PENGARUH PERBANDINGAN SORBITOL–GLISEROL SEBAGAI *PLASTICIZER* DAN PENAMBAHAN EKSTRAK DAUN SIRIH TERHADAP KARAKTERISTIK BIOPLASTIK BERBASIS LIMBAH NASI SISA

Ananta Meisye Mutiara[1], Mustain[2], Didiek Hari Nugroho[3]

[1,2,3]*Politeknik Negeri Sriwijaya, Palembang, Indonesia*
E-mail : meisyeananta@gmail.com[1], mustain_z@polsri.ac.id[2]

ABSTRAK

Limbah nasi dari program Makan Bergizi Gratis (MBG) masih memiliki kandungan pati tinggi sehingga berpotensi sebagai bahan baku bioplastik. Bioplastik dibuat dari tepung limbah nasi MBG dengan variasi perbandingan sorbitol–gliserol (0:1, 1:0, 1:1, 2:3, 3:2) dan konsentrasi ekstrak daun sirih (0%, 2%, 4%), lalu diuji sifat mekanik, swelling, aktivitas antimikroba, dan biodegradasi. Peningkatan gliserol meningkatkan elastisitas, elongasi, swelling, dan biodegradasi, sedangkan sorbitol menghasilkan bioplastik lebih kaku dan bernilai kuat tarik lebih tinggi (maks. 8,95 MPa pada rasio 1:1). Ekstrak daun sirih meningkatkan aktivitas antimikroba terhadap E. coli dan S. aureus secara konsentrasi-dependen. Seluruh sampel terbiodegradasi 100% dalam 14 hari, menunjukkan potensi sebagai kemasan biodegradable.

Kata Kunci : *Bioplastik, Limbah Nasi, Sorbitol, Gliserol, Daun Sirih, Biodegradasi*

ABSTRACT

Rice waste from the Free Nutritious Meal (MBG) program still contains high starch content, making it a potential raw material for bioplastics. Bioplastics were made from MBG rice-waste flour with varying sorbitol–glycerol ratios (0:1, 1:0, 1:1, 2:3, 3:2) and betel leaf extract concentrations (0%, 2%, 4%), then evaluated for mechanical, swelling, antimicrobial, and biodegradation properties. Increasing glycerol improved elasticity, elongation, swelling, and biodegradation, while sorbitol produced stiffer films with higher tensile strength (max. 8.95 MPa at 1:1 ratio). Betel leaf extract enhanced antimicrobial activity against E. coli and S. aureus in a concentration-dependent manner. All samples fully degraded (100%) within 14 days, indicating strong potential as biodegradable packaging.

Keywords : *Bioplastic, Rice Waste, Sorbitol, Glycerol, Betel Leaf, Biodegradability*

PENDAHULUAN

Penggunaan plastik konvensional terus meningkat seiring perkembangan industri; sejak 1950 hingga 2015 dunia telah memproduksi sekitar 8,3 miliar ton plastik dan 6,3 miliar ton di antaranya menjadi limbah, dengan hanya ±9% yang berhasil didaur ulang [1]. Di Indonesia, timbulan sampah nasional mencapai sekitar 25 juta ton per tahun dengan hanya ±35% yang terkelola dengan baik [2]. Program Makan Bergizi Gratis (MBG) yang menyediakan makanan siap konsumsi dalam skala besar berpotensi menghasilkan limbah nasi sisa konsumsi yang diperkirakan mencapai ±1,4 juta ton per tahun [3], padahal nasi masih mengandung pati dalam jumlah tinggi yang berpotensi diolah menjadi bioplastik sebagai alternatif material ramah lingkungan [4]

Permintaan bioplastik di Indonesia tumbuh 8,34–10,52% per tahun (CAGR), sementara kapasitas produksi nasional masih terbatas pada kisaran 40.000–190.000 ton/tahun [5], sehingga terdapat kesenjangan antara kebutuhan dan ketersediaan yang membuka peluang pengembangan bioplastik berbasis sumber daya lokal [6]. Dalam pembuatan bioplastik berbasis pati, *Plasticizer* seperti sorbitol dan gliserol diperlukan untuk meningkatkan fleksibilitas dan sifat mekanik film [7]. Namun, bioplastik berbasis pati cenderung rentan terhadap pertumbuhan mikroorganisme karena kandungan senyawa organiknya, sehingga penambahan agen antimikroba alami misalnya ekstrak daun sirih (*Piper betle*) yang kaya senyawa fenol, flavonoid, tanin, dan minyak atsiri berpotensi meningkatkan daya tahan bioplastik sebagai material kemasan [8].

Penelitian mengenai rasio sorbitol–gliserol sebagai *Plasticizer* serta penambahan ekstrak daun sirih pada bioplastik berbasis limbah nasi MBG masih relatif terbatas. Oleh karena itu, penelitian ini bertujuan (1) menganalisis pengaruh perbandingan sorbitol dan gliserol terhadap sifat bioplastik dari limbah nasi berdasarkan Standar Nasional Indonesia (SNI), dan (2) menganalisis pengaruh penambahan ekstrak daun sirih terhadap aktivitas bakteri *Escherichia coli* dan *Staphylococcus aureus* pada bioplastik yang dihasilkan.

METODE

Waktu dan Tempat.

Penelitian dilaksanakan selama ±3 bulan (April–Juni 2026) di Laboratorium Jurusan Teknik Kimia, Politeknik Negeri Sriwijaya, Palembang.

Bahan

Limbah nasi sisa (2 kg), gliserol dan sorbitol (masing-masing 1 L), aquadest, daun sirih segar (500 g), etanol 70%, *Nutrient Agar*, tanah, serta biakan *Staphylococcus aureus* dan *Escherichia coli*.

Rancangan Penelitian

Variabel bebas: perbandingan sorbitol:gliserol (1:0, 3:2, 1:1, 0:1, 2:3) dan konsentrasi ekstrak daun sirih (0%, 2%, 4%). Variabel tetap: massa tepung limbah nasi 10 g/sampel, volume aquadest 100 mL, suhu gelatinisasi 80–90 °C, waktu pemanasan 20–30 menit, suhu pengeringan 50–60 °C, waktu pengeringan 24 jam.

Prosedur

Tepung limbah nasi diperoleh melalui pencucian, penjemuran (±3 hari), penghalusan, dan pengayakan 80 mesh. Ekstrak daun sirih dibuat melalui maserasi serbuk daun kering dengan etanol (rasio ±1:10) selama ±48 jam, disaring, kemudian pelarut diuapkan pada suhu <50 °C [9]. Larutan bioplastik dibuat dengan melarutkan 10 g tepung nasi dalam 100 mL aquadest, dipanaskan dan

diaduk (70–80 °C, 10 menit), ditambahkan sorbitol–gliserol sesuai variasi, dipanaskan kembali hingga kental dan transparan, dicetak, kemudian (untuk perlakuan berekstrak) ditambahkan ekstrak daun sirih sebelum dicetak dan dikeringkan pada suhu ruang selama 24 jam [10].

Analisis Karakteristik.

Kuat tarik dan elongasi diukur menggunakan *Adhesion Tearing Strength Tester* [11]:

Kekuatan Tarik (kg/mm²) = F / A dengan F = gaya kuat tarik (kg) dan A = luas permukaan penampang (mm²).

$$\text{Elongasi (\%)} = \frac{l - l_0}{l_0} \times 100\%$$

dengan l = panjang sampel setelah putus, l_0 = panjang mula-mula.

Swelling Power dihitung berdasarkan selisih berat sampel sebelum dan sesudah perendaman [4]:

$$\text{Swelling Power (\%)} = \frac{w_2 - w_1}{w_1} \times 100\%$$

dengan w_1 = berat awal sampel (g), w_2 = berat sampel setelah perendaman (g).

Biodegradasi diuji dengan menanam sampel (2×2 cm) dalam tanah dan menimbang sisa berat pada hari ke-3, ke-7, dan ke-14 [12]:

$$\text{Biodegradasi (\%)} = \frac{W_1 - W_2}{W_1} \times 100\%$$

dengan W1 = berat awal sampel (g), W2 = berat sampel tersisa (g).

Aktivitas antibakteri diuji dengan metode difusi cakram terhadap *E. coli* dan *S. aureus*, diinkubasi 24 jam pada 37 °C [13], dengan lebar zona hambat:

$$L = \frac{(D_1 - D_3) + (D_2 - D_3)}{2}$$

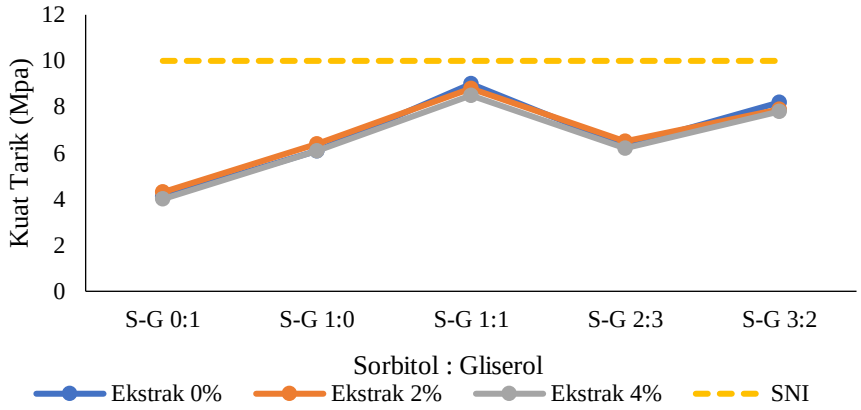
dengan L = lebar zona hambat (mm), D1 = diameter zona hambat horizontal, D2 = diameter zona hambat vertikal, D3 = diameter sampel.

HASIL PENELITIAN DAN PEMBAHASAN

Kuat Tarik

Tabel 1 (rekonstruksi Gambar 1). Nilai Kuat Tarik Bioplastik (MPa)

S:G	Ekstrak 0%	Ekstrak 2%	Ekstrak 4%
0:1	terendah pada kisaran	—	—
1:0	menengah	—	—
1:1	**8,952 (tertinggi)**	mendekati 8,95	mendekati 8,95
2:3	menurun dari 1:1	—	—
3:2	lebih tinggi dari 2:3, di bawah 1:1	—	—



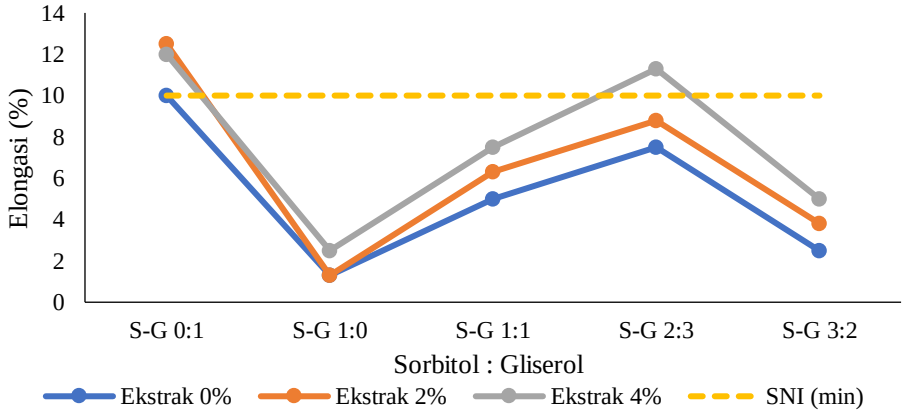
Gambar 1. Pengaruh Perbandingan Sorbitol–Gliserol terhadap Nilai Kuat Tarik Bioplastik dihitung dengan Persamaan (1)

Nilai kuat tarik berada pada rentang 3,998–8,952 MPa. Rasio 1:1 memberikan kuat tarik tertinggi karena keseimbangan sorbitol (pembentuk ikatan hidrogen kuat, memperkuat matriks) dan gliserol (menambah fleksibilitas), sedangkan gliserol tunggal (0:1) memberikan nilai terendah akibat peningkatan mobilitas rantai polimer yang melemahkan ikatan antar-molekul. Seluruh nilai berada pada kisaran 1–10 MPa sehingga memenuhi persyaratan SNI 7188:2016.

Elongasi

Tabel 2 (rekonstruksi Gambar 2). Nilai Elongasi Bioplastik (%)

S:G	Ekstrak 0%	Ekstrak 2%	Ekstrak 4%
0:1	10	12,5	**15 (tertinggi)**
1:0	1,2 (terendah)	1,2	2,5
1:1	5	6,2	7,5
2:3	7,5	8,8	11,3
3:2	2,5	3,7	5



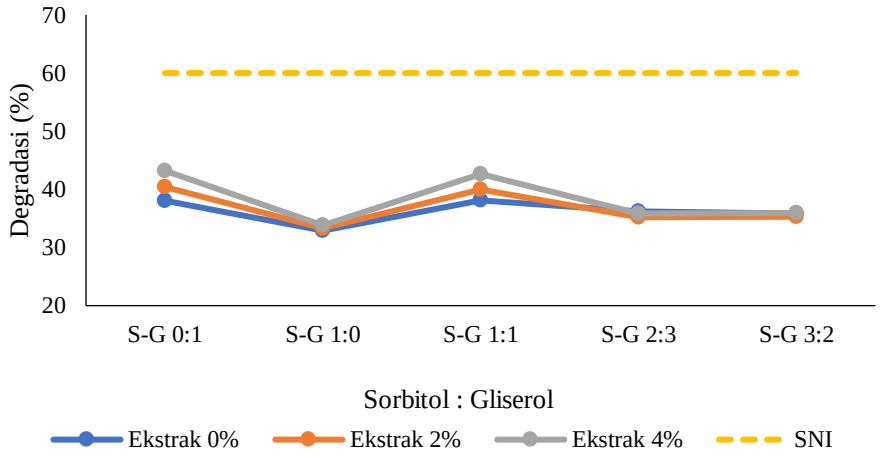
Gambar 2. Pengaruh Perbandingan Sorbitol–Gliserol dan Ekstrak Daun Sirih terhadap Elongasi Bioplastik — dihitung dengan Persamaan (2).

Elongasi meningkat seiring naiknya proporsi gliserol (0:1 = 10–15%; tertinggi) dan menurun pada dominasi sorbitol (1:0 = 1,2–2,5%; terendah), karena gliserol yang berukuran molekul lebih kecil meningkatkan mobilitas rantai polimer [14]. Penambahan ekstrak daun sirih memberikan efek pendukung peningkatan elongasi melalui pembentukan ikatan hidrogen tambahan [15]. Terhadap standar elongasi minimum acuan (10%), hanya rasio 0:1 (seluruh konsentrasi ekstrak) dan 2:3 (ekstrak 4%) yang memenuhi.

Biodegradasi Hari ke-3

Tabel 3. (rekonstruksi Gambar 3). % Biodegradasi Hari ke-3

S:G	Ekstrak 0%	Ekstrak 2%	Ekstrak 4%
0:1	38,0	40,4	**43,2 (tertinggi)**
1:0	**32,9 (terendah)**	33,3	33,8
1:1	38,1	40,0	40,2
2:3	36,2	35,2	35,8
3:2	35,8	35,3	35,9



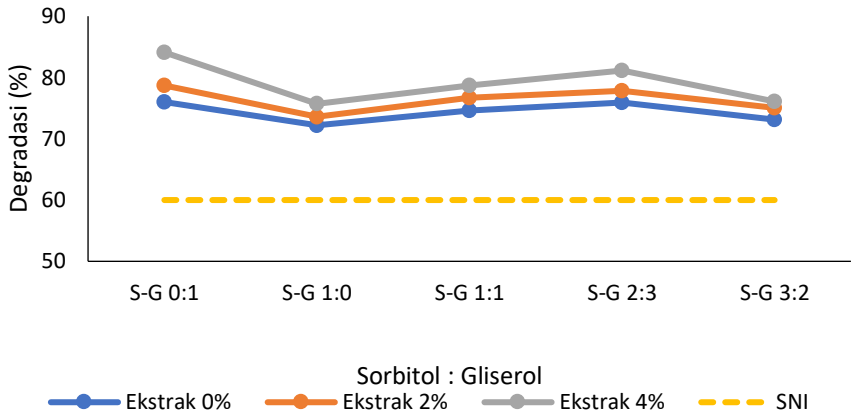
Gambar 3. Pengaruh Perbandingan Sorbitol–Gliserol dan Ekstrak Daun Sirih terhadap Biodegradasi Hari ke-3 — dihitung dengan Persamaan (4).

Seluruh sampel terdegradasi 32,9–43,2% pada hari ke-3; rasio 0:1 mendegradasi tercepat karena sifat hidrofilik gliserol memperbesar ruang antar-rantai sehingga air dan mikroorganisme lebih mudah masuk ke matriks [16]. Nilai ini belum memenuhi ambang SNI 7188.7:2016 (>60% dalam 7 hari), sehingga evaluasi kesesuaian dilakukan pada hari ke-7.

Biodegradasi Hari ke-7

Tabel 4. (rekonstruksi Gambar 4). % Biodegradasi Hari ke-7

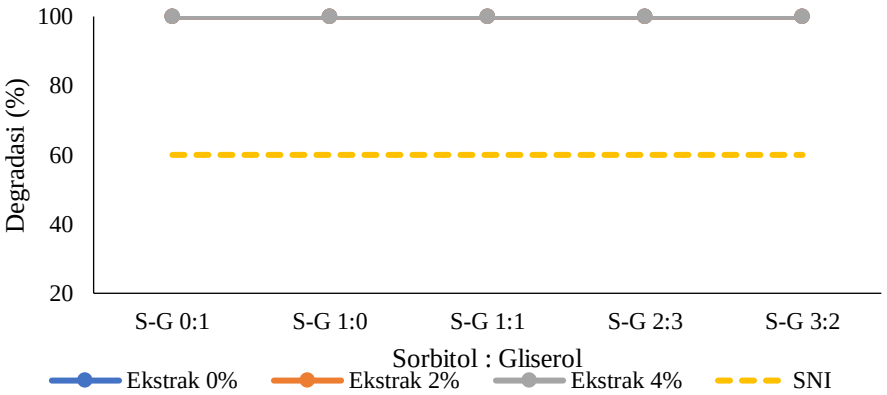
S:G	Ekstrak 0%	Ekstrak 2%	Ekstrak 4%
0:1	75,9	78,7	**84,1 (tertinggi)**
1:0	**72,2 (terendah)**	73,6	75,7
1:1	73,1	75,0	78,1
2:3	76,0	78,0	81,0
3:2	73,1	75,0	78,1



Gambar 4. Pengaruh Perbandingan Sorbitol–Gliserol dan Ekstrak Daun Sirih terhadap Biodegradasi Hari ke-7 — dihitung dengan Persamaan (4).

Pada hari ke-7 seluruh sampel telah terdegradasi 72,2–84,1%, sudah melampaui ambang minimum SNI (>60%). Kecenderungan sama dengan hari ke-3: dominasi gliserol mempercepat degradasi karena struktur matriks yang lebih terbuka mempermudah aktivitas mikroorganisme.

Biodegradasi Hari ke-14



Gambar 5. Pengaruh Perbandingan Sorbitol–Gliserol dan Ekstrak Daun Sirih terhadap Biodegradasi Hari ke-14 — dihitung dengan Persamaan (4).

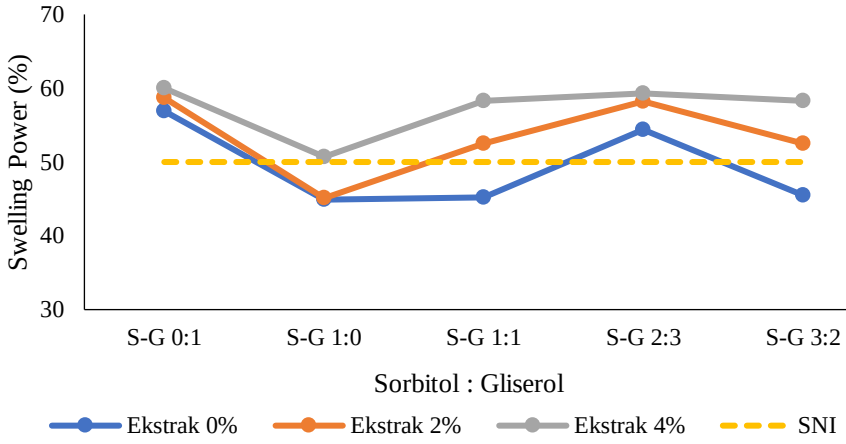
Seluruh 15 formulasi mencapai **biodegradasi 100%** pada hari ke-14, jauh lebih cepat dari kisaran umum bioplastik berbasis pati (2–8 minggu). Hal ini menunjukkan seluruh formulasi telah memenuhi dan melampaui ambang SNI (>60%), sehingga layak dikategorikan sebagai material *biodegradable*.

Swelling Power 1 Menit

Tabel 5. (rekonstruksi Gambar 6). *Swelling Power* 1 Menit (%)

S:G	Rentang nilai
0:1	57–60 (**tertinggi**)
1:0	44–49 (**terendah**, mendekati acuan SNI 10–50%)

S:G	Rentang nilai
1:1	50–56
2:3	55–58
3:2	48–53

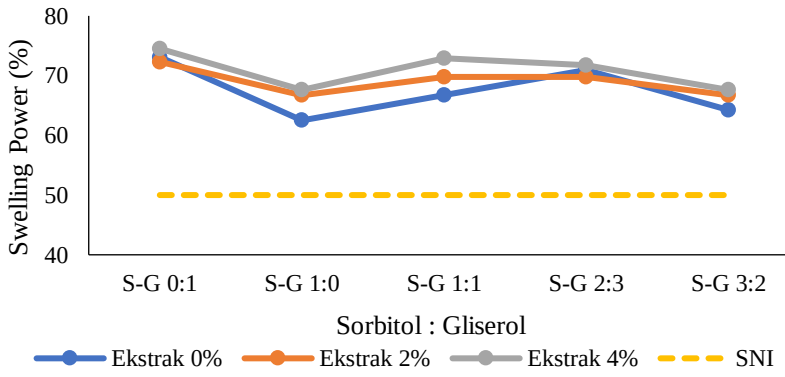


Gambar 6. Pengaruh Perbandingan Sorbitol–Gliserol dan Ekstrak Daun Sirih terhadap *Swelling Power* 1 Menit — dihitung dengan Persamaan (3).

Swelling Power 3 Menit

Tabel 6. (rekonstruksi Gambar 7). *Swelling Power* 3 Menit (%)

S:G	Rentang nilai
0:1	72–75 (**tertinggi**)
1:0	62–66 (**terendah**)
1:1	67–72
2:3	68–72
3:2	65–70



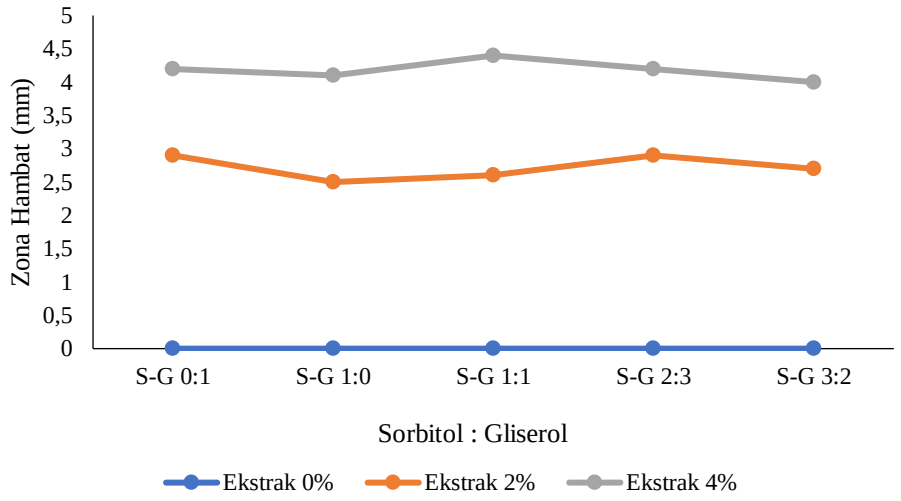
Gambar 7. Pengaruh Perbandingan Sorbitol–Gliserol dan Ekstrak Daun Sirih terhadap *Swelling Power* 3 Menit — dihitung dengan Persamaan (3).

Nilai *swelling* meningkat seiring lamanya kontak dengan air (44–60% pada 1 menit menjadi 62–75% pada 3 menit) dan seiring naiknya proporsi gliserol yang bersifat hidrofilik dan memperbesar *free volume* matriks [17],[18]. Hanya formulasi 1:0 pada pengamatan 1 menit yang berada dalam rentang acuan SNI (10–50%); formulasi lain, serta seluruh formulasi pada pengamatan 3 menit, telah melampauinya.

Aktivitas Antibakteri terhadap *Escherichia coli*

Tabel 7. (rekonstruksi Gambar 8). Lebar Zona Hambat *E. coli* (mm)

Konsentrasi Ekstrak	Zona hambat
0%	0 (tidak ada aktivitas)
2%	2,5–3,0
4%	4,0–4,4

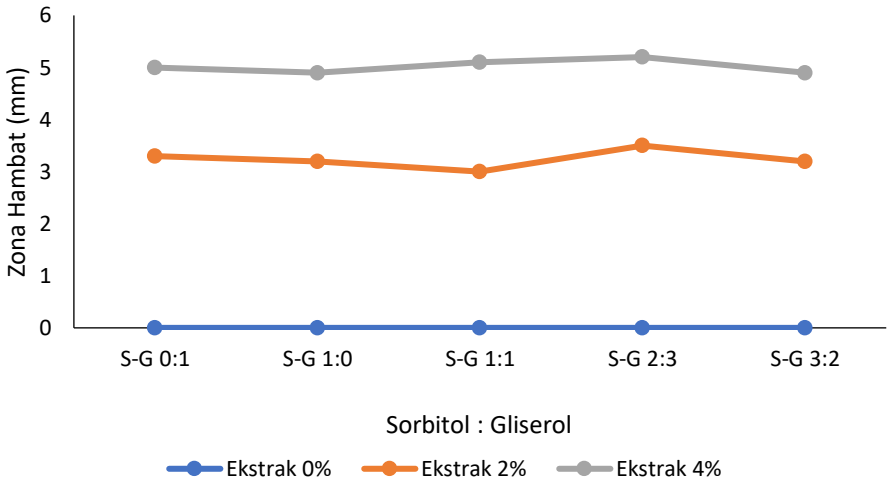


Gambar 8. Pengaruh Ekstrak Daun Sirih terhadap Bakteri *Escherichia coli* — dihitung dengan Persamaan (5).

Aktivitas Antibakteri terhadap *Staphylococcus aureus*

Tabel 8. (rekonstruksi Gambar 9). Lebar Zona Hambat *S. Aureus* (mm)

Konsentrasi Ekstrak	Zona hambat
0%	0 (tidak ada aktivitas)
2%	3,0–3,2
4%	5,0–5,2



Gambar 9. Pengaruh Ekstrak Daun Sirih terhadap Bakteri *Staphylococcus aureus* — dihitung dengan Persamaan (5).

Zona hambat meningkat seiring naiknya konsentrasi ekstrak (bersifat *dosis-dependent*) pada kedua bakteri uji. *S. aureus* (Gram positif) menunjukkan zona hambat lebih besar dibandingkan *E. coli* (Gram negatif) karena tidak memiliki membran luar lipopolisakarida sehingga senyawa fenolik ekstrak daun sirih lebih mudah menembus dinding sel peptidoglikan [19]. Formulasi dengan proporsi gliserol lebih tinggi cenderung memberikan zona hambat sedikit lebih besar karena mobilitas rantai polimer yang lebih tinggi mempercepat pelepasan senyawa aktif ke medium (*release behavior*) [20]. Pengamatan penyimpanan 14 hari mendukung hasil ini: sampel tanpa ekstrak (0%) ditumbuhi jamur, sampel dengan ekstrak 2% menunjukkan pertumbuhan jamur lebih sedikit, sedangkan sampel dengan ekstrak 4% tidak menunjukkan pertumbuhan jamur sama sekali, konsisten dengan konsep *active packaging* pada biopolimer [21].

KESIMPULAN

Perbandingan sorbitol dan gliserol sebagai *Plasticizer* memengaruhi karakteristik bioplastik: peningkatan sorbitol menghasilkan kuat tarik lebih tinggi (matriks lebih rapat), dengan nilai optimum pada rasio 1:1 (8,952 MPa), sedangkan peningkatan gliserol meningkatkan elongasi, *swelling power*, dan biodegradasi karena sifatnya yang lebih fleksibel dan hidrofilik. Berdasarkan SNI 7188:2016, karakteristik bioplastik telah memenuhi standar pada parameter kuat tarik (1–10 MPa) dan biodegradasi (>60% pada hari ke-7), sedangkan elongasi dan *swelling power* belum seluruhnya memenuhi standar sehingga masih memerlukan optimasi komposisi *plasticizer*. Penambahan ekstrak daun sirih meningkatkan aktivitas antimikroba terhadap *E. coli* dan *S. aureus* secara konsentrasi-dependen, dengan konsentrasi 4% memberikan efek penghambatan pertumbuhan jamur terbaik selama penyimpanan 14 hari.

UCAPAN TERIMA KASIH

Penulis mengucapkan terima kasih kepada Jurusan Teknik Kimia dan Program Studi D4 Teknologi Kimia Industri Politeknik Negeri Sriwijaya, dosen pembimbing, serta pihak Bank Sampah Indonesia atas dukungan terhadap penelitian ini.

DAFTAR PUSTAKA

[1] Geyer, R., Jambeck, J. R., & Law, K. L. (2017). Production, use, and fate of all plastics ever made. *Science Advances*, 3(7), e1700782.
[2] Kementerian Lingkungan Hidup dan Kehutanan. (2024). Sistem Informasi Pengelolaan Sampah Nasional (SIPSN). https://sipsn.menlhk.go.id
[3] Kementerian Perencanaan Pembangunan Nasional. (2025). Program Makan Bergizi Gratis. https://www.bappenas.go.id
[4] Saputro, A. N. C., & Ovita, A. L. (2017). Bioplastik kitosan-pati ganyong. *Jurnal Kimia dan Pendidikan Kimia*, 2(1), 13–21.
[5] 6Wresearch. (2025). *Indonesia Bioplastics Market Outlook 2025–2029*. https://www.6wresearch.com/industry-report/indonesia-bioplastics-market-outlook
[6] Djatmika, E., et al. (2025). Skala keekonomian terkecil pabrik *bioplastik starch-cellulose blend*. *Jurnal Riset Teknologi*.
[7] Huwaidi, A. F., & Supriyo, E. (2022). Pembuatan plastik biodegradable pati jagung terplastisasi sorbitol. *Equilibrium Journal of Chemical Engineering*.
[8] Latifa, A. C., Dewi, P. P. A., Lestari, I., & Irfandy, F. (2024). Bioplastik dari pati umbi ganyong. *Eksergi*.
[9] Haryanti, S., Nurjanah, S., & Fitriani, D. (2020). Aktivitas antibakteri ekstrak daun sirih. *Jurnal Farmasi dan Ilmu Kefarmasian Indonesia*, 7(2), 45–50.
[10] Aini, A. N., Riyanti, N., Restiandika, F., & Lestari, R. A. S. (2018). Plastik *biodegradable* limbah nasi. *Seminar Nasional Teknik Kimia Ecosmart*, 1(1), 203–211.
[11] Sinaga, R. F. (2014). Pengaruh gliserol pada bioplastik talas. *Jurnal Teknik Kimia USU*, 3(2), 19–24.
[12] Martina, S. P., Masturi, & Yulianti. (2016). Plastik biodegradable dari nasi aking. *Jurnal Ilmu Pendidikan Fisika*, 1(1), 9–12.
[13] Hossain, T. J. (2024). Methods for screening and evaluation of antimicrobial activity: A review. *European Journal of Microbiology and Immunology*. https://doi.org/10.1556/1886.2024.00035
[14] Rahardiyan, D., et al. (2023). Thermoplastic starch bioplastic review. *Enzyme and Microbial Technology*, 168, 110260.
[15] Hamzah, I., Rahmawati, D., & Setiawan, A. (2022). The effect of *Plasticizer* glycerol and sorbitol on characteristics of bioplastic. *Eksakta: Journal of Sciences and Data Analysis*.
[16] Kumar, R., & Singh, P. (2022). Plant extract incorporated biodegradable films: Structural and hydrophilic behavior. *Journal of Food Engineering*, 322, 111008. https://doi.org/10.1016/j.jfoodeng.2022.111008
[17] Almasi, H., & Ghanbarzadeh, B. (2021). Functional properties of biodegradable films based on polysaccharides: A review. *International Journal of Biological Macromolecules*, 176, 86–100. https://doi.org/10.1016/j.ijbiomac.2021.01.132

[18] Jiang, T., Duan, Q., Zhu, J., Liu, J., Yu, H., & Xiong, H. (2023). Effects of polyol *Plasticizer*s on starch-based films. *Carbohydrate Polymers*, 302, 120417. https://doi.org/10.1016/j.carbpol.2022.120417
[19] Sharma, A., et al. (2021). Essential oils antimicrobial. *Antibiotics*, 10(5), 545.
[20] Putra, A., Sari, D. P., & Wulandari, N. (2024). Effect of glycerol on starch bioplastics. *Materials Today Chemistry*, 39, 101812. https://doi.org/10.1016/j.mtchem.2024.101812
[21] Tack, J., & Desai, M. A. (2023). Bioactive antimicrobial packaging. *Carbohydrate Polymers*, 304, 120441.