk mendapatkan strategi terbaik serta keputusan layak atau tidaknya implementasi *direct co-firing Pellet* sampah dengan batubara di PLTU MSW.

Untuk menjaga keberlanjutan *co-firing* PLTU MSW dari permasalahan jumlah dan kapasitas peralatan pengolahan sampah yang kurang (keramba bambu, mesin pencacah, mesin pencetak *Pellet* dll.) dibandingkan jumlah sampah yang masuk. *Co-firing* dilaksanakan 3 jam setiap harinya ketika beban penuh (28 MW) yang biasanya pada siang hari, misal dari jam 11.00 WITA hingga jam 14.00 WITA. Kebutuhan rata-rata batubara PLTU MSW jika beban 28 MW adalah 20 t/h. Jika *co-firing* dilakukan dengan perbandingan 95% batubara : 5% *Pellet* sampah (seperti PLTU Jeranjang, PLTU *Andrea Palladio* Italia dan PLTU *Donghae* Korea Selatan), maka 5% dari 20 t/h adalah 1 t/h *Pellet* sampah. Jadi, kebutuhan *Pellet* sampahnya adalah 3 ton per hari.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Berdasarkan standar ASTM E856-83, *Pellet* sampah Klungkung Bali berkode RDF-5, yaitu limbah yang dapat dibakar (*combustible*) kemudian dipadatkan menjadi bentuk *Pellet* atau *briquettes* (*densified RDF*).

Tabel 1 menampilkan perbandingan *Pellet* sampah Bali, *Pellet* sampah Korea Selatan dan *Pellet* sampah Italia. Berdasarkan klasifikasi RDF UNI CEN/TS 15359, *Pellet* sampah Bali untuk NCV berada di kelas 4, klorin di kelas 4, sedangkan merkuri tidak ada hasil uji laboratoriumnya (analisa *proximate* dan *ultimate* selanjutnya harus mengukur kandungan merkuri

juga pada *Pellet* sampah Bali). *Pellet* sampah Korea Selatan untuk NCV di kelas 3, klorin di kelas 3 dan merkuri tidak ditemukan datanya, sedangkan *Pellet* sampah Italia untuk NCV berada di kelas 3, klorin di kelas 3, dan merkuri di kelas 2. Hasil penentuan kelas tersebut, menunjukkan bahwa *Pellet* sampah Korea Selatan dan Italia lebih baik kandungannya dari segi indikator ekonomi (NCV), indikator teknologi (klorin) dan lingkungan (merkuri).

Kandungan klorin pada *Pellet* sampah Bali lebih besar 0,3 % dari *Pellet* sampah Korea Selatan dan 0,18 % dari *Pellet* sampah Italia serta kandungan *ash* juga lebih banyak, sehingga kemungkinan terjadi korosi lebih tinggi. Berdasarkan rasio molar S/Cl, *Pellet* sampah Bali dan Korea Selatan bersifat korosif, karena hasil perbandingannya kurang dari 2. Untuk *Pellet* sampah Italia korosif atau tidak, karena data sulfur tidak ditemukan dan biomassa dikenal dengan sulfur yang rendah, bisa diasumsikan juga rasio molar S/Cl pada *Pellet* sampah Italia kurang dari 2 juga (bersifat korosif).

Korosif merupakan proses alam yang tidak dapat dihindari namun dapat dicegah atau diminimalisir. Pemantauan korosi selama 8-15 bulan di PLTU Batubara Italia milik ENEL yang sudah menggunakan *co-firing* dengan *Pellet* sampah telah dilakukan.

Hasilnya menunjukkan terjadi korosi pada dinding ruang bakar dekat *nozzel Pellet* sampah, tetapi efisiensi termal tetap dapat dipertahankan hingga 35% serta menghasilkan emisi yang rendah. Selanjutnya digunakan sistem pemantauan korosi RSE (*Ricerca Sistema Energetico*) yang dapat menunjukkan pengukuran degradasi material akibat korosi secara *on-line* serta tepat waktu kepada *plant managers* dalam berbagai kondisi operasi yang berguna untuk optimasi sesuai dengan pemeriksaan metalografi. Selain itu, upaya untuk meminimalisir

terjadinya korosi adalah optimasi pengoperasian *soot blower* dan sudah adanya perkembangan terbaru perlindungan korosi, melapisi pipa dengan lapisan porositas keramik kadar di bawah 1% untuk menghindari kontak antara *chlorine* dan logam dengan tebal lapisan sekitar 75-90 μm [2].

Skala penilaian untuk faktor positif (kekuatan dan peluang) sebagai berikut : 1 untuk nilai sangat lemah, 2 untuk nilai lemah, 3 untuk nilai kuat dan 4 untuk nilai sangat kuat. Sedangkan untuk menilai faktor negatif (kelemahan dan ancaman) digunakan skala dengan pola sebagai berikut : 1 untuk nilai sangat kuat, 2 untuk nilai kuat, 3 untuk nilai lemah, dan 4 untuk nilai sangat lemah. Nilai bobot ditentukan dari hasil kuesioner yang diberikan kepada responden. Untuk mempermudah pemberian nilai skor dan bobot, digunakan tabel *internal strategy factor analysis* (IFAS) dan *eksternal strategy factor analysis* (EFAS), seperti pada tabel 2 dan 3.

Berdasarkan tabel 3 dan tabel 4, diketahui bahwa nilai faktor internal 3,03 atau dibulatkan menjadi 3 (kuat). Sedangkan nilai faktor eksternalnya 2,6 atau dibulatkan satu digit menjadi 3 (kuat). Kemudian untuk merumuskan strategi pengembangan, penulis menggunakan diagram bantu seperti pada Gambar 3.

Karena nilai IFAS dan EFAS adalah 3, maka dengan alat bantu diagram di atas dipilihlah strategi yang menggunakan kekuatan untuk memanfaatkan peluang atau *Strength-Opportunity* (SO). Adapun strategi SO yang dapat dilakukan pada *direct co-firing Pellet* sampah dan batubara di PLTU MSW adalah sebagai berikut :

1. Sosialisasi dan promosi program *direct co-firing* ke Kementerian Energi Sumber Daya Mineral dan Kementerian Lingkungan Hidup untuk mendukung program tersebut

dalam hal peraturan, kemudahan akses dll.

2. Segera melakukan *pilot project* TOSS (Tempat Olah Sampah Setempat) bersama Pemerintah Daerah Kabupaten Tabalong (lokasi PLTU MSW) untuk memanfaatkan sumber energi lokal berupa sampah kota menjadi *Pellet* sampah dengan metode *peuyeumisasi* dan memberdayakan masyarakat pada setiap TPS/TPA sebagai petugas TOSS.

Selain itu, penulis menambahkan beberapa strategi untuk memperbaiki kelemahan serta mengurangi ancaman :

1. Melakukan uji laboratorium ulang terhadap *fly ash* setelah *direct co-firing Pellet* sampah dan batubara, kemudian memberikan hasil ujinya kepada pabrik semen yang biasa mengambil *fly ash* PLTU MSW.
2. Sosialisasi dan pelatihan kepada warga sekitar TPS/TPA yang akan menjadi petugas pengolah *Pellet* sampah tentang jenis sampah organik, anorganik, dan sampah yang mengandung klorin.
3. Studi dan kunjungan ke PLTU Jeranjang ketika *shutdown* untuk melihat kondisi ruang bakar, jalur konveksi (*supeheater*), serta *ash* setelah melakukan *co-firing Pellet* sampah dan batubara.
4. Untuk menjaga keberlanjutan *co-firing* PLTU MSW dari permasalahan jumlah dan kapasitas peralatan pengolahan sampah yang kurang (keramba bambu, mesin pencacah, mesin pencetak *Pellet* dan lain-lain) dibandingkan jumlah sampah yang masuk. *Co-firing* dilaksanakan 3 jam setiap harinya ketika beban penuh (28 MW) yang biasanya pada siang hari, misal dari jam 11.00 WITA hingga jam 14.00 WITA. Kebutuhan rata-rata batubara PLTU MSW jika beban 28 MW adalah 20 t/h. Jika *co-firing* dilakukan dengan perbandingan 95%

batubara : 5% *Pellet* sampah (seperti PLTU Jeranjang, PLTU *Andrea Palladio* Italia dan PLTU *Donghae* Korea Selatan), maka 5% dari 20 t/h adalah 1 t/h *Pellet* sampah. Jadi, kebutuhan *Pellet* sampahnya adalah 3 ton per hari.

KESIMPULAN

Direct co-firing dengan menggunakan *Pellet* sampah Klungkung Bali layak diimplementasikan pada PLTU MSW dengan perbandingan 95% batubara dan 5% *Pellet* sampah, dengan parameter operasi, emisi, serta potensi korosi dalam kondisi aman (tidak ada masalah yang signifikan).

Direct co-firing dengan menggunakan *Pellet* sampah Klungkung Bali layak diimplementasikan pada PLTU MSW, dengan nilai *internal strategy factor analysis* (IFAS) 3,03 atau dibulatkan menjadi 3 (kuat) dan nilai *eksternal strategy factor analysis* (EFAS) 2,6 atau dibulatkan menjadi 3 (kuat).

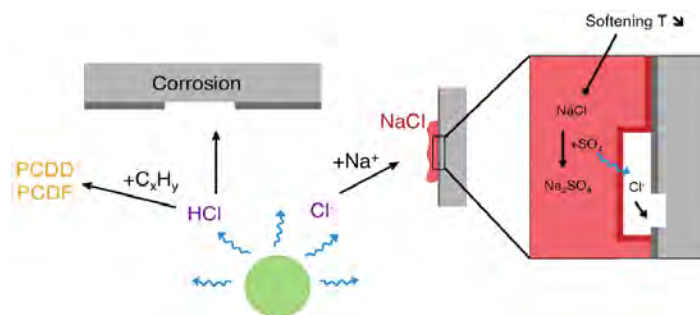
UCAPAN TERIMA KASIH

Penulis mengucapkan terima kasih kepada PT Makmur Sejahtera Wisesa *subsidiary of* PT Adaro Power atas dukungan pada penelitian ini.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] Badan Pusat Statistik. 2017. *Statistik Lingkungan Hidup Indonesia 2017*. Katalog : 3305001.
- [2] Baskakov, A. P. 2014. *The prospect for incineration of municipal solid waste in Russia in order to produce heat and electric power*. Thermal Engineering 61. 265-273. Yekaterinburg.
- [3] Ecoprogetto, V. 2016. *Tracciabilità e certificazione del recupero di RIFUTO URBANO RESIDUO proveniente dalle raccolte differenziate*, Bureau Veritas Certification, Milan.
- [4] Fantini, V. dan A. Cavalierre. 2012. *Boiler corrosion monitoring of Fusina co-firing power plant*. DEBCO Project - Final Conference. Brussel.
- [5] Gendebien, A., A. Leavens, et al., 2003. *Refuse Derived Fuel, Current Practice and Perspectives*. European Commission Directorate - General Environment.
- [6] Kementerian Pekerja Umum dan Perumahan Rakyat. 2016. *Indonesia Bebas Sampah 2020*. Buletin Cipta Karya Edisi 02. Jakarta.
- [7] Kim, D. W., J. M. Lee, et al., 2010. *Co-combustion of refuse derived fuel with anthracites in a CFB boiler*. Proceedings of the 20th International Conference on Fluidized Bed Combustion, Springer. 262-270. Beijing.
- [8] Kupka, T. T., Mancini, et al., 2008. *Investigation of ash deposit formation during co-firing of coal with sewage sludge, saw-dust and refuse derived fuel*. Fuel 87. 2824-2837. Clausthal-Zellerfeld.
- [9] Legino, S. 2018. *Listrik Kerakyatan : Opsi untuk melistriki seluruh Negeri dengan Energi Terbarukan*. Modul Seminar dan Pelatihan PT Hariff Daya Tunggal Engineering, Bandung
- [10] Pronobis, M. 2006. *The influence of biomass co-combustion on boiler fouling and efficiency*. Fuel 85. 474-480. Silesian.
- [11] Rangkuti, F. 2000. *Analisis SWOT Teknik Membedah Kasus Bisnis*. Jakarta: Gramedia Pustaka Utama.
- [12] Sikumbang, H., R. Cahyaningtyas, et al., 2018. *Simulasi Pembuatan dan Pemanfaatan Briket pada Listrik Kerakyatan*. Jurnal PETIR, Vol. 11, No. 1. Jakarta.
- [13] Sistem Informasi Pengelolaan Sampah Nasional. 2019, diakses

- dari www.sipsn.menlhk.go.id, pada 23 Februari 2019.
- [14] STT-PLN. 2019. *Peranan Warga untuk Meningkatkan Efisiensi Energi dan Pengembangan Energi Terbarukan*. Forum Energi DKI Jakarta.
- [15] Subawa, I. 2019. *Pertama di Indonesia, PT Indonesia Power Melakukan Uji Coba Co-firing untuk Kurangi Penggunaan Batubara di PLTU*, diakses dari www.indonesiapower.co.id, pada 30 April 2019.
- [16] Vekemans, O dan J. Chaouki. 2016. *Municipal Solid Waste Cofiring in Coal Power Plants: Combustion Performance*. Book Developments in Combustion Technology Chapter 5. Montreal.
- [17] Warlina, L. E. Noor, et al., 2008. *Kebijakan Manajemen Lingkungan untuk Emisi Dioksin/Furan yang Bersumber dari Industri Logam*. Jakarta: Jurnal Organisasi dan Manajemen. Vol. 4, No. 2 : 63-72.
- [18] Wei, X., Y. Wang, et al., 2009. *Release of sulfur and chlorine during cofiring RDF and coal in an internally circulating fluidized bed*. Energy & Fuels 23. 1390-1397. Beijing.
- [19] Winaya, N. S. dan I. B. Agung. 2010. *Co-firing Sistem Fluidized Bed Berbahan Bakar Batubara dan Ampas Tebu*. Jurnal Ilmiah Teknik Mesin Cakra. Vol. 4, No. 2 : 180-188. Bali.
- [20] Zotto, D., A. Tallini, et al., 2015. *Energy enhancement of solid recovered fuel within systems of conventional thermal power generation*. Energy Procedia 81. 319-338. Roma.



Gambar 1. Ilustrasi perilaku *chlorine* pada proses pembakaran [16]



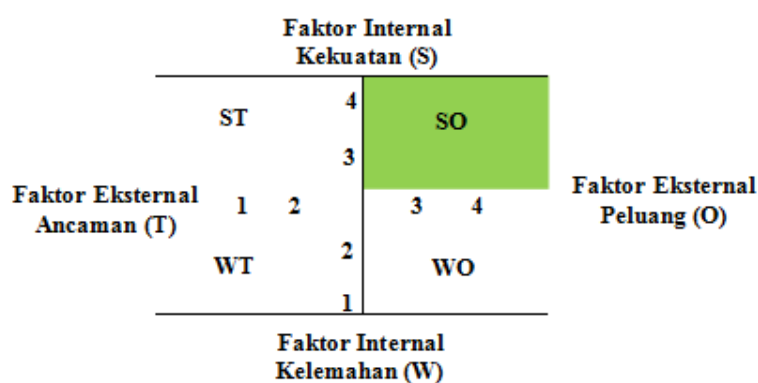
Gambar 2. Pellet sampah hasil peuyeumisasi [14]

Tabel 1. Pellet sampah Bali vs Pellet sampah Korea Selatan vs Pellet sampah Italia

Parameter	Unit (Basis)	Pellet Sampah Bali	Pellet Sampah Korea Selatan	Pellet Sampah Italia
Proximate Analysis				
<i>Net calorific value (NCV)</i>	Kcal/kg (ar)	2767	4182	4349
<i>Moisture</i>	%	6,6	1,58	7,35
<i>Ash</i>		35	31,03	16,95
<i>Fixed carbon</i>		11,6	5,11	*-
<i>Volatile matter</i>		46,8	62,28	-
Ultimate Analysis				
Karbon	% (ar)	30,6	39,15	-
Hidrogen		4,24	5,13	-
Oksigen		17,8	24,01	-
Nitrogen		1,6	0,11	-
Sulfur		0,18	0,08	-
<i>Ash</i>		33	31,52	-
Klorin	% (d)	1,1	0,8	0,92
Merkuri	mg/MJ (ar)	-	-	0,024

Keterangan : ar = *as-received* ; d = *dry*

* data tidak ditemukan



Gambar 3. Diagram SWOT

Tabel 2. Internal Strategy Factor Analysis (IFAS)

No.	IFAS	Rating	Bobot	Jumlah
Strength (Kekuatan)				
1.	Mendukung program pemerintah dalam mengurangi konsumsi energi fosil, seperti batubara	3	0,16	0,48
2.	Mendukung program pemerintah “ <i>waste to energy</i> ”	3	0,16	0,48
3.	Mendukung program pemerintah perihal lingkungan hidup	3	0,16	0,48
4.	Menurunkan emisi GHG (<i>Greenhouse Gas</i>), yaitu CO ₂ pada PLTU dan CH ₄ dari penimbunan limbah pada TPA	3	0,15	0,45
5.	Harga <i>Pellet</i> sampah (Rp 400.000 per metrik ton) lebih murah dari batubara (Rp 570.000 per metrik ton)	3	0,14	0,42
Weakness (Kelemahan)				
1	Belum cukup informasi tentang pengaruh <i>co-firing Pellet</i> sampah dan batubara di PLTU	3	0,12	0,36

2	Mempengaruhi kandungan <i>ash</i> yang akan diambil oleh pabrik semen	3	0,12	0,36
TOTAL			1	3,03

Tabel 3. Eksternal Strategy Factor Analysis (EFAS)

No.	EFAS	Rating	Bobot	Jumlah
Opportunities (Peluang)				
1	Membuka lapangan kerja baru bagi masyarakat sekitar TPS untuk mengolah sampah menjadi <i>Pellet</i> sampah sebagai bahan bakar	3	0,2	0,6
2	Memaksimalkan sumber energi lokal berupa sampah kota (<i>municipal solid waste</i>)	3	0,2	0,6
3	Mengubah <i>habit & mindset</i> masyarakat untuk selektif dalam melakukan pemilahan sampah	3	0,2	0,6
Threats (Ancaman)				
1	Kandungan klorin dan alkali pada <i>Pellet</i> sampah meningkatkan risiko korosi	2	0,13	0,26
2	Kandungan klorin pada <i>Pellet</i> sampah meningkatkan risiko peningkatan emisi dioksin dan furan	2	0,13	0,26
3	<i>Sustainability</i> dari program <i>direct co-firing</i> , karena permasalahan jumlah dan kapasitas peralatan pengolahan sampah yang kurang (keramba bambu, mesin pencacah, mesin pencetak <i>Pellet</i> dll.) dibandingkan jumlah sampah yang masuk, sehingga tidak ada kasus sampah membeludak dan tertumpuk begitu saja	2	0,14	0,28
TOTAL			1	2,6