



# *REFUSE-DERIVED FUEL DI INDONESIA*

Maret 2022



Nexus for Health,  
Environment, and  
Development  
Foundation



# Refuse-Derived Fuel di Indonesia

## Maret 2022

Penulis:

Yuyun Ismawati, Nindhita Proboretno, Mochamad Adi Septiono, Krishna Zaki

Kontak: [nexus3@nexus3foundation.org](mailto:nexus3@nexus3foundation.org)



**IPEN** merupakan jaringan lebih dari 600 LSM yang bergerak di 120 negara untuk mengurangi dan menghapuskan dampak senyawa beracun pada kesehatan masyarakat dan lingkungan.

[www.ipen.org](http://www.ipen.org)



**Nexus3** atau Nexus untuk Kesehatan, Lingkungan, dan Pembangunan (dulu dikenal dengan nama Yayasan BaliFokus) adalah organisasi di Indonesia yang bekerja untuk melindungi masyarakat, terutama populasi rentan, dari dampak pembangunan terhadap kesehatan dan lingkungan, menuju masa depan yang berkeadilan, bebas racun dan berkelanjutan.

[www.nexus3foundation.org](http://www.nexus3foundation.org)

Kami mengucapkan terima kasih kepada semua pihak yang membantu kami dalam pengumpulan dan penyusunan studi RDF ini. Kami juga mengucapkan terima kasih kepada tim Nexus3 yang telah mengumpulkan informasi serta sampel RDF. Ucapan terima kasih juga kami haturkan kepada Iqbal Alafghoni (WALHI Jawa Tengah) dan Wawan Some (Nol Sampah), yang telah membantu dalam proses pengumpulan sampel RDF serta mengumpulkan informasi di lapangan.

Terima kasih juga kami ucapkan kepada Jane Bremmer (National Toxic Network Australia), Mageswari Saralingram (Consumer Assosiation Penang), Aileen Lucero (Ecowaste Coalition Philippines), dan Chinkie Peliño-Golle (IPEN SEA Regional Hub) atas arahan, kerjasama, dan sesi sesi diskusi yang sangat membantu dalam penyusunan laporan ini dalam konteks regional.

### Sanggahan

Walaupun studi ini didukung secara finansial dari IPEN dan Pemerintah Swedia, tanggung jawab keseluruhan isi laporan berada di tangan tim Yayasan Nexus3. IPEN dan Pemerintah Swedia tidak sepenuhnya memiliki pandangan dan interpretasi yang sama dengan konten yang disusun dalam laporan ini.

© 2022. *International Pollutants Elimination Network (IPEN). All rights reserved.*

Tim produksi IPEN: Bjorn Beeler, Tim Warner, Betty Wahlund.

Catatan referensi untuk laporan ini:

Ismawati, Y., Proboretno, N., Septiono, M.A., Zaki, K. *Refuse-Derived Fuel in Indonesia*. Nexus3 Foundation/IPEN, 2022.

Diterjemahkan dan diedit ke dalam Bahasa Indonesia oleh Tim Nexus3.

# Daftar Isi

Daftar Singkatan	4
1. Latar Belakang	5
2. RDF sebagai bahan bakar alternatif untuk proses <i>co-firing</i> dan <i>co-processing</i>	21
3. Pelet biomassa dan briket	36
4. Perdagangan sampah dan hubungan Indonesia dengan Australia	64
5. Kesimpulan dan Rekomendasi	76
Lampiran	79
Referensi	83

# Daftar Singkatan

AMDAL	Analisis Mengenai Dampak Lingkungan
CFB	<i>Circulating Fluidized Bed</i>
CSR	<i>Corporate's Social Responsibility</i>
EBT	Energi Baru dan Terbarukan
ESDM	Energi dan Sumber Daya Alam
FMCGs	<i>Fast Moving Consumers Goods</i>
PC	<i>Pulverized Coal</i>
PEF	<i>Process Engineered Fuel</i>
PLN	Perusahaan Listrik Negara
PLTSa	Pembangkit Listrik Tenaga Sampah
PLTU	Pembangkit Listrik Tenaga Uap
PT SBI	PT Solusi Bangun Indonesia
PT SIG	PT Semen Indonesia Group (SIG) atau PT Semen Indonesia
RDF	<i>Refuse-Derived Fuel</i>
SRF	<i>Solid Recovered Fuel</i>
STRL	Sertifikat Teknologi Ramah Lingkungan
TSR	<i>Thermal Substitution Rate</i> atau Tingkat Bauran Energi
TRL	<i>Technology Readiness Level</i>
TKT	Tingkat Kesiapterapan Teknologi
WTE	<i>Waste-to-Energy</i>

Konversi satuan:

1 kcal/kg	0.0042 mega Joule/kg
1 mega Joule	239.006 kcal/kg
1 ton	1 metric ton

# 1. Latar Belakang

Sejak tahun 1990-an, produksi bahan bakar alternatif menjadi pilihan populer pada sektor pengelolaan sampah di berbagai negara. *Solid Recovered Fuels* (SRF) menjadi intervensi pelengkap yang seringkali dipilih untuk mengolah jalur sampah sebelum diteruskan ke lokasi lokasi pengolahan sementara atau pembuangan di TPA. Proses pengolahan yang menghasilkan bahan bakar turunan limbah secara umum telah diterapkan di banyak negara.

SRF merupakan bagian dari kelompok besar dari *Refuse-Derived Fuels* (RDF), yang diproduksi dari limbah bukan-Bahan Berbahaya dan Beracun (non-B3). SRF memiliki karakteristik lebih detail dibandingkan dengan RDF yang lebih umum. SRF merupakan bahan bakar alternatif yang harus mencapai ketentuan lebih khas (seperti klasifikasi dan spesifikasi khusus) yang ditentukan pada standar nasional atau internasional tertentu.

Proses pengolahan RDF seringkali menggunakan proses pengolahan mekanis (*mechanical treatment/MT*) atau biologis-mekanis (*mechanical biological treatment/MBT*). Penting untuk digarisbawahi bahwa SRF yang dipasarkan tidak pernah berupa satu jenis bahan bakar yang seragam, tetapi bahan bakar alternatif campuran yang sifat materialnya kemungkinan berbeda satu sama lain.

India and China merupakan contoh negara yang harus mengolah sejumlah sampah dalam jumlah besar, yang kemudian dimanfaatkan untuk kebutuhan energi domestiknya. Mereka membangun pengolahan awal sebelum akhirnya masuk ke dalam fasilitas pengolahan menjadi SRF. Karena alasan pemenuhan energi dalam negeri, kedua negara besar ini harus secara konsisten mengimpor SRF/RDF dari negara-negara tetangga yang memproduksinya.

Perdagangan, termasuk impor dan ekspor, produk SRF dan RDF secara global cukup signifikan, termasuk di kawasan Eropa. Inggris, misalnya, mengekspor sejumlah SRF/RDF ke Jerman, Belanda, dan Swedia.

Ada banyak faktor yang mendorong perdagangan antar-negara ini, namun faktor yang dominan adalah kebijakan masing-masing negara, kapasitas pengolahan sampah, serta harga dan permintaan pasar.

Di Asia, RDF dan SRF terjadi antara Kamboja, Tiongkok, India, Indonesia, Thailand, Malaysia, Myanmar, dan Vietnam sejak lama [1].



**Gambar 1. Perpindahan/perdagangan RDF (garis merah) dan SRF (garis biru) di Asia.** Sumber: Ishigaki Tomonari, 2017.

Secara global, klasifikasi bahan bakar dari limbah diperkenalkan oleh *American Standards for Testing of Materials (ASTM)* yang sekarang digunakan sebagai salah satu referensi di banyak negara. Tabel 1 menunjukkan tujuh jenis RDF berdasarkan pemilahan jenis sumber sampah/limbah [1].

Sebagai negara dengan warga negara lebih dari 270 juta jiwa, pengelolaan sampah merupakan tantangan besar bagi Indonesia. Pada 2020, timbulan sampah mencapai 67.8 juta ton, yang juga diprediksi meningkat secara signifikan di masa mendatang [2]. Selain itu, laju peningkatan infrastruktur pengolahan sampah dan mekanisme finansialnya belum dapat mengejar tingginya pertumbuhan timbulan sampah. Hal ini berdampak pada sampah yang tidak tertangani yang mengotori lahan, sungai dan lautan Indonesia.

**Tabel 1. Tujuh Jenis RDF berdasarkan pemilahan jenis sumber sampah/limbah**

Jenis RDF	Sumber limbah
RDF-1	Sampah/limbah digunakan sebagai bahan bakar dengan bentuk sebagaimana saat dibuang
RDF-2	Sampah/limbah yang diproses menjadi partikel berukuran tertentu, tanpa atau dengan proses pemilahan dari logam
RDF-3	Bahan bakar tercacah dari sampah kota yang sudah diproses untuk memisahkan logam, kaca, dan material inorganik lain (95% terpilah secara berat, lolos ayakan 50mm <sup>2</sup> 10 mesh)
RDF-4	Sampah mudah terbakar yang telah diproses menjadi bubuk (95% terpilah secara berat, lolos ayakan 50mm <sup>2</sup> 10 mesh)
RDF-5	Sampah mudah terbakar yang dikompaksi menjadi bentuk pellet atau briket (d-RDF)
RDF-6	Sampah mudah terbakar yang diproses menjadi bahan bakar cair
RDF-7	Sampah mudah terbakar yang diproses menjadi bentuk cair atau gas

Sumber: *The American Standards for Testing of Materials (ASTM)*

Undang-Undang Nomor 18 Tahun 2008 tentang Pengelolaan Sampah sudah diterbitkan dengan semangat perbaikan pengelolaan sampah di Indonesia, termasuk mengakhiri pembuangan sampah di lahan terbuka pada 2013. Target ambisius ini tidak tercapai, sebagaimana dicatat oleh Kementerian Lingkungan Hidup dan Kehutanan, bahwa 198 pembuangan sampah secara terbuka masih beroperasi.<sup>1</sup>

Pada 2020, setidaknya 20 TPA kota dalam kondisi hampir penuh dan harus ditutup, diperpanjang, atau dipindahkan ke lokasi lain. Tingkat pengelolaan sampah di Indonesia tetap rendah, hanya sekitar 56.57%.

Sejak lima tahun terakhir, perhatian global atas pencemaran plastik meningkat pesat. Peneliti mengidentifikasi Indonesia sebagai negara kedua sumber pencemaran plastik [3, 4]. Di sisi lain, peneliti Indonesia mengestimasi 0,27 - 0,59 ton sampah plastik terlepas ke lautan Indonesia [5]. Sementara, tingkat daur ulang Indonesia, yang sangat bergantung pada sektor informal dan berkontribusi atas pengurangan 5% total timbulan sampah [6], hanya mampu mencapai tingkat daur ulang sebesar 7% [7].

<sup>1</sup> Sistem Informasi Pengelolaan Sampah Nasional, <https://sipsn.menlhk.go.id/sipsn/> diakses 10 Juni 2021

Situasi ini diperburuk akibat terbatasnya lokasi industri plastik dan daur ulang plastik di pulau-pulau besar di Indonesia, yaitu Pulau Jawa dan Sumatera. Survey yang dilakukan oleh KLHK pada 2020 juga menunjukkan bahwa 17.6% timbulan sampah nasional berupa sampah plastik dan 38.2% timbulan berasal dari sampah rumah tangga.<sup>2</sup> Namun, timbulan sampah di Indonesia jauh berbeda antara kota besar dan kota kecil. Bank Dunia mengestimasi timbulan sampah per kapita sebesar 3,57 liter/kapita/hari atau 0,87 kg/kapita/hari [8]. Dari jumlah ini, timbulan sampah plastik adalah sebesar 0,078 kg/kapita/hari atau sebesar 8% dari total timbulan sampah [9].

Laporan *National Plastic Action Partnership* (NPAP) menunjukkan bahwa tingkat daur ulang pada 2020 adalah 10% dari total timbulan sampah plastik, yaitu sebesar 6,8 juta ton [10]. Studi ini juga mengidentifikasi bahwa 4,2 juta ton atau 61% dari sampah plastik pasca-konsumsi tidak terkumpul oleh pengepul sampah ataupun sistem pengelolaan sampah yang ada, yang menyebabkan kebocoran ke lingkungan. Sementara sisa timbulannya berakhir di TPA.

### **1.1. Kebijakan dan regulasi tentang pengelolaan sampah**

UU Nomor 18/2008 tentang Pengelolaan Sampah merupakan kebijakan yang memayungi pengelolaan sampah di Indonesia. Perundangan ini didukung oleh Peraturan Pemerintah, yang utamanya dipegang oleh Kementerian Lingkungan Hidup dan Kehutanan. UU ini menyebutkan bahwa pengelolaan sampah di Indonesia harus memprioritaskan upaya-upaya pengurangan sampah.

KLHK juga menyatakan bahwa pemerintah daerah telah dimandatkan untuk memperbaiki kualitas pengelolaan sampah melalui persiapan penyusunan Kebijakan dan Strategi Daerah (Jakstrada). Penyusunan Jakstrada ini merupakan mandat dari Peraturan Presiden Nomor 97 Tahun 2017 tentang Kebijakan dan Strategi Nasional untuk Sampah Rumah Tangga dan Sampah Sejenis Rumah Tangga.<sup>3</sup>

---

<sup>2</sup> Ibid.

<sup>3</sup> Perpres Nomor 97/2017 tentang Kebijakan dan Strategi Nasional Pengelolaan Sampah Rumah Tangga dan Sampah Sejenis Sampah Rumah Tangga <https://peraturan.bpk.go.id/Home/Details/73225/perpres-no-97-tahun-2017>

Kebijakan ini mengarahkan pengelolaan sampah berdasarkan estimasi jumlah timbulan sampah pada 2025, serta penghapusan dan pelarangan sejumlah jenis plastik sekali pakai seperti plastik kresek, sedotan plastik, dan styrofoam.

Gambar 2 menyajikan ringkasan regulasi pengelolaan sampah di Indonesia (hingga Juli 2021). Akibat pandemi, sejumlah rancangan peraturan yang masih dibahas dan memungkinkan untuk ditetapkan pada 2022. Pada akhir Juni 2021, dua provinsi dan 58 kabupaten/kota juga telah mengeluarkan peraturan daerah terkait pengurangan sampah melalui pelarangan dan pengetatan penggunaan plastik sekali pakai.

<b>Perundang-undangan</b>	UU Nomor 18 / 2008 tentang Pengelolaan Sampah	UU Nomor 11 / 2020 tentang Cipta Kerja		
<b>Peraturan Pemerintah</b>	Peraturan Pemerintah Nomor 81/2012 Pengelolaan Sampah Rumah Tangga Dan Sampah Sejenis Sampah Rumah Tangga	Peraturan Pemerintah Nomor 22/2021 tentang Penyelenggaraan Perlindungan dan Pengelolaan Lingkungan Hidup	DRAFT Peraturan Pemerintah tentang Cukai Plastik	Peraturan Pemerintah Nomor 27/2020 tentang Pengelolaan Sampah Spesifik
<b>Peraturan Presiden</b>	Peraturan Presiden Nomor 83/2018 tentang Penanganan Sampah Laut	Peraturan Presiden Nomor 79/2019 tentang Fasilitas Pajak Penghasilan untuk Penanaman Modal di Bidang-Bidang Usaha Tertentu dan/atau di Daerah-Daerah Tertentu	Peraturan Presiden Nomor 15/2018 tentang Percepatan Pengendalian Pencemaran dan Kerusakan Daerah Aliran Sungai Citarum	Peraturan Presiden Nomor 35/2018 tentang Percepatan Pembangunan Instalasi Pengolah Sampah Menjadi Energi Listrik Berbasis Teknologi Ramah Lingkungan
<b>Keputusan Presiden</b>	Keputusan Presiden Nomor 61/1993 dan Keputusan Presiden Nomor 47/2005 tentang Pengesahan Konvensi Basel tentang Pengendalian Pergerakan Lintas Batas Limbah B3 dan Pembuangannya			
<b>Peraturan Menteri</b>	Peraturan Menteri Perdagangan Nomor 48/2015 tentang Pedoman Umum Sektor Impor	Peraturan Menteri Lingkungan Hidup dan Kehutanan Nomor P75 tahun 2019 tentang Roadmap Pengurangan Sampah ole Produser	Peraturan Menteri Lingkungan Hidup dan Kehutanan Nomor 13/2012 tentang Bank Sampah	Peraturan Menteri Pekerjaan Umum Nomor 3/2013 tentang Implementasi Infrastruktur dan Fasilitas Pengelolaan Sampah
	Peraturan Menteri Perdagangan Nomor 70/2015 tentang Nomor Identifikasi Importer	Peraturan Menteri Perdagangan Nomor 83/2020 Amendemen Ketiga dari Peraturan Menteri Perdagangan Nomor 84/2019 tentang Persyaratan Importasi Limbah Non-B3 sebagai Bahan Baku		Peraturan Menteri Perindustrian Nomor 48/2015 tentang Implementasi Persyaratan Fasilitas Income Tax
<b>Peraturan Provinsi dan Kota/ Kabupaten</b>	Peraturan Walikota Banjarmasin Nomor 18/2016  Peraturan Daerah Kabupaten Purwakarta Nomor 37/2016	Peraturan Walikota Denpasar Nomor 36/2018 Peraturan Walikota Bogor Nomor 61/2018	Peraturan Walikota Balikpapan Nomor 8/2018 Peraturan Walikota Padang Nomor 36/2018	Peraturan Provinsi tentang Pelarangan Plastik Sekali Pakai  Peraturan Gubernur Bali Nomor 97/2018 Peraturan Gubernur DKI Jakarta Nomor 142/2019
	Menteri Lingkungan Hidup dan Kehutanan			
	Menteri Pekerjaan Umum			
	Menteri Perdagangan			
	Menteri Perindustrian			

**Gambar 2. Ringkasan peraturan di Indonesia yang mengatur pengelolaan sampah (per Juli 2021).** Sumber: KLHK-SWI (2019), Nexus3-ICEL-AZWI (2021).

Untuk mempromosikan pengurangan sampah plastik di hulu, KLHK juga telah mengeluarkan peraturan menteri yang memandatkan para produsen untuk menyusun peta jalan untuk pengurangan kemasan plastik sebesar 30% hingga 2030.<sup>4</sup>

Untuk penggunaan dan implementasi RDF, sejumlah regulasi juga telah diterbitkan untuk mendukung para produsen dan pembeli atau penerima (*offtaker*) dari produk-produk RDF.

## 1.2. Timbunan Sampah Dan Sampah Plastik

Bank Dunia melaporkan sekitar tiga juta orang yang terlibat dalam industri daur ulang sampah di Indonesia, termasuk pengumpulan dari sektor informal, pemulung sampah, pengumpulan, pengolahan, dan perdagangan sampah. Pengumpulan sampah secara informal yang dilakukan sektor daur ulang di Jawa diperkirakan berkontribusi hingga 10%. Angka ini akan ditemukan lebih kecil persentasenya di pulau-pulau lain karena tingginya biaya transportasi dan kurangnya kapasitas lokal untuk menjual dan pengolahan.

Sebagian besar barang yang dikumpulkan oleh pemulung adalah plastik, logam, dan kardus dengan harga bervariasi per kilogram, tergantung pada jenis produk, sumber, dan tingkat pengumpulan (baik dari sumbernya, dari pemulung, dari pengepul/perantara, dll.), mulai dari IDR1.300.00 sampai IDR 17.150.00 per kg (sekitar 0,04 - 1,19 USD/kg) [8].

---

<sup>4</sup> Peraturan Menteri Lingkungan Hidup dan Kehutanan Republik Indonesia Nomor P.75/MENLHK/SETJEN/KUM. 1/10/2019 tentang Peta Jalan Pengurangan Sampah oleh Produsen diakses dari [http://jdih.menlhk.co.id/uploads/files/P\\_75\\_2019\\_PETA\\_JALAN\\_SAMPAH\\_menlhk\\_12162019142914.pdf](http://jdih.menlhk.co.id/uploads/files/P_75_2019_PETA_JALAN_SAMPAH_menlhk_12162019142914.pdf)

Jalur daur ulang yang formal, sekitar 2% dari total pengelolaan sampah, terjadi lewat Bank Sampah dengan pemilahan sukarela di tingkat masyarakat, dan sekitar 8% dari pemilahan sampah campuran dalam bentuk pelaporan mandiri, termasuk pengomposan di tingkat rumah tangga.

Kementerian Lingkungan Hidup dan Kehutanan (KLHK) telah menetapkan Rencana Aksi Nasional (RAN) untuk pengurangan sampah hingga 30% dan perbaikan pengelolaan hingga 70% pada tahun 2025.<sup>5</sup> Rencana Aksi Nasional ini juga menargetkan pengurangan kebocoran sampah plastik ke lautan hingga 0,075 - 0,18 juta ton per tahun.

Selanjutnya, Kebijakan dan Strategi Nasional atau Jakstranas menetapkan target tingkat daur ulang akan menjadi 50%, Pembangkit Listrik Tenaga Sampah (PLTSa) akan tersedia di 12 kota, pabrik RDF akan dibangun di 34 kota/kabupaten, dan pembatasan atau peraturan untuk membatasi plastik sekali pakai akan ditegakkan di 257 kota/kabupaten di 17 provinsi, semuanya hingga tahun 2025.

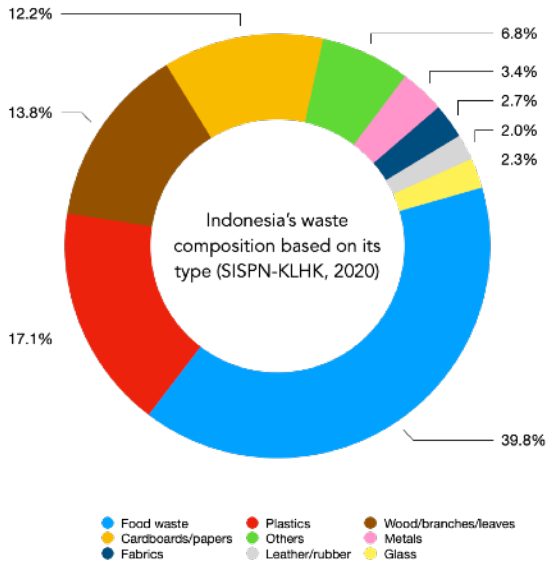
Berdasarkan Undang-Undang Nomor 18 Tahun 2008 tentang Pengelolaan Sampah dan Keputusan Presiden Nomor 97/2017, terdapat tiga pendekatan utama untuk mengatasi masalah persampahan di Indonesia:

- Pengurangan sampah dengan gaya hidup ramah lingkungan;
- Ekonomi sirkular; dan
- Pelayanan dan teknologi.

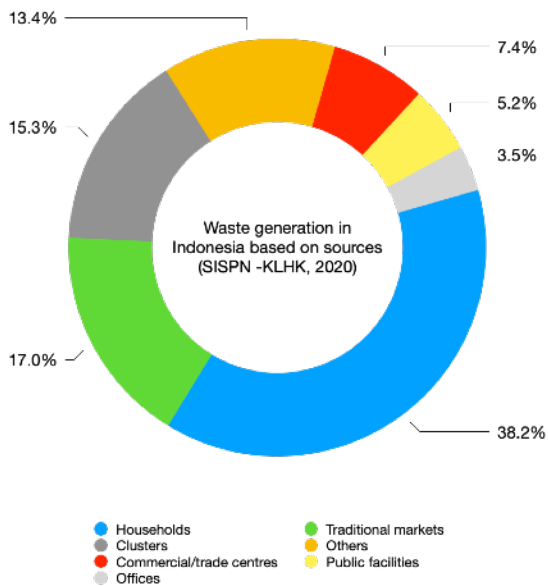
Tujuan dasar untuk pengurangan sampah adalah dengan perubahan perilaku, serta minimalisasi, pencegahan, atau pelarangan/pembatasan timbunan sampah. Target utama yang ditetapkan dalam Perpres Nomor 97/2017 adalah untuk menurunkan (1) kantong plastik sekali pakai, (2) alat makan plastik, termasuk sedotan plastik, dan (3) kemasan styrofoam sebesar 30% pada tahun 2029.

---

<sup>5</sup> Kebijakan dan Strategi Nasional (Jakstranas) mengacu pada Peraturan Presiden Nomor 97 Tahun 2017 tentang Kebijakan dan Strategi Nasional Pengelolaan Sampah Rumah Tangga dan Jenis Sampah Rumah Tangga <https://peraturan.bpk.go.id/Home/Details/73225/perpres-no-97-tahun-2017>



**Gambar 3. Komposisi sampah di Indonesia (2020).**  
Sumber: SISPN - KLHK, 2020



**Gambar 4. Timbulan sampah di Indonesia berdasarkan sumber (2020).**  
Sumber: SISPN - KLHK, 2020

Pendekatan pengurangan sampah, yang sudah banyak diadopsi oleh pemerintah provinsi dan kabupaten/kota, tercermin dari larangan produksi dan penggunaan Plastik Sekali Pakai (PSP). Sebelum pandemi COVID-19, lebih dari 20 kota dan pemerintah provinsi telah mengeluarkan peraturan daerah untuk melarang plastik sekali pakai, serta menerapkan peraturan yang mendukung Kota Tanpa Sampah (*Zero Waste Cities*).<sup>6,7</sup> Pada akhir 2021, dua provinsi (Bali dan Jakarta) dan 75 kota dan kabupaten telah mengeluarkan peraturan daerah yang melarang PSP [11].

Untuk penerapan konsep ekonomi sirkular, Kementerian Lingkungan Hidup dan Kehutanan (KLHK), Kementerian Pekerjaan Umum dan Perumahan Rakyat (KemenPUPR), dan Badan Perencanaan Pembangunan Nasional (Bappenas) mengimplementasikan pendekatan perilaku dengan membuat sistem pendukung untuk desain ulang, penggunaan kembali, dan daur ulang di berbagai sektor. Untuk mencapai target ini, KLHK telah membuat ekosistem ekonomi sirkular dan mekanisme pendukungnya, misalnya pada rantai daur ulang produk, industri daur ulang, komunitas bank sampah, TPST 3R, pusat daur ulang/PDU, *Material Recovery Facility*/MRF, *Intermediate Treatment Facility*/ITF, pemberdayaan pemulung, dan wirausaha sosial [9].

Untuk melengkapi upaya dari KLHK, Kementerian Pekerjaan Umum dan Perumahan Rakyat (PUPR) juga menerbitkan panduan untuk pembangunan TPST 3R [12] berdasarkan peraturan menteri yang sudah dikeluarkan pada 2013,<sup>8</sup> Bappenas juga menerbitkan kebijakan ekonomi sirkular dengan lima sektor prioritas [13].

---

<sup>6</sup> Jakarta Post, News Desk. 25 December 2018. Bali enacts plastics ban, targeting 70 percent reduced use in 2019. Diakses dari <https://www.thejakartapost.com/news/2018/12/25/bali-enacts-plastics-ban-targeting-70-percent-reduced-use-in-2019.html>

<sup>7</sup> Jakarta Post, Ni Komang Erviani. 15 July 2019. Bali wins plastic-ban battle in Court, steps closer to being plastic-free island. Diakses dari <https://www.thejakartapost.com/news/2019/07/15/bali-wins-plastic-ban-battle-in-court-steps-closer-to-being-plastic-free-island.html>

<sup>8</sup> Peraturan Menteri Pekerjaan Umum Nomor 03/PRT/M/2013 tentang Penyelenggaraan Prasarana dan Sarana Persampahan Dalam Penanganan Sampah Rumah Tangga Dan Sampah Sejenis Sampah Rumah Tangga <https://peraturan.bpk.go.id/Home/Details/144707/permen-pupr-no-03prtm2013-tahun-2013>

Faktor lingkungan untuk mendukung konsep ekonomi sirkular juga memperhitungkan insentif fiskal untuk industri daur ulang, ketersediaan bahan layak daur ulang untuk industri daur ulang, kandungan bahan daur ulang pada kemasan atau produk, dll. Pada pertengahan 2020, data menunjukkan hanya 9-11% plastik pasca-konsumen telah didaur ulang [9, 10].

Kebijakan untuk mendukung impor skrap, terutama kertas, plastik, karet, kaca, dan bahan tekstil, sudah diterbitkan dan direvisi beberapa kali untuk mengikuti isi Konvensi Basel dan amandemen terbarunya mengenai perdagangan sampah plastik. Berbagai pemangku kepentingan juga telah berdiskusi dalam penyusunan peta jalan untuk mengurangi impor skrap, termasuk dengan perencanaan infrastruktur untuk meningkatkan tingkat daur ulang di Indonesia.

KLHK juga telah menerbitkan kebijakan mengenai EPR atau extended producers responsibility. Kebijakan ini menyerukan industri secara umum, industri ritel, dan industri kemasan untuk mengurangi penggunaan plastik dalam produk dan kemasan mereka hingga 30% pada tahun 2030, berdasarkan Peraturan Menteri Lingkungan Hidup dan Kehutanan Nomor P.75 Tahun 2019.<sup>9</sup>

Untuk produk daur ulang, standar untuk kemasan yang bersentuhan langsung dengan makanan berbahan plastik PET sudah dikeluarkan oleh Badan Pengawas Obat dan Makanan. Kebijakan ini dikeluarkan sebagai panduan bagi pedaur ulang plastik PET agar dapat menjaga aspek keamanan produk mereka kepada konsumen [14].

Pada tahun 2019, timbulan sampah Indonesia mencapai 57,4 juta ton, dimana 6,8 jutanya merupakan sampah plastik [9, 10]. Lembaga Ilmu Pengetahuan Indonesia (LIPI; sekarang bagian dari Badan Riset dan Inovasi Nasional/BRIN) meluncurkan data awal bahwa 0,27-0,59 juta ton plastik ditemukan berakhir di laut per tahunnya [5].

---

<sup>9</sup> Peraturan Menteri Lingkungan Hidup dan Kehutanan Nomor P75/MENLHK/SETJEN/KUM.1/10/2019 tentang Peta Jalan Pengurangan Sampah oleh Produsen [http://jdih.menlhk.co.id/uploads/files/P\\_75\\_2019\\_PETA\\_JALAN\\_SAMPAH\\_menlhk\\_12162019142914.pdf](http://jdih.menlhk.co.id/uploads/files/P_75_2019_PETA_JALAN_SAMPAH_menlhk_12162019142914.pdf)

Sebuah penelitian juga menunjukkan bahwa sekitar 3,2 juta ton plastik yang tidak dikelola dengan baik dan berakhir di lautan [15]. Selama lima tahun terakhir, banyak studi yang telah mempelajari kandungan mikroplastik pada perairan, lautan, sepanjang garis pantai Indonesia, di atmosfer, serta di rantai makanan [16-23].

*National Plastic Action Partnership* (NPAP) telah menyusun model berdasarkan data LIPI, yang menyatakan bahwa 620.000 ton plastik berakhir di perairan Indonesia pada 2017 [5, 10]. Model ini menunjukkan bahwa 4,2 juta plastik yang tidak masuk dalam sistem pengelolaan sampah nasional merepresentasikan sekitar 61% dari total timbulan plastik di Indonesia. Karena kurangnya pelayanan pengumpulan sampah, beberapa lokasi permukiman dan bisnis kecil tidak memiliki opsi lain selain membuangnya di lingkungan dengan risiko bahaya bagi lingkungan dan kesehatan.

Salah satu laporan juga menunjukkan bahwa 78% dari rumah tangga masih membakar sampahnya disekitar rumah karena tidak dikumpulkan oleh sistem pengelolaan sampah, hingga 12% sampah dibuang ke badan air, dan 10% lainnya dikubur atau dibuang begitu saja [10].

Ada perbedaan yang signifikan dari jenis masing-masing jenis plastik. Plastik yang keras, seperti botol PET (polietilen tereftalat), bagi para pendaur ulang lebih berharga karena nilai jualnya lebih tinggi dan tingkat polusinya lebih rendah. Namun beberapa jenis plastik fleksibel, seperti sachet *multi-layer*, tidak dapat di daur ulang dengan harga murah. Sekitar 75% plastik yang terbangun ke lingkungan adalah plastik *multi-layer* dan sachet [10].

### **1.3. Kerjasama Pemerintah dan Badan Usaha (KPBU) dan skema pendukungnya**

Konsep utama sistem pengelolaan sampah saat ini adalah dari aspek pengumpulan, transfer, dan pengiriman sampah ke tempat pembuangan akhir (TPA). Intervensi teknologi telah mempromosikan untuk mendukung pemerintah daerah, terutama dalam sistem pengelolaan sampah.

Teknologi yang didorong oleh pemerintah adalah TPA *sanitary landfill*, pengumpulan gas landfill serta penggunaannya, penambangan TPA, teknologi termal, RDF, daurulang, dan berbagai teknik pengomposan.

Selama sepuluh tahun terakhir, pemerintah Indonesia telah mengeluarkan berbagai insentif untuk mendukung permodalan swasta di sektor sampah melalui berbagai lembaga pemerintahan. Kementerian Keuangan (Kemenkeu) dan KLHK mendukung pemerintahan untuk bekerjasama dengan pihak swasta untuk membangun dan mengucurkan investasi pada infrastruktur pengelolaan sampah. Sistem ini dikenal dengan Kerjasama Pemerintah dan Badan Usaha (KPBU) atau *Public-Private Partnership* (PPP).

Kemenkeu melihat bahwa ketentuan sebuah infrastruktur untuk memenuhi kebutuhan publik memiliki berbagai tantangan, terutama pada biaya pembangunan yang termasuk biaya persiapan, pembangunan, serta mekanisme operasi dan pemeliharaan. Tantangan ini memaksa sebuah rancangan infrastruktur agar dapat dipersiapkan, dibangun, dipelihara, dan dikelola untuk menjawab kebutuhan publik semaksimal mungkin.

Secara definisi, KPBU adalah kerjasama antara lembaga pemerintah dan sektor swasta dalam pengadaan infrastruktur atau jasa untuk kepentingan publik.<sup>10</sup> KPBU akan memiliki spesifikasi yang ditentukan oleh lembaga pemerintahan, yang sebagian atau seluruhnya menggunakan sumber daya dari pihak swasta dengan mempertimbangkan pembagian tingkat risiko antara keduanya.

Untuk mendukung implementasi KPBU di Indonesia, Kemenkeu<sup>11</sup> membangun infrastruktur dalam pemberian insentif untuk investasi dengan memberikan berbagai dukungan dan fasilitas, yaitu:

---

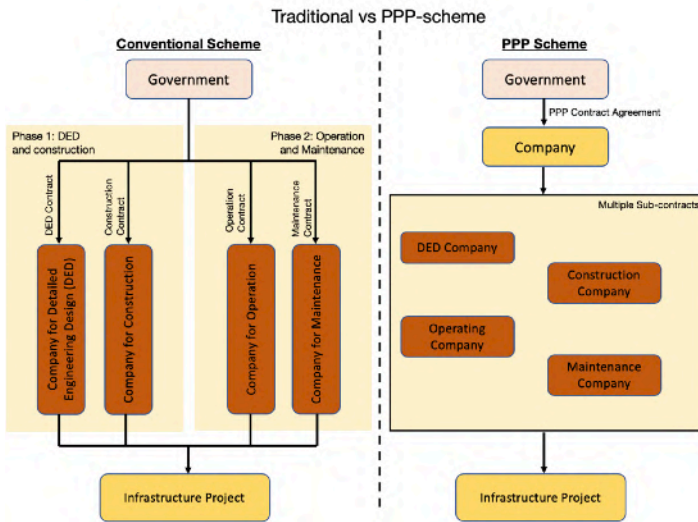
<sup>10</sup> Peraturan Menteri Keuangan Nomor 180/PMK.08/2020 tentang Fasilitas untuk Penyediaan dan Pelaksanaan Transaksi Proyek Kerja Sama Pemerintah dengan Badan Usaha dalam Penyediaan Infrastruktur. Diakses dari <https://peraturan.bpk.go.id/Home/Details/152732/pmk-no-180pmk082020>

<sup>11</sup> Situs Kementerian Keuangan, Dukungan Pemerintah untuk KPBU. Diakses dari <https://kpbu.kemenkeu.go.id/read/19-37/gca/implementation-of-the-ppp/government-%20support-for-ppp>

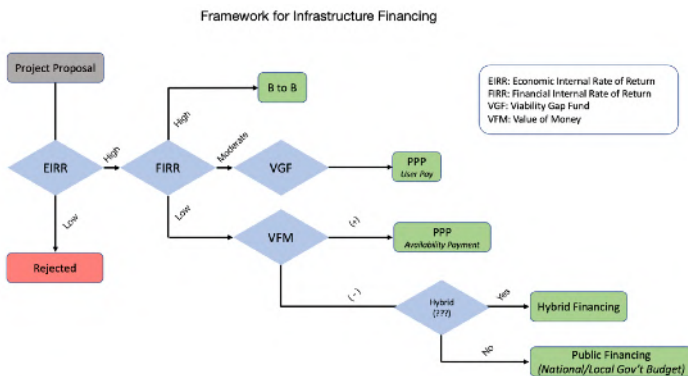
**Project Preparation Facility**, secara umum dikenal sebagai *Project Development Facility* (PDF), merupakan fasilitas untuk membantu pihak yang bertanggungjawab pada sebuah skema KPBU, atau dikenal sebagai Penanggung Jawab Proyek Kerjasama (PJPK). Pihak yang bertanggungjawab ini akan mendapatkan bantuan untuk mempersiapkan studi kelayakan dan dokumen penawaran (tender). Fasilitas ini juga akan mendampingi PJPK untuk mendapatkan skema pendanaan dari lembaga keuangan (atau hingga mendapatkan komitmen pembiayaan/*financial close*).

**Dukungan Kelayakan** atau *Viability Gap Fund* (VGF) adalah dukungan pemerintah dalam bentuk kontribusi parsial atau biaya konstruksi dalam bentuk dana untuk proyek KPBU yang memiliki kelayakan secara ekonomi, namun belum memiliki kelayakan secara finansial. Kemenkeu dapat memberikan bantuan kelayakan jika alternatif lain tidak tersedia untuk mendukung kelayakan finansial dalam sebuah skema KPBU. Pemerintah daerah juga dapat memberikan dukungan ini setelah mendapat persetujuan dari DPR sebagai *infrastructure guarantee*.

**Infrastructure guarantee atau Jaminan Infrastruktur** adalah pemberian jaminan untuk pihak yang bertanggung jawab dalam KPBU dengan kewajiban finansial untuk membayar kompensasi kepada pihak swasta dalam konteks risiko infrastruktur – sesuai alokasi yang disetujui dalam sebuah perjanjian KPBU – yang menjadi tanggungjawabnya. Jaminan infrastruktur disediakan oleh PT. Penjaminan Infrastruktur Indonesia (PT PII) dalam rangka melaksanakan kebijakan dari satu pintu. Ketika cakupan penjaminan yang dibutuhkan melebihi kapasitas kapital dari PT. PTT, maka Kemenkeu dan PT. PII akan memberikan jaminan bersama.



**Gambar 5. Skema pembiayaan proyek tradisional vs KPBU di Indonesia.** Sumber: Suhendra, Maman et al. 2017



**Gambar 6. Sebagai bagian dari kerangka pembiayaan proyek infrastruktur di Indonesia, Kementerian Keuangan menyediakan Viability Gap Fund (VGF), untuk proyek-proyek yang secara finansial tidak layak.** Sumber: Kementerian Keuangan RI, 2019

Selain dukungan dari Kementerian Keuangan di atas, proyek infrastruktur pengelolaan sampah dengan skema KPBU juga akan mendapatkan dukungan dalam bentuk subsidi *tipping fee*<sup>12</sup> untuk pengelolaan sampah yang dikenal dengan Bantuan Langsung Penanganan Sampah/BLPS, serta *feed-in-tariff* untuk penjualan energi yang diproduksi dari fasilitas pengolahan secara termal kepada sistem *grid*.<sup>13</sup>

Peraturan Presiden Nomor 35 Tahun 2018 menargetkan total produksi listrik sebesar 234 MW dari pemanfaatan sekitar 5,8 juta ton sampah per tahunnya, atau sekitar 9% dari timbulan sampah (64 juta ton per tahun).<sup>14</sup>

Investasi untuk konstruksi fasilitas *waste-to-energy* (WTE) yang ditawarkan oleh beberapa investor berkisar antara IDR 778 milyar sampai IDR 5 triliun (sekitar 54 - 340 juta USD).<sup>15</sup>

Menurut Direktorat Jenderal Energi Baru, Terbarukan, dan Konservasi Energi ESDM, kebutuhan belanja modal (*CAPEX*) untuk WTE adalah sekitar 5,3 juta USD per MW. Oleh karenanya, investasi sebesar IDR 16,7 triliun (sekitar 1,16 miliar USD) akan dibutuhkan untuk membangun WTE di 12 kota untuk memproduksi listrik sebesar 219,5 MW.

Komisi Pemberantasan Korupsi (KPK) merekomendasikan pemerintah pusat untuk menghentikan ide pembangunan WTE di 12 kota ini karena risiko beban finansial yang akan timbul di tingkat nasional dan daerah selama 25 ke depan.<sup>16</sup>

---

<sup>12</sup> Peraturan Menteri Lingkungan Hidup dan Kehutanan Nomor P.24/MENLHK/SETJEN/KUM.1/5/2019 tentang Bantuan Biaya Layanan Pengolahan Sampah Dalam Rangka Percepatan Pembangunan Instalasi Pengolah Sampah Menjadi Energi Listrik Berbasis Teknologi Ramah Lingkungan <https://peraturan.go.id/common/dokumen/bn/2019/bn796-2019.pdf>

<sup>13</sup> Ibid

<sup>14</sup> Peraturan Presiden Nomor 35 year 2018 <https://peraturan.bpk.go.id/Home/Details/73958/perpres-no-35-tahun-2018>

<sup>15</sup> Tempo. Lani Diana Wijaya, 2021. Proyek ITF Sunter Jalan di Tempat, Fortum Finlandia Mundur. 28 Juni 2021. Diakses dari <https://metro.tempo.co/read/1477352/project-itf-sunter-jalan-di-place-fortum-finnish-backward/full&view=ok>

<sup>16</sup> Kontan. 4 November 2020. KPK: Proyek PLTSa di 12 daerah bakal bebani anggaran pemda dan PLN selama 25 tahun. Diakses dari <https://industri.kontan.co.id/news/kpk-proyek-pltsa-di-12-daerah-bakal-bebani-anggaran-pemda-dan-pln-selama-25-tahun>

Berdasarkan regulasi yang ada saat ini, Peraturan Presiden Nomor 35 Tahun 2018,<sup>17</sup> *feed-in tariff* dari produksi listrik yang dihasilkan oleh WTE teknologi termal adalah 13.35 sen (USD) per kWh. *Feed-in-tariff* ini relatif lebih tinggi dibandingkan harga yang ditetapkan untuk produksi listrik dari Pembangkit Listrik Tenaga Uap (PLTU) yang menggunakan batu bara (9.9 sen per kWh).

Sebagai alternatif, KPK merekomendasikan kota-kota untuk pengolah sampahnya menjadi produk lain – tidak harus menghasilkan listrik – untuk menghindari kehilangan biaya besar dalam bentuk subsidi negara. RDF dari sampah campuran direkomendasikan dan didorong sebagai potensi produk yang dapat diterima oleh pasar yang tersedia, yaitu pabrik semen atau PLTU, sebagai bahan pengganti batu bara. Dengan membangun RDF, PLN akan terlepas dari beban pembelian listrik. Namun demikian, risiko dan emisi karbon dari penggunaan RDF akan berpindah kepada para pengguna RDF ini.

---

<sup>17</sup> Peraturan Presiden Nomor 35 tahun 2018 tentang Percepatan Pembangunan Instalasi Pengolah Sampah Menjadi Energi Listrik Berbasis Teknologi Ramah Lingkungan. Diakses dari <https://peraturan.bpk.go.id/Home/Details/73958/perpres-no-35-tahun-2018>

## 2. RDF sebagai bahan bakar alternatif untuk *co-firing* dan *co-processing*

### 2.1. *Co-firing* di Pembangkit Listrik Tenaga Batubara

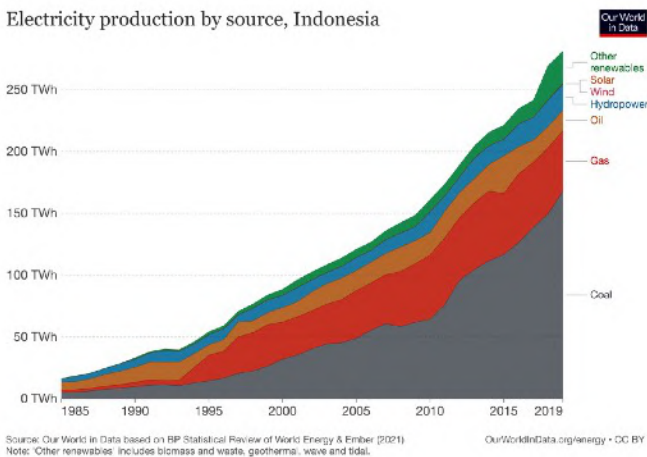
Pasokan listrik Indonesia dominan berasal dari pembangkit listrik tenaga uap (PLTU) (37,15%), bahan bakar minyak (33,58%), gas bumi (23,12%), dan sumber energi terbarukan (9,15%). Untuk mengurangi emisi karbon dari sektor energi, Kementerian Energi dan Sumber Daya Mineral (ESDM) melakukan beberapa intervensi, antara lain untuk:

- meningkatkan efisiensi konsumsi energi final;
- menerapkan teknologi batubara bersih di pembangkit listrik tenaga uap ;
- memperluas jaringan gas bumi;
- melaksanakan program wajib B30 (30% bahan bakar berbasis minyak sawit);
- mempromosikan dan meningkatkan sumber energi baru dan terbarukan (EBT) hingga 23% pada tahun 2025, termasuk energi dari sektor persampahan; dan
- meningkatkan jumlah SPBU (Bahan Bakar Gas/BBG).

Pemerintah Indonesia telah mengembangkan rencana untuk memperpanjang usia PLTU milik PT Perusahaan Listrik Negara (PLN) dengan mengubah penggunaan *co-firing* menggunakan biomassa, dengan memanfaatkan 18 gigawatt (GW) PLTU.

Para perencana mengklaim bahwa secara bertahap mereka dapat meningkatkan pembangkit listrik berbasis biomassa melalui *co-firing* dan mengurangi penggunaan batubara.

Dengan keyakinan ini, secara bersamaan PLN dapat mengklaim kredit untuk meningkatkan bauran energi terbarukan [24]. Namun demikian, banyak pihak yang berpendapat bahwa proses *co-firing* sebenarnya masih mendukung perpanjangan umur PLTU dan mengurangi peluang tumbuhnya pembangkit listrik dari sumber energi baru yang terbarukan.



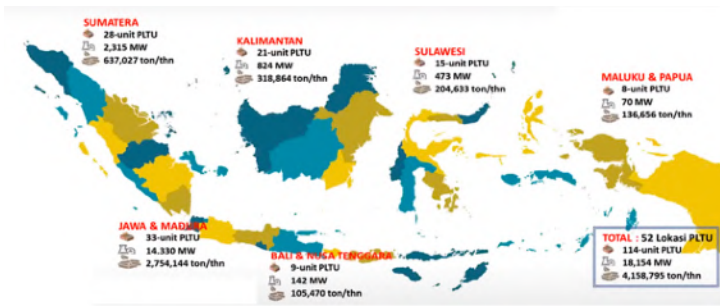
**Gambar 7. Produksi listrik di Indonesia berdasarkan sumber dari 1995 sampai 2019. Sumber: Our World in Data**

Pemerintah telah menyiapkan Peraturan Menteri untuk mendukung program biomassa dan *co-firing* pada PLTU untuk memanfaatkan biomassa sebagai pengganti batubara. Program ini direncanakan untuk mencapai target Energi Baru dan Terbarukan (EBT) sebesar 15% pada tahun 2025 [25].

Gambar 8 menunjukkan target bauran pasokan energi pada tahun 2025. Peta jalan *co-firing* PLN menetapkan rencana untuk memanfaatkan 114 PLTU yang ada dengan total kapasitas 18.154 MW pada tahun 2024 serta perbaikan manajemen bahan baku antara tahun 2021 dan 2023.



Untuk mendapatkan kualitas RDF yang diharapkan, diperlukan perlakuan awal sebelum RDF digunakan dalam sistem *waste-to-energy* (WTE). Perlakuan awal ini dapat dilakukan dalam bentuk pengeringan alami, *bio-drying*, atau pengeringan secara mekanis. Pengolahan awal dilakukan dengan memanaskan bahan baku RDF untuk menguapkan kandungan air dalam sampah agar membantu mempercepat proses pembakaran di unit WTE. PLN juga meyakini bahwa pelet RDF mengandung sulfur yang lebih sedikit dibanding batubara dan menurut Kementerian ESDM juga berpotensi mengurangi emisi CO<sub>2</sub>, NO<sub>x</sub> dan SO<sub>x</sub> dari sektor energi.



Gambar 9. Distribusi 52 PLTU di Indonesia yang menggunakan proses pembakaran bersama (*co-firing*).  
Sumber: PT PLN Persero, 2021



Gambar 10. PT Indonesia Power meluncurkan proyek *waste-to-energy* (WTE) di Pembangkit Listrik Tenaga Uap (PLTU) Lontar di Tangerang, Banten. Foto: Petrominer, 2020

**Tabel 2. Karakteristik standar RDF untuk digunakan di PLTU sebagai pengganti batubara**

No.	Parameter yang diuji	Unit min/max	Kelas			Metodologi pengujian
			1	2	3	
1	Kandungan materi organik <sup>a</sup>	%, min	95	95	95	
2	<b>Ukuran Fluff</b>					
	Min. mesh number		200	200	200	
	mm, min.		0.074	0.074	0.074	
	Max. mesh number		50	50	50	
	mm, max.		0.297	0.297	0.297	
	<b>Pelet</b>					
	Diameter	mm, min.	6 ± 1.0	6 ± 1.0	6 ± 1.0	
		mm, max.	10 ± 1.0	12 ± 1.0	12 ± 1.0	
	Panjang	mm	3.15 ≤ P ≤ 40	3.15 ≤ P ≤ 40	3.15 ≤ P ≤ 40	
	<b>Briquettes</b>					
	Diameter	mm, min.	50	50	50	
		mm, max.	70	70	70	
	Panjang/ketebalan	mm, min.	20	20	20	
		mm, max.	70	70	70	
3	<b>Kepadatan</b>					
	Fluff	gram/cm <sup>3</sup> , min	0.4	0.4	0.4	SNI 8021
	Pelet	gram/cm <sup>3</sup> , min	0.8	0.7	0.6	SNI 8021
	Briket	gram/cm <sup>3</sup> , min	0.9	0.9	0.9	SNI 8021
4	Kadar air <sup>b)</sup>	%-berat	< 15	< 20	< 25	SNI 01-1506
5	Kadar abu <sup>b)</sup>	%-berat	< 15	< 20	< 25	SNI 06-3730
6	Volatile matter <sup>b)</sup>	%-berat, maks	65	70	75	SNI 06-3730
7	Fix carbon value <sup>b)</sup>	%-berat	> 15	> 10	> 5	SNI 06-3730
8	Net calorific value <sup>b)</sup>	MJ/kg, <i>mean</i> <sup>d)</sup>	≥ 20	≥ 15	≥ 10	SNI 01-6235
9	Sulfur total <sup>b)</sup>	%-berat	≤ 1,5	≤ 1,5	≤ 1,5	
10	Klorin <sup>b)</sup>	%-weight, <i>mean</i> <sup>d)</sup>	≤ 0,2	≤ 0,6	≤ 1	
11	Merkuri (Hg) <sup>b)</sup>	mg/MJ, <i>median</i> <sup>d)</sup>	≤ 0,02	≤ 0,03	≤ 0,08	
		mg/MJ, 80 <sup>th</sup> percentile <sup>d)</sup>	≤ 0,04	≤ 0,06	≤ 0,16	
12	Potassium (sebagai K <sub>2</sub> O)	%-berat, maks	5	10	15	
13	Natrium (sebagai Na <sub>2</sub> O)	%-berat, maks	2,5	2,5	2,5	
14	Hardgrove Grindability Index (HGI) <sup>c)</sup>	HGI, min	35	35	35	
15	Melting point of ash (Initial Deformation Temperature /IDT)	°C, min	1200	1180	1180	

Sumber: Kementerian Energi dan Sumber Daya Mineral, 2021

Dengan asumsi persentase campuran pelet biomassa sebesar 5% untuk boiler PC dan CFB, serta 30% untuk *boiler stoker*, maka dibutuhkan sekitar 4 juta ton/tahun pelet biomassa untuk pelaksanaan *co-firing* pada 114 unit PLTU milik PLN yang tersebar di 52 lokasi di seluruh Indonesia.

Selain itu, akan dibutuhkan 749.000 ton pelet per tahun, dengan asumsi persentase campuran pelet sampah adalah sebesar 1% untuk ketiga jenis boiler PLTU. Studi lebih lanjut diperlukan untuk menilai risiko yang dihadapi oleh para penerima produk RDF ini, untuk mencegah kegagalan investasi RDF secara nasional.



**Gambar 11. Sampai dengan Juni 2021, PT PLN Persero telah sukses melaksanakan uji-coba *co-firing* di 17 PLTU.**

Foto: Sindonews, 2021

**Tabel 3. Sampah yang digunakan sebagai bahan bakar alternatif dan potensi energinya**

Jenis sampah/limbah	Energi (dalam MJ/kg) <sup>a</sup>	Energi (dalam kcal/kg) (Petcode ~7500) <sup>b</sup>
Ban bekas	23,03	5.500
Sekam	19,93	4.760
Plastik dari sisa industri	18,21	4.350
Limbah oli	14,65	3.500
Skrap kertas	14,23	3.400
Limbah tercampur	14,23	3.400
RDF Plastik	11,72	2.800
Lumpur limbah	8,37	2.000

Sumber: <sup>a</sup>Akcansa (2010) dan <sup>b</sup>Ekincioglu et al. (2012)

## 2.2. Pemrosesan bersama (*Co-processing*) di Tanur Semen

Melalui Undang-Undang Nomor 3 Tahun 2014 tentang Industri, Pemerintah Indonesia mendorong pengembangan Industri Hijau. Undang-undang ini mendukung upaya memprioritaskan dalam rangka peningkatan efisiensi dan efektivitas penggunaan sumber daya secara berkelanjutan. Dengan cara ini, industri akan menyelaraskan pengembangan industrinya dengan menerapkan prinsip pelestarian fungsi lingkungan yang dapat memberikan manfaat bagi masyarakat.

Pemerintah memandang industri semen merupakan salah satu subsektor industri yang dinilai siap menerapkan konsep industri hijau. Salah satu strategi yang diambil adalah dengan menerapkan teknologi *Refuse-Derived Fuel* (RDF).

Melalui penerapan teknologi ini, industri semen dapat memanfaatkan kandungan potensi energi sampah dan limbah padat dari industri, mendukung upaya pelestarian sumber daya alam seperti bahan bakar, mengurangi emisi CO<sub>2</sub>, dan berkontribusi dalam penanganan sampah.



**Gambar 12. Sebaran pabrik semen di Indonesia.**  
 Sumber: Asosiasi Semen Indonesia (ASI)

Kapasitas produksi semen di Indonesia pada 2017 mencapai 107,9 juta ton. Menurut Asosiasi Semen Indonesia (ASI), saat ini ada 13 perusahaan semen dengan total produk semen sebanyak 61,6 juta ton dan 51,69 juta ton klinker (2016). Tiga perusahaan semen terbesar di Indonesia adalah Semen Indonesia Group, PT Indocement Tunggal Prakarsa Tbk., dan PT Solusi Bangun Indonesia Tbk. (SBI) [26].

Setiap penurunan 1% rasio klinker pada tanur semen, emisi CO<sub>2</sub> akan berkurang sebesar 8,75 kg per ton produksi semen. Dengan demikian, untuk total produksi (2017) sebesar 70,7 juta ton:

- Proporsi Semen Portland Biasa (*Ordinary Portland Cement/OPC*): 27%, rasio klinker 90%;
- Proporsi non-OPC: 73%, rasio klinker 70%; dan
- Potensi pengurangan emisi CO<sub>2</sub> jika OPC diganti dengan non-OPC adalah sekitar 3,34 juta ton CO<sub>2</sub>.

Substitusi bahan bakar fosil dengan bahan bakar alternatif (*alternative fuels/AF*) telah menjadi isu utama di industri semen pada berbagai wilayah di seluruh dunia [27]. Sebuah studi di Turki yang menetapkan tiga skenario (S1, S2, dan S3) tingkat substitusi batubara yang berbeda (15% dan 30%). Bahan bakar alternatif yang digunakan dalam studi ini berasal dari sampah (RDF) dan lumpur kering termal/*thermal dry sludge* (DS).

Hasil studi menunjukkan bahwa RDF sebagai bahan bakar alternatif melepaskan emisi CO<sub>2</sub> lebih sedikit daripada lumpur kering DS dalam produksi semen. Penggunaan RDF sebagai substitusi batubara mengurangi emisi CO<sub>2</sub> sebesar 27% dan 12%, dengan rasio campuran masing-masing 30% dan 15%, untuk semua jenis semen. Sebaliknya, rasio campuran 15% dengan lumpur kering (DS) meningkatkan emisi CO<sub>2</sub> sebesar 0,5% dibandingkan dengan kondisi yang diterapkan saat ini [28].

Seiring dengan meningkatnya penggunaan bahan bakar alternatif pada sepuluh tahun terakhir, jasa konsultan untuk pengadaan, penyimpanan, pengolahan, dan pengaturan rasio pencampuran meningkat secara signifikan di Indonesia.

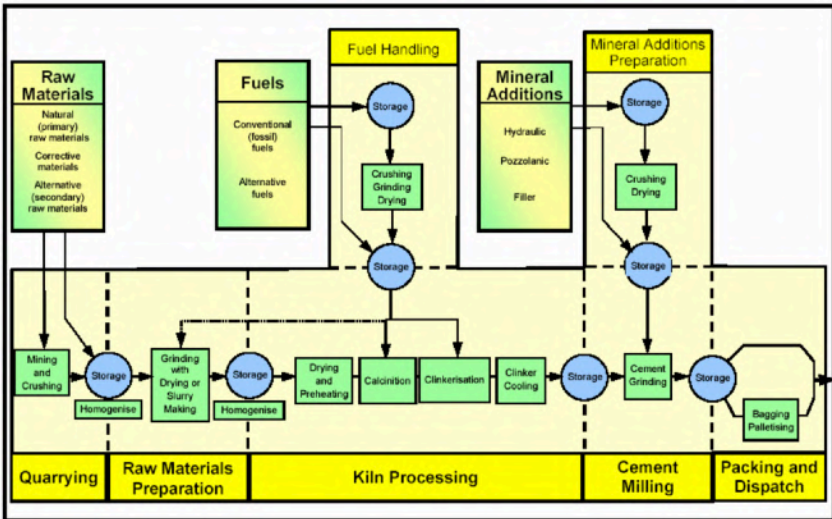
Produsen semen juga telah menyusun teknik dan tata cara berdasarkan pengalaman mereka di lapangan dalam penggunaan bahan bakar alternatif. Di pasaran juga sudah tersedia berbagai jenis mesin dan peralatan untuk memproduksi, menyimpan, mengolah, dan mengatur rasio campuran untuk berbagai jenis RDF dan SRF.

Tabel 4 menunjukkan potensi sumber RDF/SRF di pulau-pulau besar Indonesia berdasarkan data Kementerian Energi dan Sumber Daya Mineral.

**Tabel 4. Potensi material untuk RDF/SRF di Indonesia**

No.	Potensi	Sumatera	Kalimantan	Jawa- Madura- Bali	Nusa Tenggara	Sulawesi	Maluku	Papua	Total (MWE)
1	Cangkang sawit	8812	3384	60	0	323	0	75	12654
2	Ampas tebu	339	0	853	0	42	0	0	1235
3	Karet	1918	862	0	0	0	0	0	2780
4	Kelapa	53	10	37	7	38	19	14	178
5	Sekam padi	2255	642	5353	405	1111	22	20	9808
6	Sekam jagung	408	30	954	85	251	4	1	1733
7	Singkong	110	7	120	18	12	2	1	270
8	Kayu	1212	44	14	19	21	4	21	1335
9	Kotoran sapi	96	16	296	53	65	5	4	535
10	Sampah	326	66	1527	48	74	11	14	2066
<b>TOTAL</b>		<b>15529</b>	<b>5061</b>	<b>9214</b>	<b>635</b>	<b>1937</b>	<b>67</b>	<b>150</b>	<b>32594</b>

Sumber: Kementerian Energi dan Sumber Daya Mineral, 2021



**Gambar 13. Proses identifikasi dan pembatasan sistem pada produksi semen (Environment Agency, 2001). Sumber: Kartensen, WBCSD (2006)**

Gambar 13 menunjukkan ruang lingkup dari produksi semen, terutama lokasi unit pemasukkan bahan bakar alternatif ini mulai digunakan dalam sistem. Teknologi yang digunakan pada tanur semen di Indonesia adalah proses yang kering dengan pemanasan awal, baik dengan atau tanpa penggunaan kalsiner. Penggunaan panas pada produksi *clinker* di Indonesia pada tahun 2016 berkisar antara 3000 dan 4000 MJ/ton (data dari ASI).

Beberapa perusahaan juga telah mengimplementasikan *co-processing* menggunakan bahan bakar alternatif pada produksi *clinker*. Proses ini dapat meningkatkan tingkat bauran energi hingga 10% (data dari ASI).

Bahan bakar alternatif yang biasa digunakan di pabrik semen adalah dari sektor pertanian, seperti sekam padi, cangkang sawit, dll, serta dari bahan bakar sampah. Tingkat bauran energi rata-rata dalam penggunaan bahan bakar alternatif pada 2016 mencapai 17%. Secara global, Austria adalah negara yang memiliki tingkat bauran energi tertinggi dengan rasio mencapai 75.95% [29].

Pemerintah Indonesia menetapkan target untuk tingkat bauran energi mencapai 15% pada tahun 2025, berdasarkan Peraturan Presiden Nomor 22 tahun 2017.<sup>18</sup>

PT Solusi Bangun Indonesia Tbk (SBI) adalah perusahaan terbuka di Indonesia dengan saham sebesar 83,27% dimiliki dan dikelola oleh PT. Semen Industri Bangunan (SIIB) – bagian dan Semen Indonesia Group – merupakan produsen semen terbesar di Indonesia dan Asia Tenggara. PT. SBI mengelola bisnis yang integrasi dimulai dari semen, batako campuran, dan produksi lainnya.

Perusahaan ini beroperasi di empat pabriknya di Narogong (Jawa Barat), Cilacap (Jawa Tengah), Tuban (Jawa Timur), dan Lhoknga (Aceh), dengan total kapasitas produksi 14,8 juta ton semen per tahunnya.<sup>19</sup>

---

<sup>18</sup> Peraturan Presiden Republik Indonesia Nomor 22 Tahun 2017 Tentang Rencana Umum Energi Nasional. Diakses dari <https://www.esdm.go.id/assets/media/content/content-rencana-umum-energi-nasional-ruen.pdf>

<sup>19</sup> PT Solusi Bangun Indonesia <https://solusibangunindonesia.com/>

PT SBI adalah perusahaan semen pertama yang memperhatikan masalah emisi gas rumah kaca. SBI mengoperasikan proyek terbesar untuk menggunakan material biomassa sebagai bahan bakar alternatif dengan dukungan UNFCCC *Clean Development Mechanism* pada tahun 2011 sampai 2017. Berkat proyek ini mereka dapat mengurangi emisi CO<sub>2</sub> sebesar 1.560.837 ton CO<sub>2</sub>e, dengan pengurangan per tahun sebesar 222.977 ton CO<sub>2</sub>e.<sup>20,21</sup>

Sebagai pengganti batu bara, PT. SBI menggunakan sekam padi dan cangkang sawit sebagai bahan bakar alternatif. Intervensi ini membantu pengurangan dan pencegahan lepasan emisi CO<sub>2</sub> dari proses pembusukan kedua limbah ini setelah mereka dibuang.

Bahan bakar dan bahan baku alternatif (*Alternative fuel and raw materials/AFR*) yang berbahan dasar limbah industri seperti ban, oli bekas, plastik, pelarut, dll juga digunakan industri semen sebagai bahan bakar alternatif. AFR yang digunakan di industri semen dapat berupa padatan maupun cair [30]. Limbah organik B3 juga telah dibakar bersama batu bara sejak awal 1970-an [31].

RDF yang digunakan sebagai bahan bakar alternatif di industri semen diolah terlebih dahulu dengan proses pencacahan, pemilahan, pemisahan logam dan material lain yang tidak bisa dibentuk menjadi *fluff* atau pelet dengan dimensi yang ukurannya seragam.

Nilai kalor RDF berkisar antara 2.500 - 4.000 kcal/kg dihasilkan dari limbah plastik, kertas, dan atau kardus. Karakteristik RDF juga beragam tergantung pada kualitas batu bara yang akan digantikan, biasanya memiliki nilai kalor dan sulfur lebih rendah tapi kadar kloridanya tinggi.

RDF, yang memiliki kadar sulfur lebih rendah, lebih disukai karena pembakarannya akan menghasilkan sulfur dioksida, yang terikat dengan emisi dan diatur sebagai salah satu parameter baku mutu emisi.

---

<sup>20</sup> CDM Project 3726 : Partial substitution of fossil fuels with biomass at Semen Gresik cement plant in Tuban. Diakses dari <https://cdm.unfccc.int/Projects/DB/ERM-CVS1274361514.11/view>

<sup>21</sup> Project Design Document (PDD) CDM Project 3726 : Partial substitution of fossil fuels with biomass at Semen Gresik cement plant in Tuban. Diakses dari <https://cdm.unfccc.int/filestorage/6/0/D/60DNJOKLGWBT4P1VS8IXF3EAYHM9Q5/SCC%20Semen%20Gresik%20%20PDD.pdf?t=bGV8cmF1aWh0fdDjDZStjUK5sMKWwnPFufl>

Genon and Berzio (2007) merangkum beragam informasi dari berbagai basis data, dan menemukan bahwa satu simulasi pencampuran 50% batu bara dengan 50% RDF akan mengurangi emisi logam berat seperti kadmium dan merkuri. Namun pada beberapa simulasi dengan kombinasi lain, proses ini melepas emisi kadmium dan merkuri dalam konsentrasi tinggi [32].

Tingkat bauran energi tertinggi di tanur semen akan dibatasi oleh proses produksi dan kualitas dari bahan bakar alternatif itu sendiri. Mersmann (2019) mengingatkan industri semen bahwa akan sulit untuk menentukan posisi titik masuk dan teknik operasional yang baku, mengingat ada beragam pabrik semen dengan berbagai jenis bahan bakar. Masing-masing pabrik semen dapat memiliki kondisi optimal yang berbeda untuk mencapai tingkat bauran energi maksimumnya [27].

Konvensi Stockholm tentang POPs, yang telah diratifikasi oleh 185 negara, menggolongkan tanur semen yang menggunakan limbah B3 sebagai bahan bakar alternatif sebagai sumber lepasan dioksin (PCDDs/Fs) yang signifikan.

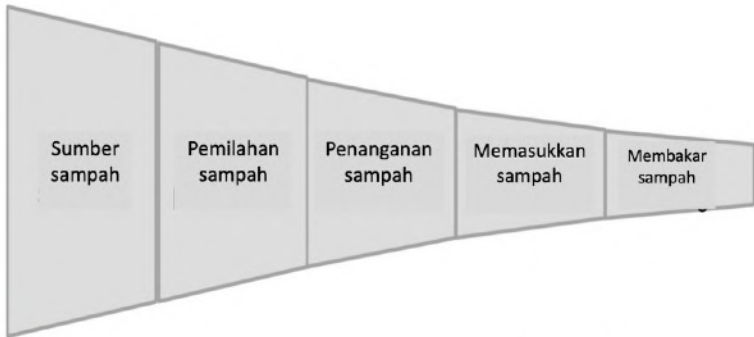
Untuk pemantauan emisi di tanur semen yang menggunakan RDF sebagai bahan bakar alternatif, ada acuan dalam Peraturan Menteri Lingkungan Hidup dan Kehutanan Nomor 19/2017 tentang baku mutu emisi dari industri semen.<sup>22</sup> Peraturan ini menetapkan batas emisi dioksin dan furan (PCDDs/Fs) sebesar 0,1 ng TEQ/Nm<sup>3</sup> dan hanya wajib dilakukan setiap empat tahun sekali, setelah pabrik mulai beroperasi.<sup>23</sup>

Namun demikian, ketika tanur semen menggunakan limbah B3 sebagai *alternatif fuels* dalam *co-processing*, pemantauan dioksin dan furan harus dilakukan setidaknya satu tahun sekali, berdasarkan izin penggunaan limbah B3 sebagai bahan bakar alternatif [26].

---

<sup>22</sup> Peraturan Menteri Lingkungan Hidup Dan Kehutanan Republik Indonesia Nomor P.19/MENLHK/SETJEN/KUM. 1/2/2017 tentang Baku Mutu Emisi Bagi Usaha Dan/Atau Kegiatan Industri Semen. Diakses dari [https://jdih.go.id/files/146/P.19%20\(1\).pdf](https://jdih.go.id/files/146/P.19%20(1).pdf)

<sup>23</sup> Widowati, et al. 2017. Pedoman Spesifikasi Teknis Refuse Derived Fuel (RDF) sebagai Alternatif Bahan Bakar di Industri Semen. Kementerian Perindustrian - Asosiasi Semen Indonesia, Jakarta.

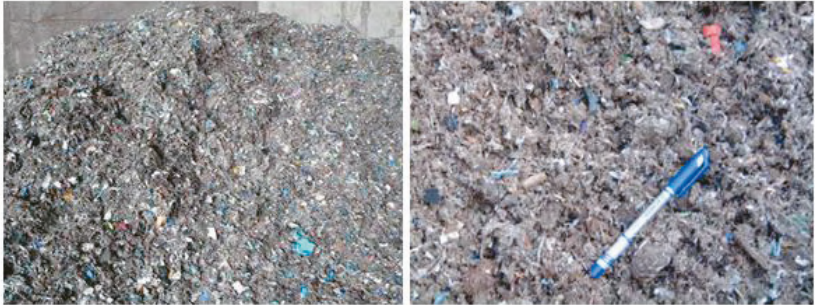


<b>Pilihan</b>	Beli lebih banyak sampah	Pasang kapasitas lebih besar	Pasang kapasitas lebih besar	Pasang kapasitas lebih besar	??
<b>Keterbatasan</b>	Tergantung ketersediaan	Butuh CAPEX	Butuh CAPEX	Butuh CAPEX	Butuh apalagi?

**Gambar 14.** Alur massa batasan untuk pilihan penggunaan bahan bakar alternatif di tanur semen. Sumber: Mersmann (2019)

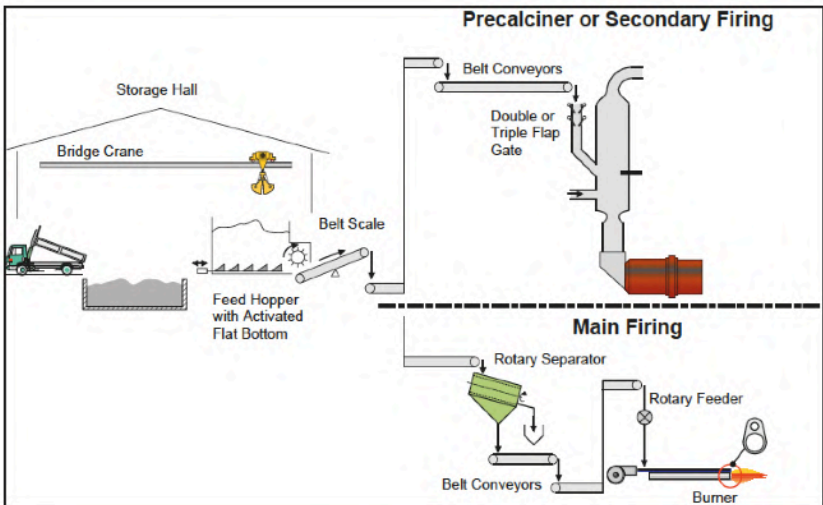


**Gambar 15.** Contoh RDF *fluff* untuk *co-firing* di tanur semen. Foto: Holcim, 2015



Gambar 16. Contoh RDF dalam bentuk *Compost Like Output (CLO)*.

Foto: Holcim, 2015



Gambar 17. Diagram alur dari *alternative fuels* yang digunakan di industri semen untuk *cofiring/co-processing*. Foto: GIZ, 2006

### 3. Pelet biomassa dan briket

*Refuse-Derived Fuel* (RDF) atau bahan bakar jumputan padat dan *Solid Recovered Fuel* (SRF) menjadi populer setelah KPK merekomendasikan kementerian terkait untuk menghentikan program prioritas nasional untuk membangun fasilitas *waste-to-energy* (WTE). Pelet biomassa dan briket adalah bentuk RDF yang paling umum digunakan industri. Pihak manapun yang menghasilkan sampah dapat memproduksi RDF asalkan mengikuti panduan dan mengikuti ketentuan Standar Nasional Indonesia (SNI).

Badan Standardisasi Nasional telah mengeluarkan empat dokumen SNI untuk pelet biomassa dan dua SNI untuk yang berbentuk briket. Saat ini terdapat tiga rancangan SNI yang sudah disetujui dan akan diterbitkan tahun 2022. SNI yang sudah diterbitkan di Indonesia kebanyakan tidak bersifat wajib, kecuali ditekankan atau diwajibkan dalam Peraturan atau Keputusan Menteri. Beberapa SNI lainnya hanya bersifat sukarela dalam periode tertentu, biasanya sekitar empat tahun, sebelum akhirnya bersifat wajib. Lebih jauh lagi, suatu perusahaan harus melalui proses registrasi, analisis laboratorium, dan verifikasi oleh institusi yang ditunjuk untuk mendapatkan sertifikat produk ber-SNI. Prosesnya dapat mencapai delapan hingga sembilan bulan, tergantung ketersediaan waktu dari tim penilai.

Namun untuk skala usaha kecil dan menengah (UKM), penggunaan RDF *fluff* sebagai bahan bakar tungku di industri rumahan, seperti produsen tahu atau bioler kecil pada UKM jenis lainnya, tidak akan terikat pada standar industri besar. Berbeda dengan industri skala besar, seperti PLTU dan pabrik semen, saat ini belum ada standar untuk emisi atau abu tinggal (*bottom ash*) yang dihasilkan dari penggunaan RDF untuk industri berskala UKM di lapangan.

Tabel 5 menyajikan beberapa standar nasional untuk pelet biomassa dan briket.

**Tabel 5. SNI untuk pelet biomassa dan briket**

Nomor SNI	Topik	Komite Teknis	Ruang Lingkup
<b>Biopelet</b>			
SNI 8675:2018	Pelet biomassa untuk energi	27-10, bioenergi padatan dan gas	Standar ini menetapkan persyaratan pelet biomassa yang digunakan sebagai energi untuk kebutuhan domestik dan industri
SNI 8021:2020	Pelet kayu	79-01, hasil hutan kayu	Standar ini menetapkan spesifikasi dari klasifikasi, kebutuhan kualitas, metode sampling, metodologi uji, pengemasan, dan pelabelan untuk pelet kayu
SNI 8951:2020	Pelet biomassa untuk pembangkit listrik	27-10, bioenergi padat dan gas	Standar ini menetapkan persyaratan dan spesifikasi metodologi uji untuk pelet biomassa yang digunakan di PLTU dan PLTBm dengan boiler jenis <i>Pulverized Coal (PC)</i> , <i>Circulating Fluidized Bed (CFB)</i> , atau <i>Stoker Boiler</i>
SNI 8966:2021	Bahan bakar jumpatan padat untuk pembangkit listrik	27-10, bioenergi padat dan gas	Standar ini menetapkan syarat kualitas dan metodologi uji untuk penggunaan bahan bakar jumpatan padat pada PLTU, sebagai panduan standar untuk menetapkan spesifikasi, sampling, metode uji, pengiriman, dan penyimpanan
RSNI1 XXXX: 2021 (dalam proses review)	Potongan kayu untuk co-firing pada pembangkit listrik	27-10, bioenergi padatan dan gas	Standar ini menetapkan persyaratan dan metode uji untuk spesifikasi pelet potongan kayu untuk proses <i>co-firing</i> di PLTU.
RSNI1 XXXX: 2021 (dalam proses review)	Cangkang sawit untuk co-firing pada pembangkit listrik	27-10, bioenergi padatan dan gas	Standar ini menetapkan persyaratan dan metode uji untuk spesifikasi cangkang sawit yang akan digunakan untuk proses <i>co-firing</i> di PLTU.
RSNI1 XXXX: 2021 (dalam proses review)	Serbuk gergaji untuk co-firing pada pembangkit listrik	27-10, bioenergi padatan dan gas	This standard stipulates the requirements and test methods for the specification of sawdust used as fuel for co-firing in Coal-fired Power Plants (PLTU).
<b>Briquettes</b>			
SNI 19-4791-1998	Briquet serbuk sabut kelapa	-	Standar ini mencakup referensi, definisi, persyaratan kualitas, metode sampling, metode uji, tahap persyaratan, dan metode pengemasan
SNI 01-6235-2000	Briket arang kayu	27-10, solid bioenergy and gas	Standar ini mencakup tentang ruang lingkup, definisi, persyaratan kualitas, metode uji, metode sampling, persyaratan kelolosan, tahapan, serta persyaratan pengemasan untuk briket arang kayu.

Sumber: Badan Standardisasi Nasional Indonesia, 2021

Diskusi tentang RDF dan SRF di Indonesia sangat berfokus pada penetapan SNI dan standar industri. Pada saat penyusunan laporan ini, belum ada jaminan bahwa PLTU akan menggunakan persyaratan SNI dari produk yang tersedia. Terlebih lagi, banyak produsen atau penyedia RDF yang beroperasi dalam skala kecil dan menengah, yang dioperasikan oleh kelompok masyarakat dan industri kecil.

Pemerintah pusat terlihat sangat mendorong proyek-proyek RDF dan penggunaan SNI sebagai penjamin kualitas pembangunan proyek-proyek ini. Namun, persyaratan baku mutu emisi dan lepasan dari PLTU yang menggunakan bahan bakar alternatif sebagai campuran dari batu bara belum ditetapkan. Untuk industri semen, baku mutu emisi untuk tanur yang menggunakan bahan bakar alternatif sebagai bauran saat ini sudah tersedia. Namun laboratorium yang mampu menguji dioxin (PCDD/Fs) belum ada di Indonesia.

**Pemerintah Indonesia seharusnya dapat mengkaji ulang risiko kesehatan dan lingkungan dari lokasi-lokasi proyek RDF, terutama risiko gas emisi dan abu beracun yang keluar dari pembangkit atau boiler dengan campuran bahan bakar RDF di kota besar dan daerah lainnya.**

### **3.1 Teknologi RDF dan Tingkat Kesiapterapan Teknologi (TKT)**

Banyak vendor yang menawarkan jasa dan kemampuannya untuk pelaksanaan produksi RDF. Banyak mesin pembuat RDF diimpor dari Tiongkok dan sisanya dibuat di Indonesia. Beberapa perusahaan dan proyek di Indonesia telah mengimplementasikan berbagai jenis teknologi untuk memproduksi pelet dan briket RDF.

Biaya untuk membangun satu unit produksi RDF berkapasitas pengolahan 100 ton sampah menjadi 60 ton RDF mencapai USD 6 Juta (sekitar Rp.88,1 miliar). Proyek lain yang memproses 50 ton sampah menjadi 20-30 ton pelet RDF memakan biaya USD 350.000 (sekitar Rp. 5,1 miliar). Semua proyek RDF mengklaim sudah memperoleh Sertifikat Teknologi Ramah Lingkungan dari KLHK.

Namun demikian, AMDAL dari proyek-proyek ini seringkali tidak jelas, dan tidak membahas risiko dan dampak aktivitas produksi dan penggunaan RDF ini kepada masyarakat dan lingkungan. Beberapa proyek gagal fasa uji coba dan memicu protes dari warga sekitar.

Konsep Tingkat Kesiapterapan Teknologi (TKT) awalnya disusun di Amerika Serikat oleh NASA.<sup>24</sup> Saat ini konsepnya digunakan sebagai dasar filosofis untuk menilai lolosnya pengembangan teknologi baru untuk produksi dan/atau implementasi dalam skala besar. Penilaian TKT menggambarkan kesiapterapan sebuah teknologi atau proses kepada pasar dan para penggunanya. Dengan mengetahui TKT para pengembang dan pengguna lebih mudah memantau perkembangan penelitian dan penentuan teknologi mana yang paling siap untuk implementasi dalam skala industrial.

Berdasarkan Peraturan Kementerian Riset, Teknologi, dan Pendidikan Tinggi Nomor 42 Tahun 2016<sup>25</sup> tentang Pengukuran dan Penetapan Tingkat Kesiapterapan Teknologi, tiap tahapan hasil riset dan perkembangannya harus dapat diukur. Tingkatan tahap penelitian dan pengembangan sebuah teknologi diukur secara sistematis yang nantinya akan diadopsi oleh para penggunanya, baik dari sektor pemerintahan, industri, atau masyarakat umum.

Dalam TKT terdapat beberapa tingkatan yang dibagi menjadi tingkat 1 hingga 9, dimana rincian setiap tingkatan dapat dilihat sebagai berikut:

- tingkat 1 menunjukkan prinsip dasar teknologi telah dilakukan penelitian dan pelaporannya;
- tingkat 2 menunjukkan formulasi dan dan/atau aplikasi dari formulasinya;
- tingkat 3 menunjukkan pembuktian konsep fungsi dan/atau karakteristik penting secara analitis dan empiris;
- tingkat 4 menunjukkan validasi komponen atau sub-sistemnya pada skala laboratorium;

---

<sup>24</sup> NASA, 28 October 2012. Technology Readiness Level (TRL). [https://www.nasa.gov/directorates/heo/scan/engineering/technology/technology\\_readiness\\_level](https://www.nasa.gov/directorates/heo/scan/engineering/technology/technology_readiness_level)

<sup>25</sup> Peraturan Menteri Riset, Teknologi, dan Pendidikan Tinggi Nomor 42 tahun 2016. Diakses dari <https://peraturan.bpk.go.id/Home/Details/141280/permen-ristekdikti-no-42-tahun-2016>

- tingkat 5 menunjukkan validasi komponen atau sub-sistemnya pada skala pengaturan yang disesuaikan;
- tingkat 6 menunjukkan berhasilnya demonstrasi model atau sistem/sub-sistem prototipenya dalam skala pengaturan tertentu;
- tingkat 7 menunjukkan berhasilnya demonstrasi model atau sistem/sub-sistem prototipenya dalam skala sebenarnya;
- tingkat 8 menunjukkan berhasilnya sistem secara menyeluruh dalam uji coba dan demonstrasi pada skala sebenarnya; dan
- tingkat 9 menunjukkan bahwa sistem teknologi secara keseluruhannya sudah berhasil diuji coba dan terbukti dapat beroperasi secara menyeluruh.

Saat ini, belum ada mekanisme yang memastikan TKT dari produk/alat yang dijual dan digunakan di pasar yang menunjukkan produk tersebut sudah siap dan matang (TKT 8-9) untuk proses produksi RDF. Terlebih lagi, saat ini komunikasi dari Komite atau Dewan Evaluasi TKT (berada dibawah koordinasi Badan Riset dan Inovasi Nasional/BRIN) dan Komite Validasi Sertifikasi Teknologi Ramah Lingkungan (berada dibawah koordinasi KLHK) kami nilai sangat rendah.

Banyak mesin dan peralatan yang mengklaim dapat memproduksi pelet RDF di berbagai platform perdagangan elektronik atau lokapasar (*marketplace*) di Indonesia, bahkan dapat menjual langsung kepada pemerintah daerah. Beberapa perusahaan dan penyedia teknologi RDF juga mengklaim bahwa mereka sudah mendapatkan Sertifikat Teknologi Ramah Lingkungan dari KLHK, padahal teknologinya masih dalam tingkatan TKT-4 atau 5. Kerjasama antara perusahaan swasta penyedia RDF dengan pemerintah daerah juga terkadang masih dalam tahap uji coba, namun sudah dipromosikan sebagai proyek final.

**Tabel 6. Perbandingan Tingkat Kesiapterapan Teknologi (TKT)**

TKT	NASA <sup>1</sup>	European Union <sup>2</sup>	Indonesia <sup>3</sup>	Kelompok
1	Prinsip dasar diobservasi dan dilaporkan	Prinsip dasar diobservasi	Prinsip dasar teknologi diobservasi dan dilaporkan	Penelitian Dasar
2	Konsep teknologi dan/atau aplikasi diformulasikan	Konsep teknologi diformulasikan	Formulasi konsep dan/atau aplikasi dari sebuah teknologi	
3	Pembuktian konsep fungsi dan/ atau karakteristik penting secara analitis dan eksperimental	Pembuktian konsep melalui eksperimen	Pembuktian konsep fungsi dan/ atau karakteristik penting secara analitis dan eksperimental	
4	Validasi komponen/subsistem dalam kondisi laboratorium	Validasi teknologi di laboratorium	Validasi komponen/subsistem dalam kondisi laboratorium	Penelitian Terapan
5	Validasi komponen/subsistem dalam suatu lingkungan yang relevan	Validasi teknologi pada kondisi yang relevan (skala industri, jika untuk penguian sebuah teknologi untuk masuk ke pasar)	Validasi komponen/subsistem dalam suatu lingkungan yang relevan	
6	Demo sistem/model subsistem/ prototipe pada kondisi tertentu yang relevan (darat ataupun angkasa)	Teknologi didemonstrasikan pada kondisi yang relevan (skala industri, jika untuk pengujian sebuah teknologi untuk masuk ke pasar)	Demonstrasi model atau prototipe sistem/subsistem dalam kondisi yang relevan	
7	Demo prototipe sistem pada lingkungan angkasa	Demo sistem prototipe pada kondisi operasional	Demonstrasi prototipe sistem pada kondisi sebenarnya	Penelitian Pengembangan
8	Sistem aktual terpenuhi dan "siap terbang" melalui uji coba dan demostrasi (di darat ataupun angkasa)	Sistem terlengkapi dan memenuhi syarat	Sistem telah lengkap dan handal melalui pengujian dan demonstrasi pada kondisi sebenarnya	
9	Sistem aktual sudah "siap terbang" melalui operasi terbang yang sukses	Sistem aktual terbukti berjalan pada kondisi yang relevan (proses manufaktur secara kompetitif, jika untuk pengujian teknologi masuk ke pasaran; atau di angkasa)	Sistem benar-benar teruji/ terbukti melalui keberhasilan pengoperasian	

1 NASA. [https://www.nasa.gov/pdf/458490main\\_TRL\\_Definitions.pdf](https://www.nasa.gov/pdf/458490main_TRL_Definitions.pdf)

2 Technology readiness levels (TRL); Extract from Part 19 - Commission Decision C(2014)4995. 2014. [https://ec.europa.eu/research/participants/data/ref/h2020/wp/2014\\_2015/annexes/h2020-wp1415-annex-g-trl\\_en.pdf](https://ec.europa.eu/research/participants/data/ref/h2020/wp/2014_2015/annexes/h2020-wp1415-annex-g-trl_en.pdf)

3 Peraturan Menteri Riset, Teknologi dan Pendidikan Tinggi Nomor 42 tahun 2016 tentang Pengukuran Dan Penetapan Tingkat Kesiapterapan Teknologi. <https://peraturan.bpk.go.id/Home/Details/141280/permen-ristekdikti-no-42-tahun-2016>

## 3.2. Proyek-proyek RDF di Indonesia

Bagian ini akan membahas beberapa proyek RDF, untuk menunjukkan dinamika dan proses implementasinya.

### 3.2.1. TPST Jeruk Legi Cilacap

Setelah KPK mengumumkan rekomendasinya pada November 2020, mereka berkomunikasi dengan Kementerian Koordinator Bidang Maritim dan Investasi dan PT. Sarana Multi Infrastruktur (PT. SMI)<sup>26</sup> untuk membahas hambatan yang berpotensi hadir dalam investasi RDF di beberapa kota.

KPK memproyeksikan bahwa pemerintah daerah atau investor akan membutuhkan setidaknya Rp 400 miliar (sekitar USD 28 juta) untuk membangun satu unit RDF berskala sedang. Investasi ini baru akan terbayar ketika produksi RDF ini dimanfaatkan oleh tanur semen atau PLTU sebagai bahan bakar alternatif pengganti batu bara.<sup>27</sup>

Pengolahan sampah rumah tangga menjadi RDF membutuhkan pihak penerima (*offtaker*) yang akan menjamin pembelian produk RDF untuk memproduksi listrik sebagai pengganti batu bara atau digunakan dalam proses produksi semen. Pemerintah menilai RDF dapat menjadi salah satu tonggak capaian dalam pengelolaan sampah di Indonesia, mengingat potensi pembelian dan penggunaan oleh 34 pabrik semen dan lebih dari 50 PLTU yang saat ini beroperasi.<sup>28</sup> Terlebih lagi, KLHK juga berharap bahwa RDF dapat menjadi solusi pengelolaan sampah untuk menangani 28.000 ton sampah per hari dan dikonversi menjadi produk RDF.

Unit RDF di TPA Jeruklegi dibangun dengan pendanaan dari beberapa pihak termasuk Pendanaan Pemerintah Denmark (Proyek *Environmental Support Program 3/ESP3*) dan Holcim/Semen Indonesia Group sebesar Rp 80-90 miliar (sekitar USD 5 - 6,6 juta).

---

<sup>26</sup> PT Sarana Multi Infrastruktur Tbk at a glance. <https://ptsmi.co.id/pt-smi-at-glance>

<sup>27</sup> Kontan. 27 June 2021. Perpres PSEL berpotensi direvisi, daerah bisa kembangkan pellet RDF. <https://industri.kontan.co.id/news/perpres-psel-berpotensi-direvisi-daerah-bisa-kembangkan-pellet-rdf>

<sup>28</sup> L Darmawan, 27 July 2020. Pertama di Indonesia, Sampah RDF Jadi Pengganti Batu Bara. Mongabay, Energy. Cilacap-Jateng. <https://www.mongabay.co.id/2020/07/27/pertama-di-indonesia-sampah-rdf-jadi-pengganti-batu-bara/>



**Gambar 18.** Jenis sampah yang dikonversi menjadi *refuse-derived fuels* (RDF) di TPST Desa Tritih Lor, Jeruklegi, Cilacap, Jawa Tengah. Foto: PT SBI/Mongabay Indonesia



**Gambar 19.** Menteri Koordinator Bidang Maritim dan Investasi Luhut B. Pandjaitan (tiga dari kiri) meresmikan operasi RDF di TPST Tritih Lor, Jeruklegi, Cilacap, Jawa Tengah (21 Juli 2020). Foto: PT SBI/Mongabay Indonesia

Fasilitas seluas 3 hektar ini dirancang untuk mengolah 120 ton sampah kota per hari dan memproduksi 40-55 ton RDF *fluff* per hari [33, 34]. Pembeli atau *offtaker* RDF dari TPA Jeruklagi adalah PT. Solusi Bangun Indonesia, yang merupakan anak perusahaan dari Semen Indonesia Group (SIG).



**Gambar 20. Sekitar 70-90 pemulung memilah 120 ton sampah per hari, mengumpulkan 3% sampah layak daur ulang dari tumpukan di lokasi penerima RDF. Tumpukan sampah lainnya akan digunakan untuk RDF. Foto: WALHI**



**Gambar 21. Materi RDF diolah selama 21 hari pada kotak pengeringan biologis untuk mengurangi 35% kelembaban pada material RDF. Foto: WALHI**



**Gambar 22.** Sekitar 40 - 60 ton *fluff* RDF diproduksi tiap harinya untuk digunakan pada tanur semen. Foto: WALHI



**Gambar 23.** Kolam penampung limbah cair tanpa proses kimiawi dari proses pengeringan biologis. Foto: WALHI

Tabel 7 menunjukkan kontribusi pendanaan dari berbagai pihak untuk membangun RDF di Cilacap. DANIDA ESP3 memberikan kontribusi lebih dari 50% untuk belanja modal berupa dana hibah, sisanya didanai oleh pemerintah dan Holcim (berupa lahan yang dijual ke Pemerintah Cilacap), SBI, dan Unilever (tidak ada detail mengenai jumlah atau bentuk kontribusinya).

**Tabel 7. Pendanaan multi-stakeholder untuk RDF Jeruklegi, Cilacap**

Instansi	Jenis CAPEX	CAPEX (IDR)	CAPEX (USD)	%
Kementerian PUPR	Pekerjaan umum	27.862.198.000	1.948.405	33%
	Peralatan dan ekskavator	1.500.000.000	104.895	2%
Provinsi Jawa Tengah	Infrastruktur pendukung	9.200.000.000	643.357	11%
Pemerintah Kabupaten Cilacap	Truk / kendaraan	3.000.000.000	209.790	4%
Danida ESP3 (Denmark)	Peralatan mesin dan elektrikal	43.000.000.000	3.0061.993	51%
<b>Total</b>		<b>84.562.198.000</b>	<b>5.913.440</b>	<b>100%</b>

Sumber: Bastian et al. (2021)

Skema seperti ini tidak mudah untuk direplikasi di lokasi lain, mengingat adanya tantangan pada kepemilikan aset dan hambatan teknis di kemudian hari, terutama jika perjanjian kelembagaannya belum jelas.

Beberapa pejabat negara juga hadir dalam peresmian RDF Cilacap ini, termasuk dari Kementerian Koordinator Bidang Maritim dan Investasi, Kementerian ESDM, Kementerian Kelautan dan Perikanan, serta Direktorat Jenderal Pengelolaan Sampah & Limbah B3 (KLHK).<sup>29,30</sup>

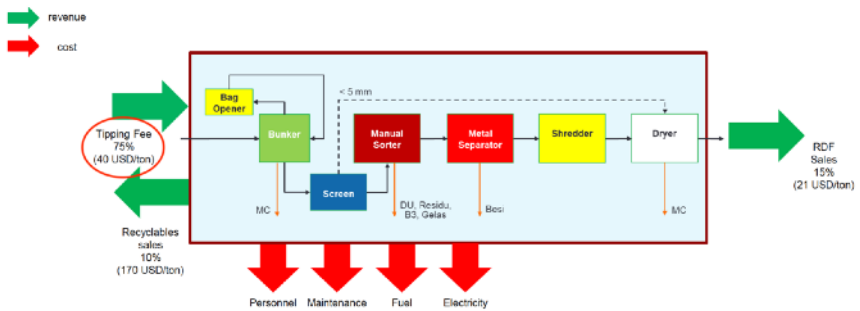
<sup>29</sup> Mongabay. 27 Juli 2020. Pertama di Indonesia, Sampah RDF Jadi Pengganti Batu Bara. [https://www.mongabay-co-id.translate.goog/2020/07/27/pertama-di-indonesia-sampah-rdf-jadi-pengganti-batu-bara/?x\\_tr\\_sl=id&x\\_tr\\_tl=en&x\\_tr\\_hl=en-GB&x\\_tr\\_pto=wapp](https://www.mongabay-co-id.translate.goog/2020/07/27/pertama-di-indonesia-sampah-rdf-jadi-pengganti-batu-bara/?x_tr_sl=id&x_tr_tl=en&x_tr_hl=en-GB&x_tr_pto=wapp)

<sup>30</sup> <https://www.unilever.co.id/news/press-releases/2021/kolaborasi-pemerintah-dan-swasta-tingkatkan-sampah-sebagai-sumber-energi-terbarukan/>

Bahan baku RDF *fluff* dari TPA Jeruklegi berasal dari plastik dan residu sampah kota. Setelah para pemulung melakukan pemilahan, sisa-sisa sampah plastik dan residu sampah kota ini dikeringkan secara biologis, kemudian dicacah menjadi potongan dengan dimensi yang berbeda-beda. Penerima atau *offtaker* produk RDF dari TPA Jeruklegi, PT. Solusi Bangun Indonesia, menggunakan RDF ini sebagai bahan campuran proses di dalam tanur semen mereka di Cilacap dengan penambahan sedikit material inert. Tambahan tanah dalam bentuk material inert dibutuhkan untuk menambah berat *fluff* saat dimasukkan ke dalam tanur, sehingga RDF *fluff* tidak mudah tertiuip angin atau *blower*.

Dengan tambahan investasi dari Unilever Indonesia, produksi RDF dari unit ini meningkat dari 120 menjadi 200 ton per hari. Sebagai imbalan dari kontribusi ini, Unilever mengklaim dapat mengurangi lebih dari 3.000 ton timbulan sampah kemasan plastik mereka pertahun dengan cara mengkonversinya menjadi bahan bakar alternatif untuk pabrik semen.<sup>31</sup>

Biaya operasional unit RDF ini ditanggung atas kerjasama PT. SBI dan pemerintah daerah Kabupaten Cilacap dengan skema berbagi biaya (*cost sharing*) selama lima tahun. Unit ini menerima *tipping fee* Rp 500.000,- untuk setiap ton sampah yang masuk (sekitar USD 40 per ton), yang mengandung 3-10% sampah layak daur ulang yang diambil oleh pemulung.



**Gambar 24. Skema pendanaan berdasarkan bahan sampah kota 1.000 ton per hari. Sumber: Presentasi Prawisudha (2022)**

<sup>31</sup> Komunikasi personal

Biaya operasional fasilitas ini terdiri dari beberapa pos, diantaranya 24% untuk membayar pekerja, 35% untuk pemeliharaan, 22% untuk bahan bakar, dan 20% sisanya untuk kebutuhan listrik. Biaya operasional unit RDF ini per tahun mencapai Rp 9 miliar (sekitar USD 640.000,00) [35].

### 3.2.2 TOSS Center Gema Santi, Kabupaten Klungkung, Bali

Kabupaten Klungkung merupakan kabupaten terkecil di Provinsi Bali dengan populasi sebanyak 206.000 jiwa pada tahun 2020.<sup>32,33</sup> TOSS adalah singkatan dari “Tempat Olah Sampah Setempat”. TOSS adalah sebuah metode untuk memproses sampah organik dan biomassa dalam skala komunal. Pengolahan sampah organik dan biomassa lainnya dilakukan dalam tiga tahapan, yaitu:

- Pengeringan secara biologis memanfaatkan aktivitas aerobik dari mikroorganisme;
- Pencacahan, yang bertujuan untuk memperkecil dimensi materinya; dan
- Pembuatan pelet, untuk melakukan kompaksi sampah menjadi pellet biomassa.

Fasilitas TOSS dapat mengolah 80 ton sampah kota per hari dan mengubahnya menjadi 25-30 ton pelet RDF, hingga hanya menyisakan 30% residu ke TPA. Proyek senilai Rp 5 miliar (sekitar USD 350.000) ini didanai oleh Pemerintah Kabupaten Klungkung<sup>34</sup> dengan bantuan dana CSR beberapa perusahaan.

Saat ini, belum ada penerima/*offtaker* produk pelet RDF dari TOSS Klungkung, oleh karena itu mereka memanfaatkan pelet RDF untuk memproduksi listrik yang dibutuhkan untuk mengoperasikan alat-alat pengolah sampah didalam fasilitas TOSS.

---

<sup>32</sup> <https://klungkungkab.go.id/>

<sup>33</sup> <https://databoks.katadata.co.id/datapublish/2021/07/22/sensus-penduduk-2020-jumlah-penduduk-bali-432-juta-jiwa>

<sup>34</sup> Peraturan Daerah Kabupaten Klungkung Nomor 2 Tahun 2019 Tentang Rencana Pembangunan Jangka Menengah Daerah Semesta Berencana Tahun 2018-2023 [https://klungkungkab.go.id/bankdata/file/RPIJMD\\_2018-2023.pdf](https://klungkungkab.go.id/bankdata/file/RPIJMD_2018-2023.pdf)

Kompos cair yang juga merupakan produk mereka juga digunakan di sektor pertanian dan pertanian organik di sekitar TOSS Center.

Proses pengeringan biologis menggunakan kotak-kotak bambu dapat mengurangi kadar air sampah dalam 4-5 hari. Pemilahan sampah anorganik dilakukan sebelum dan setelah proses pengeringan biologis ini.

Pemilahan dilakukan sebelum pencacahan dan pembuatan pelet untuk menghindari kerusakan atau kemacetan alat.

Produk akhir biomassa RDF memiliki diameter sekitar 10 mm dengan panjang sekitar 10-40 mm, dengan nilai kalor berkisar antara 3.000 - 4.000 kcal/kg dan kadar air hanya 15%. Dibandingkan dengan batu bara, pellet biomassa cenderung memiliki kadar volatil dan kadar abu lebih tinggi, namun kadar sulfurnya relatif lebih rendah.

Pelet RDF dari TOSS Gema Santi dibentuk menjadi pelet dengan memanfaatkan sebagian besar sampah organik. Bahan baku menggunakan 95-97% sampah organik dan tambahan sekitar 2-5% sampah plastik tercacah dan sampah residu lainnya. Namun setelah berjalannya operasi, plastik dan sampah residu membuat pelet yang diproduksi ini lebih mudah hancur akibat lelehan plastik di dalam pelet tersebut. Sehingga, pada saat waktu pengambilan sampel, TOSS Gema Santi tidak lagi menggunakan sampah plastik dan residu sebagai bahan pembuatan RDF.

**Gambar 25. Sampah organik yang akan diproses pada TOSS Center Klungkung.**  
Foto: Nexus3



**Gambar 26. Proses pembuatan kompos secara aerobik di fasilitas TOSS untuk mengurangi kelembaban sampah menggunakan kotak-kotak bambu. Foto: Nexus3**



**Gambar 27. Unit gasifikasi untuk memproduksi listrik untuk alat-alat di TOSS Klungkung. Foto: Nexus3**



**Gambar 28. Contoh pelet RDF yang diproduksi di TOSS Center, Klungkung. Foto: Nexus3**



### 3.2.3. Unit RDF TPA Regional Kebon Kongok, Kabupaten Lombok Barat

Kabupaten Lombok Barat berada di wilayah Provinsi Nusa Tenggara Barat dengan populasi sejumlah 730.600 jiwa [36]. TPA Regional Kebon Kongok adalah TPA yang melayani penduduk Kabupaten Lombok Barat dan Kota Mataram dengan total timbunan sampah yang diterima 350 ton per hari. Untuk memperpanjang usia TPA, Pemerintah Kabupaten Lombok Barat dan PLTU Jeranjang bekerjasama untuk membangun unit produksi RDF dari campuran sampah sebagai bahan bakar alternatif pengganti batu bara. Rencana awal pemerintah adalah untuk memproses 120 ton sampah menjadi pelet RDF. Proyek ini didanai oleh Kementerian Pekerjaan Umum dan Perumahan Rakyat sebesar Rp 37 miliar (sekitar USD 2,5 juta).

RDF tercacah dari TPA Kebon Kongok menggunakan 95% rumput dan dedaunan kering dan 5% plastik dan residu sampah kota sebagai bahan baku. Campuran bahan anorganik diatur maksimal 5% atas permintaan PLTU Jeranjang sebagai *offtaker* dari produk RDF proyek ini.

PLTU Jeranjang berjarak sekitar 3 kilometer dari TPA Regional Kebon Kongok. Kriteria ini ditetapkan untuk mengurangi menempelnya plastik yang akan meleleh pada unit pembakaran PLTU. Setidaknya 45 ton RDF tercacah akan menggantikan penggunaan batu bara di PLTU Jeranjang. Kapasitas ujicoba RDF saat ini adalah 100 kg sampah/hari. Produk RDF akhirnya berbentuk cacahan yang secara bertahap skalanya akan ditingkatkan untuk mengolah 40 ton per harinya dan memproduksi 15 ton RDF. Pembakaran RDF di PLTU Jeranjang ini diestimasi dapat mengganti bahan bakar batu bara sekitar 2% dari total proses produksi listrik saat ini.<sup>35</sup>

Saat studi dilaksanakan, Kementerian PUPR sedang merencanakan proses lelang untuk pembangunan proyek ini dengan dana Rp 37,9 miliar (sekitar USD 2,5 juta).<sup>36</sup> Secara kelembagaan, unit RDF ini nantinya akan dikelola oleh *Badan Layanan Umum Daerah* (BLUD).

---

<sup>35</sup> <https://www.pu.go.id/berita/tingkatkan-kualitas-pengelolaan-sampah-di-lombok-kementerian-pupr-bangun-tpst-rdf-kebon-kongok-untuk-energi-terbarukan>

<sup>36</sup> <https://lpse.pu.go.id/eproc4/lelang/78199064/pengumumanlelang>





**Gambar 31. Kondisi di PLTU Jeranjang. Foto: Suara NTB**



**Gambar 32. Situasi TPA Kebon Kongok. Foto: Nexus3**



**Gambar 33. Kotak-kotak bambu yang digunakan untuk pengeringan sampah organik di TPA Kebon Kongok.  
Foto: Nexus3**



**Gambar 34.**  
Sampah yang dikeringkan akan dicacah di fasilitas RDF Kebun Kongok.  
Foto: Nexus3



**Gambar 35.**  
RDF dalam bentuk tercacah, yang merupakan produk RDF dari TPA Kebon Kongok.

Foto: Nexus3



**Gambar 36.**  
Rencana awal pelet RDF yang tadinya akan digunakan oleh PLTU Jeranjang.

Foto: INA News

### 3.2.4. Unit RDF di TPST Samtaku Jimbaran, Kabupaten Badung, Bali

TPST Samtaku Jimbaran berada di bagian selatan Pulau Bali, yang merupakan bagian dari Kabupaten Badung. Proyek ini relatif baru, yang dibangun dengan dukungan dari Danone-Aqua.<sup>37</sup> Unit TPST Samtaku Jimbaran dirancang dengan konsep ekonomi sirkular dan nol sampah ke TPA dengan kapasitas 120 ton sampah per hari, yakni sekitar 40% timbulan sampah dari Kabupaten Badung.

Saat ini TPST Samtaku hanya dapat mengolah dan memilah 70 ton sampah per hari. Sampah yang datang di TPST Samtaku Jimbaran dipilah dan diolah oleh 20 pekerja. Bahan layak daur ulang dijual ke pengepul sampah, 40 ton sampah organik dikomposkan, sementara sampah residu tercampurnya kemudian diubah menjadi pelet RDF.<sup>38</sup>

Saat studi dilaksanakan, TPST Samtaku masih belum mendapatkan *offtaker* atau pihak penerima produk RDF yang diproduksinya. Namun, PT. Reciki Mantap Jaya sedang mempertimbangkan penjualan pelet RDF ini kepada pebisnis lokal untuk digunakan sebagai bahan bakar *boiler*/tungku skala kecil pada UKM seperti kontraktor pencucian, pembuatan tahu, dll.

Proyek ini mendapatkan banyak perhatian dari pemerintah Indonesia dan masyarakat secara umum. Seperti halnya saat peresmian proyek RDF di Cilacap, Kementerian Koordinator Maritim dan Investasi, Luhut Panjaitan, juga ikut meresmikan proyek ini pada September 2021.<sup>39</sup> KLHK juga mendukung kontribusi dari Danone-Aqua<sup>40</sup> dan PT Reciki Mantap Jaya untuk mengolah sampah kota untuk mengurangi bocornya sampah plastik ke lingkungan.

Lebih jauh lagi, perwakilan KLHK menyebutkan TPST Samtaku Jimbaran sebagai proyek percontohan pada salah satu pertemuan strategis nasional.

---

<sup>37</sup> <https://jakartaglobe.id/lifestyle/danoneaqua-opens-balis-largest-waste-management-facility>

<sup>38</sup> <https://maritim.go.id/menko-luhut-resmikan-tpst-samtaku-bali/>

<sup>39</sup> <https://maritim.go.id/menko-luhut-resmikan-tpst-samtaku-bali/>

<sup>40</sup> <https://www.antaranews.com/berita/2564149/tpst-samtaku-jimbaran-wujud-tanggung-jawab-produsen-pada-kemasannya>



**Gambar 37. Peresmian TPST Samtaku Jimbaran oleh Menko Marvest Luhut Panjaitan September 2021. Foto: Kemenkomarves**



**Gambar 38. TPST Samtaku Jimbaran mengolah sampah permukiman 120 ton per hari. Foto: Kemenkomarves**



**Gambar 39.** TPST Samtaku Jimbaran memilah sampah organik menjadi kompos, menjual sampah layak daur ulang kepada pengepul, dan sampah residu menjadi RDF. Foto: Republika



**Gambar 40.** Pelet RDF dari sampah residu tercampur yang diproduksi pada TPST Samtaku Jimbaran, yang rencananya akan dijual kepada UKM laundry dan produsen tahu.

Foto: Kemenkomarves

Perwakilan dari BAPPENAS juga telah mengunjungi unit pengolahan ini beberapa kali bersama perwakilan dari Kementerian Pekerjaan Umum dan Perumahan Rakyat.

Namun, kehadiran unit ini tidak sepenuhnya didukung oleh masyarakat di sekitarnya. Bau busuk sampah organik dan sampah tercampur yang dilelehkan di unit RDF berdampak pada beberapa warga sekitar. Sejak Januari 2022, warga Goa Gong telah beberapa kali meluncurkan komplain dan protes kepada PT. Reciki, Danone-Aqua, dan Dinas Lingkungan Hidup Kabupaten Badung. Warga kemudian mengirimkan surat kepada Menteri BAPPENAS dan Menteri PUPR, dan mengikuti rekomendasi hukum dari pengacara untuk menentang prosedur konsultasi warga dan proses administrasi saat unit ini dibangun.

Danone-Aqua juga telah mendaftarkan dan mensponsori proyek ini untuk mendapatkan *plastic credit* kepada Verra.<sup>41</sup> Tim penilai/assessor, dari *Control Union*, dikontrak untuk melakukan validasi tingkat pengurangan sampah berdasarkan Program Pengurangan Sampah Plastik dari Verra.<sup>42</sup>

Tim penilai berkunjung ke lokasi pada Februari 2022 dan melakukan wawancara dengan manajer unit pengolahan serta beberapa warga. Menariknya, tim penilai menyatakan bahwa proses di TPST Samtaku sudah memenuhi standar dan indikator penilaian, tidak menghiraukan surat protes warga yang telah mengeluhkan operasional unit ini. Karena TPST Samtaku ini adalah proyek pertama yang mengajukan kredit plastik di Indonesia, perkembangan hasil penilaian dari tim penilai dan klaim kontribusi Danone-Aqua atas pengurangan plastik patut dipantau.

---

<sup>41</sup> Verra Plastic Waste Reduction Program and Credit <https://verra.org/project/plastic-program/plastic-credits/>

<sup>42</sup> Control Union <https://certifications.controlunion.com/en/news-media/news/control-union-becomes-first-approved-vyb-for-verras-plastic-waste-reduction-program>

### 3.2.5. Proyek RDF lainnya

Sejak 2021, beberapa proyek RDF masih dibahas atau dinegosiasikan. Beberapa proyek ini ada yang didanai oleh pemerintah, namun ada juga yang diinisiasi oleh pihak swasta dan industri FMCGs. Pada 2020, pemerintah Indonesia mengumumkan bahwa hingga 2024 merencanakan pembangunan 34 unit fasilitas RDF, dengan nilai belanja modal berkisar antara 70 miliar hingga 90 miliar rupiah per unitnya (sekitar USD 4,8 juta - 6,2 juta per proyek).<sup>43</sup>

**Tabel 8. Lelang publik untuk proyek RDF pada 2021-2022**

Tahun	Paket Lelang	Kementerian yang Bertanggungjawab	Status Lelang	Angka Lelang	
				Dalam Rupiah	Dalam USD
2021	Pembangunan MRF dengan RDF di Kota Bandung dan Kabupaten Bandung	PUPR	Selesai	19.100.000.000,-	\$1.335.664,-
2021	Pembangunan MRF dengan RDF di Kab. Karawang dan Purwakarta	PUPR	Selesai	24.000.000.000,-	\$1.678.322,-
2021	Pembangunan MRF dengan RDF di Kota Bandung	PUPR	Selesai	6.300.000.000,-	\$440.559,-
2021	Pembangunan MRF dengan RDF di Kab. Tuban, Jawa Timur	PUPR	Dibatalkan	122.600.000.000,-	\$8.573.427,-
2022	Pembangunan MRF dengan RDF di Kab. Lombok Barat	PUPR	Evaluasi teknis	37.900.000.000,-	\$2.650.350,-

Sumber: Layanan Pengadaan Secara Elektronik ([LPSE](#)), Kementerian PUPR

<sup>43</sup> <https://money.kompas.com/read/2020/07/21/183000626/pemerintah-akan-segera-bangun-34-rdf?page=all>

### 3.3. Analisa laboratorium dari sampel pelet RDF

Dalam studi ini, kami mengumpulkan beberapa sampel dari tiga unit RDF yang sudah disebutkan sebelumnya, yaitu:

- TOSS Gema Santi, Kabupaten Klungkung, Provinsi Bali;
- TPA Jeruklegi, Kecamatan Jeruklegi, Kabupaten Cilacap, Provinsi Jawa Tengah; dan
- TPA Regional Kebon Kongok, Desa Suka Makmur, Kecamatan Gerung, Kabupaten Lombok Barat, Provinsi NTB.

Ketiga sampel ini merepresentasikan tiga jenis RDF yang sudah diproduksi di Indonesia, mengingat belum ada unit produksi RDF di lokasi lain yang beroperasi pada waktu laporan ini disusun. Sampel RDF ini kemudian dikirimkan ke Laboratorium Penelitian dan Pengujian Terpadu di Universitas Gadjah Mada Yogyakarta, untuk analisis beberapa karakteristik sampah, meliputi: nilai kalor, kadar air, dan kadar abu. Hasil analisis laboratorium disajikan pada Tabel 9-11.

Nilai kalor merupakan salah satu karakteristik penting untuk mengidentifikasi bahan dari sampah, terutama jika akan dimanfaatkan pada pengolahan berbasis termal. Angkanya merepresentasikan jumlah kalor/panas yang dikeluarkan pada proses pembakaran sempurna (dalam kalori) dari sejumlah berat material, dengan keluaran berupa oksigen dan uap air. Dengan kata lain, nilai kalor adalah jumlah panas yang dikeluarkan ketika sampah atau suatu produk dalam jumlah berat tertentu mengalami pembakaran sempurna.

Nilai kalor yang tinggi dibutuhkan untuk tercapainya pembakaran yang sempurna pada proses pembakaran, di atas 3400 kcal/kg (sekitar 14,23 MJ/kg), untuk menghindari terbentuknya emisi sampingan dari proses pembakaran. Analisis hasil laboratorium menunjukkan nilai kalor dari ketiga sampel RDF antara 3500 kcal/kg sebagai yang terendah (dari TOSS Klungkung) hingga 8272 kcal/kg sebagai yang tertinggi (dari TPA Jeruklegi, Cilacap).

**Tabel 9. Nilai kalor dari tiga sampel RDF**

Lokasi	Kode Sampel	Jenis RDF	Nilai Kalor (kcal/kg)	Nilai Kalor (MJ/kg)
TOSS Gema Santi, Klungkung Regency	RDF-B-01	Pellet	3503,03	14,66
Jeruklegi Landfill, Cilacap Regency	RDF-C-01	Fluffs	8272,91	34,61
Kebon Kongok Landfill, West Lombok Regency	RDF-L-01	Shredded / cacahan	3761,58	15,74

Sumber: hasil analisa

Kadar air juga merupakan salah satu karakteristik penting untuk proses pembakaran, mengingat kelembaban sampah yang tinggi akan menghambat proses pembakaran sempurna. Kadar air (dalam persen) diukur dari berkurangnya massa sampah dalam pemanasan pada 105°C hingga beratnya konstan di akhir pengukuran. Proses analisa ini menyisakan hanya berat kering dari sampah. Proses pengolahan sampah secara termal membutuhkan kandungan air yang tidak lebih dari 20% untuk proses yang optimum.

Ketiga sampel RDF dari tiga lokasi yang berbeda telah melewati proses pengeringan secara biologis, mengingat penggunaan campuran sampah organik lebih banyak digunakan pada produksinya. Hasil analisa di laboratorium menunjukkan ketiga sampel mengandung kadar air rendah.

Kadar abu merepresentasikan estimasi sisa abu setelah proses pembakaran sampah (atau dalam hal ini RDF) dengan teknologi termal. Kadar abu akan berguna untuk perhitungan kebutuhan pengolahan abu sisa pembakaran sampah.

**Tabel 10. Kandungan air pada tiga sampel RDF berdasarkan hasil analisis laboratorium**

Lokasi	Kode sampel	Jenis RDF	Kadar Air (%)
TOSS Gema Santi, Klungkung Regency	RDF-B-01	Pellet	11,57
Jeruklegi Landfill, Cilacap Regency	RDF-C-01	Fluffs	1,81
Kebon Kongok Landfill, West Lombok Regency	RDF-L-01	Shredded / cacahan	12,82

Sumber: hasil analisa

Berat kering sampah (setelah dilakukan analisis kadar air) mengandung fraksi bahan volatil (kehilangan massa pada pemanasan konstan 800°C), fraksi karbon terikat (kehilangan massa pada pemanasan konstan 950°C dan 600°C), dan fraksi abu (atau sisa pemanasan) [37]. Hasil analisis ketiga sampel menunjukkan kadar abu terendah 9% (TPA Kebon Kongok) dan tertinggi 19% (TOSS Gema Santi).

**Tabel 11. Kadar abu dari ketiga sampel RDF**

Lokasi	Kode sampel	Jenis RDF	Kadar Abu (%)
TOSS Gema Santi, Klungkung Regency	RDF-B-01	Pelet	19.24
Jeruklegi Landfill, Cilacap Regency	RDF-C-01	<i>Fluffs</i>	10.90
Kebon Kongok Landfill, West Lombok Regency	RDF-L-01	<i>Shredded/cacahan</i>	9.76

Sumber: hasil analisa



**Gambar 41. Sampel pelet RDF dari TOSS Gema Santi, Kabupaten Klungkung yang dianalisa di laboratorium.**

Foto: Nexus3



**Gambar 42. Sampel pelet RDF dari TPA Jeruklegi, Kabupaten Cilacap yang dianalisa di laboratorium. Foto: Nexus3**



**Gambar 43. Sampel pelet RDF dari TPA Kebon Kongok, Kabupaten Lombok Barat yang dianalisa di laboratorium. Foto: Nexus3**

## 4. Perdagangan sampah dan hubungan Indonesia Australia

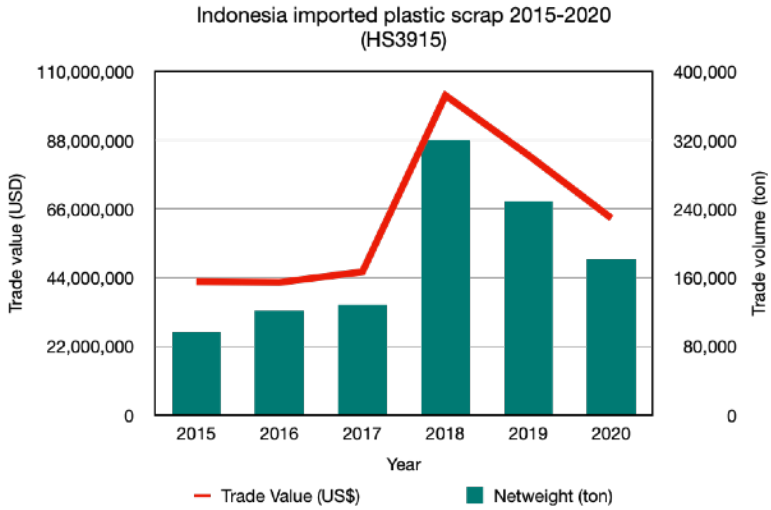
### 4.1 Impor *Processed Engineered Fuels* (PEFS)

Industri daur ulang plastik dan kertas di Indonesia membutuhkan impor limbah non-B3 untuk memenuhi kebutuhan atas bahan baku sekunder. Industri plastik di Indonesia membutuhkan 1,233 juta ton skrap plastik, dimana sekitar 913.000 ton-nya disuplai dari dalam negeri [30]. Impor skrap plastik Indonesia tertinggi terjadi pada 2018, yaitu mencapai 283.152 ton (lihat Gambar 41). Data pada 2020 menunjukkan penurunan impor menjadi 181.718 ton.

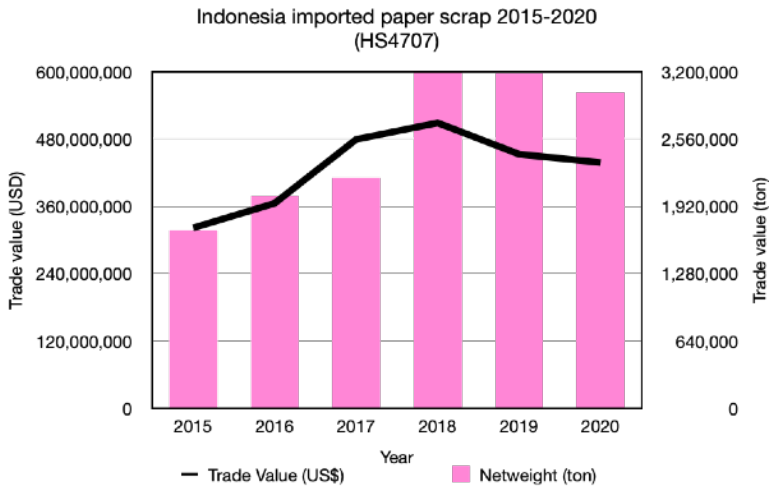
Untuk produksi kertas, kebutuhan skrap kertas sebagai bahan baku sekunder mencapai 8.6 juta ton. Dari kebutuhan tersebut, hanya 40-60% yang dapat disuplai dari berbagai sumber di dalam negeri [31, 32]. Impor tertinggi untuk skrap kertas terjadi di 2019 pada 3,182 juta ton, yang kemudian menurun hingga hanya 3 juta ton pada 2020 (lihat Gambar 42).

Pada lima tahun terakhir, Indonesia juga mengimpor 'material mudah terbakar' yang termasuk dalam Kode HS 360690 – *Ferro-cerium dan paduan piroforik dengan bentuk apapun; yang termasuk dalam golongan material mudah terbakar selain jenis komoditi yang sudah dimasukkan pada bab 36*.

Impor tertinggi atas komoditi tersebut terjadi di 2016 pada 148 ton didominasi kiriman dari Tiongkok, yang kemudian menurun pada 2020 menjadi hanya 88 ton. Namun, nilai dagang komoditi PEF dibawah kode HS 360690 pada 2020 meningkat dua kali lipat dari 2019, atau sama dengan 3,5 kali lipat dari masa impor puncaknya pada tahun 2016 (lihat Gambar 41-43).



**Gambar 41. Indonesia mengimpor skrap plastik 2015-2020.**  
Sumber: UN Comtrade



**Gambar 42. Indonesia mengimpor skrap kertas 2015-2020.**  
Sumber: UN Comtrade



**Gambar 43. Indonesia mengimpor *Process Engineered Fuels* (PEFs) 2015-2020 (HS 360690).** Sumber: UN Comtrade database

#### 4.2. Dinamika perdagangan sampah dengan Australia

Pada 2018-2019, Australia memiliki angka timbulan sampah sekitar 67 juta ton, dimana sekitar 4,4 juta diekspor ke negara lain. Sekitar 32% dari total sampah yang diekspor adalah berupa sampah plastik, kertas, kaca, dan ban, setara AU\$ 290 juta.

Dewan Pemerintahan Australia (*The Council of Australian Government/COAG*) berkomitmen untuk melarang ekspor sampah. Hal ini dimulai dari dorongan perhatian masyarakat lokal dari dampak sampah terhadap lingkungan, serta timbulnya wacana untuk memperbaiki sumber daya pemulihan materi secara nasional [38]. Upaya untuk memperkuat kapasitas pemrosesan sampah domestik di Australia juga dipercepat akibat pengumuman pengetatan impor sampah daur ulang oleh Tiongkok (*National Sword Policy*) pada 2018.

COAG telah setuju untuk menyusun jadwal pelarangan ekspor sampah plastik, kertas, kaca, dan ban bekas pada Agustus 2019. Pendekatan

pelarangan ekspor bertahap ini bertujuan untuk menjaga stabilitas iklim industri dan diprediksi untuk membantu mengurangi terguncangnya sektor sampah dan daur ulang. Larangan ekspor ini disusun secara bertahap sebagai berikut [39]:<sup>44</sup>

- pada 1 Juli 2020: pelarangan ekspor limbah kaca yang belum diproses;
- pada 1 Juli 2020: pelarangan ekspor sampah plastik dengan resin/jenis polimer yang tercampur dan membutuhkan pemilahan, pembersihan, dan pemrosesan awal sebelum masuk ke proses manufaktur;
- pada 1 Desember 2021: pelarangan ekspor ban bekas;
- pada 1 Juli 2022: pelarangan ekspor sampah plastik dalam satu jenis polimer/resin yang belum di proses ulang;
- pada 1 Juli 2024: pelarangan ekspor skrap kertas dan kardus yang tercampur; dan
- pada 1 Juli 2024: pelarangan ekspor sejumlah komoditi di atas akan diimplementasikan secara penuh.

Pada Juni 2021, industri plastik di Australia menyatakan bahwa mereka belum siap untuk melaksanakan kebijakan ini pada 1 Juli 2021.<sup>45</sup> Namun, Menteri Lingkungan Australia tidak sependapat dengan klaim dari sektor industri tersebut. Kementerian Lingkungan Australia menyatakan bahwa terdapat sisa kapasitas pengolahan di sektor persampahan yang seharusnya masih dapat memproses sejumlah 75.000 ton sampah plastik, yang pada tahun 2020 lalu diekspor ke negara lain.

---

<sup>44</sup> Waste Trades, Department of Agriculture, Water and the Environment, Australian Government website, <https://www.awe.gov.au/environment/protection/waste/exports>

<sup>45</sup> Melissa Clarke. 2021. Recycling industry 'not ready' for ban on exporting plastic waste. ABC net. Posted Tue 29 Jun 2021 at 8:02pm, Tuesday 29 Jun 2021 at 8:02pm, updated Wed 30 Jun 2021 at 4:07am <https://www.abc.net.au/news/2021-06-30/recycling-industry-not-ready-for-ban-export-plastics/100253980>



**Gambar 47. Jadwal pelarangan ekspor sampah plastik, kertas, kaca, dan bekas oleh Australia. Sumber: Covington, et al. 2020**

**Tabel 12. Tenggat waktu pelarangan beberapa komoditi turunan sampah dari Pemerintah Australia**

Komoditi	Kode AHEEC*	Tenggat Waktu
Plastik	39151000	Juli 2022
	39152000	
	39153000	
	39159092	
Kertas dan Kardus	47071000	Juli 2024
	47072000	
	47073000	
	47079000	
Kaca	70010000	Januari 2021
Ban Bekas	40040000	Desember 2021
	40122000	
	40129000	

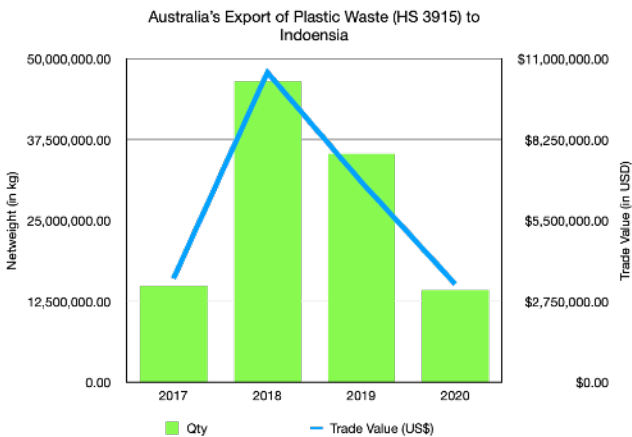
Catatan:

\*Australian Harmonized Export Commodity Classification (AHEEC), dimana dua digit terakhir merepresentasikan kode spesifik untuk statistik perdagangan internasional di Australia.

Sumber: Pickin dan Donovan (2020) serta Australian Department of Agriculture, Water, and Environment (2021)

Saat ini terdapat setidaknya dua perusahaan pemulihan material dan daur ulang di Australia yang telah beralih untuk memproduksi PEF. Produk ini kemudian ditujukan untuk diekspor ke pasar di wilayah Asia Selatan dan Asia Tenggara.<sup>46,47,48</sup>

Indonesia bukan hanya terpetakan sebagai pemain besar dalam perdagangan sampah Australia sebagai penerima 22% ekspor sampah plastik. Indonesia juga merupakan sumber utama pencemar plastik di lautan Australia karena 70% sampah dari luar negeri yang sampai ke wilayahnya berasal dari Indonesia. Terlebih lagi, Indonesia merupakan negara tujuan ekspor sampah kertas dari Australia [39].



**Gambar 48. Impor skrap plastik Indonesia 2015 - 2020.**

Sumber: UN Comtrade

<sup>46</sup> Metso. From waste to fuel: Success in PEF production. 2019 [cited 2022 9 February]; Diakses dari <https://recycling.metso.com/casestudies/recycling/from-waste-to-fuel/>

<sup>47</sup> ResourceCo. A world away from waste. 2019 [cited 2022 9 February]; diakses dari: <https://resourceco.com.au/a-world-away-from-waste>

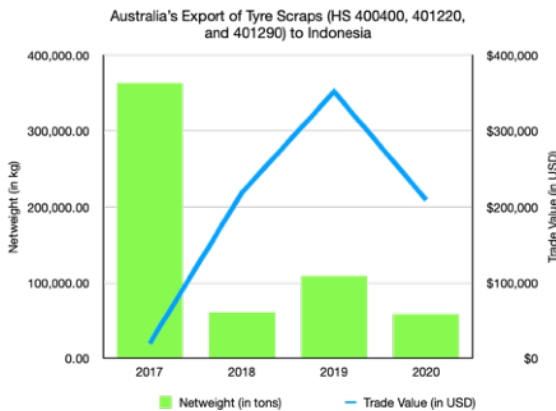
<sup>48</sup> Australian Clean Energy Finance Corporation. Case study: Turning waste into Processed Engineered Fuel. 2020 [cited 2022 9 February]; diakses dari: <https://www.cefc.com.au/where-we-invest/case-studies/turning-waste-into-processed-engineered-fuel/>

Sebagaimana ditunjukkan pada Gambar 48, ekspor sampah plastik Australia memuncak pada 2018 (46,5 ribu ton) yang kemudian menurun hingga 2020. Ekspor ban bekas ke Indonesia paling tinggi terjadi pada 2017 (363 ton) yang kemudian menurun setelahnya. Australia juga mengekspor skrap kaca dengan jumlah relatif sedikit ke Indonesia jika dibandingkan dengan komoditi sampah lainnya, yakni 100 ton (pada 2018) dan 5 kg (pada 2020). Namun, komoditi skrap kertas tetap mendominasi jumlah ekspor komoditi sampah Australia ke Indonesia, yakni sejumlah 1 juta ton selama 2017-2020.



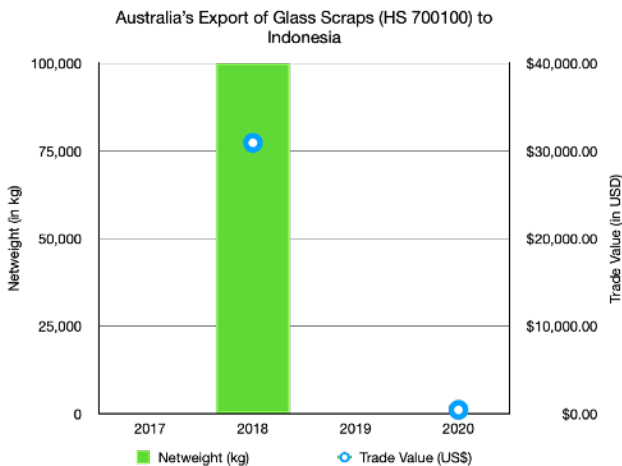
**Gambar 49. Impor skrap kertas Indonesia 2015-2020.**

Sumber: UN Comtrade

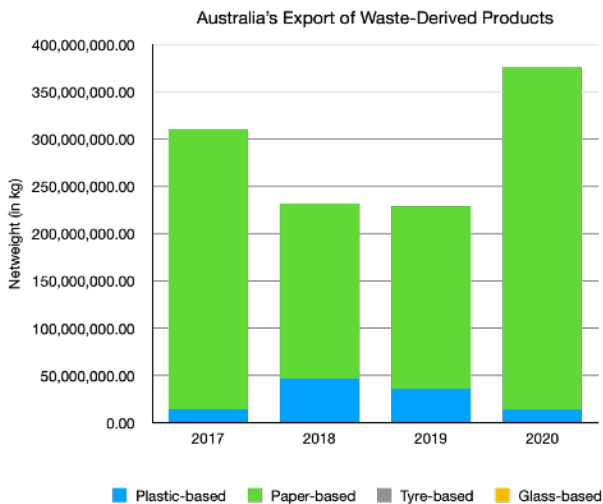


**Gambar 50. Australia ekspor limbah/ban bekas ke Indonesia 2015-2020.**

Sumber: UN Comtrade

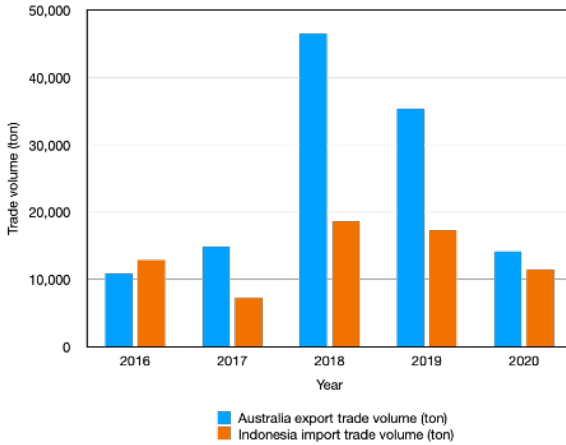


**Gambar 51. Australia ekspor limbah/kaca bekas ke Indonesia 2015-2020. Sumber: UN Comtrade**



**Gambar 52. Australia mengekspor limbah berbagai produk ke Indonesia 2015-2020. Sumber: UN Comtrade**

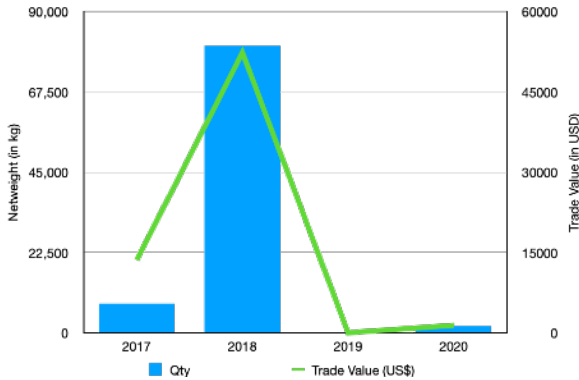
Australia export plastic waste to Indonesia vs Indonesia import from Australia reports 2017-2020



**Gambar 53.**  
Perbandingan laporan ekspor limbah berbagai produk dari Australia ke Indonesia 2015-2020.

Sumber: UN Comtrade

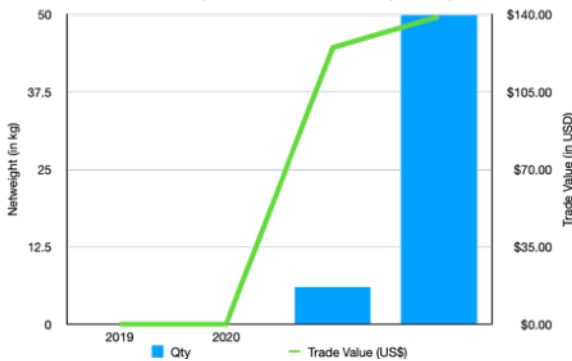
Australia's Export of PEFs to Indonesia (HS 3825)



**Gambar 54.**  
Australia mengekspor PEF (sebagai HS 3825) ke Indonesia 2017-2020.

Sumber: UN Comtrade, 2022

Indonesia's Import of PEFs from Australia (HS 3825)



**Gambar 55.**  
Indonesia mengimpor PEF (sebagai HS 3825) dari Australia 2017-2020.

Sumber: UN Comtrade, 2022

**Tabel 13. Ekspor produk turunan sampah dari Australia ke Indonesia (Kode HS 3915, 4707, 400400, 401220, 401290, 700700)**

Tahun	Sampah Plastik (kg)	Sampah Kertas (kg)	Sampah Ban Bekas (kg)	Sampah Kaca (kg)	Total Nilai Dagang (USD)	PEF (kg)	Total Nilai Dagang PEF (USD)
2017	14.921.730	294.947.470	363.053	0	\$58.352.010	8.256	\$13.611
2018	46.519.780	185.451.770	61.439	100.000	\$35.553.746	80.332	\$52.365
2019	35.378.430	194.117.600	109.349	0	\$30.539.990	0	\$0
2020	14.190.366	361.928.630	58.574	5	\$53.376.622	1.887	\$1.397

Sumber: UN Comtrade

Dari data yang dapat diakses selama proses penyusunan laporan ini, hanya sejumlah kecil produk PEF yang dijual dari Australia ke Indonesia. Laporan ekspor Australia menyebutkan bahwa terhadap 80 ton produk residu kimia atau yang berasal dari industri pendukungnya (*allied industries*) pada 2018 yang termasuk dalam Kode HS 3825, dimana kode ini juga digunakan untuk produk PEF [50].<sup>49</sup> Jika dibandingkan dengan angka impor yang dilaporkan Indonesia untuk kode HS yang sama, perbedaannya sangat jauh, hanya 56 kg selama 2017-2020.

Galaiduk et al. [40] merekomendasikan pendekatan bilateral dengan Indonesia menjadi sangat penting untuk mengurangi pencemaran plastik di perairan Australia dan wilayah lautan regional di sekitarnya.

Dengan mendukung Indonesia, Australia akan menguntungkan kepentingan negaranya dan juga dapat menjadi contoh bagi negara berkembang lainnya untuk menunjukkan tanggungjawabnya secara global [41].

<sup>49</sup> Holcim Philippines statement on alternative fuels held at other ports. 28 May 2019. Available at <https://www.holcim.ph/holcim-philippines-statement-alternative-fuels-held-other-ports>



**Gambar 56. Contoh limbah/sekrup kertas yang diimpor Indonesia dengan kontaminasi plastik yang tinggi. Foto: ABC**



**Gambar 57. Indonesia mengembalikan delapan petikemas kertas sekrup yang terkontaminasi plastik ke Australia awal 2019. Foto: AFP**

**Tabel 15. Beberapa Proyek RDF yang melibatkan perusahaan Australia**

Perusahaan	Website	Lokasi	Kegiatan	Investasi
PT Geo Trash Management	<a href="#">Info site</a>	Lombok, West Nusa Tenggara	Daur ulang sampah, mengubah sampah plastik menjadi bahan bakar dengan teknologi pirolisis (Dexlite, Euro 3 standard)	Tidak diketahui; masih dalam tahap uji coba dalam kerjasama antara Pemerintah Provinsi NTB. Unit pirolisis dibangun untuk mengkonversi 1 ton sampah plastik menjadi 30 liter bahan bakar
	<a href="#">Info site</a>	Bontang, Kalimantan Timur	Mengkonversi 15-20 ton sampah plastik menjadi 600 liter bahan bakar dengan teknologi pirolisis	Investasi: 71 miliar rupiah (AU\$ 7 juta)
	<a href="#">Info site</a>	Samarinda, Kalimantan Timur	Mengkonversi 15-20 ton sampah plastik menjadi 600 liter bahan bakar dengan teknologi pirolisis	Investasi: 71 miliar rupiah (AU\$ 7 juta)
	<a href="#">Info site</a>	Kota Tangerang Selatan	Pirolisis, sampah plastik menjadi bahan bakar	
The Minderoo Foundation	<a href="#">Info site</a>	Indonesia	Kerjasama dengan Menkomarves dan Kemenperin untuk mendorong daur ulang plastik sebagai alat untuk pemulihan secara ramah lingkungan	
ResourceCo Asia	<a href="#">Info site</a>	Kota Tangerang	Kerjasama dengan PT. Oliga Infra Swarna Nusantara	Unit RDF

# 5. Kesimpulan dan Rekomendasi

## 5.1. Kesimpulan

- Pemanfaatan RDF tidak akan menyelesaikan permasalahan polusi plastik dan sampah residu. Pembakaran RDF hanya akan mengkonversi sampah plastik dari fasa padatan menjadi gas. Tanpa upaya pencegahan pencemaran udara, dorongan penggunaan RDF, dari skala kecil maupun besar, akan meningkatkan risiko pajanan pencemar berbahaya kepada kesehatan dan lingkungan.
- RDF dapat menjadi salah satu solusi dari masalah persampahan, terutama untuk sampah organik. RDF yang dibuat dari sampah residu atau sampah tercampur akan menghasilkan nilai kalor yang tinggi sebagai bahan bakar alternatif, jika diproses secara benar. Namun demikian, produksi dari RDF yang berbasis biomassa ataupun sampah tercampur tetap akan membutuhkan *offtaker* (industri yang akan menerima dan menggunakannya).
- Saat ini, pengguna RDF di Indonesia yang dapat diandalkan hanya perusahaan semen dan PLTU, dan ini pun harus diperkuat dengan regulasi untuk mengontrol emisi. Walaupun beberapa dokumen SNI sudah diterbitkan untuk biopellet dan briket untuk produsen RDF dan industri, hal ini masih belum cukup untuk menjamin selesainya masalah lingkungan dari proses *co-firing* (pembakaran bersama) atau *co-processing* (pemrosesan bersama).
- Saat ini emisi dioksin (PCDD/PCDF) yang dilepas dari tanur semen yang menggunakan sampah campuran sebagai bahan bakar alternatif hanya diwajibkan untuk diperiksa empat tahun sekali. Regulasi ini perlu diubah menjadi setidaknya satu tahun sekali.

- Penggunaan RDF untuk boiler industri dan usaha kecil dan menengah (UKM) sangat tidak direkomendasikan. Emisi beracun dan kerak abu dari sisa proses pembakaran akan menimbulkan dan menyebarkan racun baru ke lingkungan masyarakat sekitar. Kriteria lokasi untuk TPS yang memproduksi RDF juga harus ditetapkan.
- Teknologi dan mesin-mesin yang digunakan untuk memproduksi RDF harus dikaji secara ketat dan Tingkat Kesiapterapan Teknologi (TKT)-nya harus dievaluasi sebelum mendapat Sertifikat Teknologi Ramah Lingkungan (STRL). Hanya teknologi dengan TKT-9 yang dapat dijual ke pasar.
- Tujuan utama dorongan memproduksi RDF dari pemerintah adalah untuk menyelesaikan masalah pengelolaan sampah. Jumlah pendanaan dan pengeluaran yang dikucurkan untuk investasi RDF dapat juga dialokasikan untuk memperbaiki sistem pengelolaan sampah dan TPA di daerah-daerah. Impor produk RDF atau PEF ke dalam negeri sangat kontraproduktif terhadap penyelesaian permasalahan pengelolaan sampah.

## 5.2. Rekomendasi

- Untuk mencapai target tingkat bauran energi atau *thermal substitution rate* (TSR) pada strategi nasional untuk pembauran energi, produksi RDF harus diperketat dan dibatasi hanya berasal dari bahan sampah organik dan/atau biomassa. RDF dari sampah tercampur dan residu yang sudah mengikuti SNI hanya dapat digunakan oleh tanur semen.
- Untuk mengurangi risiko dan meningkatkan aspek keamanan pada operasinya, diperlukan SNI wajib untuk RDF yang akan digunakan untuk pabrik semen. SNI ini juga harus diwajibkan dan ditetapkan melalui Kementerian Energi dan Sumber Daya Mineral atau Kementerian Perindustrian.

- Pelarangan impor sampah berupa produk turunan sampah diatur di bawah *HS code* 3825 dan 360690. Implementasikan Amandemen Konvensi Basel secara efektif dan perkuat pengecekan di pintu masuk jalur impor.
- Tingkatkan kapasitas laboratorium di Indonesia untuk menganalisa dioksin dan senyawa Polutan Organik yang Persisten (POP) lainnya.
- Sebelum Kementerian Lingkungan Hidup dan Kehutanan bisa menerbitkan sertifikat teknologi ramah lingkungan, penyedia teknologi harus mendapatkan lisensi TKT-9 dari Kementerian Riset, Teknologi, Pendidikan Tinggi (Menristekdikti). Teknologi dengan TKT-9 dapat didaftarkan kemudian kepada Kementerian Perdagangan untuk izin dagang di pasar. Dengan skema inilah pengguna teknologi serta masyarakat dapat terlindungi dari performa teknologi-teknologi RDF yang asal-asalan.
- Untuk memperkuat pengamanan kesehatan masyarakat, proses yang melibatkan penggunaan RDF harus berlokasi jauh dari wilayah permukiman.
- Peta jalan dari perusahaan *FMCGs* dan plastik dalam rangka pengurangan plastik pada 2025 harus dibuka kepada publik.
- Dana dari pemerintah pusat, provinsi dan kabupaten/kota sebaiknya digunakan untuk memperbaiki sistem pengelolaan sampah. Dana untuk pembangunan satu unit RDF, yang diperkirakan sebesar 90 miliar rupiah (USD 6 juta) dapat digunakan untuk memperbaiki TPA yang masih beroperasi secara *open dumping*, pengadaan sistem pengumpulan dan pemilahan secara maksimal, dan peningkatan tingkat daur ulang.

# Lampiran 1.

Contoh perhitungan biaya standar untuk bahan bakar biomassa berdasarkan Peraturan Direktur PLN Nomor 001.P/DIR/2020-1



LAMPIRAN I  
PERATURAN DIREKSI PT PLN (PERSERO)  
NOMOR : 001.P/DIR/2020  
TANGGAL : 5 Maret 2020

## CONTOH PERHITUNGAN HARGA PATOKAN TERTINGGI BAHAN BAKAR BIOMASSA

Contoh :

- Caloric value (CV) batubara yang digunakan pada PLTU X : 4100 kcal/kg (ar).
- Harga rata-rata batubara 3 (tiga) bulan sebelumnya di PLTU X : Rp 850.000/ton (termasuk ongkos angkut)
- Contoh CV biomassa :

Jenis Industri	Bahan Baku (Feedstock) Biomassa	Nilai Kalori kcal/kg
Kelapa Sawit	Serat Sawit (Fiber)	3340
	Cangkang Sawit (Shell)	4300
	Tandan Kosong Sawit (EFB)	1900
	Pelepah Sawit (frond)	3350
	Batang Replanting Sawit (Trunk)	3500
Tebu	Ampas Tebu (Bagasse)	1850
	Daun & Pucuk Tebu (Leaf, Top Cane)	3000
Kelapa	Sabut Kelapa	3300
	Tempurung Kelapa (Coconut Sheel)	4300
Karet	Batang Replanting Karet	4200
Padi	Sekam Padi (Rice husk)	3350
	Jerami Padi	2800
Jagung	Tongkol Jagung (Corn cob)	3500
	Batang & Daun Jagung	2500
Kayu	Kayu Limbah Industri (Woodwaste)	4200

- Maka harga patokan tertinggi cangkang sawit sampai tempat PLTU X (termasuk ongkos angkut) adalah sebagai berikut :
  - = Rp 850/kg x 0.85 x ( 4300/4100) kcal/kg
  - = Rp 758/kg

DIREKTUR UTAMA,

ZULKUIFLI ZAINI

Paraf



LAMPIRAN II  
PERATURAN DIREKSI PT PLN (PERSERO)  
NOMOR : 001.P/DIR/2020  
TANGGAL : 5 Maret 2020

**SPESIFIKASI MINIMAL BAHAN BAKAR BIOMASSA**

Spesifikasi minimal pelet sampah :

- Moisture = <20%
- Caloric Value (CV) minimal 3400 kcal/kg
- Komposisi material organik minimal 95%
- Tidak mengandung material B3 dan senyawa klorida

DIREKTUR UTAMA,

ZULKIFLI ZAINI

# Lampiran 2

## Baku mutu emisi untuk industri semen

LAMPIRAN III  
PERATURAN MENTERI LINGKUNGAN HIDUP DAN KEHUTANAN  
NOMOR P.19/MENLHK/SETJEN/KUM.1/2/2017  
TENTANG  
BAKU MUTU EMISI BAGI USAHA DAN/ATAU KEGIATAN  
INDUSTRI SEMEN

BAKU MUTU EMISI SUMBER TIDAK BERGERAK BAGI USAHA  
DAN/ATAU KEGIATAN INDUSTRI SEMEN YANG MENGGUNAKAN  
*REFUSE DERIVED FUEL* (MENGGUNAKAN SAMPAH RUMAH TANGGA  
DAN/ATAU SAMPAH SEJENIS RUMAH TANGGA)

No	Parameter	Satuan	Nilai Baku Mutu Emisi
1	Partikulat*	mg/Nm <sup>3</sup>	60
2	Sulfur Dioksida (SO <sub>2</sub> )*	mg/Nm <sup>3</sup>	650
3	Nitrogen Oksida (NO <sub>x</sub> )*	mg/Nm <sup>3</sup>	800
4	Hidrogen Fluorida (HF)*	mg/Nm <sup>3</sup>	2
5	Hidrogen Klorida (HCl)	mg/Nm <sup>3</sup>	20
6	Karbon Monoksida (CO)*	mg/Nm <sup>3</sup>	625
7	Cadmium (Cd)	mg/Nm <sup>3</sup>	0,2
8	Merkuri (Hg)	mg/Nm <sup>3</sup>	0,2
9	Lead (Pb)	mg/Nm <sup>3</sup>	5
10	Arsenik (As)	mg/Nm <sup>3</sup>	1
11	Nikel (Ni)	mg/Nm <sup>3</sup>	0,5
12	PCDD/F (Dioxin dan Furan)**	ng TEQ/Nm <sup>3</sup>	0,1

Catatan :

- kadar maksimum baku mutu diatas dikoreksi terhadap 7% Oksigen (O<sub>2</sub>) pada kondisi 25°C, 760 mmHg.

- Pengukuran emisi dilakukan pada kondisi kering.

- Pengukuran kadar Karbon Dioksida (CO<sub>2</sub>) pada cerobong keluar.

(\*) Pengukuran diwajibkan menggunakan CEMS

(\*\*) PCDD/F diukur setiap 4 (empat) tahun sekali setelah beroperasinya unit fasilitas *Refuse Derived Fuel*.

Salinan sesuai dengan aslinya  
KEPALA BIRO HUKUM,

MENTERI LINGKUNGAN HIDUP DAN  
KEHUTANAN REPUBLIK INDONESIA,

Ttd.

Ttd.

KRISNA RYA

SITI NURBAYA

**PCDD/F diukur (dipantau) setiap empat tahun  
sekali setelah fasilitas mulai beroperasi**

Kegiatannya (Permen KLHK no 19 tahun 2017)

No	Parameter	Satuan	Nilai Baku Mutu Emisi
1	Partikulat*	mg/Nm <sup>3</sup>	60
2	Sulfur Dioksida (SO <sub>2</sub> )*	mg/Nm <sup>3</sup>	650
3	Nitrogen Oksida (NO <sub>x</sub> )*	mg/Nm <sup>3</sup>	800
4	Hidrogen Fluorida (HF)*	mg/Nm <sup>3</sup>	2
5	Hidrogen Klorida (HCl)*	mg/Nm <sup>3</sup>	20
6	Karbon Monoksida (CO)*	mg/Nm <sup>3</sup>	625
7	Cadmium (Cd)	mg/Nm <sup>3</sup>	0,2
8	Merkuri (Hg)	mg/Nm <sup>3</sup>	0,2
9	Lead (Pb)	mg/Nm <sup>3</sup>	5
10	Arsenik (As)	mg/Nm <sup>3</sup>	1
11	Nikel (Ni)	mg/Nm <sup>3</sup>	0,5
12	PCDD/F (Dioxin dan Furan)**	ng TEQ/Nm <sup>3</sup>	0,1

Air emission standard for Cement Plant that use RDF as their fuel for their activities (Min. of Environment and Forestry No. 19 year 2017)

PCDD/F (Dioxin and Furan)\*\*

Catatan:

- Kadar maksimum baku mutu diatas dikoreksi terhadap 7% Oksigen (O<sub>2</sub>) pada kondisi 25°C, 760 mmHg.
- Pengukuran emisi dilakukan pada kondisi kering.
- Pengukuran kadar Karbon Dioksida (CO<sub>2</sub>) pada cerobong keluar.

(\*) Pengukuran diwajibkan menggunakan CEMS

(\*\*) PCDD/F diukur setiap 4 (empat) tahun sekali setelah beroperasinya unit fasilitas *Refuse Derived Fuel*. \*\*PCDD/F measured/monitored EVERY 4 (FOUR) YEARS after the RDF plant in operation

**Baku mutu emisi untuk tanur semen yang menggunakan RDF dari sampah domestik untuk *co-processing* sebagaimana diatur dalam Peraturan Menteri Lingkungan Hidup dan Kehutanan Nomor 19 tahun 2017**

# Referensi

1. Ishigaki, T., Current situation on production of SRF and RDF produced in Japan, in The JGSEE-CEE Knowledge Sharing Seminar on RDF Production, Utilisation and Standardisation. 2017: Bangkok.
2. KLHK, Skenario Pengendalian Emisi Gas Rumah Kaca dari Sektor Sampah dan Nilai Ekonomi Karbon (NEK). 2020, Ministry of Environment and Forestry, Directorate of Solid Waste, Hazardous Substances and Hazardous Wastes (DitJen PSLB3, KLHK): Jakarta.
3. Jambeck, J.R., et al., Plastic waste inputs from land into the ocean. *Science Magazine*, 2015. 347(6223): p. 768-771.
4. Meijer, L.J.J., et al., More than 1000 rivers account for 80% of global riverine plastic emissions into the ocean. *Sci Adv*, 2021. 7(18).
5. Cordova, M.R., et al., Naskah Akademik: Inisiasi Data Sampah Laut Indonesia Untuk Melengkapi Rencana Aksi Nasional Penanganan Sampah Laut Sesuai Peraturan Presiden RI No.83 Tahun 2018. 2019.
6. WorldBank, Indonesia - Marine Debris Hotspots. Rapid Assessment - Synthesis Report. 2018, World Bank - Kemenko Bidang Kemaritiman - Embassy of Denmark - Royal Norwegian Embassy: Jakarta.
7. Danone, A. and SWI, Indonesia: Waste flow, value chain and recycling rate analysis 2018. 2018, Danone - Aqua - SWI - KLHK: Jakarta.
8. Shuker, I.G. and C.A. Cadman, Indonesia Marine Debris Hotspot. TF0B0885-CFI-CF Indonesia, TF0A8455-ID Strengthen Resilience of Coastal and Marine Resources, TF0B1560-4.3-ID-Inputs into the Systematic Country Diagnostic (SCD) and Country, TF0A6994-Support for Indonesia's Oceans Agenda. Vol. 126686. 2018, Washington, D.C: World Bank Group.
9. KLHK, National Plastic Waste Reduction Strategic Actions for Indonesia. 2020.
10. WEF, Radically Reducing Plastic Pollution in Indonesia: A Multistakeholder Action Plan National Plastic Action Partnership. 2020, World Economic Forum - Geneva: Geneva.
11. Ismawati, Y., N. Proboetno, and M.A. Septiono, Plastic Waste Management and Burden in Indonesia. 2022, AZWI - Arnika - IPEN - Nexus3 Foundation: Jakarta.
12. PUPR, Petunjuk Teknis TPS 3R. 2017, Kementerian Pekerjaan Umum dan Perumahan Rakyat (PUPR): Jakarta.
13. Bappenas, D. Embassy, and UNDP, The Economic, Social, and Environmental Benefits of a Circular Economy in Indonesia. 2021, Jakarta: Bappenas. 205pp.
14. BPOM, Pedoman Dan Kriteria. Plastik Berbahan Polyethylene Terephthalate (PET) Daur Ulang yang Aman untuk Kemasan Pangan. 2019, Jakarta: Direktorat Standardisasi Pangan Olahan Deputi Bidang Pengawasan Pangan Olahan Badan POM RI.
15. Purba, W.S., P.A. Safitri, and R. Andiarti, Statistik Lingkungan Hidup Indonesia 2017. Vol. 04320.1701. 2017, Jakarta: Badan Pusat Statistik/BPS – Statistics Indonesia. xxii+270 pages.
16. Syakti, A.D., et al., Beach macro-litter monitoring and floating microplastic in a coastal area of Indonesia. *Marine Pollution Bulletin*, 2017. 122(1): p. 217-225.
17. Cordova, M.R., T.A. Hadi, and B. Prayudha, Occurrence and abundance of microplastics in coral reef sediment: a case study in Sekotong, Lombok-Indonesia. *AES Bioflux*, 2018. 10(1): p. 23-29.
18. Alam, F.C., et al., Microplastic distribution in surface water and sediment river around slum and industrial area (case study: Ciwalengke River, Majalaya district, Indonesia). *Chemosphere*, 2019. 224: p. 637-645.
19. Cordova, M.R., A.I.S. Purwiyanto, and Y. Suteja, Abundance and characteristics of microplastics in the northern coastal waters of Surabaya, Indonesia. *Mar Pollut Bull*, 2019. 142: p. 183-188.
20. Purba, N.P., et al., Marine debris in Indonesia: A review of research and status. *Marine Pollution Bulletin*, 2019. 146: p. 134-144.
21. Tahir, A., et al., Studies on microplastic contamination in seagrass beds at Spermonde Archipelago of Makassar Strait, Indonesia. *Journal of Physics: Conference Series*, 2019. 1341(2): p. 022008.

22. Sari, G.L., et al., Microplastics Contamination in the Aquatic Environment of Indonesia: A Comprehensive Review. *Journal of Ecological Engineering*, 2021. 22(10): p. 127-140.
23. Purwiyanto, A.I.S., et al., The deposition of atmospheric microplastics in Jakarta-Indonesia: The coastal urban area. *Marine Pollution Bulletin*, 2022. 174: p. 113195.
24. Adhiguna, P., Indonesia's Biomass Cofiring Bet. 2021, Institute for Energy Economics and Financial Analysis: Jakarta.
25. ESDM, Kebijakan dan Strategi Pengembangan Biomassa untuk Energi Berkelanjutan. 2020, Kementerian ESDM: Jakarta.
26. Widowati, L., et al., Pedoman Spesifikasi Teknis Refuse Derived Fuel (RDF) sebagai Alternatif Bahan Bakar di Industri Semen. 2017, Kementerian Perindustrian - Asosiasi Semen Indonesia: Jakarta.
27. Mersmann, M. What is limiting the utilization of Alternative Fuel (TSR)? LinkedIn 2019; Available from: <https://www.linkedin.com/pulse/what-limiting-utilization-alternative-fuel-tsr-matthias-mersmann/>.
28. Çankaya, S., Investigating the environmental impacts of alternative fuel usage in cement production: a life cycle approach. *Environment, Development and Sustainability*, 2020. 22(8): p. 7495-7514.
29. Sarc, R., et al., Design, quality and quality assurance of solid recovered fuels for the substitution of fossil feedstock in the cement industry – Update 2019. *Waste Management & Research*, 2019. 37(9): p. 885-897.
30. Chatziaras, N., C.S. Psomopoulos, and N.J. Themelis, Use of waste derived fuels in cement industry: a review. *Management of Environmental Quality: An International Journal*, 2016. 27(2): p. 178-193.
31. Karstensen, K.H., Formation, release and control of dioxins in cement kilns. *Chemosphere*, 2008. 70(4): p. 543-60.
32. Genon, G. and E. Brizio, Perspectives and limits for cement kilns as a destination for RDF. *Waste Management*, 2008. 28(11): p. 2375-2385.
33. Paramita, W., D.M. Hartono, and T.E.B. Soesilo, Sustainability of Refuse Derived Fuel Potential from Municipal Solid Waste for Cement's Alternative Fuel in Indonesia (A Case at Jeruklegi Landfill, in Cilacap). *IOP Conference Series: Earth and Environmental Science*, 2018. 159: p. 012027.
34. Bastian, F., I.G. Alma, and A. Pramandira, Laporan Assessment - Proses Pengelolaan Sampah Terpadu Refused-Derived Fuel (RDF) Kabupaten Cilacap. 2021. p. 19 pp.
35. SBI, MSW to RDF Initiative - RDF Cilacap. 2019.
36. BPS, L.B., Indikator Kesejahteraan Rakyat Kabupaten Lombok Barat 2021. 2021, BPS Kabupaten Lombok Barat: Mataram.
37. Novita, D.M. and E. Damanhuri, Perhitungan Nilai Kalor Berdasarkan Komposisi Dan Karakteristik Sampah Perkotaan Di Indonesia Dalam Konsep Waste To Energy. *Jurnal Teknik Lingkungan*, 2010. 16(2).
38. Covington, C. and J. Chan. War on waste: a new strategy to implement Australia's waste export ban. 2020; Available from: <https://www.corrs.com.au/insights/war-on-waste-a-new-strategy-to-implement-australias-waste-export-ban#>.
39. Pickin, J. and S. Donovan, Exports of Australian waste-derived products and wastes in February 2020. 2020, Blue Environment.
40. Galaiduk, R., et al., Transnational Plastics: An Australian Case for Global Action. *Frontiers in Environmental Science*, 2020. 8.
41. Schnurr, R.E. and T.R. Walker, Should Canada's foreign aid policy help address the environmental impact of single-use plastics? *Proceedings of the Nova Scotian Institute of Science (NSIS)*, 2019. 50(1): p. 35.