Jurnal Sintak
Volume 4, Issue 1, September 2025
p-ISSN: 2963-3605 e-ISSN: 2963-312
Open Access: https://doi.org/10.62375/jsintak.v4i1.712

Eco-Friendly Bioplastic from Banana Peel Waste (Musa paradisiaca) and Agar-Agar Adhesive: An Experimental Study Using a Completely Randomized Design (CRD)

Laras Devikaduri[1*], Vitri Aprilla Handayani[2]
[1,2] Matematika, Institut Teknologi Batam, Batam, Indonesia,
[1]Email : larasdevikaduri12@gmail.com
*Corresponding author

A B S T R A K

Penelitian ini bertujuan untuk mengembangkan bioplastik ramah lingkungan dari limbah kulit pisang (Musa paradisiaca) dengan tambahan perekat alami berupa agar-agar. Desain penelitian menggunakan Rancangan Acak Lengkap (RAL) satu faktor dengan tiga taraf perlakuan konsentrasi ekstrak kulit pisang: 15 ml, 30 ml, dan 45 ml. Setiap perlakuan diulang tiga kali, dengan tiga variabel amatan yaitu gaya tarik, beban maksimum, dan daya serap air. Hasil analisis varians menunjukkan bahwa konsentrasi ekstrak kulit pisang berpengaruh signifikan terhadap gaya tarik dan beban maksimum ($p < 0.05$), namun tidak terhadap daya serap air ($p > 0.05$). Uji lanjut *Duncan* menunjukkan bahwa perlakuan 30 ml menghasilkan nilai terbaik untuk sifat mekanik. Hasil ini menunjukkan bahwa kombinasi 30 ml ekstrak kulit pisang dengan 1 gram agar-agar dan 1 ml gliserol mampu menghasilkan bioplastik yang kuat secara mekanik dan berpotensi sebagai alternatif plastik konvensional yang lebih ramah lingkungan.
Kata Kunci: Agar; Bioplastik; Kulit Pisang; RAL; Sifat Mekanik

A B S T R A C T

This study aims to develop eco-friendly bioplastics from banana peel (Musa paradisiaca) waste with natural binder agar. The research employed a Completely Randomized Design (CRD) with one factor and three treatment levels of banana peel extract: 15 ml, 30 ml, and 45 ml. Each treatment was replicated three times, with three observed variables: tensile strength, maximum load, and water absorption. The analysis of variance showed that banana peel concentration significantly affected tensile strength and maximum load ($p < 0.05$), but not water absorption ($p > 0.05$). Further Duncan's test indicated that the 30 ml treatment resulted in the best mechanical performance. These findings suggest that a formulation using 30 ml banana peel extract, 1 gram of agar, and 1 ml of glycerol can produce bioplastics with strong mechanical properties. This formulation holds potential as an environmentally friendly alternative to conventional plastics.
Keywords:
Agar; Banana Peel; Bioplastic; CRD; Mechanical Properties

1. PENDAHULUAN

Dalam kehidupan sehari-hari, plastik telah menjadi material yang sangat umum digunakan di berbagai aspek, mulai dari kemasan makanan, alat rumah tangga, hingga komponen industri. Namun, plastik konvensional yang berasal dari minyak bumi memiliki sifat yang sulit terurai di alam dan berpotensi mencemari lingkungan dalam jangka panjang. Oleh karena itu, diperlukan solusi alternatif yang lebih ramah lingkungan seperti bioplastik, yaitu plastik yang berasal dari bahan alami dan mudah terurai secara hayati. Salah satu limbah organik yang memiliki potensi besar untuk diolah menjadi bioplastik adalah kulit pisang (Musa paradisiaca). Kulit pisang diketahui mengandung pati dan selulosa dalam jumlah tinggi, sehingga dapat dimanfaatkan sebagai bahan dasar pembuatan plastik biodegradable[1], [2].

Penelitian sebelumnya menunjukkan bahwa bioplastik yang dibuat dari kulit pisang memiliki karakteristik dasar yang cukup menjanjikan, seperti kemampuan terurai secara alami dan aman terhadap lingkungan. Meski demikian, kekuatan mekanik dan daya tahan bioplastik dari kulit pisang masih perlu ditingkatkan agar dapat digunakan secara lebih luas dalam aplikasi sehari-hari[3]. Salah satu tantangan utama dalam produksi bioplastik alami adalah sifatnya yang mudah rapuh dan memiliki tingkat penyerapan air yang tinggi. Untuk mengatasi hal tersebut, berbagai penelitian mengembangkan bioplastik dengan tambahan bahan perekat dan *plastisizer* yang berasal dari sumber alami.

Agar-agar, yang berasal dari rumput laut dan biasa digunakan dalam industri pangan, menjadi salah satu bahan yang potensial untuk digunakan sebagai perekat alami dalam pembuatan bioplastik. Selain aman dan tidak beracun, agar-agar juga mampu meningkatkan fleksibilitas dan membentuk permukaan bioplastik yang lebih rata dan kuat [4][5]. Kombinasi antara kulit pisang dan agar-agar terbukti menghasilkan bioplastik yang lebih baik secara fisik dan mekanik dibandingkan bioplastik dari satu bahan saja. Bahkan, hasil biodegradasi dari bioplastik berbasis kulit pisang dan agar-agar menunjukkan bahwa lebih dari 70% massa bioplastik dapat terurai dalam waktu kurang dari 10 hari di lingkungan lembap [4].

Dengan demikian, penelitian ini bertujuan untuk mengeksplorasi kombinasi antara kulit pisang sebagai bahan dasar dan agar-agar sebagai bahan perekat dalam pembuatan bioplastik yang ramah lingkungan, kuat secara mekanik, serta memiliki ketahanan terhadap air. Selain dapat mengurangi ketergantungan terhadap plastik berbasis minyak bumi, penggunaan limbah kulit pisang dan bahan perekat alami juga berkontribusi dalam mengurangi volume limbah organik serta mendukung prinsip ekonomi sirkular dalam pengelolaan lingkungan [6][7].

2. METODE

Rancangan Analisis Statistik

Penelitian ini merupakan penelitian kuantitatif dengan pendekatan eksperimen sederhana yang bertujuan untuk mengetahui pengaruh setiap konsentrasi ekstrak kulit pisang terhadap karakteristik bioplastik yang dibuat menggunakan perekat agar-agar. Metode desain yang digunakan dalam penelitian ini adalah Rancangan Acak Lengkap (RAL) satu faktor, dengan tiga taraf perlakuan yaitu konsentrasi ekstrak kulit pisang sebanyak 15 ml {K1}, 30 ml {K2}, dan 45 ml {K3}. Setiap perlakuan diulang sebanyak tiga kali, sehingga total satuan percobaan adalah $3 \times 3 = 9$ unit percobaan. Unit amatan pada penelitian ini pengamatan terhadap tiga variabel respon berupa karakteristik bioplastik, yaitu gaya tarik, berat maksimum yang mampu ditahan oleh bioplastik, dan daya serap air.

Proses Pembuatan Bioplastik

Alat yang digunakan dalam penelitian ini meliputi blender, panci anti lengket, gelas ukur, kompor, timbangan digital, sendok ukur, saringan kain halus, cetakan plastik, stopwatch, serta alat uji tarik manual menggunakan beban bertingkat. Adapun bahan yang digunakan adalah kulit pisang segar, agar-agar bubuk sebagai perekat (1 gram per percobaan), gliserol sebagai *plasticizer* (1 ml per percobaan), dan air bersih. Ekstrak kulit pisang diperoleh dengan cara memotong kecil kulit pisang, lalu diblender dengan sedikit air dan disaring untuk menghasilkan cairan pati. Selanjutnya, campuran bahan disiapkan dengan perbandingan : ekstrak kulit pisang sesuai perlakuan, 1 gram agar-agar, 1 ml gliserol, dan air hingga total campuran berjumlah 50 ml per unit.

Seluruh bahan dicampur dalam panci dan dipanaskan di atas kompor dengan api kecil sambil diaduk hingga mengental dan homogen. Setelah mengental, adonan dituangkan ke dalam cetakan dan dibiarkan mengering pada suhu ruang selama 3 hari. Setelah kering sempurna, lembaran bioplastik siap untuk dilakukan pengujian secara sederhana.

Pengumpulan Data

Pengukuran dilakukan terhadap tiga variable amatan. Pertama, gaya tarik diukur secara manual dengan uji tarik satu sisi (*single-point tension test*). Caranya yaitu dengan menjepit kedua ujung bioplastik, salah satu sisi dijadikan sebagai penggantung dan sisi lainnya akan digantungkan beban bertahap hingga bioplastik putus/robek. Strip bioplastik yang digunakan yaitu berukuran 2 × 5 cm dengan asumsi ketebalan sama, kemudian menghitung gaya tarik (N) dengan rumus :

$$F = m \times g \tag{1}$$

dimana m adalah massa (dalam kilogram) dan g adalah percepatan gravitasi bumi ($9{,}8\ m/s^2$)

Kedua, berat maksimum yang mampu ditahan diuji dengan menempatkan beban di atas permukaan bioplastik hingga struktur mengalami kerusakan, dan mencatat massa maksimum yang ditahan dalam satuan gram (gr). Ketiga, daya serap air diukur dengan cara merendam potongan bioplastik dalam 10 ml air selama 10 menit, lalu ditimbang dan dihitung selisih berat sebelum dan sesudah perendaman menggunakan rumus :

$$Daya\ Serap\ (\%) = \frac{W_t - W_0}{W_0} \times 100 \tag{2}$$

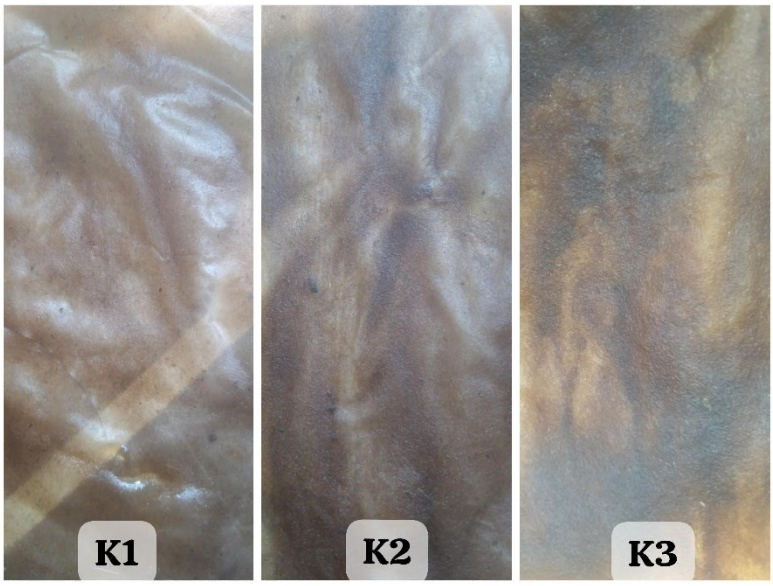
dimana W_0 adalah berat awal dan W_t adalah berat setelah perendaman.

Data hasil pengukuran dari ketiga variabel dianalisis secara statistik menggunakan uji Analisis Varians (ANOVA) untuk mengetahui apakah terdapat perbedaan yang signifikan antar perlakuan. Uji dilakukan pada taraf signifikansi 5% menggunakan perangkat lunak *IBM SPSS Statistics* versi 26.0. Jika hasil ANOVA menunjukkan pengaruh yang signifikan, maka akan dilakukan uji lanjut yaitu uji *Duncan* untuk mengetahui perbedaan antara setiap perlakuan.

3. HASIL DAN PEMBAHASAN

Data

Penelitian dilakukan pada bulan Juli 2025 yang meliputi kegiatan eksperimen untuk membuat bioplastik dari kulit pisang dengan tambahan perekat agar-agar secara sederhana dan berlokasikan di rumah pribadi peneliti.



Gambar 1. Hasil Bioplastik dengan perlakuan K1, K2, dan K3

Berikut data hasil penelitian yang dilakukan, dapat dilihat pada Tabel 1.

Tabel 1. Data Awal Hasil Eksperimen

Perlakuan (ml)	Ulangan	Beban Tarik (gr)	Beban Maksimum (gr)	Berat Awal (gr)	Berat Setelah Direndam (gr)
K1	1	90	42	0,54	0,68
K1	2	93	45	0,57	0,70
K1	3	92	43	0,55	0,69
K2	1	110	58	0,5	0,61
K2	2	114	60	0,52	0,63
K2	3	111	55	0,51	0,64
K3	1	85	38	0,6	0,74
K3	2	83	37	0,58	0,72
K3	3	80	36	0,59	0,75

Setelah mendapatkan data pada tabel 1, perlu dilakukan perhitungan yang sesuai dengan rumus yang telah dicantumkan di metode penelitian agar tabulasi data bisa diisi dan sesuai dengan unit percobaaan yang akan di analisis. Berikut hasil perhitungan setelah menggunakan rumus untuk setiap amatan pada Tabel 2.

Tabel 2. Tabulasi Data Setelah Perhitungan

Perlakuan (ml)	Ulangan	Gaya Tarik (N)	Beban Maksimum (gr)	Daya Serap (%)
K1	1	0,88	42	25,93
K1	2	0,91	45	22,81
K1	3	0,90	43	25,45
K2	1	1,08	58	22,00
K2	2	1,12	60	21,15
K2	3	1,09	55	25,49
K3	1	0,83	38	23,33
K3	2	0,81	37	24,14
K3	3	0,78	36	27,12

Analisis Varians (ANOVA)

Berdasarkan hasil pada tabel 2, dilakukan analisis menggunakan ANOVA dengan bantuan perangkat lunak *IBM SPSS Statistics* versi 26.0. Berikut hasil analisis yang dilakukan dapat dilihat pada Tabel 3.

Tabel 3. Analisis Varians

ANOVA

		Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
Gaya Tarik	Between Groups	.132	2	.066	152.538	.000
	Within Groups	.003	6	.000		
	Total	.135	8			
Beban Maksimum	Between Groups	672.667	2	336.333	104.379	.000
	Within Groups	19.333	6	3.222		

	Total	692.000	8			
Daya Serap Air	Between Groups	7.374	2	3.687	.914	.450
	Within Groups	24.191	6	4.032		
	Total	31.565	8			

Berdasarkan Tabel 3, diperoleh :

- **Pengaruh terhadap Gaya Tarik (N)**
  Karena nilai signifikansi (p = 0.000) < 0.05, maka H_0 ditolak. Artinya, terdapat perbedaan yang signifikan antara perlakuan konsentrasi ekstrak kulit pisang terhadap gaya tarik bioplastik. Dengan demikian, perubahan volume ekstrak kulit pisang secara nyata memengaruhi kekuatan tarik dari bioplastik yang dihasilkan.
- **Pengaruh terhadap Beban Maksimum (g)**
  Karena nilai signifikansi (p = 0.000) < 0.05, maka H_0 ditolak. Artinya, terdapat perbedaan yang signifikan antara perlakuan konsentrasi ekstrak kulit pisang terhadap gaya tarik bioplastik. Dengan demikian, perubahan volume ekstrak kulit pisang secara nyata memengaruhi kekuatan tarik dari bioplastik yang dihasilkan.
- **Pengaruh terhadap Daya Serap Air (%)**
  Karena nilai signifikansi (p = 0.450) > 0.05, maka H_0 diterima. Ini menunjukkan bahwa tidak terdapat perbedaan yang signifikan antara perlakuan terhadap daya serap air bioplastik. Dengan kata lain, variasi konsentrasi ekstrak kulit pisang tidak berpengaruh secara nyata terhadap tingkat daya serap bioplastik.

Karena hasil uji ANOVA menunjukkan adanya perbedaan yang signifikan antar perlakuan pada variabel gaya tarik dan beban maksimum (p < 0.05) [8], maka dilakukan uji lanjut menggunakan metode *Duncan Multiple Range Test* (DMRT) untuk mengetahui kelompok perlakuan mana saja yang berbeda nyata. Hasil uji lanjut *Duncan* dapat dilihat pada Tabel 4 dan Tabel 5.

Tabel 4. Uji Lanjut *Duncan* untuk Gaya Tarik

Gaya Tarik

Duncan[a]

Perlakuan	N	Subset for alpha = 0.05		
		1	2	3
45	3	.8067		
15	3		.8967	
30	3			1.0967
Sig.		1.000	1.000	1.000

Means for groups in homogeneous subsets are displayed.

a. Uses Harmonic Mean Sample Size = 3.000.

Tabel 5. Uji Lanjut *Duncan* untuk Beban Maksimum

Beban Maksimum

Duncan[a]

Perlakuan	N	Subset for alpha = 0.05		
		1	2	3
45	3	37.00		
15	3		43.33	

30	3			57.67
Sig.		1.000	1.000	1.000

Means for groups in homogeneous subsets are displayed.

a. Uses Harmonic Mean Sample Size = 3.000.

Pada variabel amatan gaya tarik, perlakuan 30 ml menunjukkan nilai rata-rata tertinggi dan berada dalam subset tersendiri, menunjukkan perbedaan yang signifikan dibandingkan dengan perlakuan 15 ml dan 45 ml yang tergabung dalam subset yang sama. Hal ini menunjukkan bahwa perlakuan 30 ml merupakan perlakuan paling optimal dalam meningkatkan kekuatan tarik bioplastik.

Sementara itu, hasil uji Duncan pada variabel beban maksimum juga menunjukkan perbedaan yang nyata antara ketiga perlakuan. Perlakuan 30 ml memiliki rata-rata beban maksimum tertinggi (57.67 gr), diikuti oleh 15 ml (43.33 gr) dan 45 ml (37.00 gr), yang masing-masing tergolong dalam subset berbeda. Ini menunjukkan bahwa peningkatan konsentrasi kulit pisang hingga 30 ml meningkatkan kemampuan bioplastik dalam menahan beban, namun pada konsentrasi 45 ml kemampuannya menurun kembali, kemungkinan disebabkan oleh ketidakseimbangan komposisi bahan yang menyebabkan struktur film menjadi kurang padat atau tidak homogen.

Dengan demikian, secara keseluruhan, perlakuan 30 ml konsentrasi ekstrak kulit pisang dengan tambahan perekat agar-agar 1 gram dan *plasticizer* gliserol 1 ml dapat disimpulkan sebagai perlakuan paling optimal dalam menghasilkan bioplastik dengan sifat mekanik terbaik dalam penelitian ini.

4. KESIMPULAN

Berdasarkan hasil analisis, dapat disimpulkan bahwa variasi konsentrasi ekstrak kulit pisang berpengaruh nyata terhadap kekuatan mekanik bioplastik, terutama pada gaya tarik dan kemampuan menahan beban. Konsentrasi 30 ml terbukti sebagai perlakuan paling optimal dalam menghasilkan bioplastik dengan karakteristik mekanik terbaik. Sebaliknya, variabel daya serap air tidak menunjukkan perbedaan yang signifikan, yang mengindikasikan bahwa perubahan konsentrasi ekstrak kulit pisang tidak terlalu memengaruhi daya serap.

Penelitian ini menunjukkan bahwa penggunaan limbah kulit pisang yang dipadukan dengan perekat agar-agar memiliki potensi besar untuk menghasilkan bioplastik yang ramah lingkungan, kuat secara fisik, dan dapat menjadi alternatif dari plastik konvensional. Sebagai saran, penelitian lanjutan dapat dilakukan dengan menambahkan bahan penguat lain atau menguji daya tahan bioplastik dalam kondisi lingkungan yang lebih variatif guna memperluas potensi aplikasinya di kehidupan sehari-hari.

5. REFERENSI

[1] N. A. Azieyanti, A. Amirul, S. Z. Othman, and H. Misran, “Mechanical and Morphology Studies of Bioplastic-Based Banana Peels,” in *Journal of Physics: Conference Series*, Institute of Physics Publishing, Jun. 2020. doi: 10.1088/1742-6596/1529/3/032091.

[2] D. Maria Abel, J. De Castro Ruas, A. De Castro Ruas, and T. Kok, “Characterization Properties of Banana Peel as a Promising Alternative for Bioplastic,” in *E3S Web of Conferences*, EDP Sciences, Mar. 2023. doi: 10.1051/e3sconf/202337400008.

[3] F. Armalia Putri, A. Rianjanu, and W. Solafide Sipahutar, "Cellulose Impact on Bioplastic Performance: A Study on Mechanical Strength, Physical Properties, and Degradation of Water Hyacinth and Kepok Banana Peel-derived Materials," 2024.
[4] A. Lathifah, T. Rahmawati, H. Uin, and W. Semarang, "Workshop Penulisan Karya Ilmiah Multidisipliner 2023 SHEs: Conference Series 6 (4) (2023) 316-324 Making BIOPLASTICS from Banana Peel Waste with Agar Adhesive." [Online]. Available: https://jurnal.uns.ac.id/shes
[5] "3817-Article Text-15317-1-10-20250203".
[6] G. K. K. Ishara, P. A. Koliyabandara, and G. Samarakoon, "Eco-friendly bio-composite sheets: a study on the utilization of banana peels, cassava starch, and banana stem fibers," *Frontiers in Sustainability*, vol. 5, 2024, doi: 10.3389/frsus.2024.1410986.
[7] G. Indah Budiarti, M. Suzan Triyastuti, I. Viska Rosdia Safira, and R. Satya Nugraheni, "CHEMICA : Jurnal Teknik Kimia Development of Biodegradable Plastic from Various Banana Peels," vol. 12, no. 1, pp. 45–52, 2025, doi: 10.26555/chemica.v12i1.224.
[8] V. A. Handayani *et al.*, "Comparison of Tensile Properties Data Analyzed Using ANOVA and MANOVA Methods: Case Study Data of PVA-Gambir Blend Film," *Pertanika J. Sci. Technol.*, vol. 33, no. 1, pp. 525–530, 2025, doi: 10.47836/pjst.33.1.24.