

APLIKASI FOTOSENSITIZER DAN KARAKTER MEKANIK BIOPLASTIK RAMAH LINGKUNGAN PPZ

M. Masykuri, Sulistyio Saputro, Iwan Yahya

Program Studi Pendidikan Kimia FKIP UNS, Jl. Ir. Sutami 36A Surakarta 57162

Telp. 0271-648939, Fax. 0271 – 648939 email: mmasykuri@yahoo.com

Abstrak

Polimer plastik menjadi sumber terjadinya penumpukan limbah, penyebab pencemaran dan kerusakan lingkungan hidup karena tidak dapat dihancurkan dengan cepat dan alami dalam tanah (*non biodegradable*). Dalam konteks tersebut, mutlak diperlukan penelitian dan pengembangan teknologi bahan plastik yang ramah lingkungan atau mudah terdegradasi. Penelitian ini difokuskan pada rekayasa pembuatan bioplastik dengan bahan dasar polypropylene – zein jagung (PPZ) dengan aditif *fotosensitizer benzophenon*. Fotosensitizer benzophenon dan acetophenone dipilih untuk menggantikan fotosensitizer yang selama ini banyak dipakai, yakni *eosin Y*, *cobalt stearate* dan *mangan stearate* yang bersifat toksik dan mengandung logam berat. Fokus kajian penelitian meliputi pengembangan teknik sintesis bioplastik polypropylene – zein jagung (PPZ) dengan aditif fotosensitizer benzophenon serta analisis sifat mekanik. Prosedur pengujian mengacu pada protokol ASTM D638-99. Hasil penelitian menunjukkan terjadinya perubahan kekuatan mekanik bioplastik polypropylene/zein jagung (PP/Z) dan polypropylene/zein jagung/benzophenon (PP/Z/BP) yang dapat dilihat dari parameter kuat tarik, kuat putus, perpanjangan putus, dan modulus Young.

Kata Kunci: Fotosensitizer, karakter mekanik, PPZ

PENDAHULUAN

Plastik merupakan bahan kemasan yang paling populer dan sangat luas penggunaannya, tidak hanya dipakai untuk kemasan pangan (*food grade*), tetapi juga banyak diaplikasikan sebagai bahan pelindung dan pewadahan produk elektronika, komponen/suku cadang dan zat kimia untuk industri. Hal ini karena plastik memiliki berbagai keunggulan, yakni fleksibel (dapat mengikuti bentuk produk), transparan, tidak mudah pecah, dapat dikombinasikan dengan bahan kemasan lain, tidak korosif dan harganya relatif murah.

Namun di sisi lain, plastik juga mempunyai kelemahan yakni tidak dapat dihancurkan dengan cepat dan alami dalam tanah (*non biodegradable*). Saat ini plastik telah menimbulkan permasalahan cukup serius. Polimer plastik menjadi sumber terjadinya penumpukan limbah, penyebab pencemaran dan kerusakan lingkungan hidup (Albertsson dan Karlsson, 1994; Andreopoulos dan Theophanides, 1994; Ikada dan Tsuji; 2000). Berbagai laporan menunjukkan, produk berbahan dasar plastik menjadi penyebab kerusakan lingkungan. Sebagai ilustrasi, masyarakat Solo setiap harinya memproduksi sampah sebesar 260 ton, sekitar 30% diantaranya merupakan sampah plastik yang sangat sukar terdegradasi (Jawa Pos, 23 Juni 2004). Akibatnya, tempat pembuangan akhir (TPA) Putri Cempo menjadi *overloaded*.

Fakta demikian juga terjadi di kota-kota lain di Jawa Tengah, Selain itu, plastik dalam proses pembuatannya menggunakan minyak bumi, yang ketersediannya semakin berkurang dan tidak dapat diperbaharui (*non-*

renewable). Kondisi demikian menyebabkan bahan kemasan plastik tidak dapat dipertahankan penggunaannya di waktu mendatang karena akan menambah persoalan lingkungan dan kesehatan.

Berdasarkan fakta-fakta tersebut maka mutlak diperlukan penelitian dan pengembangan teknologi bahan kemasan yang mudah terfotobiodegradasi (Masykuri, et al, 2004). Salah satu alternatif material pengganti unggulan yang diangkat dalam penelitian ini adalah bioplastik dari campuran polypropylene/zein jagung (selanjutnya disingkat *bioplastik PPZ*) dengan aditif fotosensitizer dan coupling agent.

Pada aspek aditif, fotosensitizer benzophenon dipilih untuk menggantikan fotosensitizer yang selama ini banyak dipakai, yakni *eosin Y* (*4',5'-dibromo-2',7'-dinitrofluorescein disodium salt*), *cobalt stearate* dan *mangan stearate* yang bersifat toksik dan mengandung logam berat. Sedangkan maleat anhidrat telah diketahui efektif meningkatkan antaraksi antarmuka pada polimer jenis lain, yakni campuran polypropylene (PP) dan polyamide (PA). Di samping harganya yang relatif murah, aditif ini memiliki kelebihan lain yakni mampu bereaksi aktif (dikenal sebagai *extrusion reaction*) membentuk blok kopolimer antara polimer-polimer maupun polimer-aditif.

Metode Penelitian

1. Alat dan Bahan

Alat-alat yang dipakai dalam penelitian ini terdiri dari: *laboplastomill*, *hot press* tipe SA-302-1-S merk Toyoseiki, *universal strength tester* (*autograph*) tipe H-1324, SEM, Spektrometer FTIR, pemotong *dumbbell*

punch tipe 2-1/2 JIS K-7113, neraca analitik, termometer, sendok logam, bingkai cetakan *glossy plate* ukuran 0,3 mm x 18 cm x 20 cm, bingkai cetakan aluminium ukuran 0,08 cm x 18 cm x 20 cm, waskom, mikrometer, cawan petri, dan gelas beker.

Bahan-bahan yang diperlukan dalam penelitian ini terdiri dari: jagung (lokal), etanol 95% (Aldrich), benzoil peroksida (Sigma), glycerol 99% (Aldrich), benzophenon (Sigma), maleat anhidrat (Aldrich), $\text{Ca}(\text{NO}_3)_2 \cdot 4\text{H}_2\text{O}$, 99,99% (Aldrich), lactic acid 85% (Sigma) dan akuades.

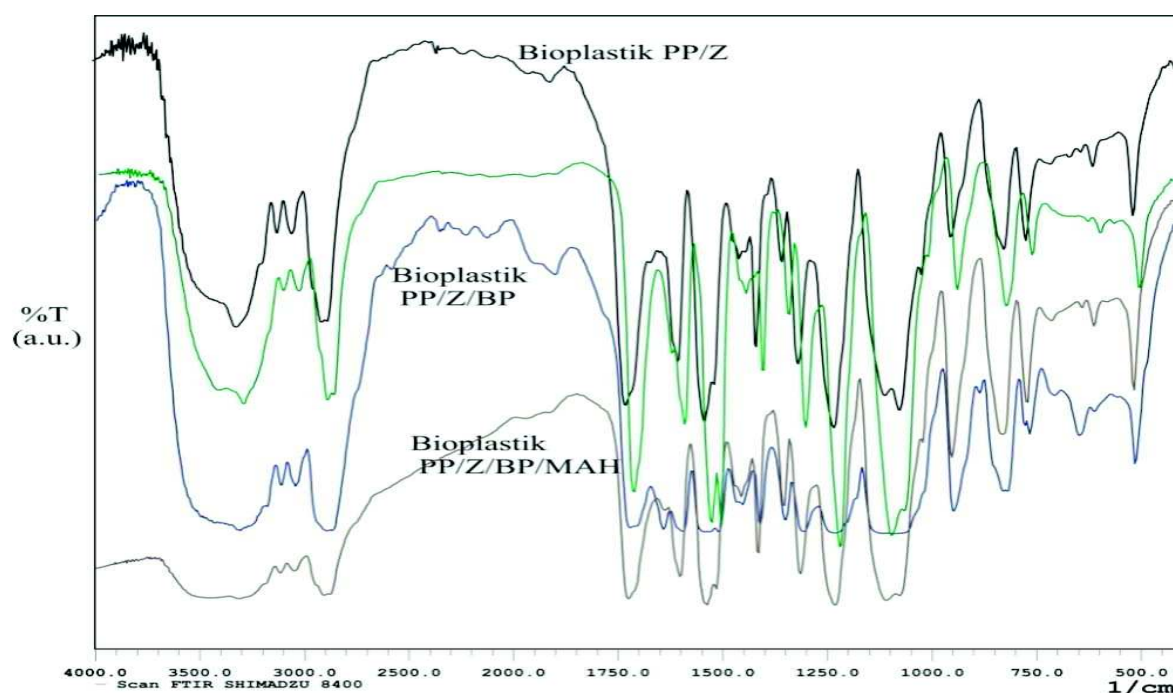
2. Prosedur Kerja

Beberapa seri komposisi bioplastik disintesis dari campuran polypropylene (PP), zein, *fotosensitizer benzophenon* dan *coupling agent (maleat anhidrat)*. Untuk mengetahui komposisi polypropylene (PP)/zein yang memberikan kuat mekanik optimum, dibuat seri komposisi bioplastik PP/Z (w/w): 100/0, 98/2, 96/4, 92/8 dan 90/10. Pengaruh *fotosensitizer benzophenon (BP)* dan *coupling agent (maleat anhidrat, MAH)* terhadap kinerja mekanik ditentukan dengan membandingkan kuat mekanik bioplastik PP/Z dengan bioplastik PP/Z (96/4) yang ditambah BP 5% (diberi kode PP/Z/BP) serta bioplastik PP/Z (96/4) yang ditambah BP 1% (w/w) dan MAH 1% (w/w) (diberi kode PP/Z/BP/MAH). Sintesis dilakukan dalam laboplastomill pada suhu 180°C . Produk bioplastik dipantau menggunakan spektrometer FTIR Shimadzu

8400 dan karakterisasi sifat mekanik dilakukan sesuai prosedur standar ASTM D638-99.

Hasil dan pembahasan

Untuk mengetahui perbedaan struktur kimia dalam berbagai sampel, dibandingkan spektra FTIR dari berbagai bioplastik PP/Z dengan variasi fotosensitizer dan coupling agent, hasilnya ditunjukkan dalam Gambar 1. Penafsiran spektra FTIR berbagai bioplastik dengan variasi fotosensitizer dan coupling agent diberikan dalam Tabel 1. Dari Gambar dan tabel tersebut tampak bahwa bioplastik dengan fotosensitizer benzophenon dan coupling agent (maleat anhidrat) memiliki puncak-puncak serapan yang unik. Puncak-puncak khas pada $1724,2 \text{ cm}^{-1}$ (s, sh) merupakan serapan dari regang C=O yang bisa berasal dari zein, ataupun fotosensitizer benzophenon. Pita serapan pada daerah IR sedang: $1535,2 \text{ cm}^{-1}$ (s, sh) dan $1230,5 \text{ cm}^{-1}$ (s, sh) dari vibrasi tekuk N-H amida, serta puncak $1307,6 \text{ cm}^{-1}$ (s, sh) dari serapan tekuk N-H dimiliki oleh semua spektra bioplastik, berasal dari zein jagung. Fenomena menarik adalah terjadinya pelebaran puncak pada daerah sekitar $3100 - 3300 \text{ cm}^{-1}$. Adanya pelebaran puncak ini membuktikan berhasilnya proses pengikatan maleat anhidrat sebagai coupling agent terhadap rantai utama polypropylene dan molekul benzophenon sebagai fotosensitizer.



Gambar 1. Spektra FTIR berbagai bioplastik dengan variasi fotosensitizer dan coupling agent

Tabel 1. Identifikasi Puncak Serapan FTIR

Bilangan Gelombang (cm ⁻¹)	Keterangan
3309,6 (s, br)	Regang N-H (H terikat)
2896,9 (s, sh)	Regang simetrik C-H dari CH ₂
1724,2 (s, sh)	Regang C=O
1596,2 (s, sh)	Regang C-C cincin aromatik
1535,2 (s, sh)	Regang C-N dan tekuk N-H amida
1411,8 (s, sh)	Regang C-C cincin aromatik
1307,6 (s, sh)	Regang C-N dan tekuk N-H
1230,5 (s, sh)	Regang C-N dan tekuk N-H amida
1110,6 (s, sh)	Regang asimetrik C-O-C ether alifatik
1087,8 (s, sh)	Regang asimetrik C-O-C

Tabel 2. Sifat Mekanik Bioplastik

Bioplastik	Kuat Luluh (MPa)	Kuat Putus (MPa)	Perpanjangan Putus (%)	Modulus Young (MPa)
PP/Z: 100/0	10,52	10,46	418,33	336,19
PP/Z: 98/2	9,34	8,75	206,99	336,74
PP/Z: 96/4	8,95	7,74	90,87	358,10
PP/Z: 94/6	8,23	7,43	23,29	385,63
PP/Z: 92/8	7,68	7,38	14,67	401,05
PP/Z: 90/10	7,47	7,12	15,31	410,20
PP/Z/BP	8,80	7,53	79,69	368,26
PP/Z/BP/MAH	9,10	7,63	84,39	349,73

Keterangan sampel:

PP: Polypropylene, Z: zein jagung, BP: benzophenon, MAH: maleat anhidrat

Akibat proses pengikatan secara kovalen ini, struktur kimia bioplastik menjadi lebih kuat yang dibuktikan dalam analisis kuat mekanik. Di sisi lain proses pengikatan ini juga mendorong peningkatan aktivitas transfer elektron dalam reaksi fotodegradasi bioplastik..

Selanjutnya untuk mengetahui pengaruh kadar zein, inisiator benzophenon, dan coupling agent maleat anhidrat terhadap sifat mekanik bioplastik dilakukan pengujian kuat tarik menggunakan Universal Testing Machine sesuai metode standar ISO 527 "Plastics-Determination of tensile properties". Preparasi spesimen dilakukan dengan cara lembaran sampel hasil *hot-press* dipotong *dumbbell* ISO 527 type 5A menggunakan *Die Cutter*, sejumlah 5 spesimen per sampel. Kondisi pengujian mencakup temperatur ruang uji 23°C, kelembaban 50%, kecepatan tarik 5 mm/menit dengan skala *load cell* 10% dari 100 kgf.

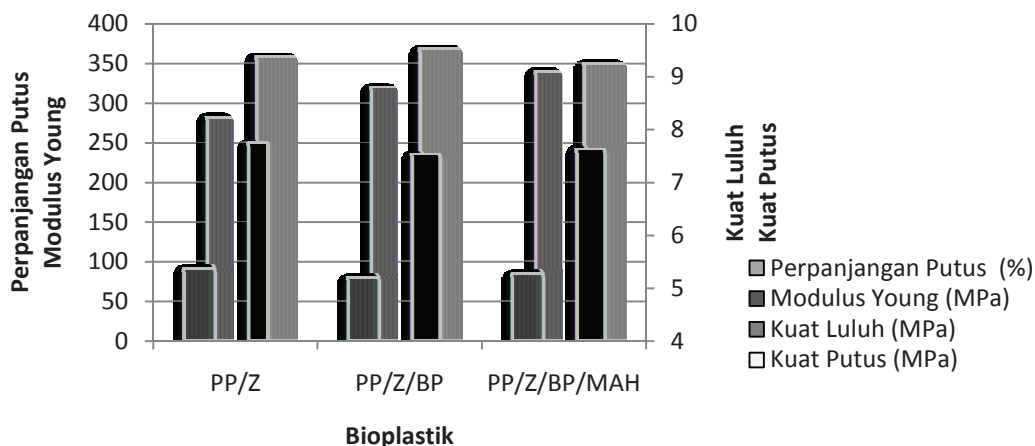
Hasil pengujian sifat mekanik yang meliputi kuat luluh, kuat tarik, kuat putus, regangan putus, serta modulus elastisitas diberikan dalam Tabel 2.

Dari hasil di atas terlihat pada bioplastik PP/Z dengan variasi komposisi bahwa kuat luluh dan kuat putus cenderung menurun

dengan semakin bertambahnya kadar zein jagung. Pada komposit tanpa zein jagung, kuat luluh semula 10,52 MPa menurun menjadi 9,10 MPa pada kandungan zein jagung 10% (terjadi penurunan kuat tarik sekitar 13,5%), demikian pula kuat putus dari 10,46 MPa menjadi 7,63 MPa (menurun sekitar 27,1%).

Fakta yang sama juga terjadi pada sifat perpanjangan putus, penambahan zein yang semakin besar pada komposit menyebabkan penurunan perpanjangan putus. Hal ini disebabkan penyumbang kekuatan perpanjangan pada bioplastik adalah komponen polypropylene (PP) sedangkan zein bersifat getas, dengan semakin bertambahnya zein proporsi polypropylene dalam bioplastik menjadi menurun sehingga perpanjangan putus menurun.

Pengaruh *fotosensitizer benzophenon (BP)* dan *coupling agent (maleat anhidrat, MAH)* terhadap kinerja mekanik ditentukan dengan membandingkan kuat mekanik bioplastik PP/Z dengan PP/Z/BP dan PP/Z/BP/MAH (Gambar 2). Secara umum terlihat bahwa dari parameter kuat luluh dan kuat putus, penambahan *fotosensitizer* kedalam PP/Z sedikit menurunkan kuat mekaniknya, namun dengan penambahan maleat anhidrat kuat mekanik meningkat.



Kuat luluh dan kuat putus pada PP/Z/BP yang semula 8,80 MPa dan 7,53 MPa meningkat pada bioplastik PP/Z/BP/MAH menjadi 9,10 MPa dan 7,63 MPa. Hal ini menunjukkan bahwa maleat anhidrat mampu berfungsi sebagai zat pengikat terhadap rantai utama polypropylene dan molekul benzophenon sebagai fotosensitizer.

Kesimpulan dan saran

Dari hasil penelitian yang telah dilakukan, dapat disimpulkan: 1) produk bioplastik polypropylene/zein jagung (PP/Z) telah berhasil diproduksi dengan komposisi (PP/Z (w/w): 100/0; 98/2, 96/4, 94/6, 92/8, dan 90/10), dengan aditif fotosensitizer benzophenon dan coupling agent maleat anhidrat, 2) karakter mekanik bioplastik PP/Z dengan variasi komposisi memiliki kuat luluh dan kuat putus cenderung menurun dengan semakin bertambahnya kadar zein, 3) penambahan maleat anhidrat dalam bioplastik PP/Z/BP/MAH mampu meningkatkan antar-aksi matrik polimer sehingga meningkatkan kuat mekaniknya.

Penelitian ini telah menghasilkan produk bioplastik polypropylene - zein jagung dengan fotosensitizer benzophenon dan coupling agent maleat anhidrat. Karakterisasi mekanik telah berhasil memetakan sifat-sifat bioplastik tersebut. Penelitian lebih lanjut perlu dilakukan menyangkut eksplorasi sifat-sifat bioplastik secara lebih mendalam yang dapat menjelaskan hubungan struktur – sifat bioplastik.

UCAPAN TERIMAKASIH

Ucapan terimakasih kami sampaikan kepada Proyek Peningkatan Penelitian Pendidikan Tinggi DP3M Dirjen Dikti atas

dukungan dana sehingga terlaksananya penelitian ini. Kami juga mengucapkan terimakasih kepada Ketua Laboratorium Program Kimia FKIP UNS, Pusat Penelitian dan Pengembangan Geologi Kelautan (PPPGL), serta semua pihak yang membantu terlaksananya penelitian ini.

Daftar PUSTAKA

- Albertsson, A.C., dan Karlsson, S. 1994. Chemistry and biochemistry of polymer biodegradation. Pages 7-17. in: *Chemistry and Technology of Biodegradable Polymers*. G. J. L. Griffin, ed. Blackie Academic & Professional: London.
- Andreopoulos, A. G., dan Theophanides, T. 1994. Degradable plastics: A smart approach to various applications. *J. Elastomers Plastics* 26:308-326.
- ASTM D638-89. 1989. *Test method for tensile properties of plastics*. Philadelphia: American Society for Testing and Material
- Ikada, Y. and H. Tsuji. 2000. Biodegradable polyesters for medical and ecological applications. *Macromol. Rapid Commun.* 21, 117–132.
- Jawa Pos, 23 Juni 2004. *Jangan Sepelekan Sampah*. Solo: Jawa Pos.
- Masykuri, M., Mamiék Subelo dan Sulistyó Saputro. 2004. *Modifikasi Komposit Polimer Polipropilena-Karet Alam dengan Menggunakan Variasi Sistem Curing untuk Memperoleh Material Teknik Kualitas Tinggi*. Laporan Hibah Bersaing XI DP3M Dikti.