

Harmonisasi Hukum Lingkungan dalam Pemanfaatan *Refuse Derived Fuel* untuk Transisi Energi untuk *Net Zero* 2060

Harmonizing Environmental Law in the Utilization of Refuse Derived Fuel for Energy Transition and Net Zero 2060

Efendi Mista^a, Sri wahyuni^b, Sata Yoshida Srie Rahayu^c

ABSTRAK

Permasalahan pengelolaan sampah dan kebutuhan transisi energi menuju target Net Zero Emission 2060 menuntut adanya instrumen hukum yang jelas dan aplikatif. Salah satu terobosan yang berkembang di Indonesia adalah pemanfaatan *Refuse Derived Fuel* (RDF) pada industri semen sebagai alternatif pengganti energi fosil. Namun, kerangka regulasi yang ada masih menghadapi disharmoni, baik antar undang-undang maupun antara kewenangan lembaga, sehingga menciptakan ketidakpastian hukum. Penelitian ini bertujuan untuk menganalisis posisi RDF dalam sistem hukum lingkungan dan energi nasional, mengidentifikasi potensi konflik hukum, serta merumuskan rekomendasi kebijakan yang sesuai dengan prinsip hukum lingkungan berkelanjutan. Metode penelitian yang digunakan adalah pendekatan normatif-yuridis dengan analisis peraturan perundang-undangan, dokumen kebijakan, serta perbandingan praktik internasional. Penelitian ini juga memanfaatkan studi kasus aktual, termasuk praktik RDF di industri semen dan keterkaitannya dengan perdagangan karbon global. Hasil analisis menunjukkan bahwa RDF memiliki potensi strategis dalam menurunkan emisi industri semen dan mengurangi timbunan sampah, namun belum memperoleh pengakuan eksplisit dalam regulasi nasional. Kondisi ini mengakibatkan kontribusi RDF tidak tercatat dalam dokumen mitigasi resmi, serta menimbulkan potensi konflik hukum dalam skema perdagangan karbon. Perbandingan internasional memperlihatkan bahwa keberhasilan RDF sangat ditentukan oleh kepastian hukum, standar mutu, serta integrasi dengan kebijakan energi. Kesimpulannya, RDF dapat menjadi instrumen penting menuju transisi energi berkelanjutan, tetapi membutuhkan reformasi hukum yang lebih sistematis. Rekomendasi kebijakan meliputi penyusunan payung hukum RDF, harmonisasi regulasi, pengembangan standar mutu, insentif ekonomi, serta integrasi RDF ke dalam strategi *Net Zero Emission* 2060.

Kata kunci: hukum lingkungan; net zero emission; perdagangan karbon dan konflik hukum; *refuse derived fuel*; tata kelola.

ABSTRACT

Indonesia faces intertwined challenges of waste management and energy transition in achieving its Net Zero Emission 2060 target. One emerging pathway is the use of *Refuse Derived Fuel* (RDF) in cement industries as a substitute for coal, simultaneously addressing solid waste accumulation and reducing greenhouse gas emissions. Yet, the current regulatory framework is fragmented, with overlapping mandates between waste and energy laws, creating significant legal uncertainty. This study analyzes the normative position of RDF within Indonesia's legal system, identifies regulatory gaps, and proposes policy reforms consistent with sustainable environmental law. The research employs a normative-juridical method through statutory interpretation, supported by conceptual and

^a Program Studi Ilmu Lingkungan, Universitas Pakuan, Jl. Pakuan, Tegallega, Kecamatan Bogor Tengah, Kota Bogor, Jawa Barat 16143, Indonesia. email korespondensi: www.femista@gmail.com

^b Program Studi Ilmu Lingkungan, Universitas Pakuan, Jl. Pakuan, Tegallega, Kecamatan Bogor Tengah, Kota Bogor, Jawa Barat 16143, Indonesia.

^c Program Studi Ilmu Lingkungan, Universitas Pakuan, Jl. Pakuan, Tegallega, Kecamatan Bogor Tengah, Kota Bogor, Jawa Barat 16143, Indonesia.

comparative approaches. Relevant legislation, government regulations, and ministerial decrees were examined alongside international practices in the European Union and Japan. A case study of RDF application in corporate illustrates both opportunities and challenges in practice, particularly regarding supply continuity, quality standards, and contractual arrangements with local governments. The findings show RDF's strategic potential in reducing cement industry emissions and minimizing landfill dependency, but its absence in national legislation prevents formal recognition in climate policy and creates ambiguity in carbon trading schemes. Comparative experiences reveal that RDF requires explicit regulation, standardized quality, and integration into national energy policy to be effective. This study concludes that RDF can serve as a vital instrument for Indonesia's sustainable energy transition. Key recommendations include enacting specific RDF regulation, harmonizing cross-sectoral laws, establishing national standards, providing fiscal incentives, and integrating RDF into the Net Zero Emission 2060 roadmap.

Keywords: carbon trading and legal conflict; energy transition; environmental law in indonesia; net zero emission 2060 policy; refuse derived fuel; waste-to-energy governance.

PENDAHULUAN

Pemanfaatan energi alternatif dalam sektor industri semen merupakan salah satu isu strategis dalam hukum lingkungan Indonesia kontemporer. Sektor semen dikenal sebagai salah satu pengguna energi terbesar dan penyumbang signifikan terhadap emisi gas rumah kaca (GRK) yang berdampak langsung pada perubahan iklim. Dalam konteks ini, penggunaan batu bara sebagai bahan bakar utama pada proses produksi klinker menimbulkan persoalan serius baik dari aspek ekologi maupun hukum. Kewajiban negara untuk menjaga kelestarian lingkungan sebagaimana tercantum dalam Pasal 28H ayat (1) UUD 1945¹ dan diatur lebih lanjut melalui Undang-Undang Nomor 32 Tahun 2009 tentang Perlindungan dan Pengelolaan Lingkungan Hidup (UU 32/2009)² mengharuskan adanya instrumen hukum yang dapat menyeimbangkan kebutuhan pembangunan industri dengan keberlanjutan lingkungan. Salah satu instrumen yang muncul dalam diskursus ini adalah *Refuse Derived Fuel* (RDF),³ yakni bahan bakar alternatif yang dihasilkan dari pengolahan sampah padat perkotaan dan limbah industri non-B3 yang memiliki nilai kalor cukup tinggi. Dengan kata lain, RDF tidak hanya menjawab kebutuhan industri akan energi yang lebih murah dan berkelanjutan, tetapi juga berfungsi sebagai solusi hukum dan kebijakan dalam pengelolaan sampah yang selama ini menjadi problem struktural di berbagai daerah di Indonesia⁴.

Di Indonesia, urgensi pengembangan RDF semakin relevan dengan meningkatnya volume timbunan sampah nasional yang menurut Kementerian Lingkungan Hidup dan Kehutanan⁵ mencapai 36,2 juta ton pada 2022 dan menurut Badan Pusat Statistik⁶ meningkat sebesar 21,4 % menjadi sekitar 43,9 juta ton pada 2023. Kondisi ini menandakan adanya krisis

¹ Panitia Persiapan Kemerdekaan Indonesia, "Undang Undang Dasar 1945," Panitia Persiapan Kemerdekaan Indonesia, 1945.

² UU Nomor 32 Tahun 2009 tentang Perlindungan dan Pengelolaan Lingkungan Hidup (2009).

³ Ashok Kumar and Sukha Ranjan Samadder, "A Review on Technological Options of Waste to Energy for Effective Management of Municipal Solid Waste," *Waste Management* 69 (2017): 407–22, <https://doi.org/10.1016/j.wasman.2017.08.046>.

⁴ Martin C. Friant, Walter J.V. Vermeulen, and Roberta Salomone, "A Typology of Circular Economy Discourses: Navigating the Diverse Visions of a Contested Paradigm," *Resources, Conservation and Recycling*, ahead of print, 2018, <https://doi.org/10.1016/j.resconrec.2018.10.019>.

⁵ Kementerian Lingkungan Hidup dan Kehutanan, 2022.

⁶ Badan Pusat Statistik, 2023.

tata kelola sampah yang berimplikasi pada masalah lingkungan, sosial, dan kesehatan. Paradigma lama pengelolaan sampah berbasis “kumpul-angkut-buang” ke Tempat Pembuangan Akhir (TPA)⁷ terbukti tidak memadai, sehingga diperlukan terobosan berbasis konsep *circular economy* yang menempatkan sampah sebagai sumber daya⁸. RDF, dalam konteks ini, menawarkan mekanisme pemanfaatan sampah yang selaras dengan prinsip 3R (*Reduce, Reuse, Recycle*) sekaligus mendukung transisi energi berkelanjutan. Namun, secara hukum, mekanisme pemanfaatan RDF belum sepenuhnya diakomodasi dalam regulasi spesifik, sehingga menimbulkan kekosongan hukum (*legal vacuum*) maupun disharmoni antar-regulasi yang perlu ditelaah secara normatif⁹.

Secara kelembagaan, kasus PT Indocement Tungal Prakarsa (ITP) menjadi contoh nyata bagaimana sektor industri semen mencoba mengadopsi RDF dalam kerangka kebijakan efisiensi energi. Melalui kebijakan korporasi dan dukungan induk usaha Heidelberg Cement Group, ITP menargetkan pemanfaatan bahan bakar alternatif hingga 42% pada tahun 2030. Kebijakan ini sejalan dengan Peraturan Pemerintah Nomor 70 Tahun 2009¹⁰ tentang Konservasi Energi dan Peraturan Menteri ESDM Nomor 14 Tahun 2012¹¹ tentang Manajemen Energi yang mewajibkan industri padat energi untuk melakukan penghematan dan diversifikasi sumber energi. hingga menimbulkan ketidakpastian hukum, yang tercermin dari ketiadaan standar baku mutu RDF, lemahnya aturan teknis pengelolaan TPA, disharmoni regulasi antar perundang-undangan (Undang-Undang Nomor 18 Tahun 2008 tentang Pengelolaan Sampah, UU 32/2009, serta peraturan sektor energi), serta belum jelasnya distribusi kewenangan antara pemerintah pusat, pemerintah daerah, dan pelaku industri dalam pengelolaan RDF. Situasi ini menunjukkan adanya kebutuhan mendesak akan reformasi hukum lingkungan yang dapat mengintegrasikan RDF secara komprehensif sebagai instrumen pembangunan berkelanjutan.

Dari perspektif hukum normatif-yuridis, permasalahan RDF dapat diposisikan dalam tiga kerangka besar. Pertama, sebagai bagian dari hukum pengelolaan sampah yang diatur dalam UU 18/2008¹², di mana RDF dapat dipahami sebagai bentuk pemanfaatan sampah menjadi energi. Kedua, sebagai bagian dari hukum perlindungan lingkungan hidup berdasarkan UU 32/2009¹³, RDF terkait dengan upaya pengendalian pencemaran udara, pengurangan emisi karbon, serta implementasi prinsip pembangunan berkelanjutan. Ketiga, sebagai bagian dari hukum energi, khususnya terkait dengan konservasi energi dan transisi

⁷ Rodrigue Naranjo, Ali M. Fathollahi-Fard, and Kannan Govindan, “Circular Supply Chain Management: A Comprehensive Review,” *Journal of Cleaner Production* 201 (2018): 1–14, <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2018.08.307>.

⁸ Julian Kirchherr, Denise Reike, and Marko Hekkert, “Conceptualizing the Circular Economy: An Analysis of 114 Definitions,” *Resources, Conservation and Recycling* 127 (2017): 221–32, <https://doi.org/10.1016/j.resconrec.2017.09.005>.

⁹ Sabina Scarpellini, Jose Valero-Gil, and Pilar Portillo-Tarragona, “Definition and Measurement of the Circular Economy’s Regional Impact,” *Journal of Environmental Planning and Management*, ahead of print, 2018, <https://doi.org/10.1080/09640568.2018.1537974>.

¹⁰ Peraturan Pemerintah Nomor 70 Tahun 2009 tentang Konservasi Energi (2009).

¹¹ Peraturan Menteri Energi dan Sumber Daya Mineral Nomor 14 Tahun 2012 tentang Manajemen Energi (2012).

¹² UU Nomor 18 Tahun 2008 tentang Pengelolaan Sampah (2008).

¹³ UU Nomor 32 Tahun 2009 tentang Perlindungan dan Pengelolaan Lingkungan Hidup (2009).

menuju energi bersih. Ketiadaan regulasi khusus RDF menimbulkan tumpang tindih, karena sampah diatur oleh undang-undang berbeda dengan energi, sementara implementasi di lapangan justru membutuhkan integrasi lintas sektor.

Pertanyaan hukum yang mendasar dalam penelitian ini adalah bagaimana posisi RDF dalam sistem hukum lingkungan Indonesia dan sejauh mana regulasi yang ada mampu menjamin kepastian hukum bagi industri semen dalam memanfaatkannya. Pertanyaan ini penting mengingat kepastian hukum merupakan salah satu asas fundamental dalam negara hukum (*rechtsstaat*) sebagaimana ditegaskan oleh Montesquieu dan dipertegas dalam Pasal 1 ayat (3) UUD 1945. Ketiadaan kepastian hukum dalam pemanfaatan RDF berimplikasi pada meningkatnya risiko sengketa lingkungan, ketidakpastian investasi di sektor semen, dan lemahnya perlindungan hukum bagi masyarakat terdampak. Hal ini muncul dari ketiadaan regulasi khusus RDF, disharmoni antar undang-undang (UU 18/2008, UU 32/2009, dan regulasi energi), serta tumpang tindih kewenangan antara pusat dan daerah. Dengan demikian, urgensi pembentukan instrumen hukum yang menjamin kepastian hukum menjadi sangat krusial, pemanfaatan RDF akan berpotensi menimbulkan sengketa lingkungan, merugikan investasi, serta melemahkan upaya mitigasi perubahan iklim. Oleh karena itu, diperlukan suatu kajian normatif-yuridis yang tidak hanya mengidentifikasi kekosongan dan disharmoni regulasi, tetapi juga menawarkan kerangka reformasi hukum yang dapat diimplementasikan secara praktis dalam tata kelola energi dan lingkungan.

Artikel ini memiliki dua tujuan utama: (1) memberikan analisis hukum normatif mengenai pemanfaatan RDF dalam industri semen Indonesia dengan menekankan pada aspek kepastian hukum; dan (2) menganalisis harmonisasi regulasi serta arah reformasi hukum lingkungan dalam tata kelola energi berbasis RDF. Dengan mengkaji praktik ITP dan menelaah kerangka hukum yang berlaku, artikel ini berupaya menyajikan rekomendasi hukum praktis yang relevan untuk mendorong penguatan regulasi RDF. Secara akademis, tulisan ini juga dimaksudkan untuk memperkaya literatur hukum lingkungan di Indonesia, khususnya dalam tema integrasi pengelolaan sampah dengan kebijakan energi berkelanjutan. Selain itu, dengan mengadopsi perbandingan hukum dari negara-negara maju seperti Uni Eropa dan Jepang, artikel ini berupaya memberikan perspektif global yang dapat diadaptasi dalam konteks hukum nasional. Dengan demikian, penelitian ini tidak hanya bersifat normatif-deskriptif, tetapi juga normatif-preskriptif dengan orientasi pada solusi hukum¹⁴.

METODE PENELITIAN

Metodologi penelitian dalam artikel ini berlandaskan pada pendekatan normatif-yuridis atau yang sering disebut sebagai penelitian hukum doktrinal. Dalam konteks pemanfaatan RDF di industri semen, pendekatan ini dipilih karena terdapat kebutuhan mendesak untuk mengkaji kepastian hukum, sinkronisasi regulasi, serta harmonisasi

¹⁴ Julian Kirchherr et al., "Barriers to the Circular Economy: Evidence from the European Union (EU)," *Ecological Economics* 150 (2018): 264–72, <https://doi.org/10.1016/j.ecolecon.2018.04.028>.

antarperaturan yang saling terkait, baik dalam ranah hukum pengelolaan sampah, hukum lingkungan, maupun hukum energi. Selain pendekatan normatif-yuridis, penelitian ini juga menggunakan pendekatan konseptual (*conceptual approach*). Pendekatan ini dipakai untuk menelaah konsep-konsep hukum yang relevan dengan isu RDF, seperti prinsip kehati-hatian (*precautionary principle*), prinsip pencemar membayar (*polluter pays principle*), dan prinsip pembangunan berkelanjutan (*sustainable development*). Konsep-konsep tersebut tidak hanya ditemukan dalam hukum nasional, tetapi juga dalam instrumen hukum internasional seperti Deklarasi Rio 1992, Paris Agreement 2015, serta berbagai regulasi Uni Eropa yang telah menjadikan RDF sebagai bagian integral dari kebijakan energi dan lingkungan, serta praktik Jepang yang berhasil menerapkan prinsip 3R dalam tata kelola sampah. Perbandingan dengan Uni Eropa dan Jepang dipilih karena keduanya merepresentasikan *best practices global*: Uni Eropa dengan standar hukum lingkungan yang ketat dan kepastian investasi, sedangkan Jepang dengan efisiensi pengelolaan sampah dan integrasi RDF dalam kebijakan energi nasional. Dengan studi banding ini, artikel berupaya menunjukkan refleksi dan adaptasi yang dapat diterapkan dalam sistem hukum Indonesia. Dengan menggunakan pendekatan konseptual, penelitian ini mampu memberikan analisis kritis mengenai bagaimana prinsip-prinsip hukum lingkungan dapat dijadikan rujukan dalam merumuskan kebijakan dan regulasi terkait RDF di Indonesia. Hal ini penting karena hukum lingkungan modern tidak bisa dilepaskan dari konteks global, di mana praktik terbaik (*best practices*) dari negara lain dapat menjadi bahan refleksi dan adaptasi dalam sistem hukum nasional¹⁵.

Metode penelitian ini juga mengintegrasikan pendekatan perundang-undangan (*statute approach*) yang berfokus pada kajian hierarki norma hukum sebagaimana diatur dalam Undang-Undang Nomor 12 Tahun 2011 tentang Pembentukan Peraturan Perundang-undangan (UU 12/2011). Analisis dilakukan dengan memetakan keterkaitan antar peraturan yang relevan, seperti UU 18/2008, UU 32/2009, serta PP Nomor 70 Tahun 2009 tentang Konservasi Energi (PP 70/2009)¹⁶. Pendekatan ini digunakan untuk menelaah sejauh mana norma hukum yang ada mampu menjawab kebutuhan praktis dalam pemanfaatan RDF, dan di mana letak kekosongan atau disharmoni hukum yang terjadi. Dengan demikian, artikel ini berusaha menjawab pertanyaan hukum melalui interpretasi sistematis terhadap peraturan perundang-undangan yang saling terkait, baik secara vertikal dalam hierarki hukum maupun secara horizontal antar sektor regulasi.

PEMBAHASAN

Posisi RDF dalam Kerangka Hukum Lingkungan Indonesia

Berdasarkan UU 18/2008, RDF dapat dimasukkan ke dalam kategori pemanfaatan sampah, khususnya melalui mekanisme pengolahan sampah menjadi sumber energi¹⁷. Namun,

¹⁵ Lambert Schneider et al., "Double Counting and the Paris Agreement Rulebook," *Climate Policy*, ahead of print, 2018, <https://doi.org/10.1080/14693062.2018.1521332>.

¹⁶ Peraturan Pemerintah Nomor 70 Tahun 2009 tentang Konservasi Energi (2009).

¹⁷ UU Nomor 18 Tahun 2008 tentang Pengelolaan Sampah (2008).

undang-undang tersebut awalnya menekankan pada konsep *reduce, reuse, recycle* (3R), namun perkembangan kebijakan pengelolaan sampah di Indonesia telah mengadopsi prinsip 5R (*Reduce, Reuse, Recycle, Recovery, Replace/Redesign*) sebagaimana ditegaskan dalam Peraturan Menteri Lingkungan Hidup Dan Kehutanan Nomor 75 Tahun 2019 tentang Peta Jalan Pengurangan Sampah oleh Produsen (Permen LHK No. 75/2019), yang lebih menekankan aspek pemulihan energi/bahan dan perancangan ulang produk ramah lingkungan tanpa memberikan pembedaan normatif terhadap teknologi pengolahan sampah lanjutan seperti RDF. Kekosongan hukum ini berimplikasi pada ketidakpastian dalam penerapan standar teknis, tanggung jawab lingkungan, serta aspek perizinan. Sebagai contoh, industri semen seperti PT ITP harus merujuk pada kombinasi aturan di bidang lingkungan, energi, dan limbah industri tanpa ada payung hukum tunggal yang secara khusus mengatur RDF. Hal ini berbeda dengan pendekatan hukum di Uni Eropa, di mana RDF ditempatkan secara tegas dalam *Waste Framework Directive* dengan kriteria kualitas, tanggung jawab produsen, dan mekanisme pengawasan yang jelas. Dengan demikian, secara normatif, posisi RDF dalam hukum Indonesia masih bersifat implisit dan parsial, yang menimbulkan risiko disharmoni hukum serta keterlambatan dalam mendukung transisi energi berkelanjutan.

Dari sudut pandang hukum lingkungan, RDF juga terkait langsung dengan UU 32/2009. Undang-undang ini menekankan prinsip kehati-hatian (*precautionary principle*) dan tanggung jawab negara dalam mencegah pencemaran. Penggunaan RDF, yang bersumber dari sampah kota maupun limbah industri non-B3, harus tunduk pada ketentuan baku mutu emisi, pengendalian polutan, dan analisis dampak lingkungan (AMDAL). Namun, ketiadaan regulasi spesifik mengenai RDF menimbulkan ruang interpretasi yang luas bagi aparat penegak hukum maupun pelaku industri. Akibatnya, ada potensi ketidakkonsistenan dalam penerapan standar lingkungan, yang dapat menimbulkan sengketa hukum maupun resistensi sosial. Misalnya, masyarakat sekitar pabrik semen dapat menggugat apabila penggunaan RDF menimbulkan bau, debu, atau emisi tambahan, sementara perusahaan merasa telah mematuhi ketentuan umum dalam UU 32/2009. Ketidakjelasan ini menuntut adanya instrumen hukum baru yang dapat memberikan kepastian bagi semua pihak.

Selain itu, aspek hukum energi juga relevan karena RDF merupakan bagian dari upaya diversifikasi energi nasional. Hal ini sejalan dengan Pasal 19 dan Pasal 22 UU 18/2008 yang menekankan pengelolaan sampah melalui pendauran ulang dan pemanfaatan kembali, serta Pasal 65 dan Pasal 69 UU 32/2009 yang menjamin hak atas lingkungan hidup yang baik dan sehat sekaligus melarang pembuangan limbah tanpa izin. Lebih lanjut, Pasal 2 dan Pasal 11 PP 70/2009 menegaskan kewajiban konservasi energi untuk meningkatkan efisiensi dan mengurangi emisi gas rumah kaca. Dengan demikian, secara normatif RDF dapat diposisikan sebagai instrumen strategis dalam kerangka hukum lingkungan dan energi nasional. Akibatnya, status RDF sering kali diposisikan sebagai bahan bakar sekunder tanpa kerangka insentif fiskal maupun hukum yang memadai. Padahal, secara global RDF diakui sebagai instrumen transisi energi yang dapat menurunkan emisi karbon, sesuai dengan komitmen

Indonesia dalam Paris Agreement untuk menurunkan emisi 31,89% secara mandiri dan 43,20% dengan dukungan internasional pada 2030¹⁸. Ketidakhadiran RDF dalam kebijakan energi nasional menunjukkan adanya kesenjangan antara retorika transisi energi dengan instrumen hukum yang mana ketidakhadiran RDF dalam kebijakan energi nasional menunjukkan adanya kesenjangan antara retorika transisi energi dengan instrumen hukum yang tersedia. Padahal, pemanfaatan RDF sejalan dengan asas-asas hukum lingkungan yang telah diakui secara internasional maupun nasional, seperti *polluter pays principle* yang menegaskan kewajiban produsen untuk menanggung biaya pengelolaan limbah, asas *sustainable development* yang menekankan keseimbangan pembangunan dengan kelestarian lingkungan, serta asas *intergenerational equity* yang memastikan hak generasi mendatang atas lingkungan hidup yang sehat dan energi yang berkelanjutan.

Studi Kasus PT Indocement Tunggal Prakarsa dan Implementasi RDF

PT Indocement Tunggal Prakarsa (ITP) menjadi studi kasus penting dalam analisis ini karena perusahaan tersebut telah menetapkan target ambisius untuk meningkatkan pemanfaatan RDF sebagai bahan bakar alternatif hingga 42% pada tahun 2030. Target ini merupakan bagian dari kebijakan global Heidelberg Cement Group dalam program *Sustainability Commitments 2030* (SC2030). Berdasarkan laporan keberlanjutan ITP tahun 2022, progres penggunaan bahan bakar alternatif baru mencapai 18,13%, dengan volume RDF sekitar 589.000 ton per tahun. Angka ini menunjukkan adanya gap signifikan antara target dan capaian, yang salah satunya disebabkan oleh kendala regulasi.

Secara praktis, penggunaan RDF di ITP menghadapi tantangan ketersediaan bahan baku dari Tempat Pembuangan Akhir (TPA). Sistem pengelolaan sampah nasional masih didominasi oleh pendekatan "*end of pipe*" yang mengandalkan *landfill*, sehingga pasokan RDF tidak kontinyu dan kualitasnya beragam. Dari perspektif hukum, UU 18/2008 tidak secara rinci mengatur kewajiban pemerintah daerah untuk menyediakan RDF dengan standar tertentu. Akibatnya, perjanjian kerjasama antara ITP dan TPA potensial menimbulkan sengketa mengenai kualitas bahan baku, harga RDF, serta tanggung jawab atas dampak lingkungan. Hal ini menunjukkan kelemahan regulasi dalam mengatur hubungan hukum antarpemangku kepentingan dalam rantai pasok RDF.

Selain kendala pasokan, ITP juga menghadapi persoalan biaya investasi infrastruktur RDF. Pembangunan fasilitas pengolahan RDF seperti *shredder*, *mixing facility*, dan *feeding system* membutuhkan biaya yang tidak kecil, mencapai lebih dari Rp 1 triliun. Secara hukum, tidak ada mekanisme insentif fiskal seperti pengurangan pajak atau *carbon credit* yang dapat mengurangi beban investasi industri¹⁹. Padahal, prinsip keadilan lingkungan menuntut

¹⁸ Ingeborg Niestroy, *How Are We Getting Ready? The 2030 Agenda for Sustainable Development in the EU and Its Member States ; Analysis and Action so Far*, Discussion Paper / Deutsches Institut Für Entwicklungspolitik 2016/9 (Bonn: Deutsches Institut für Entwicklungspolitik, 2016).

¹⁹ Bingran Tang et al., "Market Structure and Carbon Pricing under Different Allowance Allocation Mechanisms: Evidence from China's ETS Pilots," *Climate Policy*, ahead of print, 2018, <https://doi.org/10.1080/14693062.2018.1454882>.

adanya mekanisme insentif bagi pelaku industri yang berupaya mengurangi emisi karbon dan berkontribusi pada keberlanjutan. Ketidadaan instrumen insentif ini menghambat percepatan pemanfaatan RDF, sekaligus memperlihatkan keterbatasan hukum fiskal lingkungan di Indonesia²⁰.

Lebih lanjut, aspek sosial juga menjadi pemangku kepentingan penting dalam implementasi RDF. FGD yang dilakukan di Citeureup menunjukkan adanya resistensi masyarakat terkait kekhawatiran polusi udara, bau, dan dampak kesehatan dari pembakaran RDF. Dari perspektif hukum lingkungan, partisipasi masyarakat merupakan hak fundamental sebagaimana diatur dalam Pasal 70 UU 32/2009 Namun, mekanisme konsultasi publik sering kali hanya bersifat formalitas dalam dokumen AMDAL, tanpa memberikan ruang deliberasi substantif. Akibatnya, muncul potensi konflik sosial yang dapat menghambat keberlanjutan program RDF. Oleh karena itu, hukum harus menjamin partisipasi publik yang bermakna (*meaningful participation*) sebagai bagian dari legitimasi sosial terhadap implementasi RDF.

Disharmoni dan Kekosongan Hukum dalam Pengaturan RDF

Hasil penelitian menunjukkan adanya disharmoni regulasi yang signifikan terkait pemanfaatan RDF di Indonesia. Pertama, terdapat tumpang tindih antara UU 18/2008 dengan UU 32/2009 Misalnya, Pasal 22 ayat (1) UU 18/2008 menekankan pemanfaatan sampah melalui daur ulang dan pemanfaatan kembali, termasuk sebagai sumber energi, sementara Pasal 69 ayat (1) huruf e UU 32/2009 menekankan larangan pembuangan limbah tanpa izin. Ketidaksinkronan ini menimbulkan ambiguitas bagi industri semen apakah izin lingkungan berdasarkan UU PPLH sudah cukup untuk pemanfaatan RDF, atau masih harus memenuhi standar tambahan lain yang tidak secara eksplisit diatur dalam UU 18/2008. Dalam praktiknya, industri semen seperti ITP sering menghadapi ambiguitas apakah izin pemanfaatan RDF cukup mengacu pada izin lingkungan berdasarkan UU 32/2009, atau juga harus mengikuti standar tambahan yang tidak secara eksplisit disebut dalam UU 18/2008. Ketidaksinkronan ini menimbulkan ambiguitas bagi industri semen apakah izin lingkungan berdasarkan UU 32/2009 sudah cukup untuk pemanfaatan RDF, atau juga harus memenuhi standar tambahan lain yang tidak secara eksplisit diatur dalam UU 18/2008. Dalam konteks ini, peran pemerintah daerah menjadi sangat penting karena berdasarkan Pasal 12 UU 18/2008 dan UU No. 23 Tahun 2014 tentang Pemerintahan Daerah (UU 23/2014), Pemda memegang kewenangan utama dalam pengelolaan sampah rumah tangga dan sejenisnya. Ketidadaan inisiatif dan dukungan pemda untuk menyediakan infrastruktur, regulasi teknis, serta kerjasama dengan sektor industri sering menjadi hambatan dalam optimalisasi RDF. Oleh karena itu, sinkronisasi regulasi pusat dengan implementasi daerah mutlak diperlukan. Kedua, PP 70/2009 tidak mengintegrasikan RDF sebagai bagian dari kebijakan diversifikasi energi. Akibatnya, RDF tidak mendapatkan posisi hukum yang strategis dalam perencanaan energi nasional.

²⁰ Easwaran Narassimhan et al., "Carbon Pricing in Practice: A Review of Existing Emissions Trading Systems," *Climate Policy* 18, no. 8 (2018): 967–91, <https://doi.org/10.1080/14693062.2018.1467827>.

Kekosongan hukum juga terlihat pada aspek standar kualitas RDF. Hingga saat ini Indonesia belum memiliki Standar Nasional Indonesia (SNI) khusus yang mengatur kualitas RDF, seperti nilai kalor, kadar air, logam berat, klorin, maupun kadar abu. Padahal, di Eropa standar tersebut sudah lama diterapkan untuk menjamin keamanan lingkungan dan kepastian hukum bagi industri. Ketidadaan standar ini berimplikasi serius karena menimbulkan risiko pencemaran apabila RDF yang digunakan mengandung zat berbahaya di atas ambang batas. Dari perspektif hukum, ketidadaan standar juga melemahkan daya laku asas kehati-hatian dalam UU 32/2009, karena tidak ada instrumen teknis yang dapat dijadikan acuan dalam penegakan hukum²¹. Dari sisi perizinan, pemanfaatan RDF oleh ITP tunduk pada rezim Peraturan Pemerintah Nomor 22 Tahun 2021 tentang Penyelenggaraan Perlindungan dan Pengelolaan Lingkungan Hidup (PP 22/2021) yang mewajibkan Persetujuan Lingkungan berbasis AMDAL/UKL-UPL untuk setiap perubahan rencana usaha, termasuk substitusi batu bara dengan RDF. Selain itu, ITP wajib memperoleh Persetujuan Teknis (Pertek) Pemenuhan Baku Mutu Emisi dan Surat Kelayakan Operasional (SLO) Emisi sesuai Peraturan Menteri Lingkungan Hidup dan Kehutanan Nomor 5 Tahun 2021 tentang Tata Cara Penerbitan Persetujuan Teknis dan Surat Kelayakan Operasional Bidang Pengendalian Pencemaran Lingkungan (Permen LHK 5/2021) sebagai nomenklatur baru pengganti izin pembuangan emisi. Bila terdapat air limbah dari penyimpanan atau *pre-processing* RDF, diberlakukan Pertek/SLO Air Limbah. Karena RDF bersumber dari limbah non-B3, skema Peraturan Menteri Lingkungan Hidup dan Kehutanan Nomor 19 Tahun 2021 tentang Tata Cara Pengelolaan Limbah Nonbahan Berbahaya dan Beracun (Permen LHK 19/2021) mengatur bahwa pemanfaatan langsung limbah non-B3 sebagai substitusi sumber energi harus dicantumkan rinci dalam Persetujuan Lingkungan dan memenuhi BME/BMA. Untuk parameter emisi, industri semen wajib mematuhi Baku Mutu Emisi khusus semen menurut Permen LHK P.19/2017 yang dicabut dengan Peraturan Menteri Lingkungan Hidup dan Kehutanan Nomor 11 Tahun 2021 tentang Baku Mutu Emisi Mesin dengan Pembakaran Dalam (Permen LHK 11/2021), antara lain partikulat, dengan ambang yang berbeda menurut tahun operasi pabrik), yang diverifikasi pada proses Pertek dan SLO.

Selain itu, terdapat kekosongan hukum dalam mekanisme pertanggungjawaban. Apabila terjadi pencemaran akibat penggunaan RDF, siapa yang bertanggung jawab? Apakah pemerintah daerah sebagai penyedia RDF, industri semen sebagai pengguna, atau pihak ketiga yang mengolah RDF? Kekosongan ini menimbulkan ketidakpastian hukum yang berpotensi memicu sengketa lingkungan di masa depan. Berdasarkan prinsip *polluter pays*, seharusnya pihak yang menyebabkan pencemaran menanggung biaya pemulihan. Namun, dalam konteks RDF, rantai tanggung jawab belum terdefinisi dengan jelas, sehingga menimbulkan potensi celah hukum.

²¹ Jurgita Malinauskaite et al., "Municipal Solid Waste Management and Waste-to-Energy in the Context of a Circular Economy and Energy Recycling in the EU," *Energy* 141 (2017): 2013–44, <https://doi.org/10.1016/j.energy.2017.11.128>.

Perbandingan Hukum Internasional: Uni Eropa dan Jepang

Dalam membandingkan praktik Indonesia dengan negara lain, terlihat perbedaan mencolok dalam aspek regulasi. Di Uni Eropa, RDF diatur secara komprehensif melalui *Waste Framework Directive* (2008/98/EC) yang menetapkan hierarki pengelolaan limbah, standar teknis RDF, serta mekanisme *Extended Producer Responsibility* (EPR). Negara-negara anggota seperti Jerman dan Belanda telah berhasil memanfaatkan RDF sebagai bahan bakar utama dalam industri semen dengan tingkat substitusi batu bara lebih dari 60%. Keberhasilan ini ditopang oleh kepastian hukum, standar teknis yang jelas, serta mekanisme insentif fiskal berupa subsidi energi terbarukan dan carbon credit.

Sementara itu, Jepang mengadopsi pendekatan *co-processing* dengan memanfaatkan RDF dalam industri semen tanpa harus membangun insinerator baru. Regulasi di Jepang menekankan prinsip hierarki limbah dan kehati-hatian, sehingga RDF hanya digunakan jika sampah tidak dapat lagi didaur ulang. Jepang juga mewajibkan adanya pengawasan ketat terhadap emisi dari pabrik semen yang menggunakan RDF, untuk memastikan tidak ada dampak negatif terhadap kesehatan masyarakat. Pendekatan ini dapat menjadi referensi penting bagi Indonesia, karena menekankan keseimbangan antara pemanfaatan energi dan perlindungan lingkungan²².

Dari perbandingan tersebut, dapat disimpulkan bahwa keberhasilan pemanfaatan RDF sangat bergantung pada kerangka hukum yang jelas, standar teknis yang tegas, serta mekanisme insentif yang memadai. Indonesia dapat mengadopsi prinsip-prinsip dasar tersebut dengan menyesuaikan pada konteks nasional, seperti tingginya volume sampah kota, lemahnya pengelolaan TPA, serta dominasi industri semen sebagai pengguna energi. Lesson learned dari Uni Eropa menunjukkan pentingnya integrasi RDF dengan mekanisme perdagangan karbon melalui EU ETS, sehingga industri memperoleh insentif finansial dalam mengurangi emisi. Sementara itu, Jepang menekankan peran kuat pemerintah daerah dan penguatan kebijakan EPR yang dikombinasikan dengan *local carbon trading schemes*, sehingga RDF benar-benar menjadi bagian dari strategi transisi energi. Indonesia dapat memetik pelajaran dari kedua negara ini untuk mengembangkan kebijakan RDF yang tidak hanya normatif, tetapi juga berbasis insentif melalui pasar karbon²³.

Urgensi Reformasi Hukum Lingkungan di Indonesia

Hasil kajian normatif ini menunjukkan bahwa reformasi hukum lingkungan di Indonesia terkait RDF tidak bisa ditunda. Ada tiga arah reformasi yang harus dilakukan. Pertama, pembentukan regulasi khusus mengenai RDF yang mengatur standar teknis, tata kelola rantai pasok, serta mekanisme tanggung jawab hukum antar para pemangku kepentingan. Regulasi

²² Jinbo Song, Yan Sun, and Lulu Jin, "PESTEL Analysis of the Development of the Waste-to-Energy Incineration Industry in China," *Renewable and Sustainable Energy Reviews* 80 (2017): 276–89, <https://doi.org/10.1016/j.rser.2017.05.066>.

²³ Kenneth Hartley, Raymond van Santen, and Julian Kirchherr, "Policies for Transitioning Towards a Circular Economy: Expectations and Realities from the EU Case," *Journal of Industrial Ecology* 22, no. 5 (2018): 887–98, <https://doi.org/10.1111/jiec.12645>.

ini dapat berupa peraturan pemerintah atau peraturan menteri yang mengintegrasikan aspek lingkungan dan energi. Kedua, penerbitan Standar Nasional Indonesia (SNI) tentang RDF, yang menjadi acuan baku mutu kualitas RDF dan parameter lingkungan. Dengan adanya SNI, kepastian hukum akan lebih terjamin, dan aparat penegak hukum memiliki dasar untuk melakukan pengawasan. Ketiga, penerapan instrumen ekonomi lingkungan seperti insentif fiskal, skema perdagangan karbon, atau pengurangan pajak bagi industri semen yang menggunakan RDF. Hal ini sejalan dengan prinsip keadilan lingkungan dan mendorong partisipasi aktif sektor swasta dalam transisi energi. Berdasarkan kajian normatif, dapat disimpulkan bahwa pengaturan RDF di Indonesia masih menghadapi problem mendasar berupa ketiadaan dasar hukum yang jelas, standar teknis yang spesifik, dan harmonisasi antar-regulasi. Ambiguitas izin lingkungan, ketiadaan SNI RDF, serta lemahnya integrasi insentif ekonomi lingkungan menandakan bahwa pemanfaatan RDF belum mendapatkan jaminan kepastian hukum. Kondisi ini bertentangan dengan asas-asas fundamental hukum lingkungan dan berbeda dengan praktik Uni Eropa serta Jepang yang lebih maju dalam menjadikan RDF sebagai bagian dari kebijakan transisi energi. Selain analisis normatif-yuridis, urgensi reformasi hukum lingkungan juga perlu dilihat dari dimensi filosofis dan sosiologis. Secara filosofis, reformasi hukum RDF harus berpijak pada gagasan keadilan ekologis dan prinsip keadilan lintas generasi yang menjamin keberlanjutan lingkungan. Sementara dari perspektif sosiologis, reformasi ini harus memperhatikan dinamika sosial seperti lemahnya partisipasi publik, dominasi paradigma angkut-buang dalam pengelolaan sampah, dan rendahnya kesadaran masyarakat mengenai potensi RDF. Dengan menggabungkan pendekatan yuridis, filosofis, dan sosiologis, urgensi reformasi hukum lingkungan menjadi lebih komprehensif dan kontekstual bagi Indonesia

Selain reformasi regulasi, penting juga untuk memperkuat mekanisme partisipasi publik dalam pemanfaatan RDF. Masyarakat harus dilibatkan secara substantif dalam proses pengambilan keputusan, baik melalui konsultasi publik yang bermakna maupun melalui mekanisme *citizen suit* dalam rangka mengawasi implementasi kebijakan. Dengan partisipasi publik yang kuat, legitimasi sosial terhadap pemanfaatan RDF akan meningkat, sehingga potensi konflik dapat diminimalkan. Hal ini sesuai dengan prinsip *environmental democracy* yang menekankan hak akses informasi, hak partisipasi, dan hak akses keadilan bagi masyarakat. Prinsip tersebut juga telah menemukan manifestasi dalam praktik *citizen lawsuit* di Indonesia, seperti gugatan warga atas pencemaran udara Jakarta yang dikabulkan pengadilan pada tahun 2021, serta gugatan terkait Undang-Undang Nomor 17 Tahun 2019 tentang Sumber Daya Air (UU 17/2019) yang berujung pada pembatalan undang-undang oleh Mahkamah Konstitusi. Contoh-contoh ini menunjukkan bahwa partisipasi masyarakat tidak hanya bersifat formal, tetapi juga substantif melalui mekanisme litigasi warga, yang dapat menjadi preseden penting untuk memperkuat legitimasi sosial pemanfaatan RDF

RDF dalam Arsitektur *Net Zero Emission* Indonesia 2060: Konektivitas Hukum, Kebijakan, dan Tata Kelola

Penetapan target *Net Zero Emission* (NZE) 2060 menempatkan pemanfaatan RDF sebagai simpul strategis yang menghubungkan hukum pengelolaan sampah, hukum lingkungan, dan kebijakan energi dalam satu kerangka transisi yang saling melengkapi. Pada tingkat makro, rencana jalan energi, yang disusun bersama Kementerian ESDM dan IEA, memetakan bahwa dekarbonisasi sektor industri intensif energi membutuhkan kombinasi efisiensi, elektrifikasi, bahan bakar alternatif, dan instrumen ekonomi karbon, sehingga pemanfaatan RDF di industri semen dapat berfungsi ganda: menurunkan intensitas emisi dan mengatasi residu padat dari sistem persampahan perkotaan. Namun, target makro tidak otomatis menjelma menjadi kepastian mikro jika pranata hukumnya tidak eksplisit menyebut kategori RDF, standar kualitas, dan tata kelola rantai pasoknya. Dalam horizon NZE, keberhasilan RDF sangat bergantung pada arus insentif dan disinsentif: pajak karbon, kredit karbon, atau pengurangan kewajiban berbasis kinerja, yang harus dirancang kompatibel dengan tujuan jangka panjang. Di sinilah urgensi sinkronisasi lintas-rezim, UU Sampah, UU PPLH, dan regulasi konservasi energi untuk mengatasi “jurang implementasi” antara visi NZE dan praksis pabrik. Tanpa sinkronisasi, RDF berisiko diperlakukan sekadar substitusi bahan bakar tanpa pengakuan legal sebagai alat kebijakan (*policy instrument*) yang diperhitungkan dalam kontribusi penurunan emisi nasional. Oleh karena itu, integrasi RDF ke dalam peta jalan NZE mesti disertai kepastian norma turunan yang mengikat pelaku dan pemberi izin, sebagaimana ditekankan dalam Perpres No. 98 Tahun 2021 tentang Nilai Ekonomi Karbon (Perpres 98/2021) dan diperjelas dalam Permen LHK 21/2022 mengenai tata cara penyelenggaraan NEK. Hal ini sejalan dengan laporan *International Energy Agency* (2021) yang menekankan pentingnya instrumen karbon pricing dalam transisi energi, serta analisis World Bank (2022) yang menunjukkan bahwa mekanisme perdagangan karbon dapat menjadi insentif ekonomi bagi industri semen untuk mengadopsi RDF sebagai bagian dari strategi dekarbonisasi..

Pada aras operasional, Perpres 98/2021 menjadi jangkar konstitusional-kebijakan untuk merancang arsitektur harga karbon yang kompatibel dengan NZE. Perpres ini memperkenalkan ragam mekanisme, antara lain perdagangan karbon, pembayaran berbasis kinerja, dan pungutan karbonserta mengatur Sistem Registri Nasional Pengendalian Perubahan Iklim (SRN PPI) sebagai tulang punggung pencatatan aksi mitigasi dan unit karbon. Bagi RDF, keberadaan SRN PPI membuka koridor hukum agar “manfaat ganda” (*avoidance* metana di TPA dan *displacement* batu bara di *kiln*) dapat diinventarisasi, diukur, dilaporkan, dan diverifikasi dengan menjaga integritas lingkungan. Namun, kunci efektivitasnya terletak pada standar MRV yang spesifik bagi proyek *co-processing* RDF, sehingga tidak timbul *double counting* antara pengurangan emisi di sisi hulu (persampahan) dan hilir (pabrik semen). Tanpa protokol MRV yang jelas, kebijakan NEK rawan menjadi “angka di atas kertas” yang tidak dapat disetarakan dengan standar internasional. Karena itu, memasukkan RDF sebagai “tipe kegiatan prioritas” dalam tata laksana NEK dengan parameter mutu dan jejak karbon, akan

memperkuat kontribusi nyata sektor semen terhadap NZE. (Lihat norma definisi/kerangka NEK dan SRN-PPI dalam Perpres 98/2021). Sebagai contoh, bila pengurangan emisi dari sampah di TPA sudah dihitung sebagai mitigasi, lalu RDF yang dihasilkan dari sampah tersebut kembali dihitung saat digunakan di pabrik semen, maka terjadi penghitungan ganda. Contoh lain adalah ketika kredit karbon dari RDF diperdagangkan oleh industri, sementara pemerintah juga melaporkan reduksi yang sama dalam dokumen NDC. Kondisi ini berisiko melemahkan kredibilitas sistem karbon Indonesia di mata internasional.

Lebih lanjut, Permen LHK 21/2022²⁴ mengoperasionalkan Perpres NEK dengan menguraikan tata laksana perdagangan karbon, pembayaran berbasis kinerja, pungutan karbon, MRV, dan penyelenggaraan SRN PPI. Bagi kegiatan RDF, permen ini menyediakan “rambu lalu lintas” administratif agar unit karbon, baik izin emisi berbasis batas atas (*allowance*) maupun sertifikat pengurangan emisi (SPE-GRK) – dapat masuk ke sistem dengan prosedur yang seragam dan dapat diaudit. Di titik ini, tugas regulator adalah menutup “jurang metodologis” antara metodologi umum MRV dan kebutuhan spesifik RDF (misalnya, metodologi pengukuran *avoidance* metana TPA versus faktor emisi penggantian batu bara dalam *kiln*). Penguatan *governance* SRN-PPI memerlukan perangkat *rulebook* tambahan, seperti pedoman perhitungan emisi terhindar bersih (*net avoided emissions*) untuk proyek RDF yang menyatukan dua sektor. Tanpa itu, risiko *over-crediting* bisa muncul, melemahkan kredibilitas unit karbon domestik di mata pasar internasional. Dengan demikian, Permen LHK 21/2022 idealnya dikembangkan melalui pedoman sektoral RDF yang mengikat otoritas perizinan, pelaku industri, dan verifikator independen. (Lihat pokok materi Permen LHK 21/2022). Dengan demikian, Permen LHK 21/2022 yang dalam Pasal 2 menegaskan ruang lingkup penyelenggaraan NEK, Pasal 6 ayat (1) mewajibkan pencatatan emisi melalui SRN-PPI, dan Pasal 21 menekankan verifikasi independen, menjadi dasar hukum penting bagi integrasi RDF. Hal ini sejalan dengan Perpres 98/2021, khususnya Pasal 3, Pasal 7, dan Pasal 55, yang memperjelas tujuan, instrumen, dan sanksi dalam penyelenggaraan NEK. Dengan mencantumkan pasal-pasal kunci ini, kepastian hukum bagi pemanfaatan RDF dalam skema karbon nasional menjadi lebih presisi dan operasional.

Pasar Karbon Domestik, Bursa Karbon, dan Posisi RDF: Peluang serta Batas Hukum

Sejak 26 September 2023, pemerintah secara resmi meluncurkan Bursa Karbon Indonesia (IDXCarbon) untuk memfasilitasi perdagangan unit karbon yang terintegrasi dengan SRN PPI, di bawah pengawasan OJK. Dari perspektif desain pasar, integrasi Bursa, SRN PPI mendisiplinkan arus unit karbon dan memperkecil ruang *double issuance* karena setiap unit harus terdaftar di registri nasional sebelum diperdagangkan. Struktur ini memberi peluang bagi proyek RDF, baik yang berbasis *avoidance* metana TPA maupun *displacement fosil*, teruntuk memonetisasi kinerja mitigasi, sepanjang metodologi MRV yang diakui tersedia dan

²⁴ Peraturan Menteri Lingkungan Hidup dan Kehutanan Nomor 21 Tahun 2022 tentang Tata Laksana Penerapan Nilai Ekonomi Karbon (2022).

diverifikasi. Namun, peluang ini diimbangi oleh batas-batas hukum yang ketat: Peraturan Otoritas Jasa Keuangan Republik Indonesia Nomor 14 Tahun 2023 tentang Perdagangan Karbon Melalui Bursa Karbon (POJK 14/2023) menata tata kelola penerbitan, pencatatan, dan perdagangan unit karbon, termasuk klasifikasi dan perlindungan investor. Terkait kepatuhan (*compliance*), pasar karbon Indonesia juga bergerak ke arah sistem perdagangan emisi (ETS) intensitas untuk pembangkit listrik, yang sejak 2023–2024 mewajibkan PLTU tertentu dalam jaringan PLN untuk tunduk pada batas emisi sektoral; desain ETS ini menjadi referensi penting bagi sektor lain dalam jangka menengah. Implikasi bagi industri semen adalah perlunya konsistensi lintas-sektor: saat RDF mengurangi intensitas emisi kiln, kebijakan ETS listrik mempengaruhi jejak karbon listrik yang digunakan pabrik secara simultan. Dengan demikian, akuntansi karbon pabrik semen perlu memasukkan interaksi kiln *fuel switching* (RDF) dan *grid decarbonization* (ETS listrik) agar perhitungan intensitas emisi produk semen valid secara sistemik. (Lihat peluncuran IDXCarbon; kerangka pengawasan OJK; ringkasan ETS NEK sektor ketenagalistrikan)²⁵. Interaksi teknis yang dimaksud mencakup *fuel switching* dengan RDF pada kiln pabrik semen dan *grid decarbonization* melalui mekanisme ETS sektor listrik. Kedua faktor ini berpengaruh langsung pada akuntansi karbon karena dapat menimbulkan perbedaan signifikan dalam intensitas emisi produk semen.

Dalam konteks arus internasional, OJK melalui POJK 14/2023²⁶ juga membuka kemungkinan perdagangan karbon lintas batas, sepanjang memenuhi prasyarat pengakuan (*mutual recognition*) dan tata cara pendaftaran yang diatur oleh otoritas. Bagi proyek RDF, isu *additionality* menjadi sorotan utama: kredit yang diterbitkan harus merepresentasikan reduksi emisi yang melampaui praktik bisnis lazim (*business-as-usual*) dan regulasi yang sudah mewajibkan. Integritas lingkungan juga menuntut konsistensi dengan Article 6 Paris Agreement, terutama *corresponding adjustment* untuk mencegah *double claiming* antara NDC Indonesia dan pembeli internasional. Kerangka SRN PPI yang berfungsi *sebagai single source of truth* menjadi vital untuk rekonsiliasi akuntansi ketika unit karbon diperdagangkan ke luar negeri. Pada saat yang sama, metodologi RDF harus kompatibel dengan standar yang lazim di pasar global, seperti *Verified Carbon Standard* atau *Gold Standard*, jika kredit hendak dipasarkan ke bursa internasional. Tanpa kompatibilitas metodologis dan dokumentasi *chain-of-custody* (asal-usul RDF, komposisi, faktor emisi), unit RDF domestik berisiko terdiskon atau tidak bankable di pasar global karena lemahnya kompatibilitas metodologi dengan standar internasional, seperti *Verified Carbon Standard* atau *Gold Standard*. Risiko ini semakin besar apabila tata kelola lintas-batas (*cross-border governance*), integrasi dengan Sistem Registri Nasional Pengendalian Perubahan Iklim (SRN PPI), serta pemenuhan prasyarat pengakuan kredit karbon tidak terpenuhi sebagaimana disyaratkan oleh Article 6 Paris Agreement.

²⁵ Mohammad Ali Rajaeifar et al., "Electricity Generation and GHG Emission Reduction Potentials through Different Municipal Solid Waste Management Technologies: A Comparative Review," *Renewable and Sustainable Energy Reviews* 79 (2017): 414–39, <https://doi.org/10.1016/j.rser.2017.04.109>.

²⁶ Peraturan Otoritas Jasa Keuangan Nomor 14/POJK.04/2023 tentang Perdagangan Karbon melalui Bursa Karbon (2023).

Klasifikasi unit karbon sebagai efek (sekuritas) dalam tafsir kebijakan menunjukkan implikasi hukum pasar modal yang tidak bisa diabaikan oleh pelaku industri semen yang hendak memonetisasi pengurangan emisi dari RDF. Konsekuensinya, kegiatan korporasi, mulai dari pengungkapan (*disclosure*), penawaran, hingga transaksi sekunder, akan tunduk pada kerangka perlindungan investor dan ketentuan anti-manipulasi pasar. Hal ini tepat untuk menjaga integritas pasar, tetapi di sisi lain meningkatkan biaya kepatuhan bagi emiten dan pemilik proyek, termasuk kewajiban dokumentasi dan audit. Agar tidak menjadi beban yang kontra-produktif, regulator perlu menyediakan jalur yang proporsional (*proportionate regulation*) untuk proyek berskala kecil-menengah, misalnya skema pendaftaran ringan, panduan pengungkapan yang ringkas, dan *sandbox* metodologi perintis untuk RDF. Melalui pendekatan berjenjang, pasar karbon bisa inklusif tanpa mengorbankan tata kelola. (Posisi unit karbon dan integrasi Bursa–SRN PPI).

CBAM Uni Eropa, Jejak Karbon Produk Semen, dan Strategi Hukum Berbasis RDF

Carbon Border Adjustment Mechanism (CBAM) Uni Eropa memasuki fase transisi sejak 2023 dengan pelaporan intensif dan akan berlaku penuh mulai 1 Januari 2026, mencakup sektor intensif karbon termasuk semen. Bagi eksportir ke pasar Eropa, CBAM mewajibkan pembelian sertifikat CBAM setara emisi terinkorporasi dalam barang yang diimpor, diselaraskan dengan harga EU ETS²⁷. Walaupun porsi ekspor semen Indonesia ke pasar Uni Eropa tidak besar, implikasi benchmark CBAM jauh melampaui ekspor: ia menciptakan harga bayangan (*shadow price*) atas karbon produk yang menjadi standar rujukan global. Dalam konteks ini, RDF adalah instrumen penurunan intensitas emisi produk semen berbasis kiln *fuel-switching* yang dapat memperbaiki posisi kompetitif jika metrik jejak karbon produk memenuhi metodologi UE. Tantangannya adalah konvergensi MRV: metodologi domestik yang dipakai untuk menghitung pengurangan emisi RDF harus terjemahan fungsional dari metodologi yang diakui UE, termasuk cakupan emisi langsung dan tidak langsung serta faktor emisi listrik. Tanpa konvergensi, produsen menghadapi biaya kepatuhan ganda dan risiko ketidak terterimaan laporan jejak karbon oleh otoritas Eropa. Karenanya, Kementerian teknis bersama pelaku industri perlu menyusun protokol LCA (*life cycle assessment*) produk semen yang selaras dengan CBAM. Fase transisi CBAM berlaku sejak Oktober 2023 hingga akhir 2025, dan penerapan penuh dimulai pada 2026, sebagaimana diatur dalam Regulation (EU) 2023/956 tentang *Carbon Border Adjustment Mechanism*, serta diperinci dalam *Commission Implementing Regulation* (EU) 2023/1773 mengenai aturan pelaksanaan fase transisi.

Dari aspek hukum ekonomi, CBAM menstimulasi *ratchet effect* regulasi domestik untuk mengejar ekivalensi standar. Bagi RDF, ini berarti cepat atau lambat Indonesia mesti memiliki SNI kualitas RDF dan protokol MRV setara standar pasar tujuan. Selain itu, CBAM mendorong

²⁷ Valtteri Ranta et al., “Exploring Institutional Drivers and Barriers of the Circular Economy: A Cross-Regional Comparison of China, the US, and Europe,” *Resources, Conservation and Recycling* 135 (2018): 70–82, <https://doi.org/10.1016/j.resconrec.2017.08.017>.

pengaturan pelacakan rantai nilai (*traceability*) untuk bahan bakar alternatif: dari komposisi RDF, kadar klorin/logam berat, nilai kalor, hingga asal TPA dan proses preparasi. Aspek ini tidak semata teknis;²⁸ CBAM menjadi kewajiban hukum karena informasi tersebut membentuk substansi pernyataan lingkungan (*environmental claims*) yang, jika tidak akurat, berpotensi menimbulkan tanggung jawab perdata (*misrepresentation*) dan sanksi administratif. Di ranah persaingan usaha, standar CBAM dapat menjadi penghalang non-tarif yang mengubah struktur pasar; oleh karena itu, respons kebijakan domestik perlu memastikan *level playing field* melalui insentif transisi bagi pabrik yang mengadopsi RDF dan skema kompensasi biaya kepatuhan yang terarah. Dengan demikian, CBAM bukan sekadar tantangan, tetapi juga pemicu reformasi yang menempatkan RDF sebagai batu pijakan dekarbonisasi produk semen Indonesia, dengan merujuk pada ketentuan *Regulation (EU) 2023/956*. Dalam konteks ini, kebijakan domestik dapat memasukkan skema kompensasi, seperti insentif transisi bagi pabrik semen yang menggunakan RDF, subsidi biaya kepatuhan MRV, atau mekanisme kredit karbon domestik melalui IDXCarbon. Hal ini penting agar industri tetap memiliki daya saing sekaligus memenuhi standar global yang dipersyaratkan CBAM.

Titik Rawan Konflik Hukum dalam Proyek RDF Karbon: Double Counting, Additionality, MRV, dan Keadilan Distribusi

Terdapat sedikitnya empat titik rawan konflik hukum pada proyek RDF yang terhubung ke pasar karbon. Pertama, *double counting*: potensi *double claiming* dapat muncul ketika pengurangan emisi dari RDF dihitung sekaligus pada sektor persampahan (*avoidance* metana di TPA) dan pada sektor industri semen (*displacement* batu bara), atau ketika unit yang sama diklaim untuk pemenuhan NDC dan dijual di pasar internasional tanpa *corresponding adjustment*. Untuk mencegahnya, SRN PPI harus menjadi titik tunggal pencatatan dan rekonsiliasi, didukung *rulebook* yang mengatur alokasi hak klaim lintas-sektor pada proyek RDF. Kedua, *additionality*: kredit harus merepresentasikan reduksi yang melampaui kewajiban regulasi dan praktik lazim; jika ke depan standar mutu RDF atau porsi substitusi minimum diwajibkan, maka sebagian “ruang kredit” akan menyempit dan perlu penyesuaian metodologi. Ketiga, MRV: perbedaan metodologi perhitungan antara *avoidance* metana (berbasis dinamika *landfill*) dan *displacement* fosil (berbasis faktor emisi kiln) menuntut metode hibrida yang menghindari *over-crediting*; auditor independen mesti memiliki kompetensi ganda di kedua domain. Keempat, keadilan distribusi: pembagian manfaat ekonomi karbon antara pemerintah daerah (penyedia RDF/TPA), pengelola fasilitas RDF, dan pabrik semen harus transparan untuk menghindari sengketa perdata/administratif. Jika keempat simpul rawan ini tidak ditangani, proyek RDF berisiko tersandung litigasi atau kehilangan akses ke pasar karbon domestik dan internasional. (Kedudukan SRN PPI dan kerangka NEK sebagai mitigasi titik rawan). Sementara itu, titik rawan konflik hukum mengenai *double counting* perlu

²⁸ M. Georgiopolou and G. Lyberatos, “Life Cycle Assessment of the Use of Alternative Fuels in Cement Kilns: A Case Study,” *Journal of Environmental Management* 216 (2018): 224–34, <https://doi.org/10.1016/j.jenvman.2017.07.017>.

merujuk pada Perpres 98/2021 Pasal 6–9 yang mewajibkan adanya mekanisme pencegahan klaim ganda, serta UU 32/2009 Pasal 65–69 yang menegaskan hak atas lingkungan hidup yang sehat. Untuk aspek *additionality*, relevansinya didasarkan pada UU No. 16 Tahun 2016 tentang Paris Agreement (UU 16/2016) yang mewajibkan reduksi emisi di luar business as usual, serta Permen LHK 21/2022 yang mengatur validitas kredit karbon. Sedangkan untuk standar MRV, Perpres 98/2021 Pasal 23–27 dan lampiran teknis dalam Permen LHK 21/2022 menjadi rujukan hukum positif. Akhirnya, isu keadilan distribusi berlandaskan pada Pasal 28H ayat (1) UUD 1945 serta UU 23/2014 yang memberi mandat kepada pemerintah daerah dalam pengelolaan sumber daya lingkungan

Di samping itu, bangunan hukum pasar karbon domestik memperkenalkan koridor kepatuhan baru yang berkelindan dengan hukum pasar modal. Dengan POJK 14/2023, tata kelola pencatatan dan perdagangan unit karbon di bursa meniscayakan standar pengungkapan, kehati-hatian, dan pencegahan manipulasi yang lazim di pasar efek. Ini baik bagi integritas, tetapi menambah biaya transaksi dan biaya kepatuhan yang bisa menekan kelayakan proyek RDF berskala kecil-menengah. Resep kebijakannya adalah regulasi berjenjang: menyederhanakan persyaratan bagi proyek dengan volume kredit kecil sambil menjaga kualitas data dan verifikasi, serta membuka jalur pengakuan (*recognition*) bagi metodologi RDF yang telah teruji di pasar internasional. Pada saat yang sama, sambungan ke ETS di sektor kelistrikan memberi sinyal harga karbon, yang meski awalnya lemah tetap penting sebagai referensi biaya peluang bagi pabrik semen. Dalam horizon ini, RDF plus efisiensi termal kiln menjadi strategi komposit yang *robust*: ia mengurangi emisi langsung, menekan eksposur terhadap harga karbon, dan memperbaiki jejak karbon produk menghadapi CBAM. Kerangka pengawasan OJK; status ETS dan integrasi registri.

Implikasi Praktis bagi PT Indocement Tunggal Prakarsa: Pemetaan Kepatuhan dan Strategi Hukum

Bagi PT Indocement Tunggal Prakarsa (ITP) yang menargetkan bauran bahan bakar alternatif 42% pada 2030, arsitektur kepatuhan karbon perlu dibangun melalui *legal compliance* yang tegas dan sistematis. Basis hukum utama adalah Perpres 98/2021 dan Permen LHK 21/2022 yang mengatur registrasi unit karbon dalam SRN-PPI. Implementasinya menuntut ITP menyiapkan pedoman MRV internal khusus RDF (hulu-hilir), sinkronisasi dengan verifikator dan regulator, serta penerapan matriks risiko untuk mengantisipasi sengketa kualitas RDF maupun alokasi klaim emisi dengan mitra TPA. Analisis mendalam pada tahap ini menunjukkan bahwa tanpa standar MRV yang solid, posisi hukum ITP dalam pasar karbon domestik maupun internasional akan lemah, berpotensi menimbulkan *reputational risk* dan menurunkan daya saing perusahaan di sektor semen. Oleh karena itu, kepatuhan tahap awal tidak hanya bersifat administratif, tetapi menjadi landasan strategis yang memengaruhi keberterimaan produk semen Indonesia di pasar global, termasuk dalam kerangka CBAM Uni Eropa.

Selanjutnya, ITP perlu memastikan kesiapan dokumen pada level operasional, mulai dari registrasi unit, bukti validasi/verifikasi, hingga *chain-of-custody* yang menghindarkan risiko ganda klaim. Pada level ini, peran pembiayaan hijau melalui taksonomi transisi juga harus dimanfaatkan untuk menekan biaya kepatuhan. Selain itu, untuk memenuhi persyaratan *product compliance*, ITP wajib menyiapkan LCA produk semen yang kompatibel dengan standar CBAM, mencakup perhitungan emisi listrik (*scope 2 indirect emissions*) dan faktor campuran klinker (*clinker ratio*) yang berpengaruh besar terhadap intensitas emisi per ton semen. Dengan demikian, strategi tiga lapis pertahanan (*legal compliance, market compliance, dan product compliance*) dapat menjadi peta jalan hukum dan bisnis bagi ITP untuk mengurangi risiko litigasi, menjaga reputasi, sekaligus membuka akses lebih luas pada perdagangan karbon domestik dan internasional²⁹.

Pada akhirnya, untuk menjaga kredibilitas dan bankability proyek, ITP dan asosiasi industri semen dapat mendorong SNI RDF yang mencakup spesifikasi nilai kalor minimal, kadar air, batas klorin dan logam berat, serta prosedur sampling dan uji mutu yang disesuaikan dengan kondisi kiln domestik. Secara hukum, SNI akan menjadi rujukan teknis dalam perizinan lingkungan dan pengawasan berkala, sekaligus jembatan harmonisasi dengan standar internasional. Di ranah pasar, kejelasan SNI dan MRV memungkinkan proyek RDF untuk menghasilkan unit karbon berkualitas yang diakui di IDXCarbon dan berpotensi mendapat *mutual recognition* di bursa luar negeri. Pada wilayah sosial, standardisasi mengurangi asimetri informasi dengan masyarakat sekitar pabrik, menekan resistensi berbasis kekhawatiran polusi, dan memperkuat legitimasi sosial (*social license to operate*). Dengan demikian, RDF dapat bergerak dari status “inovasi teknis yang menjanjikan” menjadi “kebijakan industri yang terlembagakan” dalam jejaring NZE, pasar karbon, dan tata kelola lingkungan modern Indonesia. Integrasi SRN PPI, kerangka NEK, dan penguatan standar³⁰.

Selain itu, mekanisme partisipasi masyarakat juga perlu ditegaskan dalam reformasi hukum pemanfaatan RDF. Hal ini sesuai dengan prinsip *environmental democracy* yang menekankan hak masyarakat atas informasi, hak untuk berpartisipasi, dan hak atas keadilan. Bentuk partisipasi dapat berupa konsultasi publik dalam penyusunan standar RDF, *citizen law suit* untuk mengawasi potensi pelanggaran pencemaran, serta pelibatan komunitas lokal dalam pengelolaan TPA dan pemantauan kualitas lingkungan. Dengan mengintegrasikan partisipasi masyarakat secara substansial, legitimasi sosial terhadap RDF akan lebih kuat, potensi konflik dapat diminimalkan, serta efektivitas kebijakan transisi energi dapat lebih terjamin.

²⁹ Dong Lv et al., “Effects of Co-Processing Sewage Sludge in the Cement Kiln on PAHs, Heavy Metals Emissions and the Surrounding Environment,” *International Journal of Environmental Research and Public Health* 15, no. 4 (2018): 698, <https://doi.org/10.3390/ijerph15040698>.

³⁰ Ben Bradshaw, “Waste Law and the Value of Food,” *Journal of Environmental Law* 30, no. 1 (2018): 75–103, <https://doi.org/10.1093/jel/eqy009>.

PENUTUP

Simpulan

Berdasarkan hasil analisis normatif-yuridis, dapat ditegaskan bahwa posisi RDF dalam kerangka hukum lingkungan Indonesia masih bersifat implisit dan parsial UU 18/2008 dan UU 32/2009 memang memberikan dasar hukum untuk pemanfaatan limbah sebagai sumber energi. Namun, tidak terdapat ketentuan normatif yang secara khusus menyebut RDF, sehingga menimbulkan ruang interpretasi yang luas dan potensi disharmoni antar-instrumen hukum. Kondisi ini berimplikasi pada lemahnya kepastian hukum bagi pelaku usaha dan aparat penegak hukum dalam menilai legalitas penggunaan RDF di sektor industri semen.

Keterkaitan RDF dengan agenda transisi energi menuju NZE 2060 menunjukkan potensi strategis yang signifikan. RDF sesungguhnya dapat diposisikan sebagai instrumen ganda, yakni sarana pengelolaan sampah berkelanjutan sekaligus pengganti energi fosil yang menyumbang emisi besar dalam industri semen. Namun, absennya pengaturan RDF dalam kebijakan energi nasional menjadikan peran tersebut belum memperoleh legitimasi yuridis yang memadai. Tanpa kerangka hukum yang jelas, RDF sulit ditempatkan sebagai bagian integral dari kebijakan energi berkelanjutan, sehingga pemanfaatannya cenderung bersifat *ad-hoc* dan bergantung pada kebijakan teknis di tingkat daerah maupun korporasi.

Hasil penelitian ini juga menyingkap adanya disharmoni regulasi yang nyata, terutama antara UU 18/2008, UU 32/2009, serta PP 70/2009. UU 18/2008 menekankan aspek teknis pemanfaatan limbah, sedangkan UU 32/2009 lebih menekankan aspek pengendalian pencemaran, sementara regulasi energi tidak secara eksplisit mengakui RDF sebagai bagian dari diversifikasi energi nasional. Ambiguitas tersebut melahirkan ketidakpastian hukum dalam penerbitan izin, mekanisme pengawasan, serta akuntabilitas lingkungan, sehingga menempatkan industri semen dalam posisi rawan sengketa baik dengan masyarakat maupun dengan otoritas pemerintah daerah. Dengan demikian, pembaruan hukum diperlukan untuk menyinergikan regulasi sektoral agar dapat menghadirkan kepastian dan konsistensi.

Saran

Atas dasar itu, kebutuhan reformasi hukum menjadi sangat mendesak. Reformasi dimaksud mencakup penyusunan regulasi khusus yang secara tegas mengatur RDF, penerbitan SNI tentang kualitas RDF, serta integrasi RDF ke dalam kebijakan NZE 2060. Di samping itu, reformasi hukum lingkungan tidak dapat dilepaskan dari prinsip-prinsip partisipasi publik. Mekanisme *citizen law suit*, keterlibatan masyarakat dalam konsultasi publik, serta hak akses terhadap informasi lingkungan harus diperkuat agar legitimasi sosial terhadap kebijakan pemanfaatan RDF semakin kokoh. Dengan demikian, pemanfaatan RDF tidak hanya memperoleh legitimasi normatif dari instrumen hukum positif, tetapi juga memperoleh legitimasi sosiologis dan moral sebagai instrumen transisi energi yang adil, berkelanjutan, dan sesuai dengan prinsip keadilan antar-generasi.

DAFTAR PUSTAKA

Jurnal

- Bradshaw, Ben. "Waste Law and the Value of Food." *Journal of Environmental Law* 30, no. 1 (2018): 75–103. <https://doi.org/10.1093/jel/eqy009>.
- Friant, Martin C., Walter J.V. Vermeulen, and Roberta Salomone. "A Typology of Circular Economy Discourses: Navigating the Diverse Visions of a Contested Paradigm." *Resources, Conservation and Recycling*, ahead of print, 2018. <https://doi.org/10.1016/j.resconrec.2018.10.019>.
- Georgiopoulou, M., and G. Lyberatos. "Life Cycle Assessment of the Use of Alternative Fuels in Cement Kilns: A Case Study." *Journal of Environmental Management* 216 (2018): 224–34. <https://doi.org/10.1016/j.jenvman.2017.07.017>.
- Hartley, Kenneth, Raymond van Santen, and Julian Kirchherr. "Policies for Transitioning Towards a Circular Economy: Expectations and Realities from the EU Case." *Journal of Industrial Ecology* 22, no. 5 (2018): 887–98. <https://doi.org/10.1111/jiec.12645>.
- Kirchherr, Julian, Laura Piscicelli, Ruben Bour, et al. "Barriers to the Circular Economy: Evidence from the European Union (EU)." *Ecological Economics* 150 (2018): 264–72. <https://doi.org/10.1016/j.ecolecon.2018.04.028>.
- Kirchherr, Julian, Denise Reike, and Marko Hekkert. "Conceptualizing the Circular Economy: An Analysis of 114 Definitions." *Resources, Conservation and Recycling* 127 (2017): 221–32. <https://doi.org/10.1016/j.resconrec.2017.09.005>.
- Kumar, Ashok, and Sukha Ranjan Samadder. "A Review on Technological Options of Waste to Energy for Effective Management of Municipal Solid Waste." *Waste Management* 69 (2017): 407–22. <https://doi.org/10.1016/j.wasman.2017.08.046>.
- Lv, Dong, Tianle Zhu, Runwei Liu, et al. "Effects of Co-Processing Sewage Sludge in the Cement Kiln on PAHs, Heavy Metals Emissions and the Surrounding Environment." *International Journal of Environmental Research and Public Health* 15, no. 4 (2018): 698. <https://doi.org/10.3390/ijerph15040698>.
- Malinauskaite, Jurgita, Hussam Jouhara, Dagna Czajczyńska, et al. "Municipal Solid Waste Management and Waste-to-Energy in the Context of a Circular Economy and Energy Recycling in the EU." *Energy* 141 (2017): 2013–44. <https://doi.org/10.1016/j.energy.2017.11.128>.
- Naranjo, Rodrigue, Ali M. Fathollahi-Fard, and Kannan Govindan. "Circular Supply Chain Management: A Comprehensive Review." *Journal of Cleaner Production* 201 (2018): 1–14. <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2018.08.307>.
- Narassimhan, Easwaran, Kelly Sims Gallagher, Stefan Koester, and Julio Rivera Alejo. "Carbon Pricing in Practice: A Review of Existing Emissions Trading Systems." *Climate Policy* 18, no. 8 (2018): 967–91. <https://doi.org/10.1080/14693062.2018.1467827>.
- Niestroy, Ingeborg. "How Are We Getting Ready? The 2030 Agenda for Sustainable Development in the EU and Its Member States ; Analysis and Action so Far." *Discussion Paper / Deutsches Institut Für Entwicklungspolitik* 2016/9. Deutsches Institut für Entwicklungspolitik, 2016.
- Rajaeifar, Mohammad Ali, Hossein Ghanavati, Behrouz Bakhsh Dashti, Reinout Heijungs, Mortaza Aghbashlo, and Meisam Tabatabaei. "Electricity Generation and GHG Emission Reduction Potentials through Different Municipal Solid Waste Management

- Technologies: A Comparative Review." *Renewable and Sustainable Energy Reviews* 79 (2017): 414–39. <https://doi.org/10.1016/j.rser.2017.04.109>.
- Ranta, Valtteri, Leena Aarikka-Stenroos, Paavo Ritala, and Saku J. Mäkinen. "Exploring Institutional Drivers and Barriers of the Circular Economy: A Cross-Regional Comparison of China, the US, and Europe." *Resources, Conservation and Recycling* 135 (2018): 70–82. <https://doi.org/10.1016/j.resconrec.2017.08.017>.
- Scarpellini, Sabina, Jose Valero-Gil, and Pilar Portillo-Tarragona. "Definition and Measurement of the Circular Economy's Regional Impact." *Journal of Environmental Planning and Management*, ahead of print, 2018. <https://doi.org/10.1080/09640568.2018.1537974>.
- Schneider, Lambert, Maosheng Duan, Robert N. Stavins, et al. "Double Counting and the Paris Agreement Rulebook." *Climate Policy*, ahead of print, 2018. <https://doi.org/10.1080/14693062.2018.1521332>.
- Song, Jinbo, Yan Sun, and Lulu Jin. "PESTEL Analysis of the Development of the Waste-to-Energy Incineration Industry in China." *Renewable and Sustainable Energy Reviews* 80 (2017): 276–89. <https://doi.org/10.1016/j.rser.2017.05.066>.
- Tang, Bingran, Bing Zhu, Shaozhou Qi, and Feng Jiang. "Market Structure and Carbon Pricing under Different Allowance Allocation Mechanisms: Evidence from China's ETS Pilots." *Climate Policy*, ahead of print, 2018. <https://doi.org/10.1080/14693062.2018.1454882>

Peraturan Perundangan-undangan

Undang Undang Dasar 1945.

Undang-Undang Nomor 18 Tahun 2008 tentang Pengelolaan Sampah.

Peraturan Pemerintah Nomor 70 Tahun 2009 tentang Konservasi Energi.

Peraturan Menteri Energi dan Sumber Daya Mineral Nomor 14 Tahun 2012 tentang Manajemen Energi.

Peraturan Otoritas Jasa Keuangan Nomor 14/POJK.04/2023 tentang Perdagangan Karbon melalui Bursa Karbon.