

Tata Kelola Industri Gula untuk Pangan Berkelanjutan: Ulasan Perbandingan antara Brazil dan Indonesia

Jamaludin¹, Raldi Hendro Toro Seputro Koestoer², Kosuke Mizuno³ dan Reda Rizal⁴

¹Environmental Science School, Universitas Indonesia, Jakarta, Indonesia, Jakarta, Indonesia; e-mail: zamelfkm@yahoo.co.id

²Environmental Science School, Universitas Indonesia, Jakarta, Indonesia & Coordinating Ministry for Economic Affairs, Jakarta, Indonesia; e-mail: ralkoest@gmail.com

³Environmental Science School, Universitas Indonesia, Jakarta, Indonesia

⁴Study Program Industrial Engineering, Faculty of Engineering Universitas Pembangunan Nasional Veteran Jakarta, Indonesia

ABSTRAK

Indonesia memiliki potensi mengembangkan industri gula berkelanjutan. Dalam menuju industri berkelanjutan dibutuhkan tata kelola dalam industri gula sehingga dapat mendorong produktivitas dan meningkatkan daya saing tinggi serta mendukung keberlanjutan lingkungan. Tujuan dari penelitian ini adalah mengulas dan membandingkan tata kelola industri gula antara Brazil dan Indonesia, sehingga dapat menghasilkan rekomendasi yang tepat dalam tata kelola Industri gula. Pendekatan penelitian ini dilakukan dengan metode kualitatif dengan studi literatur penelitian di Brazil dan literatur lainnya. Industri gula di Brazil berkembang melalui penetapan kebijakan melalui undang-undang Renovabio dalam mengembangkan biofuel. Pemerintah Brazil memberikan insentif untuk mendorong pelaku industri gula di Brazil dalam menerapkan industri gula berkelanjutan. Hal tersebut bertujuan untuk mengurangi efek gas rumah kaca (GRK). Hal tersebut mendorong industri gula di Brazil memiliki produktivitas dan daya saing tinggi secara global. Produktivitas Industri gula di Indonesia dibandingkan Brazil sangat rendah. Pada periode tahun 2010 hingga 2020, hasil produksi gula di Indonesia hanya sekitar 5 ton per hektar dengan rata-rata yield 68,85-ton tebu per hektar. Sedangkan, yield perkebunan tebu di Brazil rata-rata di atas 70 ton per hektar. Dalam tata kelola, Brazil juga menggunakan teknologi pertanian pada industri hulu, dan didukung dengan kebijakan energi terbarukan tersebut.

Kata kunci: Penelitian perbandingan, industri gula tebu, tata kelola industri gula, pangan berkelanjutan, industri gula berkelanjutan

ABSTRACT

Indonesia has the potential to develop a sustainable sugar industry. In moving towards a sustainable industry, governance is needed in the sugar industry so that it can encourage productivity increase high competitiveness, and support environmental sustainability. This research aims to review and compare the governance of the sugar industry between Brazil and Indonesia so that it can produce appropriate recommendations for the governance of the sugar industry. This research approach was carried out using qualitative methods by studying research literature in Brazil and other literature. The sugar industry in Brazil developed through the establishment of policies through the Renovabio law in developing biofuels. The Brazilian government provides incentives to encourage sugar industry players in Brazil to implement a sustainable sugar industry. This aims to reduce the effects of greenhouse gases (GHG). This encourages the sugar industry in Brazil to have high productivity and competitiveness globally. The productivity of the sugar industry in Indonesia compared to Brazil is very low. In the period 2010 to 2020, sugar production in Indonesia was only around 5 tons per hectare with an average yield of 68.85 tons of sugar cane per hectare. Meanwhile, the average yield of sugar cane plantations in Brazil is above 70 tons per hectare. In governance, Brazil also uses agricultural technology in upstream industries and is supported by this renewable energy policy.

Keywords: Comparative Research; Sugarcane Industry; Sugarcane Governance; Sustainable Food; Sustainable Sugarcane

Citation: Jamaludin, Koestoer, R. H. T. S., Mizuno, K., dan Rizal, R. (2024). Tata Kelola Industri Gula untuk Pangan Berkelanjutan: Ulasan Perbandingan antara Brazil dan Indonesia. *Jurnal Ilmu Lingkungan*, 22(2), 472-483, doi:10.14710/jil.22.2.472-483

1. Pendahuluan

Pertumbuhan ekonomi global dan pemulihan kondisi pandemik COVID-19 mendorong pertumbuhan konsumsi gula secara global. Pada

periode 2021, perdagangan gula global diperkirakan sekitar 60 juta ton, sedikit lebih turun dari volume tahun sebelumnya (OECD/FAO, 2022). Brazil adalah produsen gula terbesar di dunia, dan pengeksport gula

terbesar dengan jumlah sebesar 49% ekspor gula dunia (OECD/FAO, 2022). Setelah tahun 1973, pemerintah Brazil mendorong penggunaan bahan bakar nabati ethanol sebagai bahan bakar alternatif (Michael M. Abaa et al.). Hal tersebut dipicu krisis minyak yang terjadi di Brazil. Sejak saat itu, industri tebu di Brazil semakin berkembang. Peningkatan hasil dan keuntungan ekonomi menjadi fokus utama produsen tebu di Brazil. Penggunaan energi alternatif berupa ethanol sebagai upaya dalam mengatasi persoalan isu lingkungan terkait gas rumah kaca (GRK) dan perubahan iklim (Rossetto et al., 2022).

Saat ini, Brazil adalah penghasil dan pengekspor gula terbesar, dan Brazil juga sebagai penghasil dan pengekspor ethanol terbesar kedua (Ottoa Rafael et al., 2022). Pengembangan produk bioethanol di Brazil berhasil mendorong peningkatan perekonomian dan memberikan dampak positif dalam perkembangan sosial ekonomi (Gilio & Azanha Ferraz Dias de Moraes, 2016). Pemerintah Brazil pun menetapkan satu kebijakan terkait dengan bioethanol yakni *RenovaBio*, untuk memperkuat tata kelola industri gula berkelanjutan. Undang-undang *Renovabio* adalah bagian dari komitmen Brazil di bawah Perjanjian Paris untuk mengurangi GRK sebesar 43% hingga tahun 2030, dengan baseline tahun 2005 (Rossetto et al., 2022). Tata Kelola industri gula di Brazil terbukti mampu mendorong peningkatan produktivitas dan daya saing industri gula mereka. Hal tersebut dapat dijadikan acuan bagi Indonesia dalam meningkatkan produktivitas dan daya saing, khususnya pada Industri gula.

Di Indonesia, industri gula menjadi salah satu komoditas utama dan strategis perekonomian Indonesia (Kusnadi et al., 2011). Indonesia mempunyai keunggulan komparatif sebagai produsen gula tebu dari sisi sumber daya alam dan iklim, mengingat tebu merupakan tanaman tropis yang secara alamiah tumbuh meluas di daerah tropis (Iwan & rasbin, 2012). Menurut data BPS (2020) impor gula Indonesia mengalami peningkatan sebesar 23,54% dari tahun 2017 hingga tahun 2020. Thailand adalah negara asal pengimpor gula terbesar bagi Indonesia, bahkan jumlah impor gula dari Thailand pada tahun 2017 hingga tahun 2019 mengalahkan produksi gula Indonesia pada tahun yang sama. Berdasarkan data BPS (2020), produksi gula di Indonesia dari tahun 2010 hingga tahun 2020 cenderung stagnan. Hal ini mengimplikasikan bahwa ketahanan pangan pada komoditas gula di Indonesia mengkhawatirkan. Selain itu, pertumbuhan penduduk di Indonesia mendorong peningkatan terhadap konsumsi gula di Indonesia. Kondisi tersebut berdampak terhadap meningkatnya jumlah impor di Indonesia. Padahal industri gula Indonesia pernah mengalami masa kejayaan pada era kolonial sebagai produsen terbesar dunia (Wahyuni, 2009). Oleh karena itu, Indonesia perlu mengatur strategi dalam mengoptimalkan potensi sumber daya khususnya pada industri gula. Bagi Industri gula, penerapan pembangunan berkelanjutan merupakan

suatu tantangan besar (García-Bustamante et al., 2018).

Pada bulan November 2022, pemerintah Indonesia meluncurkan program Bio Ethanol Tebu untuk ketahanan energi (ESDM, 2023). Kemudian, pada pertengahan tahun 2023 pemerintah Indonesia menerbitkan kebijakan melalui Peraturan Presiden nomor 40 Tahun 2023 tentang percepatan swasembada gula nasional dan penyediaan bioethanol sebagai bahan bakar nabati. Hal ini merupakan langkah positif dalam memperbaiki tata kelola industri gula di Indonesia. Pada paper ini, penulis menggunakan pendekatan kualitatif dan tinjauan literatur terkait dengan industri gula berkelanjutan. Tujuan dari paper ini adalah untuk mengulas dan membandingkan tata kelola industri gula antara Brazil dan Indonesia untuk pembangunan pangan berkelanjutan.

1.1. Pembangunan Berkelanjutan

Pembangunan berkelanjutan adalah pembangunan yang memenuhi kebutuhan generasi sekarang tanpa mengurangi kemampuan pada generasi mendatang untuk memenuhi kebutuhan dan aspirasinya (Bruntland, 1987). Konsep pembangunan berkelanjutan sangat penting untuk perekonomian, sosial, dan lingkungan. Pembangunan berkelanjutan secara konprehensif didefinisikan sebagai strategi untuk memenuhi kebutuhan populasi dunia saat ini, tanpa menyebabkan efek buruk pada kesehatan dan lingkungan atau mengorbankan generasi pada masa mendatang (Jilcha & Kitaw, 2017). Menurut Miller & Spoolman (2018) terdapat enam prinsip dalam keberlanjutan yakni sumber kehidupan alami seperti energi matahari, aktivitas manusia, dan solusi untuk menyelesaikan masalah lingkungan. Kemudian, tiga prinsip lainnya yakni penetapan harga untuk penyelesaian masalah lingkungan, win-win solution, dan tanggung jawab untuk generasi masa depan. Pada industri pertanian, keberlanjutan pertanian setidaknya harus mencakup penyelesaian permasalahan pada tiga pilar dasar pembangunan berkelanjutan secara bersama yakni masalah lingkungan, ekonomi, dan sosial yang terkait dengan praktik pertanian (Lampridi et al., 2019).

Pada abad 21, pertanian terus menjadi mesin pembangunan dan terus menghadapi tantangan seperti degradasi sumber daya alam, perubahan iklim, perdagangan bebas dan pengembangan teknologi baru (Soldi et al., 2019). Pada penelitian di Brazil mencatat bahwa kebijakan biofuel dalam industri gula tebu secara bertahap menghasilkan efek positif baik secara ekonomi maupun lingkungan (Moraes et al., 2015). Dalam penelitian lainnya dampak dari perluasan areal budidaya tebu di Brazil dan keberadaan pabrik pengolahan ethanol dan gula memiliki efek positif dalam perkembangan sosial ekonomi (Gilio & Azanha Ferraz Dias de Moraes, 2016). Beberapa permasalahan aspek sosial dalam industri gula yang relevan adalah penggunaan tenaga kerja, biaya tenaga kerja, akses terhadap pengetahuan

terkait industri gula, akses terhadap keuangan, akses terhadap sumber daya alam, hak atas tanah, penggunaan lahan dan pendapatan (Sawaengsak & Gheewala, 2017).

Menurut sebuah penelitian, peningkatan produksi tebu berimplikasi terhadap peningkatan limbah industri gula (Bhatnagar et al., 2016). Limbah yang dihasilkan diantaranya limbah pada seperti ampas tebu dan juga limbah cair. Hal yang sama juga disampaikan pada penelitian lain, industri gula tebu menghasilkan limbah ampas tebu dalam jumlah besar (Nunes et al., 2020). Pada industri gula, limbah atau residu yang dihasilkan dapat dimanfaatkan kembali untuk mengurangi dampak lingkungan dan juga sebagai produk sampingan dalam meningkatkan perekonomian. Produk sampingan atau limbah dari industri tebu diantaranya digunakan untuk batu bata bangunan (Faria et al., 2012), endapan lumpur dan sisa air produksi yang dimanfaatkan untuk kesuburan tanah (Sahu, 2020). Pada penelitian lain, ampas tebu juga dapat digunakan sebagai bahan bakar pengganti energi fosil untuk pembangkit listrik (Khoodaruth, 2016). Ampas tebu adalah salah satu limbah yang memiliki nilai tinggi dan mendukung ekonomi sirkular.

2. Metode Penelitian

Pada penelitian ini pendekatan yang dilakukan menggunakan pendekatan kualitatif dengan melakukan kajian perbandingan antara Industri gula Brazil dan Indonesia. Dengan teknik pengumpulan data melalui tinjauan Pustaka, observasi dan dokumentasi. Tinjauan Pustaka dilakukan pada beberapa artikel ilmiah tentang industri gula berkelanjutan di Brazil. Didukung dengan studi pustaka yang terkait dengan tata kelola di industri gula yang berkelanjutan pada penelitian lainnya.

3. Hasil dan Pembahasan

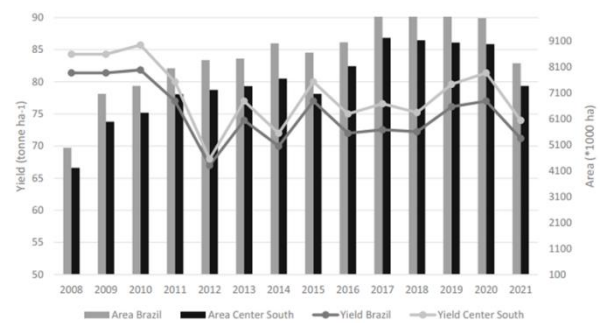
3.1. Industri Gula di Brazil

Pada penelitian di Brazil mencatat bahwa industri gula di Brazil mengalami peningkatan produktivitas dan daya saing pada periode 10 tahun terakhir (Rossetto et al., 2022). Penelitian tersebut juga mencatat bahwa Brazil menjadikan tanaman tebu sebagai komoditas penting dengan mengembangkan biofuel untuk dijadikan ethanol sebagai bahan pengganti bahan bakar fosil.

Industri tebu di Brazil saat ini menjadi produsen terbesar di dunia. Hal tersebut didorong oleh kebijakan pemerintah yang tepat dan efisien dalam melakukan pengelolaan sumber daya alam dan tata kelola pada industri tebu. Industri gula di Brazil mengalami peningkatan 413% dari tahun 1975 hingga 2012, yang didorong oleh kebijakan publik untuk perkembangan industri gula (Turetta et al., 2017). Sejak saat itu, industri tebu di Brazil semakin berkembang. Hal tersebut juga mendorong Brazil untuk memproduksi mobil berbahan bakar fleksibel yang dapat menggunakan bahan bakar dari ethanol, bensin, atau keduanya. Kondisi ini menjadi peluang

besar ketika isu lingkungan terkait dengan pengurangan emisi GRK yang diakibatkan oleh bahan bakar fosil. Saat ini, energi alternatif seperti ethanol menjadi sorotan, sehingga industri tebu di Brazil terus mendorong peningkatan produksi. Pada penelitian lain, Brazil juga menyusun skenario untuk memenuhi permintaan ethanol secara global dengan meningkatkan produksi ethanol dari 24 miliar liter pada tahun 2012 menjadi 54 liter pada tahun 2030 (Brinkman et al., 2018).

Peningkatan hasil dan keuntungan ekonomi menjadi fokus utama produsen tebu di Brazil, hal tersebut didorong adanya isu lingkungan terkait dengan gas rumah kaca (GRK) dan perubahan iklim, serta menjadikan produk turunan tebu untuk sebagai energi alternatif yakni berupa ethanol (Turetta et al., 2017). Selain itu, industri gula sektor ethanol juga memberikan kontribusi yang signifikan terhadap perekonomian nasional dengan meningkatnya Gross Domestic Product (GDP), lapangan pekerjaan, dan peningkatan perdagangan (Brinkman et al., 2018). Untuk memfokuskan aspek keberlanjutan dalam produk pertanian di Brazil, industri mulai mendorong praktik-praktik dalam pengelolaan industri pertanian yang memperhatikan aspek lingkungan, sosial dan ekonomi. Pada aspek lingkungan, industri tebu di Brazil mulai berpikir dan mempraktikkan pemanfaatan limbah tebu yang dihasilkan. Hal ini upaya yang dilakukan dalam menekan dampak negatif terhadap lingkungan. Limbah padat seperti baggase atau ampas tebu dimanfaatkan untuk menjadi bahan bakar boiler sebagai pembangkit yang digunakan pada pabrik pengolahan tebu. Pada penelitian di Colombia, ampas tebu digunakan 60% sebagai bahan bakar setelah dilakukan ekstraksi pada proses produksi ethanol (Valderrama et al., 2020).



Gambar 1. Yield tebu (Ton per hektar) dan area budidaya (x1000 hektar) di Brazil dan wilayah Brazil Tengah Selatan dari tahun 2008 hingga tahun 2021.

Sumber: (Rossetto et al., 2022)

Gambar 1 menyajikan data produktivitas industri gula di Brazil berdasarkan yield ton per hektar dan luasan areal perkebunan pada dua wilayah penelitian di Brazil dan Brazil Tengah Selatan pada tahun 2008 hingga tahun 2021. Berdasarkan data tersebut produktivitas gula di Brazil sangat tinggi. Brazil mampu mencapai hasil produksi rata-rata di atas 70 ton per hektar per tahunnya. Walaupun mengalami

penurunan produksi pada periode tahun 2008 – 2010. Pada periode tersebut industri gula Brazil sempat stagnan bahkan cenderung menurun. Berdasarkan data pada penelitian tersebut, pada tahun tersebut secara luasan lahan mengalami perluasan area tanam. Baik pada wilayah di Brazil maupun Brazil tengah. Namun, produktivitas pada tahun tersebut menurun, jumlah yield per hektar mengalami penurunan yang signifikan hingga pada tahun 2012. Penurunan ton tebu dan gula perlu dikurangi dengan perbaikan teknik budidaya secara terus menerus (Riajaya et al., 2022). Penggunaan mesin pada aktivitas panen menyebabkan kurangnya pemotongan batang tebu, sehingga mengurangi populasi tanaman. Hal ini mendorong industri gula di Brazil menerapkan prosedur manajemen baru dalam pengelolaan pemanenan.

Pada penelitian tersebut, kajian terhadap industri tebu dimulai dari: (1) Pengolahan dan pengelolaan tanah; (2) Sistem Rotasi Tanaman; (3) Fertilisasi dan siklus nutrisi; (4) penggunaan residu dan daur ulang nutrisi; (5) Pupuk organik, organomineral, khusus dan biostimulan; (6) Mikroorganisme dan nutrisi tebu; (7) Irigasi; (8) Varietas tebu dan manajemen baru; (9) Pemukiman pra-tumbuh/ pre-sprouted seedlings (PSS); (10) Kebijakan publik dan keberlanjutan; (11) Tantangan masa depan dan pertimbangan (Rossetto et al., 2022). Kajian dalam penelitian tersebut menjadi acuan dan referensi bagi industri pengembangan gula di Indonesia dalam meningkatkan produktivitas dan daya saing.

Pengolahan tanah secara konvensional dapat mengganggu struktur tanah, dan meningkatkan kerentanan tanah akibat pemadatan tanah oleh lalu lintas alat berat di perkebunan tebu (da Luz et al., 2022). Di Brazil permasalahan pemadatan tanah yang diakibatkan lalu lintas alat berat membutuhkan sistem pengelolaan secara mekanis, dan pengelolaan tanah yang efektif membutuhkan solusi baru (Rossetto et al., 2022). Industri gula di Brazil menerapkan teknologi untuk mengontrol lalu lintas alat berat dengan menggunakan teknologi berbasis GPS, dan digunakan dengan sistem autopilot sehingga dapat mengatur alur alat berat pada saat panen. Sehingga hal tersebut dapat mendukung tercapainya konservasi tanah dan mekanisasi panen tidak mempengaruhi kesuburan pada tanah akibat pemadatan oleh alat berat.

Penelitian lain di Brazil, melakukan eksperimen dengan membandingkan pengolahan tanah secara konvensional dengan pengurangan pengolahan tanah, dan menghasilkan bahwa pengolahan tanah secara konvensional tidak memberikan manfaat dalam mengurangi pemadatan tanah (da Luz et al., 2022). Pada penelitian tersebut disampaikan industri gula di Brazil menerapkan sistem Simultaneously Occurring Intercropping and Rotation (MEIOSI) yakni mengkombinasikan bibit tebu dengan tanaman lain seperti pupuk hijau, kedelai, kacang tanah secara bergilir (Rossetto et al., 2022).

Perkembangan teknologi GPS yang dikombinasikan dengan traktor serta mesin pertanian memungkinkan penerapan sistem rotasi dan tumpang sari dapat dilakukan secara bersamaan (Rossetto et al., 2022). Pada lahan pertanian atau perkebunan tebu yang sudah siap tanam, benih tebu ditanam berjajar berdekatan dengan rencana lahan yang akan ditanam tebu pada periode berikutnya. Sehingga lokasi tanaman tebu yang akan ditanam kemudian tidak berjauhan dengan lokasi pembibitan atau persemaian atau berjarak sekitar 10 – 20 baris. Kemudian, pada ruang yang kosong diantara tanaman persemaian dilakukan penanaman tumpang sari yakni kacang polong secara bersamaan. Penelitian lain mencatat, sistem pengolahan tanah dengan menutupi permukaan tanah akan memperbaiki sifat fisik tanah dan meningkatkan bahan organik tanah dalam jangka panjang (Naseri et al., 2021). Penelitian di Iran tersebut, mencatat bahwa pengolahan tanah yang efektif dapat mengurangi konsumsi energi dan mampu menciptakan produksi pertanian yang lebih bersih.

Penelitian di Brazil mengulas bahwa tanaman kacang-kacangan juga menyediakan unsur hara yang tinggi terutama nitrogen dan dapat meningkatkan kesuburan pada tanah. Pada penelitian lain di India, sistem tumpang sari kentang atau tanaman sawi sebagai tanaman sela merupakan cara untuk meningkatkan kualitas tanah dan produktivitas tanah (Singh et al., 2021). Sistem tumpang sari tersebut terbukti secara signifikan dalam meningkatkan aktivitas mikroba dan kualitas tanah di lahan subtropis seperti di India. Selain itu, hasil panen dari tanaman tumpang sari tersebut juga dapat menghasilkan uang tambahan. Praktek seperti ini biasanya diterapkan pada perkebunan tebu tradisional, sehingga petani tebu dapat menekan biaya perawatan dan mendapatkan penghasilan dari hasil tumpang sari. Keuntungan lainnya, petani tebu juga dapat meningkatkan kesuburan tanahnya tanpa mengeluarkan biaya pemupukan. Praktek seperti ini dapat menurunkan dampak lingkungan yang timbul akibat penggunaan pupuk yang berlebihan.

Tabel 1 Ekstraksi unsur hara (kg) untuk menghasilkan 100 ton batang, pada tanaman tebu tanpa irigasi, dengan irigasi, dan pada tebu ratun di Brazil

	Tanaman Tebu (Variasi)	Tanaman Tebu Irigasi**	Ratun Cane*
N	100 (50-146)	148 (94-201)	85 (50-120)
P	15 (4-25)	24 (18-30)	20 (4-30)
K	175 (77-311)	308 (212-404)	135 (53-256)
Ca	20 (10-33)	245 (186-305)	30 (13-49)
Mg	30 (22-45)	88 (55-121)	35 (19-51)
S	35 (14-84)		35 (15-69)

* 9 perbedaan varietas

** 11 perbedaan varietas

Sumber: (Rossetto et al., 2022)

Tabel 1 menyajikan data ekstraksi unsur hara (kg) untuk menghasilkan 100 ton batang dengan klasifikasi tanaman tebu tanpa irigasi, dengan irigasi dan pada tebu ratun. Varietas tebu modern memiliki potensi hasil yang lebih tinggi daripada varietas yang dibudidayakan pada dekade sebelumnya, yang membuatnya lebih menuntut nutrisi (Rossetto et al., 2022). Hasil eksperimen pada penelitian tersebut menunjukkan bahwa untuk hasil batang 100 ton ha⁻¹ tanaman terakumulasi pada 100 sampai 120 kg ha⁻¹ kandungan N, dan 15 sampai 30 kg ha⁻¹ kandungan P dan 175 sampai 225 kg ha⁻¹ K, kondisi tersebut tanpa adanya irigasi (Rossetto et al., 2022). Pada eksperimen tersebut disampaikan penggunaan irigasi pada tanaman tebu dapat meningkatkan penyerapan material N, P, dan K serta sangat signifikan penyerapan CA, termasuk juga peningkatan penyerapan dari 30% menjadi 88% untuk Mn. Hasil eksperimen tersebut menghasilkan bahwa kurangnya aplikasi P dalam ratun, serta pengasaman tanah dengan waktu, terutama pada tanah dengan KTK rendah, biasanya menyebabkan hilangnya kesuburan tanah, yang mungkin parah setelah 4 sampai 5 kali panen, meningkatkan kehilangan hasil yang biasanya diamati dengan ratun yang sudah tua (Rossetto et al., 2022). Berdasarkan data yang ada pada penelitian tersebut di Brazil, kesuburan tanah sangat dipengaruhi oleh penyerapan nutrisi yang diberikan pada saat pemupukan dengan dibantu oleh sistem irigasi sehingga mempercepat penyerapan nutrisi. Sistem rotasi juga dapat memberikan hasil panen yang lebih baik, juga dalam meningkatkan kesuburan tanah.

Pada industri tebu, residu atau produk sampingan yang dihasilkan masing-masing memiliki manfaat dalam meningkatkan produktivitas dan meningkatkan daya saing dari produk yang dihasilkan. Produk sampingan dari tebu bersifat organik dan kaya nutrisi, hal ini membuat limbah organik bermanfaat bagi perkebunan tebu tanpa bahaya lingkungan (Raza et al., 2021). Ampas tebu atau dikenal dengan istilah baggase dapat digunakan untuk menghasilkan energi. Dari data penelitian tersebut, per ton tebu dapat menghasilkan 276 kg ampas tebu. Secara global, pada tahun 2018 terdapat 534 juta ton produksi ampas tebu yang dihasilkan dari 1,91 miliar ton tebu (Poonam Khatri).

Tabel 2 Perkiraan jumlah residu utama agroindustri tebu di Brazil dan koefisien hasil per ton tebu atau ethanol

	Kg atau L per ton tebu	Total Jumlah per tahun 106 ton atau 106 L
Ampas tebu (50% U)	276	173.880
Jerami (15%U)	150	94.500
Kue saringan	35	22.050
Abu (cerobong? ketel)	10	6300
Vinase (L)	156 atau 1040*	98.280 - 655.200
Air sisa	1100	693.000

*Ethanol dan residu vinasse dapat diproduksi dengan fermentasi sari tebu (80L per ton tebu) atau molase (13 L per ton tebu)
Sumber: (Rossetto et al., 2022)

Pada Tabel 2 menyajikan data perkiraan jumlah residu utama agroindustri tebu di Brazil dan koefisien hasil per ton tebu atau ethanol. Pada industri tebu, terdapat produk sampingan yang dapat dimanfaatkan diantaranya adalah ampas tebu, jerami, kue saringan, abu boiler, vinase, dan air sisa produksi. Salah satu produk sampingan yang dapat dimanfaatkan adalah jerami. Di Brazil, penggunaan teknologi mekanis pada pemanenan membantu dalam pengurangan emisi gas rumah kaca (GRK). Sebelumnya, jerami tersebut dibakar untuk. Perubahan teknologi ini merupakan tonggak sejarah di sektor tebu, yang sangat didorong oleh kebutuhan untuk mengurangi emisi yang berdampak pada kesehatan manusia dan lingkungan (Nunes Carvalho et al). Saat ini, hasil dari Jerami tebu dimanfaatkan kembali untuk menjaga kualitas tanah dan juga digunakan kembali untuk menghasilkan bioenergi. Produk lainnya adalah boiler ash, vinase dan air sisa produksi. Masing-masing memiliki fungsi dan manfaat untuk peningkatan produktivitas dan menghasilkan nilai tambah bagi pertanian di Brazil.

Dalam meningkatkan kualitas tanah sebagai upaya meningkatkan hasil panen tebu, industri perkebunan tebu di Brazil pun mengkaji terkait proses pemupukan. Pada penelitian lain, limbah padat dari industri tebu dapat menggantikan pupuk anorganik, sedangkan limbah penyulingan juga dapat mengatasi masalah kekurangan air (Raza et al., 2021). Di Brazil, residu organik dari produk tebu dimanfaatkan kembali untuk pembuatan pupuk organik dalam hal ini organomineral. Pembuatan pupuk jenis organomineral memiliki biaya tambahan, karena perlu ada penerapan pupuk secara langsung dapat tidak memiliki pengaruh yang signifikan terhadap sifat kimia dan sifat fisika pada tanah. Selanjutnya, biosimultan merupakan serangkaian senyawa yang bertujuan untuk meningkatkan pertumbuhan dan hasil tanaman (Rossetto et al., 2022). Menurut penelitian tersebut, penggunaan biosimultan memiliki fungsi untuk meningkatkan rendemen gula, melindungi tanaman dari efek abiotik, dan meningkatkan ketahanan tanaman dari kekurangan air.

Penelitian di Brazil juga mengkaji bagaimana peranan mikrobiologi di dalam tanah yang menunjang kualitas tanah sehingga dapat mendorong peningkatan produktivitas hasil panen tebu. Mikrobiologi tanah dan keterkaitannya dengan nutrisi tebu telah berkembang pesat dalam beberapa tahun terakhir (Rossetto et al., 2022). Beberapa mikroorganisme yang berkembang dan berfungsi meningkatkan nutrisi tanah seperti N diantaranya adalah *Azospirillum amazonense*, *Azospirillum seropedicae*, *Azospirillum rubrisubalbicans*, *Gluconaceto bacter diazotrophicus*, dan *Burkholderia tropica* (Rossetto et al., 2022). Selain itu, penggunaan mikroorganisme juga dapat memacu pertumbuhan dan membantu penyerapan unsur hara sehingga meningkatkan kesuburan tanah. Pada penelitian lainnya di Brazil, menunjukkan bahwa N yang disediakan oleh pupuk anorganik dalam sistem tebu

hijau dapat meningkatkan hasil ratun, akan tetapi memberikan efek kecil terhadap stok karbon organik tanah dan nitrogen (Sarah Tenelli et al).

Dalam industri pertanian peranan air sebagai sumber daya alamiah yang sangat penting. Produktivitas tebu yang rendah di Brazil disebabkan oleh curah hujan yang rendah dan sistem irigasi yang belum efektif (Gonçalves et al., 2019). Di Cina, keterbatasan sumber daya air menjadi salah satu kendala signifikan untuk mengembangkan pertanian berkelanjutan dan dalam meningkatkan produktivitas (He et al., 2021). Efektifitas penggunaan air pada industri gula sangat perlu ditingkatkan, mengingat air merupakan sumber daya yang langka. Pada wilayah yang memiliki keterbatasan sumber daya air, sistem irigasi tetes merupakan solusi yang dapat dilakukan untuk dapat memenuhi kebutuhan air pada tanaman tebu. Pada penelitian di Cina, sistem irigasi tetes menghasilkan produksi tebu yang jauh lebih tinggi (He et al., 2021). Pada penelitian Brazil juga disampaikan penggunaan vinase sebagai produk sampingan atau residu pengolahan tebu, dapat digunakan untuk kebutuhan tanaman. Vinase merupakan limbah cair yang dihasilkan dari residu produksi ethanol. Pemanfaatan vinase sebagai residu dari produksi mendorong peningkatan kualitas unsur hara pada tanah, sehingga dapat mendorong peningkatan kualitas tanaman tebu. Penelitian lain di Brazil, melakukan penerapan pengolahan air limbah seperti treated domestic sewage (TDS) untuk dijadikan sumber air dan nutrisi alternatif untuk budidaya tebu (Gonçalves et al., 2019).

Pada industri pertanian pemilihan varietas spesies merupakan hal yang sangat penting. Menurut penelitian lain di Brazil, varietas tebu peka terhadap kekeringan dan membutuhkan jumlah air yang tinggi untuk kelangsungan hidup, pertumbuhan dan produktivitasnya (Leticia B. Pereira et al). Pada penelitian tersebut, menunjukkan bahwa terdapat perbedaan kedua varietas tebu yang sensitif terhadap kekeringan dan tahan terhadap kekeringan, dalam hal pola pertumbuhan, kadar air jaringan, dan jumlah eksudat yang dilepaskan ke dalam tanah. Pemilihan varietas yang tepat dapat mempengaruhi kualitas tanaman yang dihasilkan. Brazil membangun taman agroindustri besar untuk memproses lebih dari 660 juta ton bahan baku dari ladang tebu, yang pada dasarnya berasal dari varietas hibrida yang dikembangkan oleh tiga program pemuliaan menggunakan praktik pemuliaan tanaman konvensional (Rossetto et al., 2022). Di Brazil, perkembangan teknologi mendorong industri gula melakukan pengembangan dan penelitian untuk mencari varietas yang tepat. Sehingga dapat menghasilkan rendemen yang tinggi, khususnya untuk mendukung kebutuhan terhadap ethanol yang umumnya berasal dari varietas tebu yang kaya akan serat. Pada penelitian tersebut juga disampaikan

perkembangan teknologi pada mekanisasi panen menyebabkan melambatnya pengkayaan varietas baru.

Beberapa faktor mencegah varietas menunjukkan potensi genetik aktualnya, seperti kekurangan air dan kurangnya irigasi di sebagian besar daerah penghasil tebu (Rossetto et al., 2022). Perubahan musim mendorong diterapkannya manajemen varietas. Di Brazil, sistem jadwal pemanenan berdasarkan matriks tiga sumbu, di mana area penanaman tebu harus dibagi menjadi lingkungan produksi (menguntungkan, menengah, dan tidak menguntungkan) dan jadwal panen (musim gugur, musim dingin, dan panen musim semi), merupakan matriks hasil (Rossetto et al., 2022). Pemilihan varietas dilakukan untuk menyesuaikan dengan kondisi musim, kondisi jenis tanah, sistem irigasi, dan kecocokan dengan lingkungan alam.

Penelitian di Brazil juga membahas terkait dengan pre-sprouted seedling (PSS). Sebuah metode baru penanaman tebu yang dikembangkan di Brazil yang merupakan pengendalian yang diproduksi di pembibitan di rumah kaca dari tunas batang bahan tanaman terpilih, dibudidayakan di substrat dalam kondisi yang terkendali (Rafael Ottoa et al). Fungsi dari penerapan PSS adalah untuk mendapatkan bibit yang sehat, pendistribusian bibit yang lebih cepat dan efisien. Di Brazil, penerapan PSS terdiri beberapa tahap yakni pemotongan batang tebu, transplantasi yang ditempatkan di rumah kaca atau tahap aklimatisasi pertama, selanjutnya tahap aklimatisasi di luar ruangan sebelum ditanam (Rafael Ottoa et al).

Industri tebu di Brazil tidak lepas dari peranan pemerintah dalam menentukan kebijakan pada tata kelola industri pertanian tebu. Salah satu kebijakan yang ditetapkan adalah terkait dengan hilirisasi produk tebu yang digunakan sebagai bahan bakar ethanol. Pada tahun 2017, pemerintah Brazil menerapkan kebijakan publik yang ditujukan untuk meningkatkan keberlanjutan di sektor biofuel, yang disebut *RenovaBio*. *Renovabio* adalah bagian dari komitmen Brazil di bawah Perjanjian Paris untuk mengurangi GRK sebesar 43% hingga tahun 2030, dibandingkan dengan tahun 2005, target yang dinaikkan pada COP 26 (Rossetto et al., 2022). Pemerintah Brazil juga menerapkan kebijakan lainnya seperti *Sugarcane Agroecological Zoning (SAZ)* yang bertujuan untuk meningkatkan produktivitas dan mengurangi dampak perubahan iklim secara global dari industri pertanian. Untuk menentukan efektivitas kebijakan tersebut, sebuah penelitian dilakukan dengan mengembangkan model ceruk ekologis untuk mengidentifikasi kesesuaian terhadap iklim global di masa mendatang. Hasilnya menunjukkan, bahwa terdapat ketidakpastian yang lebih kecil dengan penerapan SAZ, sehingga diperlukan adaptasi dalam meningkatkan produktivitas tebu di masa mendatang (Granco et al., 2019).

Tabel 3 Impor Gula di Indonesia Menurut Negara Asal Utama, 2017-2021

Negara Asal	2017	2018	2019	2020	2021
India	0	0	540	619.904,10	1.939.798,80
Australia	646.850,00	922.897,00	542.205,00	1.214.466,00	1.331.388,00
Thailand	2.440.823,50	4.037.528,50	3.539.251,30	2.027.117,00	1.033.800,00
Brazil	1.079.177,10	60.000,00	0	1.547.314,20	1.143.038,30
Korea Selatan	7.084,80	7.190,80	7.200,00	4.742,40	4.992,00
Uni Emirat Arab	0	0	0	0	2.080,00
Jerman	0	6	6	6,9	20,1
Lainnya	310.164,00	1.231,70	850,9	126.127,90	27
Jumlah	4.484.099,40	5.028.853,90	4.090.053,20	5.539.678,60	5.455.144,20

Sumber: BPS (2021)

3.2. Industri Gula Berkelanjutan di Indonesia

Industri gula menjadi salah satu komoditas utama pendukung perekonomian Indonesia. Industri perdagangan gula di Indonesia memiliki sejarah yang panjang. Dimulai pada masa kolonial belanda pada tahun 1830 dengan sistem tanam paksa, dan industri gula dinasionalisasi mulai tahun 1945 serta membentuk Badan Penyelenggara Perusahaan Gula Negara pada tahun 1946 (Wahyuni, 2009). Saat ini Indonesia merupakan negara produsen gula yang terpuruk, sebagai eksportir terbesar di era kolonial dan importir terbesar di era kemerdekaan (Heryanto & Suryatmana, 2020). Indonesia mempunyai keunggulan komparatif sebagai produsen gula tebu dari sisi sumber daya alam dan iklim, mengingat tebu merupakan tanaman tropis yang secara alamiah tumbuh meluas di daerah tropis (Iwan & rasbin, 2012).

Tabel 3 menyajikan data impor gula menurut negara asal utama pada tahun 2017 hingga tahun 2020. Berdasarkan data BPS (2021) Indonesia telah mengimpor gula dari tahun 2017 hingga tahun 2021 rata-rata sekitar empat juta ton per tahun. Negara pengimpor gula terbesar yakni India, Australia, Brazil dan Thailand. Bahkan, negara korea selatan dan Uni Emirat Arab pun turut mendatangkan gula ke Indonesia. Padahal secara luasan lahan pertanian, negara seperti Korea Selatan, Uni Emirat Arab, dan Thailand jauh lebih besar dari luas lahan pertanian di Indonesia. Hal ini menjadi tantangan besar bagi industri gula di Indonesia untuk meningkatkan produktivitas dan daya saing, sehingga dapat meningkatkan hasil panen dan menghasilkan gula untuk memenuhi kebutuhan gula dalam negeri.

Rendahnya produktivitas pertanian tebu, terutama perkebunan tebu rakyat menjadi faktor pendorong industri gula di Indonesia memiliki daya saing rendah. Bahkan, untuk memenuhi kebutuhan tebu di Indonesia masih belum mencukupi dan pemerintah harus mengimpor gula. Padahal lahan pertanian di Indonesia cukup besar, walaupun pertumbuhannya stagnan cenderung menurun dalam 10 tahun terakhir. Industri gula di Indonesia sudah menjadi komoditas penting. Selain untuk kebutuhan rumah tangga, gula pun digunakan sebagai bahan baku produksi industri makanan. Hal ini mendorong pemerintah Indonesia untuk menetapkan kebijakan yang tepat dalam mendukung keberlangsungan industri gula di Indonesia yang berkelanjutan.

Tabel 4 Produktivitas Tebu (Yield) di Indonesia 2014 - 2019

Tahun	Produktivitas Tebu Per Kategori	
	Rata-rata (%)	Pertumbuhan (%)
2014	70,25	
2015	67,535	-4,02%
2016	75,05	10,01%
2017	67,205	-11,67%
2018	66,275	-1,40%
2019	66,83	0,83%
Rata-rata	68,8575	-1,25%

Sumber: BPS (2021)

Tabel 4 menyajikan produktivitas yield perkebunan tebu di Indonesia dari tahun 2014 hingga tahun 2019. Data tersebut menunjukkan, secara rata-rata yield perkebunan tebu baru mencapai angka 68,85 ton tebu per hektar. Berdasarkan data tersebut, produktivitas perkebunan di Indonesia pernah mencapai angka 75,05 ton tebu per hektar pada tahun 2016, namun turun kembali sebesar 11,67%.

Pada tabel 5 menunjukkan luas areal perkebunan tebu di Indonesia berdasarkan status pengelolaan areal perkebunan. Di Indonesia pengelolaan areal perkebunan diklasifikasikan menjadi tiga yakni perkebunan besar negara, perkebunan besar swasta, dan perkebunan rakyat. Berdasarkan data BPS (2020), secara keseluruhan luas areal perkebunan tebu di Indonesia dari tahun 2010 hingga tahun 2020 mengalami penurunan. Terutama pada perkebunan besar negara dan perkebunan rakyat. Sedangkan, pada perkebunan besar swasta mengalami naik turun, dan secara luasan areal perkebunan mengalami peningkatan secara berturut-turut mulai tahun 2018 hingga tahun 2020 dengan luas 124.461 hektar meningkat dibandingkan pada tahun 2010 dengan luas 113.919 hektar. Hal tersebut menandakan perbaikan pada sektor industri gula yang didukung oleh pihak swasta. Namun, pemerintah perlu melakukan evaluasi terhadap perkebunan besar negara yang mengalami penurunan secara signifikan mulai tahun 2013 dengan luas areal 89.015 hektar hingga tahun 2020 menjadi 56.864 hektar. Pemerintah perlu memberikan perhatian khusus terhadap perkebunan rakyat, sehingga perkebunan rakyat dapat berkelanjutan dalam memberikan kontribusi terhadap kemajuan industri gula di Indonesia.

Tabel 6 menyajikan data produksi gula Indonesia menurut status perusahaan dalam satuan ton pada periode tahun 2010 hingga tahun 2020. Berdasarkan

data BPS (2020) produksi gula Indonesia mengalami penurunan produktivitas pada setiap status perkebunan, baik pada perkebunan besar negara, perkebunan besar swasta dan perkebunan rakyat. Jika dibandingkan dengan industri gula di Brazil yang mampu mencapai produksi tebu dengan rata-rata di atas 70 ton per hektar, industri gula di Indonesia sangat rendah produktivitas.

Industri gula di Indonesia dari tahun ke tahun hanya mampu menghasilkan rendemen gula dengan rata-rata di angka 5 ton per hektar. Hal ini menjadi indikator bahwa pada industri gula bagian hulu, produktivitas industri tebu di Indonesia sangat rendah, sehingga akan mempengaruhi daya saing industri gula di Indonesia. Perlu ada perbaikan pada tata kelola perkebunan tebu, sehingga industri perkebunan tebu di Indonesia dapat meningkatkan produktivitas dan mampu bersaing dengan negara-negara produsen tebu lainnya.

Tabel 7 menyajikan data ekspor dan impor gula dan tetes tebu (molasses) dalam satuan ton pada periode tahun 2010 hingga tahun 2020. Berdasarkan data ekspor impor dari tahun 2010 hingga tahun 2020, industri gula di Indonesia mengalami defisit pada produk gula, namun mengalami surplus pada jenis produk tetes tebu atau molasses. Hal tersebut mengindikasikan bahwa impor gula Indonesia untuk memenuhi kebutuhan gula produksi yang mengolah produk gula menjadi molasses. Hilirisasi industri gula mengalami kemajuan, produsen di Indonesia sudah mampu memperpanjang rantai pasok industri gula walaupun bahan baku yang dibutuhkan masih impor.

Secara keseluruhan besaran ekspor molasses dari tahun ke tahun mengalami naik turun, dan mencapai puncak ekspor tertinggi pada tahun 2014 dengan menghasilkan 938.662 ton molasses. Kemudian, pada tahun 2015 besaran ekspor molasses mengalami penurunan drastis secara berturut-turut hingga mencapai angka 426.868 ton pada tahun 2020 atau lebih dari 50% dari tahun 2014. Berdasarkan data tersebut, mengindikasikan mulai tahun 2015 industri gula pada bagian hilir memiliki daya saing rendah sehingga pasar molasses Indonesia diambil negara lain. Untuk mampu meningkatkan daya saing, industri gula di Indonesia perlu melakukan perbaikan pada semua rantai pasok mulai dari tata kelola perkebunan hingga tata kelola industri pengolahan. Sehingga mampu menghasilkan produk gula dan molasses yang memiliki daya saing tinggi.

Untuk mewujudkan industri gula yang berkelanjutan terdapat tiga aspek penting yang perlu dilakukan secara bersamaan yakni aspek ekonomi, aspek sosial dan aspek lingkungan. Untuk dapat menjalankan ketiga aspek keberlanjutan diperlukan tata kelola yang baik. Pada industri pertanian, tata kelola industri dimulai dari hulu yakni terkait dengan tata kelola pertanian mulai dari penyiapan bibit atau varietas yang unggul, penyiapan lahan melalui pengelolaan tanah, proses penanaman, proses perawatan termasuk sistem irigasi dan pemupukan serta pengendalian hama, dan proses pemanenan. Kemudian, pada industri hulu dimulai dari proses penggilingan tebu, proses pengolahan hingga menghasilkan produk gula maupun produk turunan lainnya termasuk molasses dan ethanol.

Tabel 5 Luas Areal Perkebunan Tebu (Ha) Indonesia menurut Status Pengelolaan Areal Perkebunan

Tahun	Status Perusahaan			Total Luas (Ha)
	Perkebunan Besar Negara (Ha)	Perkebunan Besar Swasta (Ha)	Perkebunan Rakyat (Ha)	
2010	74.691	113.919	247.960	436.570
2011	84.601	107.888	242.473	434.962
2012	80.890	114.018	247.750	442.658
2013	89.015	119.646	262.280	470.941
2014	88.056	121.624	262.996	472.676
2015	80.648	136.679	238.492	455.819
2016	76.979	131.189	239.182	447.350
2017	68.549	123.750	227.847	420.146
2018	68.928	110.977	235.758	415.663
2019	56.858	116.965	239.231	413.054
2020	56.864	124.461	237.851	419.176

Sumber: BPS (2020) Statistik Tebu Indonesia 2020

Tabel 6 Data Produksi Gula di Indonesia menurut status perusahaan dalam satuan ton periode 2010 - 2020

Tahun	Status Perusahaan			Jumlah (Ton)
	Perkebunan Besar Negara (Ton)	Perkebunan Besar Swasta (Ton)	Perkebunan Rakyat (Ton)	
2010	331.400	748.438	1.208.897	2.288.735
2011	375.001	584.924	1.284.229	2.244.154
2012	407.944	739.564	1.445.053	2.592.561
2013	431.310	754.033	1.368.208	2.553.551
2014	425.094	771.162	1.379.136	2.575.392
2015	395.629	816.740	1.322.503	2.534.872
2016	382.348	719.330	1.261.364	2.363.042
2017	302.275	674.599	1.214.105	2.190.979
2018	279.854	616.819	1.275.053	2.171.726
2019	302.676	655.055	1.269.320	2.227.051
2020	261.445	670.100	1.191.860	2.123.405

Sumber: BPS (2020) Statistik Tebu Indonesia 2020

Tabel 7 Ekspor dan Impor Gula dan Tetes Tebu (Ton) di Indonesia periode tahun 2010 – 2020

Data	Satuan (Ton)	Input (Ton)	Output (Ton)	kg per ton Tebu (Kg)
Tebu	Ton	343646,88		
Air Imbibisi	Ton	85362,3		
Kapur tohor	Ton	464,08		
Flokulan	Ton	1816		
Ampas tebu	Ton		109303,6	318,0695253
Blotong (kue saringan)	Ton		11164,5	32,48829147
Air diuapkan	Ton		236623,4	
Molasses	Ton		16887	
Gula SHS	Ton		22835,14	
Total	Ton		396813,7	
Lossess	Ton		11734,6	

Sumber: BPS (2020) Statistik Tebu Indonesia 2020

Tabel 8 Data aliran bahan pada proses produksi di Pabrik Gula Subang, Indonesia pada tahun 2011

Data	Satuan (Ton)	Input (Ton)	Output (Ton)	kg per ton Tebu (Kg)
Tebu	Ton	343646,88		
Air Imbibisi	Ton	85362,3		
Kapur tohor	Ton	464,08		
Flokulan	Ton	1816		
Ampas tebu	Ton		109303,6	318,0695253
Blotong (kue saringan)	Ton		11164,5	32,48829147
Air diuapkan	Ton		236623,4	
Molasses	Ton		16887	
Gula SHS	Ton		22835,14	
Total	Ton		396813,7	
Lossess	Ton		11734,6	

Sumber: (Yani et al., 2012)

Tabel 9. Pertumbuhan vegetatif tanaman tebu dan produksi gula pada beberapa dosis N dari urea

Dosis (N)	Urea	Jumlah Batang	Tinggi Batang (cm)	Diameter Batang (mm)	Bobot Tebu (ton/ha)	Rendemen (%)	Hablur (ton/ha)
70	150	103,5	305,2a	24,6	89,5a	8,31	7,4a
80	175	102,3	306,1a	24,8	96,0b	8,47	8,3b
90	200	103,8	307,9a	25	100,3b	8,45	8,5bc
100	225	105	306,3a	24,9	106,8c	8,36	8,9bc
110	250	104,1	312,2b	24,8	101,3b	8,44	8,6bc

Sumber: Syakir et al., (2015)

Pada aspek ekonomi, tata kelola pada setiap proses bertujuan untuk meningkatkan produktivitas sehingga dapat meningkatkan daya saing industri gula. Kondisi saat ini, produktivitas industri gula di Indonesia jauh tertinggal dari industri gula di Brazil. Produktivitas industri gula di Brazil lebih dari sepuluh kali lipat industri gula di Indonesia. Pada penelitian tersebut, rekomendasi pemupukan dilakukan untuk meningkatkan hasil dan umur dari ratun, yang mengarah pada peningkatan unsur hara pada tanah melalui aplikasi pupuk kapur dan fosfor yang lebih sering (Rossetto et al., 2022). Pengoptimalan vinase dan penambahan pupuk mineral, program pemulihan varietas, penanaman kembali lahan dengan varietas terbaru, dan metode penanaman baru dengan menggunakan pre-sprouted settlings (PSS) dikombinasikan dengan pembibitan yang digabungkan ke dalam lahan pembaharuan tanaman (Rafael Ottoa et al). Kemudian, pemadatan tanah dan injakan ratun yang disebabkan oleh alat berat pengganti pemanenan manual dilakukan dengan sistem kontrol menggunakan GPS, sehingga meminimalisir kepadatan dan berkurangnya jumlah ratun (Rossetto et al., 2022).

Pada penelitian di Indonesia, mencatat bahwa Kenaikan dosis N meningkatkan hasil batang, tinggi

Pada aspek lingkungan, melalui dorongan kebijakan lingkungan dengan menerbitkan undang-undang Renovabio. Kebijakan tersebut dilakukan dengan memberikan insentif bagi pelaku industri baik gula dan ethanol dengan memberikan banyak kredit dekarbonisasi. Penetapan kebijakan tersebut mendorong setiap industri gula di Brazil melakukan tindakan konservasi lingkungan mulai dari tahapan penanaman hingga panen. Diantaranya adalah daur ulang residu atau limbah yang dihasilkan, pelestarian keanekaragaman hayati, pengiriman jasa lingkungan, penerapan ekonomi sirkular, dan kepatuhan terhadap komitmen internal maupun eksternal dalam rangka mengurangi emisi gas rumah kaca (GRK) (Nunes Carvalho et al).

Pada penelitian di Indonesia, mencatat bahwa penggunaan energi yang berasal dari energi biomass ampas tebu hanya tercapai 68,55% dan terdapat lossess senilai 11.734,6 ton yang berdampak terhadap peningkatan limbah dan terjadinya degradasi lingkungan (Yani et al., 2012). Peneliti juga mencatat bahwa hal tersebut disebabkan oleh produktivitas yang rendah mulai dari kegiatan perkebunan, hingga kurang efektifnya setiap tahap pada proses produksi. tanaman, panjang batang, indeks panen, namun tidak berpengaruh nyata pada rendemen (Syakir et al.,

2015). Pada tabel 9 menunjukkan kenaikan dosis pemupukan Nitrogen dan urea berpengaruh terhadap peningkatan tinggi batang. Namun, tidak mempengaruhi terhadap peningkatan rendemen pada tebu. Peneliti juga mencatat bahwa Respon terhadap pupuk N dapat ditingkatkan dengan pemilihan varietas yang responsif pupuk, kecukupan air, dan jarak tanam yang tepat.

Pada tahun 2023, Indonesia meluncurkan kebijakan terkait dengan percepatan swasembada semesta gula nasional dan penyediaan bioethanol sebagai bahan bakar nabati (biofuel) melalui Peraturan Presiden Republik Indonesia No. 40 Tahun 2023. Kebijakan tersebut bertujuan untuk memenuhi kebutuhan gula konsumsi dan industri, serta peningkatan produksi bahan bakar nabati bioethanol. Kebijakan tersebut juga menetapkan peta jalan, diantaranya adalah

- a. Produktivitas atau yield tebu mencapai 93 ton perhektar, yang dicapai melalui perbaikan praktik atau tata kelola agrikultur mulai dari tahapan pembibitan, penanaman, dan pemeliharaan tanaman serta transportasi.
- b. Perluasan lahan perkebunan tebu dengan penambahan seluas 700 ribu hektar yang berasal dari lahan perkebunan, lahan tebu rakyat, dan lahan kawasan hutan.
- c. Peningkatan efisiensi dan utilitas pabrik gula untuk mencapai tingkat rendemen sebesar 11,2%.
- d. Peningkatan kesejahteraan petani tebu.
- e. Peningkatan produksi bioethanol minimal 1,2 juta kilo liter.

Menurut Sulaiman *et al.*, (2019) untuk mencapai target yang ditetapkan tersebut, terdapat beberapa strategi yang perlu dilakukan. Diantaranya adalah:

- a. Peningkatan produktivitas tebu dengan melakukan pengurangan nilai kerugian pada saat panen, peningkatan efisiensi usaha tani, dan pengembangan lahan baru serta peningkatan kualitas lahan untuk meningkatkan produktivitas.
- b. Peningkatan rendemen gula dan produk samping sebagai nilai tambah melalui revitalisasi pabrik gula yang sudah ada, pendirian pabrik baru, dan mengembangkan industri hilir.
- c. Menciptakan iklim industri gula yang mendukung peningkatan produktivitas, yakni mencakup infrastruktur, mendorong investasi, kapasitas sumber daya manusia, penguatan kelembagaan, dan sinergi kebijakan.

Keberhasilan indikator pada aspek ekonomi dan lingkungan tentunya akan mendorong keberhasilan indikator pada aspek sosial. Tingginya produktivitas tentunya akan mendorong meningkatnya pendapatan masyarakat. Hal ini pun secara otomatis akan meningkatkan kesejahteraan masyarakat yang mendorong peningkatan faktor lainnya seperti peningkatan pendidikan, pengurangan kemiskinan, dan indikator sosial lainnya. Keberhasilan dalam mengurangi emisi gas rumah kaca (GRK) tentu

berdampak terhadap peningkatan derajat kesehatan masyarakat. Secara menyeluruh, tata kelola pada industri tebu yang baik akan berdampak terhadap peningkatan produktivitas sehingga dapat meningkatkan daya saing industri gula.

4. Kesimpulan

Berdasarkan pembahasan perbandingan industri gula antara Brazil dan Indonesia. Penerapan industri gula berkelanjutan di Brazil menjadi model yang baik bagi pengembangan industri gula di Indonesia saat ini. Pemerintah Brazil melalui kebijakan undang-undang Renovabio berhasil mendorong pelaku industri dalam menerapkan industri gula yang berkelanjutan. Penerapan tata kelola industri yang berkelanjutan, dimulai dari proses penanaman hingga proses produksi serta peningkatan hilirisasi industri gula. Secara umum, tata kelola pada setiap proses tersebut bertujuan untuk meningkatkan hasil panen dan juga mengurangi efek gas rumah kaca (GRK). Pada masing-masing proses tersebut, pengembangan teknologi pertanian sangat mendukung tata kelola pertanian. Sehingga, produktivitas dan daya saing industri gula dapat tercapai.

Pemerintah Indonesia telah meluncurkan kebijakan terkait dengan percepatan swasembada gula dan juga peningkatan penyediaan bioethanol. Hal ini merupakan langkah nyata untuk dapat meningkatkan produktivitas dan daya saing industri gula. Pemerintah juga menetapkan peta jalan dan target diantaranya peningkatan produktivitas, penambahan luas perkebunan, peningkatan efisiensi dan utilitas pabrik, peningkatan kesejahteraan petani, dan peningkatan produksi bioethanol. Untuk mencapai hal tersebut diperlukan strategi yang dijabarkan mulai dari tahapan perkebunan hingga tahapan proses, serta didukung dengan iklim industri gula yang kondusif termasuk di dalamnya adalah perihal SDM dan kelembagaan serta sinergi kebijakan.

Paper ini memiliki keterbatasan dikarenakan pendekatan yang dilakukan berdasarkan kajian literatur. Oleh karena itu, diperlukan penelitian-penelitian lanjutan untuk dapat memperkaya kajian akademis perihal peningkatan industri gula di Indonesia.

DAFTAR PUSTAKA

- Bhatnagar, A., Kesari, K. K., & Shurpali, N. (2016). Multidisciplinary Approaches to Handling Wastes in Sugar Industries. *Water, Air, and Soil Pollution*, 227(1). <https://doi.org/10.1007/s11270-015-2705-y>
- Bispo, R. C., Hernandez, F. B. T., Gonçalves, I. Z., Neale, C. M. U., & Teixeira, A. H. C. (2022). Remote sensing based evapotranspiration modeling for sugarcane in Brazil using a hybrid approach. *Agricultural Water Management*, 271(May), 107763. <https://doi.org/10.1016/j.agwat.2022.107763>
- BPS. (2020). *Statistik Tebu Indonesia 2020*.

- BPS. (2021). Distribusi Perdagangan Komoditas Gula Pasir Indonesia. Badan Pusat Statistik Republik Indonesia.
- Brinkman, M. L. J., da Cunha, M. P., Heijnen, S., Wicke, B., Guilhoto, J. J. M., Walter, A., Faaij, A. P. C., & van der Hilst, F. (2018). Interregional assessment of socio-economic effects of sugarcane ethanol production in Brazil. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 88(December 2016), 347–362. <https://doi.org/10.1016/j.rser.2018.02.014>
- Bruntland, G. H. (1987). Report of the World Commission on Environment and Development: Our Common Future. In *Oxford University Press* (Vol. 4, Issue 1). Oxford University Press.
- da Luz, F. B., Carvalho, M. L., Castioni, G. A. F., de Oliveira Bordonal, R., Cooper, M., Carvalho, J. L. N., & Cherubin, M. R. (2022). Soil structure changes induced by tillage and reduction of machinery traffic on sugarcane – A diversity of assessment scales. *Soil and Tillage Research*, 223(June), 1–12. <https://doi.org/10.1016/j.still.2022.105469>
- Faria, K. C. P., Gurgel, R. F., & Holanda, J. N. F. (2012). Recycling of sugarcane bagasse ash waste in the production of clay bricks. *Journal of Environmental Management*, 101, 7–12. <https://doi.org/10.1016/j.jenvman.2012.01.032>
- García-Bustamante, C. A., Aguilar-Rivera, N., Zepeda-Pirrón, M., & Armendáriz-Arnez, C. (2018). Development of indicators for the sustainability of the sugar industry. *Environmental and Socio-Economic Studies*, 6(4), 22–38. <https://doi.org/10.2478/enviro-2018-0025>
- Gilio, L., & Azanha Ferraz Dias de Moraes, M. (2016). Sugarcane industry's socioeconomic impact in São Paulo, Brazil: A spatial dynamic panel approach. *Energy Economics*, 58, 27–37. <https://doi.org/10.1016/j.eneco.2016.06.005>
- Gonçalves, I. Z., Barbosa, E. A. A., Santos, L. N. S., Nazario, A. A., Feitosa, D. R. C., Tuta, N. F., & Matsura, E. E. (2019). Nutritional balance and production of sugarcane irrigated with treated wastewater through subsurface drip. *Irrigation Science*, 37(2), 207–217. <https://doi.org/10.1007/s00271-019-00620-y>
- Granco, G., Caldas, M., & De Marco, P. (2019). Potential effects of climate change on Brazil's land use policy for renewable energy from sugarcane. *Resources, Conservation and Recycling*, 144(January), 158–168. <https://doi.org/10.1016/j.resconrec.2019.01.033>
- He, S. S., Zeng, Y., Liang, Z. X., Jing, Y., Tang, S. Y., Zhang, B., Yan, H., Li, S., Xie, T., Tan, F., & Li, M. (2021). Economic Evaluation of Water-Saving Irrigation Practices for Sustainable Sugarcane Production in Guangxi Province, China. *Sugar Tech*, 23(6), 1325–1331. <https://doi.org/10.1007/s12355-021-00965-9>
- Heryanto, M. A., & Suryatmana, E. R. (2020). Dinamika Agroindustri Gula Indonesia: Tinjauan Analisis Sistem. *Agricore: Jurnal Agribisnis Dan Sosial Ekonomi Pertanian Unpad*, 5(2), 194–210. <https://doi.org/10.24198/agricore.v5i2.32100>
- Iwan, H., & rasbin. (2012). Analisis Penggunaan Luas Lahan Tebu dan Padi Terkait Dengan Pencapaian Swasembada Gula Di Indonesia (Analysis of Land Use of Sugar Cane and Paddy in the Framework of Achieving Sugar Self-Sufficiency in Indonesia). *Jurnal Ekonomi & Kebijakan Publik*, 3(1), 47–63.
- Jilcha, K., & Kitaw, D. (2017). Industrial occupational safety and health innovation for sustainable development. *Engineering Science and Technology, an International Journal*, 20(1), 372–380. <https://doi.org/10.1016/j.jestch.2016.10.011>
- Khoodaruth, A. (2016). Contribution of the sugar cane industry to reduce carbon dioxide emissions in the energy sector: the case of Mauritius. *Environment, Development and Sustainability*, 18(6), 1719–1731. <https://doi.org/10.1007/s10668-015-9713-3>
- Kusnadi, N., Limbong, W., Hutagaol, P., & Marpaung, Y. (2011). Perkembangan Industri Gula Indonesia dan Urgensi Swasembada Gula Nasional. *Indonesian Journal of Agricultural Economics*, 2(1), 1–14.
- Lampridi, M. G., Sørensen, C. G., & Bochtis, D. (2019). Agricultural sustainability: A review of concepts and methods. *Sustainability (Switzerland)*, 11(18), 1–18. <https://doi.org/10.3390/su11185120>
- Miller, G. T., & Spoolman, S. A. (2018). *Living in Environment (Nineteenth)*. Cengage Learning.
- Moraes, M. A. F. D., Oliveira, F. C. R., & Diaz-Chavez, R. A. (2015). Socio-economic impacts of Brazilian sugarcane industry. *Environmental Development*, 16, 31–43. <https://doi.org/10.1016/j.envdev.2015.06.010>
- Naseri, H., Parashkoochi, M. G., Ranjbar, I., & Zamani, D. M. (2021). Energy-economic and life cycle assessment of sugarcane production in different tillage systems. *Energy*, 217, 119252. <https://doi.org/10.1016/j.energy.2020.119252>
- Nunes, L. J. R., Loureiro, L. M. E. F., Sá, L. C. R., & Silva, H. F. C. (2020). Sugarcane industry waste recovery: A case study using thermochemical conversion technologies to increase sustainability. *Applied Sciences (Switzerland)*, 10(18), 1–18. <https://doi.org/10.3390/AP10186481>
- Raza, Q. U. A., Bashir, M. A., Rehim, A., Sial, M. U., Raza, H. M. A., Atif, H. M., Brito, A. F., & Geng, Y. (2021). Sugarcane industrial byproducts as challenges to environmental safety and their remedies: A review. *Water (Switzerland)*, 13(24), 1–20. <https://doi.org/10.3390/w13243495>
- Riajaya, P. D., Hariyono, B., Cholid, M., Kadarwati, F. T., Santoso, B., Djumali, & Subiyakto. (2022). Growth and Yield Potential of New Sugarcane Varieties during Plant and First Ratoon Crops. *Sustainability*, 14(21), 14396. <https://doi.org/10.3390/su142114396>
- Rossetto, R., Ramos, N. P., de Matos Pires, R. C., Xavier, M. A., Cantarella, H., & Guimarães de Andrade Landell, M. (2022). Sustainability in Sugarcane Supply Chain in Brazil: Issues and Way Forward. *Sugar Tech*, 24(3), 941–966. <https://doi.org/10.1007/s12355-022-01170-y>
- Sahu, O. (2020). Deduction of Organic and Inorganic Pollutant from Sugarcane Processing Plant Effluent by Thermal-oxidation and Electro-oxidation Processes in Batch Experiment. *Chemistry Africa*, 3(4), 965–978. <https://doi.org/10.1007/s42250-020-00167-y>
- Sawaengsak, W., & Gheewala, S. H. (2017). Analysis of social and socio-economic impacts of sugarcane production: A case study in Nakhon Ratchasima province of Thailand. *Journal of Cleaner Production*, 142, 1169–1175. <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2016.08.148>
- Singh, S. R., Yadav, P., Singh, D., Shukla, S. K., Tripathi, M. K., Bahadur, L., Mishra, A., & Kumar, S. (2021). Intercropping in Sugarcane Improves Functional

Jamaludin, Koestoer, R. H. T. S., Mizuno, K., dan Rizal, R. (2024). Tata Kelola Industri Gula untuk Pangan Berkelanjutan: Ulasan Perbandingan antara Brazil dan Indonesia. *Jurnal Ilmu Lingkungan*, 22(2), 472-483, doi:10.14710/jil.22.2.472-483

- Diversity, Soil Quality and Crop Productivity. *Sugar Tech*, 23(4), 794-810. <https://doi.org/10.1007/s12355-021-00955-x>
- Soldi, A., Meza, M. J. A., Guareschi, M., Donati, M., & Ortiz, A. I. (2019). Sustainability assessment of agricultural systems in Paraguay: A comparative study using FAO's SAFA framework. *Sustainability (Switzerland)*, 11(13). <https://doi.org/10.3390/su11133745>
- Turetta, A. P. D., Kuyper, T., Malheiros, T. F., & Coutinho, H. L. da C. (2017). A framework proposal for sustainability assessment of sugarcane in Brazil. *Land Use Policy*, 68(April), 597-603. <https://doi.org/10.1016/j.landusepol.2017.08.011>
- Valderrama, C., Quintero, V., & Kafarov, V. (2020). Energy and water optimization of an integrated bioethanol production process from molasses and sugarcane bagasse: A Colombian case. *Fuel*, 260(September 2019), 116314. <https://doi.org/10.1016/j.fuel.2019.116314>
- Wahyuni, S. (2009). Industri dan Perdagangan Gula di Indonesia: Pembelajaran dari Kebijakan Zaman Penjajahan - Sekarang Sugarcane Industry and Trade: Lesson Learned from the Applied Policies during the Colonial Era up until this Period. *September*, 133-149.