

EFEK BAHAN ANORGANIK PADA SIFAT FISIK POLI(BUTILEN SUKSINAT -co- ADIPAT) DIIRADIASI MENGUNAKAN BERKAS ELEKTRON

Meri Suhartini

Puslitbang Teknologi Isotop dan Radiasi - BATAN, Jakarta.

ABSTRAK

EFEK BAHAN ANORGANIK PADA SIFAT FISIK POLI (BUTILEN SUKSINAT -co-ADIPAT) DIIRADIASI MENGGUNAKAN BERKAS ELEKTRON. Poli(butilen suksinat-co-adipat) PBSA, di irradiasi menggunakan berkas electron, setelah di campur dengan bahan anorganik. Hasil irradiasi menunjukkan bahwa campuran yang mengandung 2% silikon dioksida atau 2% karbon hitam mempunyai kandungan gel yang tinggi, selain itu penambahan silikon dioksida atau karbon hitam baik untuk meningkatkan kestabilan panas PBSA. Hal ini karena terjadi ikatan silang selama irradiasi. Iradiasi PBSA murni langsung putus pada 110°C dengan beban 6,67 kgf/cm², sementara iradiasi PBSA yang mengandung 2% karbon hitam tetap stabil pada kondisi yang sama. Kemampuan terdegradasi di uji dengan test penimbunan. Hasil test pemendaman menunjukkan kemampuan sampel berdegradasi meningkat dengan penambahan karbon hitam.

ABSTRACT

EFFECT OF ANORGANIC SUBSTANCE ON PHYSICAL PROPERTIES OF POLY(BUTYLENE SUCCINATE-co-ADIPATE) IRRADIATED BY ELECTRON BEAM. Poly(butylene succinate-co-adipate), PBSA were electron beam irradiated in the presence of inorganic materials. The samples gave high gel fraction by irradiation in the presence of 2% silicon dioxide and 2% carbon black. It was found that addition of carbon black (CB) was effective for improving the heat stability of the sample. This is because of three-dimensional carbon black-polymer networks. Irradiated PBSA sheets broke immediately at 110°C with load 6.67 kgf/cm², while irradiated the same sample mixed with 2% carbon black did not break at the same condition. Biodegradability of crosslinked PBSA by soil burial tests was accelerated by addition of carbon black.

PENDAHULUAN

Pada dasawarsa ini kebutuhan akan biodegradable plastik di negara-negara seperti Jepang, Amerika dan negara-negara di eropa, meningkat dengan cepat berkaitan dengan pengendalian polusi lingkungan. Biodegradable polimer yang saat ini sudah komersial adalah jenis-jenis alipatik poliester, poliether, poli(vinil alkohol) dan polisakarida. Biodegradable foam telah dapat di hasilkan dari poli(butilene suksinat) diiradiasi menggunakan berkas electron.⁽¹⁾

Poli(butilen suksinat-co-adipat) PBSA adalah biodegradable alipatik poliester yang saat ini sedang banyak diteliti penggunaannya untuk bidang pertanian, konstruksi dan peralatan medis. PBSA diproduksi melalui reaksi polikondensasi glikol-glikol semacam etilene glikol dan 1,4-butandiol dan juga asam-asam alipatik dikarboksilik semacam asam suksinat asam adipate sebagai bahan utama.^(2,3) Bahan anorganik tertentu dapat dipergunakan untuk

meningkatkan hasil reaksi pada polimerisasi radiasi. Bahan anorganik tertentu yang ditambahkan dapat merubah sifat-sifat fisika dan kimia dari polimer. Hal ini terjadi kemungkinan disebabkan pengaruh perubahan karakter celah formasi dan propagasi, pembentukan spatial ruang dan penurunan modulus elastisitas pada matrik filler yang berhadapan.⁽⁴⁾ Bahan-bahan organik berpengaruh pada integritas fisik dan kimia polimer.⁽⁵⁾ Bahan anorganik dipergunakan dalam polimer dengan berbagai alasan diantaranya untuk mengubah penampilan, agar tidak tembus cahaya, proteksi dan sebagai pengisi. Dengan keberadaan bahan anorganik, bagian polimer yang amorphous yang mulanya larut dalam pelarut tertentu menjadi tidak larut. Sebagai contoh dengan keberadaan karbon, karet menjadi tidak larut, karena terjadinya ikatan tiga dimensi antara karet dan karbon hitam, yang terbentuk karena percampuran ini.⁽⁶⁾ PBSA terdeformasi dalam air mendidih, oleh karena itu peningkatan ketahanan panas sangat diperlukan untuk perluasan dalam penggunaan dilapangan.

Dalam studi ini kami menganalisa efisiensi radiasi ikatan silang pada PBSA dan kemampuan terdegradasinya setelah dicampur dengan bahan anorganik. Penelitian dilakukan di Japan Atomic Energy Research Institute (JAERI)-Takasaki.

EKSPERIMEN

Bahan

Poli(butilen suksinat-co-adipat) yang dipergunakan di peroleh dari Showa High Polymer Co. Ltd., dengan spesifikasi seperti tertulis pada table 1. Sedangkan bahan organik yang ditambahkan terdiri dari 12 jenis yaitu : karbon hitam 1 (Perkebunan Malaysia), karbon hitam (karbon aktif), silikon dioksida, silikon powder, zeolite, molecular sieves, alumunium oksida aktif, Diatomaceous earth, Titanium (IV) oksida, Alumunium sulfat anhydrous, kalsium klorida, kalsium karbonat, dan lempung aktif (montmorillonite).

Tabel 1. Beberapa sifat PBSA

Sampel	Berat molekul	Titik leleh (°C)	Berat jenis (g/cm ³)	ΔH (J/g)
Poli(butilen suksinat-co- adipat), PBSA	2,96 x 10 ⁵	92	1,23	45

Metode

Polimer biodegradable dan bahan anorganik di campur di dalam labo plastomil model 50C150 (Toyo Seiki), dengan kecepatan 20 rpm pada 150°C, kemudian dipres menggunakan pres panas pada temperatur 150°C selama 6 menit untuk mendapatkan sample dengan ketebalan 0,5 mm, selanjutnya di dinginkan pada temperatur ruangan dengan menggunakan alat pres dingin selama 3 menit. Iradiasi dilakukan pada kondisi atmosfer dan vakum menggunakan mesin berkas elektron dengan energi 1 MeV dan kuat arus 1 mA, pada dosis bervariasi dari 30 sampai 200 kGy pada laju dosis 10 kGy/pass.

Analisa fraksi gel

Fraksi gel di analisa, dengan pengukuran bagian yang tidak larut, selama 48 jam perendaman dalam kloroform mendidih. Fraksi gel dihitung sebagai rasio dari gel kering terhadap berat awal sampel.

$$\text{Fraksi gel (\%)} = [(W_g/W_i)] \times 100\%$$

Dimana W_g adalah berat gel dan W_i adalah berat sampel awal.

Test ketahanan panas

Ketahanan panas diukur dengan menggunakan beberapa metode, yaitu dengan

menggunakan sebuah oven pada temperatur yang bervariasi dan menggunakan burner yang disebut dengan klip test. Sampel yang berupa film dengan ukuran 0,5 mm x 3 mm x 20 mm di gantung didalam sebuah oven dengan beban dan temperatur tertentu. Deformasi yang terjadi dan waktu yang diperlukan untuk putus diamati. Clip test di lakukan menggunakan sebuah burner. Sampel yang berukuran 0,5 mm x 10 mm x 50 mm digantung dengan beban 7,67 kgf/cm². Perpanjangan sampel diamati pada temperatur 100°C selama 3 menit, kemudian beban diambil dan pengkerutan sampel diamati.

Pengukuran radikal menggunakan ESR

Sampel berbentuk film dengan ukuran 3 mm x 0,5 mm x 30 mm dikeringkan dan divakum dalam tabung ESR berdiameter 5 mm. Sampel kemudian diiradiasi dengan irradiator gamma pada dosis 20 kGy, kondisi vakum pada 77 K (nitrogen cair). Pengukuran di lakukan menggunakan ESR tipe JEOL (JM-FE3) spektrometer X-band pada frekwensi 9,07 - 9,22 GHz, kondisi nitrogen cair, pada temperatur 77 K, 203 K, 273 K, 298 K, 323 K.

Test pemendaman

Test pemendaman dilakukan dalam plastik yang berukuran panjang 57 cm, lebar 17 cm dan tinggi 14 cm. Pemendaman dimulai pada bulan Januari ketika suhu lingkungan rata-rata -5°C - 0°C sampai bulan Juni ketika suhu lingkungan 10°C - 20°C. Tanah yang dipergunakan berupa campuran kompos dan tanah kebun dengan perbandingan 1:1 pada pH 7, dengan kadar air 40%.⁽⁷⁾ Contoh hasil potongan dumbell dengan ketebalan 0,5 mm dipendam kira-kira 3 cm dari permukaan tanah untuk waktu yang bervariasi dari 2 minggu sampai 6 bulan. Setelah waktu tersebut contoh diambil dari tanah, dicuci dan dilap dengan kertas tissue sebelum dikeringkan dalam oven pada suhu 40°C.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Efek penambahan bahan anorganik pada ikatan silang.

Kadar gel dari PBSA yang mengandung bahan anorganik setelah iradiasi di simpulkan pada Tabel 2, dari tabel tersebut dapat dilihat bahwa kandungan gel dari sampel meningkat secara nyata dengan penambahan beberapa bahan anorganik pada iradiasi dalam kondisi vakum. Penambahan karbon sebagai aditif menghasilkan kadar gel yang tinggi (56,83%) setelah iradiasi, hal ini disebabkan adanya reaktif fungsional grup pada permukaan partikel karbon aktif.⁽⁸⁾ Sebaliknya pada penambahan lempung

aktif memberikan fraksi gel yang terendah (19,37%). Fraksi gel PBSA teriradiasi adalah 27,46%. Jika polimer diiradiasi, reaksi utama sangat tergantung pada energi yang tereksitasi di dalam dan di antara molekul-molekul. Juga tergantung kekuatan ikatan kimia masing-masing molekul, dan pada pengaturan geometris dari molekul-molekul polimer. Biasanya proses yang terjadi tergantung reaksi yang dominan ikatan silang atau degradasi.^[9]

Efek udara pada kandungan gel PBSA dengan adanya silikon dioksida diperlihatkan pada gambar 1. Dapat dilihat bahwa PBSA yang di iradiasi dalam kondisi vakum, memberikan fraksi gel lebih tinggi dibandingkan yang di iradiasi pada udara bebas. Hal ini karena sampel yang di iradiasi pada kondisi berudara bebas dapat terdegradasi, yang disebabkan adanya reaksi oksidasi. Kandungan gel dari PBSA-1% Silikon dioksida teriradiasi adalah 25,26% pada dosis 60 kGy. Kandungan gel meningkat menjadi 51,13% pada dosis 160 kGy, dan 53,93% pada dosis 200kGy. Sedangkan pada PBSA tanpa silikon dioksida, ternyata tidak ada kandungan gel pada dosis 60 kGy, pada dosis 160 kGy kandungan gel 41,35%, dan 44,73% pada dosis 200kGy.

Tabel 2. Fraksi gel PBSA yang dicampur bahan anorganik (Dosis iradiasi 100 kGy pada kondisi vakum)

Bahan anorganik dengan konsentrasi 5%	Fraksi gel [%]
Kontrol	27,46
Karbon	56,83
Silikon Dioksida	51,34
Molekular Sieves	50,60
Kalsium Karbonate	47,78
Disodium Hidrogen Pospat	47,14
Karbon hitam	46,72
Bubuk Silikat	46,11
Titanium (IV) Oksida	45,83
Alumunium Oksida	43,21
Zeolite	40,13
Alumunium Sulfat	37,40
Diatomaceous Earth	34,52
Kalsium Khlorida	33,02
Lempung Aktif (montmorillonite)	19,37

Radikal pada sampel yang mengandung bahan anorganik

Dari gambar 2 terlihat perbedaan yang nyata antara sampel yang mengandung karbon hitam dan sample asli setelah diiradiasi. Konsentrasi radikal yang dihasilkan lebih tinggi pada sample yang mengandung karbon hitam

daripada sample asli, hal ini membuktikan teori yang menyatakan bahwa karbon hitam mempunyai kemampuan untuk mendorong penyerapan energi radiasi.^[8]

Stabilitas panas

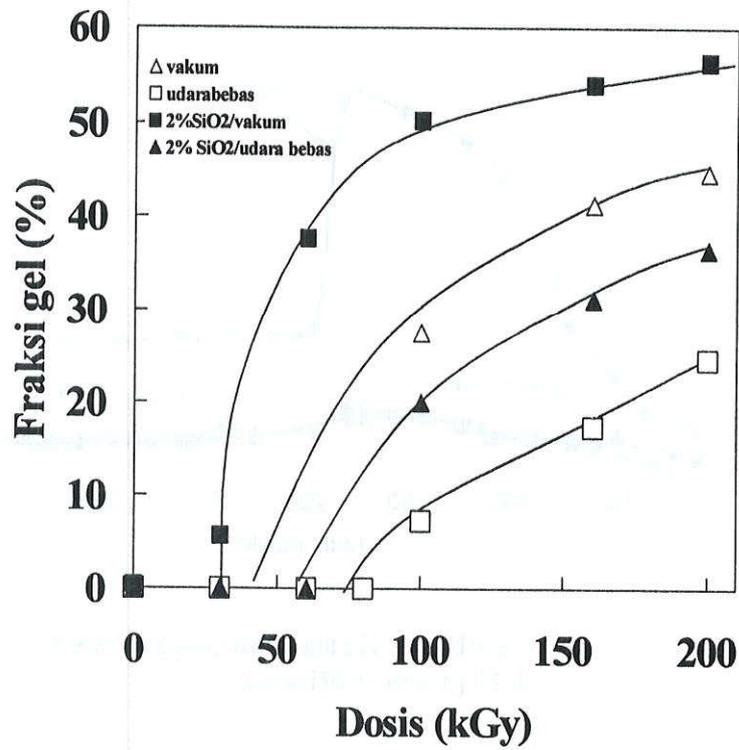
Untuk menganalisa waktu yang diperlukan sample untuk terdeformasi secara total, pada temperatur yang berbeda, ditentukan dengan mengukur deformasi sample pada temperatur dan beban yang berbeda menggunakan sebuah alat klip test yang di modifikasi. Dari gambar 3 dapat dilihat bahwa, sampel yang mengandung karbon dan atau silikon dioksida, dan diirradiasi pada dosis 160 kGy mempunyai stabilitas panas yang lebih tinggi dari sample murni. Sampel muni walaupun telah diiradiasi pecah pada suhu 110°C pada beban 6,67 kgf/cm². Sementara iradiasi PBSA yang mengandung 2% karbon hitam tetap stabil pada kondisi yang sama.

Test pemendaman

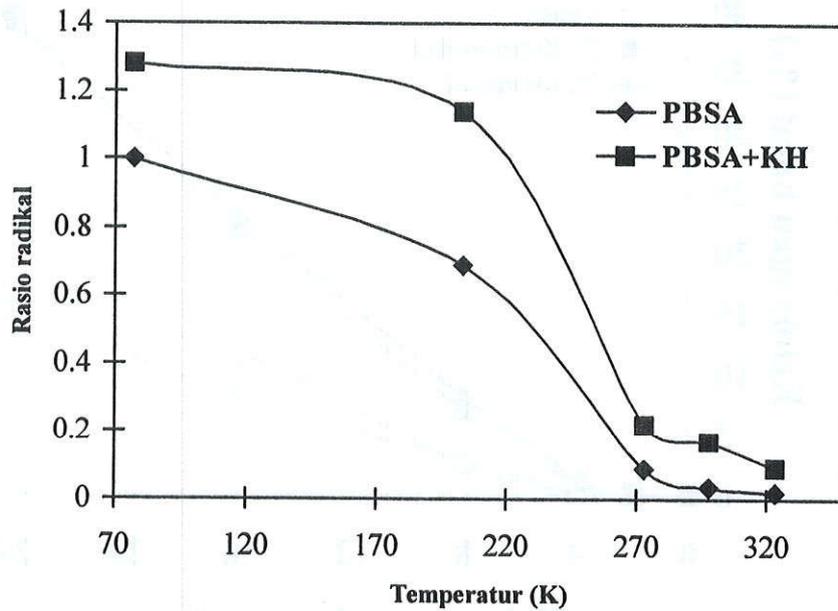
Test pemendaman adalah test yang dilakukan untuk mengevaluasi kemampuan sampel terdegradasi oleh bakteri didalam tanah. Efek karbon hitam pada kemampuan berdegradasi PBSA, tanpa iradiasi dan iradiasi diperlihatkan pada gambar 4. Dari gambar terlihat bahwa kehilangan berat karena terdegradasi pada sampel murni tanpa irradiasi maupun diirradiasi, lebih rendah dibandingkan sample yang mengandung 2% karbon hitam tanpa iradiasi maupun di irradiasi. Kenaikan waktu penimbunan menyebabkan terjadi perbedaan kehilangan berat yang cukup signifikan antara PBSA asli dan PBSA yang mengandung karbon, dimana setelah 6 bulan pemendaman kehilangan berat dari PBSA yang mengandung 2% karbon hitam mencapai rata-rata 39%. Sedangkan PBSA asli kurang dari setengahnya, yaitu sekitar 16%, pada PBSA noniradiasi maupun iradiasi. Hal ini membuktikan bahwa penambahan karbon hitam meningkatkan kemampuan terdegradasi dari PBSA.

KESIMPULAN

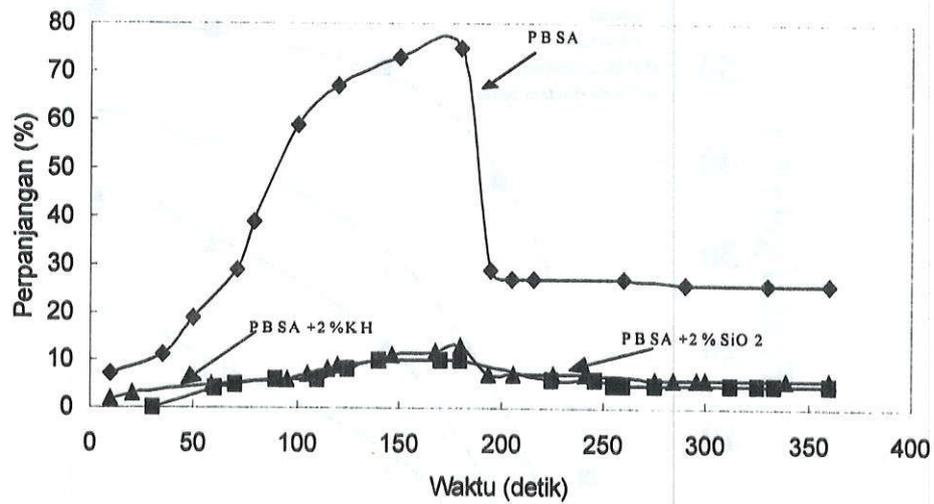
Beberapa bahan anorganik diantaranya karbon hitam dan silikon dioksida meningkatkan kandungan gel dalam iradiasi pengikatan silang PBSA. Kestabilan panas meningkat dengan penambahan 2% karbon hitam dan 2% silikon dioksida. Penambahan 2% karbon hitam dalam PBSA juga meningkatkan kemampuan PBSA untuk terdegradasi oleh enzim yang dihasilkan oleh bakteri didalam tanah.



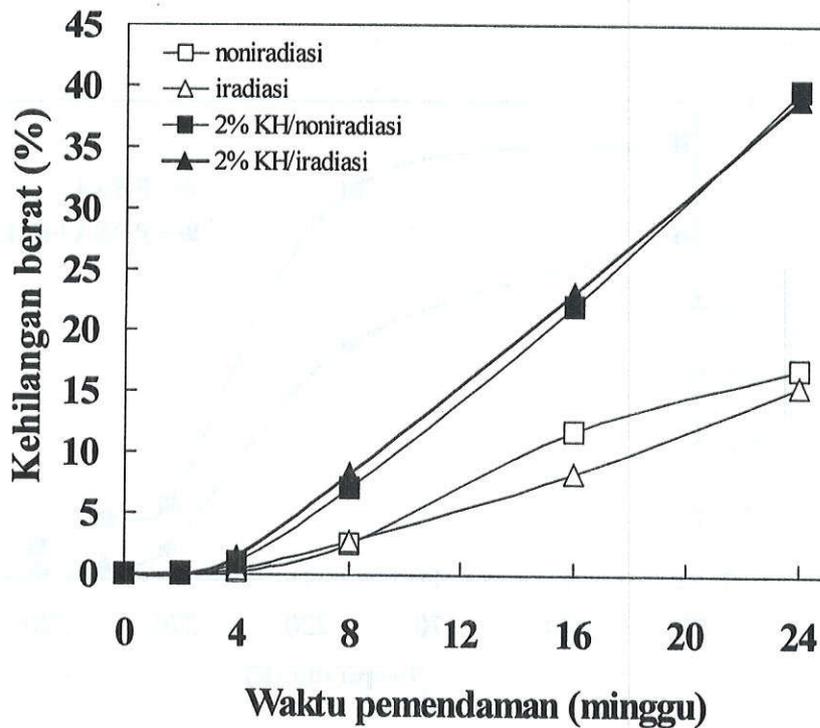
Gambar 1. Efek udara bebas pada ikatan silang PBSA dengan adanya silikon dioksida



Gambar 2. Radikal pada PBSA yang mengandung karbon hitam (KH).



Gambar 3. Kestabilan panas PBSA; KH (Karbon Hitam)



Gambar 4. Kehilangan berat contoh PBSA, mengandung karbon hitam (KH), irradiasi menggunakan berkas elektron pada dosis 160 kGy.

DISKUSI

YESSI WARASTUTI

1. Iradiasi pada kondisi vakum hasilnya lebih baik daripada iradiasi pada udara bebas, tolong dijelaskan pengaruh udara disini.
2. Terbentuk lebih banyak radikal dengan penambahan karbon hitam, apakah radikal tsb berpengaruh. Jika ya dapat mempengaruhi apa?

MERI S.

1. Reaksi degradasi oksidasi disebabkan oleh adanya O radikal yang bereaksi dengan O₂ dari udara membentuk ozon, Ozon ini bila bereaksi dengan polimer tertentu akan menyebabkan terjadinya reaksi degradasi pada sampel polimer.
2. Jumlah radikal yang dihasilkan sangat berpengaruh pada pembentukan ikatan silang. Semakin banyak radikal semakin banyak ikatan silang yang terjadi pada polimer, pada kondisi tanpa udara.

YUMIARTI

Bagaimana mekanisme reaksi yang terjadi selama iradiasi pada campuran dengan 2% silikon dioksida atau 2% karbon hitam?

MERI S.

Permukaan karbon hitam dan silikon dioksida masing masing mempunyai bagian reaktif pada permukaan partikelnya, bagian reaktif ini menjadi pensupport penyerapan energy pada polimer, sehingga terbentuk lebih banyak radikal yang berlanjut dengan pembentukan ikatan silang.

DARMAWAN D.

Degradasi polimer dengan cara "soil burial" sangat bergantung pada komposisi tanah, temperatur dll. Yang digunakan. Pada penelitian ini bagaimana komposisi tanah yang digunakan?

MERI S.

Komposisi tanah yang dipergunakan adalah: 2 bagian tanah kebun, 1 bagian kompos.

WIWIK SOFIARTI

Dalam menyimpulkan sample yang terdegradasi, berapa banyak jumlah sample yang disimpan dalam tanah, berapa kali ulangan, dalam kondisi cuaca bagaimana dan berapa lama?

MERI S.

Sampel yang disimpan dalam tanah 10 sampel, dilakukan 1 kali ulangan. Penelitian dilakukan pada musim panas, disimpan selama 6 bulan dan diamati tiap bulan.

PASTON S.

Dalam abstrak disebut penambahan 2% silikon dioksida pada PBSA meningkatkan kestabilan panasnya.

1. Sudah dicoba sampai suhu berapa dia stabil?
2. Darimana angka 2% ini diperoleh?
3. Kegunaan dari eksperimen ini untuk menunjang industri?

MERI S.

1. Stabil sampai suhu 200°C tanpa beban.
2. Diperoleh hasil optimum pada 2% setelah pengujian untuk 0,5; 1; 2; 3; 5 dan 10% dilakukan.
3. Untuk peralatan medis, pertanian, spare part kendaraan, kantong plastik dll.

