

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. Elsie 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)

1. 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

PENGANTAR

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

Pertemuan ilmiah kali ini diadakan oleh IAG Group Peserta yang terdiri dari para ilmuwan dan peneliti serta wakil-wakil dari berbagai instansi pemerintah, BUMN, dan swasta.

Isotop pertanian ilmiah ini membahas dua masalah utama yang dibawakan oleh peserta yaitu tentang Program Riset Unggulan Strategis Nasional dan Pemanfaatan Sains dan Teknologi Nuklir dalam Meningkatkan Produktivitas Industri dan Pengolahan Lingkungan. Selanjutnya, dibahas secara singkat 75 masalah hasil penelitian yang dibagi dalam tiga kelompok dan dipresentasikan secara paralel.

Keberhasilan masalah pertanian 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.

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 se-cara 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 TRIMUL-YADI	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, MASAHARU 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
Pemetaan gen Gametophyte (ga-2,ga-3) pada RFLP <u>linkage map</u> tanaman padi SOBRIZAL	19
Variasi somaklonal seleksi umur genjah dari galur mutan padi (<i>Oryza sativa</i> L.) varietas Sen- tani 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 <u>in vitro</u> 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 GANDANE- GARA	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 Pusaanegara 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 annum</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 <u>sludge</u> 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 (<i>Clarias batrachus</i>) 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 monokrotopos dalam tanaman kacang hijau pada fase vegetatif dan generatif M. SULISTYATI TUNG GULDIHARDJO	133
Studi perilaku residu karbaril (1-naftil-N-metilkarbamat) dalam tanah dengan teknik perunut ^{14}C ERRY ANWAR dan M. SULISTYATI TUNG GULDIHARDJO	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- <i>Escherichia coli</i> teradiasi neutron cepat dengan dapar fosfat dan natrium klorida IRWANSYAH	157

PENGARUH BERAT MOLEKUL OLIGOMER URETAN AKRILAT DAN MONOMER REAKTIF PADA SIFAT PEREKAT PEKA TEKANAN

Darsono*, T. Sasaki**, Yanti Sabarinah Soebianto*, dan Mirzan T. Razzak*

*Pusat Aplikasi Isotop dan Radiasi-BATAN

**Takasaki Radiation Chemistry Research Establishment, JAERI

ABSTRAK

PENGARUH BERAT MOLEKUL OLIGOMER URETAN AKRILAT DAN MONOMER REAKTIF PADA SIFAT BAHAN PEREKAT PEKA TEKANAN. Iradiasi berkas elektron menimbulkan pengikatan silang antara molekul-molekul uretan akrilat, sehingga dapat meningkatkan sifat fisik oligomer seperti kerekatan, fleksibilitas, dan mengurangi kelengketan untuk bahan perekat peka tekanan (PPT). Dalam percobaan ini dipakai uretan akrilat dengan berat molekul yang relatif tinggi akibat pertambahan unit poliester (1,6-HX-DA)-nya. Hasil percobaan menunjukkan bahwa keteguhan rekat dan kelengketan film yang terbentuk meningkat dengan kenaikan berat molekul. Penambahan derivat monomer akrilat tidak berpengaruh nyata terhadap keteguhan rekat maupun kelengketan film uretan, tetapi penambahan monomer yang mempunyai gugus polar seperti n-butyl karbamat etil akrilat pada oligomer rendah dan menengah dapat memperbaiki perbandingan antara kohesi-adhesi film perekat peka tekanan. Pengikatan sifat kohesi tersebut adalah melalui pembentukan ikatan hidrogen dengan sesama molekulnya maupun molekul uretan akrilatnya.

ABSTRACT

EFFECT OF MOLECULAR WEIGHT OF URETHANE ACRYLATE AND REACTIVE MONOMER ON PHYSICAL PROPERTIES OF PRESSURE SENSITIVE ADHESIVES. Electron beam irradiation induces intermolecular crosslinking of urethane acrylate molecules and improves its physical properties such as peel strength, flexibility and reduces tackiness for pressure sensitive adhesive (PSA) film. Urethane acrylate oligomers of various number of polyester units (1,6-HX-DA) were used in the present experiment. The experimental results show that the peel strength and tackiness of the PSA films increases with the increase of molecular weight. The presence of acrylic monomers derivative insignificantly affect the peel strength as well as tackiness of the film. However, the presence of acrylic monomer having a polar group such as n-butyl carbamate ethyl acrylate has been able to improve the adhesion-cohesion equilibrium of the PSA film. The improvement is through the formation of hydrogen bonding among the monomer molecules as well as among the monomer-oligomers molecules.

PENDAHULUAN

Prapolimer poliuretan bukanlah resin pelapis yang murah, tetapi cukup banyak dipakai akibat keunggulannya yang tidak dimiliki oleh resin pelapis yang lain. Poliuretan banyak juga dipakai untuk "sealant" dan cat yang proses pengerasannya melalui reaksi dengan uap air. Adanya gugus akrilat atau metakrilat pada ujung akan mempercepat proses polimerisasi radikal dan pengerasan lapisan (1, 2).

Sifat film poliuretan yang mengandung gugus akrilat lebih lembut, tetapi ulet (*tough*). Sifat-sifat ini menyebabkan pra-polimer akrilat dipilih sebagai salah satu resin untuk perekat peka tekanan (PPT).

Pada proses pelapisan, viskositas oligomer sangat berperan karena efeknya terhadap formulasi sangat besar. Berat molekul dapat diatur dengan mengubah perbandingan komponen poliesternya. Di samping mengontrol Bm-nya, viskositas oligomer dapat diturunkan dengan penambahan monomer sebagai pengencer reaktif. Monomer selain sebagai pengencer juga akan mempengaruhi kecepatan *curing* dan sifat fisik mekanik film yang terjadi.

Pada penelitian ini dilakukan pengujian sifat-sifat perekat peka tekanan yang diperoleh dari hasil iradiasi berkas elektron 4 macam oligomer uretan akrilat yang mempunyai berat molekul berbeda. Dipelajari juga pengaruh penambahan beberapa monomer akrilat pada sifat-sifat perekat peka tekanan.

BAHAN DAN METODE

Bahan. Oligomer uretan dari Sanwa Chemical Co. Ltd. dengan rumus kimia teoritis sebagai berikut:

HEA-IPDI-(1,6-HX-DA)_n-1,6HX-IPDI-HEA

Komponen-komponen tersebut terdiri dari: HEA (2-Hidroksietil akrilat), IPDI (Isoforone disosianat), DA (asam dimer), HX (1,6-Heksanadiol), dan *n* adalah jumlah unit poliester. Setiap oligomer mengandung 20% THF-MA (tetra hidrofurfuril metakrilat) teknis.

Monomer yang digunakan ialah monomer akrilat tanpa pemurnian, yaitu disiklopentaniletal akrilat (FA-

513A), disiklopentanil metakrilat (FA-513 M), dari Hitachi Chemical Co. Ltd. 2-(2-okso-3-oksozolidinil)-etil akrilat (CL-959), dan n-butil karbamat etil akrilat (CL-1039).

Oligomer uretan akrilat yang sudah maupun yang belum ditambah dengan monomer dipanaskan dalam oven pada suhu 60–70°C selama kurang lebih 1 jam untuk menurunkan viskositas, agar mudah dilapiskan. Perbandingan berat monomer dengan oligomer adalah 1/10. Pelapisan pada permukaan film polietilentereftalat (PET) berukuran 30 x 20 x 0,05 cm³ menggunakan Baker Type Applicator. Tebalan lapisan yang diperoleh adalah sekitar 30 mikron.

Iradiasi. Iradiasi dilakukan dengan berkas elektron bertegangan rendah 300 keV (Nissin High Voltage) pada arus 30 mA.

Pengujian Lapisan Film

1. **Fraksi gel.** Ditentukan sesuai prosedur ASTM 3351 untuk mengetahui derajat pengikatan silang.
2. **Daya rekat.** Ditentukan dengan mengevaluasi keteguhan rekat (peel strength) pada sudut 180° sesuai JIS 2107-1984. Sampel berukuran 10 cm x 2,5 cm direkatkan pada plat stainless steel (SUS 804) kemudian ditekankan menggunakan roll karet seberat 7 kg. Pengujian dilakukan setelah sampel didiamkan selama 10 menit (inisial) dan 24 jam (permanen) menggunakan Stograf model R-1 buatan Toyo Seiki. Kecepatan penarikan adalah 300 mm/menit.
3. **Kelengketan (Probe Tack).** Diukur sebagai berikut. Sampel dipotong dengan ukuran 2,5 cm x 5 cm, direkatkan pada permukaan kaca dengan ukuran 2,5 cm x 5 cm x 0,2 mm yang sudah diberi isolasi double coated. Selanjutnya, probe tack diukur menggunakan batang silinder berdiameter 5 mm selama 1 detik, dengan kecepatan tarikan 10 meter/menit. Kelengketan ditentukan dengan beban yang diperlukan untuk melepaskan batang silinder dari permukaan sampel, dengan satuan g/5 mm₂, yang ditunjukkan pada rekorder alat penguji (probe tack).

HASIL DAN PEMBAHASAN

Pengaruh Berat Molekul Oligomer pada Viskositas PPT. Oligomer-oligomer yang digunakan dalam penelitian ini adalah uretan akrilat (DUA) yang mempunyai komponen sama, dan setiap oligomer mengandung 20% THF-MA.

Tabel 1 menunjukkan bahwa viskositas oligomer makin tinggi dengan kenaikan Bm akibat penambahan unit poliester (1,6 HX-DA), tetapi kenaikan viskositas tersebut tidak sebanding dengan kenaikan Bm. Makin tinggi Bm makin kuat gaya intermolekulernya, sehingga pergeseran molekul yang satu terhadap yang lain makin sukar.

Iradiasi berkas elektron menimbulkan pengikatan silang antarmolekul dan meningkatkan sifat fisik oligomer, seperti perekatan dan fleksibilitas, serta mengurangi kelengketan, dan lain-lain.

Tabel 2 menunjukkan pengaruh berat molekul oligomer uretan akrilat dan dosis iradiasi terhadap sifat

PPT. Pengujian keteguhan rekat (peel strength) dilakukan dengan menarik lapisan oligomer dari substrat stainless steel. Suatu PPT yang baik diharapkan mempunyai kelengketan yang baik, keteguhan rekat yang tinggi dan sedapat mungkin tidak meninggalkan bekas pada substrat bila dilepas. Kedua sifat yang terakhir akan didapat jika ada keseimbangan adhesi dan kohesi di dalam sistem (4). Makin kecil unit poliesternya ($n = 1$), makin rendah dosis (10 kGy) yang diperlukan untuk mendapatkan fraksi gel yang relatif tinggi (66%). Oligomer DUA-4001 sama sekali tidak meninggalkan bekas pada substrat ketika ditarik tetapi keteguhan rekat inisial maupun permanennya sangat rendah. Jadi, pengikatan silang yang terlalu tinggi tidak memberikan keseimbangan adhesi dan kohesi yang baik pada oligomer DUA-4001.

Pengukuran fraksi gel oligomer-oligomer yang lebih tinggi menunjukkan bahwa diperlukan dosis yang lebih tinggi untuk menimbulkan pengikatan silang yang relatif tinggi. Kenaikan awal fraksi gel terhadap dosis sangat tinggi untuk oligomer DUA-4003 ($n = 3$), tetapi tidak begitu tinggi untuk oligomer yang lebih besar ($n = 8$ dan $n = 10$). Ditinjau dari struktur kimianya, jumlah poliester jenuh yang terdapat pada oligomer tersebut (Tabel 1), ($n = 3$) diduga lebih banyak gugus akrilatnya daripada yang dua terakhir ($n = 8$ dan $n = 10$). Mungkin ini menunjukkan bahwa mobilitas molekul-molekul DUA-4003 lebih reaktif, sehingga pembentukan ikatan silang pada tahap awal lebih mudah. Oligomer DUA-4008 dan DUA-4010 mempunyai kerapatan molekul yang tinggi, karena jumlah unit poliesternya lebih banyak, sehingga kandungan akrilat dalam oligomer tersebut lebih sedikit. Untuk mendapatkan fraksi gel maksimum diperlukan dosis iradiasi yang cukup tinggi, karena gugus reaktifnya rendah. Keteguhan rekat yang tinggi dicapai pada saat pengikatan silang sempurna (fraksi gel maksimum) untuk oligomer uretan akrilat tersebut.

Kelengketan oligomer cenderung meningkat dengan bertambahnya unit poliester, karena semakin tinggi unit poliesternya semakin sedikit gugus akrilat dalam oligomer tersebut. Kelengketan oligomer DUA-4008 tidak dipengaruhi oleh dosis iradiasi. Hal ini mungkin menunjukkan bahwa orientasi gugus poliesternya tidak dipengaruhi oleh pengikatan silang yang terjadi. Pada oligomer DU-4003, mobilitas molekulnya mungkin mempengaruhi orientasi gugus poliesternya, sehingga kelengketannya cenderung berubah dengan perubahan dosis.

Meskipun oligomer-oligomer tinggi ini mempunyai kelengketan dan keteguhan rekat yang baik, penampilannya tetap kurang baik, karena masih meninggalkan bekas jika dilepaskan dari substratnya. Ini menunjukkan belum adanya keseimbangan antara adhesi dan kohesi dalam sistem tersebut. Hal ini mungkin disebabkan oleh adanya ikatan rangkap yang belum membentuk ikatan silang.

Pengaruh Penambahan Monomer Akrilat. Untuk mengurangi viskositas oligomer agar dapat dilapiskan perlu ditambahkan suatu monomer reaktif. Fungsi monomer tersebut adalah sebagai pengencer, selain itu ia akan mempengaruhi kecepatan curing, sifat mekanik, dan ke-

kelengkapan PPT yang terbentuk.

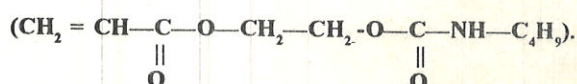
Monomer monoakrilat dipilih sebagai pengencer, karena pada umumnya monomer ini meningkatkan perpanjangan putus (*elongation at break*, Eb) meskipun tegangan putusnya (*tensile at break*, Tb) menurun (2). Monoakrilat yang mengandung gugus karbamat siklis dan yang mempunyai struktur oksazolidone dipilih sebagai pengencer karena tidak toksik dan tidak mudah menguap (6).

Gambar 1, 2, dan 3 menunjukkan pengaruh penambahan beberapa monomer akrilat dengan struktur yang berbeda-beda terhadap keteguhan rekat DUA-4003, DUA-4008, dan DUA-4010. Adanya monomer akrilat yang ditambahkan tidak membuat sistem menjadi lebih reaktif, karena dosis iradiasi yang diperlukan untuk mencapai keteguhan rekat maksimum untuk ketiga jenis oligomer ($n = 3, 8$ dan 10) tidak mengalami penurunan. Sebaliknya, keteguhan rekatnya mengalami penurunan akibat adanya monomer-monomer tersebut.

Penambahan monomer akrilat ke dalam oligomer DUA-4003 hampir tidak memberikan efek pada kelengkutan, keteguhan rekat, maupun fraksi gelnya pada dosis optimum 30 kGy (Gambar 1 dan Tabel 3), tetapi CL-1039 (*n*-butil karbamat etil akrilat) berhasil memperbaiki penampilan perekat dari DUA-4003. Data ini mungkin menunjukkan bahwa monomer yang ditambahkan telah meningkatkan kohesi molekul secara fisika, bukan melalui reaksi kimia, seperti penambahan monomer dietilamino etilakrilat dan asam akrilat ke dalam poliester tidak jenuh yang disintesis dari asam fumarat/maleat (3). Pada sistem poliester tidak jenuh, adanya monomer akrilat mereaktifkan resin dan meningkatkan fraksi gel. Hal ini disebabkan oleh terjadinya homopolimerisasi monomer itu sendiri bersama dengan kopolimerisasinya dengan poliester akrilat.

Dari Gambar 2 dan 3 dapat dilihat bahwa dosis iradiasi untuk mencapai keteguhan rekat terbaik menjadi lebih tinggi. Monomer akrilat yang mengandung gugus oksazolidone (CL-959) justru menurunkan keteguhan rekat film. Jika ditinjau dari fraksi gel dan kelengkutannya, penambahan monomer tidak memberi perubahan (Tabel 3). Jadi, meningkatnya dosis iradiasi mungkin disebabkan oleh makin renggangnya jarak antara molekul-molekul oligomer akibat pengenceran oleh monomer dan kekurangan fleksibilitas molekul-molekul tersebut akibat tingginya berat molekul. Ketidakeaktifan monomer terhadap oligomer mungkin disebabkan oleh struktur ruangnya yang tidak menunjang reaksi pengikatan silang monomer-oligomer.

Meskipun monomer yang ditambahkan tidak berpengaruh pada kelengkutan, fraksi gel dan kerekatannya, monomer tersebut dapat memperbaiki penampilan PPT, terutama yang berasal dari oligomer dengan Bm menengah ($n = 8$). Film tidak meninggalkan bekas ketika dilepas dari substratnya. Monomer yang berhasil memperbaiki DU-4003 dan 4008 adalah CL-1039 (*n*-butil karbamat etil akrilat), monomer yang mempunyai struktur rantai terbuka dan gugus polar:



Jadi, diduga CL-1039 yang ditambahkan berhasil memperbaiki sifat kohesi PPT dengan mengadakan ikatan hidrogen dengan sesamanya maupun dengan molekul oligomer, bukan melalui reaksi kimia (*grafting*) seperti pada sistem dietilaminoetil metakrilat (DE)-poliester tidak jenuh (4). SHIRAISSI dkk. (5), dapat membedakan kereaktifan monomer-monomer monoakrilat, diakrilat, dan metakrilat karena uretan yang dipakai mempunyai Bm rendah. Dalam penelitian ini perbedaan akrilat dan metakrilat tidak nyata mungkin karena viskositasnya sangat tinggi.

KESIMPULAN

Kelengkutan dan keteguhan rekat lapisan oligomer akrilat meningkat dengan kenaikan unit poliester (1,6 Hx-DA)-nya.

Gaya kohesi PPT dapat ditingkatkan dengan penambahan monomer akrilat yang mengandung gugus polar seperti karbamat. Monomer ini melalui ikatan hidrogennya meningkatkan gaya kohesi molekul-molekul uretan akrilat.

UCAPAN TERIMA KASIH

Penulis mengucapkan terima kasih kepada Direktur Takasaki Radiation Chemistry Research Establishment, dan Kepala Pusat Aplikasi Isotop dan Radiasi atas kesempatan untuk melakukan penelitian di Radiation Processing Development Laboratory, JAERI, Takasaki.

DAFTAR PUSTAKA

1. HUSBANS, M.J., STANDEN C.J., and HAYWORD, G.A., "Manual of resin for surface coating", Resin for Surface Coating, Vol. 3 (OLDRING, P., and HAYWORD, G., eds.), SITA Technology Marketing, London (1987).
2. MARTIN, B., "Acrylated polyurethane oligomers", UV Curing and Tehnology, Vol.2 (PAPPAS, S.P., ed.), Marketing Corp., Norwalk (1985).
3. DARSONO, SASAKI, T., SABARINAH, Y., RAZZAK, M.T., "Sintesis poliester tak jenuh untuk perekat peka tekanan secara radiasi berkas elektron", Prosiding Simposium Nasional Polimer 1995, Jakarta (1995)
4. HUBER, H.F., and MULLER, H., "Radiation curable polyester for the formulation", Paper presented at Radcure 1987, Munich (1987) 443
5. SHIRAISSI, K., TAKEDA, S., and SASAKI, T., EB cureble urethan acrylate oligomers for PSA, Radcur (1993) 370.
6. GARETT, R.W., Electron beam curing of polymeric coating on steel special emphasis on adhesion (1991), tidak diterbitkan.

Tabel 1. Spesifikasi teknis oligomer uretan akrilat dari asam dimer *)

Parameter	DUA-4001 (n=1)	DUA-4003 (n=3)	DUA-4008 (n=8)	DUA-4010 (n=10)
Viskositas cps/25°C	52.000	88.000	106.800	136.800
Angka asam	1,2	1,0	1,1	1,3
Nomer warna	3 ⁺	4 ⁺	4 ⁺	4-5
Berat molekul	13.700	18.300	38.000	40.200

*) Hasil pengukuran Sanwa chemical Co.Ltd.
n = Unit poliesther

Tabel 2. Pengaruh berat molekul (Bm) oligomer dan dosis iradiasi uretan akrilat terhadap sifat perekat peka tekanan

Resin	Dosis (kGy)	Keteguhan rekat, (g/25mm) inisial permanen		Probe tack (g/5mm o)	Fraksi gel, (%)	Penampilan (*)
DUA-4001 n=1 Bm=3.700	10	35	220	170	66	0
DUA-4003 n=3 Bm=18.300	10	300	370	184	44	x
	20	750	1020	188	65	x
	30	500	990	256	82	x
	40	30	500	206	83	^
DUA-4008 n=8 Bm=38.000	50	800	1270	279	60	x
	75	1029	1475	282	73	X
	100	1225	1500	287	84	x
	125	1200	1600	276	90	^
DUA-4010 n=10 Bm=40.200	50	200	450	302	60	x
	75	1060	1500	391	73	x
	100	1225	1500	287	74	X
	125	1250	1600	276	33	^
	150	1300	1950	275	90	^

*) 0 = tanpa meninggalkan bekas pada substrat (baik)

^ = sedikit meninggalkan bekas pada substrat (cukup)

x = meninggalkan bekas pada substrat (jelek)

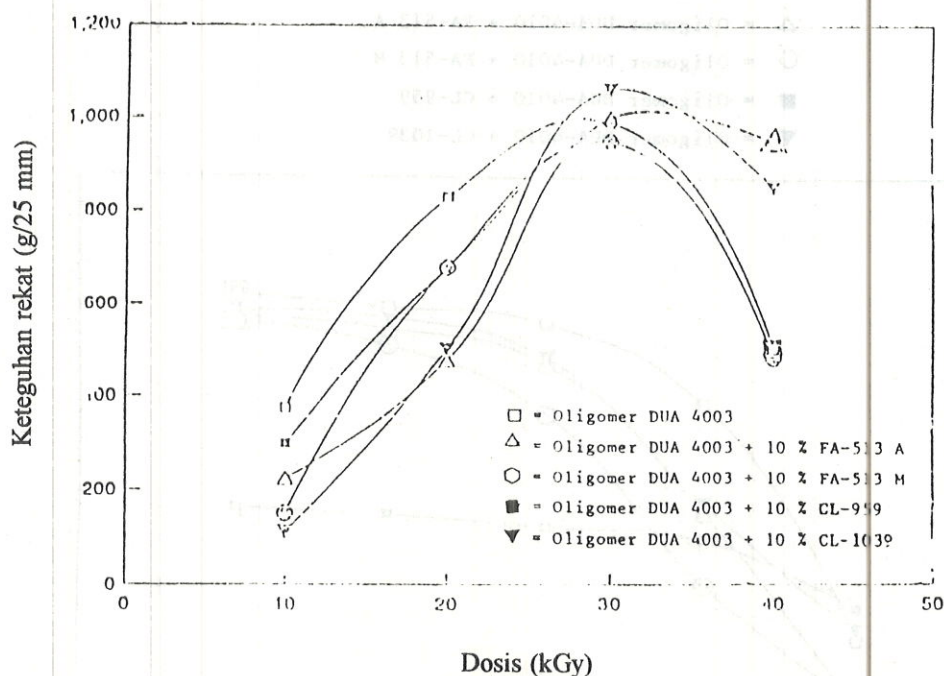
Tabel 3. Sifat kelengketan, fraksi gel dan penampilan film pada oligomer DUA yang dicampur dengan 10% monomer akrilat

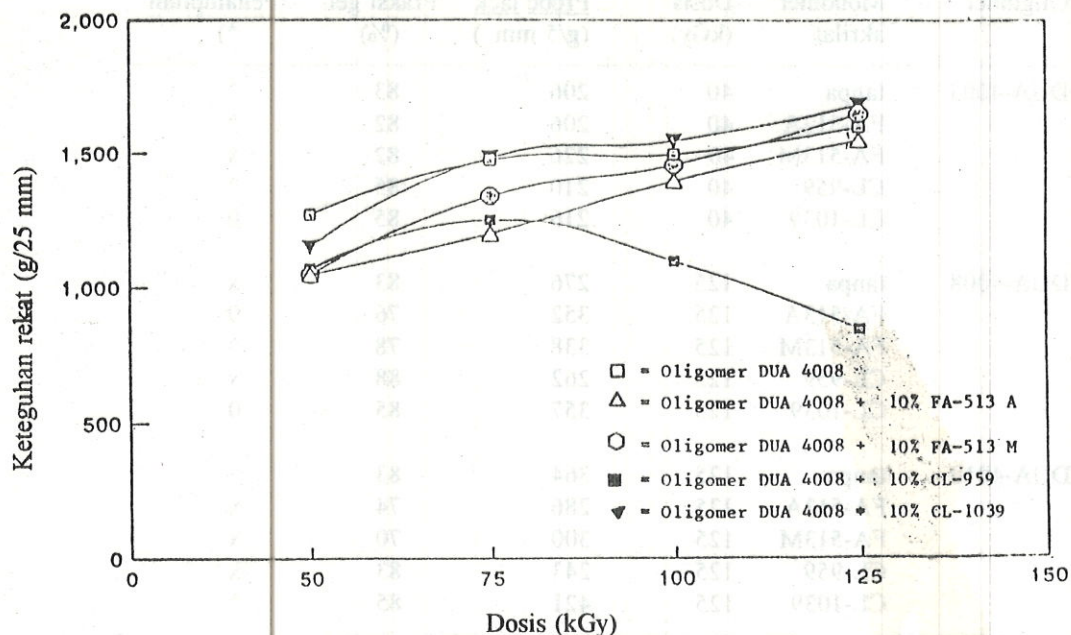
Oligomer	Monomer akrilat	Dosis (kGy)	Probe tack (g/5 mm)	Fraksi gel (%)	Penampilan *)
DUA-4003	tanpa	40	206	83	^
	FA-513A	40	206	82	^
	FA-513M	40	226	82	x
	CL-959	40	210	85	^
	CL-1039	40	216	85	0
DUA-4008	tanpa	125	276	83	x
	FA-513A	125	352	76	0
	FA-513M	125	338	78	^
	CL-959	125	262	88	x
	CL-1039	125	357	85	0
DUA-4010	tanpa	125	364	83	^
	FA-513A	125	286	74	x
	FA-513M	125	300	70	x
	CL-959	125	243	83	x
	CL-1039	125	421	85	^

*) 0 = tanpa meninggalkan bekas pada substrat (baik)

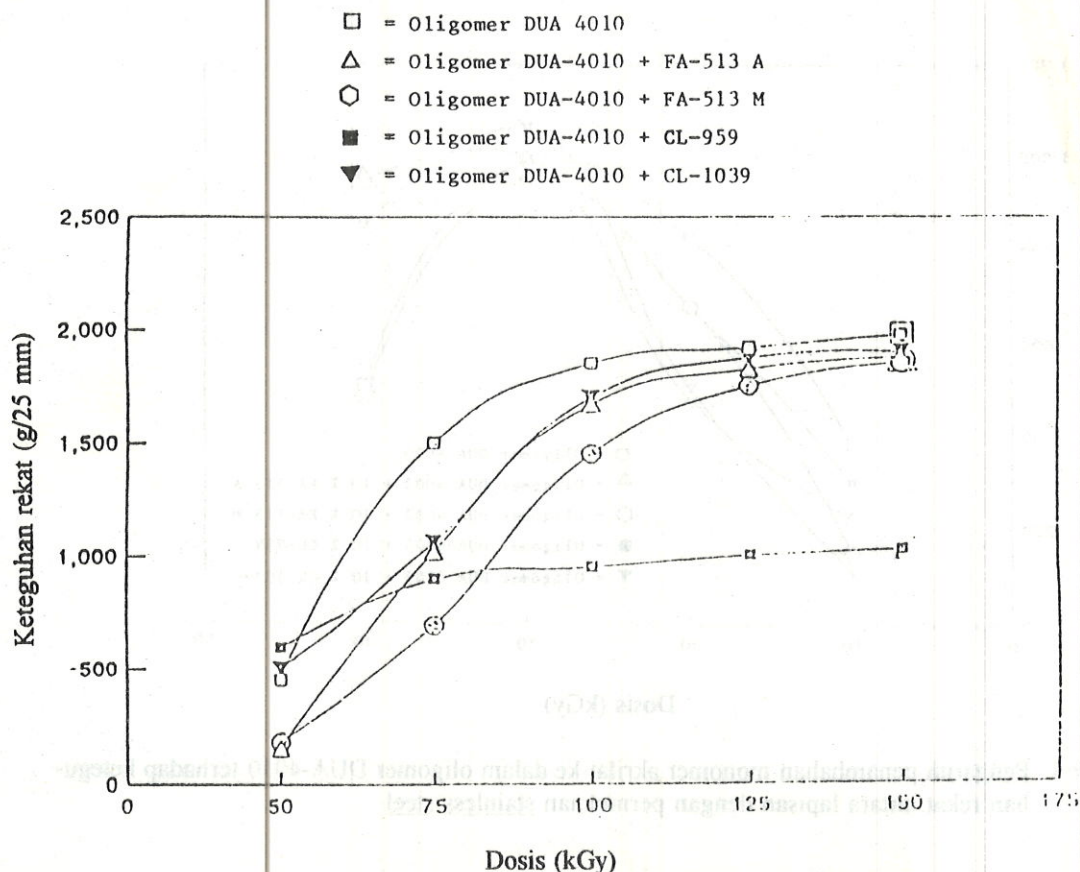
^ = sedikit meninggalkan bekas pada substrat (cukup)

x = meninggalkan bekas pada substrat (j)

Gambar 1. Pengaruh penambahan monomer akrilat ke dalam oligomer DUA-4010 terhadap keteguhan rekat antara lapisan dengan permukaan stainless steel



Gambar 2. Pengaruh penambahan monomer akrilat ke dalam oligomer DUA-4008 terhadap keteguhan rekat antara lapisan dengan permukaan stainless steel



Gambar 3. Pengaruh penambahan monomer akrilat ke dalam oligomer DUA-4010 terhadap keteguhan rekat antara lapisan dengan permukaan stainless steel

DISKUSI

ANIK SUNARNI

1. Kolom apakah yang dipakai untuk menentukan BM?
2. Pelarut apa yang dipakai dalam menentukan BM?

DARSONO

Pada penelitian ini kami tidak menentukan BM, kami memakai oligomen yang telah diukur BM-nya oleh Sanwa Chemical (pemasok), namun dapat kami informasikan bahwa:

1. Kolom GPC yang dipakai adalah kolom Sandex KF 802 + KF 804, Model Jasco Trirotor II dengan detektor RI - SE II,
2. Pelarutnya adalah THF (tetra hidro furan).

HERWINARNI. S

1. Mengapa BM tinggi, viskositas tinggi?
2. Pengukuran BM dilakukan dengan metode apa?
3. Mengapa BM sangat berpengaruh terhadap keteguhan rekat?

DARSONO

1. $[\eta] = K.M^\alpha$
di mana:

$[\eta]$ = viskositas; M = Berat molekul; serta K dan α = konstante. Dilihat dari rumus tersebut apabila BM tinggi maka viskositasnya tinggi (kental).

2. Dengan metode saring molekul menggunakan GPC model Jasco Trirotor II, Detektor R-I, SE-II dengan column Shondex KF 802 + KF 804.
3. Karena Struktur molekulnya, bila BM tinggi kerapatan molekulnya tinggi sehingga pembentukan fraksi gel awalnya tinggi, fraksi gel tinggi mengakibatkan keteguhan rekatnya tinggi, pada BM rendah viskositas oligomernya lebih encer dibandingkan dengan BM tinggi, sehingga pembentukan fraksi gel tinggi diperlukan dosis rendah mengakibatkan keteguhan rekatnya rendah.

DISKUSI DARSONO 1. $[\eta] = K \cdot M^a$ di mana $[\eta]$ = viskositas M = Berat molekul, serta K dan a = konstante. Dilihat dari rumus tersebut apabila BM tinggi maka viskositasnya tinggi (kental). 2. Dengan metode analisis molekul menggunakan GPC model Jasco Titration II Detector R-1, SR-II dengan column Shodex KF 802 + KF 804. 3. Karena struktur molekulnya, bila BM tinggi kemampuan molekulnya tinggi sehingga pembentukan faskes koloidalnya tinggi, faskes koloidal mengakibatkan koloidnya lebih encer dibandingkan dengan BM tinggi, sehingga pembentukan faskes koloidalnya rendah, faskes koloidal mengakibatkan koloidnya rendah.	DARSONO 1. Apakah yang dimaksud dengan viskositas tinggi? 2. Apakah yang dimaksud dengan viskositas rendah? 3. Apakah yang dimaksud dengan viskositas tinggi? 4. Apakah yang dimaksud dengan viskositas rendah? 5. Apakah yang dimaksud dengan viskositas tinggi? 6. Apakah yang dimaksud dengan viskositas rendah? 7. Apakah yang dimaksud dengan viskositas tinggi? 8. Apakah yang dimaksud dengan viskositas rendah? 9. Apakah yang dimaksud dengan viskositas tinggi? 10. Apakah yang dimaksud dengan viskositas rendah?	ANIK SURABDI 1. Apakah yang dimaksud dengan viskositas tinggi? 2. Apakah yang dimaksud dengan viskositas rendah? 3. Apakah yang dimaksud dengan viskositas tinggi? 4. Apakah yang dimaksud dengan viskositas rendah? 5. Apakah yang dimaksud dengan viskositas tinggi? 6. Apakah yang dimaksud dengan viskositas rendah? 7. Apakah yang dimaksud dengan viskositas tinggi? 8. Apakah yang dimaksud dengan viskositas rendah? 9. Apakah yang dimaksud dengan viskositas tinggi? 10. Apakah yang dimaksud dengan viskositas rendah?	HIZWIYATI 1. Apakah yang dimaksud dengan viskositas tinggi? 2. Apakah yang dimaksud dengan viskositas rendah? 3. Apakah yang dimaksud dengan viskositas tinggi? 4. Apakah yang dimaksud dengan viskositas rendah? 5. Apakah yang dimaksud dengan viskositas tinggi? 6. Apakah yang dimaksud dengan viskositas rendah? 7. Apakah yang dimaksud dengan viskositas tinggi? 8. Apakah yang dimaksud dengan viskositas rendah? 9. Apakah yang dimaksud dengan viskositas tinggi? 10. Apakah yang dimaksud dengan viskositas rendah?
---	---	--	---