

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)

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

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 1998 bertujuan untuk memperkembangkan informasi dan hasil penelitian yang berkaitan dengan aplikasi 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 diwujudkan 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 pemerintahan, BUMN, dan swasta.

Dalam pertemuan ilmiah ini dibahas dua masalah utama yang dibawakan oleh pembicara, yaitu tentang Program Riset Unggulan Strategis Nasional dan Program Sains dan Teknologi Nuklir dalam Meningkatkan Produktivitas Industri dan Pengelolaan Lingkungan. Selanjutnya, dibahas sebanyak 75 masalah hasil penelitian yang dibagi dalam tiga kelompok dan dipresentasikan secara paralel.

Keberhasilan masalah 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 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 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
Pemetaan 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 <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 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 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>Trypanosoma 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 monokrotofus dalam tanaman kacang hijau pada fase vegetatif dan generatif M. SULISTYATI TUNGGULDIHARDJO	133
Studi perilaku residu karbamil (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

ESTIMASI PEMBENTUKAN OZON DI DALAM RUANG IRADIASI MESIN BERKAS ELEKTRON

Puguh Martyasa*, dan H. Sunaga**

*Pusat Aplikasi Isotop dan Radiasi, BATAN

**Takasaki Radiation Chemistry Research Establishment, JAERI

ABSTRAK

ESTIMASI PEMBENTUKAN OZON DI DALAM RUANG IRADIASI MESIN BERKAS ELEKTRON. Telah dilakukan percobaan untuk menghitung produksi ozon di dalam ruang iradiasi mesin berkas elektron. Energi elektron yang dicoba bervariasi, yaitu 1; 2; 2,5; dan 3 MeV dan variasi arus elektron 1; 3; 5; 10; 15; dan 25 mA. Hasil pengukuran dan perhitungan menunjukkan bahwa jumlah ozon yang terbentuk bergantung pada jarak antara jendela luaran berkas elektron dengan konveyor, serta arus elektron, yaitu untuk jarak luaran berkas elektron dengan konveyor 49,5 cm dengan arus elektron 25 mA serta energi elektron 3 MeV adalah 12,38 ppm. Untuk jarak antara luaran berkas elektron dengan konveyor 20 cm dengan kondisi arus elektron dan energi elektron sama jumlah ozon yang terbentuk adalah 4,99 ppm.

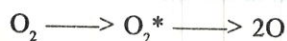
ABSTRACT

ESTIMATION OF OZONE GENERATION IN IRRADIATION ROOM OF ELECTRON BEAM MACHINE.

An experiment has been carried out to study the ozone generated in EBM irradiation room. Electron energy of 1; 2; 2,5; and 3 MeV and electron current of 1; 3; 5; 10; 15; and 25 mA were applied in the EBM. The result showed that the amount of ozone generated depends on the distance between beam window and conveyor and also depends on electrons current. For the distance of 49,5 cm between beam window and conveyor, electron current 25 mA and electron energy 3 MeV the amount of ozone generated are 12,38 ppm. For the distance of 20 cm between beam window and conveyor with the same operation condition the amount of ozone generated are 4,99 ppm.

PENDAHULUAN

Ozon terbentuk akibat radiasi ultraviolet atau discharge listrik di udara. Di dalam ruang iradiasi mesin berkas elektron, ozon terbentuk akibat berkas elektron berenergi yang melewati udara mengalami hambatan dan kehilangan energi. Energi elektron tersebut secara langsung mengakibatkan ionisasi gas oksigen (O_2) yang ada di dalam udara yang dilaluinya. Mekanisme terbentuknya ozon secara kimia dapat dituliskan sebagai berikut:



Apabila jumlah ozon yang terjadi sangat tinggi (>0,1 ppm), maka akan menjadi masalah ditinjau dari segi keselamatan dan kesehatan kerja, karena ozon merupakan gas oksidan yang dapat menyebabkan iritasi pada mata dan jaringan pernafasan (1, 2).

Untuk mengestimasi produksi ozon yang terjadi di dalam ruang iradiasi mesin berkas elektron selama beroperasi, maka dalam makalah ini akan dibahas dan dikaji hasil percobaan tentang pembentukan ozon di dalam ruang iradiasi mesin berkas elektron. Faktor-faktor perlakuan penting yang akan diamati, yaitu energi elektron, arus elektron, dan jarak antara jendela luaran berkas elek-

tron dengan konveyor akan dievaluasi pengaruhnya terhadap kesetimbangan ozon di dalam ruang iradiasi yang ditimbulkan, dan waktu tinggal rata-rata, yaitu waktu tunggu sesaat setelah mesin berkas elektron dimatikan sebelum operator memasuki ruang iradiasi.

BAHAN DAN METODE

Percobaan dilakukan dengan metode pengukuran langsung dan perhitungan secara teori.

Metode Pengukuran Langsung. Mesin berkas elektron yang digunakan adalah RDI Dynamitron 3 MeV, 25 mA dan mempunyai volume ruang iradiasi (V) ($5 \times 6 \times 2$) m³ yang dilengkapi dengan blower berdaya maksimal (F) 180 m³/menit, serta alat monitoring ozon merk RDI Dynamitron. Jarak jendela luaran berkas elektron dengan konveyor (d) 49,5 cm dan 20 cm. Faktor perlakuan yang dicoba adalah energi elektron yaitu 1; 2; 2,5; dan 3 MeV dengan arus elektron 1; 3; 10; 15; dan 25 mA. Interval waktu antarperlakuan yang dicoba rata-rata 3 menit.

Metode Perhitungan

1. **Perhitungan daya elektron yang hilang (P).** Daya elektron yang hilang di hitung setelah mengetahui kepadatan udara yang dilalui oleh berkas elektron serta besarnya Stopping Power. Apabila rapat jenis udara (D1) diketahui, yaitu $1,205 \times 10^{-3}$ g/cm³ dan jarak

antara jendela luaran berkas elektron dengan konveyor (d) adalah 49,5 cm, maka kerapatan udara yang dilalui oleh berkas elektron adalah $(D1) \times (d) = 59,65 \text{ } 10\text{E-}3 \text{ g/cm}^3$.

Besar Stopping Power bergantung pada besar energi elektron yang dicoba. Untuk energi elektron 1 MeV besarnya Stopping Power $(dE/dX)_{\text{col}}$ di udara adalah 1,661 MeV cm/g (2). Menurut TANIGUCHI (5), daya elektron yang hilang merupakan hasil kali antara kerapatan udara yang dilalui oleh berkas elektron dengan nilai Stopping Power, yaitu:

$$P = (dE/dX)_{\text{col}} \times (d) \times (D1)$$

2. **Perhitungan energi elektron yang hilang (W).** Energi elektron yang hilang setelah melalui kerapatan udara sama dengan daya elektron yang hilang dikalikan dengan kuat arus elektron yang dioperasikan, yaitu:

$$W = P \times I$$

3. **Perhitungan kesetimbangan ozon (E_q /ppm).** Kesetimbangan ozon yang terjadi di dalam ruangan iradiasi sama dengan hasil bagi antara kecepatan pembentukan ozon (Q) selama mesin berkas elektron beroperasi dengan daya blower (F) dan rapat jenis ozon (D2), yaitu:

$$E_q = Q/(F \times D_2)$$

4. **Perhitungan waktu tinggal rata-rata (t).** Waktu tinggal rata-rata dihitung apabila baku mutu ozon (E_q) diketahui yaitu 0,1 ppm (4), volume ruang iradiasi 60 m³, dan daya blower terpasang (F) 180 m³ per menit. Dengan demikian nilai waktu tinggal rata-rata dapat dihitung dengan menggunakan rumus:

$$t = V/F \ln (E_q/E_i)$$

HASIL DAN PEMBAHASAN

Hasil pengukuran langsung alat monitor ozon RDI Dynamitron serta perhitungan yang dilakukan terhadap faktor perlakuan yang diukur disajikan pada Tabel 1 dan 2.

Daya elektron yang hilang bergantung pada kerapatan jenis medium yang dilalui serta jarak antara konveyor dengan jendela luaran berkas elektron. Stopping Power untuk masing-masing energi elektron yang dicoba ternyata menunjukkan perbedaan yang kurang berarti.

Energi elektron yang hilang selain dipengaruhi oleh daya elektron yang hilang, juga dipengaruhi oleh besarnya arus elektron yang dicoba bila arus elektron besar, maka jumlah muatan (dQ/dt) akan besar pula. Akibatnya masing-masing elektron memberikan kontribusi energi pada partikel udara yang dilalui, sehingga secara kuantitatif jumlah energi elektron yang hilang makin besar pula. Hal tersebut membawa konsekuensi apabila arus elektron I (mA) yang dicoba besar, kecepatan produksi ozon tinggi. Hubungan antara kecepatan produksi ozon Q (g/menit) dengan arus elektron I (mA) dapat dilihat pada Gambar 1.

Kesetimbangan ozon yang diperoleh bergantung pada kecepatan produksi ozon serta daya blower terpasang. Makin kecil daya blower terpasang, makin besar kesetimbangan ozon (ppm) yang dicapai di dalam ruang iradiasi.

Waktu tinggal rata-rata selain bergantung pada kesetimbangan ozon yang diperoleh, juga pada volume ruang iradiasi dan daya blower terpasang. Apabila daya blower terpasang kecil dan tidak seimbang dengan volume ruang iradiasi, maka waktu tinggal rata-rata yang diperoleh makin lama.

Dari hasil perhitungan diperoleh nilai kesetimbangan ozon secara umum lebih besar dari hasil pengukuran langsung yang dilakukan. Hal ini disebabkan perhitungan yang dilakukan menganggap daerah yang diamati adalah stasioner, sedangkan kenyataannya sirkulasi udara di dalam ruang iradiasi selama percobaan berlangsung terus-menerus. Namun, apabila ditinjau dari segi keselamatan kerja, hasil perhitungan kesetimbangan ozon yang diperoleh sangat baik apabila dihubungkan dengan masalah disain dan rancang bangun fasilitas mesin berkas elektron.

KESIMPULAN

Dari hasil pembahasan dapat disimpulkan bahwa produksi ozon di dalam ruang iradiasi mesin berkas elektron RDI Dynamitron untuk jarak antara jendela luaran berkas elektron dengan konveyor 49,5 cm dengan arus elektron 25 mA serta energi elektron 3 MeV adalah 12,38 ppm. Sedangkan untuk jarak antara jendela luaran berkas elektron dengan konveyor 20 cm dan arus elektron serta energi elektron yang dioeraskan sama, produksi ozon adalah 4,99 ppm.

UCAPAN TERIMA KASIH

Penulis mengucapkan terima kasih pada staf fasilitas iradiasi mesin berkas elektron RDI Dynamitron Accelerator No. 2 JAERI, TRCRE, Takasaki, Mr. H. Sunaga, Mr. Yutimoto, Mr. Takizawa, Mr. Maniwa (RADA Staf) atas bantuan dan diskusinya. Ucapan terima kasih penulis sampaikan pula pada Dra. Rahayuningsih Chosdu atas waktu yang diberikan untuk diskusi.

DAFTAR PUSTAKA

1. ANONYMOUS, Safety Operation of Industrial Radiation Processing Facilities, TRCRE, JAERI, September (1991).
2. ICRU Report 37, Stopping Power for Electron and Positron, 7910 Woodmont Avenue, Bethesda, MD 20814, USA, (1984).
3. NCRP Report No. 51, Radiation Protection Design Guidelines for 0,1-100 MeV Particle Accelerator Facilities, 7910 Woodmont Avenue, Washington DC, (1977).

4. Keputusan Menteri Negara KLH, No. KEP-02/MEN-KLH/I/1988, PPBML.

5. TANIGUCHI, S., NHV. Co. Ltd., Diskusi Pribadi, (1994).

Tabel 1. Waktu tinggal rata-rata dan kesetimbangan ozon pada ruang iradiasi mesin berkas elektron RDI Dynamitron 3 MeV, 25 mA yang dioperasikan dengan jarak konveyor dan jendela luaran berkas elektron 49,5 cm

Energi elektron (MeV)	Stopping power (MeVcm ² /g)	Arus elektron (mA)	Kes. ozon (ppm)		Waktu tinggal rata-rata (menit)
			H	U	
1	1,661	5	2,35	1,32	1,05
		10	4,71	3,30	1,28
2	1,684	1	0,475	0,13	0,52
		3	1,4	1,03	0,88
		5	2,35	1,88	1,05
		10	4,71	3,54	1,28
		15	6,94	5,14	1,41
2,5	1,712	25	11,7	8,87	1,88
		1	0,48	0,34	0,52
		3	1,45	0,79	0,89
		5	2,43	2,16	1,06
		10	4,85	3,73	1,29
3	1,740	15	7,28	5,97	1,43
		25	12,13	9,57	1,59
		1	0,49	0,18	0,53
		3	1,48	0,77	0,89
		5	2,47	1,85	1,07
		10	4,96	3,78	1,3
		15	7,42	4,73	1,44
		25	12,38	9,72	1,6

H = Hasil perhitungan

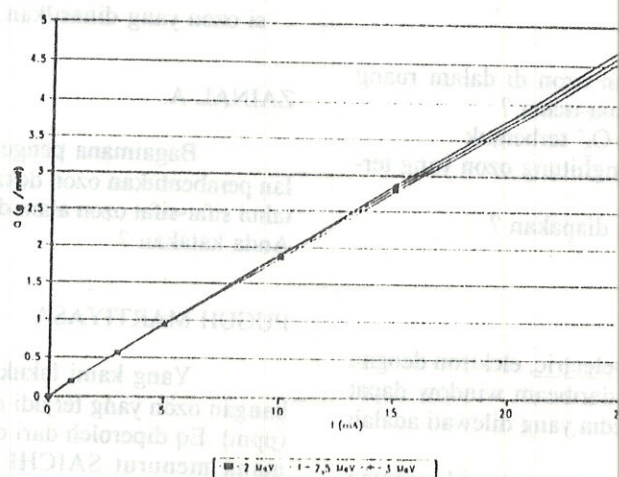
U = Hasil pengukuran

Tabel 2. Waktu tinggal rata-rata dan kesetimbangan ozon pada ruang iradiasi mesin berkas elektron RDI Dynamitron 3 MeV, 25 mA yang dioperasikan dengan jarak konveyor dan jendela luaran berkas elektron 20 cm

Energi elektron (MeV)	Stopping power (MeVcm ² /g)	Arus elektron (mA)	Kes. ozon (ppm)		Waktu tinggal rata-rata (menit)
			H	U	
1	1,661	5	0,06	0,04	-
		10	1,91	1,34	0,98
2	1,684	1	0,19	0,06	0,22
		3	0,58	0,43	0,58
		5	2,89	2,15	1,12
		25	4,83	3,66	1,29
2,5	1,712	1	0,20	0,14	0,22
		3	0,59	0,32	0,59
		5	0,98	0,87	0,76
		10	1,96	1,52	0,99
		15	2,95	2,42	1,13
		25	4,91	3,87	1,30
3	1,740	1	0,20	0,17	0,23
		3	0,60	0,35	0,60
		5	0,99	0,95	0,77
		10	1,99	1,52	1,00
		15	2,99	1,91	1,13
		25	4,99	3,92	1,30

H = Hasil perhitungan

U = Hasil pengukuran



Gambar 1. Hubungan antara kecepatan produksi ozon (Q) dengan arus elektron (I) untuk masing-masing energi elektron yang dicoba (2; 2,5; dan 3 MeV)

DISKUSI

TOMMY HUTABARAT

Dari judul Anda, yaitu pembentukan ozon dengan iradiasi Mesin Berkas Elektron dan selama penyajian, kami belum melihat hal-hal sebagai berikut:

1. Hal-hal yang melatarbelakangi Anda melakukan penelitian tersebut ?
2. Tujuannya ?
3. Sejauhmana manfaat penelitian Anda dikaitkan dengan tugas pokok PAIR ?

PUGUH MARTYASA

1. Salah satu untuk memberi informasi kelayakan keselamatan terhadap pengoperasian MBE.
2. Data awal dalam disain rancang bangun MBE memberikan informasi waktu tinggal rata-rata, blower power yang harus dipasang dan sebagainya.
3. Memberikan informasi ditinjau dari aspek keselamatan terhadap pengoperasian MBE.

KABUL MULYONO

Menurut penelitian Anda tentang estimasi pembentukan ozon di dalam ruangan dan memerlukan blower untuk pembuangan. Apakah ada alat untuk mendeteksi bahwa dalam ruangan dinyatakan over ozon atau cukup aman bagi operator.

PUGUH MARTYASA

Ada alat monitor ozon yang menampilkan jumlah ozon (ppm) yang terjadi di dalam ruang iradiasi MBE akibat pengoperasian mesin tersebut.

ROSALINA SINAGA

1. Bagaimana proses pembentukan ozon di dalam ruang iradiasi karena O_2 berada dimana-mana ?
 $O_2 \longrightarrow O_2^* \longrightarrow$ Kenapa O_2^* terbentuk
2. Perhitungan (rumus) untuk menghitung ozon yang terbentuk
3. Ozon yang didapat selanjutnya diapakan ?

PUGUH MARTYASA

1. Ozon terbentuk oleh discharge-electric, elektron dengan kecepatan tinggi yang keluar dari beam window dapat menghasilkan ozon apabila media yang dilewati adalah udara (O_2).
2. Seperti yang ditayangkan, bahwa secara teori kecepatan produksi ozon dapat dihitung, kemudian keseimbangan ozon (ppm)-nya.
3. Mengingat sifatnya ozon maka terbentuknya ozon perlu dikelola dengan aman. Mengingat ozon di dalam ruang iradiasi MBE pasti terjadi.

MERY S.

1. Ozon yang dihasilkan dikemana ? (untuk MBE yang ada di Pusat Aplikasi Isotop dan Radiasi).
2. Adakah cara untuk mengurangi ozon yang dihasilkan, karena ozon tersebut akan berpengaruh terhadap sampel yang diiradiasi ?

PUGUH MARTYASA

1. Seyogyanya diproses pengolahan lebih dulu sebelum dibuang ke udara, salah satu proses pengolahan, yaitu dengan menyalurkan ozon ke suatu sistem yang diisi oleh carcall (karbon aktif), kemudian disalurkan melalui stek buangan gas/udara ke udara bebas.
2. Perhatikan kuat arus yang dioperasikan, serta parameter lainnya, misalkan daya blower yang terpasang harus diperbesar.

HENDRI F.W.

1. Anda menyebutkan jumlah ozon yang terbentuk bergantung pada jarak. Berapa jumlah ozon yang terbentuk tersebut (sesuai dengan energi elektron yang dicoba)?
2. Apakah fluks elektron tidak berpengaruh? (sebab Anda tidak menyinggung manakah fluks elektron ini).

PUGUH MARTYASA

1. Seperti yang saya tayangkan (data perhitungan dan pengukuran) makin tinggi jarak direct beam antara beam window dengan conveyor, media yang terlewati oleh elektron beam secara volume makin besar, dengan demikian makin tinggi jarak makin tinggi pula produksi ozon yang terjadi.
2. Fluks elektron, berhubungan dengan kuat arus yang dicoba. Makin tinggi, kuat arus makin tinggi pula produksi ozon yang dihasilkan.

ZAINAL A.

Bagaimana pengetahuan Anda tentang kesetabilan pembentukan ozon dekat MBE, karena dengan mengetahui sifat-sifat ozon alam dapat diatasi melalui sistem yang Anda katakan ?

PUGUH MARTYASA

Yang kami lakukan adalah perhitungan keseimbangan ozon yang terjadi di ruang iradiasi MBE, yaitu E_q (ppm). E_q diperoleh dari data kecepatan produksi ozon di mana menurut SAICHI NHV, Co [5] dapat dihitung dengan rumus $Q = 0,11 \times W$ kg/jam.

Dengan mengetahui keseimbangan ozon yang terbentuk, maka kita dapat mengatasi dengan blower yang harus dipasang, apabila jarak beam window tetap serta volume ruang iradiasi tetap.