

**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. I. Pertanian, peternakan, proses industri, hidrologi, dan lingkungan

ISBN 979-95709-5-6

I. 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



## DAFTAR ISI

Pengantar .....	i
Daftar Isi .....	iii
Laporan Ketua Panitia Pertemuan Ilmiah .....	vii
Sambutan Kepala Badan Tenaga Nuklir Nasional .....	ix

### MAKALAH UTAMA

Arah Kebijakan Riset dan Teknologi dalam Memasuki Milenium Ketiga A. AZIZ DARWIS (Asisten Menristek Bidang Pengembangan Ristek) .....	1
--	---

### MAKALAH UNDANGAN

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 Sc-Indonesia) .....	25

### MAKALAH PESERTA

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> . BI) 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-γ <sup>60</sup> Co DARSONO, SUGIARTO DANU, DAN TAMZIL LAS .....	245
Pengaruh radiasi sinar-γ 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 Aluminium 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





## STUDI PERBANDINGAN DEGRADASI SECARA ENZIMATIK CAMPURAN CPP/BIONOLLE DAN CPP/PCL DENGAN MODIC

Nikham\*, Fumio Yoshii\*\*, dan K. Makuuchi\*\*

\* Puslitbang Teknologi Isotop dan Radiasi, BATAN Jakarta

\*\* Takasaki Radiation Chemistry Research Establishment, JAERI Jepang

### ABSTRAK

**STUDI PERBANDINGAN DEGRADASI SECARA ENZIMATIK CAMPURAN CPP/BIONOLLE DAN CPP/PCL DENGAN MODIC.** Telah dipelajari perbandingan degradasi secara enzimatik campuran *poly propylene-co-ethylene (CPP)/poly butylene succinate (Bionolle)*, *CPP/poly-ε-caprolactone (PCL)* dan *poly propylene* digrafting dengan *maleic anhydride (Modic)* sebagai kompatibiliser. Efek konsentrasi *Modic* pada kompatibilitas telah dievaluasi dengan mengukur perpanjangan putus, tegangan putus dan mikrograf dengan SEM. Hasilnya menunjukkan bahwa dengan 20 % berat *Modic* nampaknya merupakan suatu konsentrasi optimal, untuk campuran *CPP/Bionolle* dan 10 % *Modic* untuk campuran *CPP/PCL*. Seperti ditunjukkan oleh perpanjangan putus dan tegangan putus yang cukup tinggi dan pembentukan morfologi campuran fase *co-continuous* cukup baik. Telah dilakukan juga degradasi secara enzimatik campuran *CPP/Bionolle*, *CPP/PCL* dan 10 % berat *Modic* dengan menggunakan enzim lipase AK dalam larutan buffer pada pH 7,0 dan diinkubasi pada suhu tertentu selama 8 hari. Hasilnya menunjukkan bahwa telah tercapai kehilangan berat film dari komposisi campuran *CPP/Bionolle* > 25/75, sekitar 15 % dan campuran *CPP/PCL* sekitar 86 %.

### ABSTRACT

**STUDY OF ENZYMATIC DEGRADATION COMPARISON OF CPP/ BIONOLLE AND CPP/PCL BLEND WITH MODIC.** Melt-blending poly propylene-co-ethylene (CPP)/poly butylene succinate (Bionolle), CPP/poly-ε-caprolactone (PCL) with polypropylene grafted maleic anhydride (Modic) as compatibilizer has been studied. The effect of Modic concentration on the compatibility was evaluated using the ultimate elongation at break, tensile strength and SEM micrographs. The results show that 20 wt % and 10 % of Modic appears to be an optimum concentration for CPP/Bionolle and CPP/PCL blend respectively, as indicated by relatively high elongation at breaks, tensile strength and formation of co-continuous phase in the blend morphology. Enzymatic degradation of the CPP/Bionolle and CPP/PCL blend with 10 wt % of Modic was carried out using lipase AK enzyme in the phosphate buffer solution pH 7.0 and incubated at the fixed temperature for 8 days. The result show that about 15 % and 86 % weight loss film of the composition CPP/Bionolle > 25/75 and CPP/PCL >25/75 blend respectively has been reached.

### PENDAHULUAN

Telah diketahui bahwa campuran polimer lebih dari dua jenis umumnya disebut *polyblend* dan secara komersial telah diperkenalkan oleh Dow Chemical (1), kemudian setelah itu penelitian dan pengembangan tentang *polyblend* baru, sangat menarik dan berkembang cepat di seluruh dunia. Kepastian ini disebabkan *polyblend* menunjukkan sifat-sifat unggul melebihi komponen murninya, seperti kekuatan, lebih fleksibel, tahan terhadap pengaruh lingkungan, dan sifat-sifat lain yang disyaratkan. Ada beberapa ratus *polyblend* dapat ditemukan dalam artikel-artikel tinjauan pustaka dari KRAUSE, PLOCHOCKI dan TEYSSIE (2 - 4).

Sayang sekali kebanyakan *polyblend* yang ada, tidak mudah didegradasi di bawah kondisi lingkungan alam, ketika *polyblend* mencapai pemakaian terakhir, mereka sebagian besar dibuang ke tempat pembuangan sampah, dibakar atau dibuang di sembarang tempat. Kenyataan ini akan menciptakan masalah lain dalam manajemen pembuangan sampah. Untuk menjaga kelangsungan kualitas dan melestarikan lingkungan hidup kita, adalah gagasan yang sangat menarik, jika *polyblend* berasal dari bahan sintetik yang mudah

didegradasi secara biologis (*biodegradable*). Untuk mencapai tujuan ini, salah satu cara yang mudah adalah mencampur polimer *nondegradable* dengan polimer *biodegradable*. Gagasan ini sangat masuk akal, karena bahan ini, mempunyai struktur yang mudah diserang mikroba atau proses hidrolitik (4).

Namun demikian hal ini diketahui bahwa ke dua polimer *nonbiodegradable* dan *bio-degradable* tidak kompatibel terutama jika dua polimer ini dicampur, maka akan menghasilkan produk heterogen dengan perlekatan antar permukaan relatif lemah dan oleh sebab itu menunjukkan penampilan sifat mekanik yang buruk. Agar supaya dua jenis polimer tersebut dapat kompatibel, maka diperlukan kompatibiliser yang dalam penelitian ini dengan menggunakan *Modic*. Untuk mengetahui bahwa dua jenis polimer ini menjadi kompatibel, biasanya ditunjukkan adanya blok, acak, atau kopolimer tergrafting (5 - 9). Komponen jenis ke tiga ini bekerja sebagai kompatibiliser antar permukaan di mana bagian rantai-rantai kopolimer mengikat secara fisika atau kimia dengan salah satu polimer dan dengan bagian lainnya.

Sesuai dengan gagasan tersebut, penelitian ini bertujuan untuk menyiapkan *polyblend* yang ramah

lingkungan dengan mencampur dalam kondisi meleleh *poly propylene-co-ethylene (CPP)/poly butylene succinate (Bionolle)*, dan *CPP/poly-ε-caprolactone (PCL)* dengan *PP-g-MAH (Modic)* sebagai kompatibiliser. Diantara polimer *biodegradable* sintetik yang telah dikembangkan begitu jauh adalah poliester alifatik termasuk *PCL* (10 - 12). *PCL* adalah plastik yang *biodegradable*, tetapi kekurangannya yaitu suhu lelehnya rendah sekitar 60 °C, sehingga kelihatannya akan membatasi aplikasi praktisnya. Namun demikian *PCL* terkenal mempunyai sifat-sifat yang unik seperti biokompabilitas, permeabilitas dan biodegradabilitasnya cukup tinggi (13)

Adapun *CPP* merupakan polimer sintetik yang terdiri dari 97,5 % *polypropylene (PP)* dan 2,5 % *ethylene*, dengan tujuan untuk memperbaiki kejernihan dan kekerasan produknya (14). Telah diketahui bahwa *PP* dipakai untuk membuat alat-alat kedokteran seperti syringe, kateter, katong transfusi darah dan *dialyzer* untuk cuci darah. Namun produk-produk tersebut setelah dipakai dan dibuang ke alam, tidak dapat ramah dengan lingkungan, sehingga menimbulkan masalah baru. Alat-alat kedokteran ini sering disterilkan dengan sinar gamma Co 60 atau mesin berkas elektron. Selama proses radiasi *PP* mengalami degradasi oksidatif dan juga selama penyimpanan (15 - 18). Untuk memecahkan masalah ini, salah satu caranya yaitu perlu diciptakan *polyblend* baru yang *biodegradable* seperti mencampur polimer yang *nonbiodegradable* tersebut dengan polimer yang *biodegradable*, dan *Modic* sebagai kompatibiliser supaya menghasilkan bahan baru yang produknya jika setelah dipakai, kemudian dibuang ke alam akan ramah dengan lingkungannya. Kompatibilitas *polyblend* ini telah dievaluasi dengan mengukur, perpanjangan putus, tegangan putus dan *scanning electron microscope (SEM)*. Juga telah diuji degradabilitasnya secara enzimatik dengan menggunakan enzim lipase AK dalam larutan buffer fosfat pada pH 7,0 dan diinkubasi pada suhu 60 °C untuk film dari campuran *CPP/Bionolle* dan 55 °C untuk film dari campuran *CPP/PCL* selama waktu tertentu.

## BAHAN DAN METODE

**Bahan.** Penelitian ini dilakukan di laboratorium Takasaki Radiation Chemistry Research Establishment, JAERI Jepang. Tepung *poly propylene-co-ethylene (CPP)* dengan 2,5 M% *ethylene MFR 10* diperoleh dari *Chiso Corporation*, Jepang. Pelet *poly butylene succinate (Bionolle) grade 1010* diterima dari *Showa High Polymer Co. Ltd.*, Jepang. Pelet *poly-ε-caprolactone (PCL)* yang dipakai dalam penelitian ini adalah produk komersial *PCL-H7* diterima dari *Daisel Co. Ltd.*, Jepang. *Polypropylene digrafting maleic anhydride (Modic)* dipakai untuk grafting *polypropylene* dibeli dari *Mitsubishi Chemical Co.Ltd.*, Jepang. Semua bahan yang dipakai tanpa dimurnikan lebih dahulu. Enzim lipase AK yang dipakai dalam proses degradasi diperoleh dari *Amano Pharmaceutical Industry Co. Ltd.*, Jepang.

**Persiapan polyblend.** Komposisi campuran *CPP/Bionolle* dan *CPP/PCL* divariasi sebagai berikut; 100/0, 75/25, 50/50, 25/75 dan 0/100 dengan konsentrasi

*Modic* 0, 10, 15 dan 20 % berat. Sampel campuran sekitar 50 g digiling dengan menggunakan *Laboplastomill (Toyoseiki Co. Ltd., Jepang)*. Kondisi penggilingan pada suhu 200 °C dengan kecepatan pisau putar 30 rpm dan waktu pencampuran sekitar 8 menit. Setelah penggilingan selesai, sampel campuran yang sudah meleleh, dikeluarkan secepatnya dan didinginkan pada suhu kamar. Sampel campuran dibuat film dengan ketebalan 0,5 mm dibawah tekanan 150 kg/cm<sup>2</sup> pada suhu 200 °C selama 3 menit dan pemanasan awal selama 3 menit, kemudian didinginkan dibawah tekanan sekitar 100 kg/cm<sup>2</sup> dengan sirkulasi air selama 5 menit.

**Pengukuran sifat mekanik.** Film sampel campuran dipotong menjadi berbentuk *dumbbell* sesuai *ASTM 1822-L*. Untuk menentukan tegangan putus dan perpanjangan putus diukur dengan menggunakan tensi meter *Strograph RI* buatan *Toyoseiki Co. Ltd.*, Jepang, pada kecepatan *crosshed* 100 mm/menit pada suhu kamar sekitar 20 °C.

**Uji enzimatik.** Untuk uji degradasi secara enzimatik film dari campuran *CPP/ Bionolle* dan *CPP/PCL* yang digrafting dengan *Modic*, dilakukan dalam larutan buffer fosfat dengan pH 7,0, dengan komposisi campuran larutan sebagai berikut (19); 0,2 M buffer fosfat pH 7,0; 4,0 ml, 0,1 % *MgCl<sub>2</sub>*; 1,0 ml dan 10 mg/ml enzim lipase AK; 1,0 ml. Film sampel dengan dimensi 10 x 10 mm<sup>2</sup> dan ketebalan 0,5 mm, dikeringkan dalam oven vakum pada suhu 40 °C selama 48 jam. Sampel kemudian dimasukkan ke dalam tabung reaksi dengan diameter 15 mm yang berisi 6 ml campuran larutan, kemudian diinkubasi pada suhu 60 °C untuk campuran *CPP/Bionolle* dan 55 °C untuk campuran *CPP/PCL*, sambil digoyang selama waktu tertentu. Sampel yang telah diinkubasi dikeluarkan dari tabung dan dicuci dengan air suling, kemudian dengan metanol, selanjutnya dikeringkan dalam oven vakum pada suhu 40 °C selama 24 jam. Degradasi secara enzimatik dinyatakan dengan persentase kehilangan berat, dihitung dengan rumus (20);

$$\text{Kehilangan berat} = (W_0 - W_1)/W_0 \times 100\%$$

dalam hal ini  $W_0$  dan  $W_1$  berat film sebelum dan sesudah uji enzimatik.

**Scanning Electron Microscopy (SEM).** Sampel dipecahkan setelah dicelupkan dalam nitrogen cair. Sebelum dilihat dengan mikroskop elektron permukaan yang dipecahkan dilapisi dengan emas. Mikrograf diambil dengan menggunakan *SEM JEOL Model Super Probe 733*.

## HASIL DAN PEMBAHASAN

Telah diketahui bahwa fase *continuous* dari *polyblend* dapat dipercaya memperbaiki sifat-sifat fisiko-mekanik (21). Namun demikian dalam kenyataannya pembentukan fase *continuous* dari *polyblend* yang terdiri dari dua jenis polimer tidak kompatibel, sangat jarang terjadi tanpa melibatkan kompatibilizer seperti

ditunjukkan pada Gambar 1 dan 2. Hal ini dapat dilihat bahwa tanpa adanya kompatibiliser, maka campuran CPP/Bionolle dan CPP/PCL menunjukkan sifat-sifat mekanik yang buruk, seperti tegangan putus rendah dan kerapuhan perpanjangan putus. Selain itu ketergantungan sifat mekanik tersebut dan sifat yang mudah diubah pada komposisi campuran, umumnya menunjukkan nilai yang rendah daripada komponen murninya. Ternyata ini disebabkan kurangnya formasi fase *co-continuous* sebagai hasil penempelan antar permukaan yang buruk dan tegangan yang tinggi antar permukaan diantara dua polimer. Sebaliknya penambahan sejumlah kompatibiliser (*Modic*), fase *boundary* menjadi tidak bertahan lebih lama dan fase *dispersed* mengikat lebih baik atau perlahan-lahan melekat ke dalam matriks dan membentuk fase *co-continuous*. Karena hasil penempelan antar permukaan akan lebih baik, sehingga memperbaiki keseluruhan sifat mekanik. Untuk memprediksi konsentrasi optimal kompatibiliser, maka dalam penelitian ini telah dicoba konsentrasi *Modic* 0, 10, 15 dan 20 % berat untuk menggrafting campuran polimer CPP/Bionolle dan CPP/PCL. Sebagaimana ditunjukkan dalam Gambar 1 dan 2 konsentrasi optimal *Modic* sebagai kompatibiliser didapatkan 20 %, untuk campuran CPP/Bionolle dan 10 % untuk campuran CPP/PCL, walaupun untuk perpanjangan putus dan tegangan putus dengan 10 % berat *Modic* sudah cukup. Lagi pula campuran polimer yang mengandung CPP tinggi (CPP/Bionolle >75/25) dan CPP rendah (CPP/Bionolle <25/75), penambahan 10 % berat *Modic* juga cukup untuk mencapai tegangan putus yang cukup tinggi. Jika penambahan *Modic* berlebihan maka ada kemungkinan rantai molekul terkonsentrasi pada permukaan (22 - 24).

Untuk mengetahui degradabilitas secara enzimatik, maka dalam penelitian ini dipakai enzim lipase AK yang berasal dari *Pseudomonas fluorescens*. Enzim ini dapat didefinisikan sebagai katalis protein aktif yang bekerja dalam kondisi khusus. Aktivitas enzim dipengaruhi oleh beberapa faktor seperti suhu, larutan buffer, pH, substrat, konsentrasi enzim dan surfaktan (25). Efek suhu inkubasi sekitar 60 °C pada degradasi secara enzimatik dari film campuran CPP/Bionolle dan 55 °C untuk film campuran CPP/PCL dengan 10 dan 15 % berat *Modic*, ditunjukkan dalam Gambar 3 - 6. Kecepatan degradasi naik cukup tajam setelah setelah diinkubasi selama 8 hari. Untuk film campuran CPP/Bionolle > 0/100 dengan 10 % berat *Modic* kehilangan berat hingga sekitar 60 %, sedangkan untuk film campuran CPP/Bionolle > 25/75 hanya sekitar 15 %. Untuk film campuran CPP/PCL > 0/100 kehilangan berat mencapai 100 % dalam waktu 10 jam, sedangkan untuk film campuran CPP/PCL > 25/75 hanya sekitar 86 % dalam waktu 8 hari seperti ditunjukkan dalam Gambar 3 dan 5. Hasil degradasi untuk film campuran CPP/Bionolle dan CPP/PCL dengan 15 % berat *Modic* dapat dilihat dalam Gambar 4 dan 6. Pada film campuran CPP/Bionolle > 0/100 kehilangan berat hanya sekitar 35 %, ini lebih rendah bila dibandingkan dengan film campuran CPP/Bionolle dengan 10 % berat *Modic*. Hal ini dapat dipahami bahwa degradasi secara enzimatik, terjadi secara erosi di permukaan film dan di bagian *amorphous*. Untuk film campuran CPP/Bionolle >0/100 dengan 10 % berat *Modic* ada kemungkinan bagian

*amorphous* nya lebih banyak sehingga kehilangan beratnya setelah proses enzimatik lebih tinggi daripada film dengan kandungan *Modic* nya 15 %. Hasil degradasi untuk film campuran CPP/PCL kehilangan beratnya mencapai 100 % dalam waktu 2 hari, ini terbukti bahwa PCL merupakan polimer yang biodegradabilitasnya lebih tinggi.

Untuk mengetahui morfologi film setelah uji secara enzimatik, dapat dilihat dalam Gambar 7 dan 8 yang menunjukkan mikrograf SEM film campuran CPP/Bionolle dan CPP/PCL dengan 10 % berat *Modic* pada perbedaan kehilangan berat sesudah degradasi secara enzimatik. Sebelum uji secara enzimatik permukaan film tersebut halus, tetapi setelah didegradasi, kehilangan berat meningkat, sehingga permukaan menjadi kasar dan kedalaman lubang meningkat. Hal ini dapat dilihat bahwa morfologi film bagian yang terdegradasi menjadi rusak. Di sini juga nampak jelas bahwa setelah film terdegradasi oleh enzim yang masih tersisa adalah CPP dan *Modic* dalam bentuk bola-bola.

## KESIMPULAN

Dari hasil penelitian ini dapat disimpulkan sebagai berikut;

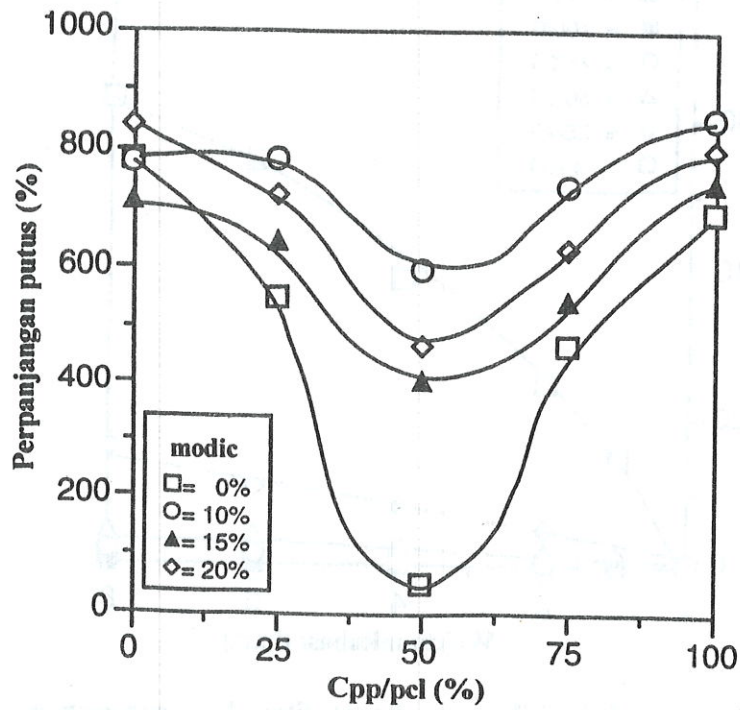
1. Tingkat kompatibilitas tergantung kepada konsentrasi *Modic* dan variasi komposisi CPP/Bionolle serta CPP/PCL. Hal ini menunjukkan bahwa konsentrasi *Modic* untuk mencapai kompatibilitas *polyblend* yang relatif baik adalah 20 % berat, untuk campuran CPP/Bionolle dan 10 % berat untuk campuran CPP/PCL.
2. Kondisi inkubasi pada suhu 60 °C dan konsentrasi enzim lipase AK 1,67 ml, cukup untuk degradasi sampel campuran CPP/Bionolle > 0/100, dengan 10 % berat *Modic* kehilangan berat sekitar 60 %, namun film campuran CPP/Bionolle >25/75 hanya sekitar 15 %.
3. Hasil degradasi sampel campuran CPP/PCL > 0/100, dengan 10 % berat *Modic* yang diinkubasi pada suhu 55 °C kehilangan berat mencapai 100 %, dalam waktu sekitar 10 jam sedangkan film campuran CPP/PCL >25/75 hanya sekitar 85 % dalam waktu 8 hari.

Dari data ini dapat disimpulkan bahwa polimer PCL menunjukkan degradabilitasnya lebih tinggi daripada polimer Bionolle dan ternyata film kehilangan berat, permukaannya menjadi kasar dan kedalaman lubangnya meningkat.

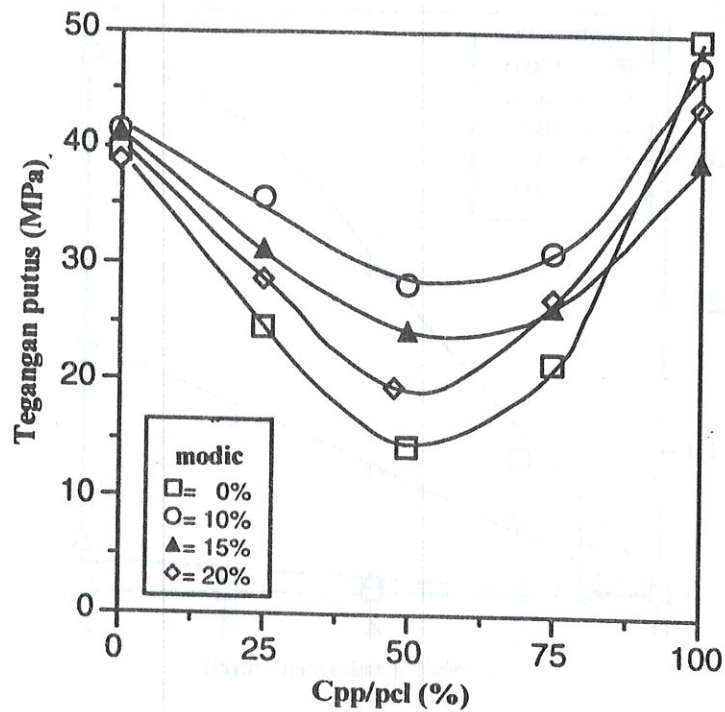
## DAFTAR PUSTAKA

1. ARTHUR, J.Y., in Multicomponent Polymer System, (Ed., R. F. GOULD) ACS Publication, Washington DC (1971) 3.
2. KRAUSE, S.J., Macromolecule Science, Makromolekule Chemie, C7 (2) (1972) 251.
3. PLOCHOCKI, A. P., in Polymer Blends (Eds., D.R. PAUL and S. NEWMAN) Academic Press, New York, Vol. 3 (1978) 322.

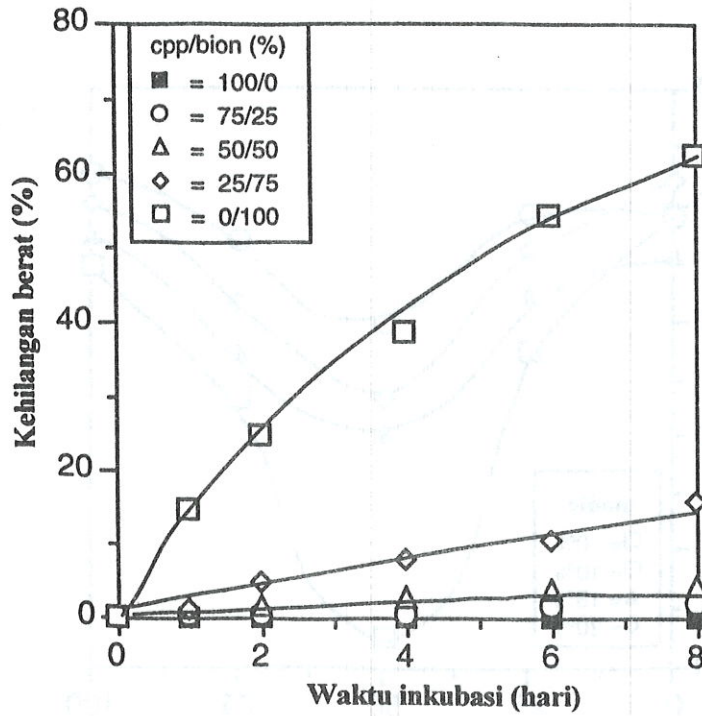
4. TEYSSIE, Ph., FAYT, R., and JEROME, R., Makromolekule Chemie, Macromolucule Symposium, 16 (1988) 41.
5. PAUL, D. R., and NEWMAN, S., in Polymer Blends (Eds., D.R. PAOUL and S. NEWMAN), Academic Press, New York, Vol. 2 (1978) 40.
6. HEIKENS, D., HOEN, N., BARENTSEN, W., PIET, P., and LADAN, H. J., Polymer Science, Polymer Symposium, 62 (1978) 309.
7. UTRACKI, L.A., Polymer Plastic Technology and Engineering, 22 (1) (1984) 27.
8. FAYT, R., JEROME, R., and TEYSSIE, Ph., Makromolekule Chemie, 187 (1986) 837.
9. FAYT, R., JEROME, R., and TEYSSIE, Ph., Journal Polymer Science, (C)27 (1989) 775.
10. DARBY, F.T., and KAPLAN, Application Microbiology, 16 (1988) 700.
11. TOKIWA, Y., SUZUKA, T., and ANDO, T., Journal Application Polymer Science, 24 (1979) 1701.
12. KUMAGAI, Y., and DOI, Y., Polymer Degradation and Stability, 36 (1992) 241.
13. PITT, C.G., MARK, T.A., and SCHINDLER, A., In Controlled Release Bioactive Materials, (Ed. R. BAKER), Academic Press (1980).
14. YOSHII, F., SASAKI, T., MAKUUCHI, K., and TAMURA, N., Journal Application Polymer Science, 30 (1985) 339.
15. DUNN, T.S., EPPERSON, B.J., SUGG, H., STANNETT, Y., and WILLIAMS, J.L., Radiation Physic and Chemistry, 14 (1979) 625.
16. DUNN, T.S., and WILLIAMS, J.L., Journal Industry and Tachnology, 2 (1983) 33.
17. KAGIYA, T., NISHIMOTO, S., WATANABE, W., and KATO, M., Polymer Degradation and Stability, 12 (1985) 261.
18. NISHIMOTO, S., KAGIYA, T., WATANABE, W., and KATO, M., Polymer Degradation and Stability, 14 (1986) 199.
19. GORELIK, B. A., SOKOLOVA, L. A., GRIGORIEV, A. G., KOSHELEN, S. D., SEMENENKO, E. I., MATIUSHIN, G. A., and RYCHLA, L., Makromolekule Chemie, Macromolekule Symposium, 28 (1989) 249.
20. IWAMOTO, A., and TOKIWA, Y., Polymer Degradation and Stability, 45 (1994) 205.
21. FAYT, R., JEROME, R., and TEYSSIE, Ph., Journal Polymer Science, Polymer Physic, 20 (1982) 2209.
22. FAVIS, B. D., Polymer, 35 (7) (1994) 1552.
23. EKLIND, H., MAURER, F.H.J., Polymer, 37 (13) (1985) 2641.
24. TORREY, S., Enzyme technology, preparation, purification, stabilization, immobilization recent advances, Noyes Data Corporation, USA (1983) 3.
25. BERGMEYER, H.U., Detewrmination of Enzyme Activities in Methods of Enzymatic Analysis, (BERGMEYER, H. U., Ed.), Vol.1, Verlag Chemie Weinheim, Academic Press Inc. (1974) 127.



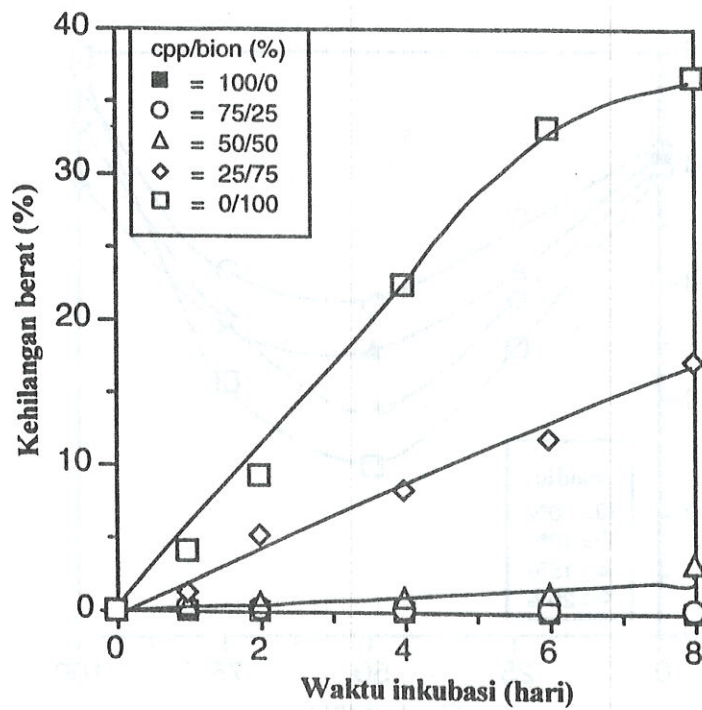
Gambar 1. Perpanjangan putus film dari campuran *cpp/pcl* dengan *modic* yang berbeda konsentrasi



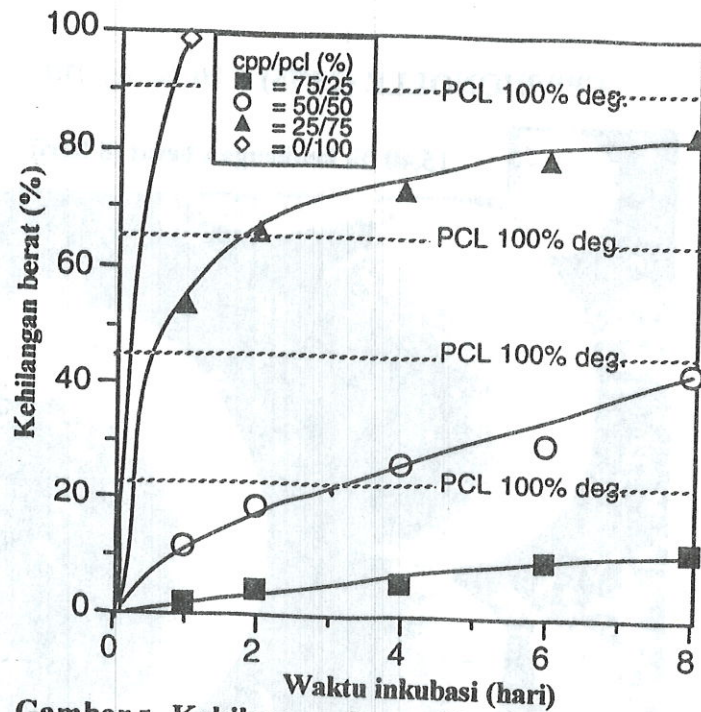
Gambar 2. Tegangan putus film dari campuran *cpp/pcl* dengan *modic* yang berbeda konsentrasi



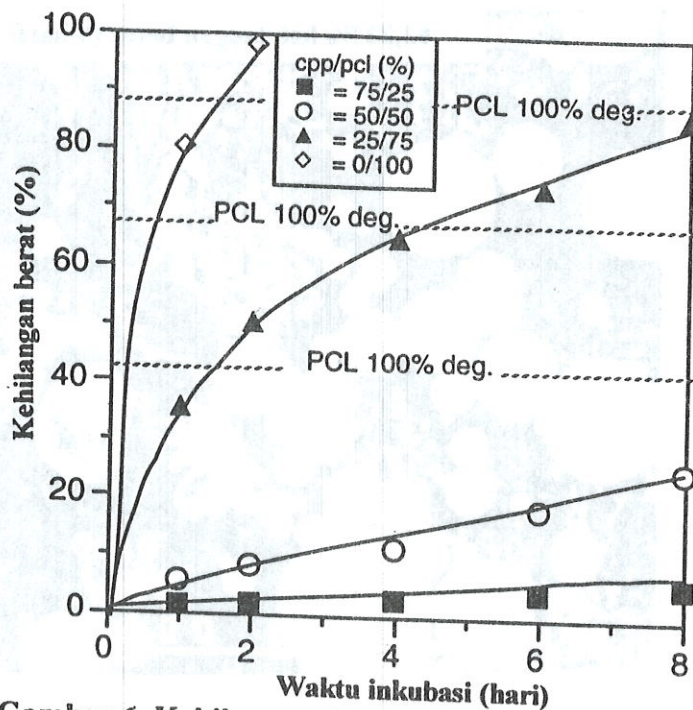
Gambar 3. Kehilangan berat film dari campuran *cpp/bionolle* dengan 10% *modic* selama diinkubasi dalam 10 mg/ml enzim lipase AK pada suhu 60 °C



Gambar 4. Kehilangan berat film dari campuran *cpp/bionolle* dengan 15% *modic* selama diinkubasi dalam 10 mg/ml enzim lipase AK pada suhu 60 °C



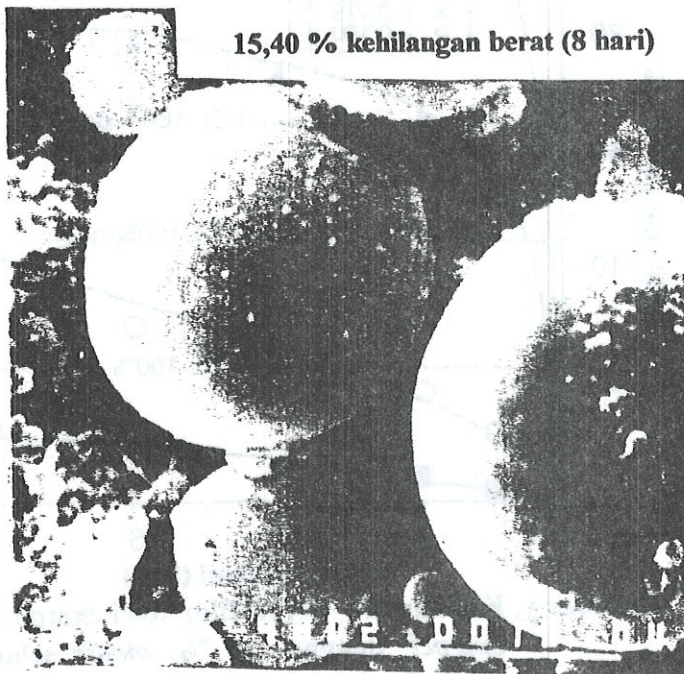
Gambar 5. Kehilangan berat film dari campuran *cpp/pcl* dengan 10 % *modic* selama diinkubasi dalam 10 mg/ml enzim lipase AK pada suhu 55 °C



Gambar 6. Kehilangan berat film dari campuran *cpp/pcl* dengan 15 % *modic* selama diinkubasi dalam 10 mg/ml enzim lipase AK pada suhu 55 °C

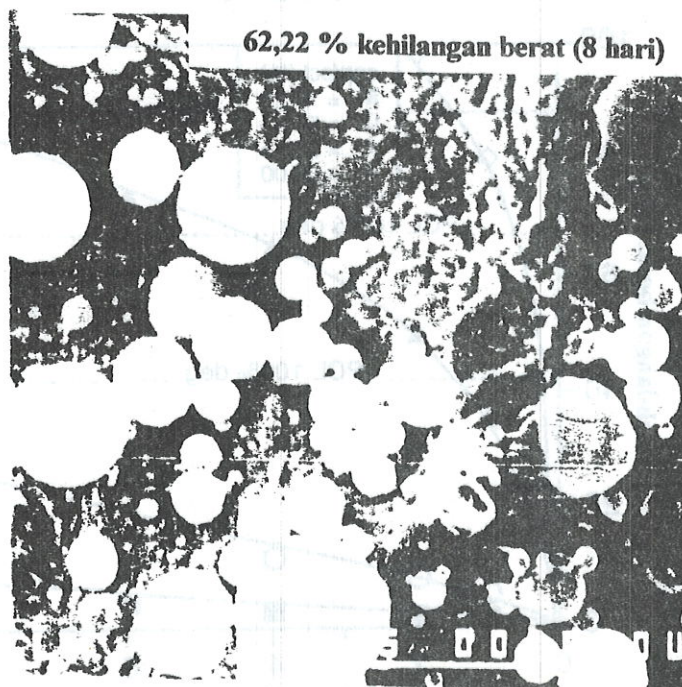
**CPP/BIONOLLE (25/75) + 10 % MODIC**

15,40 % kehilangan berat (8 hari)



**CPP/BIONOLLE (0/100) + 10 % MODIC**

62,22 % kehilangan berat (8 hari)

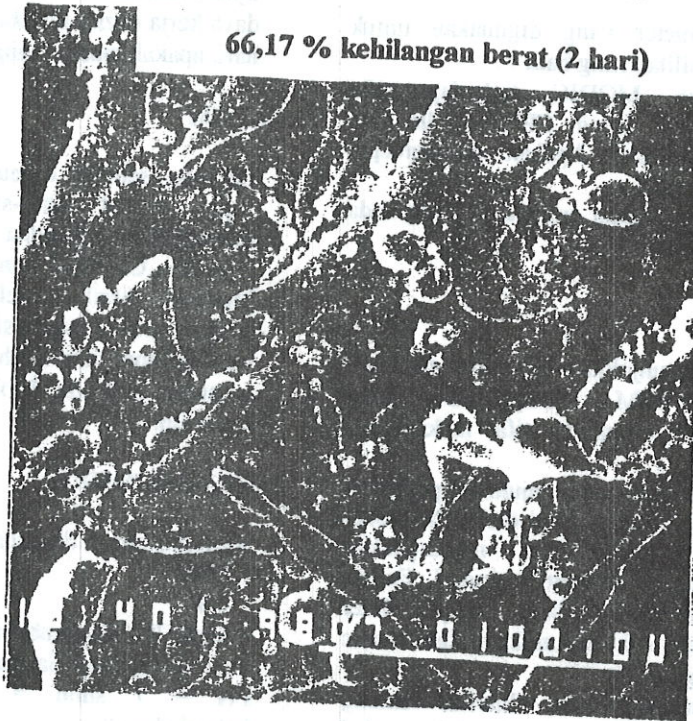


**Gambar 7. Foto SEM film dari campuran *cpp/bionolle* dengan 10 % *modic* pada kehilangan berat yang berbeda**



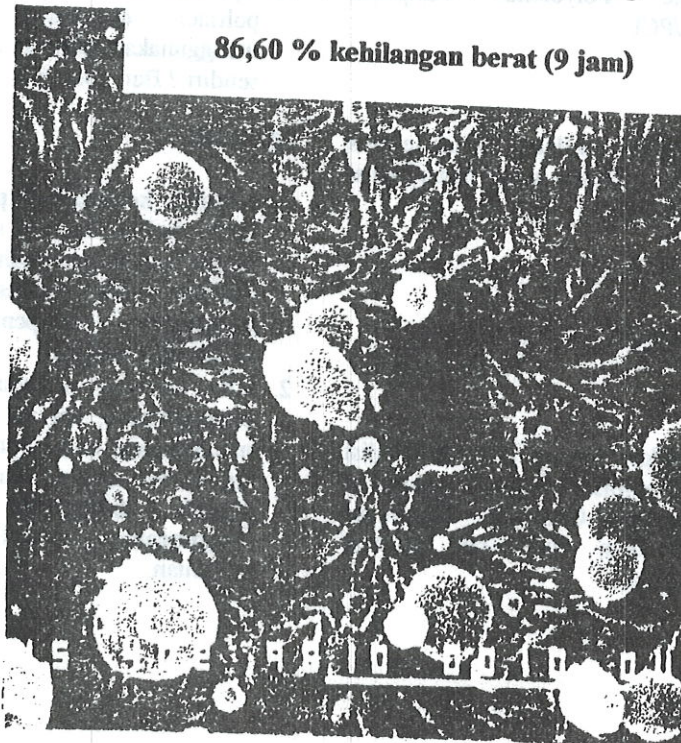
CPP/PCL(25/75) + 10 % MODIC

66,17 % kehilangan berat (2 hari)



CPP/PCL (0/100) + 10 % MODIC

86,60 % kehilangan berat (9 jam)



Gambar 8. Foto SEM film dari campuran *cpp/pcl* dengan 10% *modic* pada kehilangan berat yang berbeda

## DISKUSI

### DARMAWAN DARWIS

1. Apakah ukuran/parameter yang digunakan untuk menentukan kompatibilitas yang baik ?
2. Bagaimana pengaruh MODIC terhadap sifat biodegradasi dari poly blend CPP/Bionolle dan CPP/PCL. Tolong dijelaskan. Apakah mempercepat degradasi/memperlambat ?
3. Apa guna  $MgCl_2$  pada larutan enzim yang anda gunakan ?

### NIKHAM

1. Untuk ini biasanya ditunjukkan oleh sifat mekanik dan mikrograf SEM. Polyblend yang kompatibilitasnya baik umumnya sifat mekaniknya baik.
2. Dalam penelitian ini tidak menunjukkan pengaruh MODIC terhadap sifat biodegradasi dari CPP/Bional dan CPP/PCL. Di sini tidak menunjukkan mempercepat atau memperlambat degradasi. Fungsi MODIC dalam Polyblend ini sebagai kompatibilizer dan meningkatkan sifat-sifat mekaniknya dan modic bukan polimer biodegradable.
3. Gunanya untuk meningkatkan aktivitas enzim, sehingga dapat bekerja optimal dalam hal mendegradasi sample Polyblend campuran CPP/Bionelle dan CPP/PCL.

### MARSONGKO

Pada tayangan mengenai peralatan, disana tertulis "tensi meter sterograph R-1". Mana yang benar, tensi meter ? atau tensile meter ?

### NIKHAM

Yang benar tensile meter.

### IDRUS KADIR

1. Pak Nikham menyebutkan bahwa didapat kondisi optimal berupa konsentrasi optimal campuran CPP/bionelle dan campuran CPP/PCL. Bagaimana caranya anda menentukan konsentrasi optimal tersebut. Mohon dijelaskan ?

2. Dalam penelitian ini Anda menggunakan enzim lipase AK dan diinkubasi hingga 8 hari. Bagaimana daya kerja enzim tersebut jika seandainya lebih dari 8 hari, apakah masih mungkin efektif ?

### NIKHAM

1. Caranya setelah diketahui sifat-sifat mekaniknya, dapat dilihat sifat-sifat mekanik yang baik menunjukkan kondisi optimal campuran CPP/Bionable, CPP/PCL dan Modic.
2. Menurut hasil penelitian peneliti sebelumnya, ternyata waktu inkubasi hingga 8 hari, menunjukkan hasil optimal, jika lebih dari waktu tersebut, hasilnya menurun, ini disebabkan aktivitas enzim sudah menurun.

### RAHAYU CHOSDU

1. Aktivitas enzim dipengaruhi oleh
  - Suhu
  - PH
  - kadar  $H_2O$ /kelembabanPada percobaan Saudara diperoleh kondisi optimal PH = 7 suhu =  $60^{\circ}C$ . Bagaimana dengan kelembaban ?
2. Apa ide Saudara, apabila penelitian biodegradable polimer diterapkan di Indonesia dengan menggunakan, polimer alam yang ada di negara kita sendiri ? Beri contoh.

### NIKHAM

1. Masalah kelembaban pada saat inkubasi, memang tidak diukur, karena saya kira kelembaban tidak begitu banyak pengaruhnya terhadap aktivitas enzim, kecuali untuk organisme hidup misal mikroba, kelembaban berpengaruh sekali terhadap perkembangannya.
2. Kita memang mempunyai banyak polimer alam biodegradable, hal ini menarik untuk diteliti untuk mendapatkan bahan atau produk yang setelah habis pakai kemudian di buang sel alam lingkungan akan mudah didegradasi atau ramah dengan lingkungannya. Misal pati dari berbagai hasil pertanian.