



Perbandingan Regulasi Pengelolaan Limbah Pembangkit Listrik Tenaga Surya di Indonesia, Eropa, dan Amerika

Aslihatin Zuliana¹, Irwan Triadi²

^{1,2} Fakultas Hukum, Universitas Pembangunan Nasional Veteran Jakarta

Email: 2310622043@mahasiswa.upnvj.ac.id irwantradi1@yahoo.com

Abstract. *The development of Solar Photovoltaic Power Plants (SPPVs) as Renewable Energy in Indonesia is increasingly growing. However, SPPVs have a relatively short lifespan, necessitating the proper management of their waste, particularly solar panels. This research aims are, firstly, to analyse the regulations governing the parties responsible for managing waste from SPPVs that have reached the end of their lifespan. And, secondly, to compare waste management regulations for solar panels implemented in Europe and America as best practices for handling end-of-life SPPV waste. This research employs a normative juridical and comparative-descriptive research method, comparing regulations and implementation of SPPV waste management in Indonesia and other countries. The Finding of this research are in line with Law No. 32 of 2009 on Environmental Protection and Management and Government Regulation No. 22 of 2021, which states that any person or business entity generating waste is obligated to handle and restore it, in practice, the Power Purchase Agreement stipulates that waste management of SPPVs is the responsibility of the winning Project Company (in this case, the Consortium). And, in Europe and several US states have issued regulations for managing waste from end-of-life SPPVs. These regulations require solar panel manufacturers to have a recycling program for their own products after their end-of-life. However, managing end-of-life solar panel waste is a complex issue that requires cooperation from various stakeholders, including the government, project companies, and solar panel manufacturers. Adopting waste management policies from Europe and America is recommended to ensure that SPPV waste management is conducted responsibly and environmentally friendly.*

Keywords: *Recycling, Solar Panels Waste, Manufacturer*

Abstrak. Penelitian ini dilatarbelakangi oleh semakin berkembangnya Pembangunan Pembangkit Listrik Tenaga Surya (PLTS) yang merupakan Energi Baru Terbarukan di Indonesia, PLTS memiliki umur pakai yang cukup singkat sehingga perlu dipikirkan penanganan limbahnya khususnya solar panel. Tujuan penelitian ini adalah, pertama, untuk menganalisis regulasi yang mengatur terkait pihak yang bertanggung jawab atas pengelolaan limbah solar panel dari Pembangkit Listrik Tenaga Surya (PLTS) yang telah habis umur pakainya. Kedua, yakni membandingkan regulasi pengelolaan limbah panel surya yang diterapkan di Eropa dan Amerika sebagai *best practice* penanganan limbah PLTS yang telah habis umur pakainya. Penelitian ini merupakan metode penelitian yuridis normatif dan juga komparatif-deskriptif yakni membandingkan antara peraturan dan pelaksanaan pengelolaan limbah PLTS di Indonesia dan di negara lain. Hasil penelitian ini adalah: (1) Sejalan dengan Undang-Undang Nomor 32 Tahun 2009 tentang Perlindungan dan Pengelolaan Lingkungan Hidup dan Peraturan Pemerintah Nomor 22 Tahun 2021 bahwa setiap orang ataupun badan usaha yang menghasilkan limbah wajib melakukan penanggulangan dan pemulihan kembali, pada prakteknya dalam Perjanjian Jual Beli Tenaga Listrik pengelolaan limbah PLTS merupakan tanggung jawab Perusahaan Proyek (dalam hal ini Konsorsium) Pemenang lelang. (2) Eropa dan beberapa negara bagian Amerika telah menerbitkan Peraturan pengelolaan limbah solar panel dari PLTS yang telah habis umur pakainya, regulasi tersebut mewajibkan produsen yang menjual solar panel harus memiliki program daur ulang untuk produk mereka sendiri setelah akhir *life timenya*. Pengelolaan limbah panel surya PLTS yang sudah habis masa pakainya merupakan isu kompleks yang membutuhkan kerjasama dari berbagai pihak termasuk pemerintah, perusahaan proyek, dan produsen panel surya. Adopsi kebijakan penanganan limbah panel surya dari Eropa dan Amerika menjadi rekomendasi untuk memastikan pengelolaan limbah PLTS dilakukan secara bertanggung jawab dan ramah lingkungan.

Kata Kunci: Daur Ulang, Limbah Solar Panel, Produsen

LATAR BELAKANG

Upaya perlindungan dan pengelolaan lingkungan hidup yang sungguh-sungguh dan konsisten oleh semua pemangku kepentingan merupakan langkah untuk memastikan

Received April 30, 2024; Accepted Mei 15, 2024; Published Juni 30, 2024

* Aslihatin Zuliana: 2310622043@mahasiswa.upnvj.ac.id

kualitas lingkungan hidup dan sumber daya alam yang berfungsi untuk menopang kehidupan warga harus berada dalam kondisi baik.¹ Saat ini pembangunan Energi Baru Terbarukan (EBT) dipandang sebagai solusi dari dampak buruk produksi listrik berbahan bakar fosil. Pemerintah optimis target bauran energi nasional dari EBT sebesar 23% pada tahun 2025 dapat tercapai.² Berdasarkan penyampaian Menteri Energi dan Sumber Daya Mineral, rencana pengembangan Pembangkit Listrik Tenaga Surya (PLTS) Atap pada tahun 2025 dengan target sebesar 3,61 GW, PLTS Terapung 26,65 GW serta PLTS Skala Besar sampai 2030 mencapai 4,6 GW.³ Langkah selanjutnya kementerian ESDM menetapkan Rencana Umum Pembangunan Tenaga Listrik (RUPTL) PT PLN (Persero) tahun 2021 – 2030 yang merupakan *Green* RUPTL dengan penambahan Kapasitas EBT 20,9 GW (51,6%). RUPTL ini membuka peran perusahaan listrik swasta (Independent power Producer) atau IPP lebih besar dalam pengembangan pembangkit berbasis EBT.⁴

Berdasarkan studi yang dilakukan dalam program kemitraan antara Pemerintah Indonesia dan Pemerintah Inggris diasumsikan bahwa umur rata-rata panel surya pada PLTS sekitar 20 tahun sedangkan baterai pada umumnya dapat bertahan hingga lima tahun untuk baterai berbasis lead-acid dan 8—10 tahun untuk baterai berbasis litium,⁵ Setelah itu material PLTS khususnya panel surya akan menjadi limbah. PLTS menghasilkan setidaknya 2 jenis limbah, yakni baterai yang termasuk limbah bahan berbahaya dan beracun (B3) dan panel surya. Pengelolaan baterai sebagai limbah B3 sudah cukup jelas pengaturannya mengikuti protokol pengelolaan limbah B3 pada Peraturan Pemerintah nomor 22 Tahun 2021 tentang Penyelenggaraan Perlindungan dan Pengelolaan Lingkungan Hidup.

Pada PLTS komponen terbesar yang berkontribusi pada operasional sistem PLTS adalah panel surya, limbahnya terdiri atas material yang mayoritas aman untuk didaur ulang, akan tetapi terdapat pula material logam berat dan lain-lain unsur material B3 yang masih berada di dalam perangkat dalam jumlah yang relative rendah, sehingga

¹ Penjelasan PP 22 tahun 2021

² Kementerian ESDM. 2021. Pemerintah Optimis EBT 23% Tahun 2025 Tercapai, Direktorat Jeneral Ketenagalistrikan, <https://www.esdm.go.id/id/berita-unit/direktorat-jenderal-ketenagalistrikan/pemerintah-optimistis-ebt-23-tahun-2025-tercapai>

³ Agung Pribadi, Kementrian ESDM, 2021. Siaran Pers: Perlu Upaya Konkrit dan Terencana Capai Target Bauran 23% di tahun 2025..
<https://ebtke.esdm.go.id/post/2021/12/15/3038/menteri.esdm.perlu.upaya.konkrit.dan.terencana.capai.target.bauran.23.di.tahun.2025?lang=id#:~:text=%22Rencana%20pengembangan%20PLTS%20terdiri%20dari,68%20GW%2C%22%20tambah%20Arifin.>

⁴ Ibid

⁵ Mentari. 2024. Kajian Biaya Pengelolaan Limbah PLTS dan Baterai. Kemitraan Pemerintah Indonesia dan Pemerintah Inggris.

dikategorikan sebagai limbah spesifik khusus.⁶ Limbah spesifik khusus adalah limbah dengan kandungan B3 dalam jumlah yang relatif kecil (baik dari segi volume maupun bobot),⁷ hal tersebut mengingat komponen utama panel surya meliputi kaca pelindung (76%), lembar insulasi (back sheet) termasuk polimer (10%), kerangka alumunium (8%), dan kotak junction. Adapun komponen lain yang berpotensi membahayakan lingkungan berupa silikon (Si) sebanyak 5%, perak (Ag) 0,06%, timbal (Pb) 0,05%, dan timah (Sn) sebanyak 0,05%.⁸ Timah dan timbal jika larut ke dalam tanah dan air tanah menyebabkan masalah kesehatan dan lingkungan.⁹ Sehingga panel surya memerlukan perhatian pada penanganan pengelolaan limbahnya sesuai prosedur penanganan limbah B3.

Terkait dengan siapakah pihak yang bertanggung jawab atas pengelolaan limbah, di dalam peraturan Peraturan Pemerintah Nomor 22 Tahun 2021 tentang Penyelenggaraan Perlindungan dan Pengelolaan Lingkungan Hidup, tanggung jawab pengelolaan limbah berada pada setiap orang yang menghasilkan limbah tersebut, dibunyikan pada Pasal 274 Ayat (1) Setiap Orang yang menghasilkan Limbah wajib melakukan pengelolaan Limbah yang dihasilkannya. Demikian juga dalam Undang-Undang Nomor 32 Tahun 2009 tentang Perlindungan dan Pengelolaan Lingkungan Hidup pada Pasal 59 Ayat (1) Setiap orang yang menghasilkan limbah B3 wajib melakukan pengelolaan limbah B3 yang dihasilkannya. Frasa "Setiap orang" yang digunakan pada kedua peraturan di atas diartikan orang perseorangan atau badan usaha, baik yang berbadan hukum maupun yang tidak berbadan hukum, sepanjang pihak tersebut menghasilkan limbah yang mengandung unsur B3 maka berkewajiban mengelola limbah tersebut.

Di Indonesia pembangunan PLTS dilaksanakan oleh beberapa institusi, antara lain PLN, Pemerintah Daerah (PEMDA), dan Kementerian Energi Dan Sumber Daya Mineral (ESDM) melalui Direktorat Jenderal Energi Baru Terbarukan dan Konservasi Energi (Ditjen EBTKE)¹⁰. Dalam penelitian ini sebagai contoh implementasi pada kontrak pengadaan PLTS yang dilaksanakan oleh PLN, secara umum skema pengadaan yang diterapkan menggunakan mekanisme *Build Own Operate* (BOO) di mana PLN melakukan kerjasama jual beli tenaga listrik (PJBTL) dengan pihak pengembang listrik

⁶ Ibid, hlm. 6.

⁷ Ibid, hlm. 7.

⁸ Ibid

⁹ Bambang P. Jatmiko. Kompas.com.2023. Apakah PLTS Menghasilkan Limbah.<https://lestari.kompas.com/read/2023/07/07/190000586/apakah-plts-menghasilkan-limbah?page=all>.

¹⁰ NZMATES PMO.2021. PLTS Waste and Asset Management Plan Rencana Pengelolaan Limbah dan Aset PLTS. Revisi 1.

swasta atau Independent Power Producer (IPP). Sehingga perlu dicermati siapaakah nantinya yang akan bertanggung jawab melakukan pengelolaan limbah PLTS setelah habis masa pakainya. Kondisi tersebut perlu diantisipasi dan dipersiapkan untuk menghadapi ketika masa akhir penggunaan panel surya akan terjadi agar tidak menimbulkan perselisihan pada pengelolaan limbahnya. Perlu kiranya dilakukan juga perbandingan pengelolaan limbah PLTS di negara-negara yang telah lebih dahulu menggunakan PLTS sebagai salah satu sumber energi primernya.

Rumusan Masalah

Berdasarkan latar belakang di atas, selanjutnya dirumuskan permasalahan sebagai berikut :

- 1) Bagaimana pengelolaan limbah PLTS yang diatur dalam Peraturan Undang – Undang Nomor 32 tahun 2009 tentang Perlindungan dan Pengelolaan Lingkungan Hidup.
- 2) Bagaimana regulasi pengelolaan Limbah PLTS di Eropa dan Amerika sebagai perbandingan *best practice* dari negara yang telah lebih awal menggunakan teknologi PLTS.

Tujuan Penelitian

Penelitian ini bertujuan untuk:

- 1) Untuk mengkaji bagaimana regulasi pengelolaan limbah PLTS yang diatur dalam Peraturan Undang – Undang Nomor 32 tahun 2009 tentang Perlindungan dan Pengelolaan Lingkungan Hidup.
- 2) Untuk mendapatkan referensi peraturan pengelolaan limbah PLTS di Eropa dan Amerika sebagai perbandingan *best practice* dari negara yang telah lebih awal menggunakan teknologi PLTS dikaitkan dengan konsep ekonomi sirkular.

HASIL DAN PEMBAHASAN

1. Regulasi Penanganan Limbah PLTS Berdasarkan Peraturan Perundang-Undangan di Indonesia

Sebagian besar instalasi PLTS yang telah dioperasikan sejak tahun 2010 diprediksi akan segera mendekati masa akhir pakainya.¹¹ Limbah PLTS yang berupa panel surya dikategorikan sebagai limbah spesifik khusus¹², hal ini mengacu pada

¹¹ Mentari. 2024. Kajian Biaya Pengelolaan Limbah PLTS dan Baterai. Kemitraan Pemerintah Indonesia dan Pemerintah Inggris. Hlm. 2.

¹² Ibid, Hlm. 7.

Peraturan Pemerintah Nomor 22 Tahun 2021 tentang Penyelenggaraan Perlindungan dan Pengelolaan Lingkungan Hidup pada bagian penjelasan dari Pasal 276 Ayat (4) Huruf b "Yang dimaksud dengan "Limbah B3 dari sumber spesifik khusus" adalah Limbah B3 yang memiliki efek tunda (*delayed effect*), berdampak tidak langsung terhadap manusia dan lingkungan hidup, memiliki karakteristik beracun tidak akut, dan dihasilkan dalam jumlah yang besar per satuan waktu."

Jumlah potensi limbah PLTS di Indonesia menurut pengolahan data dari Mentari diperkirakan mencapai 519 metrik ton sebelum tahun 2050, angka ini diperoleh dengan pertimbangan beberapa asumsi yakni berdasarkan Rencana Usaha Penyediaan Tenaga Listrik (RUPTL) 2021-2030 estimasi kapasitas PLTS terpasang di seluruh Indonesia sebesar 4,55 GW hingga 2030 dan PLTS Atap skala komersial dan Industri mencapai 11,5 GW dengan usia panel surya diperkirakan mencapai 20 tahun.¹³ Berdasarkan dokumen panduan pengelolaan limbah PLTS Kementerian Energi dan sumber daya Mineral, pada Panel surya sumber pencemar B3 berasal dari logam berat timbal, tembaga, seng, dan timah, saat ini kode limbah B3 khusus panel surya belum terdaftar dan belum teridentifikasi di Kementerian LHK.¹⁴

Di dalam Undang-Undang Nomor 32 Tahun 2009 tentang Perlindungan dan Pengelolana Lingkungan Hidup yang selanjutnya disebut UU LHK telah menetapkan aturan yang relevan dengan pengelolaan limbah PLTS antara lain:

a. Penanggung jawab Pengelolaan Limbah

Siapakah pihak yang berkewajiban mengelola limbah yang dihasilkan dari usaha PLTS merujuk pada pasal 59 Ayat (1) Setiap orang yang menghasilkan limbah B3 wajib melakukan pengelolaan limbah B3 yang dihasilkannya. Serta pada Ayat (3) Dalam hal setiap orang tidak mampu melakukan sendiri pengelolaan limbah B3, pengelolaannya diserahkan kepada pihak lain.

Setiap orang dimaksud adalah orang perseorangan atau badan usaha, baik yang berbadan hukum maupun yang tidak berbadan hukum.

Agar dapat mendefinisikan siapakah yang dimaksud dengan pihak yang menghasilkan limbah B3 dalam pembangunan PLTS perlu ditinjau mekanisme pembangunan PLTS yang diterapkan di Indonesia. Sebagai gambaran untuk target pembangunan PLTS yang ditugaskan oleh Kementerian Energi dan Sumber Daya

¹³ Ibid, Hlm. 11.

¹⁴ Ibid, Hlm 8.

Mineral kepada PLN berdasarkan RUPTL, dengan mekanisme Jual Beli Tenaga Listrik oleh PLN yang diikat dalam suatu Perjanjian dari Pengembang Pembangkit Listrik (PPL) atau *Independent Power Producer* (IPP) selaku penjual kepada PLN selaku pembeli.¹⁵ PPL harus memenuhi kualifikasi antara lain berupa perusahaan lokal maupun asing yang berbentuk 1 (satu) badan hukum atau gabungan badan hukum.¹⁶ Berdasarkan kriteria di atas bahwa PLN adalah pihak pembeli tenaga Listrik, sedangkan PPL adalah pihak yang menyediakan tenaga listrik yang diproduksi dari PLTS. Sehingga tanggung jawab pengelolaan limbah yang dihasilkan dari PLTS kembali kepada pihak PPL yang membangun PLTS tersebut.

Tanggung jawab lingkungan yang menjadi tugas PPL juga telah dituangkan di dalam PJBTL, ” *The Mandatory partner will procure the land for each site. Such land shall be cleared and cleaned of any waste from photovoltaic panels and batteries by the Project Company immediately after expiry of PPA (Including early termination) subject to any extension of time.* ” jika diterjemahkan ke dalam Bahasa Indonesia sebagai berikut:

Mitra wajib akan melakukan pengadaan tanah untuk setiap lokasi. Lahan tersebut harus dikosongkan dan dibersihkan dari limbah fotovoltaiik dan baterai oleh Perusahaan Proyek segera setelah berakhirnya jangka waktu PJBTL (termasuk pengakhiran lebih awal PJBTL), kecuali terjadi perpanjangan waktu PJBTL.

Perusahaan Proyek yang dimaksud dalam klausul di atas adalah PPL, tidak diatur lebih lanjut siapa yang bertanggung jawab mengelola Limbah dalam Perusahaan Proyek atau PPL tersebut, dapat diasumsikan merupakan tanggung jawab bersama perusahaan yang tergabung dalam PPL atau menjadi tanggung jawab salah satu pihak berdasarkan perjanjian internal PPL.

Pihak yang berkewajiban melakukan pengolahan limbah B3 juga diatur melalui Peraturan Presiden Nomor 22 tahun 2021 Pasal 342 yakni pada Ayat (1) Pengolahan Limbah B3 wajib dilaksanakan oleh setiap orang yang menghasilkan Limbah B3, Ayat (2) Dalam hal setiap orang sebagaimana dimaksud pada ayat (1) tidak mampu melakukan sendiri, pengolahan limbah B3 diserahkan kepada Pengolah Limbah B3.

b. Kewajiban pengelolaan limbah dan Sanksi apabila terjadi pelanggaran

UU LHK menegaskan pada Pasal 53 bahwa ketika terjadi pencemaran lingkungan maka pihak yang melakukan pencemaran dan/atau perusakan lingkungan

¹⁵ Peraturan Direksi PT PLN (Persero), 0062.P/DIR/2020. Pembelian Tenaga Listrik dari Pembangkit Energi Baru Terbarukan.

¹⁶ Ibid

hidup wajib melakukan penanggulangan pencemaran dan/atau perusakan lingkungan hidup, demikian juga untuk pemulihan fungsi lingkungan hidup sebagaimana diatur pada Pasal 54. Dalam hal pihak yang berkewajiban melakukan pengelolaan dan atau pemulihan fungsi lingkungan hidup tidak mampu melakukan sendiri pengelolaan limbah B3, maka pengelolaannya diserahkan kepada pihak lain, hal ini ditegaskan dalam Pasal 59 Ayat (3) UU LHK. Tentu saja pihak lain dimaksud adalah pihak yang berkompeten menangani pengelolaan limbah B3.

Berdasarkan pasal 59 Ayat (3) telah banyak dilakukan kajian antara lain oleh Pemerintah Indonesia dan Pemerintah Inggris yang membentuk program kemitraan yang diberi nama Mentari (2024) di mana pengelolaan limbah PLTS dilakukan dalam pengawasan kementerian Lingkungan Hidup yang secara teknis dilaksanakan oleh Penyidik Pegawai Negeri Sipil Lingkungan Hidup (PPNS-LH) yang berada di Dinas Lingkungan Hidup tingkat kabupaten/kota dan /atau provinsi.¹⁷ Secara teknis pengelolaan limbah PLTS dilakukan oleh pemilik/pengelola PLTS yang dituangkan dalam Rencana Pemantauan Lingkungan (RPL) dan Rencana Pengelolaan Lingkungan (RPL), pelaksanaan pengelolaan limbah dapat didelegasikan kepada unit yang diberikan tugas/wewenang sebagai pengelola limbah B3 dalam hal ini adalah perusahaan pengelola limbah B3.¹⁸

Kajian terkait pengelolaan limbah PLTS juga dilakukan oleh kerjasama New Zealand dan Direktorat Jenderal Energi Baru Terbarukan dan Konservasi Energi (Ditjen EBTKE) dalam program New Zealand – Maluku Access to Renewable Energy Support (NZMATES) tahun 2021. Dalam kajiannya secara umum penanganan limbah PLTS dilakukan prosedur pemisahan antara komponen yang mengandung unsur B3 dengan bahan atau material limbah non B3, dalam hal panel surya telah dikumpulkan lalu dilakukan pemisahan terhadap komponen yang masih dapat dimanfaatkan untuk peningkatan ekonomi dicontohkan material PVC, selanjutnya sisa material yang tidak dipakai akan diolah atau didaur ulang, ditimbun atau dimusnahkan pada lokasi pembuangan akhir.¹⁹ Untuk penanganan limbah B3 diserahkan kepada perusahaan

¹⁷ Mentari. 2024. Kajian Biaya Pengelolaan Limbah PLTS dan Baterai. Kemitraan Pemerintah Indonesia dan Pemerintah Inggris. Hlm. 72.

¹⁸ Ibid. Hlm. 76.

¹⁹ NZMATES PMO.2021. PLTS Waste and Asset Management Plan Rencana Pengelolaan Limbah dan Aset PLTS. Revisi 1, Hlm. 36.

pengolah limbah B3, yakni perusahaan yang mempunyai perizinan yang diterbitkan oleh Kementerian KLHK bidang pengelolaan limbah.²⁰

Fungsi pengawasan lingkungan hidup dilakukan oleh Menteri, Gubernur, atau Bupati/walikota sesuai dengan kewenangannya. Apabila terjadi pelanggaran atas ketentuan yang diatur dalam UU LHK pasal 76 atas pelanggaran terhadap izin lingkungan diberikan sanksi administratif berupa teguran tertulis, paksaan pemerintah, pembekuan izin lingkungan, atau pencabutan izin lingkungan, sebagai catatan pada pasal 78 disebutkan bahwa Sanksi administratif sebagaimana dimaksud dalam Pasal 76 tidak membebaskan penanggung jawab usaha dan/atau kegiatan dari tanggung jawab pemulihan dan pidana. Ketentuan terkait pidana diatur dalam Bab XV Ketentuan Pidana.

c. Upaya mendorong kegiatan positif tumbuhnya pelestarian fungsi Lingkungan Hidup

Pemerintah Republik Indonesia mendorong pelestarian fungsi lingkungan hidup dengan mengembangkan dan menerapkan instrumen ekonomi lingkungan hidup. Pada UU LHK Pasal 42 Ayat (2) dijabarkan instrumen ekonomi lingkungan hidup meliputi: a. Perencanaan pembangunan dan kegiatan ekonomi; b. pendanaan lingkungan hidup; dan c. insentif dan/atau disinsentif. Yang menarik pada Pasal 43 Ayat (3) huruf a. Pengadaan barang dan jasa yang ramah lingkungan hidup merupakan bagian dari bentuk penerapan intensif dan/atau disintensif. Di dalam penjelasan UU LHK, insentif merupakan upaya memberikan dorongan atau daya tarik secara moneter dan/atau nonmoneter kepada setiap orang ataupun Pemerintah dan pemerintah daerah agar melakukan kegiatan yang berdampak positif pada cadangan sumber daya alam dan kualitas fungsi lingkungan hidup. Sedangkan disinsentif merupakan pengenaan beban atau ancaman secara moneter dan/atau nonmoneter kepada setiap orang ataupun Pemerintah dan pemerintah daerah agar mengurangi kegiatan yang berdampak negatif pada cadangan sumber daya alam dan kualitas fungsi lingkungan hidup.

Implementasi pemberian insentif/disinsentif pada kegiatan pengadaan pembangkit PLTS ini masih perlu dikaji lebih lanjut, sebagaimana rekomendasi dari Menteri agar terjadi percepatan adaptasi energi baru dan terbarukan pemerintah perlu menegmabngkan kebijakan insentif/disinsentif fiskal menurut skema *deposit environmental fund* yang diintegrasikan dengan kebijakan fiskal pada produksi energi kotor (berbahan bakar fosil).²¹

²⁰ Ibid, Hlm. 37

²¹ Mentari. 2024. Kajian Biaya Pengelolaan Limbah PLTS dan Baterai. Kemitraan Pemerintah Indonesia dan Pemerintah Inggris. Hlm. 99.

2. Regulasi Penanganan Limbah PLTS di Eropa dan Amerika Sebagai Perbandingan *Best Practice*

Berdasarkan studi yang dilakukan oleh *International Renewable Energy Agency* (IRENA), total sampah elektronik di dunia mencapai 41,8 juta metrik ton di tahun 2014, pada tahun yang sama limbah PLTS yang berupa solar panel jumlahnya masih di bawah total sampah elektronik sekitar 40 ribu metrik ton. Namun diperkirakan sampai dengan tahun 2050 pertambahan jumlah limbah solar panel bisa melebihi 10% pertahunnya.²² Negara-negara yang telah terlebih dulu menggunakan PLTS dengan kapasitas yang besar antara lain China, Amerika, Jepang, India dan German mewakili negara Eropa. Berikut akan digali bagaimana regulasi penanganan limbah PLTS yang diterapkan di Eropa dan Amerika sebagai perbandingan atas rencana pengelolaan limbah panel surya di Indonesia.

a. *Extended Producer Responsibility* (EPR), Kebijakan Lingkungan Uni Eropa

Uni Eropa merupakan yang pertama-tama menerapkan regulasi terkait pengelolaan khusus limbah panel surya di saat negara – negara lain menggolongkan panel surya sebagai limbah umum.²³ Regulasi tersebut bernama *Extended Producer Responsibility* (EPR) yakni kebijakan legislatif negara-negara Eropa sebagai pendekatan kebijakan lingkungan yang membuat produsen bertanggung jawab atas seluruh siklus hidup produk mereka, termasuk desain, pengambilan kembali, daur ulang, dan pembuangan akhir.²⁴ Di dalam EPR diterapkan pendekatan kebijakan di mana produsen diberi tanggung jawab finansial dan hukum untuk mengoordinasikan pengelolaan limbah di akhir masa pakainya. Biasanya, pemenuhan kewajiban ini melibatkan pelaksanaan skema pengambilan kembali untuk menangani pengumpulan, transportasi, perbaikan, pemugaran, pengelolaan, dan perawatan produk pasca-konsumen.

Pihak yang bertanggung jawab terhadap pengelolaan limbah PLTS yang dimaksud dalam EPR adalah Produsen, yakni setiap orang, kategori orang atau pemilik merek yang terlibat dalam produksi komersial, konversi, perbaikan atau impor produk, barang atau peralatan baru dan bekas.²⁵

²²Karsten Wambach. 2016. End of Life Management Solar Photovoltaic Panels. IRENA and IEA-PVPS. Hlm 11.

²³ Ibid, Hlm. 13.

²⁴ Source Intelligence. 2023. What are the EPR Directives in the EU. <https://blog.sourceintelligence.com/what-are-the-epr-directives-in-the-eu#:~:text=Extended%20Producer%20Responsibility%20in%20the%20EU&text=This%20process%20includes%20registering%20as,recovery%20at%20end%20of%20life.>

²⁵ Ibid

Peraturan EPR memberikan kerangka kerja untuk pengembangan, implementasi, pemantauan, dan evaluasi skema EPR oleh produsen sejalan dengan Pasal 18 *The National Environmental Waste Management Act* (NEWMA) yakni Undang-Undang Pengelolaan Limbah Lingkungan Nasional di Eropa.²⁶ Di dalam EPR setidaknya ada tiga (3) produk inti yang diatur pengelolaannya yakni:

- 1) *The EU Packaging and Packaging Waste Directive* atau Petunjuk Pengemasan dan Limbah kemasan,
- 2) *The EU Waste from Electrical and Electronic Equipment (WEEE) Directive* atau Petunjuk pengelolaan Limbah dari Peralatan Listrik dan Elektronik termasuk di dalamnya adalah panel surya, dan
- 3) *The EU Battery Directive* atau Petunjuk pengelolaan limbah baterai.²⁷

Mekanisme yang diterapkan yakni 80% dari limbah panel surya ditargetkan untuk digunakan kembali atau di daur ulang, Produsen panel surya bertanggung jawab atas pembuangan dan daur ulang modul yang mereka jual di Eropa. Produsen dan importir bekerjasama untuk mendanai pengumpulan panel surya yang sudah habis masa pakainya untuk proses daur ulang selanjutnya.²⁸

Kebijakan EPR dengan cepat diterapkan sebagai praktik standar di seluruh dunia, yang berdampak kepada produsen dimana mereka harus memenuhi persyaratan pelaporan tambahan serta tantangan baru, terutama bagi mereka yang beroperasi di banyak negara.²⁹

b. Kebijakan Daur Ulang Panel Surya di Beberapa Negara Bagian Amerika

Limbah panel surya di Amerika diperkirakan akan mencapai sekitar 2 juta metrik ton per tahun 2050. Setidaknya terdapat 4 (empat) negara bagian Amerika yakni Washington, New Jersey, California, dan North Carolina, yang telah memiliki atau menerapkan peraturan mengenai daur ulang panel surya.³⁰ Negara bagian kebanyakan

²⁶ Segensolar.2021. Championing sustainable Solar Power. <https://segensolar.co.za/epr-compliance/>

²⁷ Source Intelligence. 2023. What are the EPR Directive in the EU. Diakses dari <https://blog.sourceintelligence.com/what-are-the-epr-directives-in-the-eu#:~:text=Extended%20Producer%20Responsibility%20in%20the%20EU&text=This%20process%20includes%20registering%20as,reccovery%20at%20end%20of%20life.>

²⁸ Ben Mcwilliams. 2024. Smartet European Union IndustrialPolicy for Solar Panels. Diakses dari <https://www.bruegel.org/policy-brief/smarter-european-union-industrial-policy-solar-panels>

²⁹ Source Intelligence. 2023. What are the EPR Directive in the EU. Diakses dari <https://blog.sourceintelligence.com/what-are-the-epr-directives-in-the-eu#:~:text=Extended%20Producer%20Responsibility%20in%20the%20EU&text=This%20process%20includes%20registering%20as,reccovery%20at%20end%20of%20life.>

³⁰ Taylor L Curtis et.al. 2021. Solar Photovoltaic Module Recycling: A Survey of U.S. Policies and Initiatives. NREL, Hlm vii.

mengadopsi kebijakan *Extended Producer Responsibility* (EPR) yang berasal dari Eropa pada 1990-an, untuk mengatur pembuangan produk seperti cat, elektronik, dan farmasi.³¹

Berikut beberapa kebijakan yang diterapkan di negara-negara bagian Amerika:

1) Washington (*Washington State's PV Module Stewardship and Takeback Program*)

Washington (2017) menjadi negara bagian pertama yang meloloskan undang-undang pengelolaan solar panel (a solar stewardship bill/ESSB 5939). Dalam peraturan tersebut mewajibkan produsen yang menjual produk solar panel ke negara bagian Washington harus memiliki program daur ulang untuk solar panel produk mereka sendiri setelah habis masa pakainya.³²

Secara umum ESSB 5939 mendorong pembangunan lokal yang berkelanjutan melalui industri energi terbarukan dengan menerapkan modifikasi insentif pajak. Pada peraturan tersebut mendorong penciptaan Pengelolaan Modul panel surya dengan program takeback yakni mewajibkan produsen modul solar panel untuk membiayai dan melaksanakan rencana pengelolaan pengambilan kembali dan daur ulang atau penggunaan kembali solar panelnya tanpa membebankan biaya kepada pemilik PLTS. Pihak-pihak yang berkontribusi menyediakan panel surya seperti pabrikan, distributor, pengecer, atau pemasang hanya dapat menjual atau menawarkan modul panel surya di Washington setelah mengajukan dan memperoleh persetujuan untuk rencana pengelolaan limbah panel surya dari Departemen Ekologi Washington.³³ Setelah persetujuan awal atas rencana pengelolaan, pabrikan diwajibkan untuk mempublikasikan laporan tahunan terkait implementasi rencana pabrikan tahun sebelumnya, termasuk penilaian pencapaian sasaran kinerja rencana dan rekomendasi kepada Departemen Ekologi atau Badan Legislatif Negara Bagian Washington tentang potensi modifikasi meningkatkan efektivitas program daur ulang panel surya.³⁴

2) North Carolina

Majelis Umum North Carolina Pada tahun 2019 telah mengesahkan House Bill 329 untuk mempelajari dan mempertimbangkan penerapan peraturan terkait pengelolaan

³¹ Drew Hutchinson. 2023. States Weigh Making Industry Pay Millions For Solar Panel Waste. Diakses melalui <https://news.bloomberglaw.com/environment-and-energy/states-weigh-making-industry-pay-millions-for-solar-panel-waste>

³² Kelly Pickerel. 2018. It's Time to Plan for Solar Panel Recycling in the United States. Solar Power World, diakses melalui <https://www.solarpowerworldonline.com/2018/04/its-time-to-plan-for-solar-panel-recycling-in-the-united-states/>

³³ Taylor L Curtis et.al. 2021. Solar Photovoltaic Module Recycling: A Survey of U.S. Policies and Initiatives. NREL, Hlm 23.

³⁴ Ibid, Hlm 24.

modul solar panel yang telah habis masa pakainya pada proyek skala besar. Undang-undang tersebut menugaskan kepada Departemen *Environmental Quality* yang dibantu oleh beberapa Komisi Pengelolaan Lingkungan untuk mempelajari dan mempertimbangkan pengelolaan modul solar panel.³⁵ Beberapa kebijakan yang ditetapkan berlaku antara lain meminta pengembangan prosedur persiapan sampel untuk pengujian modul PV untuk karakterisasi limbah yang representatif dan akurat, menentukan pengujian untuk memfasilitasi kategori daur ulang limbah PLTS sebagai limbah universal, dan menemukan bahwa penetapan sistem biaya yang ditanggung oleh produsen untuk mendukung program pengelolaan dapat menciptakan disinsentif untuk daur ulang, terutama mengingat kurangnya fasilitas daur ulang yang dapat diakses.³⁶

3) New Jersey (New Jersey's Commission to Investigate Options for EoL PV Recycling)

Badan legislatif negara bagian New Jersey pada tahun 2019 telah mengesahkan RUU Senat 601, yang membentuk Komisi Daur Ulang Panel Surya New Jersey. Komisi ini bertugas menyelidiki opsi daur ulang dan metode pengelolaan solar panel yang telah habis masa pakainya dan struktur pembangkit PLTS lainnya. Komisi juga bertugas mengembangkan rekomendasi untuk tindakan legislatif, administratif, atau sektor swasta.

Komisi dapat menggunakan layanan pegawai negara bagian, kabupaten, atau kota mana pun untuk menyelidiki opsi daur ulang dan pengelolaan panel surya yang telah habis masa pakainya. Selain itu Komisi harus menyerahkan temuan penyelidikan dan rekomendasinya sebagai laporan akhir kepada Gubernur dan memuatnya di situs web Departemen Perlindungan Lingkungan selambat-lambatnya pada bulan Agustus 2021. RUU tersebut juga memberi wewenang kepada Departemen Perlindungan Lingkungan untuk mengadopsi peraturan dan regulasi mengenai daur ulang atau opsi pengelolaan modul solar panel yang telah habis masa pakainya berdasarkan laporan akhir Komisi.³⁷

4) California (California's Universal Waste Regulations)

³⁵ Taylor L Curtis et.al. 2021. Solar Photovoltaic Module Recycling: A Survey of U.S. Policies and Initiatives. NREL, Hlm 26.

³⁶ Policy Watch. 2021. PV module recycling policies in the United States. REGlobal. Diakses melalui <https://reglobal.org/pv-module-recycling-policies-in-the-united-states/#:~:text=On%20August%209%2C%202019%2C%20the,other%20solar%20energy%20generation%20structures.>

³⁷ Policy Watch. 2021. PV module recycling policies in the United States. REGlobal. Diakses melalui <https://reglobal.org/pv-module-recycling-policies-in-the-united-states/#:~:text=On%20August%209%2C%202019%2C%20the,other%20solar%20energy%20generation%20structures.>

Department of Toxic Substance Control (DTSC) di California telah memberlakukan peraturan R-2017-04 pada tahun 2020, yang memperbolehkan solar panel dikelola sesuai regulasi limbah umum di California. Regulasi tersebut mencakup persyaratan pemberitahuan, pelaporan, transportasi, penyimpanan, dan penanganan yang tidak seketat peraturan limbah berbahaya. Secara khusus, peraturan DTSC terkait limbah solar panel meliputi antara lain membatasi pengangkut sampah umum untuk mengangkut lebih dari 220 pon modul solar panel (yaitu, sekitar 5 modul solar panel) sekaligus kecuali modul tersebut dikemas sesuai dengan persyaratan peraturan untuk mencegah kebocoran, kerusakan, atau pelepasan apa pun bagian dari solar panel, memberikan batasan waktu penyimpanan limbah, melarang pengangkut limbah umum untuk mengangkut limbah panel surya, dan memisahkan pengolahan limbah panel surya dari limbah umum.³⁸

Berdasarkan regulasi Undang-Undang Nomor 32 Tahun 2009 tentang Perlindungan dan Pengelolaan Lingkungan Hidup dan Peraturan Presiden Nomor 22 tahun 2021 terkait pihak yang bertanggung jawab untuk melaksanakan pengelolaan limbah B3, dalam hal ini termasuk panel surya dari PLTS yang telah habis masa berlakunya dibebankan pada Penghasil limbah B3. Penghasil limbah B3 masih luas cakupannya bisa diartikan pabrikan yang memproduksi Panel surya (produsen), atau pembeli panel surya yang nantinya akan membangun PLTS dan menjual listriknya kepada PLN (dalam skema Build Own Operated) pada Perjanjian Jual Beli Tenaga Listrik. Di sisi mekanisme pengolahan limbahnya pun apabila penghasil limbah B3 tidak mampu melakukan sendiri maka pengolahan limbah B3 diserahkan kepada yang secara khusus berperan sebagai Pengolah Limbah B3. Pada *Extended Producer Responsibility* (EPR) Kebijakan Lingkungan Uni Eropa pengelolaan limbah B3 dari panel surya wajib dilakukan oleh Produsen panel surya termasuk melakukan daur ulang panel surya, EPR secara tegas menentukan pihak yang bertanggung jawab untuk mengelola limbah panel surya dan mekanisme daur ulang sebagai solusi pengelolaan limbahnya. Adapun negara-negara bagian Amerika masih menerapkan regulasi yang berbeda-beda, Washington mewajibkan produsen yang menjual produk solar panel ke negara bagian Washington harus memiliki program daur ulang sedangkan California memberlakukan pengelolaan limbah panel surya sebagai bagian dari limbah umum.

³⁸ Taylor L Curtis et.al. 2021. Solar Photovoltaic Module Recycling: A Survey of U.S. Policies and Initiatives. NREL, Hlm 30.

KESIMPULAN DAN SARAN

Berdasarkan pembahasan di atas dapat ditarik kesimpulan bahwa:

1. Regulasi terkait pengelolaan limbah yang diatur dalam Peraturan Undang – Undang Nomor 32 tahun 2009 tentang Perlindungan dan Pengelolaan Lingkungan Hidup sudah cukup komprehensif jika diterapkan pada pengelolaan limbah panel surya dari PLTS yang telah habis masa pakainya, namun masih perlu penegasan pada aturan pelaksana dan implementasinya terkait pihak yang bertanggung jawab untuk melakukan pengelolaan limbah atau proses daur ulang agar kelestarian lingkungan hidup dapat terjaga.
2. Pengelolaan limbah panel surya di Uni Eropa sudah lebih komprehensif dan secara tegas mewajibkan kepada produsen untuk melakukan daur ulang limbah panel surya untuk mencapai keekonomian produksi selanjutnya, adapun di beberapa negara bagian Amerika juga telah memiliki regulasi yang memperhatikan secara khusus penanganan limbah panel surya dengan tingkat keketatan yang berbeda-beda.

Penulis menyarankan agar Pemerintah Indonesia dapat mengadopsi ketentuan-ketentuan yang telah lebih dahulu diterapkan di Eropa atau negara lainnya terkait pengelolaan limbah Panel surya khususnya pada penekanan pihak yang berkewajiban mengelola limbah panel surya dan mendorong tumbuhnya usaha-usaha daur ulang limbah panel surya agar kelestarian lingkungan dapat terus terjaga.

DAFTAR REFERENSI

Peraturan

Undang-Undang Nomor 32 Tahun 2009 Tentang Perlindungan dan Pengelolaan Lingkungan Hidup.

Peraturan Pemerintah Nomor 22 Tahun 2021 tentang Penyelenggaraan Perlindungan dan Pengelolaan Lingkungan Hidup.

Peraturan Direksi PT PLN (Persero), 0062.P/DIR/2020. Pembelian Tenaga Listrik dari Pembangkit Energi Baru Terbarukan.

Jurnal

Kabir S,E et al. (2023). Adoption and Implementattion of Extended Producer Responsibility for Sustainable Management of end-of-life solar Photovoltaic Panels, Global Journal of Environmental Science and Management (GJESM) No. 9 (SI): 251-270, September 2023

Sumber dari internet dengan nama penulis

- Ben McWilliams. (2024). Smartet European Union IndustrialPolicy for Solar Panels. <https://www.bruegel.org/policy-brief/smarter-european-union-industrial-policy-solar-panels>, diakses tanggal 11 Mei 2024
- Drew Hutchinson. (2023). States Weigh Making Industry Pay Millions For Solar Panel Waste. <https://news.bloomberglaw.com/environment-and-energy/states-weigh-making-industry-pay-millions-for-solar-panel-waste>, diakses tanggal 11 Mei 2024
- Karsten Wambach. (2016). End of Life Management Solar Photovoltaic Panels. IRENA and IEA-PVPS, diakses tanggal 11 Mei 2024
- Kelly Pickerel. (2018). It's Time to Plan for Solar Panel Recycling in the United States. Solar Power World, <https://www.solarpowerworldonline.com/2018/04/its-time-to-plan-for-solar-panel-recycling-in-the-united-states/> ,diakses tanggal 11 Mei 2024
- Kementerian ESDM. (2021). Pemerintah Optimis EBT 23% Tahun 2025 Tercapai, Direktorat Jenderal Ketenagalistrikan, <https://www.esdm.go.id/id/berita-unit/direktorat-jenderal-ketenagalistrikan/pemerintah-optimistis-ebt-23-tahun-2025-tercapai>, diakses tanggal 11 Mei 2024
- Kementerian Koordinator Bidang Perekonomian Republik Indonesia, 2021. Pemerintah mendorong Ekonomi Sirkular bagi Pencapaian Nationally Detemined Contribution Indonesia. Siaran Pers HM.4.6/298/SET.M.EKON.3/09/2021. Diakses melalui <https://www.ekon.go.id/publikasi/detail/3328/pemerintah-mendorong-ekonomi-sirkular-bagi-pencapaian-nationally-determined-contribution-indonesia>, diakses tanggal 11 Mei 2024
- Kementrian ESDM, (2021). Siaran Pers: Perlu Upaya Konkrit dan Terencana Capai Target Bauran 23% di tahun 2025. Agung Pribadi. <https://ebtke.esdm.go.id/post/2021/12/15/3038/menteri.esdm.perlu.upaya.konkrit.dan.terencana.capai.target.bauran.23.di.tahun.2025?lang=id#:~:text=%22Rencana%20pengembangan%20PLTS%20terdiri%20dari,68%20GW%2C%22%20tambah%20Arifin>, diakses tanggal 4 Mei 2024
- Bambang P. Jatmiko. (2023). Apakah PLTS Menghasilkan Limbah. Kompas.com. <https://lestari.kompas.com/read/2023/07/07/190000586/apakah-plts-menghasilkan-limbah-?page=all>, diakses tanggal 4 Mei 2024
- Mentari. (2024). Kajian Biaya Pengelolaan Limbah PLTS dan Baterai. Kemitraan Pemerintah Indonesia dan Pemerintah Inggris, diakses tanggal 11 April 2024
- NZMATES PMO.2021. PLTS Waste and Asset Management Plan Rencana Pengelolaan Limbah dan Aset PLTS. Revisi 1, diakses tanggal 11 April 2024
- Policy Watch. (2021). PV module recycling policies in the United States. REGlobal. Diakses melalui <https://reglobal.org/pv-module-recycling-policies-in-the-united-states/#:~:text=On%20August%209%2C%202019%2C%20the,other%20solar%20energy%20generation%20structures>, diakses tanggal 10 Mei 2024.
- Segensolar.(2021). Championing sustainable Solar Power. <https://segensolar.co.za/epr-compliance/>, diakses tanggal 9 Mei 2024.
- Source Intelligence. (2023). What are the EPR Directive in the EU. Diakses dari <https://blog.sourceintelligence.com/what-are-the-epr-directives-in-the-eu#:~:text=Extended%20Producer%20Responsibility%20in%20the%20EU&tex>

t=This%20process%20includes%20registering%20as, recovery%20at%20end%20of%20life, diakses tanggal 10 Mei 2024.

Source Intelligence. (2023). What are the EPR Directives in the EU. <https://blog.sourceintelligence.com/what-are-the-epr-directives-in-the-eu#:~:text=Extended%20Producer%20Responsibility%20in%20the%20EU&text=This%20process%20includes%20registering%20as, recovery%20at%20end%20of%20life>, diakses tanggal 11 Mei 2024

Taylor L Curtis et.al. (2021). Solar Photovoltaic Module Recycling: A Survey of U.S. Policies and Initiatives. NREL, diakses tanggal 11 Mei 2024