



Industri Bioplastik *Starch-Cellulose Blend* Tandan Kosong Kelapa Sawit dalam Pemenuhan *Sustainable Development Goals*

Legis Tsaniyah^{1*}, Tajuddin Bantacut², Suprihatin³

¹⁻³Teknologi Industri Pertanian, Fakultas Teknologi Pertanian, Institut Pertanian Bogor, Indonesia

Email: tsaniyahlegis@apps.ipb.ac.id^{1*}, tajuddin@apps.ipb.ac.id², suprihatin@apps.ipb.ac.id³

*Penulis Korespondensi: tsaniyahlegis@apps.ipb.ac.id

Abstract: Indonesia is the world's second largest contributor of plastic waste entering the oceans, where it degrades into microplastics smaller than 1 micron. The use of bioplastics is therefore essential to mitigate environmental pollution. One promising alternative is starch-cellulose blend bioplastic derived from empty fruit bunches (EFB) of oil palm. Indonesia produces about 56.35 million tons of EFB annually, containing approximately 40% cellulose, which makes it a potential raw material for bioplastic production, although commercialization has not yet been realized. Environmentally, converting EFB into bioplastics within the palm oil value chain represents a sustainable waste recycling strategy that transforms solid residues into higher-value products. In this design, soda cooking technology is employed to extract cellulose from EFB, utilizing about 16% of waste from a crude palm oil (CPO) mill with a capacity of 30 tons of fresh fruit bunches (FFB) per hour. The starch-cellulose blend bioplastic pellets are formulated using gelatinized cassava starch as the polymer matrix, glycerol as a plasticizer, polyvinyl alcohol (PVA) as a stabilizer, and cellulose as a filler. The designed production capacity of the EFB-based starch-cellulose bioplastic plant is 16,500 tons per year. This bioplastic industry is expected to contribute positively to achieving eight Sustainable Development Goals (SDGs), including Goals 1, 8, 9, 12, 13, 14, 15, and 17, thereby supporting Indonesia's commitment to sustainable industrial development and a cleaner environment.

Keywords: Cellulose-Blend Bioplastic; Empty Palm Bunches; Industrial Value Chain; Material Balance; Sustainable Development.

Abstrak: Indonesia menjadi negara terbesar ke-2 di dunia yang membuang sampah plastik ke lautan. Sampah plastik ini dapat berubah menjadi mikroplastik yang dapat terapung di lautan dengan ukuran lebih kecil dari 1 mikron. Penggunaan bioplastik merupakan keniscayaan sebagai salah satu upaya untuk mengurangi beban pencemaran pada lingkungan. Salah satu bioplastik yang menjanjikan adalah *starch-cellulose blend* bioplastik dari bahan tandan kosong kelapa sawit. Tandan kosong kelapa sawit (TKKS) hasil pengolahan pabrik kelapa sawit di Indonesia masih berlimpah, mencapai 56,35 juta ton per tahun. Tandan kosong kelapa sawit mengandung sekitar 40% selulosa, sehingga potensial untuk bahan baku produksi Bioplastik, sekalipun hingga saat ini belum berhasil dikomersialisasikan. Dari perspektif lingkungan, pemanfaatan TKKS menjadi bioplastik dalam suatu rantai nilai industri kelapa sawit adalah daur ulang limbah padat menjadi produk yang bernilai tambah lebih tinggi. Pada analisis, dilakukan pemilihan teknologi pemasakan soda untuk memisahkan selulosa dari TKKS, dengan perhitungan hanya 16% dari limbah pabrik CPO berkapasitas 30TBS/jam. Produk pellet *starch-cellulose blend* bioplastik dibuat menggunakan pati singkong tergelatinisasi sebagai cetakan polimer, gliserol sebagai plastizicer, Poly Vynil Alcohol sebagai stabilizer, dan selulosa sebagai filler. Kapasitas pabrik pellet *starch-cellulose blend* Bioplastik TKKS yang dirancang adalah 16,500 Ton/tahun. Pabrik *starch-cellulose blend* bioplastik diyakini akan berkontribusi positif terhadap pencapaian Sustainable Development Goals (SDGs). Setidaknya industri bioplastik tersebut akan dapat memenuhi delapan tujuan SDGs, yakni tujuan 1, 8, 9, 12, 13, 14, 15 dan 17. Pencapaian tersebut merupakan pencapaian yang baik untuk kontribusi Indonesia pada pembangunan dunia yang lebih baik.

Kata Kunci: Bioplastik Campuran Selulosa; Neraca Material; Pembangunan Berkelanjutan; Rantai Nilai Industri; Tandan Sawit Kosong.

1. PENDAHULUAN

Plastik banyak membantu kehidupan manusia menjadi lebih praktis, karena sifatnya yang lebih ringan, awet dan murah dibandingkan dengan kayu, kertas ataupun logam. Kemasan pangan, peralatan rumah tangga ataupun mainan anak-anak, sebagian besar dibuat dari plastik. Plastik juga dapat dibentuk menjadi poliester untuk digunakan pada kain dan tekstil, Industri

kemasan di Indonesia optimistis akan mencetak pertumbuhan sekitar 4-5 persen setelah tahun lalu berhasil menembus level produksi pada angka Rp104,4 triliun (Kemenperin, 2020). Industri tersebut juga didorong oleh investasi pabrikan baru yang mulai beroperasi. Sisi lain, kebutuhan ritel juga tetap akan tinggi ditambah lagi maraknya perdagangan secara *on line*. Saat ini utilisasi pabrik plastik hilir sudah 75% sementara di hulu 95 % beberapa di antaranya telah melakukan penambahan mesin.

Indonesia National Plastic Action Partnership mencatat Indonesia menghasilkan sekitar 6,8 juta ton sampah plastik per tahun di mana sekitar 9% atau 620,000ton masuk ke sungai, danau dan laut. Banyak hewan laut seperti penyu dan ikan yang mati karena mengira sampah plastik yang terombang-ambing di lautan sebagai makanan mereka ataupun terperangkap oleh plastik tersebut. (World Bank, 2021). Oleh karena itu, pemerintah perlu mengambil langkah strategis mengurangi sampah plastik, salah satunya melalui penggunaan *biodegradable plastic* untuk mengurangi dampak pencemaran lingkungan tersebut.

Konsumsi plastik konvensional secara nasional terbilang tinggi, per kapita sudah mencapai 17 kilogram per tahun, terus meningkat 6-7% setiap tahunnya (Kemenperin, 2020). Indonesia menjadi negara terbesar ke-2 di dunia yang membuang sampah plastik ke lautan. Sampah plastik ini dapat berubah menjadi mikroplastik yang dapat terapung di lautan dengan ukuran lebih kecil dari 1 mikron, Bahan ini menjadi berbahaya bila masuk ke dalam rantai makanan melalui ikan, biota laut, hingga masuk ke dalam tubuh manusia.

Geyer et al (2017) membuat proyeksi pertumbuhan produksi plastic hingga tahun 2050 dengan tingkat produksi relative pesimis. Pada tingkat produksi saat ini dan yang diproyeksikan, plastik merupakan masalah serius dengan beberapa pertimbangan masalah serius seperti (a) Plastik hampir abadi, Selain jumlah yang telah dibakar, hampir semua plastik yang pernah diproduksi masih ada di suatu tempat di biosfer, meskipun sebagian besar sekarang tidak terlihat oleh manusia, direduksi menjadi partikel kecil di ekosistem laut dan darat. Plastik sangat kuat karena tahan lama dan tahan pembusukan., (b) Secara keseluruhan hanya 18 persen plastik yang didaur ulang, Sebagian besar dari plastik tersebut dikecualikan selama proses penyortiran dan daur ulang, sehingga hanya 5 persen dari bahan kemasan plastik yang benar-benar dikembalikan untuk digunakan melalui daur ulang. (c) Lautan sekarang menjadi wadah untuk setidaknya 8 miliar kilogram plastik setiap tahun setara dengan truk sampah yang penuh dengan plastik yang diturunkan ke laut setiap menit. Tingkat pertumbuhan yang diproyeksikan di atas akan berarti bahwa pada tahun 2050 lautan akan menerima setara dengan satu truk plastik setiap 15 detik, siang dan malam. (d) Plastik konvensional adalah produk bahan bakar fosil, Diperhitungkan 4 persen dari produksi minyak global dikonsumsi

sebagai bahan baku plastik dan tambahan 4 persen menyediakan energi untuk menjalankan pabrik plastik. Produksi plastik cukup intensif energi, membutuhkan 62 hingga 108 mega joule energi per kilogram. (e) Plastik mengandung aditif yang merugikan manusia dan spesies lain seperti penghambat api, stabilisator, antibiotik, plasticizer, pigmen, bisfenol A, ftalat, dan lain-lain. Banyak aditif seperti itu meniru hormon atau mengganggu sistem hormon. Sedikitnya 150 miliar kilogram plastik yang saat ini ada di lautan mencakup 23 miliar kg bahan tambahan, yang semuanya pada akhirnya akan dilepaskan ke ekosistem laut .

Mikroplastik yang dihasilkan dari penguraian sampah plastik konvensional menjadi pencemar lingkungan dan perairan yang tidak mudah didegradasi oleh alam bahkan ingga ratusan tahun. Berbeda dengan plastik yang dibuat dari bahan alam yang disebut bioplastik, karena secara alamiah dapat terdegradasi di alam dengan cepat dan mudah.

Pengembangan bioplastik menggunakan bahan dari Tandan Kosong Kelapa Sawit (TKKS) sejalan dengan Peraturan Pemerintah No. 14 Tahun 2015 tentang Rencana Induk Pembangunan Industri Nasional (RIPIN) di mana pemerintah menargetkan pengembangan plastik bio berbasis limbah sawit. Di Indonesia ketersediaan TKKS cukup berlimpah, dibuktikan dengan sebaran kelapa sawit di beberapa provinsi, dengan area perkebunan terbesar di Provinsi Riau, Kalimantan Barat, Kalimantan Tengah dan Sumatera Utara (BPS, 2024). Potensi TKKS Indonesia diperkirakan mencapai 56,35 juta ton per tahun.

Isro' *et al* (2017) membuat bioplastic dari selulosa TKKS dan menghasilkan lembaran plastic komposit dengan pati melalui metoda cetak. Selanjutnya Rahman *et al.* (2018) menguji sifat *biodegradability bioplastic* yang dihasilkan dari TKKS. Husaini *et al* (2020) juga membuat bioplastik komposit berbahan beras ketan dengan selulosa dari TKKS. Penelitian skala laboratorium tersebut memperbaiki ketahanan plastik yang dihasilkan terhadap kelarutannya dalam air.

Secara umum, limbah tandan kosong kelapa sawit di Indonesia belum dimanfaatkan secara optimal. Selama ini penggunaan TKKS terbatas pada pembuatan pelet, bubur kertas dan pulp (Erwinsyah *et al.*, 2015), bahan bakar boiler (Hasibuan, *et al.*, 2018), mulsa (Harahap, 2022), kompos maupun pengeras jalan di perkebunan. Limbah tersebut mempunyai potensi besar sebagai bahan baku plastik ramah lingkungan dengan kandungan sekitar 40% selulosa, 23-30% lignin, hemiselulosa dan air.

Tujuan Pembangunan Berkelanjutan (SDGs) adalah kumpulan dari 17 tujuan global yang saling terkait yang dirancang untuk menjadi "cetak biru bersama untuk perdamaian dan kemakmuran bagi umat manusia di dunia, kini dan di masa datang". Dokumen SDGs ditetapkan pada tahun 2015 oleh Majelis Umum Perserikatan Bangsa-Bangsa (MU PBB) dan

dimaksudkan untuk dicapai pada tahun 2030. Dokumen tersebut termasuk dalam Resolusi MU PBB yang disebut Agenda 2030 atau yang dalam bahasa sehari-hari dikenal sebagai Agenda 2030.

Secara ringka menurut Jones et al (2017) s ke-17 SDGs tersebut adalah: 1) Bebas kemiskinan; 2) Tak ada kelaparan; 3) kesehatan dan kesejahteraan yang baik; 4) pendidikan berkualitas; 5) kesetaraan gender; 6) tersedianya air bersih dan sanitasi; 7) energi yang terjangkau dan bersih; 8) pekerjaan yang layak dan pertumbuhan ekonomi; 9) industri, inovasi dan infrastruktur; 10) Mengurangi Ketimpangan; 11) Kota dan komunitas berkelanjutan; 12) Konsumsi dan Produksi yang Bertanggung Jawab; 13) Perbaikan Iklim; 14) Kehidupan Bawah Air; 15) Kehidupan Di Darat; 16) Perdamaian, Keadilan, dan Kelembagaan yang Kuat; 17) Kemitraan untuk Tujuan.

Meskipun tujuannya luas dan saling bergantung, dua tahun kemudian (6 Juli 2017) SDG dibuat lebih "dapat ditindaklanjuti" oleh Resolusi PBB yang diadopsi oleh Majelis Umum. Resolusi tersebut mengidentifikasi target spesifik untuk setiap tujuan, bersama dengan indikator yang digunakan untuk mengukur kemajuan menuju setiap target. Tahun dimana target tersebut ingin dicapai biasanya antara tahun 2020 dan 2030. Untuk beberapa target, tidak ada tanggal akhir yang diberikan. Pabrik pengolahan kelapa sawit berupaya mengambil peran serta dalam pencapaian SDGs, salah satunya dapat melalui pengolahan TKKS menjadi bioplastik jenis Starch Cellulose Blend.

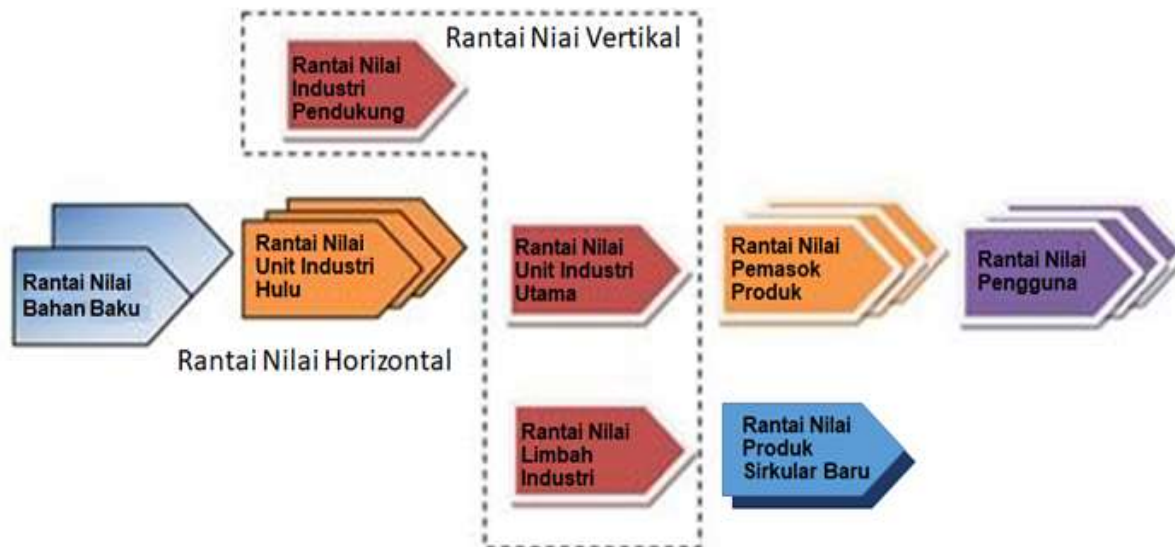
2. METODOLOGI

Analisis Rantai Nilai

Studi ini didasarkan kepada potensi limbah industri kelapa sawit yang dapat dikembangkan berdasarkan pohon industri dengan teknologi proven. Konstruksi rantai nilai industri memperhatikan rantai vertical (mixed chain) dan rantai horizontal (mixed chain). Dalam teori Porter, rantai kedepan (forward) menunjukkan industri hilir (downstream) dan rantai ke belakang (backward) adalah industri hulu (upstream).

Rantai nilai industri yang terkait dengan sebuah komoditas tidak terlepas dari konsep hilirisasi, yakni memberikan nilai tambah sebesar mungkin kepada potensi komoditas termasuk hasil samping dan limbahnya. Ada peluang memasukkan bahan baku pendukung yang merupakan bahan baru, hal tersebut dilakukan sepanjang memberikan nilai tambah yang lebih baik pada produknya. Secara keseluruhan pergerakan bahan masuk dan bahan ke luar dalam suatu rangkaian proses produksi akan menciptakan sistem keseimbangan bahan yang disebut neraca massa.

Kaplinsky dan Morris (2000) menggambarkan rantai nilai vertikal sebagai bidang yang merupakan input atau output dari industri. Rantai nilai vertikal bersifat maju dan mundur. Dari sudut pandang industri utama, semua industri yang terkait secara vertikal disebut "industri pendukung". Konsep ini dikembangkan untuk industri poliol dari kelapa sawit seperti yang ditunjukkan pada Gambar 1.



(Subandi, 2019 *diolah*)

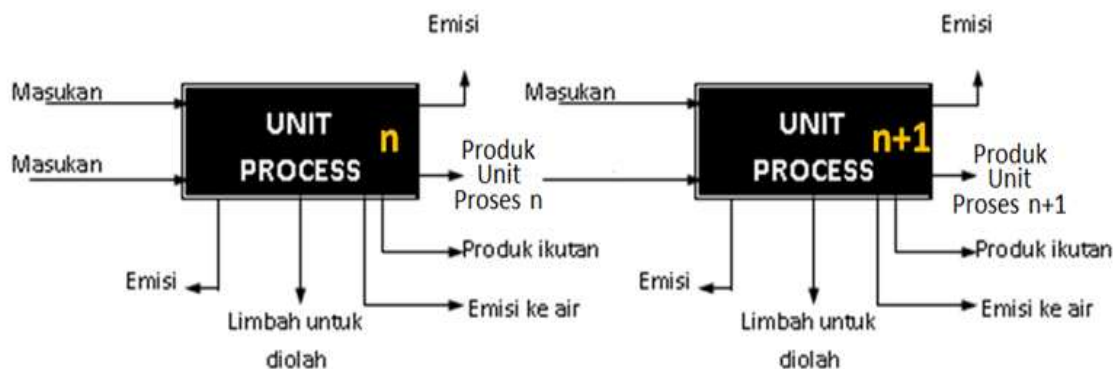
Gambar 1. Sistem rantai nilai Porter perusahaan termodifikasi.

Menurut Aryani *et al.* (2018) Analisis rantai nilai berguna sebagai kerangka kerja untuk memilah/membagi perusahaan ke dalam aktivitas-aktivitas yang bertujuan untuk mengidentifikasi: 1) besarnya pengaruh biaya suatu aktivitas terhadap total biaya; 2) determinan biaya pada setiap aktivitas, efektif dan efisien dalam aktivitasnya; 3) pengaruh biaya suatu aktivitas terhadap aktivitas lainnya; dan 4) memilah aktivitas yang dilakukan oleh perusahaan dan pihak luar. Rantai nilai perusahaan juga dapat dijadikan acuan untuk merumuskan kembali bisnis perusahaan, yang menurut Porter dapat dilakukan dengan empat cara berikut.

- a. Mempertahankan bisnis di industri-industri kunci dengan memperkuat rantai nilai perusahaan yang ada.
- b. Memasuki industri-industri pendukung berdasarkan rantai surplus perusahaan.
- c. Berpartisipasi dalam rantai komplementer perusahaan dengan memasuki industri-industri terkait.
- d. Diversifikasi industri-industri yang tidak terkait di luar industri yang ada untuk menemukan industri-industri yang lebih menarik dan baru.

Model Keseimbangan Material

Mengembangkan rantai nilai industri dari suatu komoditas secara teoritik mudah dilakukan, namun secara operasional harus dapat diangkat menuju skala komersial. Persoalan ketersediaan bahan baku menjadi penting ketika mendisain rantai nilai pada suatu sistem produksi. Salah satu metoda untuk menkamin keberlangsungan penciptaan rantai nilai adalah sebuah sistem produksi yang telah berlangsung adalah Model Keseimbangan Material (Agustiar *et al.*, 2021). Model keseimbangan material pernah diperkenalkan sebagai panduan teknis oleh Sub Committee 5 TC 207, salah satu kelompok kerja dalam lembaga *International Organization for Standardization* (ISO), sebagaimana Gambar 2.



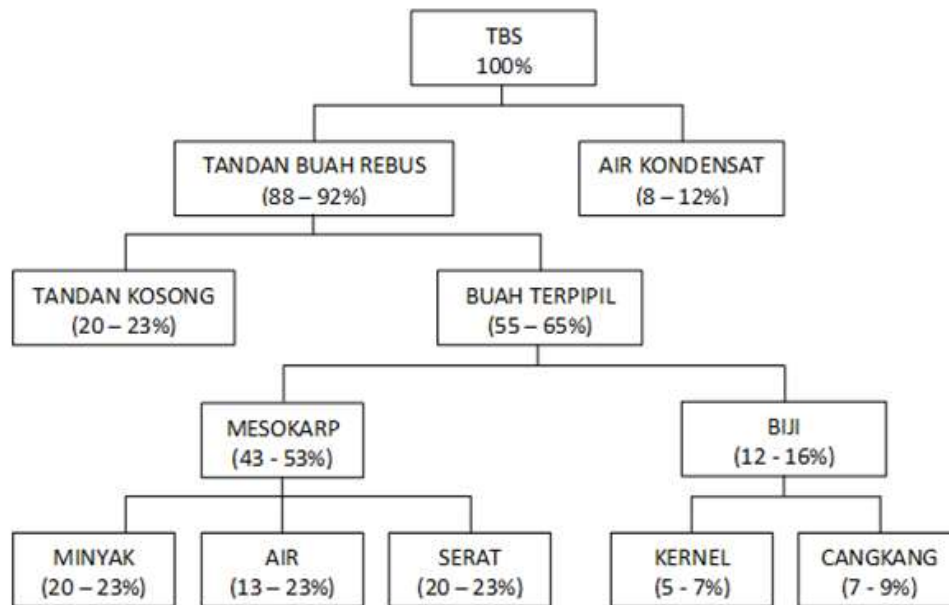
(Hermawan *et al.*, 2020)

Gambar 2. Model Keseimbangan Material ISO Sub Komite 5 TC 207.

3. HASIL DAN PEMBAHASAN

Desain Proses

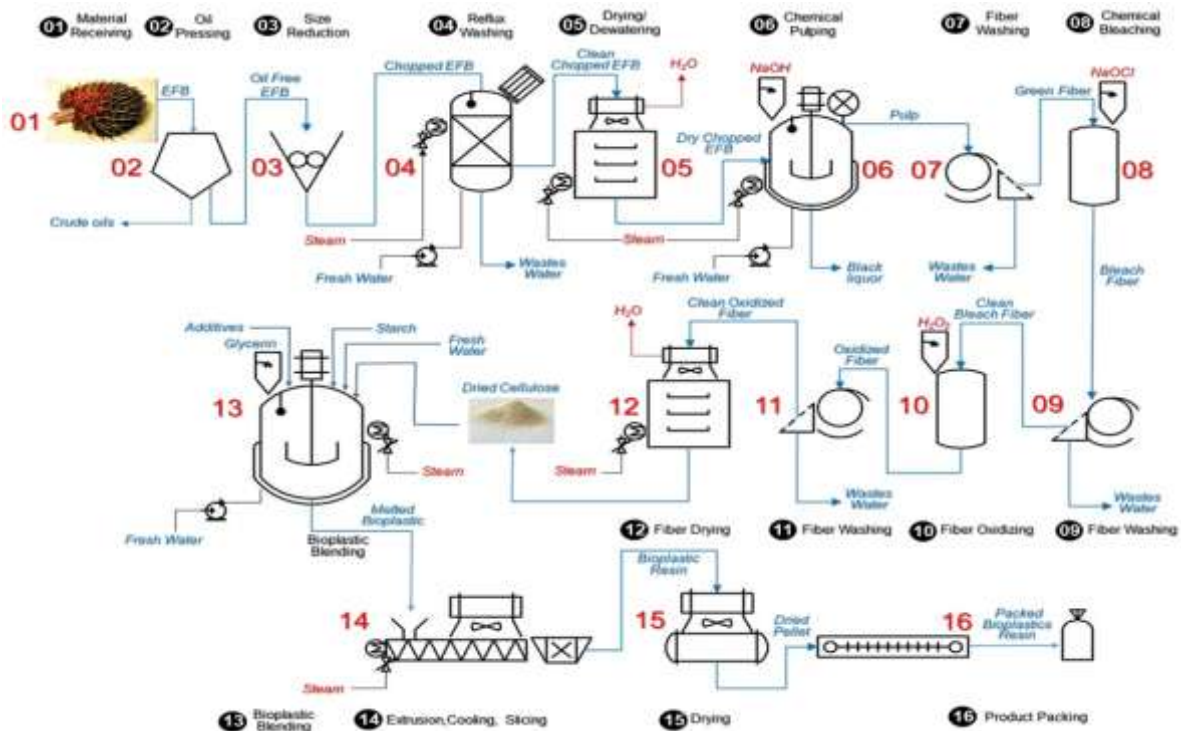
Pengolahan 1 (satu) ton tandan buah segar (TBS) kelapa sawit menjadi *Crude Palm Oil* (CPO) akan menghasilkan limbah berupa tandan kosong kelapa sawit sebanyak 23% atau 230 kg, limbah cangkang (shell) sebanyak 6,5% atau 65 kg, *wet decanter solid* (lumpur sawit) 4 % atau 40 kg, serabut (fiber) 13% atau 130 kg serta limbah cair sebanyak 50%. Dari data limbah yang dihasilkan tersebut dapat diperkirakan jumlah limbah padat dari sebuah pabrik kelapa sawit yang berkapasitas 30 ton per jam, yaitu 14.250 ton/hari. Besarnya limbah padat yang tidak diolah secara maksimal ini tentu akan menimbulkan permasalahan lingkungan bagi industri dan pada akhirnya akan mengurangi daya saing dan produktifitas industri sawit Indonesia. Gambar 3 memperlihatkan keseimbangan material secara umum pada suatu pabrik kelapa sawit.



Gambar 3. Keseimbangan bahan pada produksi CPO.

Tandan kosong kelapa sawit terlebih dahulu mengalami perlakuan awal proses seperti pengutipan sisa minyak, pencucian, hingga pengecilan ukuran 3-5 cm (Dewanti, 2018). Pemilihan metode pre proses untuk *chipping* dan penggilingan tergantung pada ukuran partikel akhir biomassa yang diinginkan, biasanya dalam kisaran 10–30 mm setelah *chipping*, dan 0,2–2 mm setelah *milling* atau *grinding*. Dalam sebuah studi oleh Rizal *et al.* (2018) menemukan bahwa ukuran partikel terbukti memainkan peran penting dalam meningkatkan hidrolisis TKKS. Secara diagramatik, proses produksi *starch blend bioplastic* dengan berbahan baku pati dan selulosa dari TKKS diperlihatkan pada Gambar 4 menunjukkan keseimbangan material pada rancangan produksi Starch Cellulose Blend Bioplastic dengan kapasitas 40% dari limbah TKKS pabrik CPO 50-60 TBS/jam disajikan pada Tabel 1.

Rancangan proses, pemisahan serat selulosa dilakukan kombinasi antara perlakuan fisik dan kimiawi. TKKS kering didelignifikasi dengan natrium hidroksida pada dosis 1 g NaOH/100 g TKKS dengan konsentrasi 10%. Menurut Dewanti (2018) penggunaan NaOH 12% dapat mencapai *Yield* selulosa hingga 80% dari total selulosa. Digester dipanaskan sampai tekanan di dalam digester 6 bar selama 5 jam. Pulp kemudian dicuci dengan air untuk menghilangkan residu NaOH dan lindi hitam. Natrium hipoklorit (5,25% dalam air b/b) digunakan untuk pemurnian selulosa (Widiastuti dan Marlina, 2020).



(Djarmika et al, 2025)

Gambar 4. Rancangan proses produksi starch-cellulose blend plastik berbahan TKKS.

Bioplastik dari komposit pati selulosa dibuat dengan proses pengecoran larutan dan penguapan menggunakan pati singkong sebagai matriks polimer dan gliserol sebagai *plasticizer*. Larutan selulosa ditambahkan perlahan-lahan ke dalam pati tergelatinisasi dan diaduk hingga semua selulosa tercampur rata dalam pati tergelatinisasi. Jumlah selulosa yang ditambahkan menurut penelitian LIPI (2019) tak lebih dari 12,5% agar sifat plastis dapat dipertahankan.

Pembuatan bioplastik memerlukan penambahan bahan pendukung lainnya seperti *plasticizer* dan biopolimer untuk perbaikan sifat fisik, sifat mekanik dan ketahanan bioplastik terhadap air. Untuk mengatasi kekurangan dari pati dapat ditambahkan dengan zat pemlastis (*plasticizer*) dan filler guna mengatasi proses degradasi yang disebabkan oleh berbagai faktor, seperti sinar matahari, panas, dan faktor alam. Penambahan gliserol pada kisaran konsentrasi 25%-37,5% untuk memperbaiki daya plastis.

Plasticizer yang digunakan adalah gliserol, karena gliserol merupakan bahan yang murah, sumbernya mudah diperoleh, dapat diperbaharui dan juga mudah terdegradasi oleh alam (Yusmarlela, 2009). Berdasarkan penelitian Manalu dan Darni (2012), sifat fisik dan mekanik bioplastik telah mampu diperbaiki dengan penambahan *plasticizer* gliserol sehingga dapat menyerupai sifat fisik dan kimia plastik konvensional HDPE.

Bahan baku berikutnya adalah bahan pengikat (binder) yang digunakan agar pati tetap bercampur dengan *plasticizer*. Pati yang dicampurkan dalam bentuk tepung ke dalam gliserin cair, akan mengalami kecenderungan mengendap setelah didiamkan akibat gravitasi. Untuk mempertahankan campuran tersebut, maka digunakan pengikat. *Poly Vinyl Alcohol* (PVA) adalah salah satu bahan pengikat yang dapat dipergunakan. Hasil penelitian LIPI (2019), berhasil memproduksi plastic dari pati singkong dengan bahan pengikat PVA. Meskipun PVA masih dapat terdegradasi, namun penggunaannya menjadi kontroversial karena dipergunakan dari turunan Petrokimia. Penggunaan PVA mencapai 10% dari campuran bioplastik. Dapat juga dipergunakan bahan *plasticizer* alternatif alami, seperti misalnya Kitin dari kulit udang (Abdullah *et al.*, 2019).

Tabel 1. Keseimbangan Material pada pabrik Starch Cellulose Blend Bioplastic TKKS Kapasitas 45 Ton/hari.

No	Tahapan Proses	Jenis Bahan	Volume (kg)	Jenis Produk	Volume (kg)	Losses (kg)	Wastes (kg)	Side prod (kg)	Ket
1	Pengepresan	TKKS	24.840	TKKS no oil	24.716				124 CPO Kotor
2	Perajangan	TKKS no oil	24.716	Serat kotor	24.221				
3	Pencucian Refluks	Refluks	72.664						
		Serat kotor	24.221	Serat Basah	19.377				
		Air	48.443				53.287		Air kotor
4	Pengeringan	Serat basah	19.377	Serat Kering	16.471	2.907			Uap air
5	Pemasakan Soda	Reaktan	75.765						
		Serat Kering	16.471	Selulosa kasar	6.967				
		Air	49.412				68.798		Cairan lindi
		Soda	9.882						
6	Pencucian/ Penyarangan	Selulosa Kasar	6.967	Selulosa kasar	6.758				
		Air Pencuci	27.868				28.077		Air limbah
7	Pemucatan	Substrat	11.500	Substrat	11.500				
		Selulosa	6.758	Selulosa	6.758				
		NaOCl	237	Larutan	4.742				
		Air	4.505						
8	Pencucian dan Penirisan	Filtrat	31.774	Selulosa basah	7.569				
		Selulosa	6.758	Selulosa	6.758				
		Larutan	4.742						
		Air	20.274	Air	811		24.205		Air limbah
9	Oksidasi	Impregnated	36.272	Impregnated	3.785				
		Selulosa	6.758	Selulosa	3.379				
		Air	27.843	Larutan	405		32.487		Air limbah
		H2O2	1.671						
10	Pencucian dan Penirisan	Impregnated	17.301	Bleached Cellulose	3.785				
		Selulosa	3.379	Selulosa	3.379				
		Air	13.922	Air	405		13.516		Air limbah
11	Pengeringan	Bleached Cellulose	3.785						
		Selulosa	3.379	Selulosa	3.379				
		Air	405			405			Uap Air
12	Resin Mixing	Mixed Material	216.366	Dough	45.437				
		Selulosa	3.379	Selulosa	2.805				
		Tapioka	25.921	Tapioka	27.736				
		Gliserin	9.720	Gliserin	8.068				
		Air	172.809	Air	3.064	170.929			Uap air
		PVA	4.536	PVA	3.765				
13	Moulding	Dough	45.437	Stick Resin	44.013				
		Resin Padat	42.373	Resin Padat	41.102				
		Air	3.064	Air	2.910		1.424		Uap air
14	Pendinginan Udara	Stick Resin	44.013	Stick Resin	43.896	116			
		Resin Padat	41.102	Resin Padat	41.102				
		Air	2.910	Air	2.794				
15	Perajangan	Stick Resin	43.896	Biji Plastik	43.485				
		Resin padat	41.102	Resin padat	40.691			411 Serpihan	
		Air	2.794	Air	2.794				
16	Pengeringan	Biji Plastik	43.485	Biji Plastik	43.485				
		Resin Padat	40.691	Resin Padat	40.691				
		Air	2.794	Air	2.710	84			Uap air
17	Pengepakan	Biji plastik kering	43.485	Produk Kemasan	43.475				10 Serpihan

Sistem pembuatan biji plastik tipe *strand pelletizing* menawarkan metode modern serta ekonomis untuk pembuatan biji plastik dari beragam bahan material seperti HDPE, LDPE, PP, PET, PETP, ABS, PC, dan PA, serta dapat memroses tipe material yang lebih banyak lagi

dibandingkan dengan sistem pembuatan biji tipe *water-ring*. Sistem tersebut tersedia dalam peralatan pembuatan biji plastik untuk pemotongan basah dan kering, menghasilkan kualitas terbaik dari pelet silindris ataupun mikro granula yang ideal untuk pemrosesan selanjutnya. Sistem pembuatan biji plastik tipe ini biasanya terdiri dari mesin ekstrusi, tangki pendingin, mesin pembuatan pelet, mesin ayak, pengering dan silo penyimpanan.

Pellet yang dihasilkan dikeringkan lebih lanjut agar mencapai kadar air tidak lebih dari 10%. Pengeringan dapat dilakukan dengan sistem udara panas. Dari bijih plastic yang dihasilkan, selanjutnya diproses menjadi lembaran plastik. Proses *Blow Film* merupakan proses manufaktur lembaran plastik dengan menggabungkan proses *blowing* (peniupan) dan *extrusion* (ekstrusi) (Kraus et al., 2020).

Pada proses *blow film*, material plastik akan dilelehkan terlebih dahulu dan membentuk tube (selang), kemudian ditiupkan angin ke segala arah dan digulung menjadi suatu gulungan plastik. Namun demikian, pada rancangan yang dilakukan, belum menambahkan unit pabrik *Blow Film*.

Kontribusi Terhadap Sustainable Development Goals (SDGs)

Industri starch cellulose blend TKKS terintegrasi dengan pabrik kelapa sawit, memiliki beberapa tujuan yang sejalan dengan butir-butir SDGs. Selain berfokus kepada permasalahan lingkungan hidup, proyek tersebut juga menysasar berbagai upaya lain secara umum.

Kesesuaian dengan Tujuan 1. Menghapus Kemiskinan, Permasalah kemiskinan, di mana disadari bahwa belum dapat dihapuskan sama sekali di Indonesia. Sekalipun kemiskinan bukan menjadi salah satu agenda utama tujuan pembangunan industri *starch blend bioplastic* namun pembukaan lapangan kerja menjadi salah satu solusi mengatasi kemiskinan. Proyek industri *starch blend bioplastic* TKKS tersebut diperkirakan akan menyerap 900-1000 orang tenaga kerja pada saat beroperasi. Sementara untuk kegiatan proyek pembangunannya diperkirakan akan melibatkan lebih dari 100 orang, di luar tenaga kerja yang bekerja sebagai pemasok proyek tersebut.

Kesesuaian dengan Tujuan 8. Menyediakan Pekerjaan Layak dan Pertumbuhan Ekonomi, Mempromosikan pertumbuhan ekonomi yang berkelanjutan, inklusif dan berkelanjutan, lapangan kerja penuh dan produktif, serta pekerjaan yang layak untuk semua. Proyek industri *starch blend bioplastic* TKKS secara umum akan meningkatkan produktivitas tenaga kerja dan menurunkan tingkat pengangguran. Kurangnya kesempatan kerja yang layak, investasi yang tidak mencukupi dan konsumsi yang rendah berkontribusi pada erosi kontrak

sosial dasar: bahwa semua harus berbagi dalam kemajuan. Penciptaan pekerjaan yang berkualitas tetap menjadi tantangan utama bagi hampir semua perekonomian.

Kesesuaian dengan Tujuan 9. Membangun Inovasi dan Infrastruktur Industri, membangun infrastruktur yang tangguh, mempromosikan industrialisasi yang inklusif dan berkelanjutan, serta mendorong inovasi. Industri pengolahan kelapa sawit akan mengalami pertumbuhan yang lebih baik menuju hilirisasi. Hilirisasi dengan pemanfaatan TKKS, selain menciptakan nilai tambah, juga memperbaiki kinerja lingkungan melalui daur ulang limbah. Pangsa global nilai tambah manufaktur dalam Produk Domestik Bruto (PDB) meningkat dari 15,2 persen pada 2005 menjadi 16,5 persen pada 2018. Namun, pangsa manufaktur di Negara-negara Terbelakang tetap rendah, menimbulkan tantangan serius terhadap target penggandaan pangsa industri terhadap PDB pada tahun 2030.

Manufaktur global melambat di kawasan berkembang dan maju pada era 2018-2019, terutama disebabkan oleh munculnya hambatan perdagangan dan tarif yang menghambat investasi dan pertumbuhan di masa depan dan telah anjlok pada tahun 2020 sebagai akibat dari pandemi. Sementara jangkauan internet global telah meluas secara luas, pada tahun 2019 mencapai 46% dari populasi global masih belum menggunakan internet.

Kesesuaian dengan Tujuan 12. Konsumsi dan Produksi Bertanggung-Jawab, Jika populasi global mencapai 9,8 miliar pada tahun 2050, setara dengan hampir tiga planet akan dibutuhkan untuk menyediakan sumber daya alam yang dibutuhkan untuk mempertahankan gaya hidup saat ini. Pada tahun 2015, hampir 12ton sumber daya diekstraksi per orang, dengan limbah elektronik sebagai sektor dengan pertumbuhan tercepat. Artinya produksi, konsumsi, dan sumber daya alam harus dikelola dengan lebih baik dan berbeda. Jejak ekologis dunia harus dikurangi dengan mengubah cara barang dan sumber daya diproduksi dan dikonsumsi. Sumber daya alam bersama harus dikelola secara efisien dan limbah beracun serta polutan dibuang dengan hati-hati. Plastik merupakan salah satu limbah yang sangat mengkhawatirkan dewasa ini. Salah satu tujuan pembangunan industri starchblend bioplastic TKKS adalah untuk menggantikan konsumsi plastik poli propilen yang bersumber dari bahan baku tak terbarukan. Selain memiliki keuntungan dengan menghemat sumberdaya alam tak terbarukan, *starch blend bioplastic* TKKS juga mengatasi permasalahan pencemaran lingkungan. Produk bioplastik tersebut dapat diurai di alam 10-20 kali lebih cepat dari pada plastik konvensional yang ada saat ini

Kesesuaian dengan Tujuan 13. Penanganan Perubahan Iklim, Produk *starch blend bioplastic* TKKS diyakini memberikan kontribusi signifikan terhadap pengurangan gas rumah kaca yang berperan dalam pemanasan global. Pemanfaatan TKKS akan mengurangi kontribusi

teradap penciptaan gas CH₄ di lahan atau CO dan CO₂ dari pembakaran bahan tersebut. Di sisi lain, produksi *starch blend bioplastic* TKKS memberikan sumbangan gas rumah kaca lebih rendah dibandingkan dengan produksi plastik dari bahan minyak dan gas bumi. Sisa pembakaran produk *starch blend bioplastic* TKKS juga lebih ramah lingkungan karena diperhitungkan tidak mengandung gas SO₂ atau SO_x yang berkontribusi terhadap hujan asam.

Kesesuaian dengan Tujuan 14. Menjaga Ekosistem Laut, Persoalan sampah plastik telah memasuki babak baru yang lebih buruk termasuk masalah mikroplastik. Penggunaan bahan plastik konvensional yang masih berlangsung hingga saat ini terus memunculkan masalah-masalah baru dalam lingkungan dan menyebabkan efek serius bagi makhluk hidup. Sifat plastik yang dinilai ringan, fleksibel, kuat dan murah tidak sebanding dengan efek yang ditimbulkan.

Pengolahan dan daur ulang sampah plastik memang telah dilakukan hampir di seluruh negara didunia tidak terkecuali Indonesia. Namun, hal ini tidak dapat menjadi solusi utama pasalnya plastik tidak selalu dalam bentuk yang tampak oleh mata. Mikroplastik merupakan istilah untuk bentuk plastik yang berubah menjadi lebih kecil. Mikroplastik telah mengontaminasi lingkungan khususnya perairan dan laut di Indonesia hingga seluruh dunia dalam waktu yang lama dan berlangsung hingga saat ini. Penelitian menemukan adanya mikroplastik pada sampel air laut dengan berbagai kedalaman (3-5 meter) di perairan Lombok. Penelitian lainnya memperkirakan sebanyak 5 juta trilyun serpihan plastik telah mencemari lautan dengan total berat lebih dari 250.000 ton. Hal serupa juga ditemukan di berbagai perairan di seluruh dunia.

Tingginya konsentrasi mikroplastik di berbagai ekosistem terutama laut dan sedimen mengakibatkan biota yang hidup di dalamnya juga ikut terkontaminasi. Diketahui dari penelitian sebanyak 28% sampel ikan pada salah satu pasar di Makassar mengandung mikroplastik di dalam organ pencernaannya. Kurang lebih 24% sampel ikan dan kerang yang diperoleh di California terbukti mengandung mikroplastik. Hal tersebut merupakan bukti nyata keberadaan mikroplastik yang telah mengontaminasi berbagai jenis makhluk hidup dan ekosistem di sekitarnya.

Mikroplastik menjadi ancaman besar bagi satwa laut. Berdasarkan temuan para peneliti, mikroplastik dapat masuk ke dalam tubuh makhluk hidup baik secara aktif dan pasif. Sebagian besar kasus ini terjadi karena plastik seringkali dianggap mirip dengan makanan. Pada kasus kematian hewan, khususnya satwa laut, ditemukan adanya kepingan, serpihan maupun plastik dalam jumlah yang besar di dalam tubuhnya. Hal ini bahkan terjadi pada fase awal dimulainya kehidupan hewan-hewan laut.

Produksi *starchblend bioplastic* TKKS akan menghasilkan plastik yang dengan cepat akan terdegradasi di alam, sehingga tidak menyisakan mikroplastik seperti plastik konvensional. Produksi *starch blend bioplastic* TKKS memberikan perbaikan pada pencemaran laut, karena bahan berbasis pati tersebut akan terlarut dalam air dan menjadi tambahan nutrisi bagi kehidupan laut.

Kesesuaian dengan Tujuan 15. Menjaga Ekosistem Darat, Melindungi, memulihkan, dan mempromosikan pemanfaatan berkelanjutan ekosistem darat, mengelola hutan secara berkelanjutan, memerangi penggurunan, menghentikan dan membalikkan degradasi lahan, dan menghentikan hilangnya keanekaragaman hayati. Kehidupan tumbuhan menyediakan 80 persen makanan manusia, dan pertanian merupakan sumber ekonomi dan sarana pembangunan yang penting.

Membuang TKKS kembali ke alam merupakan upaya untuk memperbaiki kondisi lahan namun sekaligus juga meningkatkan asiditas lahan. Mengembalikan TKKS ke lingkungan perkebunan tetap tidak dapat mencegah kerusakan ekosistem darat yang dipenuhi dengan limbah plastik konvensional. Plastik konvensional menurunkan fungsi lahan karena waktu degradasi yang paling cepat adalah 50 tahun apabila dipendam.

Starch blend bioplastic mengatasi permasalahan pencemaran daratan karena plastik ini dapat terurai dalam waktu kurang dari 12 minggu di dalam tanah. Bahkan setelah terurai, komponen kimia *starch blend bioplastic* TKKS justru meningkatkan kualitas tanah dengan menambah hara.

Kesesuaian dengan Tujuan 17. Kemitraan untuk Kelestarian, Membangun industri *starch cellulose blend bioplastic* menciptakan kesetaraan dan kemitraan dengan sesama negara di dunia dalam menjaga kelestarian lingkungan. Menurut Amirya dan Irianto (2023) Indonesia dapat memperlihatkan peran aktif dalam menjagah kerusakan akibat perubahan iklim. Industri *starch cellulose blend bioplastic* menjadi propaganda positif bagi upaya menangkal tekanan isyu deforestasi produk minyak sawit Indonesia di pasar global, terutama Eropa.

4. KESIMPULAN DAN REKOMENDASI

Tandan kosong kelapa sawit hasil pengolahan pabrik kelapa sawit di Indonesia masih berlimpah, mencapai 56,35 juta ton per tahun. Sekalipun pemanfaatannya telah secara massif dilakukan oleh perkebunan kelapa sawit itu sendiri, namun masih terus diupayakan untuk memperoleh nilai tambah sebesar mungkin. Pemanfaatan tandan kosong kelapa sawit sebagai bahan baku produksi Bioplastik merupakan rangkaian penelitian yang terus dilakukan, salah satunya adalah *starch-cellulose blend*. Disain proses menggunakan teknologi yang telah

proven yakni proses pembuatan bioplastic dengan cetakan pati di mana secara komersial sudah diproduksi dalam negeri. Selulosa yang berasal dari TKKS sejatunya memang hanya berlaku sebagai filler dalam adonan bioplastic, akan tetapi cukup berhasil memberikan nilai tambah bagi TKKS yang hingga saat ini belum dipergunakan secara optimal. Setidaknya 40% TKKS dari pabrik Kelapa Sawit kapasitas 50-60 TBS/jam dapat diolah menjadi 114000 Ton starch cellulose blend Bioplastic setiap harinya. Pabrik *starch cellulose blend bioplastic* diyakini akan berkontribusi positif terhadap SDGs. Setidaknya industri bioplastic tersebut akan dapat memenuhi delapan tujuan SDGs, yakni tujuan 1, 8, 9, 12, 13, 14, 15 dan 17. Pencapaian tersebut merupakan pencapaian yang baik untuk kontribusi Indonesia pada pembangunan dunia yang lebih baik. Pendirian industri *starch cellulose blend bioplastic* ini diekomendasikan agar terintegrasi dengan pabrik kelapa sawit, hal tersebut untuk mempertahankan keseimbangan material dalam siklus tertutup. Selain itu, juga akan menekan biaya transportasi bahan baku.

DAFTAR PUSTAKA

- Abdullah, A. H. D., Fikriyyah, A. K., & Furghoniyyah, U. (2020). Effect of chitin addition on water resistance properties of starch-based bioplastic properties. *IOP Conference Series: Earth and Environmental Science*, 483(1), 012002. <https://doi.org/10.1088/1755-1315/483/1/012002>
- Agustiar, A., Romano, M. R., Aulia, M. R., & Ramayana. (2024). Mass balance of palm waste energy potential in palm oil processing in South West Aceh, Indonesia. *IOP Conference Series: Earth and Environmental Science*, 1297(1), 012076. <https://doi.org/10.1088/1755-1315/1297/1/012076>
- Amirya, M., & Irianto, G. (2023). Tantangan implementasi Sustainable Development Goals (SDGs) di Indonesia. *Jurnal Ilmiah Akuntansi Peradaban*, 9(1), 187–198. <https://doi.org/10.24252/jiap.v9i1.38916>
- Aryani, A. S., Syahputri, Y., & Hermawan. (2019). Value chain palm oil industry analysis on the polyol polyester pathway. *International Journal of Transportation and Infrastructure*, 3(?), 106–117. (Catatan: volume/issue perlu dicek karena tidak jelas di sumber)
- Badan Pusat Statistik. (2024). *Statistik Kelapa Sawit Indonesia*. BPS.
- D'Souza, R. L., & Unnikrishnan, G. (2018). Bioplastics: A step towards sustainability. *International Journal of Current Trends in Science and Technology*, 8(5), BT20211–BT20219.
- Dewanti, R. (2018). Potensi selulosa dari limbah tandan kosong kelapa sawit untuk bahan baku bioplastik ramah lingkungan. *Jurnal Teknologi Lingkungan*, 19(1), 81–88. <https://doi.org/10.29122/jtl.v19i1.2644>
- Djarmika, E., Hermawan, T., Hasibuan, S., & Wahyudiono, B. (2025). Skala keekonomian terkecil pabrik bioplastik starch–cellulose blend berbahan baku tandan kosong kelapa sawit. *Jurnal Riset Rumpun Ilmu Teknik*, 4(2), 379–392. <https://doi.org/10.55606/jurritek.v4i2.5797>
- Erwinsyah, A., Afriani, A., & Kardiansyah, T. (2015). Potensi dan peluang tandan kosong sawit sebagai bahan baku pulp dan kertas: Studi kasus di Indonesia. *Jurnal Selulosa*, 5(2). <https://doi.org/10.25269/jsel.v5i02.79>

- Geyer, R., Jambeck, J. R., & Law, K. L. (2017). Production, use, and fate of all plastics ever made. *Science Advances*, 3(7), e1700782. <https://doi.org/10.1126/sciadv.1700782>
- Harahap, A. F. (2022). *Pemanfaatan tandan kosong kelapa sawit sebagai mulsa di perkebunan kelapa sawit milik masyarakat (Studi kasus Desa Simardona Padanglawas Utara, Sumatera Utara)* [Tesis, Universitas Gadjah Mada].
- Hasibuan, S., & Hermawan, T. (2017). Life cycle impact assessment produksi biodiesel sawit untuk mendukung keberlanjutan hilirisasi industri sawit Indonesia. *Prosiding Seminar Nasional Inovasi dan Aplikasi Teknologi di Indonesia*, 2085–4218.
- Husaini, A., Zaman, M., Chodijah, S., Hilwatullisan, & Ibrahim. (2021). Oil palm empty bunches as an alternative raw material for making bioplastics. *Atlantis Highlights in Engineering*, 7, 103–106. <https://doi.org/10.2991/ahe.k.210205.019>
- Isroi, A., Cifriadi, C., Panji, T., Wibowo, N. A., & Syamsu, K. (2017). Bioplastic production from cellulose of oil palm empty fruit bunch. *IOP Conference Series: Earth and Environmental Science*, 65, 012011. <https://doi.org/10.1088/1755-1315/65/1/012011>
- Jones, P., Wynn, M., Hillier, D., & Comfort, D. (2017). The Sustainable Development Goals and information and communication technologies. *Indonesian Journal of Sustainability Accounting and Management*, 1(1), 1–15. <https://doi.org/10.28992/ijSAM.v1i1.22>
- Kementerian Perindustrian. (2020). Industri kemasan diproyeksi tumbuh ikuti perkembangan teknologi. <https://www.kemenperin.go.id>
- Khatami, K., Perez-Zabaleta, M., Owusu-Agyeman, I., & Cetecioglu, Z. (2020). Waste to bioplastics: How close are we to sustainable polyhydroxyalkanoates production? *Waste Management*. <https://doi.org/10.1016/j.wasman.2020.10.008>
- Lembaga Ilmu Pengetahuan Indonesia. (2019). *Bioplastik sawit pengganti plastik konvensional*. <http://lipi.go.id>
- Mazza, P. I. (2021). Concepts of sustainable development: A literature review and a systematic framework for connecting the role of education with the Sustainable Development Goals (SDGs). *International Journal of Humanities Social Sciences and Education*, 8(8), 106–112. <https://doi.org/10.20431/2349-0381.0808009>
- Nkin, G. K. (2025). Microplastic pollution: An in-depth review of its sources, formation mechanisms, quantification techniques, environmental impacts, toxicological effects and remediation strategies. *World Journal of Advanced Research and Reviews*, 27(1), 228–262. <https://doi.org/10.30574/wjarr.2025.27.1.2483>
- Rahman, A., Syamsu, K., & Isroi. (2018). Biodegradability of bioplastic from oil palm empty fruit bunch. *Journal of Natural Resources and Environmental Management*, 9(2), 259–264. <https://doi.org/10.29244/jpsl.9.2.259-264>
- Subandi, K., Hermawan, T., & Aryani, A. S. (2019). Value chain analysis Indonesian animal husbandry industry. *Journal of Applied Science and Advanced Technology*, 2(1), 20–28.
- World Bank. (2021). *Plastic waste discharges from rivers and coastlines in Indonesia*. Marine Plastics Series, East Asia and Pacific Region.
- Yusra, I., Fatah, A., Khalil, H. P. S. A., Hossain, M. S., Aziz, A. A., Davoudpour, Y., Dungani, R., & Bhat, A. (2014). Exploration of a chemo-mechanical technique for the isolation of nanofibrillated cellulosic fiber from oil palm empty fruit bunch as a reinforcing agent in composite materials. *Polymers*, 6(10), 2611–2621. <https://doi.org/10.3390/polym6102611>