

PENGARUH PENSTABIL ULTRA VIOLET PADA SIFAT
LAPISAN POLIESTER TAK JENUH HASIL IRADIASI
BERKAS ELEKTRON

Sugiarto Danu**,Anik Sunarni**,
dan Darsono**

PENGARUH PENSTABIL ULTRA VIOLET PADA SIFAT LAPISAN POLIESTER TAK JENUH HASIL IRADIASI BERKAS ELEKTRON*

Sugiarto Danu**, Anik Sunarni**, dan Darsono**

ABSTRAK

PENGARUH PENSTABIL ULTRA VIOLET PADA SIFAT LAPISAN POLIESTER TAK JENUH HASIL IRADIASI BERKAS ELEKTRON. Dua jenis penstabil ultra violet (UV) telah dipakai dalam penelitian ini untuk mengetahui sifat lapisan poliester tak jenuh hasil pengeringan (*curing*) menggunakan radiasi berkas elektron. Resin PTJ yang sudah mengandung monomer stiren dicampur penstabil UV, yaitu *Bis (2,2,6,6-tetramethyl-4-piperidyl) sebacate* dan *2(2'-Hydroxy-3',5'-ditert-butylphenyl)-5-chloro-benzotriazole*, pada variasi konsentrasi 0; 0,1; 0,2; 0,3, dan 0,4 % berat campuran resin. Iradiasi dilakukan menggunakan mesin berkas elektron dalam suasana nitrogen (konsentrasi $O_2 < 98$ ppm) pada dosis 10 kGy. Parameter yang diukur meliputi fraksi gel, *swelling*, kekerasan pendulum, tegangan putus, ketahanan kikis, perubahan warna, dan ketahanan terhadap bahan kimia, pelarut dan noda. Hasil pengujian menunjukkan bahwa pada umumnya penambahan penstabil UV berpengaruh positif terhadap sifat lapisan poliester, yaitu terjadi peningkatan fraksi gel, kekerasan, ketahanan kikis, tetapi menurunkan sifat tegangan putusnya.

ABSTRACT

EFFECT OF ULTRA VIOLET STABILIZER ON THE PROPERTIES OF UNSATURATED POLYESTER FILM IRRADIATED USING ELECTRON BEAM. Two kinds of ultra violet stabilizer (UV stabilizer) have been used to study their effect to the unsaturated polyester film properties cured with electron beam radiation. Unsaturated polyester resin containing monomer styrene was mixed with UV stabilizer, i.e., *Bis (2,2,6,6-tetramethyl-4-piperidyl) sebacate* and *2(2'-hydroxy-3',5'-ditert-butyl phenyl)-5'-chlorobenzotriazole*, at the variation dosages of 0, 0.1, 0.2, 0.3, and 0.4 % by weight of resin. Irradiation was conducted using electron beam machine in a nitrogen atmosphere (O_2 concentration < 98 ppm.) at the dose of 10 kGy. Parameters observed were gel fraction, swelling, pendulum hardness, tensile strength, abrasion resistance, color change, and the chemical, solvent, and stain resistances. Experimental results showed that in general the addition of UV stabilizer gave the positive effect on the polyester film properties, i.e., with the increasing of gel fraction, hardness, abrasion resistance, but decreasing the tensile strength.

* Dibawakan pada Pertemuan Ilmiah Sains Materi III PISM '98, Pusat Penelitian Sains Materi - BATAN, Serpong, 20 - 21 Oktober 1998.

** Pusat Aplikasi Isotop dan Radiasi - BATAN, Jakarta.

PENDAHULUAN

Komponen utama bahan pelapis radiasi (*radiation curable materials*) pada umumnya terdiri dari oligomer, monomer reaktif, dan sedikit aditif. Salah satu bahan pelapis radiasi yang cukup banyak dipakai adalah resin poliester tak jenuh (PTJ). Resin ini terutama banyak dipakai untuk pelapisan papan kayu, baik untuk pelapisan dasar, maupun pelapisan atas. Pemakaian ini didasarkan atas pertimbangan bahwa lapisan poliester tak jenuh mempunyai sifat yang cukup baik, yaitu keras, kuat, dan bening, serta harganya relatif murah [1-3]. Stiren merupakan monomer reaktif yang paling efektif pada proses pengeringan (*curing*) dengan oligomer PTJ dibanding monomer yang lain [4,5].

Penelitian modifikasi bahan pelapis dan aplikasi untuk mengembangkan pelapisan permukaan bahan menggunakan resin PTJ produk lokal telah dilakukan di Pusat Aplikasi Isotop dan Radiasi, BATAN [6-8]. Walaupun dosis yang dibutuhkan untuk proses pengeringan relatif tinggi, yaitu sekitar 80 kGy, tetapi lapisan yang dihasilkan mempunyai sifat yang cukup baik, dan harganya relatif murah.

Beberapa produk berlapis misalnya mebel, bahan bangunan, dan produk-produk lain dalam penggunaan sehari-hari menerima paparan radiasi sinar ultra violet (UV) dari matahari, baik langsung maupun tidak langsung dalam jangka waktu yang pendek atau panjang. Sinar-UV ini menyebabkan penurunan kualitas lapisan, misalnya penurunan kilap, perubahan warna, retak, dan rapuh. Untuk mengurangi pengaruh tersebut, umumnya dapat dilakukan dengan penambahan bahan aditif penstabil UV (*UV-stabilizer*) pada formulasi bahan pelapis.

Dalam penelitian ini dipelajari pengaruh penambahan penstabil UV *Bis 1,2,2,6,6-pentamethyl-4-piperidyl sebacate* (Tinuvin 292) dan *2(2'-Hydroxy-3',5'-ditert-*

butylphenyl)-5-chloro-benzotriazole (Tinuvin 327), terhadap sifat lapisan poliester tak jenuh hasil pengeringan dengan radiasi berkas elektron. Adapun parameter yang diukur meliputi fraksi gel, *swelling*, kekerasan, tegangan putus, ketahanan kikis, perubahan warna, dan ketahanan terhadap bahan kimia, pelarut dan noda.

TEORI

Komposisi bahan pelapis yang mengandung senyawa aromatik misalnya resin epoksi, uretan, dan campuran poliester-stiren menghasilkan lapisan dengan sifat-sifat fisik yang baik. Tetapi, adanya gugus aromatik pada senyawa ini memberikan kelemahan terhadap sifat ketahanan cuaca. *Chromophore* pada senyawa aromatik berbagai sistem ini menyerap sinar matahari secara langsung dan kemudian mengalami reaksi yang menyebabkan degradasi. Formulasi yang terdiri dari campuran poliester tak jenuh - stiren telah banyak dipakai sebagai bahan pelapis permukaan karena harganya murah dan mempunyai sifat yang cukup baik. Menurut Mc KELLAR dan ALLEN yang dikutip oleh GATECHAIR [14], *chromophore* aromatik pada stiren menyebabkan sifat peka terhadap cahaya.

Penstabil UV merupakan salah satu jenis *light stabilizer* yang banyak digunakan untuk melindungi lapisan dengan menyerap radiasi yang bersifat merusakkan. Dua contoh penstabil UV yang banyak digunakan dalam bidang pelapisan adalah hidroksifenil benzotriazol dan hidroksibenzofenon dalam bentuk senyawa fenol. Setelah menyerap sinar, kedua senyawa tersebut akan bergabung kembali dalam bentuk keto.

Molekul ini kemudian menghamburkan energi yang diserap dengan kembali ke bentuk senyawa fenol. Jadi, radiasi sinar ultra violet yang bersifat merusak dirubah menjadi panas yang dapat dibuang oleh sistem polimer.

Dalam praktek, sifat lapisan yang diinginkan bermacam-macam, tergantung pada perlakuan yang dialami selama penggunaannya. Oleh sebab itu, pengaruh penambahan bahan penstabil UV pada bahan pelapis terhadap sifat lapisan, baik sifat fisik, mekanik, maupun kimia yang lain perlu dipelajari pula. Beberapa sifat yang dipelajari dalam penelitian ini adalah fraksi gel, *swelling*, kekerasan, tegangan putus, ketahanan kikis, dan ketahanan terhadap bahan kimia, pelarut dan noda, serta ditinjau juga seberapa jauh ketahanan lapisan terhadap cuaca setelah ditambah penstabil UV.

BAHAN DAN METODE

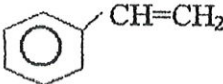
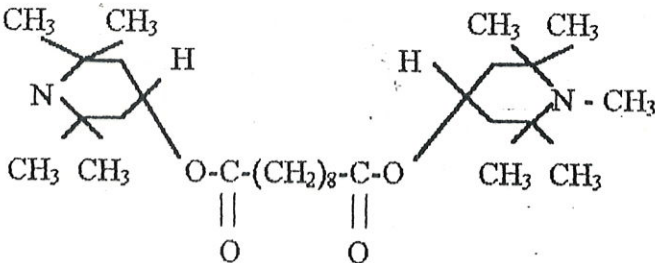
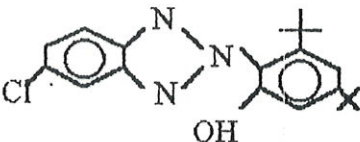
Bahan. Resin poliester tak jenuh (terdiri dari campuran oligomer poliester tak jenuh dan monomer stiren) dengan nama komersial Polilyte 8009, dibeli dari PT. Pardic Jaya Chemicals, Tangerang. Penstabil UV *Bis* (1,2,2,6,6-pentamethyl-4-piperidyl) sebacate dan 2(2'-Hydroxy-3',5'-ditert-butylphenyl)-5-chloro-benzotriazole masing-masing dengan nama komersial Tinuvin 292 dan Tinuvin 327, buatan CIBA GEIGY, dibeli dari PT. Hade Mustika Alam, Jakarta. Tinuvin 292 berbentuk cair, sedangkan Tinuvin 327 berbentuk serbuk. Semua bahan kimia yang dipakai untuk penelitian ini, tanpa diproses lebih lanjut. Struktur kimia, oligomer poliester tak jenuh, stiren, dan penstabil UV terdapat pada Tabel 1.

Alat. Radiasi berkas elektron yang dipakai berasal dari mesin berkas elektron tipe *scanning* dengan tegangan operasi dan arus maksimum 300 kV dan 50 mA, buatan Nissin High Voltage, Co., Ltd. Jepang.

Percobaan. Resin poliester tak jenuh dicampur Tinuvin dengan variasi konsentrasi Tinuvin sebesar 0, 0,1, 0,2, 0,3, dan 0,4 % berat resin. Campuran diaduk sampai rata, kemudian dibiarkan beberapa saat sampai gelembung yang terjadi berangsur - angsur hilang.

Campuran dilapiskan pada permukaan plat aluminium berukuran 200 mm x 120 mm x 1 mm menggunakan silinder kaca untuk memperoleh tebal lapisan $\pm 100 \mu\text{m}$. Lapisan kemudian diiradiasi berkas elektron pada tegangan 300 kV dan arus 20 mA dalam atmosfer nitrogen ($\text{O}_2 < 98 \text{ ppm}$) pada dosis iradiasi 10 kGy. Sifat lapisan yang diukur meliputi fraksi gel,

Tabel 1. Struktur kimia oligomer poliester tak jenuh, monomer stiren, dan penstabil UV

Bahan kimia	Struktur kimia
Poliester tak jenuh	$\left[-\text{O}-\text{C}(=\text{O})-\text{C}_6\text{H}_4-\text{C}(=\text{O})-\text{O}-\text{CH}_2-\text{CH}_2-\text{O}-\text{C}(=\text{O})-\text{CH}=\text{CH}-\text{C}(=\text{O})-\text{O}- \right]_n$
Stiren	
Bis (1,2,2,6,6-penta-methyl-4-piperidyl sebacate) (Tinuvin 292)	
2(2'-Hydroxy-3',5-ditert-butylphenyl)-5-chloro-benzotriazol (Tinuvin327)	

swelling, kekerasan pendulum, tegangan putus, ketahanan kikis, perubahan warna karena paparan sinar matahari, dan ketahanan terhadap bahan kimia, pelarut dan noda. Pada pengukuran fraksi gel, *swelling*, tegangan putus, dan perubahan warna dilakukan terhadap lapisan dengan mengelupas lapisan dari substrat aluminium, sedangkan pengukuran yang lain dilakukan pada substrat aluminium. Kekerasan pendulum diukur dengan

alat *Pendulum Hardness Rocker* menggunakan metode Koenig sesuai dengan ISO 1522-1973 (E) [9]. Fraksi gel diukur dengan ekstraksi menggunakan pelarut aseton selama 16 jam. *Swelling* diukur dengan cara perendaman menggunakan aseton selama 2 jam. Pengamatan perubahan warna ditentukan menggunakan Chromameter tipe CR 200 b merek Minolta dengan sistem Hunter, sesuai ASTM D 2620-68 (1981) [10]. Ketahanan terhadap bahan kimia untuk keperluan sehari-hari, seperti pelarut, dan noda masing-masing dilakukan dengan metode uji tetes menggunakan Na(OH) 10 %, asam sulfat 10 %, natrium karbonat 1 %, asam asetat 5 %, alkohol 50 %, pengencer (*thinner*), dan spidol permanen warna merah, biru, dan hitam menurut ASTM D 1308-79 [11].

Ketahanan kikis ditentukan dengan metode pasir jatuhan dengan alat sesuai yang diuraikan ASTM D 968-81[12]. Tegangan putus ditentukan menggunakan *Tensile Tester* Model Instron 1122 sesuai ASTM D 2370-68 [13]. Pada pengukuran tegangan putus, lebar contoh uji 5 mm, ditarik pada jarak 25 mm dengan kecepatan tarikan 10 mm/menit.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Perubahan warna. Pengamatan perubahan warna dilakukan dengan mengukur intensitas sinar yang dipantulkan dalam warna biru, kuning, hijau, dan merah dalam sistem koordinat. Perubahan warna merupakan gabungan perubahan nilai L dari putih (100) menjadi hitam (0,0), nilai a dari hijau (-) menjadi merah (+), dan nilai b dari biru (-) menjadi kuning (+). Tabel 2 menunjukkan pengukuran L, a, dan b terhadap lapisan yang diletakkan di luar ruangan dengan perlakuan menerima sinar matahari selama ± 2 jam setiap hari tetapi terlindung dari air hujan. Pengukuran dilakukan setiap minggu selama 4 minggu. Perubahan warna yang ditunjukkan oleh nilai L, a, dan b terhadap warna awal memberi informasi

bahwa penggunaan Tinuvin 292 lebih efektif dibanding Tinuvin 327. Hal ini dapat dilihat dari perubahan nilai L, a, dan b pada penggunaan Tinuvin 327 umumnya lebih tinggi dibanding Tinuvin 292. Pada Minggu ke-4, lapisan yang tidak diberi Tinuvin kecenderungan berubah ke warna kuning lebih besar dibanding lapisan yang diberi Tinuvin (perubahan nilai b). Mengingat bahwa degradasi polimer oleh sinar-UV dapat menyebabkan perubahan warna dan kerapuhan atau keduanya, maka kemungkinan degradasi lebih berpengaruh pada kerapuhan lapisan. Demikian juga dengan perubahan warna lapisan yang menerima sinar matahari penuh setiap hari (bulan Juli 1998). Walaupun terlihat adanya perubahan warna, tetapi pengaruh konsentrasi Tinuvin yang ditambahkan tidak begitu jelas (Tabel 3).

Tabel 2. Pengaruh penambahan Tinuvin terhadap perubahan warna lapisan yang menerima sinar matahari selama ± 2 jam /hari

Penstabil UV	Konsentrasi Tinuvin, %	Data warna awal			Perubahan warna Minggu ke-											
					1			2			3			4		
		L	a	b	L	a	b	L	a	b	L	a	b	L	a	b
Tinuvin 292	0	50,0	178	13,2	-0,2	-1	0,2	-0,9	-3	-0,1	-0,9	0	0,5	-1,8	-4	3
	0,1	49,5	177	13,7	-0,6	-2	-0,2	-3	-1	0,1	-4	-2	0,1	-0,1	-1	0,5
	0,2	49,7	177	12,8	-0,2	-1	0,6	0,3	-1	0,7	-0,3	-1	0,9	0	0	1
	0,3	49,1	176	13,4	-0,4	-2	-0,3	0,8	-3	0	-3	-2	0,1	-3	-2	0,1
	0,4	48,4	174	13,5	-0,6	-2	-0,3	-0,6	2	0,3	-0,6	-2	0,3	-1,1	-4	0,1
Tinuvin 327	0	50,5	180	13,5	1,4	-5	-2	-1,4	-4	5	-1,4	-4	5	-1,3	-1	7
	0,1	50,4	179	13,4	-1,2	-2	2	-1,2	-2	2	-2,2	-5	-0,4	-1,6	-5	1
	0,2	50,7	180	13,7	-1,3	-4	-2	-1,3	-4	-2	-3,6	-9	-0,7	-2,1	-6	-4
	0,3	50,4	179	13,2	-2,1	-4	2	-2,1	-4	2	-0,2	-2	0,3	-0,2	0,1	0,4
	0,4	49,3	176	13,5	-0,8	-2	-0,4	-0,5	-3	0,1	-0,5	-3	3	-2,1	2	2

Keterangan :

L = Perubahan warna dari putih menjadi hitam.

a = Perubahan warna dari hijau menjadi merah.

b = Perubahan warna dari biru menjadi kuning.

Tabel 3. Pengaruh penambahan Tinuvin terhadap perubahan warna lapisan yang menerima sinar matahari penuh setiap hari.

Penstabil UV	Konsentrasi Tinuvin, %	Data warna awal	Perubahan warna Minggu ke-											
			1			2			3			4		
			L	a	b	L	a	b	L	a	b	L	a	b
Tinuvin 292	0	49,9 175 13,6	0	0	-0,1	0	0	-0,1	-0,8	2	0,5	-1,4	-4	0,4
	0,1	49,3 177 14,0	-0,6	-2	0	0,6	-2	-0,5	-2	-4	-0,3	-2,1	-5	0,3
	0,2	49,0 175 13,7	1	2	0,2	0	0	-0,2	-0,9	-2	0,2	-1,3	-7	1
	0,3	48,3 174 13,6	0,2	-1	-0,2	-0,2	-0,1	-0,2	-1,6	-4	0,6	-1,3	-4	0,7
	0,4	48,2 173 13,4	0,2	0	0,1	0,2	0	0,1	0,1		0,4	-0,3	1	0,6
Tinuvin 327	0	50,1 179 13,8	0,2	0	0,2	-4,1	-1	1,2	-0,8	-2	0,1	-1	-3	0,8
	0,1	49,9 175 13,7	-0,4	-1	0	-0,2	-2	0,1	-0,9	-2	0,8	-1,4	-3	0,7
	0,2	49,8 178 13,8	0,8	1	-0,2	-1,6	-4	0,5	-1	-5	0,1	-2,4	-7	0,3
	0,3	49,5 178 13,6	-0,1	-3	-0,1	-1,4	-4	0	-0,9	-3	0	-2,1	-6	0,5
	0,4	48,2 177 13,4	0,2	-1	0	-1,4	2	0,1	-0,2	0	0,1	-1,1	-3	0,4

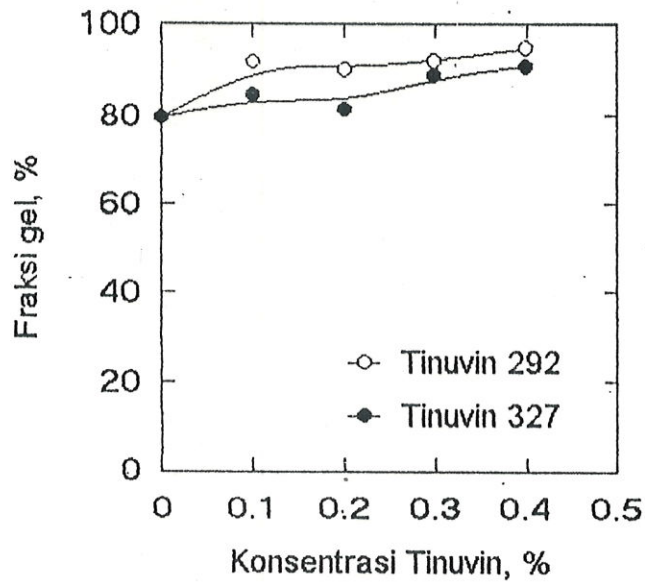
Keterangan :

L = Perubahan warna dari putih menjadi hitam.

a = Perubahan warna dari hijau menjadi merah.

b = Perubahan warna dari biru menjadi kuning.

Fraksi gel. Pengukuran fraksi gel lapisan hasil *curing* dengan radiasi berkas elektron terhadap campuran oligomer poliester tak jenuh dan monomer stiren dilakukan untuk mengetahui derajat polimerisasinya. Hubungan antara fraksi gel dan konsentrasi Tinuvin disajikan pada Gambar 1. Kurva pada Gambar 1 menunjukkan bahwa penambahan Tinuvin meningkatkan fraksi gel lapisan. Tanpa penambahan Tinuvin, lapisan dari resin poliester tak jenuh -stiren menghasilkan fraksi gel 79,6 %. Dengan penambahan Tinuvin 292 dan Tinuvin 327 sebanyak 0,4 % berat meningkatkan fraksi gel masing-masing menjadi 92,3 dan 90,9 %. Peningkatan fraksi gel ini menunjukkan adanya peningkatan jumlah ikatan silang yang terjadi antara poliester tak jenuh dengan stiren. Beberapa peneliti telah menyimpulkan bahwa senyawa-senyawa tertentu yang mengandung gugus amin dapat meningkatkan proses *curing* menggunakan radiasi. Menurut MANI [15], dosis iradiasi dapat diturunkan dengan



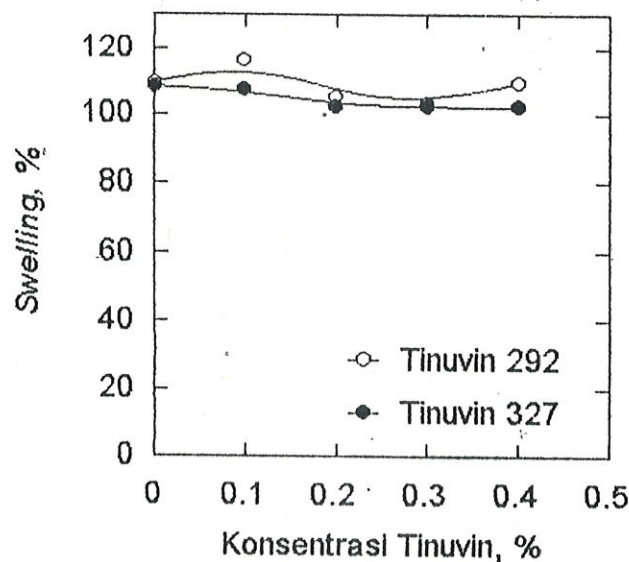
Gambar 1. Hubungan fraksi gel dan konsentrasi Tinuvin.

penambahan senyawa yang mengandung nitrogen, yaitu 2-oksazolin, di-n-butyl amin, dan tetra metil guanidin sebanyak 0,3 % berat. Beberapa senyawa amin yang lain yaitu dietil amin dan trietil amin dapat menurunkan dosis iradiasi berkas elektron yang diperlukan untuk *curing* resin poliester tak jenuh-stiren, serta meningkatkan sifat fisik dan mekanik lapisan yang dihasilkan [16].

Walaupun Tinuvin merupakan bahan kimia yang termasuk *hindered amine light stabilizer* (HALS), yang berfungsi sebagai penstabil terhadap sinar UV, tetapi penambahan bahan tersebut dapat meningkatkan derajat polimerisasi sistem campuran poliester tak jenuh - stiren, seperti ditunjukkan dengan meningkatnya nilai fraksi gel lapisan.

Swelling. *Swelling* merupakan ukuran derajat polimerisasi seperti halnya fraksi gel, tetapi nilainya kebalikan dari fraksi gel. Nilai *swelling* adalah ≥ 1 . Semakin tinggi derajat polimerisasi, semakin banyak jumlah ikatan silang yang terbentuk, dan semakin rapat pula jaringan ikatan silangnya. Semakin rapat jaringan ikatan silang, semakin tinggi densitas

ikatan silang (*crosslink density*), dan semakin sulit suatu bahan kimia untuk melakukan penetrasi ke dalam jaringan polimer sehingga menurunkan *swelling* (Nilai *swelling* mendekati 1 atau 100 %). Gambar 2 menunjukkan pengaruh penambahan Tinuvin pada sifat *swelling* lapisan. Penambahan Tinuvin 292 dan Tinuvin 327 sebanyak 0,4 % terlihat jelas cenderung menurunkan *swelling* walaupun tidak begitu besar, yaitu dari 108 % menjadi 106 % dan 102 %.

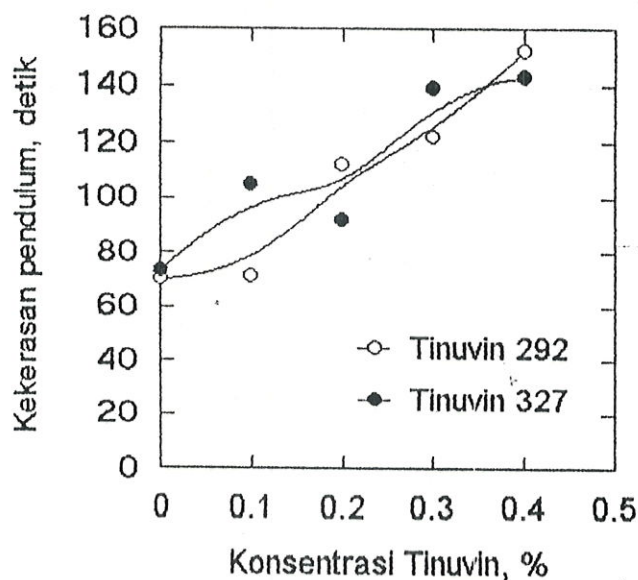


Gambar 2. Hubungan swelling dan konsentrasi Tinuvin

Jika semua reaktan bereaksi sempurna membentuk polimer, maka tidak ada penetrasi pelarut ke dalam jaringan polimer, sehingga tidak ada penambahan berat polimer. Jika hal ini terjadi, maka perbandingan berat antara polimer yang telah direndam dengan berat polimer semula menjadi 1 atau 100 %.

Kekerasan. Gambar 3 menunjukkan kekerasan pendulum sebagai fungsi penambahan Tinuvin. Kenaikan jumlah ikatan silang yang ditunjukkan oleh kenaikan fraksi gel dan penurunan *swelling* karena penambahan Tinuvin seperti terlihat pada Gambar 1 dan 2,

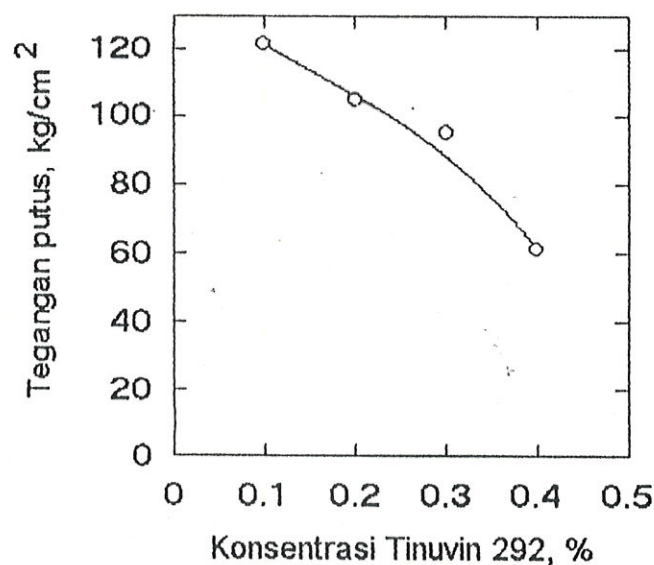
juga terlihat pengaruhnya pada kekerasan. Kenaikan konsentrasi Tinuvin meningkatkan densitas ikatan silang polimer, dan selanjutnya meningkatkan kekerasan lapisan. Penelitian PITTMAN dan JADA [17] menggunakan amina tersier (dietil anilin, N-fenil dietanol amin, N-propil dietanol amin, dan N-n-butil dietanol amin) pada *curing* prapolimer poli (dietilen glikol maleat) dengan monomer stiren dan inisiator benzoil peroksid, dapat menaikkan kekerasan Brinell. Penambahan Tinuvin 292 dan Tinuvin 327 sebanyak 0,4 % meningkatkan kekerasan pendulum dari 70 detik menjadi 152 dan 143 detik.



Gambar 3. Hubungan kekerasan pendulum dan konsentrasi Tinuvin

Tegangan putus. Pada saat jumlah ikatan silang masih rendah, rantai-rantai polimer lebih mudah bergerak satu terhadap yang lain jika suatu lapisan diregangkan. Apabila jumlah ikatan silang yang terjadi semakin banyak, maka rantai polimer semakin sulit untuk bergerak satu terhadap yang lain sehingga menurunkan mobilitasnya. Tetapi, jika jumlah ikatan terlalu banyak, densitas ikatan silangnya menjadi sangat tinggi, menyebabkan lapisan bersifat rapuh.

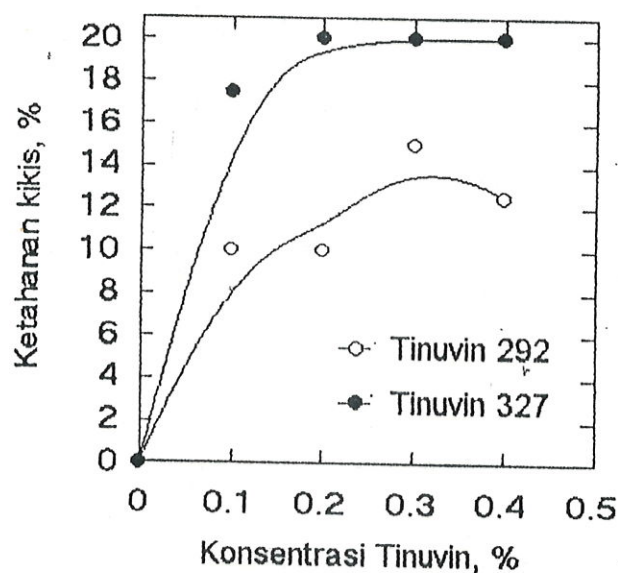
Sifat keras dari resin poliester karena adanya gugus aromatik pada stiren menyebabkan lapisan menjadi rapuh. Kerapuhan suatu bahan menyebabkan penurunan tegangan putus. Hal ini dapat dilihat pada Gambar 4. Semakin tinggi konsentrasi Tinuvin, semakin rendah tegangan putusnya. Penggunaan Tinuvin 327 menyebabkan lapisan menjadi tidak rata dan rapuh sehingga contoh uji tidak dapat diukur. Penggunaan Tinuvin 292 sebanyak 0,4 % menurunkan tegangan putus dari 121 menjadi 61 %.



Gambar 4. Hubungan tegangan putus dan konsentrasi Tinuvin 292

Ketahanan kikis. Ketahanan kikis lapisan sebagai fungsi penambahan Tinuvin tertera pada Gambar 5. Semakin tinggi konsentrasi Tinuvin, semakin tinggi ketahanan kikisnya. Seperti halnya kekerasan, ketahanan kikis lapisan dipengaruhi oleh densitas ikatan silang. Penelitian MORRIS [18], menggunakan lapisan dari oligomer akrilat pada permukaan kayu memberi informasi bahwa semakin tinggi densitas ikatan silang, semakin tinggi ketahanan

kikis lapisan. Pada umumnya, semakin tinggi kekerasan lapisan polimer, semakin tinggi ketahanan kikisnya. Dari kedua kurva pada Gambar 5 menunjukkan bahwa Tinuvin 327 meningkatkan ketahanan kikis lebih tinggi dibanding Tinuvin 292. Walaupun penambahan Tinuvin meningkatkan ketahanan kikis, tetapi poliester tak jenuh mempunyai ketahanan kikis relatif rendah. Penambahan Tinuvin 327 sebanyak 0,4 % hanya menghasilkan ketahanan kikis lapisan 20 %. Sifat keras dan rapuh lapisan poliester ini menghasilkan ketahanan kikis yang rendah.



Gambar 5. Hubungan ketahanan kikis dan konsentrasi Tinuvin

Ketahanan Bahan Kimia, Pelarut dan Noda. Ketahanan terhadap bahan kimia, pelarut, dan noda yaitu NaOH 10 %, asam asetat 5 %, natrium karbonat 1 %, asam sulfat 10 %, alkohol 50 %, pengencer, dan spidol permanen warna merah, biru, dan hitam, terdapat pada Tabel 4. Pada umumnya lapisan tahan terhadap bahan kimia penguji diatas, kecuali terhadap NaOH 10 %. Penambahan Tinuvin 292 sebanyak 0,1 % sedikit

meningkatkan ketahanan terhadap NaOH 10 %, sedangkan penambahan Tinuvin 327 sebanyak 0,4 % menghasilkan lapisan yang tahan terhadap NaOH 10 %, dengan tidak terlihatnya perubahan warna dan kilap.

Tabel 4. Pengaruh penambahan Tinuvin terhadap ketahanan bahan kimia, pelarut dan noda pada lapisan poliester tak jenuh hasil iradiasi berkas elektron.

Penstabil UV	Konsentrasi Tinuvin, %	NaOH 10 %	Asam asetat 5 %	Na ₂ CO ₃ 1 %	H ₂ SO ₄ 10 %	Alkohol 50%	Pengeren- cer	Spidol		
								Merah	Hitam	Biru
Tinuvin 292	0	XX	-	-	-	-	-	-	-	-
	0,1	X	-	-	-	-	-	-	-	-
	0,2	X	-	-	-	-	-	-	-	-
	0,3	X	-	-	-	-	-	-	-	-
	0,4	X	-	-	-	-	-	-	-	-
Tinuvin 327	0	XX	-	-	-	-	-	X	-	X
	0,1	XX	-	-	-	-	-	-	-	-
	0,2	XX	-	-	-	-	-	-	-	-
	0,3	X	-	-	-	-	-	-	-	-
	0,4	-	-	-	-	-	-	-	-	-

Keterangan :

- = Tidak ada perubahan kilap /warna.
- X = Terjadi sedikit perubahan warna/ kilap.
- XX = Terjadi perubahan warna dan kilap.

KESIMPULAN

Penstabil UV *Bis (2,2,6,6-tetramethyl-4-piperidyl) sebacate* (Tinuvin 292) dan *2(2'-hydroxy-5',5'-ditert-butylphenyl)-5-chloro-benzotriazole* (Tinuvin 327) dapat meningkatkan sifat fisik dan kimia lapisan resin poliester tak jenuh - stiren hasil pengeringan menggunakan radiasi berkas elektron. Penambahan penstabil UV sampai dengan 0,4 % berat berpengaruh positif terhadap sifat lapisan, yaitu fraksi gel, *swelling*, kekerasan, ketahanan

kikis, dan ketahanan terhadap bahan kimia; pelarut, dan noda, tetapi menurunkan tegangan putus lapisan.

UCAPAN TERIMA KASIH

Penulis mengucapkan terima kasih kepada Saudara Sungkono yang telah membantu penelitian ini, dan seluruh operator di Fasilitas Mesin Berkas Elektron yang telah memberikan layanan iradiasi.

DAFTAR PUSTAKA

1. LAWSON, K., "UV/EB curing in North America-1993", Proceedings of RadTech Asia'93, Tokyo (1993) 7.
2. GARRAT, P. G., "Furniture finishing with radiation curable coatings - The Eastern European Style", Conference Papers of RadTech Europe'89, Florence (1989) 97.
3. GRUBER, G. W., "UV curing of coatings", UV Curing : Science and Technology, (PAPPAS, S. P., Ed.) Technology Marketing Corporation Norwalk (1985) 171.
4. PIETSCH, G. J., Effect of composition in radiation curing of unsaturated polyester coatings, Ind. Eng. Chem. Prod. Res. Dev. 2 2 (1970) 149.
5. HOFFMAN, A. S., JAMESON, J. T., SALMON, W. A., SMITH, D. E., and TRAGESER, D. A., Electron radiation curing of styrene - polyester mixtures, Ind. Eng. Chem. Prod. Res. Dev. 2 2 (1970) 158.
6. DANU, S., DARSONO., dan SUNARNI, A., "Laminasi kertas pada permukaan papan kayu dengan teknik radiasi" Prosiding Seminar Teknik Kimia Soehadi Reksowardojo 1996, ITB-Bandung (1996) XXVIII-1.
7. DANU, S., DARSONO., dan SUNARNI, A., "Iradiasi campuran resin epoksi akrilat dan resin poliester tak jenuh dengan berkas elektron", Prosiding Pertemuan Ilmiah Sains Materi, Pusat Penelitian Sains Materi-BATAN, Serpong (1996) 277.
8. DANU, S., DARSONO., dan SUNARNI, A., "Sifat lapisan poliester yang diiradiasi berkas elektron dan sinar ultra violet pada permukaan kayu jati (*Tectona grandis* L. f) dan kayu kapur (*Dryobalanops* spp.)", Seminar Nasional Hasil Penelitian dan Pengembangan Fisika Terapan & Lingkungan 1995/1996, (Buku I), P3FT-LIPI, Bandung (1996) 429.

9. ANONYMOUS, Paints and Varnishes, Pendulum Damping Test [ISO 1522-1973 (E)] (1985) 348.
10. ANONYMOUS, Annual Book of ASTM Standards, Part 27 ASTM, Philadelphia (1982) 518.
11. ANONYMOUS, Annual Book of ASTM Standards, Part 27 ASTM, Philadelphia (1982) 188.
12. ANONYMOUS, Annual Book of ASTM Standards, Part 21 ASTM, Philadelphia (1972) 474.
13. ANONYMOUS, Annual Book of ASTM Standards, Part 27 ASTM, Philadelphia (1982) 477.
14. GATECHAIR, L. R., Weathering of UV cured coatings, UV Curing : Science and Technology , Vol. II, (PAPPAS, S. P., Ed) Technology Marketing Corporation Norwalk (1985) 283.
15. RANNEY, M. W., U.S. Patent 3 882 003, 1975, *In* Chem. Tech. Rev. 88 (1977) 204.
16. DANU, S., RUSLAN, M., dan ISKANDAR, S., " Pengaruh dietil amin dan trietil amin pada curing secara radiasi poliester tak jenuh - stiren", Risalah Pertemuan Ilmiah Proses Radiasi Dalam Industri, Sterilisasi Radiasi, Dan Aplikasi Teknik Nuklir Dalam Hidrologi, PAIR-BATAN (1989) 203.
17. PITMAN, C. U., and JADA, S. S., Effect polymer-bound amine accelerators on the radical initiated curing of unsaturated pollyesters with styrene, Ind. Eng. Chem. Prod. Res. Dev., 21 2 (1982) 281.
18. MORRIS, W. J., Comparison of acrylated oligomers in wood finishes, Journal of Coating Technology, 56 715 (1984) 49.