

**KETAHANAN LAPISAN POLIESTER TAK JENUH
PADA KAYU KAMPER (*Dryobalanops spp.*). HASIL
IRADIASI SINAR ULTRA-VIOLET TERHADAP
CUACA.**

**Sugiaro Danu, Yusuf S. Hadi, Yosep M. Holis dan
Darsosono.**

KETAHANAN LAPISAN POLIESTER TAK JENUH PADA KAYU KAMPER (*Dryobalanops* spp.) HASIL IRADIASI SINAR ULTRA-VIOLET TERHADAP CUACA*

Sugiarto Danu**, Yusuf S. Hadi***, Yosep M. Holis***, dan Darsono **

ABSTRAK

KETAHANAN LAPISAN POLIESTER TAK JENUH PADA KAYU KAMPER (*Dryobalanops* spp.) HASIL IRADIASI SINAR ULTRA-VIOLET TERHADAP CUACA. Pelapisan permukaan kayu kamper (*Dryobalanops* spp.) dengan bahan pelapis poliester tak jenuh yang telah dicampur penstabil ultra-violet (UV) *Bis (1,2,2,6,6 pentamethyl -4-piperidyl sebacate* (Tinuvin 292) telah dilakukan menggunakan radiasi UV. Pelapisan dasar dilakukan menggunakan campuran resin poliester tak jenuh, monomer stiren, talk dan fotoinisiator 2-hidroksi -2-etil -1- fenil propanon kemudian diiradiasi sinar-UV, yang mempunyai daya 80 Watt/cm, pada kecepatan 4 m/menit. Pelapisan atas dilakukan menggunakan campuran resin poliester tak jenuh, monomer stiren, fotoinisiator 2-hidroksi -2-etil -1- fenil propanon dan penstabil-UV. Konsentrasi penstabil-UV divariasi menjadi 0, 0,25 dan 0,5 % berat resin poliester tak jenuh. Iradiasi lapisan atas dilakukan pada kecepatan konveyor 2, 3, 4 dan 5 m/menit. Pengujian ketahanan cuaca dilakukan di udara terbuka, dengan mengukur kilap dan kekerasan setiap 5 hari. Hasil pengukuran sifat lapisan dan analisis keragaman menunjukkan bahwa kecepatan konveyor dan pengujian cuaca memberikan pengaruh sangat nyata, sedangkan konsentrasi Tinuvin memberikan pengaruh nyata terhadap kilap lapisan. Konsentrasi Tinuvin dan pengujian cuaca memberikan pengaruh sangat nyata terhadap kekerasan lapisan poliester tak jenuh.

ABSTRACT

RESISTANCE OF UNSATURATED POLYESTER FILMS ON KAMPER WOOD (*Dryobalanops* spp.) IRRADIATED BY ULTRA-VIOLET LIGHT TO WEATHER. Surface coating of kamper wood (*Dryobalanops* spp.) has been carried out using unsaturated polyester coating material after being added with ultra-violet (UV) stabilizer of *Bis (1,2,2,6,6-pentamethyl-4-piperidyl) sebacate* (Tinuvin 292) and irradiated with UV light. Base coating was conducted by using the mixture of unsaturated polyester resin, styrene monomer, talc, and photoinitiator of 2-hydroxy-2-ethyl-1-phenyl propanone, and irradiated with 80 Watt/cm UV-source at the conveyor speed of 4 m/min. Top coating was conducted by using the mixture of unsaturated polyester resin, styrene monomer, photoinitiator of 2-hydroxy-2-ethyl-1-phenyl propanone and UV-stabilizer.

*Dibawakan pada "Seminar Nasional Dan Kongres Himpunan Kimia Indonesia 1999", Serpong, 8 September 1999.

**Pusat Penelitian dan Pengembangan Teknologi Isotop dan Radiasi - BATAN, Jakarta

***Jurusan Teknologi Hasil Hutan, Fakultas Kehutanan, Institut Pertanian Bogor, Bogor

Concentration of UV-stabilizer were varied at the level of 0; 0,25; and 0,5 % by Weight of unsaturated polyester resin.. Irradiation of top coat was carried out at variable conveyor speed of 2; 3; 4; and 5 m/min. Weather resistance was performed at the out-door by measuring the gloss and pendulum hardness every 5 days. The results of the measurement and analysis of variance showed that conveyor speed and weathering test highly effect whereas the Tinuvin concentration effects significantly the gloss. Tinuvin and weathering test highly effect the hardness of unsaturated polyester films.

PENDAHULUAN

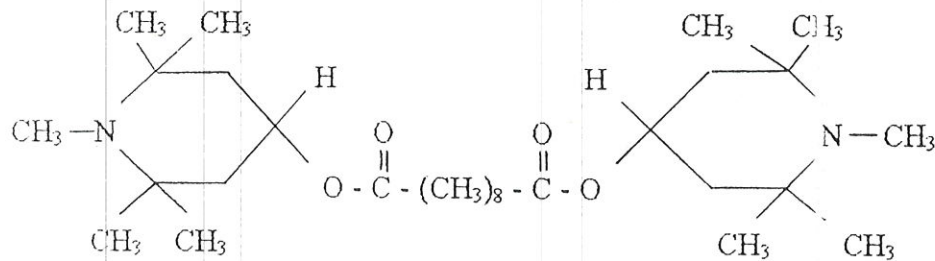
Kayu kamper (*Dryobalanops* spp.) mempunyai berat jenis antara 0,46 - 1,01 gr/cm³, kelas kuat II - IV dan kelas awet I - III. Kayu tersebut biasanya dipakai untuk tiang, kusen, jendela, daun pintu, lantai parket, mebel dan lain-lain [1]. Berbagai produk dari kayu pada umumnya memerlukan proses pelapisan untuk proteksi dan meningkatkan penampilannya. Salah satu proses pelapisan ialah dengan pengeringan menggunakan bantuan radiasi sinar-UV.

Resin poliester tak jenuh banyak dipakai untuk pelapisan permukaan kayu karena harganya relatif murah dan mempunyai sifat yang cukup baik yaitu keras dan tahan terhadap pelarut dan panas [2,3]. Penelitian modifikasi bahan pelapis poliester tak jenuh buatan dalam negeri untuk pelapisan secara radiasi telah dilakukan, baik menggunakan radiasi berkas elektron maupun sinar-UV (4,5).

Beberapa produk dari kayu di dalam penggunaannya selalu berada di luar ruangan (*out-door*) sehingga mengalami perlakuan dari cuaca misalnya berhubungan dengan air hujan, kelembaban dan menerima paparan radiasi sinar-UV dari matahari. Kondisi perlakuan tersebut menyebabkan penurunan sifat atau kualitas lapisan, berupa penurunan kilap, perubahan warna dan kerapuhan. Untuk mencegah atau mengurangi pengaruh cuaca tersebut, diperlukan aditif berupa bahan penstabil-UV.

Penelitian ini bertujuan untuk mempelajari pengaruh variasi konsentrasi penambahan penstabil-UV *Bis 1,2,2,6,6 - pentamethyl - 4 - piperidyl sebacate*, kecepatan konveyor pada proses pengeringan (*curing*), dan pengaruh cuaca sifat lapisan poliester tak jenuh hasil iradiasi

Hade Mustika Alam, Jakarta. Struktur kimia Tinuvin 292 tertera pada Gambar 1. Bahan pengisi berupa talk buatan RRC dibeli di pasaran.



Gambar 1. Struktur kimia *Bis (1,2,2,6,6-pentamethyl-4-piperidyl) sebacate* (Tinuvin 292).

Alat. Alat pelapis berupa mesin pelapis tipe rol lebar 60 cm, buatan Ta Sane, Taiwan. Sumber radiasi UV terdiri dari 1 lampu dengan daya 80 Watt/cm buatan IST Strahlentechnik GmbH, Jerman, dilengkapi dengan konveyor untuk membawa contoh uji ke ruang iradiasi.

Percobaan. Papan kayu kamper dipotong menjadi berukuran 25 cm x 15 cm x 1 cm. Dikeringkan menggunakan oven pada suhu 55⁰ C selama 2 hari sampai mencapai kadar 15 % (berat kering tanur). Setelah kering, contoh uji diampelas dengan kertas ampelas # 240, dilapisi bahan pelapis dasar kemudian diiradiasi sinar - UV pada kecepatan konveyor 4 m/menit. Lapisan kemudian diampelas lagi menggunakan kertas ampelas # 240, dilapisi bahan pelapis atas dengan variasi konsentrasi penstabil -UV 0, 0,25 dan 0,5 % berat resin poliester tak jenuh, dan selanjutnya diiradiasi pada kecepatan konveyor 2, 3, 4, dan 5 m/menit. Tabel 1 menunjukkan komposisi bahan pelapis dasar dan bahan pelapis atas.

Tabel 1. Komposisi bahan pelapis.

Bahan	Perbandingan berat	
	Lapisan dasar	Lapisan atas
Resin poliester tak jenuh	100	100
Stiren	10	10
Talc	10	-
Fotoinisiator	1,5	1,5
Tinuvin 292	-	0 ; 0,25 ; 0,5

Rata-rata tebal lapisan dasar dan lapisan atas masing-masing 22 dan 17 gram/m².

m/menit. Lapisan kemudian diampelas lagi menggunakan kertas ampelas # 240, dilapisi bahan pelapis atas dengan variasi konsentrasi penstabil -UV 0, 0,25 dan 0,5 % berat resin poliester tak jenuh, dan selanjutnya diiradiasi pada kecepatan konveyor 2, 3, 4, dan 5 m/menit. Tabel 1 menunjukkan komposisi bahan pelapis dasar dan bahan pelapis atas. Rata-rata tebal lapisan dasar dan lapisan atas masing-masing 22 dan 17 g/m².

Tabel 1. Komposisi bahan pelapis.

Bahan	Perbandingan berat	
	Lapisan dasar	Lapisan atas
Resin poliester tak jenuh	100	100
Stiren	10	10
Talk	10	-
Fotoinisiator	1,5	1,5
Tinuvin 292	-	0 ; 0,25 ; 0,5

Ketahanan cuaca dilakukan di Pasar Jumat, Jakarta, dengan meletakkan contoh uji di rak dengan sudut kemiringan 45⁰ menghadap ekuator, sesuai dengan ISO 2810-1994 (E) [6]. Pengujian dilaksanakan pada bulan Mei dan Juni 1998. Pengamatan dilakukan setiap 5 hari. Percobaan dilakukan dengan rancangan faktorial 3 x 4 x 2 dengan 4 kali ulangan. Faktor yang dipelajari meliputi konsentrasi Tinuvin (3 taraf), kecepatan konveyor (4 taraf), dan pengaruh cuaca (2 taraf). Parameter yang diukur meliputi kilap dan kekerasan pendulum. Kilap diukur pada sudut datang 60⁰ sesuai ASTM D 523 - 80 [7]. Kekerasan Pendulum diukur dengan metode Koenig menggunakan *Pendulum Hardness Rocker* buatan Sheen menurut ISO 4624-1978 (E) [8].

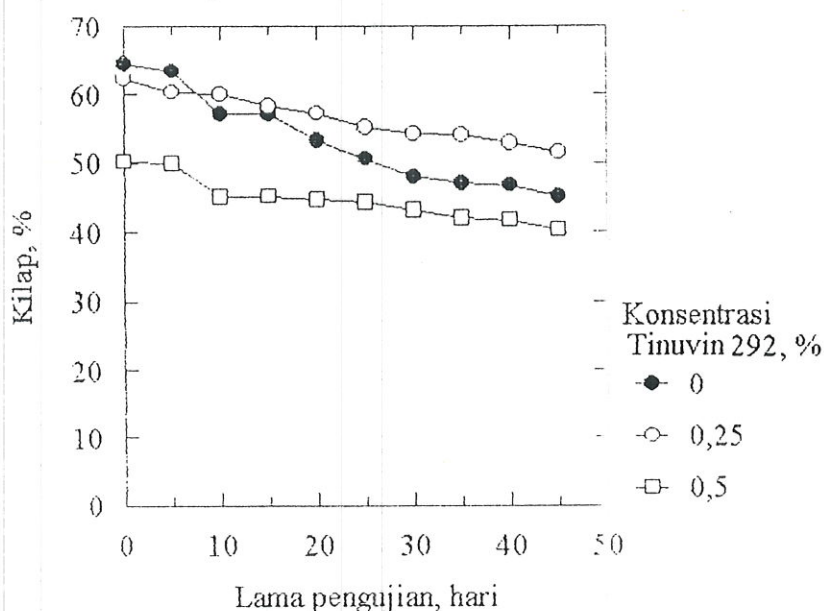
HASIL DAN PEMBAHASAN

Degradasi Polimer. Lapisan polimer yang berada di luar ruangan (*out-door*) dapat mengalami degradasi karena pengaruh panas, sinar-UV dari matahari, dan interaksi oksigen dengan polimer. Degradasi karena penyerapan sinar atau foton (foto-degradasi) terjadi melalui

beberapa tahap. Mula-mula terjadi penyerapan sinar-UV oleh polimer sehingga menyebabkan keadaan tereksitasi. Polimer tereksitasi selanjutnya melepaskan energinya dengan menghasilkan radikal bebas. Radikal bebas yang terbentuk dalam sistem polimer cepat atau lambat akan menyebabkan terjadinya penurunan sifat fisik polimer. Penurunan sifat fisik tersebut dapat berupa perubahan warna, penurunan kilap, pemutusan rantai dan kerapuhan.

Pada sistem poliester tak jenuh – stiren, adanya gugus aromatik pada stiren menyebabkan polimer tersebut peka terhadap sinar-UV. Penstabil-UV *Bis (1,2,2,6,6-pentamethyl-4-piperidyl) sebacate* merupakan senyawa turunan 2,2,6,6-tetraetil piperidin yang dapat membentuk radikal nitroksil yang stabil ($R_2NO\cdot$). Radikal nitroksil ini sangat efektif menghasilkan reaksi terminasi radikal-radikal yang mempunyai pusat atom O dan C (*O- and C-centered radicals*), sehingga dapat mencegah atau mengurangi terjadinya oto-oksidasi dan foto-degradasi. Dengan demikian, sinar-UV dari matahari yang bersifat merusak, dirubah menjadi panas yang dibuang oleh sistem polimer [9].

Kilap. Pada umumnya nilai kilap turun setelah perlakuan pengujian cuaca pada berbagai konsentrasi penstabil-UV dan kecepatan konveyor. Semakin lama waktu pengujian, semakin rendah nilai kilapnya. Sebagai contoh, hubungan kilap dengan lama pengujian pada kecepatan konveyor 4 m/menit dinyatakan dengan kurva seperti terlihat pada Gambar 2. Kurva pada



Gambar 2. Kilap lapisan pada pengujian cuaca. Kecepatan konveyor : 4 m/menit.

gambar tersebut menunjukkan bahwa penambahan penstabil-UV Tinuvin 292 dapat mengurangi penurunan kilap karena pengaruh cuaca.

Tanpa penambahan Tinuvin 292, selama 45 hari kilap lapisan turun dari 64,5 menjadi 45,0 % (turun 19,5 %), sedangkan pada penambahan Tinuvin 292 sebanyak 0,25 dan 0,5 % kilap hanya turun masing-masing 10,9 dan 9,9 %. Penurunan kilap selama 45 hari pada seluruh perlakuan terdapat pada Tabel 2.

Tabel 2. Kilap lapisan sebelum dan setelah pengujian ketahanan cuaca selama 45 hari.

Kecepatan konveyor, m/men.	Konsentrasi Tinuvin 292, %	Kilap awal, %	Kilap setelah 45 hari, %	Penurunan kilap, %
2	0	49,9	34,1	15,8
	0,25	65,8	43,8	22,0
	0,5	46,8	36,8	9,9
3	0	54,2	38,3	15,9
	0,25	65,0	50,4	14,6
	0,5	63,8	50,3	13,4
4	0	64,5	45,0	19,5
	0,25	62,3	51,4	10,9
	0,5	50,2	40,3	9,9
5	0	68,0	51,6	16,4
	0,25	67,8	51,8	16,0
	0,5	63,8	53,4	10,5

Pada umumnya semakin tinggi konsentrasi Tinuvin 292 dalam bahan pelapis, semakin rendah penurunan kilapnya.

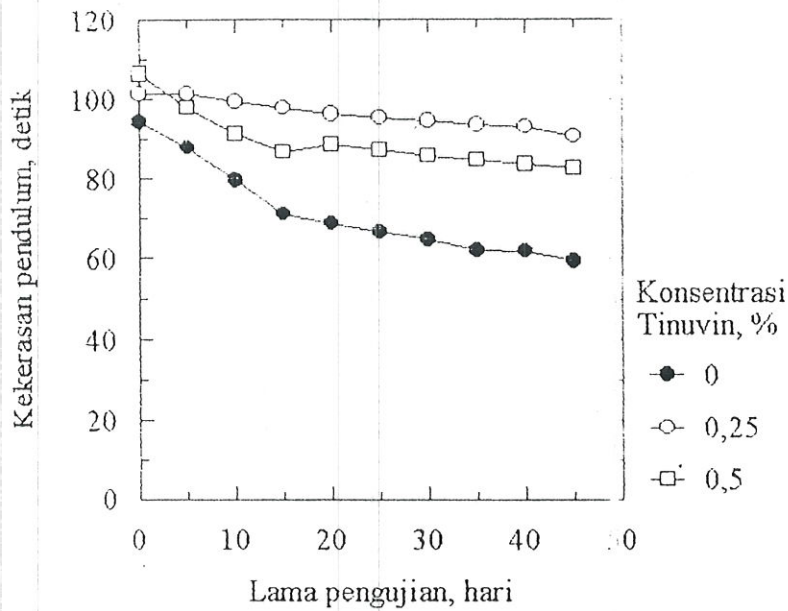
Analisis keragaman kilap pada variasi konsentrasi Tinuvin 292, kecepatan konveyor dan pengaruh cuaca terdapat pada Tabel 3. Hasil analisis keragaman menunjukkan bahwa konsentrasi Tinuvin, berpengaruh nyata sedangkan kecepatan konveyor dan pengaruh cuaca berpengaruh sangat nyata terhadap kilap. Pada umumnya pengaruh cuaca menurunkan kilap, tetapi nilai penurunannya berbeda tergantung pada tingkat konsentrasi Tinuvin dan kecepatan konveyor. Interaksi antara ketiga perlakuan tersebut tidak memberikan pengaruh nyata terhadap kilap.

Tabel 3. Analisis keragaman kilap karena pengaruh konsentrasi Tinuvin, kecepatan konveyor dan cuaca.

Sumber keragaman	Db	F _{hitung}	F _{tabel}	
			0,05	0,01
Perlakuan	23			
Konsentrasi Tinuvin (A)	2	4,65*	3,24	4,83
Kecepatan konveyor (B)	3	10,90**	2,70	3,99
Pengaruh cuaca (C)	1	66,65**	3,94	6,90
Interaksi AB	6	1,77	2,16	2,99
Interaksi AC	2	1,04	3,24	4,83
Interaksi BC	3	0,08	2,70	3,99
Interaksi ABC	6	0,33	2,19	2,99
Sisaan	72			
Total	95			

Keterangan : * = nyata, ** = sangat nyata

Kekerasan. Fenomena degradasi lapisan polimer pada umumnya terjadi melalui 2 mekanisme, degradasi fisika dan transformasi kimia. Degradasi fisika disebabkan adanya cairan atau perubahan suhu sehingga lapisan dapat meleleh, retak, dan terkelupas. Transformasi kimia disebabkan adanya perubahan ikatan kimia dalam bahan pelapis sehingga terjadi perubahan warna, penurunan kilap, perubahan warna, dan perubahan sifat mekanik [10]. Dalam penelitian ini tidak ada contoh uji yang meleleh, retak atau terkelupas dari kayu setelah pengujian cuaca selama 45 hari. Degradasi fisika lebih dominan dengan adanya penurunan kekerasan, seperti terlihat pada Gambar 3 yang menunjukkan hubungan antara lama pengujian dengan kekerasan pada kecepatan konveyor 4 m/menit. Kekerasan pendulum turun dari 94,2 menjadi 59,3 detik tanpa penambahan Tinuvin (turun 34,9 %). Dengan penambahan Tinuvin 292 sebanyak 0,25 dan 0,5 %, kekerasan turun 10,4 dan 23,7 %. Penurunan kekerasan selama 45 hari pengujian cuaca pada seluruh perlakuan terdapat pada Tabel 4. Penurunan kekerasan pada penggunaan Tinuvin 292 sebanyak 0,25 % lebih rendah dibanding penggunaan 0,5 %.



Gambar 3. Kekerasan pendulum pada pengujian cuaca.
Kecepatan konveyor : 4 m/menit.

Tabel 4. Kekerasan pendulum sebelum dan setelah pengujian ketahanan cuaca selama 45 hari.

Kecepatan konveyor, m/men.	Konsentrasi Tinuvin, %	Kekerasan awal, detik	Kekerasan setelah 45 hari, detik	Penurunan kekerasan, %
2	0	86,9	53,8	28,1
	0,25	86,6	73,9	12,7
	0,5	104,0	90,6	13,4
3	0	90,1	57,2	32,9
	0,25	99,7	95,6	4,1
	0,5	100,5	85,4	14,1
4	0	94,2	59,3	34,9
	0,25	101,2	90,7	10,4
	0,5	106,2	82,5	23,7
5	0	93,5	59,8	33,7
	0,25	93,2	78,9	14,3
	0,5	98,5	83,4	15,2

Analisis keragaman seperti tertera pada Tabel 5 menunjukkan bahwa konsentrasi Tinuvin 292 dan pengujian cuaca memberikan pengaruh sangat nyata, sedangkan kecepatan konveyor dan semua interaksi antara ketiga perlakuan tersebut memberikan pengaruh tidak nyata terhadap kekerasan pendulum. Dengan demikian, konsentrasi Tinuvin 292 dan pengaruh cuaca memberikan nilai yang berbeda terhadap kekerasan lapisan.

Tabel 5. Analisis keragaman kekerasan pendulum karena pengaruh konsentrasi Tinuvin, kecepatan konveyor dan cuaca.

Sumber keragaman	Db	F _{hitung}	F _{tabel}	
			0,05	0,01
Perlakuan	23			
Konsentrasi Tinuvin (A)	2	35,11**	3,24	4,83
Kecepatan konveyor (B)	3	1,33	2,70	3,99
Pengaruh cuaca (C)	1	112,27**	3,94	6,90
Interaksi AB	6	1,77	2,19	2,99
Interaksi AB	2	10,87	3,24	4,83
Interaksi BC	3	0,18	2,70	3,99
Interaksi ABC	6	0,42	2,19	2,99
Sisaan	72			
Total	95			

Keterangan : * = nyata, ** = sangat nyata

KESIMPULAN

Penambahan penstabil-UV Tinuvin 292 pada bahan pelapis dan kecepatan konveyor pada proses pengeringan lapisan berpengaruh sangat nyata terhadap klap lapisan poliester tak jenuh pada permukaan kayu kamper hasil iradiasi sinar-UV setelah pengujian cuaca. Tinuvin 292 dan pengujian cuaca berpengaruh sangat nyata, sedangkan kecepatan konveyor berpengaruh tidak nyata terhadap kekerasan pendulum. Penambahan Tinuvin. 292 sebanyak 0,25 % menurunkan kilap lebih besar dan menurunkan kekerasan lapisan lebih kecil dibanding penambahan 0,5 %.

UCAPAN TERIMA KASIH

Ucapan terima kasih disampaikan kepada seluruh operator di fasilitas mesin berkas elektron yang telah melaksanakan pekerjaan iradiasi contoh uji sehingga penelitian ini dapat berjalan sesuai dengan rencana.

PUSTAKA

1. ANONYMOUS, Directory of The Plywood Industry in Indonesia (1986) 63.
2. HOLMAN, R and OLDRING, F., UV & EB Curing Formulation for Printing Inks, Coating & Paints, SITA, London (1988).
3. LAWSON, K., "UV & EB Curing in North America-1993", Proceedings of RadTech Asia '93, Tokyo (1993) 7.
4. 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.
5. 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.
6. ANONYMOUS, Paints and Varnishes, Notes for guidance on the conduct of natural weathering test, ISO 2810-1974 (1985) 394.
7. ANONYMOUS, American Society For Testing And Materials, Annual Book of ASTM Standards, part 27 ASTM, Philadelphia, (1982) 105.
8. ANONYMOUS, Paints and Varnishes, Pendulum Damping Test [ISO 1522-1973 (E)] (1985) 348.
9. 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.
10. VAN LANDUYT, D. C., and LEYRER, S. P., Physical and electrical properties of acrylic oligomers, Radiation Curing, May (1982) 10.