



PALMOPLAST: Green, Smart, Advanced Bioplastic From Empty Fruit Bunches

Oleh:

- Ir. Istiqomah Rahmawati, M.Si.
- Ir. Boy Arief Fachri, Ph.D., IPM.
- Ir. Bkti Palupi, M.Eng.
- Ir. Meta Fitri Rizkiana, M.Sc.
- Helda Wika Amini, M.Si., M.Sc.
- Dr. Muhammad Reza, M.Si.
- Dwi Agustin Irawan
- Naviatul Fauziyah
- Laily Nur Azizah
- Linda Septiana
- Hosshofil Azhar Azizi
- Ifan Ramadanana





TUJUAN PENELITIAN

Tujuan Umum

Penelitian ini bertujuan untuk memanfaatkan limbah Tandan Kosong Kelapa Sawit (TKKS) guna menghasilkan produk **PALMOPLAST: *Green, Smart, advanced Bioplastic***. Produksi **PALMOPLAST** ini menerapkan konsep *zero waste* dalam industri kelapa sawit sebagai solusi berkelanjutan untuk mengatasi masalah akumulasi TKKS di lingkungan. **PALMOPLAST** mampu mendeteksi kerusakan pada produk makanan di dalamnya karena terdapat indikator. Sehingga, penelitian ini juga berkontribusi untuk mengurangi konsumsi plastik konvensional yang sulit terurai.

Tujuan Khusus

1. Mengembangkan formulasi **PALMOPLAST type 1: Biodegradable Plastic** dari limbah TKKS sebagai alternatif ramah lingkungan terhadap plastik konvensional.
2. Merancang dan memproduksi **PALMOPLAST type 2: Smart Biodegradable Bioplastics** yang mampu mendeteksi perubahan pH dalam membungkus makanan, dengan memanfaatkan antosianin sebagai agen deteksi pH.
3. Meneliti kemampuan degradasi alami *biodegradable plastic* berbasis TKKS.
4. Optimalisasi pemanfaatan limbah TKKS dalam produksi biodegradable plastic dengan tujuan menciptakan limbah *zero waste* dan mendukung siklus ekonomi yang berkelanjutan.

JUSTIFIKASI RISET/PROJECT

No	Bahan	Metode	Hasil	Referensi
1.	Tandan Kosong Kelapa Sawit (TKKS)	Penambahan gliserol dan kitosan dengan berbagai variasi konsentrasi.	•Nilai kekuatan tarik plastik (biodegradable) : 0,0255 Mpa •Nilai ketahanan air : 64,79%, •Laju biodegradasi sebesar : 40,59% •%E : 13,63%.	(Husaini et al. 2021)
2.	Tandan Kosong Kelapa Sawit (TKKS)	Percobaan dengan penambahan variasi <i>OPEFB cellulose</i> , Gliserol, <i>Carboxyl Methyl Cellulose</i> , dan <i>Distilled water</i> .	•Hasil terbaik pada P1, Gliserol 1%. •Ketahanan air : 2,226% •Laju transmisi : 16,306 g/m ² /jam •Kekuatan tarik : 2,430 MPa •Elongasi : 18,95%	(Hamzah et al., 2021)
3.	Tandan Kosong Kelapa Sawit (TKKS)	1. Ekstraksi Selulosa 2. Thermopressing Method	Sampel terbaik (BC15) •Daya kuat tarik : 3,79 MPa •Daya serap air : 9,81% •Daya terurai : 48,52% selama 21 hari	(Alfarisi et al., 2024)
4.	Tandan Kosong Kelapa Sawit (TKKS)	1.Reflux and Melt Blending 2.Extraction of palm oil empty fruit bunch	•Nilai kuat tarik : 15,970 N/m ² •Elongasi : 3,518%	(Hidayani et al., 2020)
5.	Tandan Kosong Kelapa Sawit (TKKS)	Penambahan variasi penguatan 1.Epoxidized soybean oil (ESO) 2.Epoxidized palm oil (EPO)	•Hasil Terbaik (EPO 1,5% berat dan ESO 0,75% berat) •Kekuatan tarik meningkat dari 0,83 MPa pada sampel kontrol menjadi 3,92 dan 5,42 MPa	(Yang, Ching, Chuah, & Liou, 2021)

No.	Bahan	Metode	Hasil	Referensi
1.	Bunga Telang (<i>Clitoria ternatea</i> L.).	1.Extraction 2.Ketebalan Film (Sekrup Mikrometer)	Hasil terbaik pada perbandingan CH:PVA (40:60). Ketebalan : 0,15 mm, TS : 11,02 MPa, E% : 48,00%, total antosianin : 25,08 mg/g.	(Hidayati et al., 2021)
2.	Pati singkong dan Antosianin Murbei	<i>Solution-Casting Method</i>	Mampu mendeteksi nilai pH mulai dari 2 hingga 11 dan memiliki efek penghambatan yang baik pada pertumbuhan <i>E. Coli</i> dan <i>S. aureus</i> .	(Li et al. 2022)
3.	Antosianin Betalain Curcumin	Perbandingan Literatur	1.Antosianin memiliki potensi dalam mendeteksi pH karena sangat reaktif terhadap perubahan pH. 2. <i>Betalain</i> Berwarna merah muda (3 < pH < 8). Berwarna kuning (pH ≥ 8). 3. <i>Curcumin</i> mampu mendeteksi pH 1 hingga 7 (kuning) dan di atas pH 8 (merah-oranye).	(Rodrigues et al., 2021)
4.	<i>Antimicrobial Films and Bio-Based Sensor</i>	Perbandingan Literatur	Penggabungan <i>biobased</i> ke dalam <i>film</i> seperti biji jeruk bali dan ekstrak teh hijau, yang telah terbukti aktif sebagai antioksidan dan melawan patogen yang berbeda seperti <i>E. Coli</i> dan <i>Listeria spp.</i>	(Halonen et al., 2020)
5.	Minyak Kelapa Murni (VCO)	Preparation of Edible Film	•Ketebalan : 0,12±0,01 mm •Kekuatan Tarik : 1,59±0,12 MPa •Pemanjangan : 48,73±1,97% •Kelarutan : 92,07±0,57% •WVTR : 49,18±0,59 g/m ² ,24 jam	(Marismandani et al., 2020)

Berdasarkan penelitian sebelumnya, fokus penelitian ini adalah mengembangkan produk PALMOPLAST: *Green, Smart, advanced Bioplastic* dengan menggunakan limbah Tandan Kosong Kelapa Sawit (TKKS). Limbah TKKS memiliki potensi kandungan selulosa yang cukup tinggi sehingga dapat dikonversi menjadi bioplastik sebagai solusi dari banyaknya limbah. Bioplastik ini akan dikembangkan PALMOPLAST type 1: Biodegradable Plastic dan PALMOPLAST type 2: Smart Biodegradable Bioplastics. Plastik biodegradable mampu memecahkan masalah limbah plastik konvensional yang sulit terurai di lingkungan, sementara smart plastik yang mampu mendeteksi pH dapat digunakan dalam berbagai aplikasi, khususnya pada packaging makanan.

JUSTIFIKASI RISET/PROJECT

Before

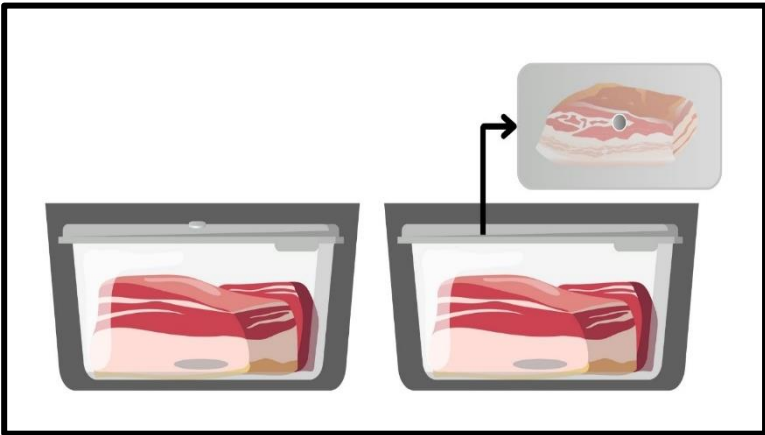


Limbah TKKS

After



PALMOPLAST type 1: Biodegradable Plastic



PALMOPLAST type 2: Smart Biodegradable Plastic

Green

Main Function: Reduce negative impacts on the environment.

Operational Method: Production using natural resources.

Examples: lignocellulose, chitosan, amylopectin

Smart

Main Function: Has additional capabilities / smart features.

Operational Method: Integration of smart technology in production/formulation processes.

Example: Bioplastics that can sensorik of pH.

Advanced

Main Function: Improves the performance and application of bioplastics.

Operational Method: Research and development in the production process.

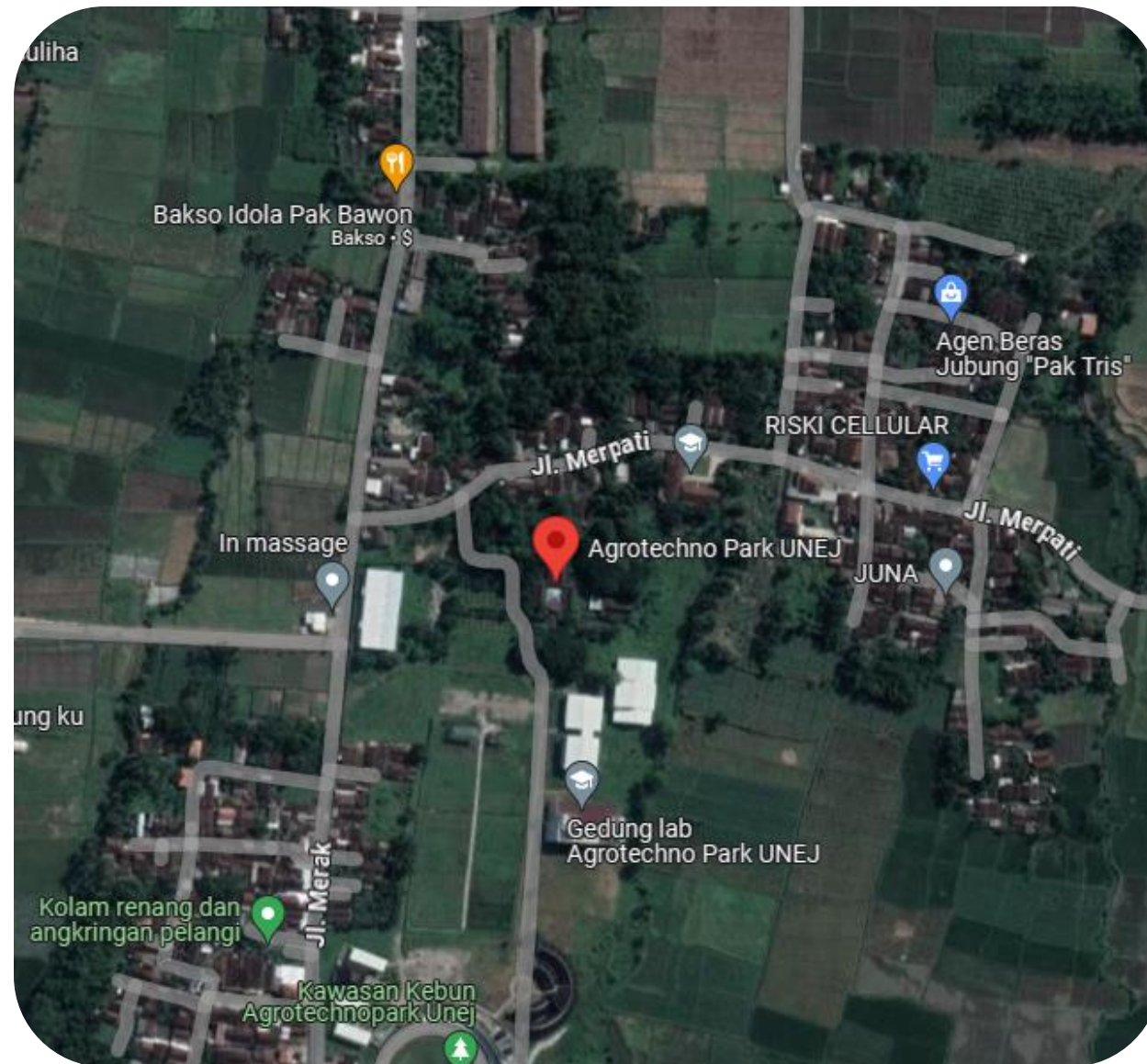
Example: Bioplastics which have higher strength and durability than conventional plastics.

JUSTIFIKASI RISET/PROJECT

Alat : Kain Saring, Oven, Labu Erlenmeyer 250 ml, Ayakan 100 mesh, Desiccator, Mesin Uji Universal (Orientec Co. Ltd., Uct-5t), Cawan Petri, Cetakan, Neraca Analitik, Hot Plate, Thermometer, Gunting, Penggaris, pH Indikator, Casting Machine.

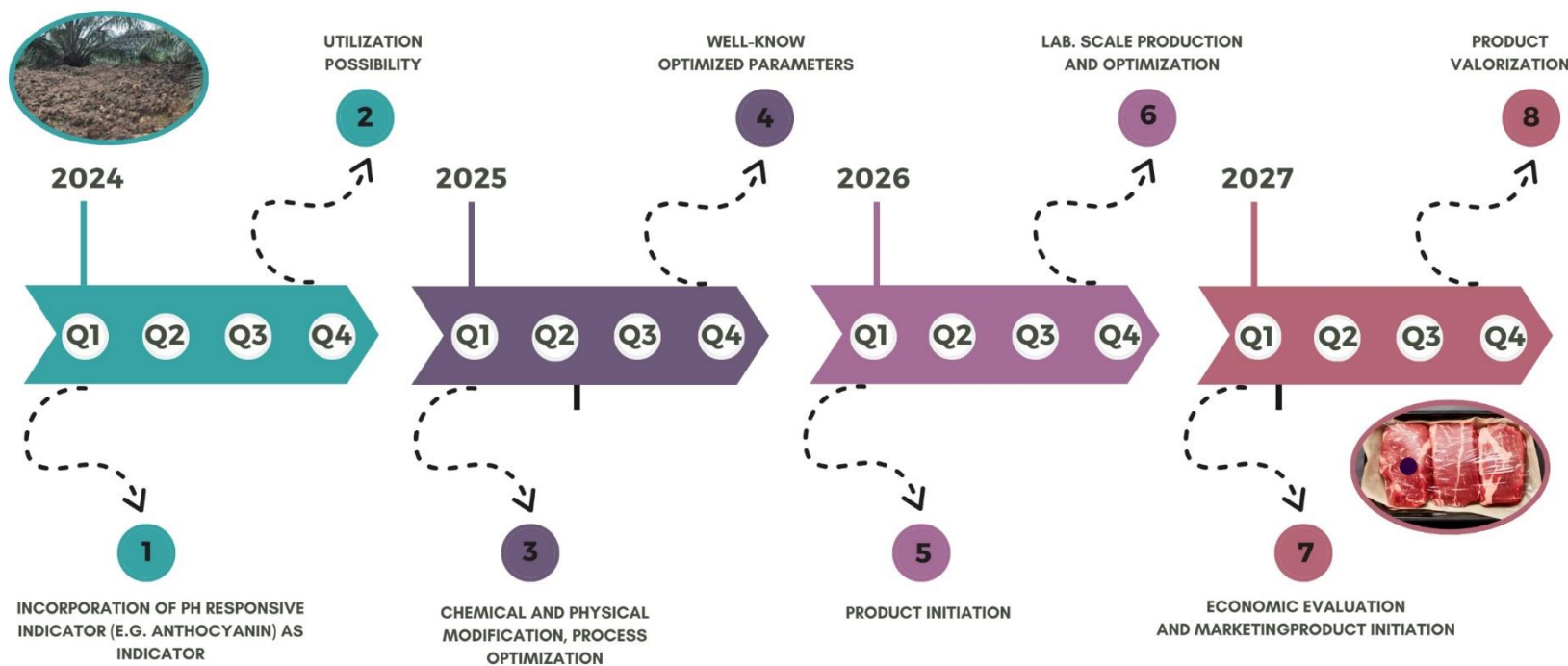
Bahan : TKKS (bubuk), Ketan (bubuk), Kitosan, Gliserol, Asam asetat, Ubi ungu/PSP (bubuk), Etanol, Akuades, Kertas saring whatman no. 1.

Lokasi :



BIG PICTURE RISET/PROJECT

Anthocyanin-Based Green and Smart Packaging Roadmap



Research Journey Jangka Panjang



Batasan dari riset tahun ini (2024) adalah pembuatan film yang dibuat berasal dari limbah TKKS dan pengujian dengan antosianin sebagai sensor pH.



Limbah Tandan Kosong Kelapa Sawit (TKKS)

Produk sampingan limbah dari proses ekstraksi minyak sawit sangat besar, mencapai 70-80 juta ton per tahun. Di pabrik kelapa sawit, minyak sawit hanya terdiri dari 10% dari total biomassa, sedangkan sisanya (90%) biomassa dibuang sebagai limbah. Produksi bioplastic menggunakan bahan baku tandan kosong kelapa sawit (TKKS) telah berhasil dilakukan dengan menggunakan selulosa termodifikasi, komposit dengan plasticizer, dan compatibilizer.



PALMOPLAST type 1: Biodegradable Plastic

Biodegradable plastic dibuat dengan TKKS yang dapat mengurangi penggunaan plastik sintetis yang sulit terurai dan bentuk edukasi dalam zero waste.

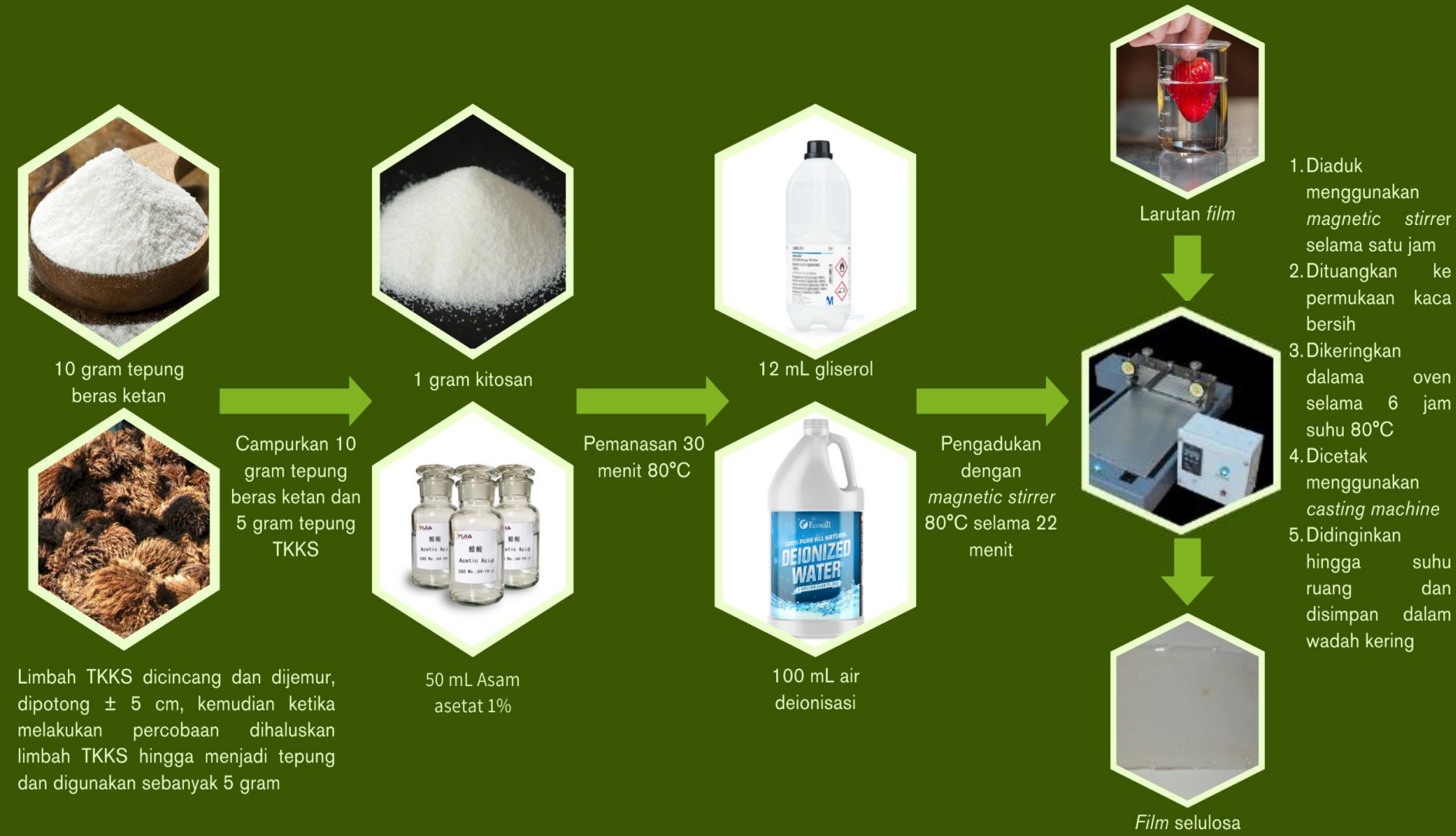


PALMOPLAST type 2: Smart Biodegradable Plastic

Plastik dapat mendeteksi perubahan pH ketika terjadi penguapan gas CH₄, CO₂, atau NH₃ saat perubahan pH dengan mengandalkan sensor pH berupa antosianin.

BIG PICTURE RISET/PROJECT

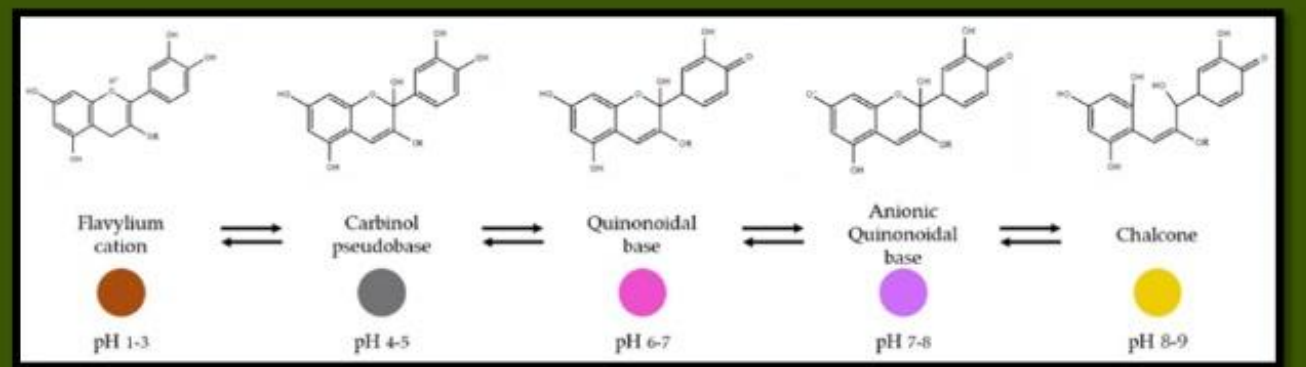
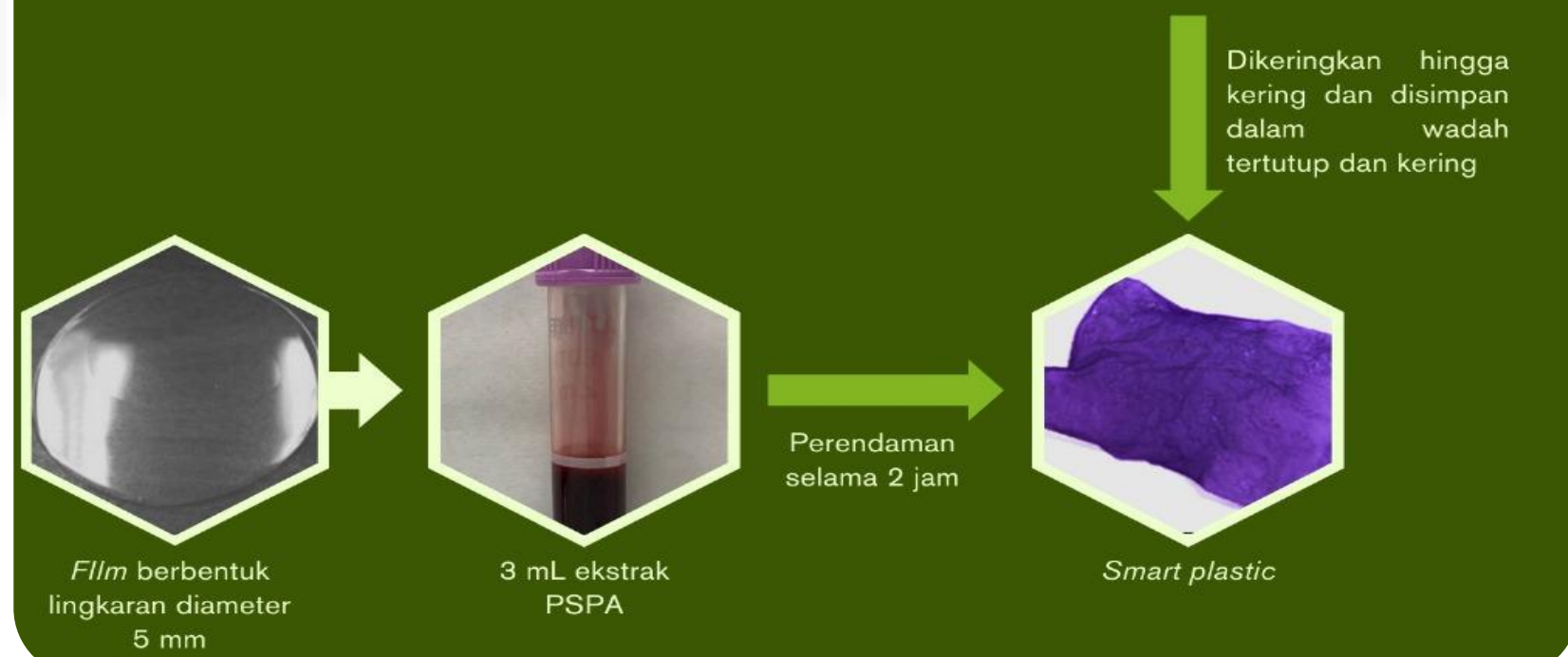
ALUR PENELITIAN (PEMBUATAN BIOPLASTIC)



ALUR PENELITIAN (PEMBUATAN PURPLE SWEET POTATO ANTHOCYANINS (PSPA))



ALUR PENELITIAN (PEMBUATAN SMART PLASTIC)



Perubahan Struktur Antosianin Memengaruhi Perubahan pH yang Berdampak pada Perubahan Warna Film

GANTT CHART PELAKSANAAN

[illegible]

RAB RISET/PROJECT (BIAYA, MPP, ALAT DAN BAHAN)

1. Honorarium : khusus pembantu peneliti, pembantu lapangan, dll (bukan untuk peneliti)				
Keterangan	Honor	Satuan	Volume	Honor
Pembantu Peneliti 1 (8 jam perminggu selama 32	20.000	OJ	256	5.120.000
Pembantu Peneliti 2 (8 jam perminggu selama 32	20.000	OJ	256	5.120.000
Pembantu Peneliti 3 (8 jam perminggu selama 32	20.000	OJ	256	5.120.000
Pembantu Peneliti 4 (8 jam perminggu selama 32	20.000	OJ	256	5.120.000
Pembantu Peneliti 5 (8 jam perminggu selama 32	20.000	OJ	256	5.120.000
Pembantu Peneliti 6 (8 jam perminggu selama 32	20.000	OJ	256	5.120.000
SUB TOTAL (Rp)				30.720.000
2. Bahan habis pakai				
Keterangan	Volume	Harga satuan	Satuan	Harga Bahan Habis Pakai
Serat halus Tandan Kosong Kelapa Sawit	25	700,000	Kg	17,500,000
Amilopektin dari beras ketan	10	20,000	Kg	200,000
Chitosan, From Shrimp Shells (C6H11NO4)n, 500 Gram	4	3,750,000	Botol	15,000,000
glycerol merck 2.5l	2	2,800,000	Botol	5,600,000
ACETIK ACID (GLACIAL) 100% 2.5 L - MERCK 1.00063.2500	2	850,000	Botol	1,700,000
Cyanidin 10 mg	2	6,000,000	botol	12,000,000
Tepung Ubi Ungu 250Gr	10	45,000	pcs	450,000
Ethanol MERCK 1.00983.2500 Chemical Reagent 2.5L	2	1,500,000	Botol	3,000,000
Kertas Saring Filter Paper Laboratorium Whatman No 1 Dia 90mm	5	300,000	pack	1,500,000
Akuades	200	5,000	Liter	1,000,000
Botol sampel 250 Ml	200	7500	Botol	1,500,000
Kertas pH Universal	5	290,000	Pack	1,450,000
Set alat administrasi (bollpoint, logbook, kertas label, penggaris, tinta printer, kertas HVS, dll)	1	3,000,000	Paket	3,000,000
SUB TOTAL (Rp)				63,900,000

3. Sewa				
Keterangan	Volume	Satuan	Harga satuan	Harga Peralatan Lain
Analisa Water Resistance	100	Sampel	50000	5,000,000
Analisa Biodegradasi bioplastik	100	Sampel	100000	10,000,000
Analisa tensile strength	100	Sampel	100000	10,000,000
Analida Elongation	100	Sampel	100000	10,000,000
SUB TOTAL (Rp)				35,000,000
4. Perjalanan				
Keterangan	Volume	Satuan	Harga satuan	Harga Perjalanan
Biaya perjalanan publikasi	1	PP	7,000,000	7,000,000
SUB TOTAL (Rp)				7,000,000
5. Biaya operasional lainnya				
Keterangan	Volume	Satuan	Harga satuan	Harga Sewa
Publikasi ke Scopus Q3	1	Artikel	5000000	5,000,000
SUB TOTAL (Rp)				5,000,000
6. Biaya lainnya				
Keterangan	Volume	Satuan	Harga satuan	Harga Sewa
Heavy Pack - Continuous Band Sealer Horizontal Fr 800 Ph	2	Mesin	5,500,000	11,000,000
FLAT SHEET MEMBRANE CASTING WITH HEATING FACILITY	1	Mesin	134,000,000	134,000,000
SUB TOTAL (Rp)				145,000,000
Total anggaran yang diusulkan (Rp)				286,620,000

TOTAL ESTIMASI ANGGARAN
Rp. 286.620.000;-

DAMPAK RISET/PROJECT

Dampak Finansial

Harga TKKS Curah	=	Rp200	/kg	https://www.indonetwork.co.id/product/jual-tandan-kosong-kelapa-sawit-3963140
kandungan selulosa dalam TKKS	=	38	%	(Dewanti, 2018)
Massa selulosa dalam 1 kg TKKS	=	386.76	gr	
Konversi selulosa ke bioplastik	=	730	lembar	https://www.youtube.com/watch?v=n7Fj89nNvMg
Hasil penjual per 1 kg TKKS (@950/lembar)	=	Rp693,500		https://shopee.co.id/product/89314907/4342289324?gad_source=4&gclid=EA1aIQobChMI0YSMzICPhQMVks8Ah0bGgmIEAQYBSABEgJow_D_BwE
Keterangan	Volume	Harga satuan (Rp)	Satuan	Harga Bahan Habis Pakai
TKKS Curah	1	200	kg	200
Amilopektin dari Beras Ketan	0.1	20,000	kg	2,000
Chitosan, From Shrimp Shells (C6H11NO4)n, 500 Gram	0.05	3,750,000	Botol	187,500
Glycerol merck 2.5 L	0.05	2,800,000	Botol	140,000
Acetid Acid (Glacial) 100% 2.5 L - Merck 1.00063.2500	0.05	850,000	Botol	42,500
Tepung Ubi Ungu 250 gr	0.1	45,000	pcs	4,500
Ethanol Merck 1.00983.2500 Chemical Reagent 2.5L	0.05	1,500,000	Botol	75,000
Aquadest	1	5,000	Liter	5,000
Total kebutuhan bahan untuk pengolahan (Rp)/kg TKKS				456,700
Profit/kg TKKS				Rp236,800

Dampak Non Finansial

1. Perlindungan Lingkungan
 - Penggunaan *bioplastic* dari limbah TKKS mengurangi pencemaran lingkungan oleh plastik konvensional.
 - *Smart plastic* yang mendeteksi perubahan pH membantu mengurangi pemborosan makanan dan dampak limbah makanan.
2. Kesadaran Lingkungan dan Teknologi
 - Pengembangan *bioplastic* dan smart plastic meningkatkan kesadaran akan produk ramah lingkungan dan teknologi berkelanjutan.
 - Inovasi dalam *smart plastic* memperkuat perkembangan teknologi hijau untuk solusi praktis dalam mengurangi dampak lingkungan negatif.
3. Peningkatan Pengetahuan dan Keterampilan
 - Keterlibatan dalam riset dan pengembangan *bioplastic* dan *smart plastic* memberikan pengalaman praktis dan meningkatkan keterampilan dalam teknologi hijau.
 - Mahasiswa mendapatkan persiapan untuk karir di industri berfokus keberlanjutan dan inovasi.

DAFTAR PUSTAKA

- Alfarisi, I. A., Kusumamurti, H. A., Fauzi, F. D., Aprilia, Y., Qodarusman, M. L., & Pranolo, S. H. (2024, March). Biodegradable foam production process based on extracted cellulose of empty palm oil fruit bunch and chitosan for food packaging. In AIP Conference Proceedings (Vol. 3073, No. 1). AIP Publishing.
- Halonen, N., Pálvölgyi, P. S., Bassani, A., Fiorentini, C., Nair, R., Spigno, G., & Kordas, K. (2020). Bio-Based Smart Materials for Food Packaging and Sensors – A Review. *Frontiers in Materials*, 7(82), 1–14. <https://doi.org/10.3389/fmats.2020.00082>
- Hamzah, F. H., Sitompul, F. F., Ayu, D. F., & Pramana, A. (2021). Effect of the Glycerol Addition on the Physical Characteristics of Biodegradable Plastic Made from Oil Palm Empty Fruit Bunch. *Industria: Jurnal Teknologi Dan Manajemen Agroindustri*, 10(3), 239–248. <https://doi.org/10.21776/ub.industria.2021.010.03.5>
- Hidayati, N. A., M. W. Wijaya, V. P. Bintoro, S. Mulyani, and Y. Pratama. 2021. “Development of Biodegradable Smart Packaging from Chitosan, Polyvinyl Alcohol (Pva) and Butterfly Pea Flower’s (Clitoria Ternatea L.) Anthocyanin Extract.” *Food Research* 5(3):307–14. doi: 10.26656/fr.2017.5(3).537.
- Hidayani, T. R., Iftari, W., & Salim, E. (2020, September). Comparison reflux and melt blending method in preparation of biodegradable plastic from high density polyethylene (HDPE) plastic waste and starch from palm oil empty fruit bunch. In AIP Conference Proceedings (Vol. 2267, No. 1). AIP Publishing.
- Husaini, A., M. Zaman, S. Chodijah, Hilwatullisan, and Ibrahim. 2021. “Oil Palm Empty Bunches as an Alternative Raw Material for Making Bioplastics.” *Proceedings of the 4th Forum in Research, Science, and Technology (FIRST-T1-T2-2020)* 7:103–6. doi: 10.2991/ahe.k.210205.019.
- Li, Nannan, Zeguang Zhou, Fuqi Wu, Yanyue Lu, Dongyang Jiang, Lei Zhong, and Fengwei Xie. 2022. “Development of PH-Indicative and Antimicrobial Films Based on Polyvinyl Alcohol/Starch Incorporated with Ethyl Lauroyl Arginate and Mulberry Anthocyanin for Active Packaging.” *Coatings* 12(10). doi: 10.3390/coatings12101392.
- Marismandani, A. D. P., & Husni, A. (2020). Development and characterization of biobased alginate/glycerol/virgin coconut oil as biodegradable packaging. In E3S Web of Conferences (Vol. 147, p. 03016). EDP Sciences.
- Rodrigues, C., Souza, V. G. L., Coelho, I., & Fernando, A. L. (2021). Bio-Based Sensors for Smart Food Packaging-Current Applications and Future Trends. *Sensors*, 21, 1–23. <https://doi.org/10.1002/9781118742556.ch5>
- Yang, J., Ching, Y. C., Chuah, C. H., & Liou, N. S. (2021). Preparation and Characterization of Starch/Empty Fruit Bunch-Based Bioplastic Composites Reinforced with Epoxidized Oils. *Polymers*, 13(1), 1–15. <https://doi.org/10.3390/polym13010094>



Bumitama Gunajaya Agro

**THANK
YOU**

—