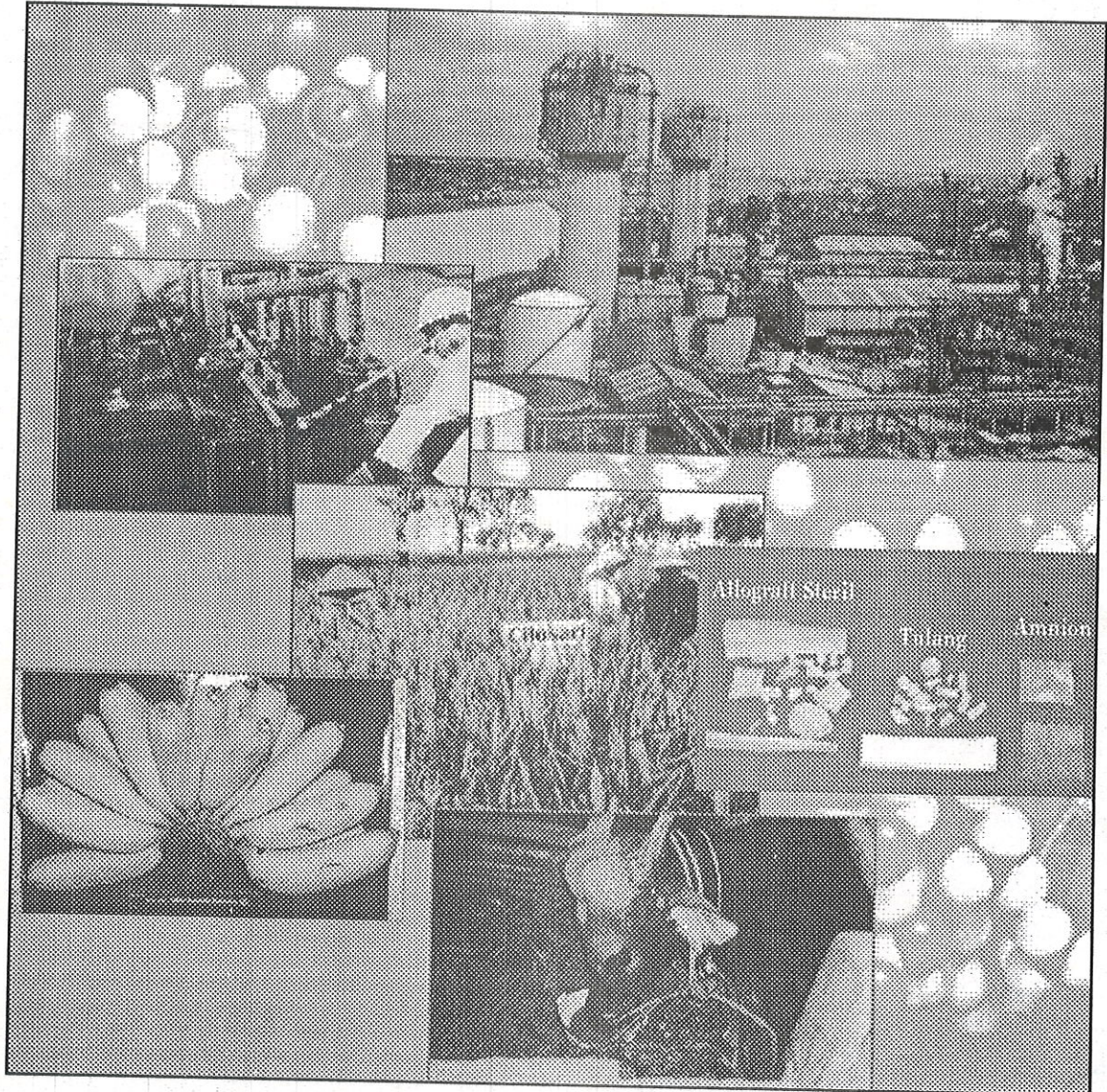


# RISALAH PERTEMUAN ILMIAH PENELITIAN DAN PENGEMBANGAN APLIKASI ISOTOP DAN RADIASI



**Industri, Lingkungan, Kesehatan,  
Pertanian dan Peternakan**



**BADAN TENAGA NUKLIR NASIONAL  
PUSLITBANG TEKNOLOGI ISOTOP DAN RADIASI  
JAKARTA, 2002**



ISBN 979-83708-3-9

RISALAH PERTEMUAN ILMIAH  
PENELITIAN DAN PENGEMBANGAN  
APLIKASI ISOTOP DAN RADIASI



Industri, Lingkungan, Kesehatan,  
Pertanian dan Peternakan

BADAN TENAGA NUKLIR NASIONAL  
PUSITBANG TEKNOLOGI ISOTOP DAN RADIASI  
JAKARTA, 2002



**RISALAH PERTEMUAN ILMIAH  
PENELITIAN DAN PENGEMBANGAN  
APLIKASI ISOTOP DAN RADIASI  
2 0 0 1**

Jakarta, 6 - 7 Nopember 2001

Industri, Lingkungan, Kesehatan,  
Pertanian dan Peternakan



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

RISALAH PERTEMUAN ILMIAH  
PENELITIAN DAN PENGEMBANGAN  
APLIKASI ISOTOP DAN RADIASI

2001

[Jakarta, 6 - 7 Nopember 2001]

Industri, Lingkungan, Kesehatan,  
Pertanian dan Peternakan



BADAN TENAGA NUKLIR NASIONAL  
PUSITBANG TEKNOLOGI ISOTOP DAN RADIASI



**Penyunting :**

- |   |   |
|---|---|
| 1. Dra. Nazly Hilmy, Ph.D, APU          | P3TIR - BATAN                                     |
| 2. Dr. Ir. Moch. Ismachin, APU          | P3TIR - BATAN                                     |
| 3. Dr. F. Suhadi, APU                   | P3TIR - BATAN                                     |
| 4. Ir. Elsje L. Pattiradjawane, MS, APU | P3TIR - BATAN                                     |
| 5. Dr. Singgih Sutrisno, APU            | P3TIR - BATAN                                     |
| 6. Marga Utama, B.Sc, APU               | P3TIR - BATAN                                     |
| 7. Ir. Wandowo                          | P3TIR - BATAN                                     |
| 8. Dr. Made Sumatra, MS, APU            | P3TIR - BATAN                                     |
| 9. Dr. Mugiono, APU                     | P3TIR - BATAN                                     |
| 10. Drs. Edih Suwadji, APU              | P3TIR - BATAN                                     |
| 11. Dr. Sofjan Yatim                    | P3TIR - BATAN                                     |
| 12. Dr. Ishak, M.Sc. M.ID, APU          | P3TIR - BATAN                                     |
| 13. Dr. Nelly D. Leswara                | P3TIR - BATAN                                     |
| 14. Dr. Ir. Komaruddin Idris            | Universitas Indonesia<br>Institut Pertanian Bogor |

---

PERTEMUAN ILMIAH PENELITIAN DAN PENGEMBANGAN APLIKASI ISOTOP DAN RADIASI (2002 : JAKARTA), Risalah pertemuan ilmiah penelitian dan pengembangan aplikasi isotop dan radiasi, Jakarta, 6 - 7 Nopember 2001 / Penyunting, Nazly Hilmy ... (et al) -- Jakarta : Badan Tenaga Nuklir Nasional, Pusat Penelitian dan Pengembangan Teknologi Isotop dan Radiasi, 2002. 1 jil.; 30 cm

Isi jil. 1. Industri, Lingkungan, Kesehatan, Pertanian dan Peternakan

ISBN 979-95709-8-0

1. Isotop - Seminar I. Judul II. Nazly Hilmy

---

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 : p3tir@batan.go.id; sroji@batan.go.id  
Home page : <http://www.batan.go.id/p3tir>



## DAFTAR ISI

Pengantar .....	i
Daftar Isi .....	iii
Laporan Ketua Panitia Pertemuan Ilmiah .....	vii
Sambutan Kepala Badan Tenaga Nuklir Nasional .....	ix
 <b>MAKALAH UNDANGAN</b>	
Strategi Pengembangan Sumber Daya Manusia untuk Pemberdayaan Usaha Kecil Menengah PROF. Dr. ERIYATNO (Deputi SDM - BPSD KUKM) .....	1
Role of Isotopes and Radiation for Industrial Development and Advance Materials Dr. TADAO SEGUCHI (TRCRE, JAERI) .....	5
Strategi Pengembangan Industri Nasional Memasuki Abad Ke-21 Dirjen Industrial Kimia, Agro dan Hutan Industri .....	9
 <b>MAKALAH PESERTA</b>	
Penyelidikan tingkat kebocoran bendungan Jatiluhur dengan pendekatan isotop alam dan hidro-kimia PASTON SIDAURUK, INDROJONO, DJIONO, EVA RISTA RISTIN, SATRIO, dan ALIP .....	25
Penyelidikan daerah imbuhan air tanah Bekasi dengan teknik hidroisotop SYAFALNI, M. SRI SAENI, SATRIO, dan DJIJONO .....	33
Indikasi erosi di daerah perkebunan teh - gunung mas - Puncak - Jawa Barat menggunakan isotop alam <sup>137</sup> Cs NITA SUHARTINI, BAROKAH ALIYANTA, dan ALI ARMAN LUBIS .....	43
Penentuan konsentrasi <sup>226</sup> Ra dalam air minum dan perkiraan dosis interna dari beberapa lokasi di Jawa dan Sumatera SUTARMAN, MARZAINI NAREH, TUTIK INDIYATI, dan MASRUR .....	49
Daerah resapan air tanah cekungan Jakarta WANDOWO, ZAINAL ABIDIN, ALIP, dan DJIJONO .....	57
Radioaktivitas lingkungan pantai Makassar : Pemantauan unsur torium dan plutonium dalam sedimen permukaan A. NOOR, N. KASIM, Y.T. HANDAYANI, MAMING, MERLIYANI, dan O. KABI .....	65
Metode perunut untuk menganalisis sifat aliran air dalam jaringan pipa SUGIHARTO, PUGUH MARTYASA, INDROJONO, HARIJONO, dan KUSHARTONO..	69
Penentuan nilai $\delta^{34}\text{S}$ dalam pupuk dan aplikasinya untuk menentukan sumber sulfur pada air tanah kampung Loji Krawang E. RISTIN PUJI INDIYATI, ZAINAL ABIDIN, JUNE MELLAWATI, PASTON SIDAURUK, dan NENENG L.R., .....	75
Pembuatan komposit campuran serbuk kayu - poliester - serat sabut kelapa untuk papan partikel SUGIARTO DANU, DARSONO, PADMONO, dan ANGESTI BETTY .....	81
Kombinasi pelapisan permukaan kayu lapis Meranti ( <i>Shorea spp</i> ) dengan metode konvensional dan radiasi Ultra Violet DARSONO, dan SUGIARTO DANU .....	89



Studi kopolimerisasi radiasi stirena ke dalam film karet alam (Pengaruh dosis iradiasi dan kadar monomer) SUDRAJAT ISKANDAR, ISNI MARLIYANTI, dan MADE SUMARTI K. ....	95
Pengaruh pencucian dan pemanasan terhadap sifat fisik mekanik barang celup dari lateks alam iradiasi MADE SUMARTI K., MARGA UTAMA, dan DEVI LISTINA .....	103
Studi distribusi waktu tinggal pada proses pencampuran kontinyu dengan model bejana berderet SUGIHARTO, INDROJONO, KUSHARTONO, dan IGA WIDAGDA .....	109
Studi radiasi latar belakang sinar Gamma di laboratorium Sedimentologi, P3TIR, BATAN dengan spektrometri Gamma ALI ARMAN LUBIS, BAROKAH ALIYANTA, dan DARMAN .....	117
Penentuan Uranium dan Thorium sedimen laut dengan metode aktif dan pasif ALI ARMAN LUBIS, dan JUNE MELLAWATI .....	125
Deteksi virus hepatitis B (VHB) dalam serum darah dengan teknik PCR ( <i>Polymerase Chain Reaction</i> ) LINA, M.R., DADANG S., dan SUHADI, F., .....	131
Pendahuluan pembuatan Kit Ria mikroalbuminuria untuk pemeriksaan albuminuria SUKIYATI D.J., SITI DARWATI, GINA M., DJOHARLY, TRININGSIH, dan SULAIMAN.....	137
Ekstraksi Uranium dari limbah cair artifisial dengan teknik membran cair aliran kontinyu RUSDIANASARI, dan BUCHARI .....	143
Meningkatkan akurasi probabilitas pancaran sinar Gamma energi 165.9 keV untuk <sup>139</sup> Ba dengan peralatan koinsiden 4πβ-γ NADA MARNADA, dan GATOT WURDIYANTO.....	149
Efek demineralisasi dan iradiasi gamma terhadap kandungan Kalsium dan kekerasan tulang <i>Bovine</i> liofilisasi B. ABBAS, F. ANAS, S. SADJIRUN, P. ZAKARIA, dan N. HILMY .....	155
<i>Rejection study of cancelous allograft in emergency orthopaedic operation</i> MENKHER MANJAS, and NAZLY HILMY.....	161
<i>Experience of using amniotic membrane after circumcision</i> MENKHER MANJAS, ISMAL, and DODY EFMANSYAH .....	165
<i>Using amniotic membrane as wound covering after cesarean section operation</i> MENKHER M., and HELFIAL HELMI .....	169
Efek <i>Glutathione</i> terhadap daya tahan khamir <i>Schizosaccharomyces pombe</i> yang diiradiasi dalam N <sub>2</sub> , N <sub>2</sub> O, dan O <sub>2</sub> NIKHAM .....	173
Radiolisis pati larut sebagai senyawa model polisakarida. I. Efek pelarut dan laju dosis iradiasi YANTI S. SOEBIANTO, SITI MEILANI S., dan DIAH WIDOWATI.....	181
Pengaruh iradiasi gamma terhadap derajat kekuningan ( <i>Yellowness Index</i> ) dan sifat mekanik plastik pengemas makanan RINDI P. TANHINDARTO, dan DIAN I. ....	191
Metode analisis unsur dengan spektrometri <i>total reflection x-ray fluorescence</i> YULIZON MENRY, ALI ARMAN LUBIS, dan PETER WOBRAUSCHEK .....	205



Pembentukan galur tanaman kacang tanah yang toleran terhadap Aluminium melalui kultur <i>in vitro</i> ALI HUSNI, I. MARISKA, M. KOSMIATIN, ISMIATUN, dan S. HUTAMI .....	215
Pembentukan kalus dan <i>spot</i> hijau dari kultur Antera galur mutan cabai keriting ( <i>Capsicum annuum</i> L.) secara <i>in vitro</i> AZRI KUSUMA DEWI, dan ITA DWIMAHYANI .....	221
Peningkatan toleransi terhadap Aluminium dan pH rendah pada tanaman kedelai melalui kultur <i>in vitro</i> IKA MARISKA, SRI HUTAMI, dan MIA KOSMIATIN .....	225
Efek radiasi sinar gamma dosis rendah pada pertumbuhan kultur jaringan tanaman ciplukan ( <i>Pysalis angulata</i> L.) ROSMIARTY A. WAHID .....	235
Pengujian galur mutan Sorghum generasi M4 terhadap kekeringan di Gunung Kidul SOERANTO, H., CARKUM, SIHONO, dan PARNO .....	241
Evaluasi penampilan fenotip dan stabilitas beberapa galur mutan kacang hijau di beberapa lokasi percobaan RIYANTI SUMANGGONO, dan SOERANTO HUMAN .....	247
Penggunaan pupuk hayati fosfat alam untuk meningkatkan produksi tanaman jagung di lahan kering HAVID RASJID, J. WEMAY, E.L. SISWORO, dan W.H. SISWORO .....	255
Pertumbuhan dan produksi kacang hijau pada kondisi ketersediaan air terbatas THOMAS .....	261
Peningkatan keragaman sifat agronomi tanaman melati <i>Jasminum sambac</i> (L.) W. Ait dengan teknik mutasi buatan LILIK HARSANTI, dan MUGIONO .....	273
Pengaruh sumber eksplan dan <i>Thidiazuron</i> dalam media terhadap regenerasi eksplan mutan nilam ( <i>Pogostemon cablin</i> Benth.) ISMIYATI SUTARTO, MASRIZAL, dan YULIASTI .....	281
Kombinasi bahan organik dan pupuk N inorganik untuk meningkatkan hasil dan serapan N padi gogo IDAWATI, dan HARYANTO .....	287
Kuantifikasi transformasi internal <sup>15</sup> N untuk memprediksi daya suplai Nitrogen pada lahan paska deforestasi I.P. HANDAYANI, P. PRAWITO, dan E.L. SISWORO .....	295
Pengaruh fosfat alam dan pupuk kandang terhadap efisiensi pemupukan P pada oxisol Sumatera Barat JOKO PURNOMO, KOMARUDDIN IDRIS, SUWARNO, dan ELSJE L. SISWORO .....	305
Studi kandungan unsur mikro pada UMMB sebagai suplemen pakan ternak ruminansia FIRSONI, YULIZON MENRY, dan BINTARA HER SASANGKA .....	313
Penggunaan suplemen pakan dan pemanfaatan teknik <i>radioimmunoassay</i> (RIA) untuk meningkatkan efisiensi Inseminasi Buatan (IB) TOTTI TJIPTOSUMIRAT, DADANG SUPANDI, dan FIRSONI .....	319
Pembuatan antibodi pada kelinci yang diimunisasi dengan <i>Brucella abortus</i> SUHARNI SADI .....	325

Pengaruh dosis inokulasi <i>Trypanosoma evansi</i> terhadap gambaran darah hewan inang mencit M. ARIFIN .....	333
Penentuan dosis iradiasi pada <i>Fasciola gigantica</i> (cacing hati) yang memberi perlindungan pada kambing B.J. TUASIKAL, M. ARIFIN, dan TARMIZI .....	337
Pengalihan jenis kelamin ikan nila gift ( <i>Oreochromis niloticus</i> ) dengan pemberian hormon testosteron alami ADRIA P.M. HASIBUAN, dan JENNY M. UMAR .....	345
Pengamatan klinis dan serologis pada domba pasca vaksinasi L-3 iradiasi cacing <i>Haemonchus contortus</i> dalam uji skala lapangan SUKARJI PARTODIHARDJO, dan ENUH RAHARJO .....	349
Pengaruh iradiasi terhadap cemaran bakteri pada udang windu ( <i>Penaeus monodon</i> ) HARSOJO, DIDI ROHADI, LYDIA ANDINI S., dan ROSALINA S.H. ....	355
Kondisi optimal untuk penentuan radioaktivitas serangga hama bertanda P-32 dengan menggunakan pencacah sintilasi cair YARIANTO S., BUDI SUSILO, dan S. SUTRISNO .....	361
Kemandulan terinduksi radiasi pada hama kapas <i>Helicoverpa armigera</i> Hubner (Lepidoptera : Noctuidae) dan kemandulan yang diturunkan pada generasi F1 SUHARYONO, dan S. SUTRISNO .....	367
Pengembangan parasitasi <i>Biosteres</i> sp pada larva <i>Bactrocera carambolae</i> (DREW & HANCOCK) sebagai komplementer teknik serangga mandul DARMAWI SIKUMBANG, INDAH A. NASUTION, M. INDRAMATMI, dan ACHMAD N. KUSWADI .....	373
Pengaruh iradiasi gamma terhadap Thiamin & Riboflavin pada ikan tuna ( <i>T. thynnus</i> ) dan salem ( <i>Onchorhynchus gorbuscha</i> ) segar RINDY P. TANHINDARTO, FOX, J.B., LAKRITZ, L., dan THAYER, D.W. ....	379
Budidaya ikan Nila gift yang diberi pakan pelet kelapa sawit YENNI M.U., dan ADRIA P.M. ....	385
Sintesis hidrogel kopolimer (2-hidroksi etil metakrilat/N-vinil pirrolidon) dengan iradiasi gamma dan imobilisasi ametrin ERIZAL .....	389



## EFEK DEMINERALISASI DAN IRADIASI GAMMA TERHADAP KANDUNGAN KALSIMUM DAN KEKERASAN TULANG BOVINE LIOFILISASI

B. Abbas<sup>1</sup>, F. Anas<sup>1</sup>, S. Sajirun<sup>1</sup>, P. Zakaria<sup>2</sup>, dan N. Hilmy<sup>1</sup>

<sup>1</sup> Puslitbang Teknologi Isotop dan Radiasi, BATAN, Jakarta

<sup>2</sup> Pusat Elemen Bakar Nuklir, BATAN, Serpong

### ABSTRAK

**EFEK DEMINERALISASI DAN IRADIASI GAMMA TERHADAP KANDUNGAN KALSIMUM DAN KEKERASAN TULANG BOVINE LIOFILISASI.** Telah dilakukan penelitian efek iradiasi gamma dan demineralisasi tulang *bovine* terhadap kandungan kalsium dan kekerasan tulang. Sampel tulang kortikal (kompak) dan tulang kanselus (spongiosa) dari sapi berumur di bawah 2 tahun didapat dari Rumah Potong Hewan, dipotong menjadi berbentuk *chip*. Sampel diproses menurut metode AAA *bone*, kemudian didemineralisasi dalam larutan HCl 0,6 N selama 72 jam untuk tulang kompak dan 6 jam untuk tulang spongiosa pada suhu kamar. Derajat keasaman (pH) larutan dimonitor selama proses demineralisasi. Sampel dikeringkan dengan cara liofilisasi dan diiradiasi dengan dosis 10-30 kGy. Kekerasan tulang ditentukan dengan *Hardness Tester* dan kandungan kalsium ditentukan dengan metoda XRF. Hasil menunjukkan bahwa kandungan kalsium tulang spongiosa menurun dari 20,72% hingga 2,03% setelah perendaman 6 jam di dalam larutan HCl 0,6N dan kandungan kalsium tulang kompak menurun dari 28,31% menjadi 10,9 setelah 72 jam proses demineralisasi. Derajat keasaman (pH) selama proses demineralisasi naik dari 0,6 menjadi 2,36. Kekerasan tulang kompak liofilisasi yang diiradiasi dengan dosis 0, 10, 20, dan 30 kGy berturut-turut adalah 90,0; 84,3; 73 dan 69,3 vicker, sedangkan kekerasan tulang akibat perlakuan demineralisasi dan iradiasi 30 kGy untuk berbagai perlakuan sebagai berikut: tanpa iradiasi dan tanpa demineralisasi; demineralisasi tanpa iradiasi; iradiasi tanpa demineralisasi ; demineralisasi dan iradiasi adalah berturut turut sebagai berikut 90; 72,5; 70 dan 62 vicker. Kekerasan tulang selama penyimpanan 6 bulan tidak menunjukkan perbedaan yang bermakna.

**Kata Kunci :** Demineralisasi, iradiasi gamma, kalsium, liofilisasi, tulang bovine, tulang kortikal, tulang spongiosa, kekerasan tulang.

### ABSTRACT

**THE EFFECTS OF DEMINERALIZATION PROCESS AND GAMMA IRRADIATION ON CALCIUM CONTENT AND HARDNESS OF LYOPHILIZED BOVINE BONE.** The effects of gamma irradiation and demineralization process on calcium contents and hardness of lyophilized bovine bone have been carried out. Samples of cortical and cancellous bone were retrieved from 2 years old bovine obtained from local abattoir. The bone were cut into chips form. Samples were processed according to AAA bone method and then demineralized in 0.6 N of Hydrochloride acid (HCl) solution at room temperature until 72 hours for cortical bone and 6 hours for cancellous bone. During demineralization process, the pH of the solution were monitored. Subsequently, the wet samples were washed and lyophilized. The dried samples were irradiated at doses 10-30 kGy. The hardness of the bone was determined using a Hardness Tester and the calcium content was determined by XRF method. The results show that the calcium content of the cancellous bone reduce from 20.73% to 2.03% after six hours of demineralization process and the cortical bone reduce from 28.31% to 10.9% after 72 hours of demineralization process. The pH of the solution increase from 1.1 to 2.5 for all the solution observed. Hardness of irradiated lyophilized bone at doses of 0, 10, 20, and 30 kGy were 90, 84.3, 73, and 69.3 vickers respectively, and the hardness of combined treatment of irradiation at 30 kGy and demineralization as follows: not irradiation and not demineralization, demineralization, irradiation and not demineralization, and demineralization and irradiation of cortical bovine bone were 90, 72.5, 70 and 62 vickers consecutively. Storage up to 6 months did not give a significant reduction of the hardness.

**Key words :** Demineralization, gamma irradiation, calcium, lyophilization, bovine bone, cortical, cancellous, hardness.

### PENDAHULUAN

Tulang adalah salah satu jaringan transplan (*graft*) yang paling banyak digunakan manusia, dan secara rutin dipakai untuk memperbaiki kerusakan rangka tulang (skeleton) yang disebabkan oleh trauma, neoplasma, dan infeksi. Ada tiga mekanisme tulang transplan dalam kontribusinya untuk perbaikan tulang setelah *grafting* yaitu: *osteogenesis*, *osteoinduction*, dan

*osteoconduction*. *Osteogenesis* adalah pembentukan tulang baru dari sel pembentuk tulang (*Osteoblast*) yang ditransplantasikan sebagai komponen sel hidup pada sel tulang sendiri (*autogenous*). *Osteoinduction* adalah suatu proses yang terjadi pada tranplan tulang allograf (tulang orang lain) yaitu pembentukan tulang baru oleh sel *mesenchymal* resipien yang berdiferensiasi ke dalam sel pembentuk tulang dengan rangsangan *Bone Morphogenic Protein* (BMP). BMP adalah suatu



protein yang merangsang pertumbuhan tulang, yang terdapat dalam tulang allograf demineralisasi. *Osteoconduction* adalah suatu proses dimana sel-sel pembentuk tulang dari resipien, berinfiltrasi dan berpoliferasi dalam membentuk tulang baru pada lingkungan yang cocok. Hal ini dapat terjadi pada transplan allograf dan autograf. *Osteoinduction* berhubungan dengan implantasi dari tulang demineralisasi karena adanya proteoglycan/ matriks kolagen dan *protein growth factor* seperti BMP yang terdapat di dalam graft tersebut (1-3).

Tulang demineralisasi dikenal sebagai *Demineralized Bone Matrix* (DBM) atau *Demineralized Freeze Dried Bone Allograft* (DFDBA) atau *Antigen-Extracted Surface-Demineralized Autolysed Allogeneic* (AAA) (4). Menurut Zhang, dkk (1987), potensi *osteoinductive* yang terbaik dari DBM untuk periodontal adalah dengan kandungan kalsium 2% dengan besar matriks 500 – 700 mikron (5).

Biomekanik dari tulang tranplan DBM bergantung pada derajat demineralisasinya atau kedalaman dekalsifikasinya. Demineralisasi permukaan tulang mempunyai keuntungan sebagai pembentukan fungsi homostruktural dari tulang kompak, sedangkan demineralisasi total pada tulang yang berbentuk *chip* atau bubuk untuk *craniofacial defects*, berfungsi sebagai *osteoinductive* yang mempercepat pertumbuhan tulang baru. Oleh karena itu DBM dapat disiapkan untuk indikasi yang berbeda seperti pada bedah mulut dan gigi (*oral*) dan bedah tulang *serta* bedah *maxillofacial* (6-7).

Metode pengawetan tulang dapat dilakukan dengan cara liofilisasi yaitu mengeringkan tulang dalam keadaan beku dengan suatu tekanan tertentu sehingga matriks air berubah menjadi uap tanpa melalui fase cair. Proses ini juga disebut dengan sublimasi. Keuntungan metode liofilisasi antara lain adalah produknya dapat disimpan pada suhu kamar tanpa pendingin. Karena liofilisasi dapat menahan proses enzimatik dan perubahan kimia dari jaringan biologi, maka apabila produk liofilisasi tersebut direndam di dalam air, sifat asli dari jaringan kembali kepada keadaan semula. Di samping itu liofilisasi dapat pula menurunkan imunogenisitas dari produk biologi sehingga reaksi penolakan dari resipien dapat dihindari. Kelemahannya adalah kekuatan jaringan dapat menurun (8,9).

Salah satu teknik sterilisasi untuk *graft* tulang adalah dengan cara iradiasi sinar gamma. Di Amerika Serikat diperkirakan 100.000 – 200.000 *graft* tulang disterilkan dengan teknik iradiasi sinar gamma setiap tahunnya. Walaupun demikian, kelemahan teknik ini yaitu pada dosis di atas 35 kGy dapat menurunkan kekuatan tulang secara bermakna (9,10).

Penelitian ini bertujuan untuk mengevaluasi kandungan kalsium dan kekuatan dari tulang demineralisasi baik tulang kompak maupun tulang spongiosa serta efek iradiasi terhadap kekuatan tulang kompak demineralisasi. Tujuan lain dari penelitian ini untuk mendapatkan *graft* tulang DBM yang cocok sebagai penyangga atau pengisi kerusakan tulang. Menurut *American Association of Tissue Banks* (AATB) dalam Wolfinbarger (11), kandungan kalsium

dari *graft* tulang DBM adalah dibawah 8% sedangkan biomekanik *graft* tulang DBM sekitar 12%-13% lebih rendah dari tulang normal (6).

## BAHAN DAN METODE

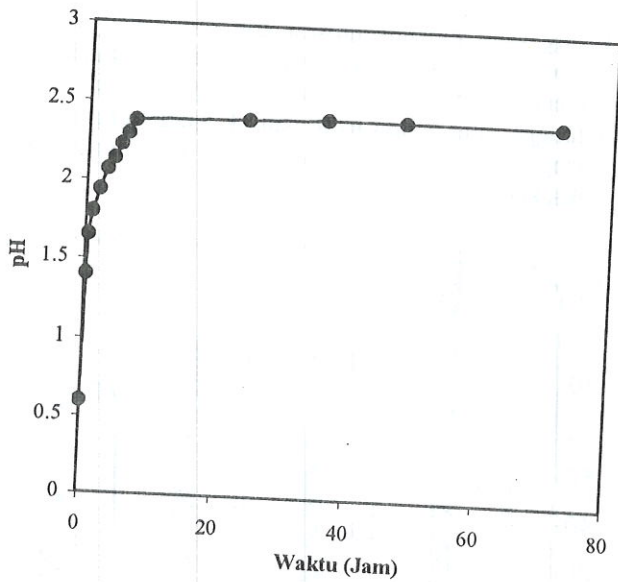
**Bahan penelitian.** Tulang *bovine* didapat dari Rumah Potong Hewan, Cakung, Jakarta Utara. Tulang diambil dari sapi yang bebas penyakit seperti penyakit mulut dan kuku, secara aseptis. Kemudian dimasukkan ke dalam kantong plastik steril yang telah diisi es dan dibawa ke laboratorium. Tulang dibersihkan dari sisa daging dan dipotong berbentuk *chip* yang berukuran 2x2 cm untuk tulang kompak dan 1x1x1 cm untuk tulang spongiosa. Tulang kompak berasal dari tulang femur sedangkan tulang spongiosa berasal dari ujung femur. Bahan kimia yang digunakan adalah asam klorida (HCl) 0,6 N yang dibuat dari HCL 37% (MERCK) dan buffer fosfat pH 7,4 (MERCK).

**Tata kerja.** *Chip* tulang kompak direndam di dalam larutan HCl 0,6 N selama 72 jam dengan konsentrasi sampel 50, 100, dan 150 g tulang per 400 ml HCl 0,6 N, sedangkan tulang spongiosa direndam dalam larutan HCl 0,6 N selama 6 jam dengan konsentrasi 50 g per 400 ml HCl 0,6 N. Demineralisasi dilakukan pada suhu kamar  $26^{\circ}\text{C} \pm 2^{\circ}\text{C}$ . Selama proses demineralisasi pH larutan HCl di tentukan dengan pH meter Fischer. Selanjutnya Tulang dinetralkan dengan buffer fosfat pH 7,4 dan dicuci dengan air destilasi. Tulang dikeringkan dengan cara liofilisasi dan diiradiasi dengan sinar gamma dengan dosis 10, 20, dan 30 kGy. Selanjutnya diukur kandungan kalsium dengan alat XRF dan kekerasan tulang dengan Micro Hardness Tester (Vicker). Pengulangan dilakukan sebanyak tiga kali dari satu sapi (*bovine*).

## HASIL DAN PEMBAHASAN

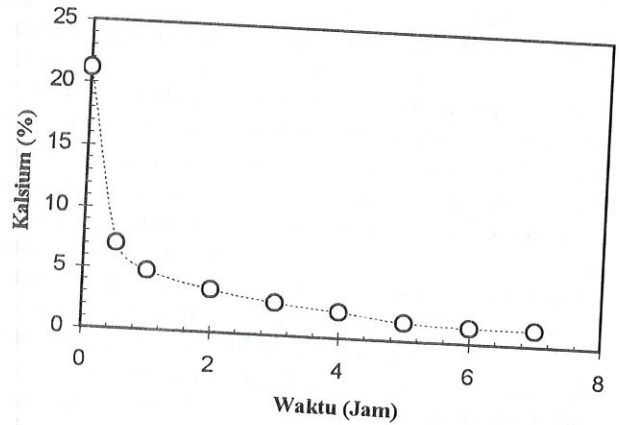
Pola kenaikan pH larutan dari *chip* tulang kompak dan spongiosa yang direndam di dalam larutan HCl 0,6 N selama 72 jam dan 6 jam dapat dilihat pada Gambar 1a dan 1b. Derajat keasaman (pH) larutan pada awal proses demineralisasi adalah 0,6 meningkat dengan cepat pada 30 menit pertama, selanjutnya meningkat sedikit demi sedikit dan konstan setelah 4 jam untuk tulang spongiosa dan 48 jam pada tulang kompak. Menurut Wolfinbarger, et.al<sup>11</sup>, kenaikan pH larutan demineralisasi disebabkan oleh kelarutan kalsium tulang, sehingga pengukuran pH pada proses demineralisasi tulang dapat memprediksi waktu demineralisasi. Derajat demineralisasi sangat bergantung pada jenis tulang yang diproses. Proses demineralisasi pada tulang kompak lebih lama dibandingkan dengan tulang spongiosa. Hal ini disebabkan karena pori dari tulang kompak lebih rapat dibandingkan dengan tulang spongiosa sehingga luas permukaan jaringan yang terendam di dalam larutan lebih kecil dibandingkan dengan tulang spongiosa.



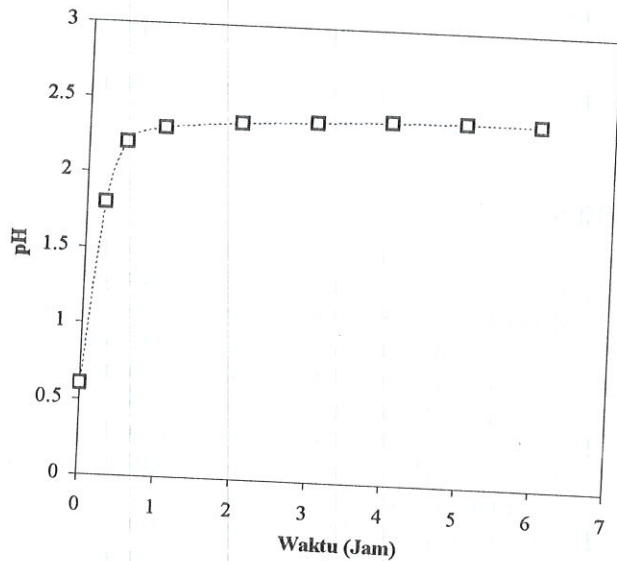


Gambar 1a. Hubungan antara pH dan Waktu Demineralisasi Tulang Kompak

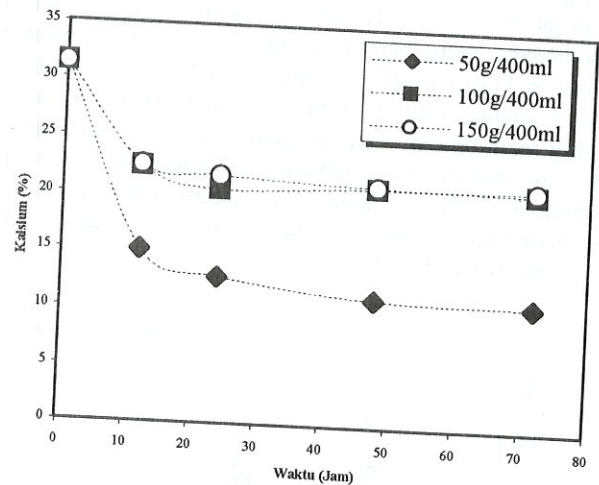
menyisakan kalsium dalam tulang berturut-turut sebesar 15,0%, 22,4%, dan 22,5% dan selanjutnya bila didemineralisasi hingga 72 jam akan menyisakan kalsium sebesar 10,9%, 20,9%, dan 21,1%.



Gambar 2. Hubungan Waktu Demineralisasi Dengan Kalsium Tulang Spongiosa.



Gambar 1b. Hubungan antara pH dan Waktu Demineralisasi Tulang Spongiosa



Gambar 3. Efek Konsentrasi Tulang Kompak dan Waktu Demineralisasi terhadap Kalsium

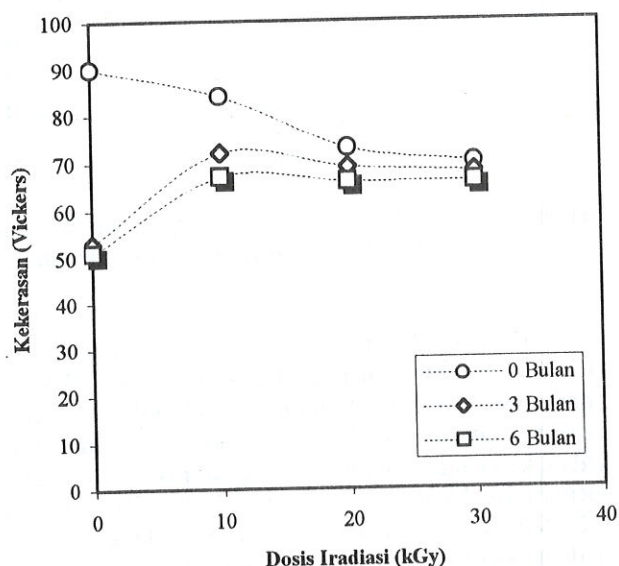
Hubungan antara waktu demineralisasi dengan kandungan sisa kalsium tulang dapat dilihat pada Gambar 2. Kandungan kalsium tulang spongiosa tanpa demineralisasi adalah 21,14%. Dalam waktu 30 menit kandungan kalsium tulang tersebut menjadi 7,03%. Setelah 5 jam demineralisasi kandungan kalsium menjadi 2,11% dan stabil setelah 6 jam demineralisasi yaitu 1,3%. Dari Gambar 1 dan 2 terlihat bahwa semakin tinggi pH larutan semakin rendah kemampuannya untuk mendemineralisasi tulang.

Kemampuan larutan HCl 0,6 N untuk mendemineralisasi tulang kompak juga bergantung pada perbandingan berat tulang dengan jumlah larutan. Seperti terlihat pada Gambar 3, kandungan kalsium tulang kompak (kontrol) sebesar 31,4%, bila didemineralisasi dengan konsentrasi 50, 100, 150 gram per 400 ml larutan HCl 0,6 N selama 12 jam, akan

Data tersebut menunjukkan bahwa kemampuan HCl 0,6 N untuk mendemineralisasi tulang dengan konsentrasi 100 dan 150 gram per 400 ml larutan tidak berbeda nyata sampai 72 jam demineralisasi yaitu 21%, sedangkan untuk konsentrasi 50 gram per 400 ml dapat menurunkan kadar kalsium sampai 10,9%. Kemampuan HCl 0,6 N untuk mendemineralisasi tulang kompak berbentuk chip (2x2 cm), belum dapat memenuhi standar tulang DBM menurut AATB yaitu kadar kalsiumnya di bawah 8%. Hal ini disebabkan karena kerapatan pori tulang kompak, sehingga larutan tidak dapat menembus ke bagian dalam jaringan tulang. Oleh karena itu Wolfenbarger<sup>11</sup> menyarankan demineralisasi tulang kompak dilakukan pada partikel tulang yang lebih kecil yaitu 250 – 710 mikron yang diaplikasikan di bidang periodontal. Walaupun demikian demineralisasi tulang kompak yang ditujukan sebagai

tulang penyangga di bidang ortopedi, dapat dilakukan demineralisasi permukaan. Demineralisasi permukaan tersebut berfungsi sebagai *osteoinductive* matriks protein untuk membentuk homostruktural *graft* tulang DBM setelah pemakaian (4,6,7).

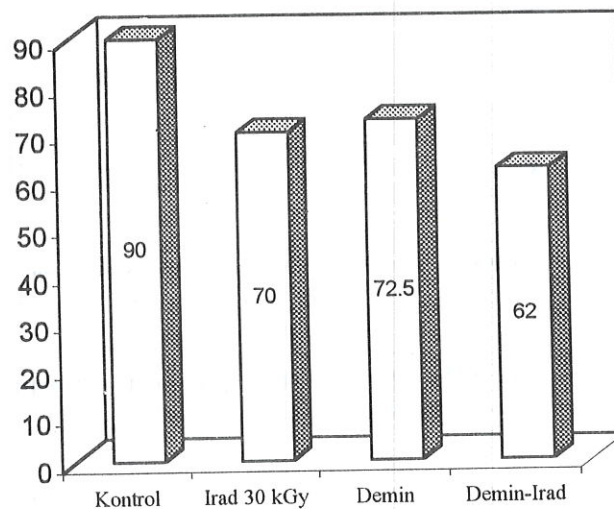
Dalam persiapan *graft* tulang, salah satu cara untuk mensterilkannya yaitu menggunakan iradiasi sinar gamma. Menurut Hilmy, dkk., dosis minimum untuk sterilisasi tulang liofilisasi adalah 15 kGy (12). Walaupun iradiasi merupakan cara yang banyak digunakan untuk sterilisasi jaringan biologi, tetapi radiasi juga dapat merusak sifat fisik tulang. Hal ini disebabkan oleh kondisi pada waktu iradiasi seperti : suhu dan kadar air. Suhu rendah atau beku dapat mengurangi kerusakan sedangkan iradiasi pada keadaan kering menyebabkan kerusakan lebih rendah daripada iradiasi segar (kadar air sekitar 70%) (13). Faktor-faktor tersebut dapat merusak kolagen atau memutus rantai-rantai polimer dari protein dan polisakarida yang terdapat di dalam tulang (14,15). Sejalan dengan hal tersebut, pada Gambar 4 terlihat bahwa kekerasan tulang akibat iradiasi dosis 30 kGy menurun dari 90 Vicker menjadi 70 Vicker. Selanjutnya penyimpanan tulang yang diiradiasi dengan dosis 20 dan 30 kGy sampai 6 bulan pada suhu kamar tidak menunjukkan perbedaan yang bermakna terhadap kekerasan tulang yang belum disimpan (0 bulan). Tulang tanpa iradiasi yang disimpan hingga 6 bulan menunjukkan kekerasan yang lebih rendah dibandingkan dengan tulang iradiasi. Hal ini mungkin disebabkan oleh mikroba yang terdapat di dalam tulang non iradiasi tersebut selama penyimpanan telah merusak jaringan tulang. Hal tersebut harus dievaluasi lagi.



Gambar 4. Efek Iradiasi dan Penyimpanan terhadap Kekerasan Tulang

Gambar 5 menunjukkan pengaruh demineralisasi dan iradiasi serta kombinasinya terhadap kekerasan tulang. Terlihat bahwa iradiasi tulang dengan dosis 30 kGy dapat menurunkan kekerasan tulang dari 90 Vicker menjadi 70 Vicker. Penurunan sangat terlihat pada

tulang yang didemineralisasi dan diiradiasi yaitu 62 Vicker. Penurunan ini berkaitan dengan kandungan mineral tulang yang semakin rendah yaitu 10,9% sehingga yang tersisa lebih banyak kandungan organik tulang seperti kolagen atau polimer dari protein dan polisakarida.



Gambar 5. Kekerasan Tulang Iradiasi, Demineralisasi, Iradiasi-Demineralisasi

## KESIMPULAN

Dari penelitian ini dapat disimpulkan bahwa:

1. Graft tulang DBM dapat disiapkan sebagai tulang demineralisasi total untuk pengisi *bone cyst* pada bedah mulut dan maxillofacial dan dapat pula disiapkan sebagai tulang demineralisasi permukaan untuk graft penyangga di bidang ortopedi.
2. Semakin rendah derajat keasaman (pH) dalam proses demineralisasi semakin efektif proses penurunan kadar kalsium tulang.
3. Kecepatan proses demineralisasi sangat tergantung dari jenis tulang. Proses demineralisasi pada tulang kompak lebih lama dibandingkan dengan tulang spongiosa.
4. Demineralisasi permukaan tulang kompak dapat dilakukan selama 24 jam dengan konsentrasi tulang 50 g/400 ml larutan HCl 0,6 N, sedangkan demineralisasi total dari tulang spongiosa dapat dilakukan selama 6 jam.
5. Kekerasan tulang sangat dipengaruhi oleh iradiasi dan demineralisasi serta kombinasinya.

## DAFTAR PUSTAKA

1. URIST, MR., Bone Formation Induced in Postfetal Life by Bone Morphogenic Protein. In: Becker, RO, ed. Mechanism of Growth Control. Springfield, IL Charles Thomas (1981) 406-434.
2. URIST, MR., LIETZE, A., and MAZUTANI, H. A Bovine Low Molecular Weight Bone Morphogenic Protein (BMP) Fraction. Clin. Orthop (1982) 162:319-232.



3. URIST, MR., SATO, K., and BROWN, AG. Human Bone Morphogenic Protein (hBMP). *Proc. Soc. Exper. Bio. Med* (1983) 194-199.
4. ZHANG, M., POWERS, RM., and WOLFINBARGER, L. Effect (s) of the Demineralization Process on the Osteoinductivity of Demineralized Bone Matrix. *J. Periodontal* (1997) Volume 68, No. 11:1085-1092.
5. ZHANG, M., POWERS, RM., and WOLFINBARGER, L. A Quantitative Assesment of Osteoinductivity of Human Demineralized Bone Matrix. *J. Periodontal* (1997) Volume 68, No. 11:1076-1084.
6. KUTLER, N., REUTER, J., KIRCHNER, T., PRIESSUIZ, B., and SEBALD, W., Osteoinductive, morphogenic, and Biomechanical Properties of Autolyzed Antigen Extracted, Allogenic Human Bone. *J. Oral Maxilofac Surg.* (1993) Dec; 51(12); 1345-57.
7. URIST, MR., MIKULSKI, AM, and BOYD, SDA. Chemosterilized Antigen Extracted Autodigested Alloimplant for Bone Banks. *Arch Surg*, (1975) (110) 416-23.
8. CHRIST, M. Operating Instruction for the Freze Dryer Unit Beta 1.
9. ANNA, DG. The Application of Ionizing Radiation to Sterile Connective Tissue Allograft. In: *Radiation and Tissue Banking*, G.O. Phillips, eds., World Scientific, Singapore (2000), 57-99.
10. PHILLIPS, G.O., *Biological Tissue for Surgical Implants. In: Technical and Economical Comparasion of Irradiation and Conventional Methods*, IAEA, Vienna (1988) 75.
11. WOLFINBARGER, L., BURKART, M., CROFT, L., LINTHURST, A., and BRAENDLES, L. Processing Factors Contributing to Production of Maxilly Osteoinductive Demineralized Ground Bone for Use in Orthopaedic or Periodontal Application. *Cell and Tissue Banking* (1999) (3) 125-145.
12. HILMY, N., FEBRIDA, A., BASRIL, A. Validation of Radiation Sterilization Dose for Lyophilized Amnion and Bone Grafts. *Cell and Tissue Banking* (2000) (1): 143-148.
13. HILMY, N. Sterilisasi Radiasi Produk Biomaterial (allograf dan xenograf), Dibawakan pada "The 1<sup>st</sup> Indonesian Tissue Bank Scientific Meeting and Workshop on Biomaterial Application" Surabaya 22-23 September (2001).
14. DZIEDZIC-GOCAWSKA, A and STACHOWICZ, W. Sterilization of Tissue Allografts. *Advances in Tissue Banking*, World Sci. Singapore, Vol 1; 282.
15. LITTLE, K. Some Effects of Sterilizing Doses of Radiation on Biological Tissues. *Sterilization and Preservation of Biological Tissues by Ionizing Radiation*, IAEA, Vienna, (1970) 39.

## DISKUSI

MARIA LINA

1. Perlakuan demineralisasi iradiasi menunjukkan kekerasan tulang *bovine* paling rendah dibanding perlakuan lain apakah ada pengaruh sinergis perlakuan demineralisasi pirodian ?
2. Apakah fungsi iradiasi selain sebagai cara untuk sterilisasi ?

BASRIL ABBAS

1. Tampaknya ada pengaruh sinergis, tapi perlu penelitian lebih lanjut.
2. Dalam penelitian ini iradiasi hanya ditujukan untuk sterilisasi.

SUDRAJAT ISKANDAR

Setelah proses demineralisasi dan radiasi terjadi penurunan kandungan kalsium dan kekerasan, apa penyebab penurunan kandungan kalsium tersebut setelah proses demineralisasi maupun iradiasi ? mohon penjelasan.

BASRIL ABBAS

Penyebab penurunan kekerasan tulang oleh proses demineralisasi adalah karena penurunan kandungan kalsium tulang, sedangkan radiasi pada dosis diatas 25 kGy dapat merusak kolagen atau memutus rantai-rantai polimer dari protein dan polisakarida dalam tulang.

KRISNA LUMBAN TOBING

Jadi apa artinya/manfaatnya tulang yang didemineralisasi dan iradiasi adalah bevicher ? atau apa manfaatnya dilakukan (1) dan (2) pada tulang ?

BASRIL ABBAS

Manfaat demineralisasi tulang meningkatkan bone morphogenic protein yang dapat merangsang pertumbuhan tulang baru. Iradiasi digunakan untuk sterilisasi.