

**RISALAH PERTEMUAN ILMIAH
APLIKASI ISOTOP DAN RADIASI**

Jakarta, 9 - 10 Januari 1996

BUKU I

**PROSES RADIASI, INDUSTRI,
DAN LINGKUNGAN**

**BADAN TENAGA ATOM NASIONAL
PUSAT APLIKASI ISOTOP DAN RADIASI**

JL. CINERE PASAR JUMAT KOTAK POS 7002 JKSKL, JAKARTA 12070; INDONESIA
TELP. 7690709 - KAWAT/CABLE: JUMATOM - TELEX 47113 CAIRCA IA FAX. 7691607

Penyunting : Buku I, II, dan III

- | | |
|--------------------------------------|-------------------------------|
| 1. Ir. Munsiah Maha | Ketua merangkap Anggota |
| 2. Ir. F. Sundardi, APU | Wakil Ketua merangkap Anggota |
| 3. Dra. Nazly Hilmy, Ph.D., APU | Anggota |
| 4. Dr. Ir. Moch. Ismachin, APU | Anggota |
| 5. Ir. Elsjje L. Sisworo, M.Si., APU | Anggota |
| 6. Ir. Wandowo | Anggota |
| 7. Dr. Made Sumatra | Anggota |
| 8. Dr. Ir. Mugiono | Anggota |
| 9. Dr. Yanti Sabarinah S. | Anggota |

Perpustakaan Nasional : Katalog Dalam Terbitan (KDT)

PERTEMUAN ILMIAH APLIKASI ISOTOP DAN RADIASI (1996 : JAKARTA)
Risalah pertemuan ilmiah aplikasi isotop dan radiasi, Jakarta, 9 - 10 Januari 1996/
Penyunting, Munsiah Maha.-- (et al.).-- Jakarta : Badan Tenaga Atom Nasional,
Pusat Aplikasi Isotop dan Radiasi, 1996.
3 Jil.; 30 cm.

Isi : jil. 1. Proses radiasi, industri, dan lingkungan
 jil. 2. Pertanian
 jil. 3. Peternakan, biologi, dan kimia

ISBN 979-8500-11-3 (no. jil. lengkap)

ISBN 979-8500-12-1 (jil. 1)

ISBN 979-8500-13-X (jil. 2)

ISBN 979-8500-14-8 (jil. 3)

I. Isotop - Kongres I. Judul II. Maha, Munsiah

541.388

Alamat : Pusat Aplikasi Isotop dan Radiasi - BATAN
Jl. Cinere Pasar Jumat
Kotak Pos 7002 JKSKL
Jakarta 12070

PENGANTAR

Sebagaimana pertemuan ilmiah sebelumnya, Pertemuan Ilmiah Aplikasi Isotop dan Radiasi (APISORA) ke-8 yang diselenggarakan oleh Pusat Aplikasi Isotop dan Radiasi Badan Tenaga Atom Nasional pada tanggal 8-9 Januari 1996 bertujuan untuk menyebarluaskan informasi dan hasil penelitian yang berkaitan dengan aplikasi teknik nuklir dalam bidang Proses Radiasi, Industri, Hidrologi, Sedimentologi, Kimia, Biologi, Lingkungan, Pertanian, dan Peternakan. Dengan demikian, ilmu pengetahuan dan teknologi yang telah dikembangkan dalam bidang ini dapat diketahui dan dimanfaatkan oleh pihak-pihak terkait untuk kepentingan masyarakat pada umumnya.

Pertemuan ilmiah kali ini dihadiri oleh 183 orang peserta yang terdiri dari para ilmuwan, dan peneliti, serta wakil-wakil dari berbagai instansi pemerintah, BUMN, dan swasta.

Dalam pertemuan ilmiah ini dibahas dua makalah utama yang dibawakan oleh pejabat senior, yaitu tentang Program Riset Unggulan Strategis Nasional, dan Peranan Sains dan Teknologi Nuklir dalam Menunjang Pertumbuhan Industri dan Pengelolaan Lingkungan. Selanjutnya, dibahas sebanyak 77 makalah hasil penelitian yang dibagi dalam tiga kelompok dan dipresentasikan secara paralel.

Penerbitan risalah pertemuan ilmiah ini diharapkan dapat menambah sumber informasi dan ilmu pengetahuan yang berkaitan dengan teknik nuklir bagi pihak yang membutuhkan untuk menunjang keberhasilan pembangunan di masa mendatang.

Penyunting

PENYANTAR

Keberhasilan pertemuan ilmiah tersebut, Pertemuan Ilmiah Aplikasi Lektor dan Dosen (APIGRA) ke-8 yang diselenggarakan oleh Pusat Aplikasi Lektor dan Dosen Badan Tenaga Nuklir Nasional pada tanggal 8-9 Januari 1998 bertujuan untuk memperbaharui informasi dan hasil penelitian yang berkaitan dengan aplikasi teknik nuklir dalam bidang Proses Industri, Hidrologi, Sedimentologi, Kimia, Biologi, Lingkungan, Pertanian, dan Peternakan. Dengan demikian, ilmu pengetahuan dan teknologi yang telah dikembangkan dalam bidang ini dapat dimanfaatkan dan dimanfaatkan oleh pihak-pihak terkait untuk kepentingan masyarakat pada umumnya.

Pertemuan ilmiah kali ini diadakan oleh IAIN yang peserta yang terdiri dari para ilmuwan dan peneliti serta wakil-wakil dari berbagai instansi pemerintahan, BUMN, dan swasta.

Hal-hal pertemuan ilmiah ini dibahas dan masalah utama yang dibicarakan oleh peserta seminar yaitu tentang Program Riset Unggulan Strategis Nasional, dan Program Sains dan Teknologi Nuklir dalam Menunjang Perekonomian Industri dan Pengelolaan Lingkungan Selanjutnya. Pembahasan seminar ini berkaitan dengan penelitian yang dibahas dalam tiga kelompok dan dipresentasikan secara paralel.

Keberhasilan pertemuan ilmiah ini diharapkan dapat menambah sumber informasi dan ilmu pengetahuan yang berkaitan dengan teknik nuklir bagi pihak yang membutuhkan untuk menunjang keberhasilan pembangunan di masa mendatang.

Pertemuan

DAFTAR ISI

Pengantar	i
Daftar isi	iii
Laporan Ketua Panitia Pertemuan Ilmiah	ix
Sambutan Direktur Jenderal Badan Tenaga Atom Nasional	xi

MAKALAH UNDANGAN

Peranan sains dan teknologi nuklir dalam menunjang pertumbuhan industri dan pengelolaan lingkungan PROF. DR. AZHAR DJALOEIS	1
Program riset unggulan strategis nasional DR. MOHAMMAD RIDWAN	9

BUKU I : PROSES RADIASI, INDUSTRI, DAN LINGKUNGAN

Karakteristik kopolimer tempel LDPE-g-PDMAEA MIRZAN T. RAZZAK, A. WIDADI, DARSONO, dan SITI SOEDARINI	13
<u>Crosslinking</u> dan degradasi polietilen oksida dalam larutan air dengan radiasi sinar gamma ZAINUDDIN	21
Kopolimerisasi cangkok 4-vinil piridin pada serat polipropilen dengan metode peroksidasi secara iradiasi untuk penukar ion ITA YULITA, ENDANG ASIJATI W., MIRZAN T. RAZZAK, dan DARSONO	29
Efek iradiasi terhadap kompon polietilen densitas rendah ANIK SUNARNI, ISNI MARLIJANTI, MIRZAN T. RAZZAK, dan GATOT T.M.	35
Pengaruh <u>flame retardant</u> terhadap kecepatan nyala pada kompon polietilen ISNI MARLIJANTI, ANIK SUNARNI, MIRZAN T. RAZZAK, dan GATOT TRIMULYADI	41
Pengaruh berat molekul oligomer uretan akrilat dan monomer reaktif pada sifat perekat peka tekanan DARSONO, T. SASAKI, YANTI SABARINAH SOEBIANTO, dan MIRZAN T. RAZZAK ..	45
Analisis spektrum NMR proton emulsi karet alam metil metakrilat KRISNA LUMBANRAJA, KADARIJAH, SUDIRMAN, dan BUNJAMIN	53
Identifikasi gugus fungsi kopolimer karet alam-stiren iradiasi berbahan pemeka normal butil akrilat dengan FTIR dan NMR KADARIJAH, SRI PUJIASTUTI, dan MARGA UTAMA	61
Sifat kelistrikan film karet dari kopolimer lateks karet alam stiren hasil iradiasi MADE SUMARTI K., JUNE MELLAWATI, dan MARGA UTAMA	67

Analisis residu monomer dalam kopolimer KA-St dan KA-MMA dengan kromatografi gas. HERWINARNI, MARGA UTAMA, MADE SUMARTI, dan RISWIYANTO	73
Pengaruh struktur monomer pada hasil impregnasi dan polimerisasi radiasi kayu karet (<i>Hevea brasiliensis</i> Muell. Agr.) NURWATI HABIB, AGUS ISMANTO, dan MARGA UTAMA	81
Kualitas bambu betung (<i>Dendrocalamus asper</i>) yang diimpregnasi polimerisasi radiasi dengan stirena MARGA UTAMA, Y.S. HADI, I. WAHYUDI, F. FEBRIANTO, A. RUSLIADI, dan A. JUNAEDI	87
Sifat-sifat lapisan poliester akrilat hasil iradiasi dengan sinar ultraviolet SUGIARTO DANU, MARSONGKO, M. ARDIARTSI, dan J.K. JULIATI	93
Kopolimerisasi asam laktat dengan beta-propiolakton tanpa katalisator SUHARNI SADI, MASA HARU ASANO, dan MINORU KUMAKURA	101
Karakterisasi hidrogel poli(vinilalkohol) yang dikopolimerisasi radiasi dengan N-isopropil akrilamida ERIZAL, SUNARKO, BASRIL A, DARMAWAN D., R. CHOSDU, dan HASAN R.	109
Studi sifat kompatibilitas darah dan sifat kimia pembalut luka hidrogel poli vinil pirolidon (PVP) DARMAWAN DARWIS, RAHAYU CHOSDU, dan NAZLY HILMY	117
Pengaruh iradiasi gamma pada kualitas sediaan kosmetika bayi RAHAYUNINGSIH CHOSDU, DARMAWAN, dan ERIZAL.....	123
Studi air tanah di dataran aluvial Tangerang dengan pendekatan geohidrologi dan isotop lingkungan SIMON MANURUNG, NITA SUHARTINI, dan ALI ARMAN LUBIS	129
Studi air tanah dangkal PPTA Pasar Jumat dengan isotop alam BAROKAH ALIYANTA, SYAFALNI, DJIONO, dan WIBAGYO	139
Penentuan suhu reservoir panas bumi dengan metode geotermometer isotop ZAINAL ABIDIN, WANDOWO, INDROJONO, DJIONO, ALIP, dan EVARISTA	147
Penentuan rasio isotop $^{34}\text{S}/^{32}\text{S}$ standar kerja J-1 dengan spektrometer massa EVARISTA RISTIN P.I., ZAINAL ABIDIN, dan DJIONO	155
Metode flow velocity untuk mengukur debit aliran dan menguji kurva distribusi waktu tinggal dengan model bejana berderet SUGIHARTO, INDROJONO, KUSHARTONO, PUGUH MARTYASA, DJOLI SUMBOGO, dan SLAMET SUTIKNO	161
Studi potensi mata air di Cimelati dengan metode hidrologi isotop SYAFALNI, SIMON MANURUNG, MURSANTO, DJIONO, dan TOMMY HUTABARAT.....	171
Pengaruh penyepuhan permukaan lumpur terhadap sifat fisik lumpur alam NITA SUHARTINI, SUWIRMA S., TARYONO, dan DARMAN	177
Pembuatan kaca bertanda ^{46}Sc untuk studi pergerakan sedimen MADE SUMATRA, INDROJONO, NITA SUHARTINI, JUNE MELLAWATI, dan SAID ADAM	185

Estimasi pembentukan ozon di dalam ruang iradiasi mesin berkas elektron PUGUH MARTYASA, dan H SUNAGA	189
BUKU II : PERTANIAN	
Evaluasi daya hasil galur padi sawah OBS-1647/PsJ MUGIONO.....	13
Penetaan gen Gametophyte (ga-2,ga-3) pada RFLP linkage map tanaman padi SOBRIZAL	19
Variasi somaklonal seleksi umur genjah dari galur mutan padi (<i>Oryza sativa</i> L.) varietas Sentani ITA DWIMAHYANI dan ISHAK	25
Ketahanan terhadap penyakit karat daun (<i>Phakopsora pachirizi</i> Syd.) dua galur mutan kedelai genjah no. 157/Psj dan no 325/Psj dibandingkan Varietas Lokon serta Tidar RIVAIE RATMA, dan ACHMAD NASROH KUSWADI	31
Seleksi <i>in vitro</i> untuk ketahanan asam dan aluminium pada tanaman kedelai DAMERIA HUTABARAT, dan RIVAIE RATMA	37
Keefektifan simbiotik sejumlah strain Bradyrhizobium pada galur mutan kedelai di lahan masam GANDANEGARA, S., HARSOYO, dan HENDRATNO	43
Korelasi beberapa sifat komponen hasil dengan berat polong isi kacang tanah KUMALA DEWI, MASRIZAL, dan M. ISMACHIN	49
Seleksi lanjutan pada populasi galur mutan tanaman gandum untuk perbaikan produksi biji SOERANTO H.	53
Pengaruh iradiasi gamma pada eksplan terhadap regenerasi tanaman pisang (<i>Musa sp.</i>) varietas Ambon Kuning ISHAK, BOB JAYA BUANA PUTRA, dan ISMIYATI S.	59
Peningkatan keragaman genetik tanaman nilam melalui kultur kalus dan iradiasi IKA MARISKA, HOBIR, ENDANG GATI, dan DELIAH SESWITA	65
Mikropropagasi nilam penampakan khimera hasil radiasi pada kalus DELIAH SESWITA, IKA MARISKA, dan ENDANG GATI	73
Enkapsulasi dan daya regenerasi tanaman nilam khimera pengaruh radiasi dan kalus ENDANG GATI, IKA MARISKA, dan DELIAH SESWITA	79
Pengaruh radiasi sinar gamma terhadap pertumbuhan dan produksi jahe SITTI FATIMAH SYAHID., IKA MARISKA, dan YADI RUSYADI	83
Penggunaan batang bawah klonal pada pembibitan durian dan mangga ISMIYATI SUTARTO, M. JAWAL A.S., ELLINA MANSYAH dan SOERTINI GANDANEGARA	89

Serapan hara P oleh tanaman padi pada beberapa jenis tanah yang dipengaruhi pemberian pupuk hijau kacang panjang HARYANTO dan IDAWATI	95
Serapan hara dan pertumbuhan padi sawah sehubungan dengan status unsur P pada tanah Pusakanegara IDAWATI, HARYANTO, dan HAVID RASJID.....	103
Penggunaan fosfat alam sebagai pupuk P pada budi daya padi sawah HAVID RASJID, ELSJE L. SISWORO, dan WIDJANG H. SISWORO	111
Serapan P tanaman padi yang diberi $\text{Ca}_3(\text{PO}_4)_2$ dan pupuk kandang M.M. MITROSUHARDJO, dan AFDHAL FIRDAUS	117
Upaya peningkatan produksi kedelai dan jagung melalui aplikasi mulsa dan lembaran plastik penutup tanah AFDHAL FIRDAUS, dan M.M. MITROSUHARDJO	123
Tanggapan dua varietas kedelai terhadap cara pengolahan lahan dinyatakan dalam berbagai parameter nitrogen tanaman SRI HARTI SYAUKAT, JOHANNIS WEWAY, dan ELSJE L. SISWORO	129
Penggunaan lapisan Azolla pada padi sawah serta pengaruhnya terhadap efisiensi N urea JOHANNIS WEMAY, ELSJE L. SISWORO, HAVID RASJID, dan WIDJANG H. S.	137
Efisiensi serapan unsur N-urea bertanda ^{15}N dan proporsi fiksasi N setelah pemetikan kotiledon pada budi daya basah kedelai SHOLEH AVIVI, W.Q. MUGNISJAH, K. IDRIS, dan E.L. SISWORO	147
Kemungkinan penggunaan urea bertanda ^{15}N bagi penentuan efisiensi pupuk N pada tanaman kelapa sawit LUQMAN ERNINGPRADJA, M.M. SIAHAAN, Z. POELOENGAN, dan ELSJE L. SISWORO	153
Efisiensi transpirasi tanaman Chickpea THOMAS dan M.M. MITROSUHARDJO	161
Serapan radiofosfor ^{32}P dan radioseng ^{65}Zn pada tanaman cabe (<i>Capsium annuum</i> L.) yang ditanam pada larutan hidroponik T. SUGIYANTO	167
Peranan jasad renik pelarut fosfat dalam meningkatkan keefisienan pupuk P dan pertumbuhan tebu M. EDI PREMONO, I. ANAS, G. SOEPARDI, R.S. HADIOETOMO, S. SAONO, dan W.H. SISWORO	177
Variasi ketahanan beberapa galur mutan kacang hijau <i>Vigna radiata</i> L. terhadap hama ulat grayak <i>Spodoptera litura</i> F. A. N. KUSWADI, R. SUMANGGONO, dan D. SUPRIYATNA	187

BUKU III: PETERNAKAN, BIOLOGI, DAN KIMIA

Pengaruh temperatur lingkungan pada konsumsi, pencernaan ransum, dan tingkat kebuntingan sapi peranakan ongole (PO), serta pengaruh pemberian mikroba terpilih pada tingkat kebuntingan Sapi Sumba Ongole (SO) M. WINUGROHO, Y. WIBISONO, dan M. SABRANI	13
Penampilan reproduksi domba Merino berlaktasi setelah kelahiran (<u>post partum</u>) yang diberi suplementasi urea dan protein langsung (<u>bypass</u>) T. TJIPTOSUMIRAT dan G.N. HINCH	19
Kemanfaatan hijauan leguminosa pohon dan protein <u>bypass</u> sebagai pakan ternak ruminansia SUHARYONO, BINTARA H.S., ACHMAD S., dan TITIN M.	25
Menggunakan ekstrak metanol daun enterolobium untuk meningkatkan fermentasi pakan dan massa bakteri dengan proses defaunasi protozoa rumen pada kambing R. BAHAUDIN, A. SYAMSI, T. MARYATI, N. LELANINGTYAS, dan S. MARUSIN	31
Pelet kotoran ayam iradiasi sebagai pakan tambahan ikan gurami (<i>Osphronemus gouramy</i>) HARSOJO, L. ANDINI S., SUWIRMA S., dan NAZLY HILMY	37
Analisis darah domba yang diimunisasi dengan metaserkaria iradiasi melawan infeksi cacing <i>Fasciola gigantica</i> BOKY JEANNE TUASIKAL, ENING WIEDOSARI, dan SRI WIDJAJANTI	45
Daya perlindungan metaserkaria <i>Fasciola gigantica</i> yang diiradiasi di dalam melawan infeksi cacing pada domba WIEDOSARI, E., S. WIJAYANTI, dan B.J. TUASIKAL	49
Penggunaan nisbah albumin/globulin dan total fraksi protein untuk pendugaan terjadinya kekebalan pada domba SUKARDJI PARTODIHARDJO	53
Studi tanggap kebal pada marmut dan kelinci yang diinokulasi dengan <i>Tripanosoma evansi</i> MUCHSON ARIFIN, IRTISAM, SIGIT WITJAKSONO, dan SRI S. ANDAYANI	57
Kerusakan dan penyembuhan DNA <i>Deinococcus radiodurans</i> setelah diiradiasi ADRIA P.M. HASIBUAN, M. KIKUCHI, Y. KOBAYASHI, dan H. WATANABE	61
Sensitivitas isolat <i>Salmonella sp.</i> terhadap iradiasi, suhu, dan pH ANDINI, L.S., HARSOYO, ROSALINA S.H., dan SRI POERNOMO	69
Pertumbuhan jamur kayu pada beberapa limbah pertanian yang diiradiasi dengan sinar gamma DARMAWI, dan EDIH SUWADJI	77
Tanggapan pertumbuhan protokorm Anggrek <i>Dendrobium</i> terhadap dosis iradiasi sinar gamma SOERTINI SOEDJONO, NINA SOLVIA, dan SUSKANDARI	83
Pengaruh iradiasi neutron cepat terhadap metabolit kalus <i>Chrysanthemum morifolium</i> Linn. LUKMAN UMAR dan IRWANSJAH	89
Pengaruh iradiasi gamma terhadap penguraian dan penghilangan zat warna disperse blue dalam larutan air AGUSTIN S.M. BAGYO, WINARTI ANDAYANI, dan SURTIPANTI SADJIRUN.....	95

Pengaruh iradiasi, penambahan sludge kelapa sawit, dan $Al_2(SO_4)_3$ pada zat warna dispersi orange-25 dalam air
 WINARTI ANDAYANI, AGUSTIN SUMARTONO, dan SURTIPANTI S. 103

Akumulasi, distribusi, dan toksisitas Cd terhadap ikan lele (*Clarias batrachus*) dalam air
 YUMIARTI, JUNE MELLAWATI, dan SUWIRMA S. 109

Studi pengaruh pakan terhadap kontribusi mineral dalam darah dan organ hewan
 JUNE MELLAWATI, SUHARYONO, dan SURTIPANTI S. 115

Penentuan unsur dalam beberapa bahan acuan standar dari IAEA dengan spektrometer pendar sinar-X
 YULIZON MENRY, JUNE MELLAWATI, dan YUMIARTI 123

Penyerapan dan distribusi monokrotophos dalam tanaman kacang hijau pada fase vegetatif dan generatif
 M. SULISTYATI TUNGGULDIHARDJO 133

Studi perilaku residu karbaril (1-naftil-N-metilkarbamat) dalam tanah dengan teknik perunut ^{14}C
 ERRY ANWAR dan M. SULISTYATI TUNGGULDIHARDJO 137

Pembuatan formula dan pelepasan terkendali insektisida aseptat ^{14}C menggunakan matriks zeolit dan penerapannya
 SOFNIE M. CHAIRUL, SULISTYATI, M.M., dan ULFA TAMIN 145

Aplikasi formulasi pelepasan terkendali karbofuran- ^{14}C pada tanaman tomat
 ULFA TAMIN, SOFNIE M. CHAIRUL, dan M. SULISTYATI 151

Memacu aktivitas sistem SOS-*Escherichia coli* teradiasi neutron cepat dengan dapar fosfat dan natrium klorida
 IRWANSYAH 157

SIFAT-SIFAT LAPISAN POLIESTER AKRILAT HASIL IRADIASI DENGAN SINAR ULTRA-VIOLET

Sugiarto Danu*, Marsongko*, M. Ardiartsi**, dan J.R. Juliati**

*Pusat Aplikasi Isotop dan Radiasi, BATAN

**Jurusan Teknik Nuklir, Fakultas Teknik, UGM.

ABSTRAK

SIFAT-SIFAT LAPISAN POLIESTER AKRILAT HASIL IRADIASI DENGAN SINAR ULTRAVIOLET.

Percobaan curing oligomer ester akrilat bisfenol A etoksilat diakrilat telah dilakukan menggunakan fotoinisiator 2-hidroksi-2-metil-1-fenilpropanon dengan iradiasi ultraviolet (UV). Kecepatan konveyor 3 dan 5 m/menit. Hasil percobaan menunjukkan, bahwa konsentrasi fotoinisiator dalam campuran memberikan pengaruh yang sama terhadap sifat lapisan yang meliputi fraksi-gel, kekerasan, tegangan putus, kestabilan termal, serta ketahanan terhadap bahan kimia, pelarut, dan noda. Konsentrasi fotoinisiator optimum ialah 1—1,5% dan 1,5—2% masing-masing pada kecepatan konveyor 3 dan 5 m/menit. Pada kondisi tersebut lapisan mempunyai fraksi gel sama, yaitu 95%, kekerasan sama, yaitu F—H, tegangan putus masing-masing 335 dan 270 kg/cm² serta suhu dekomposisi termal pada pengurangan berat 10% ialah masing-masing 360 dan 355°C. Pada umumnya lapisan tersebut tahan terhadap bahan kimia untuk keperluan sehari-hari (household chemicals), pelarut dan noda, kecuali terhadap NaOH 10%, thinner dan spidol warna hitam.

ABSTRACT

PROPERTIES OF POLYESTER ACRYLATE FILM IRRADIATED BY ULTRAVIOLET LIGHT. An experiment on curing of acrylate ester oligomer bisphenol A etoxylate diacrylate has been done by using 2-hydroxy-2-methyl-1-phenylpropanone photoinitiator and UV-light radiation. Curing was conducted at the conveyor speed of 3 and 5 m/min. The experimental result showed that the concentrations of photoinitiator used in the mixture have the same effect on film properties i.e., gel-fraction, hardness, tensile strength, thermal stability, chemical and solvent resistance as well as stain resistance. Optimum concentrations of photoinitiator were 1—1.5% and 1.5—2% at the conveyor speed of 3 and 5 m/min, respectively. At these conditions, the films have gel-fraction of 95%, hardness in the range F—H, tensile strength in the range 335 and 270 kg/cm², and thermal decomposition temperature at 10% weight loss are 360 and 355°C, respectively. In general, the films have good resistance properties against household chemicals, solvent, and stain, except against NaOH 10%, thinner and black marker.

PENDAHULUAN

Pada umumnya bahan pelapis untuk curing secara radiasi mengandung gugus fungsional akrilat yang membentuk ikatan silang bila diiradiasi dengan sinar-ultraviolet (UV) atau dengan berkas elektron. Bahan pelapis dapat dikelompokkan menjadi 4 jenis, yaitu jenis kationik, thiolene, akrilat, dan jenis poliester-stiren (1, 2). Jenis akrilat banyak dipakai sebagai bahan pelapis yang diproses secara radiasi, karena mempunyai reaktivitas tinggi. Iradiasi memerlukan fotoinisiator, yang berfungsi untuk memulai reaksi polimerisasi radiasi, karena energi sinar UV tidak sebesar energi berkas elektron. Salah satu senyawa dalam bahan pelapis jenis akrilat tersebut ialah poliester akrilat. Poliester akrilat banyak dipakai untuk lapisan bahan cetakan, pelapisan poliuretan, PVC, kulit, dekorasi logam, tinta pewarna sutera, kayu, dan bahan tahan solder (3).

Sebelum dipakai untuk proses pelapisan suatu bahan, diperlukan data sifat lapisan hasil curing. Data tersebut berguna untuk menentukan formulasi bahan pelapis dan kondisi iradiasi yang sesuai untuk produk akhir yang diinginkan.

Dalam penelitian ini dipelajari sifat-sifat lapisan poliester akrilat dengan nama kimia bisfenol A etoksilat diakrilat hasil curing dengan radiasi UV, menggunakan fotoinisiator 2-hidroksi-2-metil-1-fenilpropanon. Sifat lapisan yang diukur meliputi fraksi-gel, kekerasan, tegangan putus, kestabilan termal, dan ketahanan terhadap bahan kimia, maupun ketahanan terhadap pelarut dan noda.

BAHAN DAN METODE

Bahan. Lempong aluminium berukuran 200 x 120 x 1 mm³ dipakai sebagai substrat lapisan. Senyawa ester akrilat (bisfenol A etoksilat diakrilat) dengan nama dagang Photomer 4028, buatan Henkel Corporation, Amerika Serikat. Fotoinisiator 2-hidroksi-2-metil-1-fenilpropanon dengan nama dagang Darocur 1173 produksi Merck, Jerman.

Alat. Sumber radiasi sinar-UV yang dipakai terdiri dari 1 lampu dengan daya 80 Watt/cm, buatan IST Strahlen Technik, Jerman.

Percobaan. Lempong aluminium dibersihkan dengan aseton, kemudian diampelas menggunakan kertas

ampelas No. 320. Bahan pelapis dibuat dengan mencampur ester akrilat dengan fotoinisiator. Konsentrasi fotoinisiator dalam campuran divariasikan menjadi 0,5; 1; 1,5; 2; 3; dan 5% berat ester akrilat. Viskositas campuran diukur pada waktu-waktu tertentu untuk mengetahui kestabilannya selama penyimpanan. Campuran kemudian dilapiskan pada permukaan aluminium menggunakan silinder kaca, sehingga diperoleh tebal lapisan ± 100 μ m. Selanjutnya, diiradiasi dengan sinar-UV pada variasi kecepatan konveyor 3 dan 5 m/menit. Fraksi-gel lapisan hasil iradiasi ditentukan dengan cara ekstraksi selama 16 jam menggunakan aseton. Kekerasan diukur menggunakan pensil standar Uni-Mitsubishi sesuai dengan JIS K 5400-1970 (4). Tegangan putus diukur menggunakan Tensile Tester Model Instron 1122 sesuai dengan ASTM D 2370-68 (6). Kestabilan termal ditentukan dengan analisis termogravimetri menggunakan TGA-30 buatan Shimadzu. Pengukuran dilakukan dalam atmosfer nitrogen dengan kecepatan aliran 40 ml/menit, dan kecepatan pemanasan 10°C/menit. Ketahanan bahan kimia, pelarut, dan nada ditentukan dengan uji tetes (*spot test*) sesuai dengan ASTM D 1300-79 (6). Bahan pengujian yang dipakai meliputi NaOH 10%, Na₂CO₃ 1%, H₂SO₄ 10%, asam asetat 5%, alkohol 10%, pengencer (*thinner*), dan spidol permanen warna merah, biru, dan hitam. Kestabilan resin ester akrilat selama penyimpanan ditentukan dengan mengukur viskositas pada waktu-waktu tertentu. Pengukuran dilakukan menggunakan viskosimeter Visconic EMD Type buatan Shimadzu, Jepang, pada suhu 25°C.

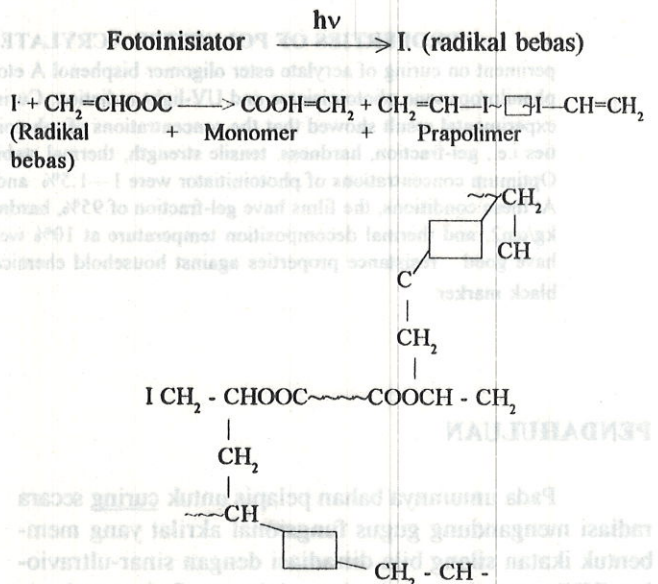
HASIL DAN PEMBAHASAN

Kestabilan Ester Akrilat. Bisfenol A etoksilat diakrilat merupakan suatu monomer akrilat difungsional dengan viskositas sekitar 500 cp (25°C). Senyawa ini dapat berfungsi sebagai oligomer dasar pada sistem bahan pelapis yang mempunyai viskositas rendah. Fotoinisiator Darocur 1173 berbentuk cairan bening, tidak larut dalam air, dan bekerja pada daerah serapan sinar-UV efektif dengan panjang gelombang antara 225 dan 375 nm. Densitas bahan tersebut ialah 1,08 g/cm³ dan viskositasnya 25 cp. Fotoinisiator ini merupakan turunan dari asetofenon dan membentuk radikal melalui proses abstraksi hidrogen. Struktur kimia ester akrilat dan fotoinisiator tersebut terdapat pada Gambar 1.

Pengaruh waktu penyimpanan terhadap kestabilan ester akrilat yang sudah dicampur fotoinisiator, terlihat pada Gambar 2. Semakin lama penyimpanan dan semakin tinggi konsentrasi fotoinisiator, semakin cepat penurunan viskositasnya. Hal ini terlihat dari nilai *slope* masing-masing kurva, dengan pendekatan bahwa hubungan antara viskositas dan lama penyimpanan sampai 26 hari merupakan garis lurus. Penurunan viskositas disebabkan adanya reaksi polimerisasi membentuk gel, yang berjalan lambat akibat pantulan sinar matahari yang mengenai bahan tersebut. Sebagian besar sinar matahari terletak pada daerah spektrum tampak dan daerah inframerah. Enam persen dari radiasi matahari terletak di daerah UV dengan panjang gelombang antara 290 dan 400 nm (7). Daerah

panjang gelombang ini sesuai dengan bekerjanya fotoinisiator Darocur 1173, yaitu antara 225 dan 375 nm. Dengan demikian, pantulan sinar matahari tersebut menyebabkan terjadinya polimerisasi dari bahan yang mempunyai berat molekul lebih tinggi. Polimerisasi ini terlihat pada pembentukan gel yang mengumpul pada dasar wadah, dan semakin lama semakin banyak. Viskositas yang terukur berasal dari bahan dengan berat molekul lebih rendah, sehingga mempunyai viskositas lebih rendah. Penurunan viskositas lebih cepat terjadi pada konsentrasi fotoinisiator yang lebih tinggi, karena semakin tinggi konsentrasi fotoinisiator, semakin banyak gel yang terbentuk, dan semakin cepat penurunan viskositasnya. Dalam aplikasinya suatu bahan pelapis setelah dicampur fotoinisiator segera dipakai untuk proses pelapisan. Walaupun demikian, untuk menjaga kestabilan viskositas bahan pelapis selama penyimpanan diperlukan wadah yang kedap sinar UV.

Fraksi-Gel. Fraksi-gel ditentukan oleh banyaknya polimer ikatan silang yang terbentuk. Reaksi terjadinya polimer ikatan silang melalui polimerisasi radikal bebas menggunakan radiasi UV dapat ditulis sebagai berikut (3)



Keterangan:

- I = fotoinisiator
- h = konstanta Planck (6,62 x 10⁻²⁷ erg. detik/foton
- v = frekuensi radiasi, putaran/detik

Jika konsentrasi fotoinisiator terlalu rendah (0,5%), energi UV tidak terpakai secara efisien. Jumlah radikal yang terbentuk terlalu sedikit jika dibandingkan jumlah bagian reaktif yang ada, sehingga kecepatan pembentukan gel menjadi rendah. Akibatnya, proses polimerisasi tidak sempurna dan nilai fraksi-gel relatif rendah, yaitu antara 93 dan 94%. Fraksi-gel ditentukan oleh banyaknya polimer ikatan silang yang terbentuk. Semakin tinggi densitas ikatan silang, semakin tinggi fraksi-gelnya. Pada konsentrasi yang lebih tinggi (1—2%), jumlah radikal

yang terbentuk meningkat, sehingga kecepatan pembentukan gel juga meningkat. Jika konsentrasi terlalu tinggi (> 2%), terdapat kelebihan radikal dibanding bagian reaktif yang ada. Dengan demikian, radikal tidak lagi mampu memacu reaksi polimerisasi berjalan lebih cepat. Dalam keadaan ini, reaksi terminasi lebih dominan (8). Reaksi terminasi ini membentuk polimer dengan berat molekul rendah, yang larut pada waktu ekstraksi. Hal ini terlihat dari nilai fraksi-gel yang cenderung menurun dengan meningkatnya konsentrasi fotoinisiator. Fraksi-gel juga dipengaruhi kecepatan konveyor. Semakin rendah kecepatan konveyor, semakin lama lapisan menerima radiasi, dan semakin banyak radikal yang terbentuk, sehingga fraksi-gel meningkat (9). Penurunan fraksi-gel pada kecepatan 3 m/menit lebih cepat dibanding 5 m/menit, karena kelebihan radikal menyebabkan penurunan fraksi-gel. Konsentrasi optimum pada kecepatan 3 dan 5 m/menit, masing-masing adalah 1—1,5% dan 1,5—2%.

Kekerasan Lapisan. Sifat kekerasan suatu polimer dipengaruhi oleh densitas ikatan silang. Semakin tinggi densitas ikatan silang, semakin tinggi kekerasannya. Histogram pada Gambar 4 menunjukkan bahwa kekerasan pensil identik dengan kurva fraksi-gel sebagai fungsi konsentrasi fotoinisiator. Konsentrasi fotoinisiator 1% menghasilkan kekerasan maksimum H pada kecepatan 3 m/menit, sedangkan kekerasan maksimum F—H dicapai pada konsentrasi 2% jika kecepatannya 5 m/menit.

Tegangan Putus. Tegangan putus sebagai fungsi konsentrasi fotoinisiator disajikan pada Gambar 5. Kecenderungan sifat tegangan putus juga mirip dengan fraksi-gel. Menurut CHARLESBY (10), tegangan putus tidak hanya bergantung pada densitas ikatan silang, tetapi juga dipengaruhi oleh kemungkinan kristalisasi, adanya bahan pengisi (*filler*), dan berat molekul mula-mula. Pada proses pembentukan rantai menjadi struktur jaringan berikatan silang, mobilitas polimer menurun. Rantai polimer menjadi tidak mudah bergerak satu terhadap yang lain, sehingga nilai tegangan putus menjadi semakin tinggi. Apabila tegangan putus dikaitkan dengan densitas ikatan silang, maka kurva tegangan putus sesuai dengan kurva fraksi-gel, karena fraksi-gel ditentukan oleh densitas ikatan silang. Nilai tegangan putus pada kecepatan 3 m/menit lebih tinggi dibanding 5 m/menit. Tegangan putus maksimum pada kecepatan 3 dan 5 m/menit masing-masing ialah 335 dan 70 kg/cm². Dengan nilai tersebut lapisan dapat digolongkan ke dalam bahan yang mempunyai kekuatan sedang.

Kestabilan Termal. Kestabilan termal lapisan ditentukan dengan mengukur perubahan berat secara kontinu pada kecepatan pemanasan tetap menggunakan analisis termogravimetri. Pengukuran suhu awal terjadinya dekomposisi (T_0), dan suhu pada pengurangan berat sebesar 10% (T_{10}) merupakan faktor penting untuk mengetahui kestabilan termal polimer (11). T_{10} lebih mudah dan lebih teliti ditentukan dari termogram dibanding T_0 . Dari termogram Gambar 6a (kecepatan konveyor 3 m/menit), nilai T_{10} pada konsentrasi fotoinisiator 0,5; 1; 1,5; 2; 3; dan 5%, masing-masing ialah 356, 360, 348, 315, 310, dan 348°C. Pada konsentrasi fotoinisiator yang sama (kecepatan konveyor 5 m/menit) diperoleh T_{10} masing-masing ialah 375,

355, 355, 340, 365, dan 365°C (Gambar 6). Dekomposisi termal terjadi 2 tahap, kecuali pada konsentrasi 0,5 dan 1%. Hal ini menunjukkan bahwa semakin tinggi konsentrasi fotoinisiator, semakin banyak fraksi polimer dengan berat molekul rendah, sehingga mudah terdekomposisi.

Ketahanan Kimia. Lapisan tidak begitu tahan terhadap NaOH 10%, *thinner*, dan noda dari spidol warna hitam, dan mempunyai ketahanan yang baik terhadap Na₂CO₃ 1%, H₂SO₄ 10%, asam asetat 5%, alkohol 50%, serta spidol warna merah dan biru, pada kecepatan konveyor 3 m/menit. Ketahanan lapisan terbaik diperoleh pada konsentrasi fotoinisiator antara 1,5 dan 2%. Pada kecepatan 5 m/menit lapisan tidak tahan terhadap NaOH 10%, H₂SO₄ 10%, *thinner*, serta spidol warna biru dan hitam. Ketahanan terbaik dicapai pada konsentrasi fotoinisiator 2%. Ketahanan bahan kimia/pelarut dan noda pada kecepatan 3 m/menit lebih baik dibanding pada kecepatan 5 m/menit.

KESIMPULAN

Lapisan poliester akrilat bisfenol A etoksilat diakrilat yang diiradiasi dengan sinar-UV menggunakan fotoinisiator 2-hidroksi-2-metil-1-fenilpropanon mempunyai sifat-sifat, kekerasan antara F dan H, tegangan putus 335 dan 270 kg/cm², serta suhu dekomposisi termal pada pengurangan berat 10% ialah 360 dan 375°C. Sifat tersebut diperoleh pada konsentrasi optimum fotoinisiator 1—1,5% dan 1,5—2% pada kecepatan konveyor masing-masing 3 dan 5 m/menit. Lapisan tidak begitu tahan terhadap NaOH 10%, *thinner*, dan spidol warna hitam.

UCAPAN TERIMA KASIH

Penulis mengucapkan terima kasih kepada seluruh operator di Instalasi Fasilitas Iradiasi mesin berkas elektron yang telah melaksanakan iradiasi terhadap contoh uji dalam penelitian ini.

PUSTAKA

1. ANONYMOUS, National Paint & Coatings Association, Save Handling and Use of Ultra-Violet/Electron Beam (UV/EB) Curable Coatings, NPCA, Washington (1980) 1.
2. SENICH, G.A., and FLORIN, R.E., Radiation Curing of Coating, Rev. Macromol. Chem. Phys. C24 2 (1984) 277.
3. HOLMAN, R., and OLDRING, P., UV & EB Curing Formulation for Printing Inks Coatings & Paints, SITA, London (1988) 39.
4. JAPANESE INDUSTRIAL STANDARD, Testing Methods for Organic Coatings (JIS K 5400), JIS, Japan (1970) 72.

- 5. AMERICAN SOCIETY FOR TESTING AND MATERIALS, Annual Book of ASTM Standards, part 27, ASTM, Philadelphia (1982) 477.
- 6. AMERICAN SOCIETY FOR TESTING AND MATERIALS, Annual Book of ASTM Standards, part 21, ASTM, Philadelphia (1972) 474.
- 7. VAN LANDUYT, D.C., and LEYLER, S.P., Physical and electrical properties of acrylic oligomers, Radiation Curing (1982) 10.
- 8. HANRAHAN, M.J., "The effect of photoinitiator concentration on the properties of UV Formulations", Proceedings Radtech '90 North America, Vol I, Chicago (1990) 249.

- 9. SENG, H.P., Test methods for the characterisation of UV-and EB cured printing varnishes, Part 2, Beta-gamma 4 (1989) 25.
- 10. CHARLESBY, A., Atomic Radiation and Polymers, Pergamon Press, London, (1972) 154.
- 11. CHIANG, W.J., and CHIANG, W.C., Condensation polymerization of multifunctional monomers and properties of related polyester resins, J. Appl. Pol. Sc. 35 6 (1988) 1433.

KESIMPULAN

Lapisan polimer akrilik berjenis A diekskalisasi dengan sinar UV menggunakan fotoinisiator 2,2-dimetil-1-fenilpropan-1-on (DMP) dalam konsentrasi 10% dan H₂O₂ dalam konsentrasi 1% dan H₂O dalam konsentrasi 1%. Sifat mekanik dan sifat listrik dari komposisi tersebut pada suhu kamar dan suhu 100°C, serta sifat ketahanan terhadap sinar UV dan suhu tinggi. Hasil penelitian menunjukkan bahwa komposisi tersebut memiliki sifat mekanik yang baik dan tahan terhadap sinar UV serta suhu tinggi.

UCAPAN TERIMA KASIH

Penulis mengucapkan terima kasih kepada seluruh operator di Laboratorium Sinar UV dan Radiasi Elektron yang telah melaksanakannya terhadap penelitian ini.

PUSTAKA

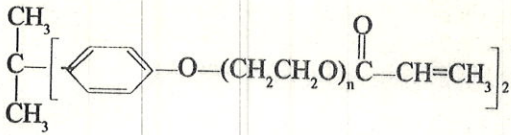
1. ANONYMOUS, National Paint & Coatings Association, 2nd Edition, Use of UV-Violet Light Curing (1980) 1.

2. SENICH, G.A., and LORIN, R.E. Radiation Curing of Coatings, Rev. Macromol. Chem. Phys. C24 2 (1984) 277.

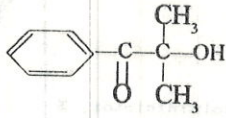
3. HOLMAN, R., and OLDRIK, P. UV & EB Coatings Formulation for Printing Ink Coatings & Paints, SITA, London (1988) 19.

4. JAPANESE INDUSTRIAL STANDARD Testing Methods for Organic Coatings (JIS K 5400), JIS, Japan (1970) 72.

Ketelitian terhadap ketahanan terhadap lapisan dicampur dengan menggunakan peralatan beta secara konvensional dengan menggunakan alat ukur tenaga radiasi. Penelitian ini awal terjadinya dekomposisi T_2 dan suhu pada penuntaran beta seperti halnya faktor penting untuk mengontrol ketahanan terhadap faktor-faktor tersebut. Dari ter- tulis diteliti dan akan diteliti lebih lanjut. Nilai mekanik dan sifat listrik konveyor 5 m/menit, nilai T_2 pada konsentrasi fotoinisiator 0.5, 1, 1.5, 2, 3, dan 5%, masing-masing ialah 560, 548, 512, 310, dan 348°C. Pada konsentrasi fotoinisiator yang sama (kecepatan kon- veyor 5 m/menit) diperoleh T_2 masing-masing ialah 375,

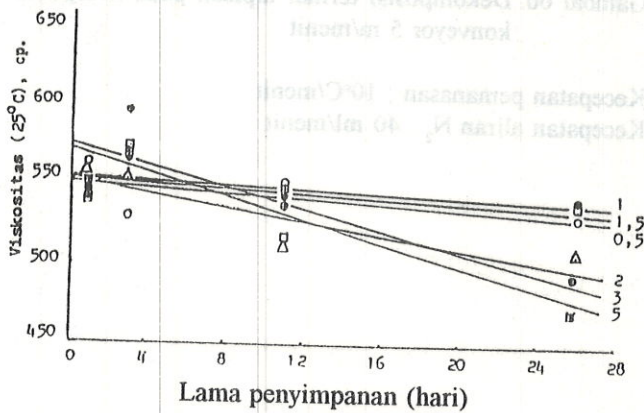


bisfenol a etoksilat diakrilat
(Photomer 4028)



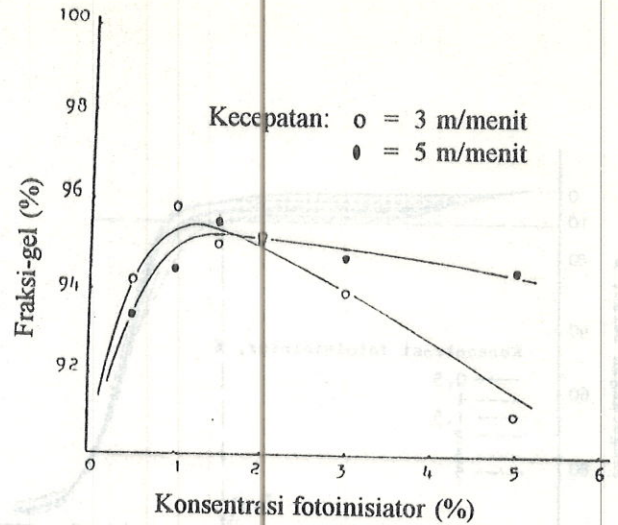
2-hidroksi-2-metil-1-fenilpropanon
(Darocur 1173)

Gambar 1. Struktur kimia ester akrilat Photomer 4028 dan fotoinisiator Darocur 1173

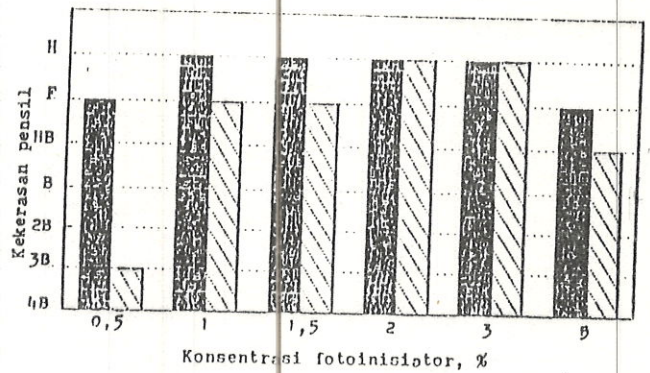


Gambar 2. Pengaruh lama penyimpanan terhadap viskositas bahan pelapis pada berbagai konsentrasi fotoinisiator

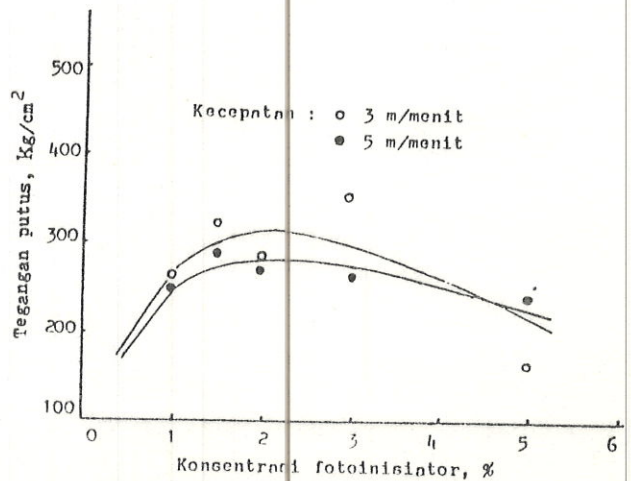
- (0,5): $y = 551,0 - 0,585 x$; $r = 0,937$
- (1): $y = 553,3 - 0,440 x$; $r = 0,914$
- (1,5): $y = 548,3 - 0,529 x$; $r = 0,852$
- (2) : $y = 554,4 - 1,912 x$; $r = 0,898$
- (3) : $y = 576,9 - 3,238 x$; $r = 0,790$
- (5) : $y = 569,7 - 3,425 x$; $r = 0,935$



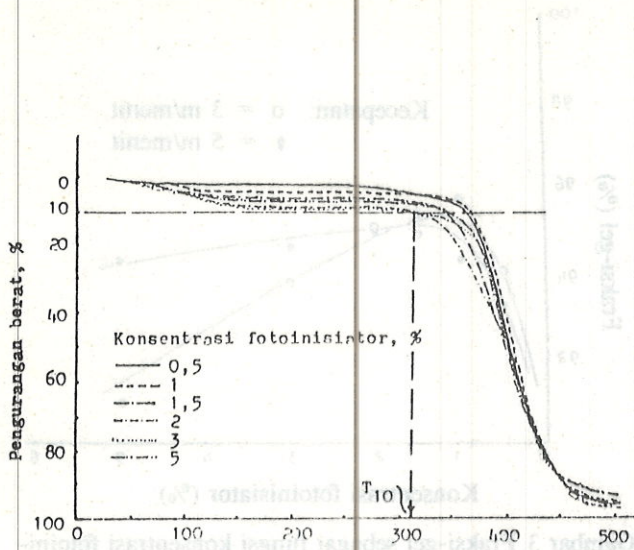
Gambar 3. Fraksi-gel sebagai fungsi konsentrasi fotoinisiator



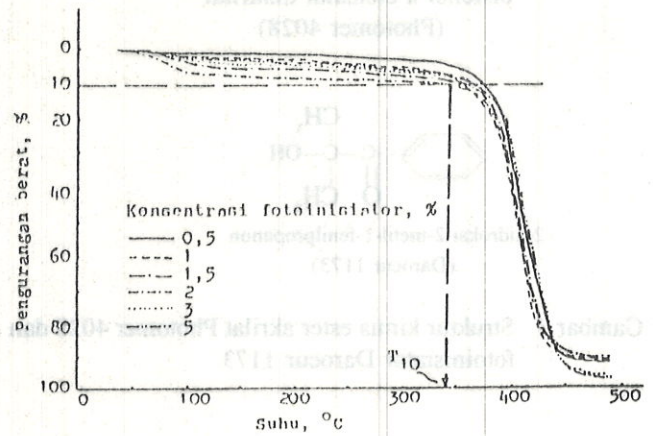
Gambar 4. Kekerasan pensil sebagai fungsi konsentrasi fotoinisiator
Kecepatan = 3 m/menit; 5 m/menit



Gambar 5. Tegangan putus sebagai fungsi konsentrasi fotoinisiator



Gambar 6a. Dekomposisi termal lapisan pada kecepatan konveyor 3 m/menit



Gambar 6b. Dekomposisi termal lapisan pada kecepatan konveyor 5 m/menit

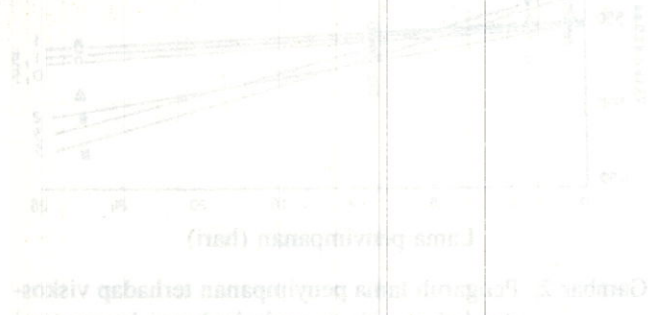
Kecepatan pemanasan : 10°C/menit
Kecepatan aliran N₂ : 40 ml/menit



Gambar 4. Kecepatan pemanasan sebagai fungsi konsentrasi fotoinisiator



Gambar 5. Tegangan permukaan sebagai fungsi konsentrasi fotoinisiator



Gambar 6. Tegangan permukaan sebagai fungsi konsentrasi fotoinisiator

DISKUSI

RAHAYU C.

1. Mengapa penelitian Anda menggunakan Mesin Ultra-violet?
2. Apa perbedaan yang mendasar treatment dengan U.V dan EBM?

SUGIARTO

1. Radiasi ultra violet dipakai karena tidak memerlukan nitrogen yang harganya cukup mahal di mana nitrogen mutlak diperlukan untuk curing menggunakan radiasi berkas elektron (BE).
2. Perbedaan pokok treatment dengan ultra violet dan berkas elektron adalah: (a) Bahan pelapis ultraviolet memerlukan fotoinisiator sedangkan dengan berkas elektron tidak. (b) Radiasi ultraviolet tidak memerlukan nitrogen sedangkan dengan berkas elektron memerlukan. (c) Radiasi dengan ultraviolet relatif lebih murah dibandingkan dengan berkas elektron.

YANTI S.

1. Mengapa fraksi gel menurun sampai drastis dengan kenaikan konsentrasi fotoinisiator pada kecepatan konveyer 3m/min ?

2. Apakah monomer reaktif sebagai crosslink-agent tidak akan dipakai dalam coating yang anda lakukan ?

SUGIARTO

1. Fraksi gel menurun drastis dengan kenaikan konsentrasi fotoinisiator pada kecepatan konveyer 3m/min, sebab semakin tinggi konsentrasi fotoinisiator dan semakin rendah kecepatan konveyer semakin banyak radikal yang terbentuk tiap satuan waktu. Jumlah radikal yang terlalu banyak menyebabkan reaksi terminasi lebih dominan dibanding reaksi propagasi. Akibatnya, polimer BM rendah lebih banyak terjadi, sedangkan polimer ini mudah larut dalam ekstraksi, sehingga menurunkan fraksi gel.
2. Dalam sistem bahan pelapis radiasi suatu senyawa dapat berfungsi sebagai oligomer dasar yang mempunyai viskositas rendah.

Dengan viskositas rendah sekitar 500 cp dan sifat oligomer yang polifungsional, maka oligomer ini sudah dapat dipakai untuk coating tanpa penambahan monomer sebagai crosslink agent

DISKUSI

2. Apakah monomer teraktil sebagai crosslink-agent tidak akan dipakai dalam coating yang anda lakukan ?

SUGIARTO

1. Fraksi gel menurun drastis dengan kenaikan konsentrasi fotoinisiator pada kecepatan konveyor tertentu, sebab semakin tinggi konsentrasi fotoinisiator dan semakin rendah kecepatan konveyor semakin banyak radikal yang yang terbentuk tiap satuan waktu. Jumlah radikal yang telah banyak menyebabkan reaksi terminasi lebih dominan dibanding reaksi propagasi. Akibatnya polimer BM rendah lebih banyak terjadi, sedangkan polimer ini mudah larut dalam etilasetat, sehingga menurunkan fraksi gel.

2. Dalam sistem bahan pelapis radian sinar senyawa dapat berfungsi sebagai oligomer dasar yang mempunyai viskositas rendah.

Dengan viskositas rendah sekitar 900 cp dan nilai oligomer yang polifungsional, maka oligomer ini mudah dapat dipakai untuk coating tanpa penambahan monomer sebagai crosslink agent.

RAHAYU C.
1. Mengapa penelitian Anda menggunakan Mesin Ultra-violet?
2. Apa perbedaan yang mendasar treatment dengan U.V dan EBM?

SUGIARTO

1. Radasi ultra violet dipakai karena tidak memerlukan nitrogen yang harusnya cukup mahal di mana nitrogen mudah diperoleh dalam bentuk curung menggunakan tabung busbar elektron (BE).

2. Perbedaan pokok treatment dengan ultra violet dan busbar elektron adalah (a) Bahan pelapis ultra violet memerlukan fotoinisiator sedangkan dengan busbar elektron tidak. (b) Radasi ultra violet tidak memerlukan trogen sedangkan dengan busbar elektron memerlukan trogen. (c) Radasi dengan ultra violet relatif lebih murah dibanding busbar dengan busbar elektron.

YANTI S

1. Mengapa fraksi gel menurun sampai drastis dengan kenaikan konsentrasi fotoinisiator pada kecepatan konveyor tertentu ?