

**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. Elsje 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 menyebarkan 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

PENDAHULUAN

Keberhasilan pertanian tingkat atasnya, Pertanian Lestari Aplikasi Lestari dan (ALPORA) ke-8 yang diselenggarakan oleh Pusat Aplikasi Lestari dan Radasi Badan (KEMAS) pada tanggal 8-9 Januari 1998 bertujuan untuk mengobrolkan informasi dan hasil penelitian yang berkaitan dengan aplikasi teknik nuklir dalam bidang pertanian. Bidang-bidang yang dibahas meliputi: Biologi, Kimia, Biologi, Lingkungan, Pertanian, dan Peternakan. Dengan demikian, ilmu pengetahuan dan teknologi yang telah dikembangkan dalam bidang ini dapat dimanfaatkan oleh pihak-pihak terkait untuk kepentingan masyarakat pada umumnya.

Pertemuan tingkat ke-8 ini diadakan oleh IRI dengan peserta yang terdiri dari para ilmuwan dan praktisi serta wakil dari berbagai instansi pemerintahan, BUMN, dan swasta.

Dalam pertemuan tingkat ke-8 ini dibahas dua masalah utama yang dibawakan oleh pembicara, yaitu tentang Program Riset Unggulan Strategis Nasional, dan Program Sains dan Teknologi Nuklir dalam Menunjang Pembangunan Industri dan Peningkatan Lingkungan. Selanjutnya, dibahas tentang VII masalah hasil penelitian yang dibahas dalam tiga kelompok dan dipresentasikan secara paralel.

Pembahasan masalah pertanian tingkat ke-8 diharapkan dapat menambah sumber informasi dan ilmu pengetahuan yang berkaitan dengan teknik nuklir bagi pihak-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 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 <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 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 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. SIS- WORO	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 di- tanam 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 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- <i>Escherichia coli</i> teradiasi neutron cepat dengan dapar fosfat dan natrium klorida IRWANSYAH	157

KOPOLIMERISASI ASAM LAKTAT DENGAN BETA-PROPIOLAKTON TANPA KATALISATOR

Suharni Sadi*, Masaharu Asano**, dan Minoru Kumakura**

* Pusat Aplikasi Isotop dan Radiasi, BATAN

** Takasaki Radiation Chemistry Research Establishment

ABSTRAK

KOPOLIMERISASI ASAM LAKTAT DENGAN BETA-PROPIOLAKTON TANPA KATALISATOR.

Untuk mendapatkan polimer dengan berat molekul rendah, dilakukan sintesis dengan kopolikondensasi secara langsung yakni tanpa katalisator. Pada penelitian ini kopolimer disintesis dengan cara mencampurkan 50% molekul asam laktat (DL-LA) dengan 50% molekul beta-propiolaktone (B-PL) di dalam sebuah gelas ampul. Campuran tersebut direndam di dalam penangas minyak pada temperatur 200°C, selama 1, 3, 5, 7, 10, dan 20 jam. Kopolimer yang terjadi kemudian diiradiasi pada sumber ⁶⁰Co dengan dosis 0, 10, 100, dan 200 kGy pada laju dosis 10 kGy/jam. Pemeriksaan kopolimer dilakukan dengan GPC, ¹H-NMR, ¹³C-NMR dan untuk mengamati kopolimer yang terlarut dilakukan secara *in vitro*. Hasil yang diperoleh selama 24 jam di dalam larutan penyanggah ialah sebagai berikut: pada dosis 0 kGy, kopolimer yang terlarut ialah 100%; pada dosis 10 kGy, kopolimer yang terlarut adalah 90%; pada dosis 100 kGy, kopolimer yang terlarut ialah 80%; dan pada dosis 200 kGy, kopolimer yang terlarut ialah 78%. Ternyata makin tinggi dosis iradiasi, maka makin rendah kopolimer yang terlarut. Hal ini disebabkan terjadinya ikatan silang dalam kopolimer tersebut.

ABSTRACT

DIRECT COPOLYMERIZATION OF DL-LACTIC ACID (DL-LA) WITH BETA-PROPIOLACTON IN THE ABSENCE OF CATALYSTS.

To obtain low-molecular weight copolymers, they were synthesized by direct copolycondensation in the absence of catalysts. In this research the direct copolymerization of DL-LA and B-PL in the absence of catalysts were as follows: A mixture of DL-LA (50 molecule %) and B-PL (50 molecule %) in a glass ampoule was bubbled by nitrogen gas at a flow rate of 200 ml/minutes. After that it dipped into oil bath at 200°C for 1, 3, 7, 10 and 20 hours. The copolymers molecular weight were measured by GPC. ¹H-NMR spectra were carried out to determine the copolymers composition. Copolymerizability was done by using ¹³C-NMR. The solubility was done by *in vitro* experimental. After 24 hours incubation, *in vitro* solubility of copolymers were as follows: at a dose of 0 kGy, the solubility was 100%; at a dose of 10 kGy, the solubility was 90%; at a dose of 100 kGy, the solubility was 80%; and at a dose of 200 kGy, the solubility was 78%. It was obviously that *in vitro* solubility decreased by the increase of irradiation dose. Irradiation effects caused cross linking in the copolymers.

PENDAHULUAN

Obat yang dipakai untuk mengobati/menghilangkan rasa sakit dari kaki hingga kepala mulai yang sederhana seperti aspirin, antibiotika misalnya penisilin, dan obat lain yang tidak terhitung banyaknya. Obat yang diberikan bentuknya beraneka ragam misalnya berupa tablet, cairan, kapsul, dan lain-lain. Secara administratif pemakaian obat dibagi dalam beberapa cara antara lain secara oral, dermal, penyuntikan pada kulit, dan ditanam dalam jaringan tubuh/pencangkokan/implantable type. Selama setengah abad menurut GRAHAM (1), telah terjadi pengembangan dalam bidang farmasi terhadap wujud kimia atau obat yang berguna untuk memperbaiki kesehatan. Delivery system telah memainkan peranan yang berarti dalam menentukan khasiat pengobatan (therapeutic efficacy) terhadap obat yang diformulasikan. Agen terapi/obat tersebut merupakan suatu kombinasi antara obat dengan delivery system dan hal tersebut tidak mungkin untuk dipisahkan. Introduksi terhadap controlled drug delivery adalah suatu ide di mana agen aktif (obat) dapat dilepas

pada kecepatan dan waktu yang tertentu. Pengontrolan terhadap pelepasan obat tidak saja bertujuan untuk pemberian dosis yang tepat, tetapi juga untuk memperbaiki terapi (1, 2).

Metode controlled release mula-mula dikembangkan pada tahun 1962 (3) yang berdasarkan pada difusi molekul kecil (B.M. < 500) melalui dinding tabung karet silikon.

Umumnya polimer dipakai pada delivery system. Hal itu disebabkan polimer dibuat dari suatu komposisi yang besar yang terdiri dari 3 bentuk, yaitu kristal solid, gelas keras yang amorf, dan karet yang amorf atau dapat juga dibuat plastik dengan berat molekul yang rendah. Menurut FOLKMAN (3) polimer yang dipakai dalam delivery system harus memenuhi beberapa syarat, yaitu: (a) implantasi biodegradasi; (b) target delivery; (c) delivery yang responsif; dan (d) pulsa dari delivery.

Implantasi biodegradasi, yaitu delivery system yang ideal di mana polimer tersebut dapat mengadakan biodegradasi disebabkan oleh badan/cairan badan (enzim), yang kemudian diabsorpsi tanpa menimbulkan bahaya.

Pada implantasi nonbiodegradasi, polimer tersebut harus dibuang dari jaringan tubuh manusia bila obat yang dibawanya telah habis daya kerjanya. Atau dengan kata lain penderita tersebut harus dioperasi kembali.

Target delivery termasuk teknik meletakkan suatu obat pada bagian tubuh tertentu. Dalam hal ini yang diperlukan adalah efek fisiologiknya. Obat dengan jumlah sedikit akan mempunyai efek terapi yang besar.

Delivery yang responsif ialah membran polimer yang dapat melepas obat sebagai respons terhadap kelenjar tubuh, misalnya dihasilkannya insulin disebabkan adanya glukose. Hal tersebut sebenarnya masih jauh dari jangkauan, tetapi merupakan suatu hal yang menjanjikan terhadap delivery system, yaitu meriru respons alami dari kelenjar tubuh.

Pulsa dari delivery ialah dosis obat yang diperlambat sesuai dengan aktivitas obat.

Menurut PEPPAS (2), polimer biodegradasi telah lama menjadi perhatian para peneliti. Dipakainya teknologi controlled release terhadap polimer, disebabkan polimer tersebut dapat berdegradasi kemudian diabsorpsi oleh tubuh sehingga tidak menimbulkan bahaya. Biodegradable carrier dibuat dari polimer yang pada rantai utamanya terdapat ikatan ester (-COO-). Di dalam tubuh kita karena pengaruh enzim, ikatan tersebut dipecah menjadi air (H₂O) dan karbon dioksida (CO₂), sehingga tidak berbahaya bagi tubuh manusia. Menurut ASANO (4) dan FUKUZAKI (5), pengembangan polimer biodegradasi dan biocompatibility sangatlah penting aplikasinya dalam bidang biomedis, terutama penggunaannya sebagai biodegradable carrier untuk drug delivery system. Hal tersebut dapat dicapai bila digunakan polimer dengan berat molekul rendah.

Untuk mendapatkan polimer dengan berat molekul rendah maka dilakukan suatu sintesis, yaitu dengan kopolikondensasi secara langsung, yaitu tanpa katalisator (5, 6, 7). Hal tersebut dilakukan karena sisa katalisator akan tertinggal pada polimer dan dapat membahayakan kesehatan manusia.

Pada penelitian ini polimer/kopolimer disintesis dengan cara mencampurkan 50% molekul asam laktat (DL-LA) dengan 50% molekul beta propiolakton (B-PL), yang dilakukan dalam penangas minyak pada temperatur 200°C.

Polimer yang terjadi kemudian diiradiasi pada sumber ⁶⁰Co dengan dosis tertentu, maksudnya adalah untuk mengetahui bagaimana pengaruh iradiasi terhadap kopolimer tersebut dan apa yang terjadi bila kopolimer hasil iradiasi tersebut dilarutkan dalam air (bufer fosfat). Reaksi yang terjadi akibat iradiasi ialah cross linking atau degradasi.

Tujuan penelitian ini ialah untuk mengetahui apakah kopolimer tersebut dapat dipakai sebagai matriks baru untuk carrier pada drug delivery system.

BAHAN DAN METODE

Bahan. Bahan yang dipakai pada penelitian ini ialah asam laktat (DL-LA) dan beta propiolakton (B-PL) yang masing-masing mempunyai berat molekul 90,06 dan

70,26. Alat yang dipakai ialah penangas minyak dengan temperatur 200°C, GPC, ¹H NMR, ¹³C NMR, dan sumber radiasi (⁶⁰Co).

Metode

1. Sintesis kopolimer. Kopolimer dibuat dengan cara mencampurkan 50% asam laktat (DL-LA) dengan 50% beta propiolakton (B-PL), dalam suatu ampul gelas. Ke dalam ampul tersebut kemudian dimasukkan gas nitrogen dengan kecepatan 200 ml/menit selama 2--3 menit. Hal tersebut dilakukan dengan maksud untuk membuang udara/oksigen dalam campuran tersebut karena dengan pengaruh radiasi dapat menimbulkan senyawa radikal. Setelah itu, ampul tersebut direndam di dalam penangas minyak pada temperatur 200°C selama 1, 3, 7, 10, dan 20 jam.

2. Radiasi. Kopolimer yang terjadi kemudian dimasukkan ke dalam gelas ampul. Ke dalam gelas ampul tersebut kemudian disemprotkan gas nitrogen cair (-196°C) in vacuo (10⁻³ mm Hg), maksudnya untuk menghindarkan terjadinya peroksida. Setelah itu ditutup dengan cara melelehkan bagian atas gelas ampul tersebut pada temperatur kamar. Pekerjaan tersebut diulang beberapa kali hingga benar-benar tertutup. Kemudian diiradiasi pada sumber ⁶⁰Co dengan dosis 0, 10, 20, 100, dan 200 kGy pada laju dosis 10 kGy/jam dalam suasana dingin (-78°C, dry ice + metanol). Tujuan iradiasi adalah untuk mempelajari bagaimana pengaruh iradiasi terhadap kopolimer tersebut dan apa yang terjadi bila kopolimer hasil iradiasi tersebut dilarutkan dalam air (bufer fosfat). Reaksi yang terjadi akibat radiasi adalah cross linking atau degradasi.

3. Analisis. Kopolimer yang terjadi dianalisis berat molekulnya dengan memakai GPC. Komposisi polimer yang terjadi diperiksa dengan menggunakan ¹H-NMR. Kesanggupannya menjadi polimer (polimerization ability) diperiksa dengan ¹³C-NMR. Untuk mengetahui daya larut kopolimer tersebut, maka dilakukan cara malarutkannya dalam air (bufer fosfat), yaitu tanpa enzim. Berat molekul dari polimer yang diiradiasi juga dianalisis dengan GPC. Berat molekul meningkat sesuai dengan volume elusi.

4. Percobaan in vitro. Percobaan ini dilakukan dengan cara melarutkan kopolimer yang terjadi dalam air (bufer fosfat), yaitu tanpa enzim. Sampel yang dipakai, yaitu kopolimer DL-LA/B-PL dengan komposisi 50/50% molekul selama kondensasi 20 jam. Diambil sampel yang diiradiasi dengan dosis 0, 10, 20, 100, dan 200 kGy sebanyak kira-kira 100 mg, kemudian dimasukkan ke dalam gelas yang telah berisi larutan penyanggah (bufer fosfat 1/15 M, pH 7,2) dan dieramkan pada temperatur 37°C selama 1, 3, 6, 10, 15, 20, dan 24 jam. Perhitungan persentase sampel yang terlarut, yaitu:

$$\frac{\text{berat sampel semula} - \text{berat sampel sisa}}{\text{berat sampel semula}} \times 100\%$$

HASIL DAN PEMBAHASAN

Pada Gambar 1 terlihat skema terjadinya kopolimer dengan cara kondensasi tanpa katalisator.

Pada Gambar 2 dapat dilihat profil GPC dari homopolimer DL-LA/B-PL (100/0), kopolimer DL-LA/B-PL

(67/33), kopolimer DL-LA/B-PL (50/50), dan homopolimer DL-LA/B-PL (0/100). Pada profil GPC dari homopolimer DL-LA/B-PL (100/0), dapat dilihat perbandingan sampel dari 1-20 jam. Pada sampel 1-5 jam, terdapat puncak oligomer (oligomer peak) dan pada sampel 7 jam hingga 20 jam, puncak oligomer tersebut menghilang. Hal ini kiranya sesuai dengan viskositas sampel tersebut. Kopolimer yang terbentuk bergerak kekanan, yaitu sesuai dengan berat molekul yang semakin besar dan selain itu berkorelasi dengan waktu reaksi.

Pada profil GPC dari DL-LA/B-PL (67/33 dan 50/50) puncak oligomer makin mengecil dan pada sampel 10 jam pada kopolimer DL-LA/B-PL (67/33) mulai muncul dua puncak yang terpisah dan hal tersebut makin nyata terlihat pada sampel 20 jam. Pada sampel kopolimer DL-LA/B-PL (50/50) hal tersebut terlihat lebih jelas, terjadi dari sampel 3-20 jam. Hal ini dapat diterangkan sebagai berikut, yakni bila B-PL ditambahkan/direaksikan lebih banyak maka puncak yang terpisah tersebut lebih jelas bentuknya pada profil GPC. Berarti reaksi antara DL-LA dengan B-PL sudah terjadi dengan baik atau dengan kata lain kopolimer DL-LA/B-PL sudah terbentuk.

Pada kopolimer DL-LA/B-PL (0/100) pada sampel 0 jam terdapat puncak yang tajam, dan pada sampel 1 dan 7 jam puncak tersebut menghilang. Pada sampel 1 jam terlihat puncak oligomer. Pada sampel 7 jam terdapat puncak yang tajam dan pada bagian kanannya terdapat puncak yang agak melebar. Berat molekul dari kopolimer DL-LA/B-PL (67/33) dan (50/50) ternyata meningkat sesuai dengan bertambahnya waktu reaksi.

Komposisi kopolimer diperlihatkan pada Gambar 3 dan 4, yaitu spektra $^1\text{H-NMR}$ dan kesanggupannya untuk berkopolimerisasi diperlihatkan pada Gambar 5, yaitu spektra $^{13}\text{C-NMR}$.

Gambar 3 memperlihatkan spektra $^1\text{H-NMR}$ dari homopolimer DL-LA/B-PL (100/0), homopolimer DL-LA/B-PL (0/100) dan kopolimer DL-LA/B-PL (50/50). Puncak a dan b adalah milik DL-LA dan puncak c dan d adalah milik B-PL. a adalah metil (CH_3 -), b adalah metilen ($-\text{O-CH}_2\text{-}$) dan c dan d adalah metin ($-\text{CH}_2$ -). Perbandingan gambar-gambar tersebut adalah untuk menjelaskan bahwa telah terjadi kopolimer DL-LA/B-PL.

Pada Gambar 4 dengan bertambahnya waktu reaksi maka puncak c dan d makin rendah tetapi puncak a dan b tetap stabil. Hal ini menyatakan bahwa dengan bertambahnya waktu reaksi maka kopolimer yang terjadi makin baik.

Gambar 5 adalah spektra $^{13}\text{C-NMR}$ dari kopolimer yang telah terjadi. Gambar a dari homopolimer (100/0), puncak yang tajam adalah metil dan metilen. Gambar c dari homopolimer (0/100) puncak yang tajam adalah metin sedangkan kopolimer (Gambar b) ditandai dengan beberapa puncak (multi peaks) yang terdiri dari metil, metilen dan metin.

Pada Gambar 6 terlihat percobaan daya larut kopolimer secara *in vitro*. Terlihat dengan jelas makin lama kopolimer dilarutkan dalam air (bufer fosfat) maka makin banyak kopolimer yang terlarut. Pada pengeraman selama 24 jam terhadap sampel yang diiradiasi dengan dosis 0 kGy yang terlarut adalah 100%, pada sampel yang diiradiasi dengan dosis 10 kGy yang terlarut adalah 90%, pada sampel yang diiradiasi dengan dosis 100 kGy yang terlarut

adalah 80%, dan pada sampel yang diiradiasi dengan dosis 200 kGy yang terlarut adalah 78%. Ternyata makin tinggi dosis iradiasi maka kopolimer yang terlarut makin menurun. Efek iradiasi dengan dosis tinggi akan menyebabkan terjadinya perubahan dalam kopolimer, yaitu terjadinya cross linking.

Pada Gambar 7 terlihat profil GPC dari sampel DL-LA/B-PL (50/50) selama 20 jam. Terlihat makin tinggi dosis iradiasi bentuk puncak bergeser kekanan, yaitu sesuai dengan volume elusi.

KESIMPULAN

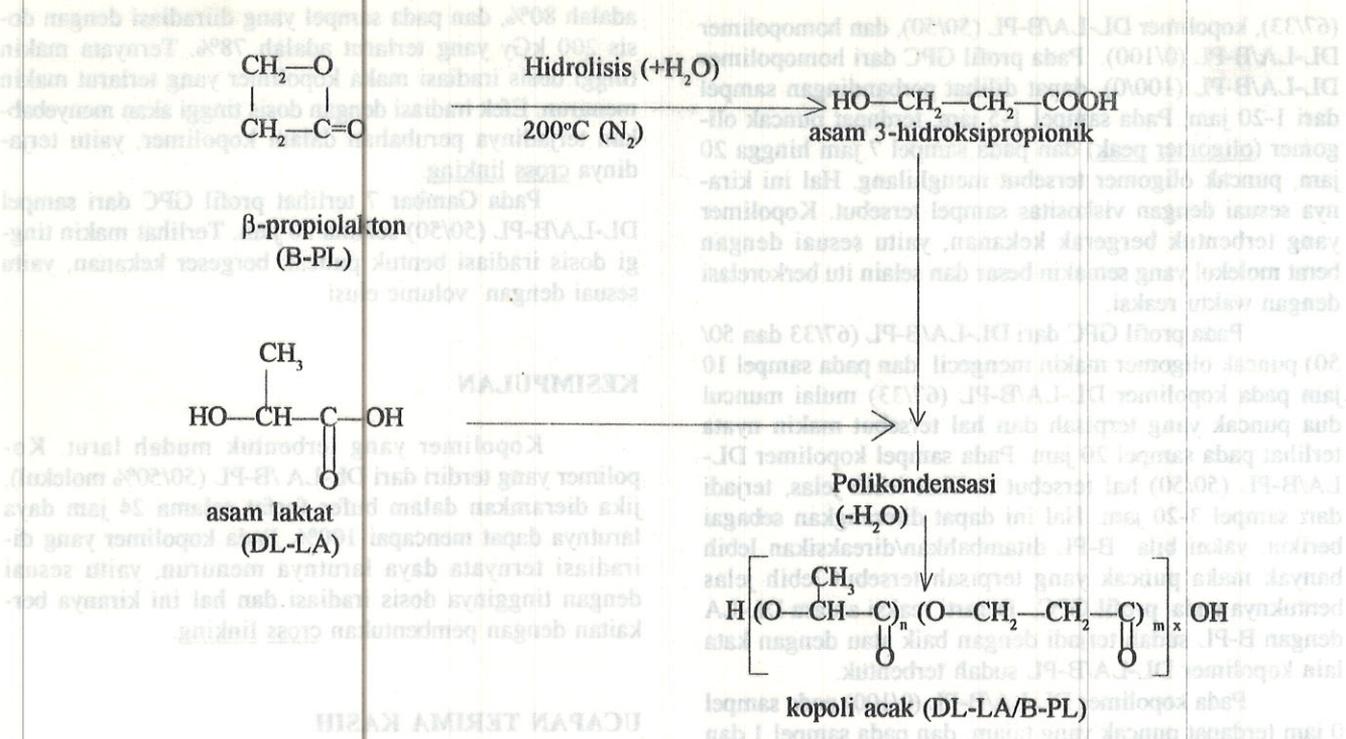
Kopolimer yang terbentuk mudah larut. Kopolimer yang terdiri dari DL-LA/B-PL (50/50% molekul), jika dieramkan dalam bufer fosfat selama 24 jam daya larutnya dapat mencapai 100%. Pada kopolimer yang diiradiasi ternyata daya larutnya menurun, yaitu sesuai dengan tingginya dosis iradiasi dan hal ini kiranya berkaitan dengan pembentukan cross linking.

UCAPAN TERIMA KASIH

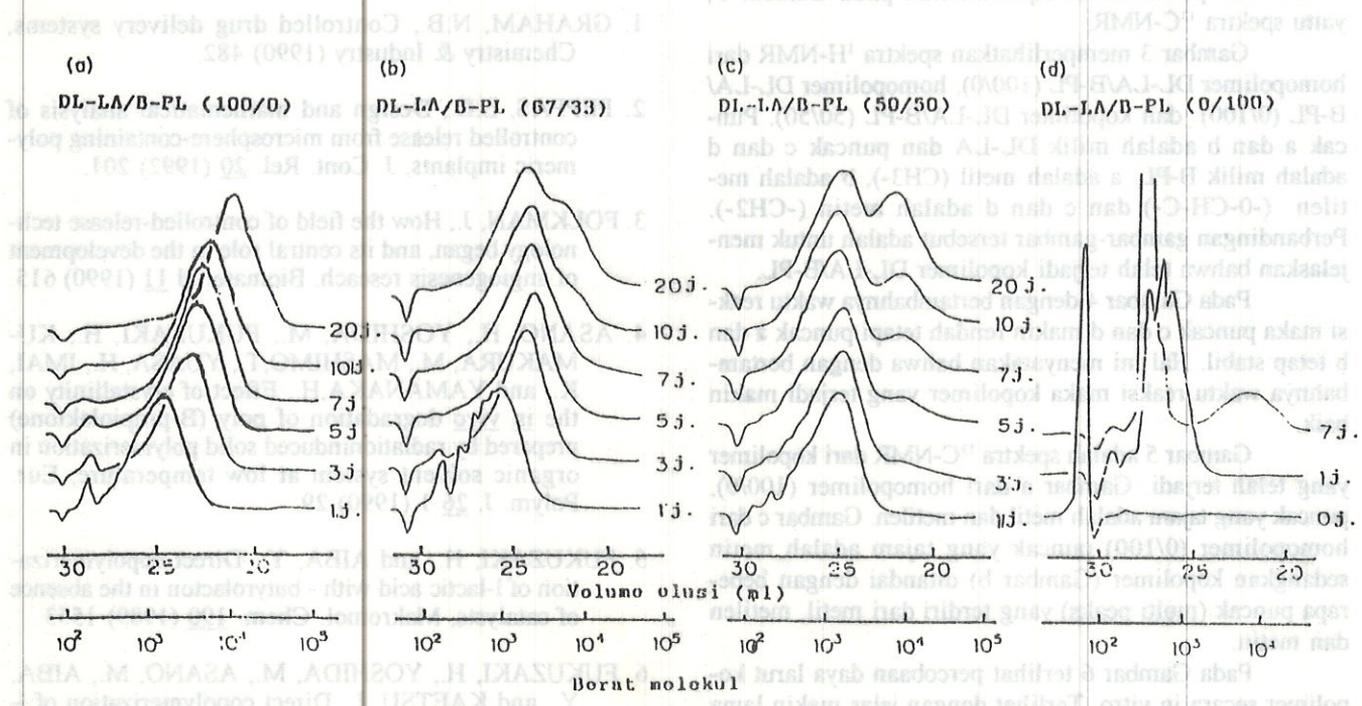
Ucapan terima kasih saya sampaikan kepada Takasaki Radiation Chemistry Research Establishment atas kesempatan yang diberikan kepada saya sehingga penelitian ini terlaksana dengan baik.

DAFTAR PUSTAKA

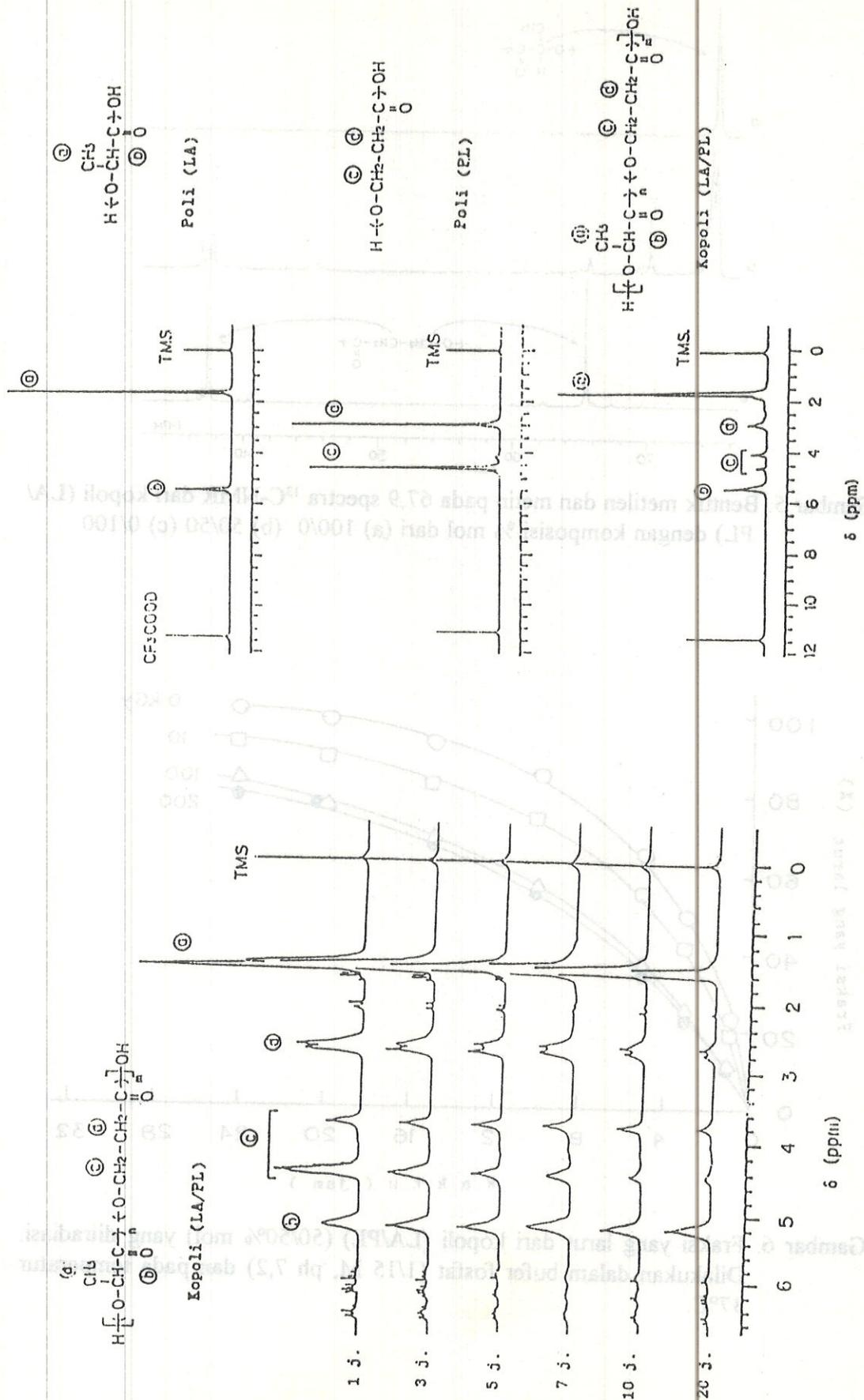
1. GRAHAM, N.B., *Controlled drug delivery systems*, Chemistry & Industry (1990) 482.
2. PEPPAS, L.B., *Design and mathematical analysis of controlled release from microsphere-containing polymeric implants*, J. Cont. Rel. 20 (1992) 201.
3. FOLKMAN, J., *How the field of controlled-release technology began, and its central role in the development of angiogenesis research*, Biomaterial 11 (1990) 615.
4. ASANO, H., YOSHIDA, M., FUKUZAKI, H., KUMAKURA, M., MASHIMO, T., YUASA, H., IMAI, K., and YAMANAKA, H., *Effect of crystallinity on the *in vivo* degradation of poly (B-propiolaktone) prepared by radiation induced solid polymerization in organic solvent system at low temperature*, Eur. Polym. J. 26 1 (1990) 29.
5. FUKUZAKI, H., and AIBA, Y., *Direct copolymerization of l-lactic acid with β -butyrolactone in the absence of catalysts*, Makromol. Chem. 190 (1989) 1553.
6. FUKUZAKI, H., YOSHIDA, M., ASANO, M., AIBA, Y., and KAETSU, I., *Direct copolymerization of l-lactic acid with β -valerolactone in the absence of catalysts*, Eur. Polym. J. 24 11 (1988) 1029.
7. FUKUZAKI, H., YOSHIDA, M., ASANO, M., AIBA, Y., and KUMAKURA, M., *Direct copolymerization of glycolic acid with lactone in the absence of catalysts*, Eur. Polym. J. 26 4 (1990) 457.



Gambar 1. Diagram kopolikondensasi langsung asam laktat dengan propiolaktone dalam ier tanpa katalisator.

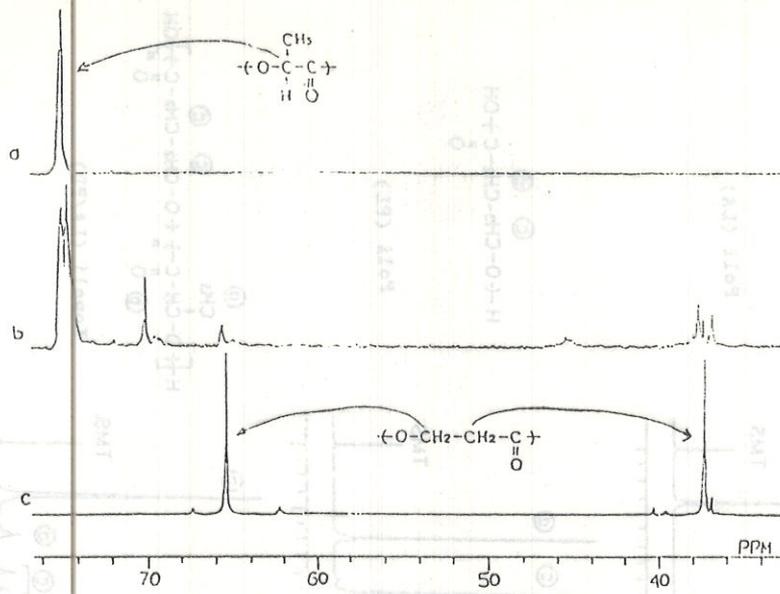


Gambar 2. Profil GPC dari kopoli (DL-LA/B-PL) yang berkorelasi dengan waktu reaksi. Berat molekul disesuaikan dengan standar polistiren. Komposisi (% mol) : (a). 100/0 (b). 67/33 (c). 50/50 (d) 0/100

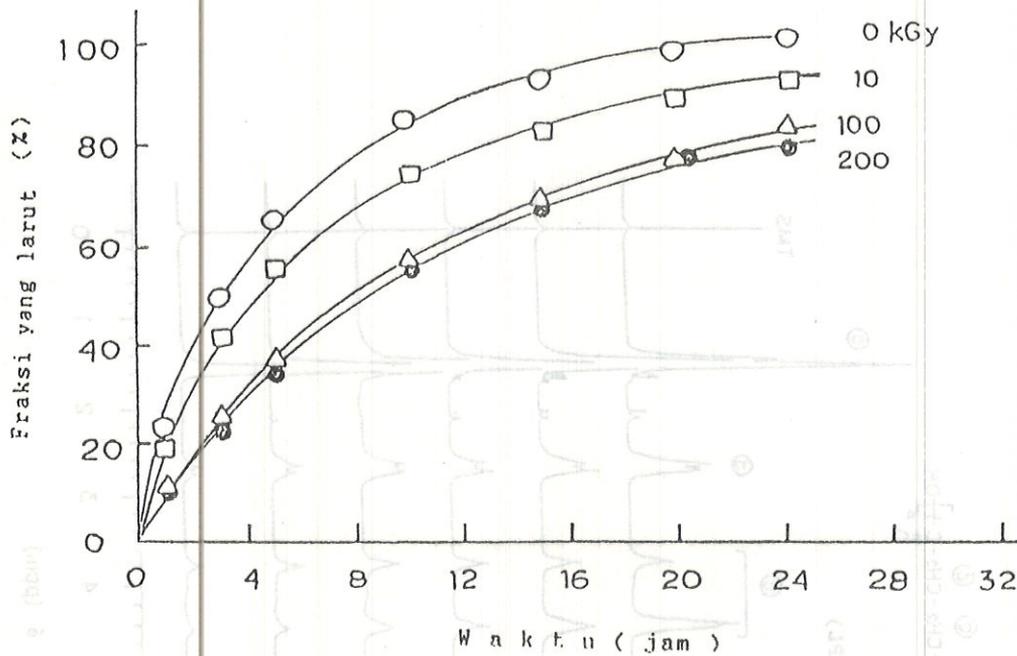


Gambar 4. Bentuk metil, metilen, dan metin pada 270 MHz spektra ¹H-NMR dari kopoli (LA/PL), yang berkorelasi dengan waktu reaksi. Komposisi LA/PL (50/50 % mol)

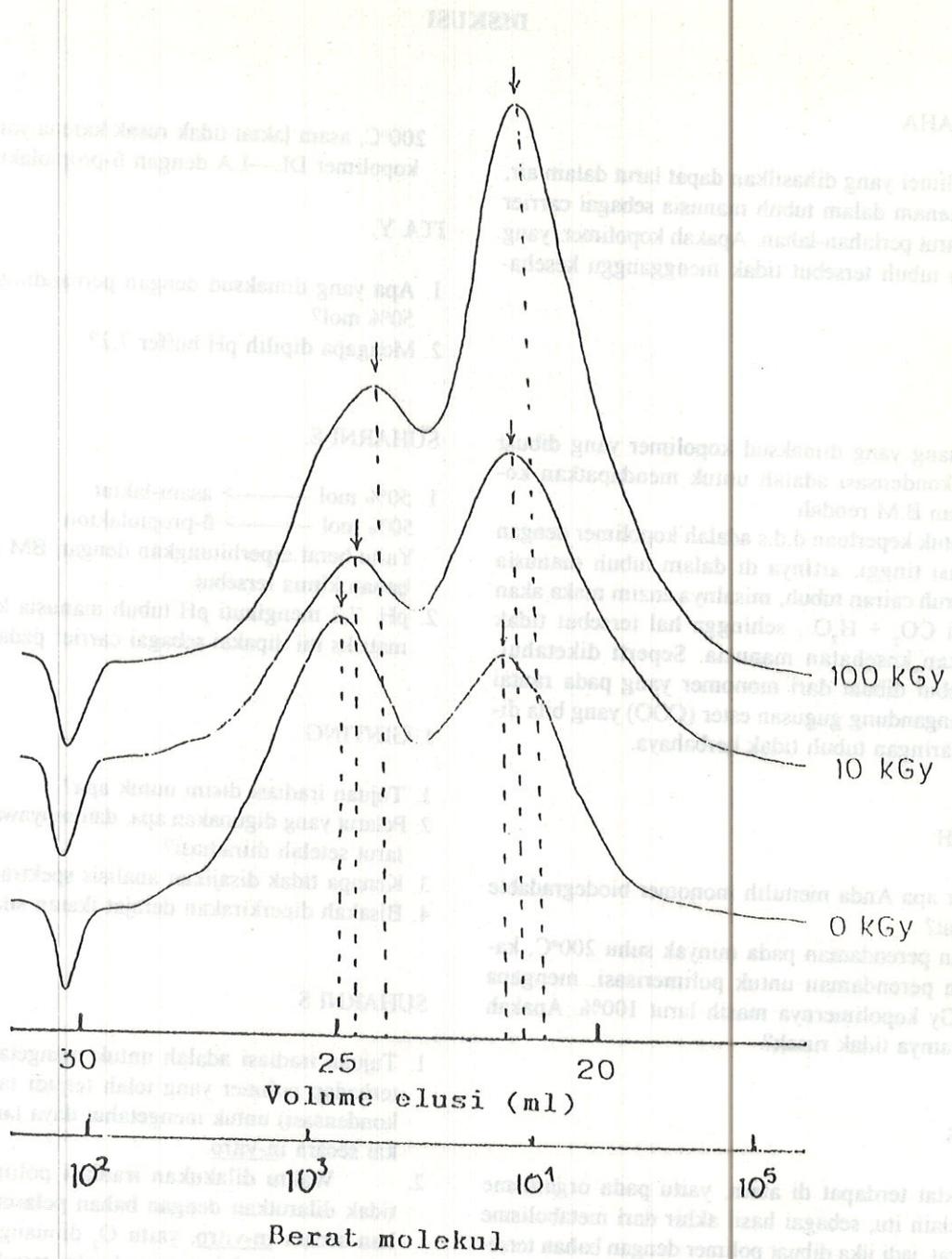
Gambar 3. Bentuk metil, metilen, dan metin pada 270 MHz. ¹H-NMR dari homopoli (LA), homopoli (PL), dan kopoli LA/PL dengan komposisi 50/50 % mol



Gambar 5. Bentuk metilen dan metin pada 67,9 spectra ^{13}C -NMR dari kopoli (LA/PL) dengan komposisi % mol dari (a) 100/0 (b) 50/50 (c) 0/100



Gambar 6. Fraksi yang larut dari kopoli (LA/PL) (50/50% mol) yang diiradiasi. Dilakukan dalam bufer fosfat (1/15 M, ph 7,2) dan pada temperatur 37°C.



Gambar 7. Korelasi antara dosis radiasi dengan profil GPC dari kopoli (LA/PL) dengan komposisi 50/50 % mol.

DISKUSI

MUNSI AH MAHA

Kopolimer yang dihasilkan dapat larut dalam air, berarti bila ditanam dalam tubuh manusia sebagai carrier obat akan melarut perlahan-lahan. Apakah kopolimer yang terlarut dalam tubuh tersebut tidak mengganggu kesehatan?

SUHARNI S.

Memang yang dimaksud kopolimer yang dibuat dengan cara kondensasi adalah untuk mendapatkan kopolimer dengan B.M rendah. Kopolimer untuk keperluan d.d.s adalah kopolimer dengan daya degradasi tinggi, artinya di dalam tubuh manusia karena pengaruh cairan tubuh, misalnya enzim maka akan larut menjadi $\text{CO}_2 + \text{H}_2\text{O}$, sehingga hal tersebut tidak membahayakan kesehatan manusia. Seperti diketahui, polimer tersebut dibuat dari monomer yang pada rantai utamanya mengandung gugusan ester (COO) yang bila ditanam pada jaringan tubuh tidak berbahaya.

RAHAYU CH.

1. Atas dasar apa Anda memilih monomer biodegradable asam laktat?
2. Apa tujuan perendaman pada minyak suhu 200°C , kalau tujuan perendaman untuk polimerisasi, mengapa yang 0 kGy kopolimernya masih larut 100%. Apakah asam laktatnya tidak rusak?

SUHARNI S.

1. Asam laktat terdapat di alam, yaitu pada organisme hidup. Selain itu, sebagai hasil akhir dari metabolisme karbohidrat, jadi jika dibuat polimer dengan bahan tersebut tidak membahayakan kesehatan manusia. Pada penelitian ini dipakai kopolimer biodegradasi, agar di dalam tubuh kita kopolimer tersebut akan berdegradasi, jadi bila bahan obat pada carrier tersebut habis khasiat obatnya, pasien tidak perlu dioperasi.
2. Dengan cara kondensasi (dalam penangas minyak 200°C) dibuat polimer. Dari gambar-gambar yang kami sajikan terbukti polimer telah terbentuk antara DL—LA dengan β -propiolakton. 0 kGy \rightarrow larut 100%, berarti polimer tersebut dapat berdegradasi bila dicangkok dalam jaringan tubuh manusia. Dengan pemanasan

200°C , asam laktat tidak rusak karena yang diutamakan kopolimer DL—LA dengan β -propiolakton.

ITA Y.

1. Apa yang dimaksud dengan perbandingan konsentrasi 50% mol?
2. Mengapa dipilih pH buffer 7,2?

SUHARNI S.

1. 50% mol \rightarrow asam-laktat
50% mol \rightarrow β -propiolakton
Yaitu berat diperhitungkan dengan BM masing-masing bahan kimia tersebut.
2. pH 7,2 mengikuti pH tubuh manusia karena nantinya matriks ini dipakai sebagai carrier pada d.d.s

J. GINTING

1. Tujuan iradiasi disini untuk apa?
2. Pelarut yang digunakan apa, dan senyawa apa yang tidak larut setelah diiradiasi?
3. Kenapa tidak disajikan analisis spektra inframerah?
4. Bisakah diperkirakan derajat ikatan silang?

SUHARNI S.

1. Tujuan iradiasi adalah untuk mengetahui efek radiasi terhadap polimer yang telah terjadi tadi (dengan cara kondensasi) untuk mengetahui daya larutnya bila dipakai secara in-vitro.
2. Waktu dilakukan iradiasi polimer yang terjadi tidak dilarutkan dengan bahan pelarut. Hanya dilakukan secara in-vitro, yaitu O_2 dibuang dengan memasukkan gas N_2 dalam ampul gelas tersebut kemudian ditutup (dilelehkan) dengan api (discaling). Belum kami teliti senyawa yang tidak larut dalam bufer fosfat.
3. Spektara infra merah tidak kami lakukan, karena dengan profil GPC, ^1H -- NMR dan ^{13}H -- NMR polimer sudah terjadi/terbentuk dengan baik.
4. Dapat kami terangkan bahwa pada cross linking reaksi yang terjadi, yaitu: initiation reaction, cross linking reaction, dan end linking reaction. Cross linking yang terjadi (bagian yang tidak larut dalam bufer fosfat) belum kami teliti.