

**RISALAH PERTEMUAN ILMIAH  
PENELITIAN DAN PENGEMBANGAN  
TEKNOLOGI ISOTOP DAN RADIASI  
1999/2000**

Jakarta, 23 - 24 Februari 2000

**Tema :  
Peranan Teknologi Isotop dan Radiasi  
untuk Mensejahterakan Masyarakat**



**BADAN TENAGA NUKLIR NASIONAL  
PUSLITBANG TEKNOLOGI ISOTOP DAN RADIASI**



Penyunting :	1. Dr. F. Suhadi, APU	P3TIR - BATAN
	2. Dr. Ir. Moch. Ismachin, APU	P3TIR - BATAN
	3. Ir. Simon Manurung, M.Sc	P3TIR - BATAN
	4. Ir. Elsje L. Sisworo, M.Si, APU	P3TIR - BATAN
	5. Dra. Nazly Hilmy, Ph.D, APU	P3TIR - BATAN
	6. Dr. Singgih Sutrisno, APU	P3TIR - BATAN
	7. Marga Utama, B.Sc, APU	P3TIR - BATAN
	8. Ir. Wandowo	P3TIR - BATAN
	9. Dr. Made Sumatra, M.Si	P3TIR - BATAN
	10. Dr. Darmawan Darwis	P3TIR - BATAN
	11. Hendig Winarno, M.Sc	P3TIR - BATAN
	12. Dr. Nelly D. Leswara	(Universitas Indonesia)
	13. Dr. Komarudin Idris	(Institut Pertanian Bogor)

---

PERTEMUAN ILMIAH PENELITIAN DAN PENGEMBANGAN TEKNOLOGI ISOTOP DAN RADIASI (2000 : JAKARTA), Risalah pertemuan ilmiah penelitian dan pengembangan teknologi isotop dan radiasi, Jakarta, 23 - 24 Februari 2000 / Penyunting, F. Suhadi ... (et al) -- Jakarta : Badan Tenaga Nuklir Nasional, Pusat Penelitian dan Pengembangan Teknologi Isotop dan Radiasi, 2000.  
1 jil. ; 30 cm

Isi jil. 1. Pertanian, peternakan, proses industri, hidrologi, dan lingkungan

ISBN 979-95709-5-6

1. Isotop - Seminar I. Judul II. Suhadi, F.

541.388

---

Alamat : Puslitbang Teknologi Isotop dan Radiasi  
Jl. Cinere Pasar Jumat  
Kotak Pos 7002 JKSKL  
Jakarta 12070  
Telp. 021-7690709  
Fax. 021-7691607; 7513270  
E-mail pairlib@hotmail.com; sroji@batan.go.id



## **PENGANTAR**

Pusat Penelitian dan Pengembangan Teknologi Isotop dan Radiasi, Badan Tenaga Nuklir Nasional (P3TIR-BATAN) telah menyelenggarakan Pertemuan Ilmiah Aplikasi Teknologi Isotop dan Radiasi ke 12, di Jakarta tanggal 23 dan 24 Februari 2000. Pertemuan ilmiah ini bertujuan untuk menyebarkan hasil-hasil penelitian teknologi isotop dan radiasi serta sebagai sarana tukar menukar informasi diantara para peneliti serta para peneliti dan industriawan guna lebih mendayagunakan teknologi isotop dalam bidang industri dan untuk lebih memperluas wawasan para peneliti.

Pertemuan ilmiah ini dihadiri oleh 176 orang peserta (45 orang peserta undangan dan 131 orang peserta lainnya) yang terdiri dari para ilmuwan dan peneliti baik dari lingkungan Batan maupun dari berbagai instansi pemerintah seperti Menteri Negara Riset dan Teknologi, Departemen Kesehatan, Balai Penelitian Bioteknologi - Bogor (BalitBio), Balai Penelitian Veterinaria - Bogor, Pusat Veterinaria - Surabaya (Pusvetma); Perguruan tinggi yaitu Universitas Indonesia -Jakarta, Institut Pertanian Bogor, Universitas Andalas - Padang, Universitas Brawijaya - Malang dan Universitas Udayana - Bali; serta pihak swasta yaitu PT. Perkasa Sterilindo, PT. Pupuk Sriwijaya, PT. Indo Farma, PT. Ristra Indolabs, Japan Atomic Industrial Forum (JAIF), Japan Atomic Energi Research Institute, Japan.

Risalah pertemuan ilmiah ini memuat seluruh makalah yang dipresentasikan dalam pertemuan tersebut yaitu 6 makalah utama/undangan dan 39 makalah peserta. Sedangkan makalah yang tidak dipresentasikan, tidak dimuat dalam risalah ini.

Risalah pertemuan ini diharapkan dapat menambah sumber informasi dan ilmu pengetahuan yang berkaitan dengan teknologi nuklir bagi pihak yang membutuhkan untuk menunjang pembangunan nasional dimasa datang.

Penyunting,



## DAFTAR ISI

Pengantar .....	i
Daftar Isi .....	iii
Laporan Ketua Panitia Pertemuan Ilmiah .....	vii
Sambutan Kepala Badan Tenaga Nuklir Nasional .....	ix
 <b>MAKALAH UTAMA</b>	
Arah Kebijakan Riset dan Teknologi dalam Memasuki Milenium Ketiga A. AZIZ DARWIS (Asisten Menristek Bidang Pengembangan Ristek) .....	1
 <b>MAKALAH UNDANGAN</b>	
Community Development by Radiation Processing of Natural Resources Keizo Makuuchi (Takasaki Radiation Chemistry Research Establishment, JAERI, Japan) .....	9
Perkembangan Penggunaan Teknik Radioperunut dalam Industri WANDOWO (P3TIR, BATAN) .....	11
Arti Strategis Teknik Radiotracer dan Radioscanning dalam Industri Pupuk WIBISONO SOEYOSO DAN M. ABBAD (P.T. Pupuk Sriwijaya) .....	17
Langkah-langkah Strategis untuk Menjadikan Tanaman Obat Asli Indonesia Menjadi Sediaan Fitofarmaka JAMES M. SINAMBELA (P.T. Indo Farma) .....	21
Potensi Tumbuhan Obat Asli Indonesia Sebagai Produk Kesehatan H. M. HEMBING WIJAYAKUSUMA (Himpunan Pengobatan Tradisional dan Akupuntur Se-Indonesia) .....	25
 <b>MAKALAH PESERTA</b>	
Gamma radiation induce clonal variation in <i>Catharantus roseus</i> (L) Don. SUMARYATI SYUKUR .....	33
Pengembangan teknik " <sup>32</sup> P- post labelling" untuk mendeteksi dini risiko kanker BUDIAWAN .....	39
Penggunaan metode <i>radioassay</i> teknik fase padat dalam reaksi fiksasi $\alpha$ -Kobratoksin terhadap reseptor koligernik NURLAILA Z. ....	45
Perbandingan dua formula radiofarmaka sidik otak <sup>99m</sup> Tc-ESD beserta karakteristiknya NANNY KARTINI, KUSTIWA, RUKMINI ILYAS, DAN ISWAHYUDI .....	51
Pembentukan radikal bebas pada <i>Graft</i> tulang manusia dan <i>Bovine</i> iradiasi BASRIL ABBAS, SUTJIPTO SUDIRO, DAN NAZLY HILMY .....	57
Pengaruh iradiasi sinar gamma pada <i>Salmonella chester</i> dan sensitivitasnya terhadap antibiotika T. HASAN BASRY .....	63
Pengujian isolat klinik <i>Mycobacterium tuberculosis</i> resisten terhadap beberapa antibiotika dengan metode reaksi berantai polimerase / <i>Polymerase Chain Reaction</i> (PCR) MARIA LINA R., DADANG, S., DAN F. SUHADI .....	69

Deteksi cepat bakteri <i>Escherichia coli</i> enterohemoragik (EHE) dengan metode PCR (Polymerase Chain Reaction) DADANG SUDRAJAT, MARIA LINA R, DAN F. SUHADI .....	75
Studi radikal bebas biji pulasari ( <i>Alyxia reinwardtii</i> . Bl) hasil radiasi gamma menggunakan <i>Electron Spin Resonance</i> (ESR) ERIZAL DAN RAHAYU CHOSDU .....	81
Aplikasi program database dalam seleksi galur mutan sorghum ( <i>Sorghum bicolor</i> L.) SOERANTO, H. ....	87
Proporsi sumbangan Nitrogen oleh tanah, pupuk dan <i>Pseudomonas putida like</i> dalam tanaman sorghum pada inceptisol Sumatra Selatan A.A.I. KESUMADEWI, ISWANDI ANAS, D.A. SANTOSA, DAN ELSJE L. SISWORO ....	95
Analisis pemberian limbah pertanian abu sekam sebagai sumber silikat pada andisols dan oxisol terhadap pelepasan fosfor terjerap dengan teknik perunut <sup>32</sup> P ILYAS, SYEKHFANI, DAN SUGENG PRIJONO .....	103
Serapan N berasal dari sludge iradiasi yang dikombinasikan dengan pupuk N oleh tanaman terong M.M. MITROSUHARDJO, HARYANTO, S. SYAMSU, HARSOJO DAN N. HILMY.....	111
Tanggapan tanaman padi sawah terhadap pemadatan tanah IDAWATI DAN HARYANTO .....	115
Hasil gabah dan sumbangan N pupuk yang dipengaruhi oleh pemberian Zeolit dan pupuk hijau Sesbania pada tanaman padi sawah HARYANTO, IDAWATI DAN TAMSIL LAS .....	121
Pengamatan dinamika populasi dan penangkapan massal lalat buah <i>Bactrocera carambolae</i> (Drew & Hancock) untuk pengendalian di kebun mangga A.N. KUSWADI, M. INDARWATMI, I.A. NASUTION, D. SIKUMBANG DAN T. HIMAWAN .....	127
Pemanfaatan ragi produk lokal untuk substitusi ragi torula dalam formulasi makanan buatan larva lalat buah ( <i>Bactrocera carambolae</i> Drew & Hancock) D. SIKUMBANG, I.A. NASUTION, M. INDARWATMI, DAN A.N. KUSWADI .....	133
Efisiensi N-Urea pada padi sawah yang diaplikasikan dengan <i>azolla</i> HAVID RASJID, ELSJE L. SISWORO, Y. WEMAY, DAN W.H. SISWORO.....	139
Uji aplikasi formulasi pelepasan terkendali insektisida karbofuran pada tanaman padi varietas cilosari M. SULISTYATI, ULFA T.S, SOFNIE M.CH., A.N. KUSWADI, DAN M. SUMATRA .....	145
Translokasi herbisida 2,4-D- <sup>14</sup> C pada tanaman gulma dan padi pada sistem persawahan SOFNIE M. CHAIRUL, MULYADI DAN IDAWATI .....	151
Pengaruh iradiasi terhadap infektivitas metaserkaria <i>Fasciola gigantica</i> pada kambing M. ARIFIN, BOKY J.T., DAN TARMIZI .....	157
Pengaruh vaksinasi dengan larva tiga <i>Haemonchus contortus</i> iradiasi terhadap respon kekebalan pada domba BERIAJAYA DAN SOEKARDJI P.....	163
Kultivasi jamur kuping ( <i>Auricularia</i> sp.) dalam media tandan kosong kelapa sawit dan serbuk gergaji hasil iradiasi ENDRAWANTO DAN E. SUWADJI .....	169
Limbah agroindustri dan peternakan ayam sebagai pakan tambahan ikan nila HARSOJO, ANDINI, L.S., ROSALINA, S.H. DAN SUWIRMA, S. ....	175



Pengukuran serapan polutan gas NO <sub>2</sub> pada tanaman tipe pohon, semak dan penutup tanah dengan menggunakan gas NO <sub>2</sub> berlabel <sup>15</sup> N NIZAR NASRULLAH, SOERTINI GANDANEGARA, HENY SUHARSONO, MARIETJE WUNGKAR DAN ANDI GUNAWAN .....	181
Interaksi uap reservoir dan aquifer di sekelilingnya pada lapangan panas bumi Kamojang ZAINAL ABIDIN, WANDOWO, DJIONO, ALIP, DAN WIBAGIYO .....	187
Penelitian asal-usul berbagai sumber air di sekitar bendungan Ngancar Wonogiri, Jawa Tengah dengan teknik isotop alam PASTON SIDAURUK, INDROJONO, WIBAGIYO, BUNGKUS PRATIKNO, DAN EVARISTA RISTIN .....	195
Studi arah dan penyebaran rembesan air Danau Batur menggunakan isotop alam Oksigen-18 dan Deuterium WIBAGIYO, INDROYONO, PASTON S, ZAINAL A, EVARISTIN .....	201
Penentuan lokasi pembanding berdasarkan distribusi <sup>137</sup> Cs lapisan tanah dari beberapa lokasi stabil NITA SUHARTINI, DARMAN, HARYANTO, DAN DJAROT AS. ....	207
Penentuan nilai rasio isotop Oksigen ( <sup>18</sup> O/ <sup>16</sup> O) dan Sulfur ( <sup>34</sup> S/ <sup>32</sup> S) dari BaSO <sub>4</sub> DIN 5033 (MERCK) untuk standar internal EVARISTA RISTIN P.I, PASTON SIDAURUK, WIBAGYO, DJIONO, DAN SATRIO .....	217
Scanning kolom proses dengan teknik serapan sinar gamma di UP-IV Pertamina Cilacap SIGIT BUDI SANTOSO, KUSHARTONO, BISANA, DAN EKO MULYANTO .....	225
Pengukuran tebal pipa terselubung dengan teknik radiografi tangensial menggunakan sumber Iridium-192 SOEDARDJO .....	229
Pelapisan permukaan pelepah batang pisang batu ( <i>Musa brachycarpa</i> ) dengan radiasi sinar-UV SUGIARTO DANU, AGUS NURHADI, RITA PUSPITA, DAN ANIK SUNARNI .....	237
Sifat mekanik komposit campuran Zeolit-PVA yang diiradiasi sinar- $\gamma$ <sup>60</sup> Co DARSONO, SUGIARTO DANU, DAN TAMZIL LAS .....	245
Pengaruh radiasi sinar- $\gamma$ dan penambahan kalsium karbonat pada sifat fisika dan mekanik kompon karet alam SUDRADJAT ISKANDAR, ISNI MARLIYANTI, KADARIJAH, DAN MADE SUMARTI KARDHA .....	251
Studi perbandingan degradasi secara enzimatik campuran CPP/Bionolle dan CPP/PCL dengan modic NIKHAM, FUMIO YOSHII DAN K. MAKUUCHI .....	259
Sintesis dan karakterisasi Wolfram - Ftalosianin untuk bahan sasaran radioisotop Wolfram-188 ( <sup>188</sup> W) aktivitas jenis tinggi DUYEH SETIAWAN .....	269
Uji aktivitas mikrofungsi asal lingkungan tangki reaktor Triga Mark II terhadap korosi Almunium ROSMIARTY A. WAHID, LUKMAN UMAR DAN YANI YESTIANI .....	275
Pemisahan uranium dari hasil belah Zr dan Ru dengan menggunakan TBP 30% - dodekan dalam medium asam nitrat sebagai bahan ekstraktor R. DIDIEK HERHADY, BUSRON MASDUKI, DAN SIGIT .....	283



## PEMBENTUKAN RADIKAL BEBAS PADA GRAFT TULANG MANUSIA DAN BOVINE IRADIASI

Basril Abbas, Sutjipto Sudiro, dan Nazly Hilmy

Puslitbang Teknologi Isotop dan Radiasi, BATAN, Jakarta

### ABSTRAK

**PEMBENTUKAN RADIKAL BEBAS PADA GRAFTS TULANG RAWAN MANUSIA DAN SAPI IRADIASI.** Graft tulang rawan manusia dan bovine liofilisasi steril- radiasi sebagai "allograft" dan "xenograft" telah diproduksi dan digunakan secara rutin di bidang bedah ortopedi di Indonesia. Dari studi radiobiologi diketahui bahwa salah satu efek dari radiasi ionisasi pada spesies biologi adalah dihasilkannya radikal bebas yang mempengaruhi fisiko-kimia dan juga sifat mekanik dari tulang iradiasi. Tujuan penelitian ini adalah untuk mengetahui pembentukan radikal bebas dari tulang rawan liofilisasi-radiasi yang diproses dengan metode "Triple A" (Autolyzed Antigen-Extracted Allograft) produksi oleh Batan Research Tissue Bank, Jakarta. Tulang rawan disiapkan menurut cara AATB (American Association of Tissue Bank). Graft tulang diiradiasi dengan dosis 10, 20, dan 30 kGy dengan laju dosis 7,5 kGy/h pada temperatur kamar ( $30\text{ }^{\circ}\text{C} \pm 2\text{ }^{\circ}\text{C}$ ). Pengukuran radikal bebas dilakukan pada temperatur  $24\text{ }^{\circ}\text{C} \pm 1\text{ }^{\circ}\text{C}$ , 30 menit setelah iradiasi dan pengukuran dilanjutkan hingga penyimpanan 9 bulan menggunakan *JES-REIX ESR Spectrophotometer* (JEOL) dengan standar  $\text{Mn}^{++}$ . Parameter yang diukur adalah efek penggilingan tulang secara mekanik, perendaman tulang iradiasi, dan dosis iradiasi terhadap pembentukan radikal bebas dalam tulang. Hasilnya menunjukkan bahwa luas spektrum ESR dari tulang bovine dosis 30 kGy lebih tinggi dari tulang rawan manusia yaitu berturut-turut  $1,4 \times 10^7$  dan  $6,4 \times 10^6$  Au (arbitrary unit)/ g sampel. Spektrum ESR meningkat secara linear dengan penambahan dosis iradiasi dalam range dosis 10 - 30 kGy dan menurun 30% akibat perendaman dalam air. Sinyal ESR menurun dengan tajam setelah dua hari penyimpanan dan kemudian meluruh perlahan sampai 14 hari dan kemudian konstan hingga 9 bulan penyimpanan pada temperatur kamar. Penggilingan tulang dengan mesin dapat menghasilkan radikal bebas.

**Kata Kunci :** radikal bebas, iradiasi, graft tulang manusia, graft tulang sapi, penggilingan mekanis

### ABSTRACT

**FREE RADICALS FORMATION OF IRRADIATED LYOPHILIZED CAN-CELLOUS HUMAN AND BOVINE BONE.** Radiation sterilization of lyophilized human and bovine bone as allograft and xenograft have been produced and used in orthopaedic practice in Indonesia routinely. It is well known from radiobiologic studies that one of the most pronounce effects of ionizing radiation on biologic species produced the free radicals that influence the physico-chemical as well as the mechanical properties of irradiated bone. The aim of our study is to investigate the free radicals formation of irradiated lyophilized cancellous triple A bone (Autolyzed Antigen-Extracted Allograft) produced by Batan Research Tissue Bank in Jakarta. The cancellous triple A were prepared according to AATB (American Association of Tissue Bank) method. Gamma Irradiation was done at doses of 10, 20, and 30 kGy with a dose rate of 7.5 kGy/h at room temperature ( $30\text{ }^{\circ}\text{C} \pm 2\text{ }^{\circ}\text{C}$ ). Measurement of free radicals was done at  $24\text{ }^{\circ}\text{C} \pm 1\text{ }^{\circ}\text{C}$  within 30 minutes after irradiation and measurement were continued up to 9 months of storage using a *JES-REIX ESR Spectrophotometer* (JEOL) with  $\text{Mn}^{++}$  standard. Parameters measured, were the effects of mechanical grinding, water immersion and irradiation dose on free radicals formation in the bone. Results show that the signal area of ESR spectra from irradiated bovine bone of 30 kGy was higher than those of human bone i.e.  $1,4 \times 10^7$  dan  $6,4 \times 10^6$  Au (arbitrary unit)/ g samples respectively. The signal of ESR spectra increased linearly with increasing dose in the range of 10-30 kGy and it will reduce about 30% caused by water immersion. The ESR signal reduced sharply after 2 days and gradually decreased up to 14 days and then became constant up to 9 months of storage at room temperature. A certain method of crushing can produce free radicals.

**Key Words :** free radicals, irradiation, allograft, xenograft, mechanical-grinding

### PENDAHULUAN

Penggunaan jaringan manusia untuk tujuan terapi mempunyai sejarah yang panjang. Konsep penyimpanan jaringan untuk memperpanjang masa simpannya sebelum di transplantasi atau diimplantasi diawali dengan berdirinya bank jaringan pertama di Bethesda, USA pada tahun 1950<sup>1</sup>. Walaupun tulang dan jaringan lunak lainnya merupakan sesuatu yang biasa digunakan dalam

rekonstruksi sistem muskuloskeletal, tetapi jaringan tersebut jarang tersedia.

Di Indonesia, pada tahun 1990 di Pusat Penelitian dan Pengembangan teknologi Isotop dan Radiasi (P3TIR - BATAN) telah didirikan Bank Jaringan *Surgical* pertama yang diberi nam *Batan Research Tissue Bank* (BRTB). Di samping memproduksi amnion graft, BRTB juga memproduksi graft tulang manusia dan bovine liofilisasi steril-radiasi sebagai *allograft* dan

*xenograft*. Hingga saat ini *graft* produksi BRTB telah dipakai di beberapa rumah sakit di Indonesia secara rutin dan dari hasil uji klinik yang dilakukan, *xenograft* produksi BRTB tidak menunjukkan reaksi imunologi pada resipien<sup>2,3</sup>.

Salah satu misi dari BRTB adalah memperkenalkan radiasi untuk tujuan sterilisasi jaringan biologi, khususnya *graft* yang siap untuk diimplantasikan. Metoda sterilisasi dengan teknik iradiasi khususnya sinar gamma mempunyai keunggulan antara lain: kemampuan penetrasi yang baik, kenaikan suhu selama proses sterilisasi relatif kecil sehingga disebut juga dengan proses dingin, dan sampel jaringan dapat disterilkan dalam kondisi yang telah dikemas sehingga kontaminasi setelah sterilisasi dapat dihindari<sup>4</sup>. Sebaliknya penggunaan radiasi sebagai metoda sterilisasi pada *graft* mempunyai beberapa kelemahan. Satu di antaranya ialah meningkatnya radikal bebas di dalam jaringan yang telah diiradiasi. Hasil dari beberapa peneliti menunjukkan bahwa *graft* tulang yang diiradiasi pada temperatur kamar menghasilkan konsentrasi radikal bebas relatif tinggi namun demikian komponen paramagnetik ESR yang berasal dari kolagen turun dalam waktu 6-10 hari penyimpanan<sup>5</sup>. Radikal bebas yang dihasilkan dari bahan organik tulang atau fase kolagen berumur pendek dan akan hilang di dalam udara. Sebaliknya radikal yang stabil berumur panjang yang diidentifikasi sebagai hidroksiapatit atau fasa mineral<sup>1,6</sup>. Diduga bahwa radikal bebas dapat menyebabkan perubahan kimia dan fisika *graft* tulang<sup>7,8</sup>.

Tujuan penelitian adalah untuk mengetahui pembentukan radikal dari tulang rawan manusia dan *bovine* liofilisasi radiasi yang disiapkan sebagai triple A oleh Batan Research Tissue Bank.

## BAHAN DAN METODA

**Bahan:** Tulang manusia didapatkan dari Rumah Sakit Siaga Raya, Jakarta. Tulang caput femur di ambil dari pasien melalui operasi *hip replacement*, kemudian secara aseptis dimasukkan kedalam kantong plastik poli etilen steril di kamar operasi. Plastik yang berisi tulang dimasukkan ke dalam kontainer yang berisi es dan dibawa ke Batan Research Tissue Bank.

Tulang femur dan tibia dari *bovine* yang berumur kurang dari 2 tahun didapat dari Rumah Potong Hewan (RPH) Darma Jaya, Jakarta. Masing-masing tulang panjang tersebut dimasukkan ke dalam kantong plastik poli etilen steril, kemudian dengan menggunakan kontainer yang berisi es tulang tersebut dibawa ke Batan Research Tissue Bank. Dari kedua jenis tulang tersebut disiapkan *graft* tulang sebagai *allograft* dan *xenograft* dengan metode triple A, menurut *American Association of Tissue Bank (AATB)*<sup>9</sup>.

**Peralatan:** Alat yang digunakan dalam percobaan ini antara lain: Iradiator IRPASENA dengan sumber iradiasi Co-60, Band saw model AEW buatan Italia, Lumpang beserta alunya, mesin penghancur tulang merk JANKE & KUNKEL buatan Jerman, Freeze-dryer model Christ Beta 1 buatan Jerman, dan *Electron Spin*

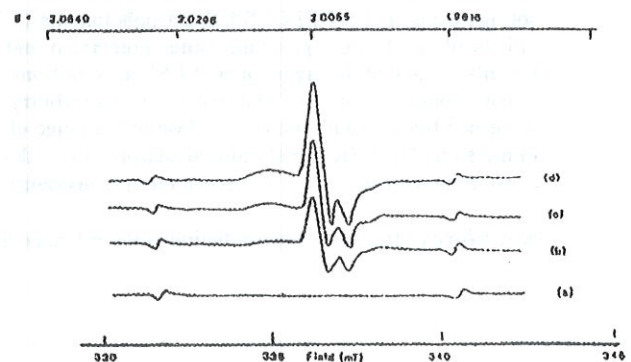
*Resonance (ESR) Spectrophotometer* model JES-REIX (JEOL) buatan Jepang.

**Percobaan:** Tulang dipotong dengan ukuran 1cm x 1cm menggunakan *band saw*. Untuk meminimalkan kandungan marrow dan lemak, tulang dicuci dengan air dan kloroform-metanol (1:1). Chip tulang dikeringkan dengan cara liofilisasi menggunakan *freeze-dryer Christ Beta-1* selama 72 jam hingga kadar air mencapai 5%. Tulang liofilisasi di tumbuk di dalam mortar dan sebagian lagi digiling dengan mesin. Sampel diiradiasi dengan sinar gamma Co-60 pada temperatur  $30 \text{ }^\circ\text{C} \pm 2 \text{ }^\circ\text{C}$  dengan dosis 10, 20, dan 30 kGy dan laju dosisnya 7,5 kGy/jam. Sebagian dari sampel iradiasi direndam selama 30 menit dan dikeringkan kembali dengan *freeze-dryer*. Radikal bebas yang terbentuk diukur dengan *Electron Spin Resonance (ESR) Spektrofotometer* model JES-REIX (JEOL) 30 menit setelah iradiasi hingga penyimpanan 9 bulan. Kondisi pengukuran sebagai berikut: Temperatur  $24 \text{ }^\circ\text{C} \pm 1 \text{ }^\circ\text{C}$ , frequency 9,4350 Ghz, microwave power 1 mW, centre field 335,5, sweep width  $1 \times 10 \text{ mT}$ , sweep time 1,0 min, modulation width  $1,25 \times 0,1$ , time constant 0,03 sec, dan humidity 50%.

Parameter yang diukur adalah efek penggilingan, perendaman, dan dosis iradiasi terhadap pembentukan radikal bebas di dalam tulang rawan manusia dan hewan yang diproses dengan metode triple A. Radikal bebas yang terbentuk dihitung berdasarkan luas spektrum ESR per gram sampel.

## HASIL DAN DISKUSI

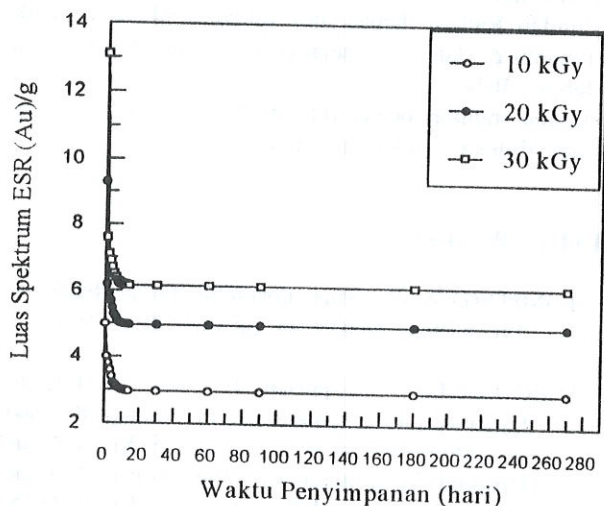
Gambar 1 menunjukkan spektrum ESR tulang iradiasi, dosis 0, 10, 20, dan 30 kGy, yang diobservasi 30 menit setelah diiradiasi. Garis spektrum yang ditunjukkan oleh tanda panah adalah spektrum mangan, yang digunakan sebagai penanda dari ESR. Spektrum tersebut terlihat secara konsisten pada semua tingkat dosis iradiasi dari semua sampel.



Gambar 1. Spektrum ESR dari tulang *bovine* iradiasi (a) 0 kGy, (b) 10 kGy, (c) 20 kGy, (d) 30 kGy

Berdasarkan luas spektrum radikal bebas dari signal ESR setelah 30 menit hingga 9 bulan penyimpanan sebagaimana yang ditunjukkan pada Gambar 2, maka dapat dijelaskan bahwa radikal bebas dari tulang yang diiradiasi menurun dengan cepat sampai

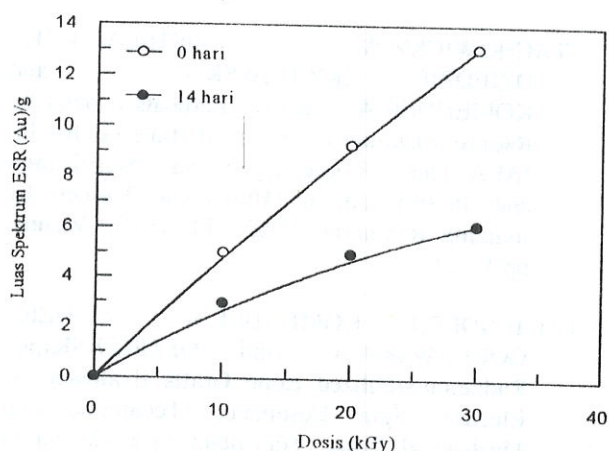
hari ke dua, dan relatif kecil hingga hari ke 14 dan relatif stabil hingga penyimpanan 9 bulan. Hal ini disebabkan karena di dalam tulang terdapat dua komponen kimia pokok yaitu komponen organik yang disebut dengan fase kolagen dan komponen anorganik yang disebut dengan fase hidroksiapatit<sup>1,4</sup>. Radikal yang berasal dari kolagen merupakan radikal yang tidak stabil sehingga penurunan jumlah radikal bebas selama penyimpanan relatif lebih cepat.



Gambar 2. Luas spektrum ESR (Au) dari tulang iradiasi pada temperatur 24 °C.

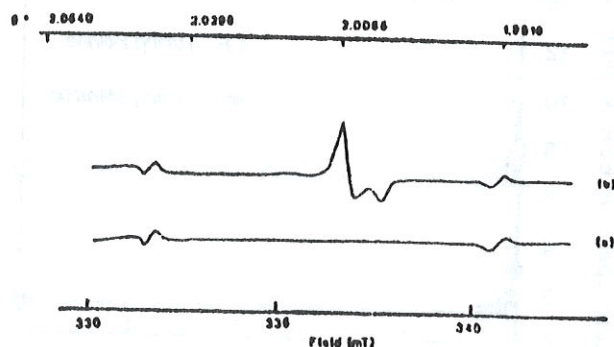
Menurut STATCHOWITCZ, dkk (1971)<sup>10</sup> radikal bebas yang berasal dari kolagen menurun selama penyimpanan 6 - 10 hari. Selanjutnya radikal yang berasal dari hidroksiapatit adalah radikal yang stabil. Pada penelitian ini radikal bebas relatif stabil setelah 14 hari hingga 9 bulan penyimpanan.

Luas spektrum ESR dari tulang iradiasi berbanding lurus dengan dosis iradiasi, dan selama penyimpanan pada suhu kamar radikal bebas yang tidak stabil menurun sampai 50% sampai hari ke 14 penyimpanan (Gambar 3). Penurunan radikal bebas tersebut berlaku untuk ketiga dosis iradiasi (10, 20, dan 30 kGy).



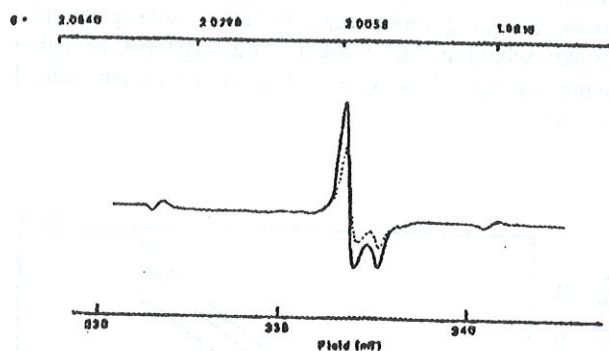
Gambar 3. Hubungan antara luas spektrum ESR dengan dosis iradiasi pada 24 °C.

Gambar 4 menunjukkan spektrum ESR dari sampel tulang yang digiling menggunakan mesin penggiling dan mortar. Tulang yang digiling menggunakan mesin dapat menghasilkan radikal bebas dengan pola yang sama dengan tulang yang diiradiasi dengan sinar gamma, sedangkan tulang yang ditumbuk dengan menggunakan mortar, spektrum radikalnya tidak terdeteksi.



Gambar 4. Spektrum ESR dari tulang yang digiling dengan : (a) Mortar (b) Mesin

Gambar 5 menunjukkan radikal bebas yang terbentuk pada tulang setelah diiradiasi dan tulang iradiasi yang direndam di dalam air selama 30 menit. Jumlah radikal bebas dari tulang iradiasi yang direndam di dalam air menurun 30% dibandingkan dengan tanpa perendaman. Hal ini membuktikan bahwa sebahagian dari radikal bebas yang terbentuk di didalam tulang iradiasi dapat larut.

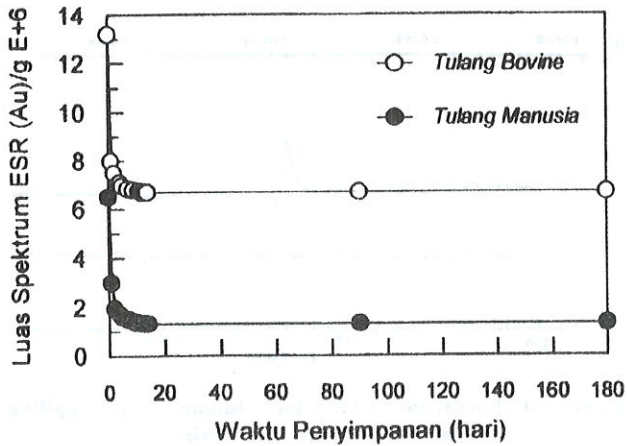


Gambar 5. Spektrum ESR dari tulang yang diiradiasi dengan dosis 30 kGy :

— : Direndam di dalam air selama 15 menit  
 - - - : Tanpa perendaman

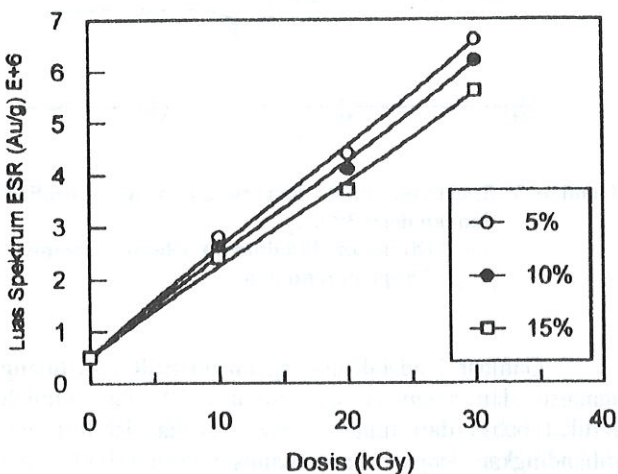
Gambar 6 adalah luas spektrum ESR dari tulang manusia dan bovine yang diiradiasi 30 kGy. Jumlah radikal bebas dari tulang bovine terlihat lebih tinggi dibandingkan dengan tulang manusia yaitu  $1,4 \times 10^7$  dan  $6,5 \times 10^6$  Au (Arbitrary Unit)/g sampel. Hal ini membuktikan bahwa kandungan hidroksiapatit (fase mineral) di dalam tulang bovine lebih tinggi dibandingkan dengan tulang manusia, karena menurut Ostrowski et. al. (1974)<sup>11</sup>, semakin tinggi kandungan mineral di dalam jaringan biologi iradiasi semakin tinggi

pula radikal bebas yang terbentuk. Baik radikal bebas yang terdapat pada tulang bovine maupun tulang manusia iradiasi mempunyai karakteristik yang sama yaitu menurun dari hari pertama pengukuran hingga hari ke 14 dengan jumlah yang relatif sama, selanjutnya konstan hingga 6 bulan.



Gambar 6. Perbandingan luas spektrum ESR dari tulang manusia dan tulang bovine yang diiradiasi dengan dosis 30 kGy

Gambar 7 adalah tiga tingkatan kandungan air didalam tulang yaitu 5, 10 dan 15% yang selanjutnya diiradiasi dengan 30 kGy. Dari spektrum ESR terlihat bahwa jumlah radikal bebas berbanding terbalik dengan konsentrasi air yang terdapat di dalam tulang. Diduga bahwa air yang terkandung di dalam tulang bereaksi dengan sebagian dari radikal yang terbentuk di dalam tulang iradiasi. Pengukuran dilakukan satu jam setelah iradiasi.



Gambar 7. Luas spektrum ESR (Au) pada 3 tingkatan kandungan air tulang manusia liofilisasi yang diiradiasi dengan dosis 30 kGy

## KESIMPULAN

Dari penelitian dapat disimpulkan bahwa:

1. Radikal bebas yang terjadi di dalam tulang bukan saja disebabkan oleh radiasi, tetapi dapat pula disebabkan oleh penggilingan dengan mesin.
2. Radikal bebas menurun hingga 14 hari dan relatif stabil hingga 9 bulan
3. Semakin tinggi kandungan air di dalam tulang semakin turun radikal bebas yang terbentuk
4. Jumlah Radikal bebas dari tulang iradiasi yang di rendam di dalam air selama 30 menit dapat turun hingga 30%.
5. Jumlah radikal bebas tulang "bovine" lebih tinggi dibandingkan dengan tulang manusia.

## DAFTAR PUSTAKA

1. TOMFORD, W.W., Musculoskeletal Tissue banking, Raven Press, New York, pp 149-180 (1992).
2. DARWONO, B., Experiences on Autograft, Hydroxyapatite, Allgraft, and Xenograft Used on Orthopadic Surgery in Gatot Subroto Army Hospital, Symposium and Workshop on "Tissue-organ Banking and Trauma", Oct. 19-20, 1995, Jakarta, Indonesia.
3. TEGUH, A., Implantasi Tulang Xenograft Produksi Batan Research Tissue Bank, Tesis, 1997.
4. GOPAL, N.G.S., SHARMA, G., and PATEL, K.M., Radiation Sterilization of Pharmaceuticals and Disposable Medical Products. In IAEA-TECDOC-454: Technical and Economic Comparison of Irradiation and Conventional Methods, 1986, p. 20.
5. OSTROWSKI, K., DZIEDZIC-GOCLAWSKA, A., STACHOWICKZ, W., and MICHALIK, J., Radiation - induced Paramagnetic Centers in Research on bone Physiopathology, Dept. of Histology, Institute of Biostructure, Medical Academy, Warsaw, Poland, 1990, p.21.
6. STACHOWICKZ, W., OSTROWSKI, K., DZIEDZIC-GOCLAWSKA, A., and KOMENDER, A., On Free Radicals evoked by Radiosterilization in Preserved Bone Grafts. In: IAEA Panel Proceeding Series "Sterilization and Preservation of Biological Tissues by Ionizing Radiation", IAEA-PL-333/3, Vienna, pp 15-27.
7. KOMENDER, J., KOMENDER, A., DZIEDZIC-GOCLAWSKA, A., and OSTROWSKI, K., Radiation-sterilized Bone Grafts Evaluated by Electron Spin Resonance Technique and Mechanical Tests. Transplant Proc. 8, Suppl 1:25, 1976.

8. DZIEDZIC-GOCLAWSKA,A., Effect of Radiation Sterilization on Biostatic Tissue and Their Constituents. In Gaughran, E.R.L and Goredi, A.J. (eds): Sterilization by Ionizing Radiation, vol. 2, Multi Science, Montreal, 1978, p. 156.
9. AATB, Technical Manual for Tissue Banking, Copyright 1987, Suite 220-A, 1350, Beverly Road. McLean, Virginia 22101, M-18.
10. STACHOWICKZ, W., MICHALIK, J. OSTROWSKI, K., and DZIEDZIC-GOCLAWSKA, A., Bone Powder as Suitable Dosimeter for Control of Radiation Sterilization of Biostatic Graft, 3<sup>rd</sup> European Conference on Tissue Banking and Clinical Application of Grafts, EATB/IAEA, Oct. 4-7, 1994, Vienna, Austria.
11. OSTROWSKI,K., DZIEDZIC-GOCLAWSKA,A., STACHOWICZ,W., and MICHALIK,J., Accuracy, Sensitivity, and Specificity of EPR Analysis of Mineral Constituents of Irradiatin Tissues, Ann.N.Y. Acad. Sci. 238, 186-201.
12. SLIWOWSKI,A., and DZIEDZIC-GOCLAWSKA,A., Influence of Gamma Irradiation on the solubility of Collagen-derived Membranes, *Materia Medica Polona*, No.4, 1976, p.3

