

Journal Analysis of Palm Oil Strategic Issues

Edisi Bahasa Indonesia
Volume V, No. 03
16 Juli 2025

KEUNGGULAN DAN INOVASI PEMANFAATAN BIOMASSA SAWIT: MERUBAH “LIMBAH” MENJADI “EMAS”

Oleh
PASPI Monitor

RESUME

Lima keunggulan biomassa sawit sebagai bahan baku industri hilir yakni *joint product* dari minyak sawit, tersedia sepanjang tahun dan terkonsentrasi dalam jumlah relatif besar, *low cost, zero* atau *low carbon*, dan tidak menyebabkan *food-fuel trade-off* dalam pemanfaatannya. Inovasi teknologi proses dan produk hilirisasi biomassa sawit telah relatif tersedia, di antara program Grant Riset Sawit (GRS) yang dikelola oleh BPDP(KS) memfasilitasi riset inovasi pemanfaatan biomassa sawit. Hilirisasi biomassa sawit dapat meningkatkan nilai tambah hingga 8-9 kali lipat dan berpotensi menjadi bisnis dengan nilai ekonomi yang besar sekaligus mendukung ekonomi sirkuler dan berkelanjutan.

PENDAHULUAN

Indonesia bukan hanya negara yang memiliki kebun sawit terluas di dunia, tetapi juga produsen minyak sawit terbesar dunia dan produsen biomassa sawit (*oil palm biomass*) terbesar dunia. Kebun sawit menghasilkan biomassa berupa tandan kosong (*empty fruit bunch*), cangkang dan serat buah (*oil palm fibre and shell*), batang kelapa sawit (*oil palm trunk*), dan pelepah sawit (*oil palm fronds*).

Perkebunan sawit juga dapat dipandang sebagai “perkebunan energi dan karbon” yang menghubungkan matahari, atmosfer bumi, dan manusia ([PASPI, 2023](#)). Melalui proses fotosintesis pada tanaman sawit, energi yang dipancarkan dari matahari dan karbon dioksida dari atmosfer bumi diserap dan disimpan dalam bentuk minyak sawit dan biomassa yang dapat bermanfaat untuk memenuhi kebutuhan manusia.

Setiap hektar kebun sawit dapat menghasilkan biomassa sekitar 16 ton bahan kering (*dry matter*) per tahun (Foo-Yuen Ng, *et al.*, 2011). Dengan luas kebun sawit Indonesia tahun 2025 sekitar 16.8 juta hektar, maka produksi biomassa yang dihasilkan dari perkebunan sawit Indonesia dapat mencapai 261.7 juta ton bahan kering biomassa per tahun. Secara kuantitas, produksi biomassa sawit tersebut sekitar tiga kali lebih besar dari produksi minyak sawit (CPO) sebagai produk utama kebun sawit.

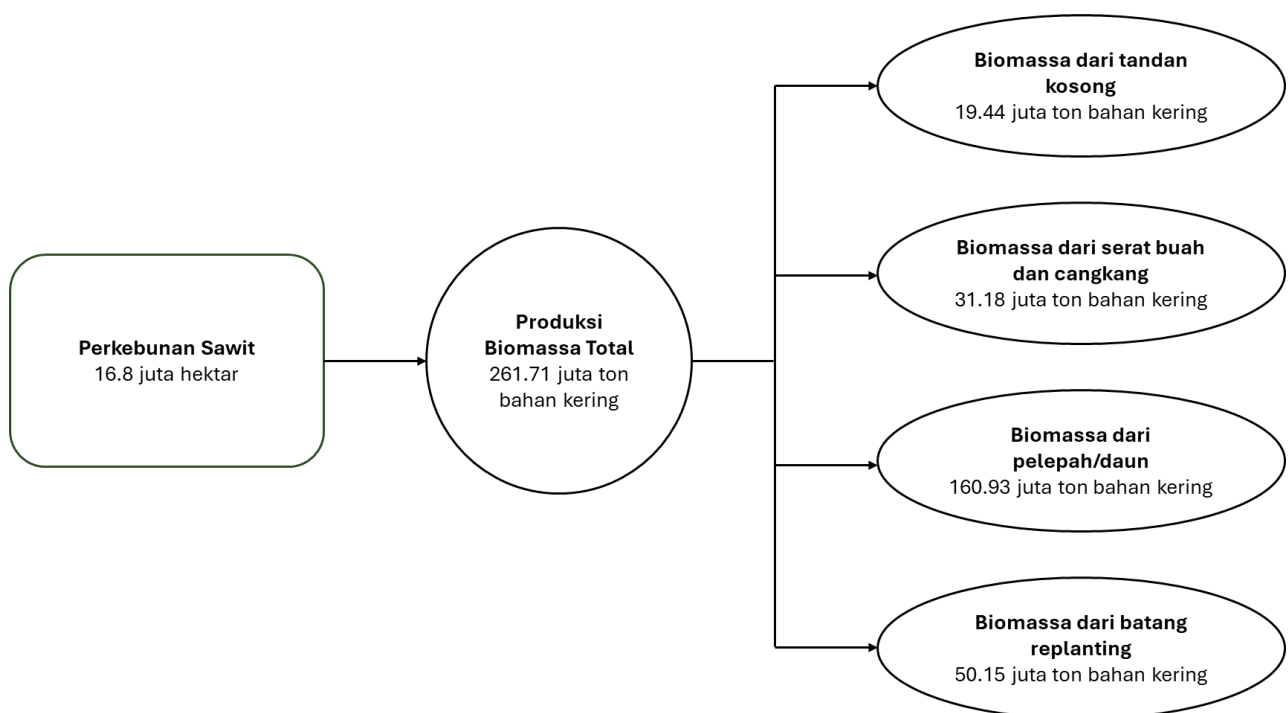
Dari biomassa sawit tersebut dapat dihasilkan berbagai produk bernilai tambah tinggi. Melalui aplikasi teknologi *thermochemical*, *biological*, *chemical*, *physical conversion*, dan/atau kombinasinya dapat mengolah biomassa sawit tersebut menjadi berbagai produk bernilai tambah tinggi seperti bioenergi, biomaterial, *biochemical*, *biofertilizer*, *biocoal*, *biopellet*, *biochar*, bioplastik, dll yang lebih ramah lingkungan (Naik *et al.*, 2010; Thomas *et al.*, 2021; Nabila *et al.*, 2023; Singh *et al.*, 2025).

Tulisan ini akan mendiskusikan keunggulan biomassa sawit secara ekonomi maupun ekologis. Kemudian dilanjutkan dengan diskusi berbagai inovasi pemanfaatan biomassa sawit yang potensial menghasilkan berbagai produk untuk kehidupan manusia.

KEUNGGULAN RELATIF BIOMASSA SAWIT

Tanaman sawit dianugerahi kemampuan fotosintesis yang memungkinkan pemanenan energi surya dan penyerapan karbon dioksida dari atmosfer bumi dan kemudian menyimpannya dalam bentuk energi kimia berupa minyak sawit dan biomassa. Besarnya produksi biomassa sawit tergantung pada berbagai faktor, diantaranya umur tanaman sawit.

Secara umum, mengacu pada studi Foo-Yuen Ng (2011) terkait produksi biomassa dari perkebunan kelapa sawit mencakup biomassa dari tandan kosong (*empty fruit bunch*) sekitar 1.4 ton bahan kering/hektar/tahun, biomassa dari serat buah dan cangkang (*oil palm fibre and shell*) sekitar 2.4 ton bahan kering/hektar/tahun, biomassa dari pelepah/daun (*oil palm frond*) sekitar 9.3 ton bahan kering/hektar/tahun, dan bahan biomas dari batang sawit (*oil palm trunk*) sekitar 2.9 ton bahan kering/hektar/tahun. Sehingga secara keseluruhan total produksi biomassa sawit sekitar 16 ton bahan bahan kering/hektar/tahun. Dengan luas perkebunan sawit Indonesia tahun 2025 seluas 16.8 juta hektar akan menghasilkan sekitar 261.7 juta ton bahan kering biomassa per tahun (Gambar 1).



Gambar 1. Produksi Biomassa (dalam Bahan Kering) dari Perkebunan Sawit Indonesia

Biomassa sawit memiliki beberapa keunggulan relatif, diantaranya adalah **Pertama**, secara ekonomi biomassa sawit dihasilkan secara *joint product* dengan produksi utama dari perkebunan sawit yakni minyak sawit (CPO/CPKO). Secara umum, produksi minyak sawit meningkat juga diikuti oleh peningkatan produksi biomassa. Bahkan pada saat Tanaman Belum Menghasilkan (TBM), dimana produksi minyak sawit belum ada, biomassa tetap dihasilkan meskipun dalam jumlah yang masih sedikit.

Kedua, produksi biomassa sawit tersedia sepanjang tahun dengan kuantitas relatif besar dan terkonsentrasi. Proses produksi perkebunan sawit yang memiliki *lifespan* yang panjang (25-30 tahun) maka produksi biomassa sawit tersedia sepanjang tahun. Sepanjang matahari masih bersinar, proses fotosintesis tanaman sawit akan tetap berlangsung dan produksi biomassa terus terjadi setiap saat. Hal ini berbeda dengan tanaman minyak nabati lain yang bersifat musiman seperti kedelai, rapeseed dan bunga matahari. Selain itu, produksi biomassa sawit juga relatif terkonsentrasi (di lokasi Pabrik Kelapa Sawit (PKS)/ CPO Mill yang lokasinya umumnya berada di tengah-tengah kebun sawit) sehingga biaya pengumpulan biomassa relatif lebih murah.

Ketiga, biaya produksi biomassa relatif rendah. Biomassa sawit sebagai *by product/joint product*

dari minyak sawit dan perkebunan sawit, maka biaya produksi biomassa sawit relatif rendah karena menjadi *joint cost* atau telah diperhitungkan dalam biaya produksi minyak sawit. Sehingga biaya yang diperhitungkan sebagai biaya produksi biomassa sawit hanyalah biaya pengumpulan (*collecting cost*).

Keempat, secara ekologis biomassa sawit merupakan *carbon sink*, dimana karbon yang diserap melalui proses fotosintesis lebih besar dari emisi karbon pada proses respirasi biomassa (PASPI, 2023; PASPI Monitor, 2023^b; 2024). Neraca karbon berdasarkan jejak karbon (*carbon footprint*) misalnya berdasarkan LCA (*Life Cycle Analysis*), emisi karbon biomassa dianggap nol karena sudah diperhitungkan dalam menghitung LCA karbon minyak sawit. Dengan kata lain, biomassa sawit secara netto merupakan *carbon sink/carbon sequestration*.

Kelima, pemanfaatan biomassa sawit menjadi berbagai produk hilir seperti bioenergi generasi kedua (*second generation bioenergy*) tidak akan menciptakan *food-fuel trade-off* (PASPI Monitor, 2021) seperti penggunaan minyak sawit sebagai bahan baku bioenergi generasi pertama (*first generation bioenergy*) (PASPI Monitor, 2023^a; 2025). Uni Eropa dengan kebijakan *European Union Renewable Energy Directives* (RED) maupun Amerika Serikat dengan kebijakan *US Renewable Fuel Standard* (RFS) merekomendasikan penggunaan energi biofuel generasi kedua (*second generation biofuel*) seperti biomassa sebagai energi paling berkelanjutan dunia (Naik *et al.*, 2010).

INOVASI PEMANFAATAN BIOMASSA SAWIT

Biomassa sawit telah lama dimanfaatkan pada perkebunan sawit meskipun masih dalam bentuk sederhana, misalnya penggunaan tandan kosong untuk kesuburan lahan atau penggunaan cangkang sebagai bahan bakar mesin boiler pada PKS/CPO Mill dan pengeras jalan di perkebunan sawit. Dengan berkembangnya ilmu dan teknologi, berbagai produk yang bernilai tinggi telah dihasilkan dari biomassa sawit (Naik *et al.*, 2010; Thomas *et al.*, 2021; Hau *et al.*, 2022; Hariz *et al.*, 2023; Nabila *et al.*, 2023; Singh *et al.*, 2025) seperti bioenergi (bioethanol, biocoal, briket, biogas dari POME), biofertilizer (*organic fertilizer, soil amendment*), biomaterial (*biocomposite, activated carbon, bioplastik, Craft Products and Wooden Furniture, biochar*), pakan ternak, dan berbagai produk biokimia.

Indonesia sebagai produsen biomassa sawit terbesar dunia juga diharapkan memiliki ekosistem untuk mendukung hilirisasi biomassa di dalam negeri. Salah satu bentuk dukungan ekosistem tersebut melalui program Grant Riset Sawit (GRS) yang dikelola oleh Badan Pengelola Dana Perkebunan (BPDP/BPDPKS). Program GRS tersebut telah secara intensif mengembangkan riset teknologi/inovasi produk hilir berbasis biomassa sawit dalam 10 tahun terakhir (Tabel 1).

Tabel 1. Inovasi Produk Hilir Berbasis Biomassa Sawit Hasil Grant Riset Sawit BPDP(KS)

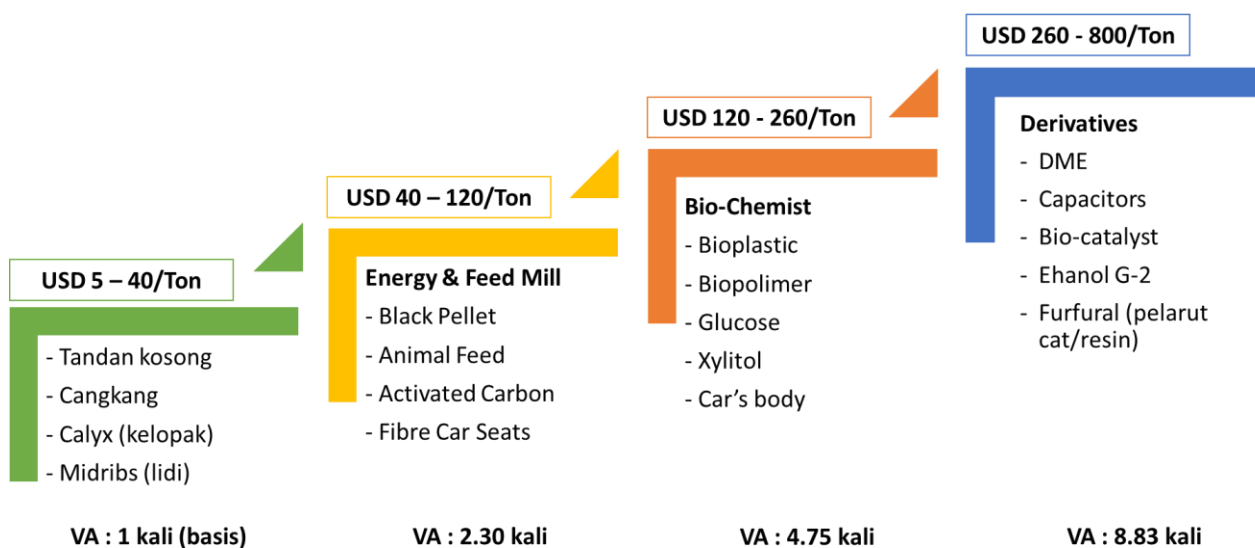
No.	Jenis Biomassa	Inovasi Produk	Peneliti
A.	Tandan Kosong Kelapa Sawit (TKKS)	1. Gula (glukosa)	Septiningrum <i>et al.</i> (2021, 2024)
		2. Kulit miselium (alternatif kulit hewan) untuk produk fashion	Aditiawati <i>et al.</i> (2023, 2024)
		3. Polimer (biokomposit) pada plafond	Ahmad <i>et al.</i> (2024)
		4. Hidrogel berbasis selulosa yang digunakan untuk wrapping (wet and dry) dan absorbent pad	Susi <i>et al.</i> (2024)
		5. Wood Plastic Composite (WPC) untuk bahan konstruksi	Nugraha <i>et al.</i> (2024)
		6. Paperbag (polybag) untuk pembibitan sawit	Dina <i>et al.</i> (2024)
		7. Carbon black yang dapat dimanfaatkan sebagai bahan penguat ban kendaraan, pigmen,	Kismanto, <i>et al.</i> (2023, 2024)

No.	Jenis Biomassa	Inovasi Produk	Peneliti
		stabilizer UV, isolator, tinta, pelapis, selang, dan sabun konveyer.	
		8. Rayon viskosa dan benang pilin untuk produk fashion (tas, sepatu, dan topi)	Nikmatin <i>et al.</i> (2022)
		9. Material berbasis aerogel, kemasan produk pangan penyerap minyak	Masruchin <i>et al.</i> (2022)
		10. Bahan elektroda (karbon aktif, graphene, dan carbon nanotube) pada superkapasitor yang dapat diaplikasikan pada lampu LED dan penggerak dinamo	Prakoso <i>et al.</i> (2015, 2019, 2021)
		11. Bioplastik	Isroi <i>et al.</i> (2018, 2019)
		12. Jaket anti peluru dan produk otomotif (bumper mobil dan motor)	Nikmatin <i>et al.</i> (2018, 2019)
		13. Green xylitol yang diaplikasikan pada industri pangan, farmasi, dan kimia.	Setiadi <i>et al.</i> (2015, 2019)
		14. Bio BTX (senyawa aromatik benzena, toluena, dan xilena)	Rasrendra <i>et al.</i> (2016, 2018; 2019)
		15. Furfural	Gozan <i>et al.</i> (2018; 2019)
		16. Media tanam jamur tiram, ekstraksi enzim ligninolitik, bahan baku CMC yang food grade, dan pupuk organik	Panji <i>et al.</i> (2016, 2018; 2019)
		17. Bio-Crude Oil (BCO)	Bindar <i>et al.</i> (2015, 2018; 2019)
		18. Cellulose Nano Crystals (CNC) diaplikasikan untuk penyangga katalis Katalis Pt/Rh/Ce untuk Konverter Katalitik	Budhi <i>et al.</i> (2016)
		19. Nano Crystalline Cellulose (NCC) dapat diaplikasikan sebagai reinforcing material, filler, dan carrier pada berbagai produk medis dan farmasi, kemasan, komposit kayu dan kertas, hingga produk pangan.	Setyaningsih <i>et al.</i> (2016)
		20. Metanol dan Dimetil-Eter	Susanto <i>et al.</i> (2015)
		21. Bioplastik (kemasan untuk produk pangan)	Sitompul <i>et al.</i> (2015)
B.	Cangkang Sawit	1. PalmCrete® (beton)	Astutiningsih <i>et al.</i> (2022; 2023)
		2. Bahan elektroda (karbon aktif, graphene, dan carbon nanotube) pada superkapasitor yang dapat diaplikasikan pada lampu LED dan penggerak dinamo	Prakoso <i>et al.</i> (2015, 2019, 2021)
		3. Carbon Nanofiber (CNF) yang dapat digunakan sebagai bahan elektroda superkapasitor dan filter udara	Sriyanti <i>et al.</i> (2020)
C.	Pelepah Sawit	1. Bio-Crude Oil (BCO)	Bindar <i>et al.</i> (2015, 2018; 2019)
		2. Bio-Oil	Raksodewanto <i>et al.</i> (2015)
		3. Metanol dan Dimetil-Eter	Susanto <i>et al.</i> (2015)
D.	Batang Sawit	1. Kayu (laminasi) dan air nira	Erwinsyah (2019)

No.	Jenis Biomassa	Inovasi Produk	Peneliti
		2. Tepung pati kaya gula dan bahan bakar (tepung biomass) untuk sistem pembakaran.	Tjahjono (2019)
		3. Metanol dan Dimetil-Eter	Susanto <i>et al.</i> (2015)
		4. Biopellet	Wistara <i>et al.</i> (2015)

Sumber: BPDP(KS) (2015, 2016, 2018, 2019, 2020, 2021, 2022, 2023, 2024)

Untuk memanfaatkan hasil-hasil riset pemanfaatan biomassa sawit tersebut, Kementerian Perindustrian (2025) telah mengembangkan perintisan hilir seperti: (1) *prototype* material baru dari serat kelapa sawit sebagai bahan baku alternatif kantong kertas *nursery* sawit, kulit tiruan (*artificial leather*), bahan sepatu/sneakers, hingga helm dan rompi anti peluru; (2) pengolahan Tandan Kosong Kelapa Sawit (TKKS) menjadi prekursor/bahan baku pembuatan *cellulosic bioethanol*, biopolimer, bioplastik, hingga bahan baku asam organik bernilai tambah tinggi; dan (3) pengembangan bahan bakar nabati dari bahan *cellulosic material* dan biofiber dari biomassa (cangkang, tandan kosong, dan sebagainya).



Gambar 2. Peningkatan Nilai Tambah pada Hilirisasi Biomassa Sawit (Sumber: Kementerian Perindustrian, 2025)

Inovasi teknologi hilirisasi biomassa sawit dimaksudkan untuk meningkatkan nilai tambah biomassa sawit (Gambar 2). Pengolahan biomassa sawit menjadi produk *energy dan feedmill* seperti *Block Pellet*, *activated carbon* atau *fiber seat car* dapat meningkatkan nilai tambah biomassa sawit sekitar 2.3 kali. Jika biomassa sawit diolah lebih lanjut menjadi produk-produk biokimia seperti bioplastik, biopolimer, glukosa, xylitol, akan meningkatkan nilai tambah biomassa hingga 4.75 kali. Nilai tambah biomassa sawit akan menjadi 8-9 kali lipat jika biomassa tersebut diolah menjadi produk yang lebih ke hilir seperti furfural, biocatalis, kapasitor, dan lain-lain.

KESIMPULAN

Indonesia bukan hanya negara yang memiliki kebun sawit terluas di dunia, tetapi juga produsen minyak sawit terbesar dunia dan produsen biomassa sawit (*oil palm biomass*) terbesar dunia. Kebun sawit menghasilkan biomassa berupa tandan kosong (*empty fruit bunch*), cangkang dan serat buah (*oil palm fibre and shell*), batang kelapa sawit (*oil palm trunk*), dan pelepah sawit (*oil palm fronds*). Mengacu pada studi Foo-Yuen Ng (2011), dengan luas perkebunan sawit Indonesia tahun 2025 mencapai 16.8 juta hektar, maka biomassa sawit yang akan menghasilkan sekitar 261.7 juta ton bahan kering biomassa per tahun. Besarnya potensi biomassa tersebut harus dimanfaatkan melalui hilirisasi untuk menambah nilai ekonomi sekaligus mendukung ekonomi sirkuler yang lebih ramah lingkungan.

Lima keunggulan biomassa sawit sebagai bahan baku industri hilir yakni *joint product* dari minyak sawit, tersedia sepanjang tahun dan terkonsentrasi dalam jumlah relatif besar, *low cost*, *zero* atau *low carbon*, dan tidak menyebabkan *food-fuel trade-off* dalam pemanfaatannya. Inovasi teknologi proses dan produk hilirisasi biomassa sawit telah relatif tersedia, salah satunya dihasilkan oleh program Grant Riset Sawit (GRS) yang dikelola oleh BPDP(KS) yang telah secara intensif mengembangkan riset teknologi/inovasi produk hilir berbasis biomassa sawit. Hilirisasi biomassa sawit dapat meningkatkan nilai tambah hingga 8-9 kali lipat dan berpotensi menjadi bisnis dengan nilai ekonomi yang besar sekaligus mendukung ekonomi sirkuler dan berkelanjutan.

ACKNOWLEDGEMENTS

Penulis mengucapkan terima kasih atas dukungan dana dari Badan Pengelola Dana Perkebunan (BPDP) dalam penyusunan artikel jurnal ini.

DAFTAR PUSTAKA

- [BPDPKS] Badan Pengelola Dana Perkebunan Kelapa Sawit. *Grant Riset Sawit 2015: Ringkasan Penelitian*. Badan Pengelola Dana Perkebunan Kelapa Sawit. <https://www.bpdp.or.id/uploads/E-BOOK%20HASIL%20PENELITIAN/Buku%20Ringkasan%20GRS%202015.pdf>
- [BPDPKS] Badan Pengelola Dana Perkebunan Kelapa Sawit. *Grant Riset Sawit 2016: Ringkasan Penelitian*. Badan Pengelola Dana Perkebunan Kelapa Sawit. <https://www.bpdp.or.id/uploads/E-BOOK%20HASIL%20PENELITIAN/Buku%20Ringkasan%20GRS%202016.pdf>
- [BPDPKS] Badan Pengelola Dana Perkebunan Kelapa Sawit. *Grant Riset Sawit 2018: Ringkasan Penelitian*. Badan Pengelola Dana Perkebunan Kelapa Sawit. <https://www.bpdp.or.id/uploads/E-BOOK%20HASIL%20PENELITIAN/Buku%20Ringkasan%20GRS%202018.pdf>
- [BPDPKS] Badan Pengelola Dana Perkebunan Kelapa Sawit. *Grant Riset Sawit 2019: Ringkasan Penelitian*. Badan Pengelola Dana Perkebunan Kelapa Sawit. <https://www.bpdp.or.id/uploads/E-BOOK%20HASIL%20PENELITIAN/Buku%20Ringkasan%20GRS%202019.pdf>
- [BPDPKS] Badan Pengelola Dana Perkebunan Kelapa Sawit. *Grant Riset Sawit 2020: Ringkasan Penelitian*. Badan Pengelola Dana Perkebunan Kelapa Sawit. <https://www.bpdp.or.id/uploads/E-BOOK%20HASIL%20PENELITIAN/Buku%20Ringkasan%20GRS%202020.pdf>
- [BPDPKS] Badan Pengelola Dana Perkebunan Kelapa Sawit. *Grant Riset Sawit 2021: Ringkasan Penelitian*. Badan Pengelola Dana Perkebunan Kelapa Sawit. <https://www.bpdp.or.id/uploads/E-BOOK%20HASIL%20PENELITIAN/Buku%20Ringkasan%20GRS%202021.pdf>
- [BPDPKS] Badan Pengelola Dana Perkebunan Kelapa Sawit. *Grant Riset Sawit 2022: Ringkasan Penelitian*. Badan Pengelola Dana Perkebunan Kelapa Sawit. <https://www.bpdp.or.id/uploads/E-BOOK%20HASIL%20PENELITIAN/Buku%20Ringkasan%20GRS%202022.pdf>
- [BPDPKS] Badan Pengelola Dana Perkebunan Kelapa Sawit. *Grant Riset Sawit 2023: Ringkasan Penelitian*. Badan Pengelola Dana Perkebunan Kelapa Sawit.

<https://www.bpdp.or.id/uploads/E-BOOK%20HASIL%20PENELITIAN/Buku%20Ringkasan%20GRS%202023.pdf>

- [BPDPKS] Badan Pengelola Dana Perkebunan Kelapa Sawit. *Grant Riset Sawit 2024: Ringkasan Penelitian*. Badan Pengelola Dana Perkebunan Kelapa Sawit. <https://www.bpdp.or.id/uploads/Riset/2024%20E-Book%20-%20GRANT%20RISET%20SAWIT.pdf>
- [PASPI] Palm Oil Agribusiness Strategic Policy Institute. 2023. *Mitos dan Fakta Industri Minyak Sawit Indonesia dalam Isu Sosial, Ekonomi, dan Lingkungan Global*. Edisi Keempat. Bogor (ID): PASPI.
- Aditiawati P, Prakoso T, Dungani R, Fitriyanti M, Priharto N, Mutsa D. 2024. *Optimasi Komposisi Substrat Fermentasi Berbasis Limbah Biomassa Tanaman Kelapa Sawit untuk Memproduksi Biomassa Miselium Sebagai Produk Biomaterial (Catalytic Esterification of Glycerol and Gondurukem for the Production of Road Marking and Adhesive Mixtures*. Grant Riset Sawit 2024: Ringkasan Penelitian. Badan Pengelola Dana Perkebunan Kelapa Sawit.
- Aditiawati P, Prakoso T, Dungani R, Fitriyanti M, Priharto N, Mutsa D. 2023. *Optimasi Komposisi Substrat Fermentasi Berbasis Limbah Biomassa Tanaman Kelapa Sawit untuk Memproduksi Biomassa Miselium Sebagai Produk Biomaterial*. Grant Riset Sawit 2023: Ringkasan Penelitian. Badan Pengelola Dana Perkebunan Kelapa Sawit.
- Ahmad, Sultan AZ, Nur R, Gustiono D, Roseno S, Rahman S. 2024. *Pengembangan Komposit Campuran (Hybrid) Serat Tandan Kosong Kelapa Sawit (TKKS) dan Glass yang Diperkuat Poliester untuk Aplikasi Plafon Rumah*. Grant Riset Sawit 2024: Ringkasan Penelitian. Badan Pengelola Dana Perkebunan Kelapa Sawit.
- Astutiningsih S, Handika N, Sentosa BOB, Adhiraga M, Dhini A, Wulandari D. 2023. *Palmcrete (Beton Sawit): Pemanfaatan (Upcycle) Cangkang Kelapa Sawit (Palm Kernel Shell) sebagai Agregat Beton Ringan Menuju Ekonomi Sirkular*. Grant Riset Sawit 2023: Ringkasan Penelitian. Badan Pengelola Dana Perkebunan Kelapa Sawit.
- Astutiningsih S, Handika N, Sentosa BOB, Adhiraga M, Dhini A, Wulandari D. 2022. *Palmcrete (Beton Sawit): Pemanfaatan (Upcycle) Cangkang Kelapa Sawit (Palm Kernel Shell) sebagai Agregat Beton Ringan Menuju Ekonomi Sirkular*. Grant Riset Sawit 2022: Ringkasan Penelitian. Badan Pengelola Dana Perkebunan Kelapa Sawit.
- Bindar Y, Zunita M, Irawan A. 2015. *Pengembangan Teknologi Produksi Minyak Mentah Nabati Pirolisis (Bio-Crude Oil) Berbahan Baku Limbah Biomassa Sawit*. Grant Riset Sawit 2015: Ringkasan Penelitian. Badan Pengelola Dana Perkebunan Kelapa Sawit.
- Bindar Y, Zunita M, Irawan A. 2018. *Pengembangan Teknologi Produksi Minyak Mentah Pirolisis Biomassa (Bio-Crude Oil), Bioa-Char, dan Bio-Pyrolysis Gas Berbahan Baku Limbah Biomassa Sawit*. Grant Riset Sawit 2018: Ringkasan Penelitian. Badan Pengelola Dana Perkebunan Kelapa Sawit.
- Bindar Y, Zunita M, Irawan A. 2019. *Pengembangan Teknologi Produksi Minyak Mentah Nabati Pirolisis (Bio-Crude Oil) Berbahan Baku Limbah Biomassa Sawit*. Grant Riset Sawit 2019: Ringkasan Penelitian. Badan Pengelola Dana Perkebunan Kelapa Sawit.
- Budhi YW, Judawisastra H, Iskandar F, Suendo V. 2016. *Pembuatan Biomaterial Maju Cellulose Nano Crystallines (CNC) dari Tandan Kelapa Sawit sebagai Material Penyangga Katalis Pt/Rh/Ce untuk*

- Konverter Katalitik*. Grant Riset Sawit 2016: Ringkasan Penelitian. Badan Pengelola Dana Perkebunan Kelapa Sawit.
- Dimawarnita F, Suharyanto, Marsudi S, Perwitasari U. 2016. *Pemanfaatan Total Limbah Padat Kelapa Sawit dalam Rantai Industri Pertanian dan Pangan: Produksi Enzim Ligninolitik, Carboxymethyl Cellulose (CmC), Jamur Konsumsi, dan Pupuk Organik*. Grant Riset Sawit 2016: Ringkasan Penelitian. Badan Pengelola Dana Perkebunan Kelapa Sawit.
- Dina SF, Ginting TP, Hutajulu PE, Indriati L, Sitinjak M, Saragih G, Fernandez BR, Pratikha RS, Silalahi M. 2024. *Aplikasi Biodegradable Polimer Sintetik pada Pembuatan Paperbag dari Pulp Tandan Kosong Kelapa Sawit untuk Kemasan Pembibitan*. Grant Riset Sawit 2024: Ringkasan Penelitian. Badan Pengelola Dana Perkebunan Kelapa Sawit.
- Erwinsyah. 2019. *Kajian Pengembangan Pabrik Kayu Sawit Hasil Peremajaan dengan Teknologi Sandwich Laminated Lumber*. Grant Riset Sawit 2019: Ringkasan Penelitian. Badan Pengelola Dana Perkebunan Kelapa Sawit.
- Foo-Yuen N, Foong-Kheong Y, Y Basiron, K Sundram. 2011. A Renewable Future Driven with Malaysian Palm Oil-based Green Technology. *Journal of Oil Palm & The Environment*. 2:1-7.
- Gozan M, Harahap AFP. 2018. *Pengembangan Konsep Biorefinery: Furfural, Asam Levulinat, dan Bioetanol Berbasis Tandan Kosong Kelapa Sawit*. Grant Riset Sawit 2018: Ringkasan Penelitian. Badan Pengelola Dana Perkebunan Kelapa Sawit.
- Gozan M, Harahap AFP. 2019. *Pengembangan Konsep Biorefinery: Furfural, Asam Levulinat, dan Bioetanol Berbasis Tandan Kosong Kelapa Sawit*. Grant Riset Sawit 2019: Ringkasan Penelitian. Badan Pengelola Dana Perkebunan Kelapa Sawit.
- Hariz HB, Zaidi SAS, Luthfi AAI, Bukhari N, Sajab MS, Markom M, Harun S, Tan JP, Ding GT, Abdul PM. Succinic Acid Production from Oil Palm Biomass: A Prospective Plastic Pollution Solution. *Fermentation*. 9(1). <https://doi.org/10.3390/fermentation9010046>
- Hau EH, Teh SS, Yeo SK, Chua BL, Mah SH. 2022. Transformation of Oil Palm Biomass into Value-Added Components. *Reviews in Agricultural Science*. 10: 36–55. <https://doi.org/10.7831/ras.10.0.36>
- Isroi, Cifriadi A, Saptohadi A, Panji T. 2018. *Produksi Bioplastik Berbasis Glyserol dari Minyak Sawit dan Nano-Selulosa dari Tandan Kosong Kelapa Sawit*. Grant Riset Sawit 2018: Ringkasan Penelitian. Badan Pengelola Dana Perkebunan Kelapa Sawit.
- Isroi, Rahman A, Syamsu K. 2019. *Produksi Bioplastik dari Selulosa Tandan Kosong Kelapa Sawit*. Grant Riset Sawit 2019: Ringkasan Penelitian. Badan Pengelola Dana Perkebunan Kelapa Sawit.
- Kementerian Perindustrian RI. 2025. *Kebijakan Pengembangan Industri Bahan Bakar Nabati; Siprosatu Untuk Mendukung Iklim Usaha Industri Hilir Kelapa Sawit, termasuk Industri bahan Bakar Nabati, dan Membantu Implementasi ISPO HILIR (sesuai Perpres 16/2025)*. Materi Paparan pada Seminar Peluang dan Tantangan Industri Bioenergi Menyongsong Indonesia Emas 2045 oleh APROBI (Asosiasi Produsen Biofuel Indonesia) di Jakarta pada tanggal 17 Juli 2025.
- Kismanto A, et.al. 2023. *Pengembangan Teknologi Produksi Carbon Black dari Biomassa Kelapa Sawit*. Grant Riset Sawit 2023: Ringkasan Penelitian. Badan Pengelola Dana Perkebunan Kelapa Sawit.

- Kismanto A, et.al. 2024. *Pengembangan Teknologi Produksi Carbon Black dari Biomassa Kelapa Sawit*. Grant Riset Sawit 2024: Ringkasan Penelitian. Badan Pengelola Dana Perkebunan Kelapa Sawit.
- Masruchin N, Burhani D. 2022. *Pengembangan Nanoselulosa dari Serat Pulp Tandan Kosong Kelapa Sawit Sebagai Agen Pickering-Emulsion (Nirsurfaktan) Kemasan Pangan Aktif dan Bahan Superhidrofobik Aerogel Penyerap Minyak*. Grant Riset Sawit 2022: Ringkasan Penelitian. Badan Pengelola Dana Perkebunan Kelapa Sawit.
- Nabila R, Hidayat W, Haryanto A, Hasanuddin U, Iryani DA, Lee S, Kim S, Kim S, Chun D, Choi H, Im H, Lim J, Kim K, Jun D, Moon J, Yoo J. 2023. Oil palm biomass in Indonesia: Thermochemical upgrading and its utilization. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*. 176: 113193. <https://doi.org/10.1016/j.rser.2023.113193>
- Naik SN, VV Goud, PK Rout, AK Dalai. 2010. Production of First- and Second-Generation Biofuels: A Comprehensive Review. *Renewable and Sustainable Energy*. 14: 578-597. <https://doi.org/10.1016/j.rser.2009.10.003>
- Nikmatin S, Irmansyah, Hermawan B. 2022. *Inovasi Benang dan Kain dari Biomass Sawit untuk Aplikasi Produk Industri Kreatif Fashion*. Grant Riset Sawit 2022: Ringkasan Penelitian. Badan Pengelola Dana Perkebunan Kelapa Sawit.
- Nikmatin S, Irmansyah, Irwanto DAY. 2018. *Optimasi Hingga Implementasi Pengolahan Limbah Padat Sawit sebagai Material Filler Polimer Aplikasi Komponen Otomotif dan Bahan Anti Peluru untuk Diversifikasi Produk*. Grant Riset Sawit 2018: Ringkasan Penelitian. Badan Pengelola Dana Perkebunan Kelapa Sawit.
- Nikmatin S, Irmansyah, Irwanto DAY. 2019. *Optimasi Hingga Implementasi Pengolahan Limbah Padat Sawit sebagai Material Filler Polimer Aplikasi Komponen Otomotif dan Bahan Anti Peluru untuk Diversifikasi Produk*. Grant Riset Sawit 2019: Ringkasan Penelitian. Badan Pengelola Dana Perkebunan Kelapa Sawit.
- Nugraha AF, Chalid M, Husnil YA, Pangesty AI, Ghozali M, Faramitha Y, Dimawarnita F. 2024. *Aplikasi Wood Plastic Composite (WPC) Berbahan TKKS sebagai Bahan Konstruksi Ramah Lingkungan untuk Perumahan*. Grant Riset Sawit 2024: Ringkasan Penelitian. Badan Pengelola Dana Perkebunan Kelapa Sawit.
- Panji T, Marsudi S, Dimawarnita F, Perwitasari U, Suharyanto. 2019. *Pemanfaatan Total Limbah Padat Kelapa Sawit dalam Rantai Industri Pertanian dan Pangan: Produksi Enzim Ligninolitik, Carboxymethyl Cellulose (CmC), Jamur Konsumsi, dan Pupuk Organik*. Grant Riset Sawit 2019: Ringkasan Penelitian. Badan Pengelola Dana Perkebunan Kelapa Sawit.
- Panji T, Marsudi S, Dimawarnita F, Perwitasari U, Suharyanto. 2018. *Pemanfaatan Total Limbah Padat Kelapa Sawit dalam Rantai Industri Pertanian dan Pangan: Produksi Enzim Ligninolitik, Carboxymethyl Cellulose (CmC), Jamur Konsumsi, dan Pupuk Organik*. Grant Riset Sawit 2018: Ringkasan Penelitian. Badan Pengelola Dana Perkebunan Kelapa Sawit.
- PASPI Monitor. 2021. Minyak Sawit dan Isu Food-Fuel Trade Off. *Palm O' Journal Analisis Isu Strategis Sawit*. 2(8): 321-326. <https://palmoilina.asia/wp-content/uploads/2021/02/2.8-MINYAK-SAWIT-DAN-ISU-FOOD-FUEL-TRADE-OFF-.pdf>
- PASPI Monitor. 2023a. COP-28 Dubai Summit, Emisi Energi Fosil, dan Bioenergi Sawit. *Journal of Analysis Palm Oil Strategic Issues*. 4(14): 833-840. <https://palmoilina.asia/jurnal-kelapa-sawit/jalur-biofuel-complex-sawit/>

- PASPI Monitor. 2023b. Keunggulan Perkebunan Sawit dalam Carbon Sink & Produksi Minyak Hemat Emisi. *Journal of Analysis Palm Oil Strategic Issues*. 4(15): 841-848. <https://palmoilina.asia/jurnal-kelapa-sawit/sawit-dalam-carbon-sink/>
- PASPI Monitor. 2024. 3 in 1: Perkebunan Sawit Produksi Minyak Nabati, Biomassa, dan Jasa Lingkungan. *Journal of Analysis Palm Oil Strategic Issues*. 4(16): 849-854. <https://palmoilina.asia/jurnal-kelapa-sawit/3-in-1-minyak-sawit-biomassa/>
- PASPI Monitor. 2025. Inovasi Diversifikasi Bioenergi Berbasis Sawit untuk Substitusi Energi Fosil. *Journal of Analysis Palm Oil Strategic Issues*. 5(2): 9-20. <https://palmoilina.asia/jurnal-kelapa-sawit/bioenergi-berbasis-sawit/>
- Prakoso T, Nurdin I, Devianto H, Widiatmoko P. 2015. *Pembuatan Nanokarbon Aktif untuk Superkapasitor dari Limbah Sawit*. Grant Riset Sawit 2015: Ringkasan Penelitian. Badan Pengelola Dana Perkebunan Kelapa Sawit.
- Prakoso T, Nurdin I, Devianto H, Widiatmoko P. 2019. *Peningkatan Rendemen Nanokarbon Aktif untuk Elektroda Superkapasitor dari Limbah Kelapa Sawit*. Grant Riset Sawit 2019: Ringkasan Penelitian. Badan Pengelola Dana Perkebunan Kelapa Sawit.
- Prakoso T, Nurdin I, Devianto H, Widiatmoko P. 2021. *Pembuatan Purwarupa Superkapasitor dari Limbah Kelapa Sawit*. Grant Riset Sawit 2021: Ringkasan Penelitian. Badan Pengelola Dana Perkebunan Kelapa Sawit.
- Raksodewanto A, Kismanto A, Peryoga MDSY, Wijono A, Riza, Widjatmoko KA, Nurayadi AP, Sumbogo SD, Adiarso, Dwiratna B, Nasiri SJA. 2015. *Pengembangan Industri Bahan Bakar Minyak Berbahan Baku Biomassa dari Perkebunan Kelapa Sawit*. Grant Riset Sawit 2015: Ringkasan Penelitian. Badan Pengelola Dana Perkebunan Kelapa Sawit.
- Rasrendra CB, Sasongko D, Kariem MA, Rizkiana J, Winoto HP. 2018. *Pengembangan Teknologi Produksi Bio-Aromatik dan Bio-Btx Berbahan Mentah Tandan Kosong Sawit*. Grant Riset Sawit 2018: Ringkasan Penelitian. Badan Pengelola Dana Perkebunan Kelapa Sawit.
- Rasrendra CB, Sasongko D, Kariem MA, Rizkiana J, Winoto HP. 2019. *Pengembangan Lanjut Teknologi Produksi Bio-Aromatik dan Biobtx Berbahan Mentah Tandan Kosong Sawit*. Grant Riset Sawit 2019: Ringkasan Penelitian. Badan Pengelola Dana Perkebunan Kelapa Sawit.
- Rasrendra CB, Sasongko D, Kariem MA, Rizkiana J. 2016. *Pengembangan Teknologi Produksi Bio-Aromatik dan Bio-Btx Berbahan Mentah Tandan Kosong Kelapa Sawit*. Grant Riset Sawit 2016: Ringkasan Penelitian. Badan Pengelola Dana Perkebunan Kelapa Sawit.
- Septiningrum K, Azkiya AC, Merdekawati NA, Fauzi MI, Nugroho AF, Suharman, Purwadi R, Kresnowati, Rasrendra CB. 2024. *Optimalisasi Teknologi Fraksionasi Tandan Kosong Kelapa Sawit pada Skala Pilot*. Grant Riset Sawit 2024: Ringkasan Penelitian. Badan Pengelola Dana Perkebunan Kelapa Sawit.
- Septiningrum K, Mariyana R, Azkiya AC, Nugroho Y, Antara NT, Kustanto H, Hasanah F, Nobel CH, Purwadi R, Kresnowati. 2021. *Pengembangan Teknologi Proses Produksi Pengolahan Tandan Kosong Sawit Menjadi Glukosa pada Skala Pilot dan Teknologi Proses Terintegrasi Produksi Glukosa, Xilosa, dan Lignin Skala Lab*. Grant Riset Sawit 2021: Ringkasan Penelitian. Badan Pengelola Dana Perkebunan Kelapa Sawit.

- Setiadi T, Meilany D, Kresnowati. 2015. *Rekayasa Proses Hidrolisis Tandan Kosong Sawit untuk Produksi Green Xylitol*. Grant Riset Sawit 2015: Ringkasan Penelitian. Badan Pengelola Dana Perkebunan Kelapa Sawit.
- Setiadi T, Meilany D, Kresnowati. 2019. *Rekayasa Proses Hidrolisis Tandan Kosong Sawit untuk Produksi Green Xylitol*. Grant Riset Sawit 2019: Ringkasan Penelitian. Badan Pengelola Dana Perkebunan Kelapa Sawit.
- Setyaningsih D, Uju, Muna N. 2016. *Sintesis Nano Crystalin Cellulose (NCC) Ramah Lingkungan dari Biomassa Sawit dan Aplikasinya*. Grant Riset Sawit 2016: Ringkasan Penelitian. Badan Pengelola Dana Perkebunan Kelapa Sawit.
- Singh S, Nara R, Yadav M, Sharma C, Agrawal S, Kumar A. 2025. Oil Palm Biomass: A Potential Feedstock for Lignocellulolytic Enzymes and Biofuels Production. *Environmental Science and Pollution Research*. 32(19): 11791–11814. <https://doi.org/10.1007/s11356-025-36379-3>
- Sitompul J, Wibowo A, Rasrendra CB, Pramudita D. 2015. *Pengembangan Proses dan Produksi Biomaterial dari TKS (Tandan Kosong Sawit) untuk Bahan Pembungkus yang Ramah Lingkungan*. Riset Sawit 2015: Ringkasan Penelitian. Badan Pengelola Dana Perkebunan Kelapa Sawit.
- Sriyanti I, Jauhari J, Marlina L, Ariska M, Sajaya R, Almafie R. 2020. *Pengembangan Teknologi Dan Produksi Biomaterial Maju Carbon Nanofiber (CNF) Berkekuatan Mekanik Tinggi dari Limbah Cangkang Kelapa Sawit yang Ramah Lingkungan dan Prospektif*. Grant Riset Sawit 2020: Ringkasan Penelitian. Badan Pengelola Dana Perkebunan Kelapa Sawit.
- Susanto H, Ardy A, Yuono, Pranobo SH, Prasetyo JL. 2015. *Konversi Limbah Padat Sawit Menjadi Metanol dan Dimetil-Eter melalui Proses Gasifikasi (Biomass to Liquid)*. Grant Riset Sawit 2015: Ringkasan Penelitian. Badan Pengelola Dana Perkebunan Kelapa Sawit.
- Thomas S, Andres. 2021. Biomass from Palm Oil Waste as a Renewable Energy Source with Community Benefits. *International Journal Papier Advance and Scientific Review*. 2(1). <https://doi.org/10.47667/ijpasr.v2i1.79>

