

KARAKTERISASI SIFAT MEKANIK POLIBLEND LLDPE-NR DENGAN ADITIF TiO₂ SEBAGAI ALTERNATIF MATERIAL UNGGUL

M. MASYKURI, MAMIEK SUBELO DAN SULISTYO SAPUTRO

Program Kimia FKIP Universitas Sebelas Maret

ABSTRAK

Penggunaan bahan elastomer termoplastik saat ini semakin penting dan meluas. Dengan penambahan zat-zat tertentu, bahan ini menjadi bahan alternatif pengganti logam dan bahan-bahan lain. Poliblend menjadi ujung tombak pengembangan material baru di masa mendatang. Penelitian ini mempelajari pengaruh zat aditif TiO₂ terhadap poliblend LLDPE dengan karet alam (LLDPE/NR). Komposisi LLDPE/NR yang diteliti sebesar 60/40. TiO₂ yang ditambahkan bervariasi sebesar 0, 1, 2, 3, 4 dan 5%. Poliblend dibuat dengan cara *masterbatch process* melalui penggilingan dengan *laboplastomill*. Karakterisasi sifat mekanik dilakukan menggunakan universal testing machine model UCT-5T. Pengujian dilakukan menggunakan metode ISO 527-2. Penelitian menunjukkan terjadinya peningkatan kuat luluh dan kuat tarik pada penambahan TiO₂ sampai kadar 3%, selanjutnya menurun pada penambahan TiO₂ 4 dan 5%. Kuat luluh dan kuat tarik maksimum terjadi pada kadar TiO₂ 3%, yaitu sebesar 4,687 MPa dan 11,638 MPa. Regangan putus menunjukkan penurunan dengan semakin bertambahnya kadar TiO₂. Regangan putus maksimum terjadi pada poliblend tanpa aditif TiO₂ yaitu sebesar 701,7%.

Kata Kunci : Polyblend, LLDPE-NR, TiO₂, mechanical properties.

I. PENDAHULUAN

Poliblend polietilen/karet alam (PE/NR) mempunyai sifat mekanik yang baik, antara lain tahan lenturan tinggi (*high elongation*) dan tahan goresan (*high abrasion*). Dalam pemakaiannya bahan-bahan ini sering terkena sinar matahari langsung yang dapat menyebabkan bahan mengalami degradasi, sehingga perlu ditambah zat aditif yang bersifat melindungi bahan dari radiasi sinar matahari.

Zat aditif yang selama ini sudah dikenal luas adalah *carbon black*. Zat aditif *carbon black* telah banyak dimanfaatkan sebagai campuran karet alam atau polietilen dan digunakan sebagai bahan baku ban kendaraan bermotor, roda pesawat terbang yang anti sambaran petir, sol sepatu, alas *rig*, isolator pembungkus untuk kabel dan bahan-bahan mekanik. *Carbon black* telah dilaporkan dapat bersifat menambah rapat massa, meningkatkan konduktivitas dan kekuatan mekanik, serta mencegah

degradasi fotokimia polietilen (Billmeyer, 1993). Salah satu kendala di lapangan adalah bahwa produksi *carbon black* di Indonesia saat ini masih belum mencukupi kebutuhan dalam negeri, sehingga sebagian besar masih harus diimpor (Pandjaitan, 1994).

Salah satu alternatif pemecahan masalah ini adalah menemukan bahan lain sebagai pengganti *carbon black*. Zat imbuhan pengganti yang sangat menarik untuk diteliti adalah TiO₂. TiO₂ diharapkan memiliki sifat seperti *carbon black*. Hal lain yang menjadi kontradiksi adalah terbentuk atau tidaknya radikal selama pembuatan poliblend, yang memungkinkan lebih lanjut terjadinya ikatan silang.

Penelitian ini dimaksudkan untuk mempelajari pengaruh zat aditif TiO₂ terhadap sifat mekanik poliblend *low-linear density polyethylene - natural rubber* (LLDPE - NR), dan untuk mendapatkan poliblend termoplastik jenis baru yang menguntungkan. Secara tidak

langsung hal ini akan membuka jalan bagi pemanfaatan polimer yang lebih luas.

II. METODE PENELITIAN

Alat dan Bahan

Alat : *Laboplastomill*, hot press tipe SA-302-1-S merk Toyoseiki, *universal strength tester (autograph)* tipe H-1324, 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, mikrometer

Bahan: LLDPE, karet alam berbentuk *crepe*, TiO₂

Sintesis Poliblend LLDPE-NR-TiO₂

Mula-mula karet *crepe* yang telah dipotong kecil dan sejumlah serbuk LLDPE ditimbang sesuai komposisi yang diinginkan. Alat *Laboplastomil* dipanaskan pada suhu 140°C selama 30 menit hingga suhunya tetap. Karet dimastikasi dengan cara dipanaskan dalam *Laboplastomil* pada suhu 132°C selama 10 menit hingga meleleh. Selanjutnya menambahkan LLDPE sambil terus mengaduk dengan sendok logam selama 30 menit hingga campuran merata. Aditif TiO₂ ditambahkan ke dalam campuran sambil terus mengaduk selama 10 menit hingga merata. Hasil blend dikeluarkan dari *Laboplastomil* berupa gumpalan padat kental yang masih panas, dituang ke aluminium foil dan dibiarkan mendingin pada suhu kamar.

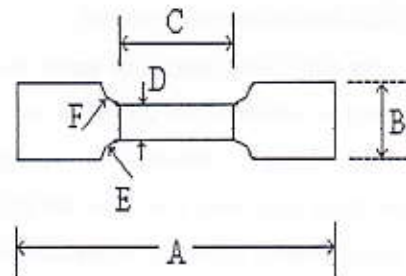
Pembuatan Film

Bahan yang dipakai adalah sampel po-

liblend hasil campuran dengan *Laboplastomil*. Alat *hot press* dipanaskan pada suhu 140°C selama 30 menit hingga suhunya tetap. Sampel poliblend sekitar 5 gram yang telah dipotong-potong kecil disebarakan di atas permukaan cetakan, dipress selama 15 menit dengan tekanan 150 kgf/cm². Cetakan yang dipakai adalah bingkai cetakan *glossy plate* dengan ukuran 0,3 mm x 18 cm x 20 cm dan bingkai cetakan aluminium ukuran 0,08 cm x 18 cm x 20 cm. Sampel dan cetakan dikeluarkan dari *hot press*, didinginkan dengan cepat dalam air (*di-quick*). Sampel dikeluarkan dari cetakan berupa film tipis dan dikeringkan.

Karakterisasi Sifat Mekanik

Bahan yang dipakai adalah poliblend LLDPE/NR sesuai spesimen uji tarik standar ISO 527-2. Alat yang digunakan *universal strength tester (autograph)*. Kondisi uji dilakukan pada beban skala penuh 10 kgf dan kecepatan tarik 5 mm/menit. Bentuk contoh uji *dumbbell* adalah seperti Gambar 1.



Keterangan:

A : 70 mm	Jari-jari E : 7 mm
B : 12 mm	Jari-jari F : 12 mm
C : 20 mm	Tebal : 0,3 mm
D : 3 mm	

Gambar 1. Bentuk contoh uji *dumbbell*

Autograph diatur dengan kondisi beban skala penuh 10 Kgf dan kecepatan tarik 5 mm/menit. Sampel disiapkan dalam bentuk *dumbbell* sesuai standar ISO 527-2. Spesimen sampel diklem pada bagian atas *specimen clamp* alat *autograph*. Ujung bagian bawah spesimen diklem dan diluruskan, lalu *autograph* diatur hingga keadaan beban 0 Kgf. penarikan dilakukan dengan menjalankan *autograph* sesuai kondisi percobaan. Jarak antara 2 tanda diukur menggunakan penggaris sebesar 4 cm. Untuk menghitung nilai kuat tarik dan perpanjangan putus, maka penarikan dilanjutkan sampai putus.

Modulus elastisitas diukur berdasarkan tegangan (*stress*) dan regangan (*strain*) di daerah elastis. Tebal sampel didefinisikan sebagai tebal rata-rata pada bagian paralel *dumbbell*, sedangkan untuk perhitungan kuat luluh (*yield stress*) dan kuat tarik (*ultimate strength*) digunakan tebal minimum sampel pada bagian paralel *dumbbell* (ISO 527-2, JIS K-7113, 1981; ASTM D638-89, 1989).

III. HASIL DAN PEMBAHASAN

Agar bisa mengetahui pengaruh aditif TiO₂, maka sampel-sampel poliblend dibuat dengan nisbah LLDPE terhadap karet alam (NR) tetap, yaitu 60/40, sedangkan besarnya aditif TiO₂ dalam tiap sampel divariasikan (Tabel 1).

Pembuatan sampel poliblend dilakukan melalui dua tahap pengerjaan, yaitu tahap pelelehan (*ekstrusi*) dan tahap pengepresan dalam keadaan panas (*hot pressing*). Tahap ekstrusi bertujuan untuk mendapatkan campuran.

Tabel 1. Komposisi Poliblend LLDPE/NR/TiO₂

No. Sampel	LLDPE (%)	NR (%)	TiO ₂ (%)
1	60,0	40,0	0
2	59,4	39,6	1
3	58,8	39,2	2
4	58,2	38,8	3
5	57,6	38,4	4
6	57,0	38,0	5

polimer yang homogen secara visual pada kondisi operasi tertentu. Tahap pengepresan bertujuan untuk membuat lempengan sampel dengan ketebalan dan ukuran tertentu serta kepadatan optimum.

Pemilihan suhu selama ekstrusi dan pengepresan dilakukan berdasarkan pertimbangan pada titik leleh dan suhu degradasi. Suhu operasi dipilih sedemikian sehingga dapat dilakukan pencampuran terhadap masing-masing komponen polimer tapi komponen itu tidak mengalami degradasi.

Pengukuran titik leleh (T_m) dengan *Melting point apparatus Fisher-John* dan titik transisi gelas (T_g) dan titik degradasi (T_d) dari literatur didapatkan hasil seperti Tabel 2.

Tabel 2. Titik Leleh, Titik Transisi Gelas dan Titik Degradasi LLDPE dan NR

Polimer	T_m (°C)	T_g (°C)	T_d (°C)
LLDPE	135	-110	250
NR	-	-70	287

Disamping itu perlu diperhatikan sifat plastisitas dan kecepatan masak polimer yang akan diblend. Hal ini berkaitan dengan mudah atau tidaknya proses blending dapat dilakukan. Dengan memperhatikan faktor-faktor di atas,

maka dipilih suhu 140°C sebagai suhu operasi, baik pada tahap ekstrusi maupun pengepresan.

Hasil poliblend menunjukkan TiO₂ secara visual telah terdistribusi cukup merata pada matriks polimer. LLDPE dan karet alam bersifat lengket, sedangkan TiO₂ bersifat kering, sehingga semakin besar kadar TiO₂ mengakibatkan hasil poliblend makin kering. Jika kadar TiO₂ ditambah terus, maka suatu ketika masing-masing komponen tidak bisa lagi bercampur karena terlalu kering dan keras.

Karakterisasi Sifat Mekanik

Beberapa sifat mekanik yang dapat ditentukan dari kurva tegangan regangan, yaitu kuat luluh σ_y (*yield stress*), kuat tarik σ_u (*ultimate strength*), regangan putus ϵ (*elongation at break*), dan modulus elastisitas (*Young modulus*). Data-data sifat mekanik tersebut diberikan dalam Tabel 3.

Dari Tabel 3, diperoleh hasil bahwa TiO₂ dapat meningkatkan kuat luluh (*yield stress*) dan kuat tarik (*ultimate strength*). Tetapi pada TiO₂ berlebih, kuat luluh dan kuat tarik turun, karena partikel TiO₂ saling menempel dan bertumpukan. Kuat luluh maksimum sebesar 4,687 MPa dan kuat tarik maksimum sebesar 11,683 MPa dicapai pada kandungan TiO₂ sebesar 3%.

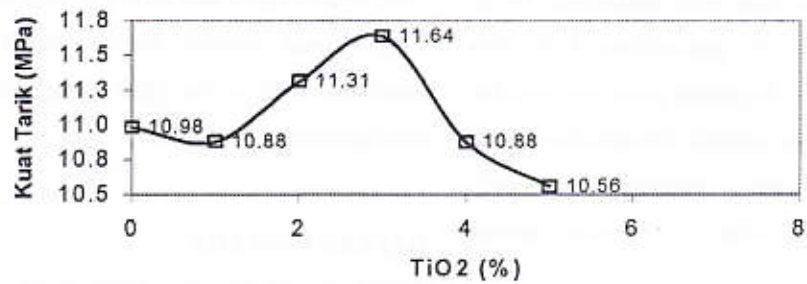
Faktor penyebab adanya peningkatan kuat luluh dan kuat tarik tersebut adalah adanya antaraksi Van der Waals antara matriks polimer dan permukaan aditif. Kraus (1971), menduga antaraksi ini tidaklah murni bersifat fisik. Peningkatan adhesi antarmuka karena mekanisme kemisorpsi memberikan sumbangan juga dalam peningkatan kekuatan poliblend. Bahkan ia memberikan kemungkinan terjadinya lebih dari satu mekanisme dalam proses pengikatan TiO₂ ke permukaan polimer.

Dalam hal antaraksi fisik, peningkatan kekuatan dapat lebih besar jika terdapat sisi aktif (*active site*) yang disebabkan defek dalam struktur kristalin polimer dan orientasi permukaannya. Sisi aktif ini menghasilkan peningkatan adhesi antarmuka dalam adsorpsi fisik.

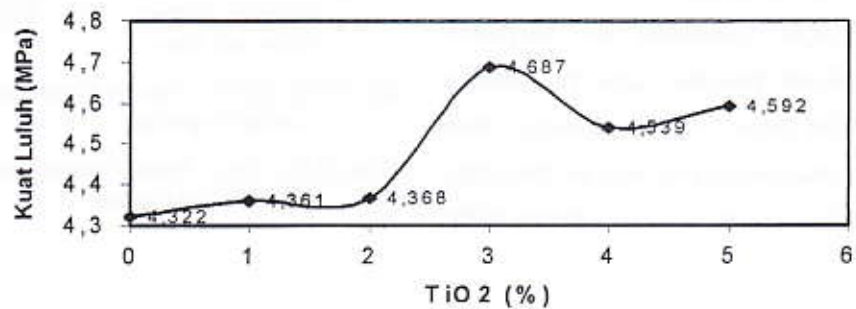
Dari Gambar 2 dan 3 juga dapat dilihat, pada kadar TiO₂ sebesar 4% dan 5%, kuat luluh dan kuat tarik poliblend mengalami penurunan. Hal ini memperkuat dugaan bahwa antaraksi poliblend dengan aditif bersifat fisik. Kemungkinan adanya ikatan silang (*cross-linking*) dalam poliblend dapat dikesampingkan. Penambahan TiO₂ sebesar 4% dan 5% justru membuat partikel TiO₂ tidak terdistribusi di antara matriks polimer, tapi saling menempel dan bertumpukan sendiri, sehingga poliblend

Tabel 3. Sifat Mekanik Poliblend LLDPE-NR- TiO₂

Sampel	Kuat Luluh (MPa)	Kuat Tarik (MPa)	Regangan Putus (%)
LLDPE/NR/TiO ₂ 0%	4,322	10,983	711,6
LLDPE/NR/TiO ₂ 1%	4,361	10,879	704,3
LLDPE/NR/TiO ₂ 2%	4,368	11,313	694,6
LLDPE/NR/TiO ₂ 3%	4,687	11,638	692,1
LLDPE/NR/TiO ₂ 4%	4,539	10,875	680,4
LLDPE/NR/TiO ₂ 5%	4,592	10,557	654,1



Gambar 2. Kuat tarik Poliblend LLDPE/NR/TiO₂



Gambar 3. Kuat luluh poliblend LLDPE/NR/ TiO₂

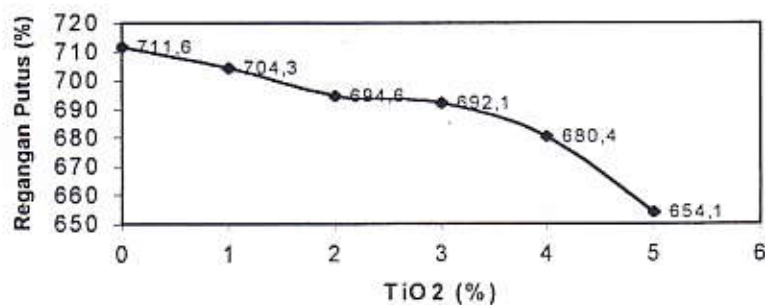
malah rapuh serta turun kuat luluh dan kuat tarikanya.

Sedangkan dari Gambar 4 terlihat regangan putus menunjukkan penurunan yang signifikan sebanding dengan semakin bertambahnya kadar TiO₂. Sifat regangan putus banyak disumbangkan oleh material elastomer sepeerti halnya karet alam (NR). Sehingga semakin besar aditif TiO₂ berarti semakin kecil

kadar NR dalam poliblend, sehingga menyebabkan regangan putus semakin turun

IV. KESIMPULAN

Dari hasil penelitian yang telah dilakukan, dapat diambil kesimpulan, terjadi peningkatan kuat luluh dan tuat tarik pada penambahan TiO₂ sampai kadar 3%, selanjutnya menurun pada penambahan TiO₂ 4 dan 5%.



Gambar 4. Regangan putus poliblend LLDPE/NR/ TiO₂

Kuat luluh dan kuat tarik maksimum terjadi pada kadar TiO₂ 3%, yaitu sebesar 4,687 MPa dan 11,638 MPa. Regangan putus menunjukkan penurunan dengan semakin bertambahnya kadar TiO₂. Regangan putus maksimum terjadi pada poliblend tanpa aditif TiO₂ yaitu sebesar 701,7%.

UCAPAN TERIMA KASIH

Ucapan terimakasih kami sampaikan kepada Proyek Penelitian Ilmu Pengetahuan Dasar DP3M Dirjen Dikti atas dukungan dana sehingga terlaksananya penelitian ini. Kami juga mengucapkan terimakasih kepada Kepala P3FT

LIPI, Kepala Lab Pusat MIPA, Kepala Sub Lab Kimia, Ketua Jurusan Teknik Tekstil ATW Surakarta, serta semua pihak yang membantu terlaksananya penelitian ini.

DAFTAR PUSTAKA

ASTM D 638-89. *Test Method for Tensile Properties of Plastics*.

Billmeyer, F.W., Jr. (1993). *Textbook of Polymer Science*. New York: John Wiley and Sons.

ISO 527-2 (1993). *Plastics-Determination of Tensile Properties*.

JIS K-7113 (1981). *Testing Method for Tensile Properties of Plastics*.