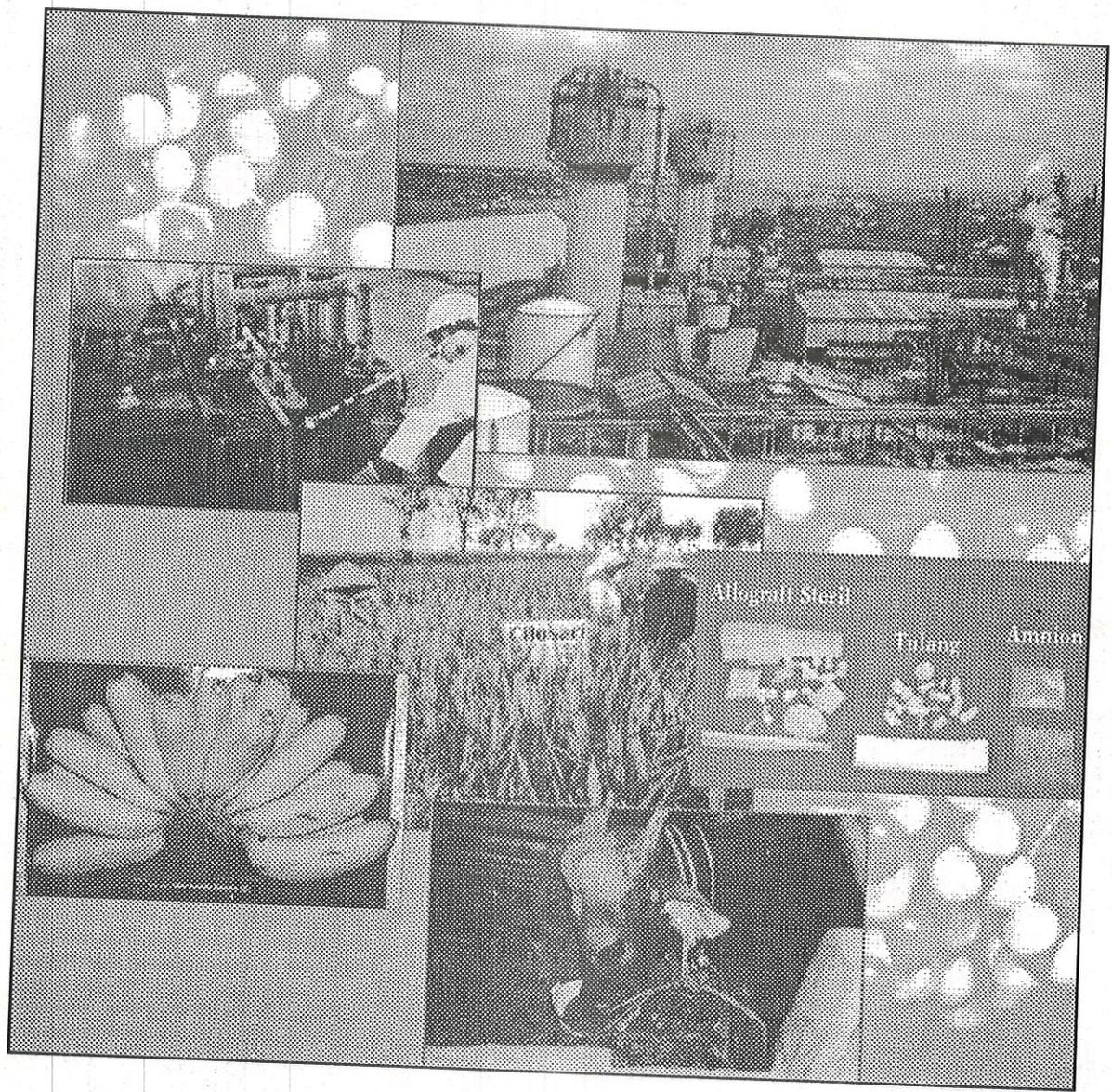


RISALAH PERTEMUAN ILMIAH PENELITIAN DAN PENGEMBANGAN APLIKASI ISOTOP DAN RADIASI



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



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

ISBN 979-82709-2-4

APLIKASI ISOTOP DAN RADIASI
PENELEITAN DAN PENGEMBANGAN
RISALAH PERTEMUAN ILMIAH



Pertanian dan Peternakan
Industri, Lingkungan, Kesehatan

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



**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
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
2. Dr. Ir. Moch. Ismachin, APU
3. Dr. F. Suhadi, APU
4. Ir. Elsje L. Pattiradjawane, MS, APU
5. Dr. Singgih Sutrisno, APU
6. Marga Utama, B.Sc, APU
7. Ir. Wandowo
8. Dr. Made Sumatra, MS, APU
9. Dr. Mugiono, APU
10. Drs. Edih Suwadji, APU
11. Dr. Sofjan Yatim
12. Dr. Ishak, M.Sc. M.ID, APU
13. Dr. Nelly D. Leswara
14. Dr. Ir. Komaruddin Idris

P3TIR - BATAN
Universitas Indonesia
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. I. Industri, Lingkungan, Kesehatan, Pertanian dan Peternakan

ISBN 979-95709-8-0

I. 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
MAKALAH UNDANGAN	
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
MAKALAH PESERTA	
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 ¹³⁷ Cs NITA SUHARTINI, BAROKAH ALIYANTA, dan ALI ARMAN LUBIS	43
Penentuan konsentrasi ²²⁶ 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 ^{139}Ba dengan peralatan koinciden $4\pi\beta\text{-}\gamma$ 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_2 , N_2O , dan O_2 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 ¹⁵ 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 nilotichus</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. INDARWATMI, 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

RADIOLISIS PATI LARUT SEBAGAI SENYAWA MODEL POLISAKARIDA. I. EFEK PELARUT DAN LAJU DOSIS IRADIASI

Yanti S. Soebianto¹, Siti Meilani S.² dan Diah Widowati²

¹Puslitbang Teknologi Isotop dan Radiasi, BATAN, Jakarta

²Fakultas Farmasi, Universitas Pancasila

ABSTRAK

RADIOLISIS PATI LARUT SEBAGAI SENYAWA MODEL POLISAKARIDA. I. EFEK PELARUT DAN LAJU DOSIS IRADIASI. Iradiasi gamma dalam media udara dilakukan terhadap pati larut bentuk padat dan larutan air (5%) dengan laju dosis yang berbeda. Uji sifat fisika dan kimia dilakukan untuk mengetahui efek radiasi. Sisa pati setelah iradiasi ditentukan dengan mengukur kadar gula reduksi memakai metode Luff Schoorl. Perubahan fisika yang teramati adalah warna kekuningan pati, percepatan kelarutan, dan penurunan viskositas larutan. Molekul pati mengalami depolimerisasi, sehingga lebih mudah larut. Proses ini lebih nyata dalam bentuk larutan dan iradiasi dengan laju dosis rendah. Hal ini disebabkan oleh efek langsung dan tidak langsung terhadap zat terlarut, serta faktor difusi oksigen kedalam larutan.
Kata kunci : Radiolisis, senyawa model.

ABSTRACT

RADIOLYSIS OF SOLUBLE STARCH AS A POLYSACCHARIDE MODEL COMPOUND. I. EFFECT OF SOLVENT AND DOSE RATE. Soluble starch in the solid state and solution (5%) were gamma irradiated in air under various dose rates. Physical and chemical changes were examined to study the radiation effects. The remained starch was determined by Luff Schoorl method for reducing sugars. The observed physical changes are yellowing of the powder, increase of solubility, and reduction of the intrinsic viscosity of the solution. Molecular starch is depolymerized by irradiation, and therefore it has enhanced its solubility. Experimental results show that solvent and low irradiation dose rate enhance depolymerization due to direct and indirect effect on the solute, and oxygen diffusion into the solution
Key words: Radiolysis, model compound.

PENDAHULUAN

Radiolisis karbohidrat banyak dipelajari dalam bidang teknologi radiasi pangan dan sediaan farmasi. Perkembangan teknik analisis kimia telah banyak membantu para peneliti untuk dapat mendeteksi dan menginterpretasi produk radiolisis yang kadarnya sangat kecil ($< 100 \mu\text{g/g}$), tetapi berdasarkan penelusuran pustaka dalam 2 tahun terakhir hanya didapatkan beberapa makalah mengenai aspek dasar radiasi pati. Salah satu adalah mengenai iradiasi gamma pati beras (1). Metode yang dipakai untuk mempelajari adalah sama, dan tujuannya adalah memberikan data perubahan fisiko-kimia.

Penelitian ini mempelajari efek radiasi pada pati larut sebagai model polisakarida untuk mempermudah analisis produk, dan mewakili pati yang lain. Berbagai aspek akan dipelajari, dan pada bagian ini akan dipelajari pengaruh bentuk fisik pati dan laju dosis iradiasi. Parameter yang diamati adalah perubahan sifat fisika dan kimia, dan laporan penelitian ini ditujukan kepada pemula kimia radiasi yang berhubungan dengan pangan, obat-obatan, dan biologi. Dalam laporan ini juga akan sedikit dibahas mengenai prinsip dasar kimia radiasi yang menyangkut bagian ini.

BAHAN DAN METODE

Bahan. Pati larut $(\text{C}_6\text{H}_{10}\text{O}_5)_n$ buatan Merck, dan pereaksi kimia untuk penentuan gula reduksi dengan metode Luff Schoorl (2).

Iradiasi. Pati bentuk padat dan larutan air (5%) diiradiasi dengan sinar- γ dari ^{60}Co pada suhu ruang dan media udara. Laju dosis 2,79 dan 10 kGy/jam, dan dosis serap dari 0 sampai 50 kGy. Iradiasi menimbulkan perubahan sifat fisika dan kimia.

Perubahan warna. Dilakukan terhadap pati padat dengan alat kromameter (Chromameter CR 200). Perbedaan warna pati terhadap warna putih dihitung dengan persamaan: $\Delta E = \Delta L + (\Delta a)^2 + (\Delta b)^2$, dimana nilai warna Hunter (Hunter color value) untuk putih adalah $L=97,07$, $a=0,33$, dan $b=0,52$.

Suhu kelarutan. Perubahan kelarutan pati diamati dari perubahan suhu dimana larutan 2,5 gr pati dalam 50 ml air mulai menjadi jernih pada pemanasan dalam media udara.

Viskositas intrinsik. Diukur dengan viskometer Ubbelohde pada suhu ruang dengan pelarut air. Sampel

larutan langsung diukur, sedangkan sampel padat dibuat larutan 5%.

Bentuk dan kristalinitas. Mikroskop optik (NIKON tipe 104) dengan perbesaran 200 kali untuk melihat bentuk pati, serta kristalinitasnya diamati dengan difraksi sinar-X.

Titik leleh. Titik leleh pati diamati dengan alat differential scanning calorimeter (DSC) pada laju pemanasan $10^{\circ}\text{C}/\text{min}$ dalam selang suhu $30 - 400^{\circ}\text{C}$.

Derajat keasaman (pH) larutan. Sampel padat dibuat larutan 5%, dan sampel larutan langsung diukur dengan pH meter.

Struktur kimia. Perubahan gugus fungsi dan ikatan kimia masing-masing diamati dengan spektrofotometer inframerah (Shimadzu IR-435) dan uv-sinar tampak (Shimadzu UV-160).

Penentuan sisa pati. Pati dihidrolisis dengan asam klorida, dan kemudian dinetralkan dengan larutan NaOH sebelum ditentukan dengan metode Luff Schoorl untuk gula pereduksi (2).

HASIL DAN PEMBAHASAN

Prinsip dasar kimia radiasi [3]. Kimia radiasi mempelajari semua proses yang berlangsung dari 10^{-15} det setelah penyerapan energi oleh materi sampai beberapa menit kemudian. 10^{-15} det setelah energi diserap oleh materi, spesi reaktif yang berupa ion, elektron dan molekul tereksitasi akan terdistribusi disepanjang jejak utama (*track*) foton atau partikel bermuatan membentuk koloni-koloni yang disebut "*spur*". Kerapatan "*spur*" tergantung pada LET radiasi pengion. Radiasi berkas elektron dan sinar gamma mempunyai LET (energi yang dilepas persatuan jarak tempuh) rendah, sehingga memberikan kerapatan "*spur*" yang rendah.

Efek yang ditimbulkan oleh radiasi pengion adalah sebanding dengan energi radiasi yang diserap materi. Karena energi yang tinggi, ikatan kovalen ion dan molekul tereksitasi didalam "*spur*" akan putus dan menghasilkan radikal-radikal bebas. Radikal-radikal didalam "*spur*" akan saling bereaksi kembali, dan yang tidak bereaksi akan berdifusi meninggalkannya. Akhirnya, 10^{-12} sampai 10^{-10} det setelah penyerapan energi, radikal-radikal bebas terdistribusi homogen didalam materi tersebut. Sejak saat itu radikal-radikal tersebut bereaksi dengan kinetika umumnya (penggabungan dan/atau pemutusan ikatan), menimbulkan perubahan kimia maupun fisiko-kimia yang teramati secara visual maupun instrumental. Tergantung pada kondisi radiasi dan materinya, salah satu reaksi akan dominan. Radiasi dalam media udara, menyebabkan lebih banyak pemutusan ikatan karena terjadinya oksidasi.

Perubahan warna. Reaksi kimia yang terjadi menimbulkan perubahan warna pati, sehingga

perbedaannya terhadap warna putih cukup nyata (Tabel 1). Makin besar nilai ΔL makin jauh dari pencahayaan (kilap) dan makin kecil nilai Δb makin kuning. Perubahan warna makin nyata dengan peningkatan dosis serap. Iradiasi dengan laju dosis $2,79 \text{ kGy}/\text{jam}$ menyebabkan perbedaan warna lebih nyata, karena peningkatan waktu kontak dengan oksigen diudara menyebabkan oksidasi lebih nyata.

Suhu kelarutan pati. Larutan pati iradiasi lebih cepat mencapai kejernihan ($70-78^{\circ}\text{C}$) dibanding pati yang tidak diiradiasi (83°C) (Tabel 2). Degradasi yang ditimbulkan oleh iradiasi telah merubah struktur pati sehingga lebih mudah larut. Peningkatan dosis iradiasi mempercepat kejernihan, dan laju dosis iradiasi sangat berpengaruh. Untuk dosis serap yang sama, laju dosis dengan oksigen dan memperparah degradasi. Menurut Sokhey kandungan amilose pati sangat mempengaruhi perubahan kelarutan pati setelah iradiasi (4). Pati dengan kadar amilose rendah memang mudah larut, dan setelah iradiasi akan mengalami peningkatan kelarutan lebih besar dibanding yang berkadar amilose tinggi. Disebutkan bahwa peningkatan kelarutan mungkin disebabkan oleh fragmentasi amilopektinnya.

Viskositas intrinsik pati. Degradasi oleh iradiasi tidak hanya menyebabkan percepatan pelarutan pati saja, tetapi juga mempengaruhi sifat alirnya (reologi) yang berperan pada pemakaiannya. Tabel 3 menunjukkan pengaruh iradiasi terhadap viskositas intrinsik pati. Viskositas intrinsik suatu polimer tidak tergantung pada konsentrasinya, dan nilainya tergantung pada pelarut yang dipakai (5).

Iradiasi terhadap pati sebagai padatan maupun larutan menurunkan viskositas larutan patinya. Rantai molekul pati menjadi lebih pendek, sehingga lebih mudah bergerak satu terhadap yang lain. Sampai dosis 30 kGy , penurunan viskositas pati padat tidak terlalu besar dibanding penurunan viskositas larutan. Degradasi dalam larutan lebih parah, karena adanya efek langsung dan tidak langsung terhadap pati sebagai zat terlarut (6).

Dalam sistem larutan, sebagian besar energi radiasi dipindahkan pada molekul air, menghasilkan radikal bebas OH sebagai oksidator. Radikal inilah yang menyerang molekul pati, inilah yang dimaksud efek tidak langsung. Laju dosis berpengaruh pada sistem larutan, karena faktor difusi oksigen kedalam larutan. Pada radiolisis fase padat, pengaruh laju dosis tidak tampak, karena molekul-molekulnya yang rapat satu sama lain sehingga faktor difusi oksigen tidak begitu berperan.

Bentuk dan kristalinitas pati. Mengapa pati padat lebih cepat larut dan mengalami penurunan viskositas intrinsik setelah iradiasi, dapat diketahui dari analisis topologi dan morfologi granulnya. Foto mikroskop optik pati dengan perbesaran 200 kali menunjukkan bahwa pati larut yang dipakai adalah pati kentang (Gambar 1). Sebelum iradiasi ukuran granul masih cukup besar, dan permukaannya nampak lebih

bercahaya. Setelah iradiasi 50 kGy, tampak ukurannya menjadi lebih kecil-kecil dan lebih kusam dibanding pati awalnya. Karena tidak adanya khromofor sebelum iradiasi permukaan granul memantulkan sinar datang. Iradiasi menyebabkan terbentuknya gugus karbonil yang menjadi khromofor dan menyerap cahaya. Sebab itu permukaan granul menjadi agak kusam, yang ditunjukkan juga dengan meningkatnya nilai ΔL di Tabel 1.

Analisis spektrum difraksi sinar-X pati hanya sebatas kualitatif. Terlihat bahwa pati kentang memiliki kristalinitas, yaitu adanya puncak-puncak yang cukup tajam (Gambar 2). Perbandingan fase amorfus terhadap kristalinitasnya sebelum iradiasi cukup besar, tetapi setelah iradiasi 50 dan 100 kGy keduanya mengalami penurunan. Iradiasi telah menyebabkan kerusakan baik fase amorfus maupun kristalin. Jadi, percepatan pelarutan dan penurunan viskositas larutan pati adalah karena ukuran granul pati menjadi lebih kecil dan kekrystalannya menurun.

Titik leleh. Iradiasi tidak mempengaruhi suhu gelatinasi, tetapi meningkatkan nilai ΔH gelatinasi (Tabel 4). Mungkin hal ini menunjukkan ketidakberaturan susunan molekul pati akibat adanya pemutusan ikatan. Pada pemanasan lebih lanjut mulai terjadi perusakan terhadap fase kristalin pati. Terlihat bahwa suhu awal ("on set") pelelehan menurun, dan ΔH pelelehan meningkat meskipun suhu maksimum pelelehan tidak berubah (311°C) sampai dengan dosis 30 kGy. Ukuran granul pati menjadi lebih kecil, proses pelelehan mulai lebih awal tetapi karena jumlahnya semakin banyak diperlukan energi untuk pelelehan lebih besar. Konsistensi suhu gelatinasi dan titik leleh pati menunjukkan, bahwa sifat intrinsik pati tidak berubah oleh iradiasi sampai dosis yang dipakai pada penelitian ini.

Derajat keasaman (pH) larutan. Tabel 5 menunjukkan pH larutan pati. Sebelum iradiasi larutan pati mempunyai pH sekitar 6,5, karena pati sudah dihidrolisis. Iradiasi menyebabkan penurunan pH larutan, tidak tergantung cara mengiradiasi maupun laju dosisnya. Hal ini menunjukkan, bahwa produk iradiasi adalah senyawa yang bersifat asam. Menurut Dauphin (8), asam yang terbentuk adalah asam-asam bebas, dan ester atau laktone yang terhidrolisis pada pH ekstrim meningkatkan keasaman. Pada radiolisis pati padat produksi asam diduga melibatkan gugus-gugus hidroksil (OH) antar molekul pati, sebab itu sangat dipengaruhi oleh morfologinya. Modifikasi kristalinitas pati dan adanya kandungan air dalam pati akan mengurangi derajat keasamannya, karena menghambat proses pemindahan energi melalui ikatan H antar gugus OH tersebut. Pada sistem larutan produk asam terjadi karena oksidasi pati oleh radikal OH dan spesi oksidator lain dari air.

Diatas dosis 30 kGy, faktor laju dosis sangat berperan pada peningkatan derajat keasaman baik untuk sampel padat maupun sistem larutan. Difusi oksigen kedalam larutan maupun kontak oksigen dengan sampel

padat selama iradiasi akan lebih intensif pada laju dosis 2,79 kGy/jam.

Struktur kimia. Spektrum inframerah yang didapat dari pati padat tidak menunjukkan perbedaan yang nyata antara pati iradiasi (100 kGy) dan non-iradiasi. Vibrasi ulur C-O pada 1159 cm^{-1} , dan gugus karbonil pada 1640 cm^{-1} yang merupakan serapan spesifik karbohidrat tetap terlihat setelah iradiasi 100 kGy tanpa timbulnya serapan gugus karbonil pada 1710 cm^{-1} sebagai produk oksidasi. Hal ini menunjukkan bahwa iradiasi terhadap pati padat tidak menyebabkan perubahan kimia yang nyata. Namun demikian pati padat maupun larutannya yang diiradiasi memberikan serapan daerah ultra lembayung (uv) dengan λ_{maks} 260 - 270 nm (Gambar 3). Panjang gelombang ini adalah karakteristik karbohidrat iradiasi, dan akan selalu dijumpai dalam karbohidrat apapun (9). Menurut Schubert (10), serapan tersebut adalah senyawa karbonil tidak jenuh α,β (α,β -unsaturated carbonyl) yang merupakan bentuk enol senyawa karbonil produk iradiasi.

Sisa pati. Tabel 6 menunjukkan kadar glukosa pati yang tidak tersaring saat pencucian sebelum dihidrolisis dengan HCl. Kadar glukosa pati tidak tersaring menurun akibat iradiasi, berarti pati yang terlarut meningkat. Jadi, iradiasi meningkatkan kelarutan pati, karena terjadinya depolimerisasi.

Iradiasi pada fase padat sangat efektif meningkatkan kelarutan hanya pada dosis diatas 30 kGy tidak tergantung laju dosis, sedangkan pada fase larutan laju dosis rendah (2,79 kGy/jam) sangat efektif membantu.

Ananthaswamy (11) mengatakan bahwa iradiasi terhadap pati menyebabkan pemutusan ikatan α -1,4-glikosida secara acak seperti pada proses alfa-amilolisis, karena produk radiolisisnya adalah deret homolog maltosa (maltosa, maltotriosa,...). Lebih lanjut dikatakan juga, bahwa komponen pati yang lebih sensitif terhadap radiasi adalah amilosnya. Pada penelitian ini tidak dilakukan identifikasi produk radiolisis secara individu.

KESIMPULAN

Telah dilakukan uji sifat fisika dan kimia pati untuk mempelajari efek radiasi yang diterimanya. Reaksi kimia yang ditimbulkan oleh radiasi menyebabkan depolimerisasi molekul pati, dan memberikan produk yang bersifat agak asam. Secara visual iradiasi menyebabkan warna kekuningan pati, lebih cepat larut, dan viskositasnya menurun akibat mengecilnya ukuran granul dan rusaknya fase kristalin pati. Iradiasi menyebabkan pati lebih mudah larut. Pelarut dan laju dosis rendah memperparah efek radiasi, karena adanya efek langsung dan tidak langsung pada zat terlarut, serta difusi oksigen selama iradiasi.

DAFTAR PUSTAKA

1. VARAVINIT S., HANSWASDI C. and SHOBNGOB S., Physico-chemical properties of rice starch before and after gamma-ray irradiation. FFI Journal.179 (1999) 67.
2. OSBORNE D.R. and VOOGT P., The Analysis of Nutrients in Foods. Academic Press, London (1978).
3. WOOD R.J and PIKAEV A.K., Applied Radiation Chemistry: Radiation Processing. John Wiley& Sons, New York (1994).
4. SOKHEY A.S and HANNA M.A., Properties of irradiated starches. Food Structure 12 (1993) 397.
5. ALLCOCK H.R and LAMPE F.W., Contemporary Polymer Chemistry. Prentice-Hall International. Singapore (1989).
6. SPINKS J.W.T and WOODS R.J., An Introduction to Radiation Chemistry 3rd ed. Wiley-Interscience, New York (1990).
7. LINDER G., Analytical Techniques for Food and Agricultural Products. VCH. Pennsylvania (1995).
8. DAUPHIN J.F. and SAINT-LEBE L.R., "Radiation chemistry of carbohydrates". Radiation Chemistry of Major Food Components (ELIAS P.S. and COLEN A.J. eds). Elsevier, Amsterdam (1977).
9. BACHMAN S. and ZEGOTA H., "Physico-chemical changes in irradiated (gamma 60Co) Inulin". Improvement of Food Quality by Irradiation (Proc. Panel Vienna, 1973). IAEA. Vienna (1974) 61.
10. SCHUBERT J., "Irradiation of food and food constituents: chemical and hygienic consequences". Improvement of Food Quality by Irradiation (Proc. Panel Vienna, 1973). IAEA. Vienna (1974) 1.
11. ANATHASWAMY H.N., VAKIL U.K. and SREENIVASAN A., Effect of gamma radiation on wheat starch and its component. J. Food Sci., 35 (1970) 795.

Tabel 1. Perbedaan warna pati terhadap warna putih standar

Dosis (kGy)	ΔL		Δa		Δb		ΔE	
	2,79 (kGy/j)	10 (kGy/j)						
0	1,27		0,47		- 0,51		1,75	
10	2,27	1,47	0,56	0,55	- 0,64	- 0,54	2,99	2,06
30	3,07	2,67	0,57	0,56	- 0,77	- 0,72	3,99	3,50
50	3,97	3,77	0,59	0,57	- 0,8	- 0,77	4,96	4,68

L : pencahayaan, a : derajat kemerahaan, b : derajat kekuningan

Tabel 2. Suhu kelarutan pati*)

Dosis (kGy)	Laju dosis (kGy/jam)	Suhu kelarutan (°C)
0	-	83,0
10	2,79	78,1
30	2,79	73,1
	10	
50	2,79	70,0
	10	

*) 2,5 gr pati dalam 50 ml air mulai jernih selama pemanasan

Tabel 3. Viskositas intrinsik larutan pati (ml/g)

Dosis (kGy)	Laju dosis (kGy/jam)	Pati Padat	Larutan pati (5%)
0	-	14,25	14,25
10	2,79	14,25	14,20
	10	14,20	14,20
30	2,79	14,25	12,20
	10	14,00	12,75
50	2,79	9,75	6,90
	10	9,75	7,95

Tabel 4. Suhu gelatinasi dan titik leleh pati (2,79 kGy/jam)

Dosis (kGy)	Gelatinasi ^{*)}			Pelelehan		
	on set (°C)	maks (°C)	ΔH (J/g)	on set (°C)	maks (°C)	ΔH (J/g)
0	25,84	67,91	84,29	275,09	311,06	24,3
10	28,89	65,79	91,66	270,51	311,9	27,18
30	24,34	62,56	107,67	263,04	311,9	27,22
50	25,32	68,76	123,47	267,61	309,68	34,67

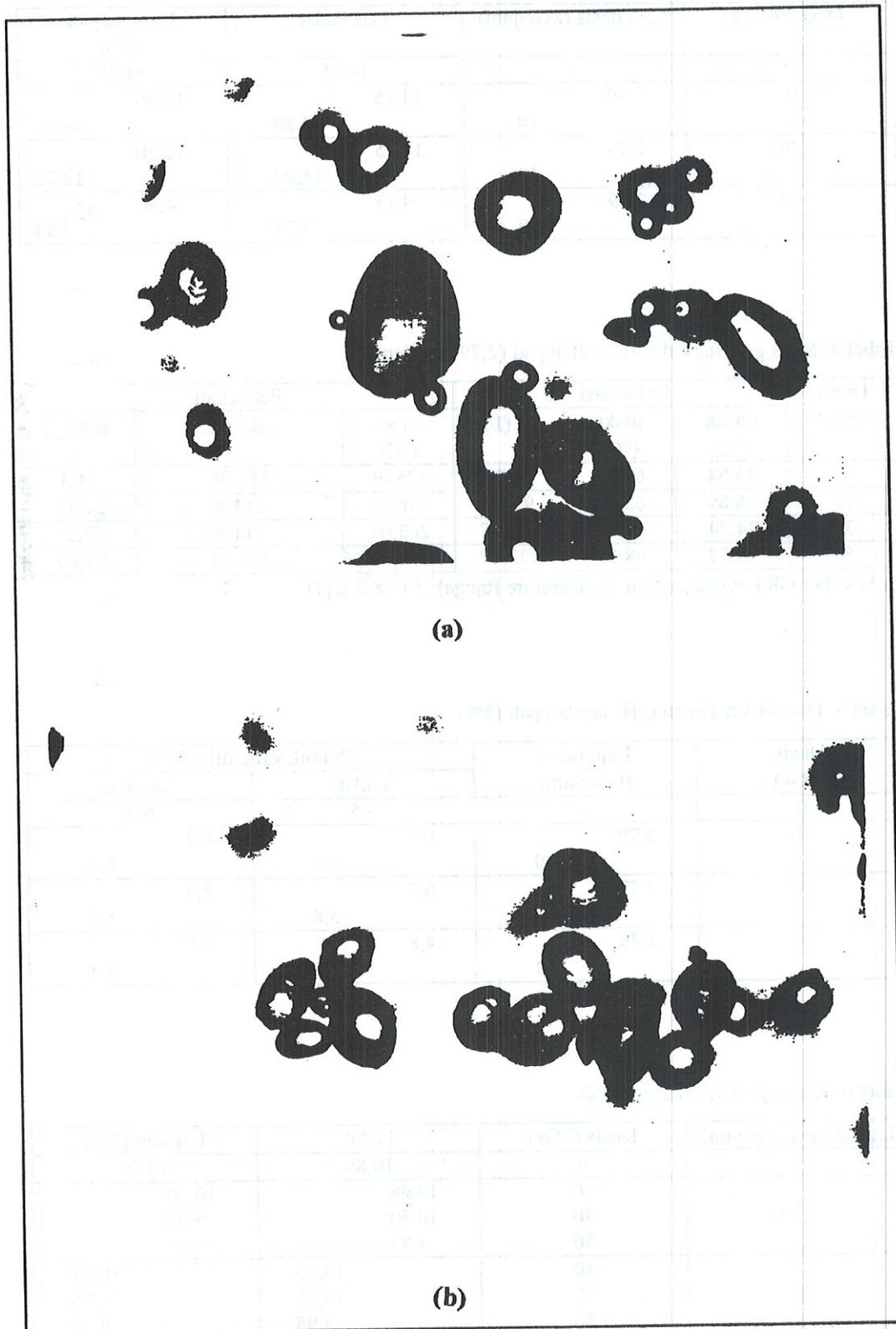
*) Standart GRT (Gelatination Temperature Range): 50-68,2°C[7]

Tabel 5. Derajat keasaman (pH) larutan pati (5%)

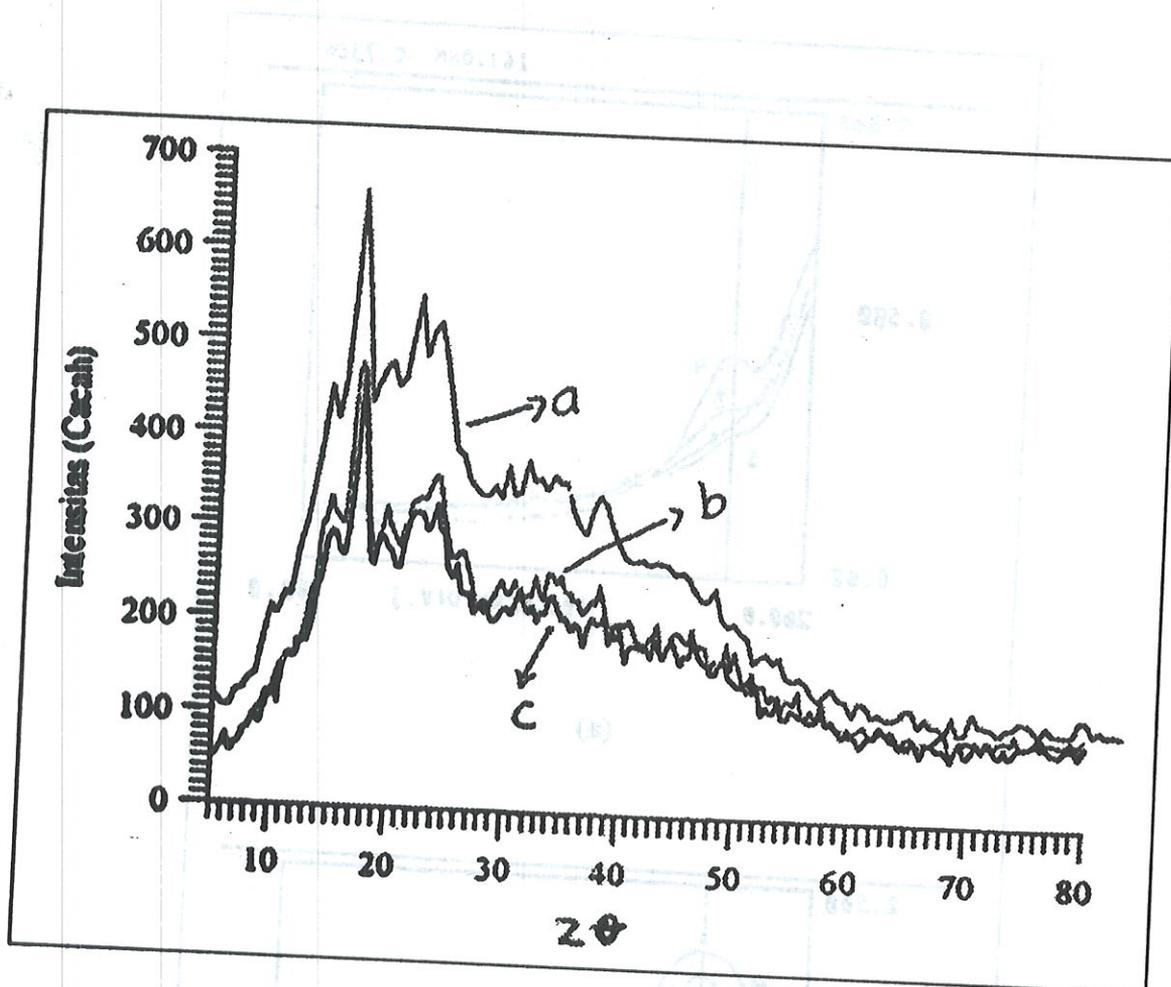
Dosis (kGy)	Laju dosis (kGy/jam)	Bentuk yang diiradiasi	
		Padat	Larutan
0	-	6,5	6,5
10	2,79	6,4	6,4
	10	6,4	6,4
30	2,79	5,7	5,7
	10	5,8	5,8
50	2,79	4,8	4,6
	10	5,4	5,4

Tabel 6. Kadar glukosa sisa pati (%)

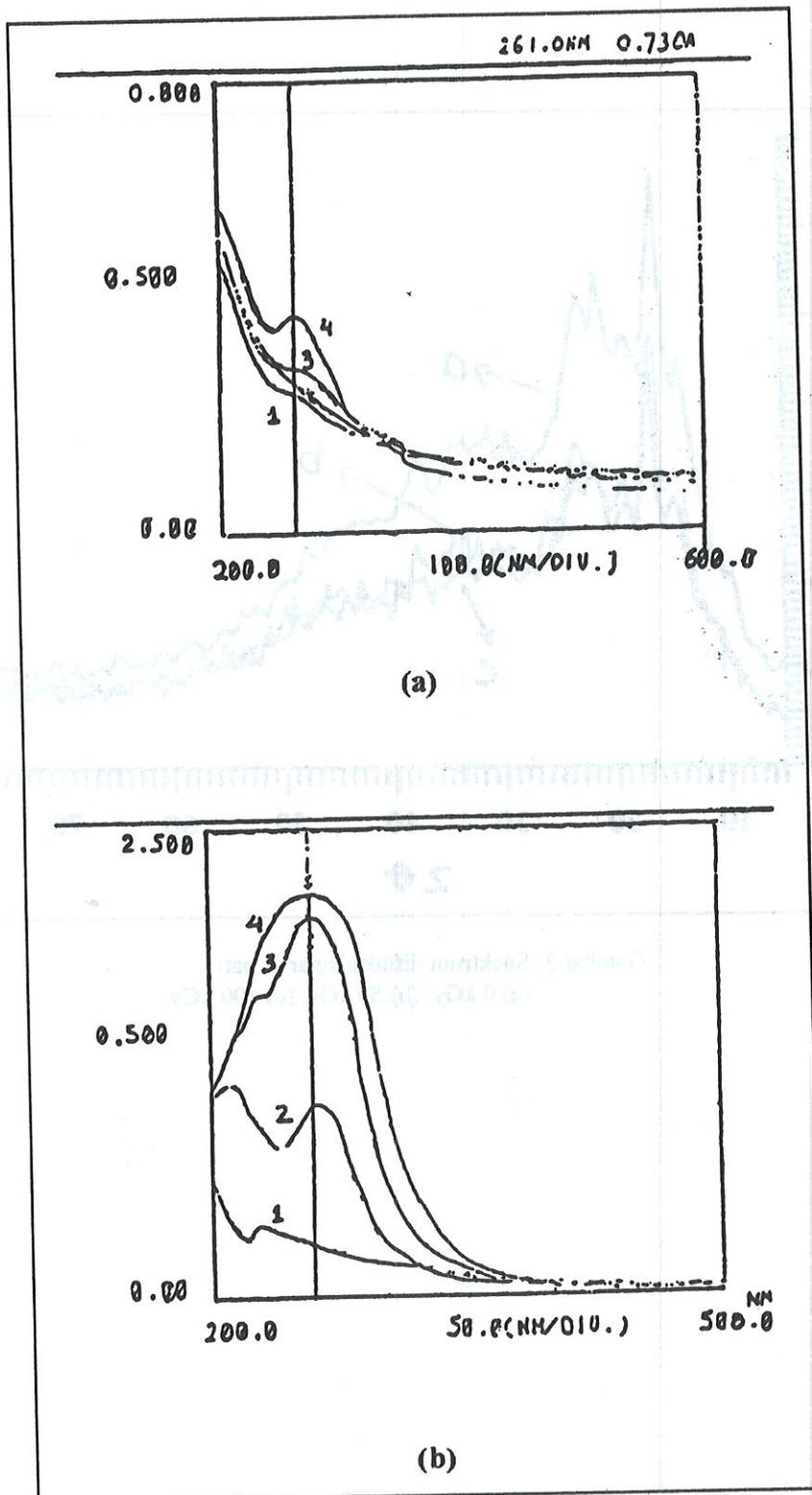
Laju dosis (kGy/jam)	Dosis (kGy)	Padat	Larutan (5%)
	0	10,89	10,89
2,79	10	10,68	10,50
	30	10,50	9,92
	50	9,82	9,63
10	10	10,85	10,61
	30	10,66	10,06
	50	9,95	9,78



Gambar 1. Foto mikroskop optik pati (200 x)
(a) 0 kGy, (b) 50 kGy



Gambar 2. Spektrum difraksi sinar-X pati
(a) 0 kGy, (b) 50 kGy, (c) 100 kGy



Gambar 3. Serapan uv larutan pati (1%) setelah radiasi
(a) bentuk padat, (b) larutan 5% (lalu diencerkan)
1. 0 kGy, 2. 10 kGy, 3. 30 kGy, 4. 50 kGy (2.79 kGy/jam)

DISKUSI

AGUSTIN SUMARTONO

Mengapa pada pengukuran sisa pati setelah induksi yang diukur gula reduksi, mengapa tidak dilakukan pengukuran amilosa/amilopektin bukankah akan lebih mudah untuk mengukur glukosa/amilopektin?

Bagaimana mekanisme yang terjadi pada indikasi pati?
Produk apa yang menyebabkan pati indikasi X?

YANTI SABARINAH

Karena yang ingin diketahui adalah apa yang dialami oleh pati secara makroskopi, belum mikroskopi. Yang ingin ditunjukkan adalah apa yang dialami oleh poliglukannya, entah itu amilose atau amilopektinnya. Pemutusan ikatan glikosida, produknya bersifat asam dan mempunyai ikatan rangkap X seperti yang di dapat dilihat dari serapan uv (261 nm). Produknya bersifat asam karena terjadi oksidasi (oksidasi dalam kondisi udara).

HERWINARNI SUKARNO

Dalam makalah tertulis bahwa sisa pati setelah radiasi ditentukan dengan kadar gula reduksi menggunakan metode luft school. Apakah Anda bisa menjelaskan metode tersebut?

YANTI SABARINAH

Metode Luft School :

Dasar : Reduksi Cu^{2+} menjadi Cu^+ oleh monosakarida/disakarida yang mempunyai gugus reduksi (Aldehid). Jadi pati harus dihidrolisis dulu, lalu dijernihkan (bila keruh) baru ditambah pereaksi Luft School dan kelebihan Cu^{2+} direaksikan dengan KI , dan I_2 yang terjadi dititrasi dengan $\text{S}_2\text{O}_3^{2-}$.

Reaksinya :

