



PROSIDING

SEMINAR NASIONAL KIMIA DAN PENDIDIKAN KIMIA III

"Teori dan Aplikasi Sains dalam Isu Globalisasi Lingkungan, Profesionalisasi Pembelajaran dan Kewirausahaan"

Program Studi Pendidikan Kimia Jurusan PMIPA FKIP UNS

Surakarta, 7 Mei 2011



MAKALAH PENDAMPING

KIMIA FISIKA
(Kode : C-03)

ISBN : 978-979-1533-85-0

SINTESIS DAN KARAKTERISASI BUSA SEL TERBUKA POLYURETHANE DENGAN ADITIF EXPANCEL MICROSPHERE SEBAGAI MATERIAL PEREDAM BISING

Ika Maryani^{1*}, M. Masykuri², Harjana³, Iwan Yahya³, Budi Legowo³, Chitra Ayu Respati Putri, Tri Cahyono, dan Linda Ikka Zain

¹Pend. Sains PPs UNS, Surakarta

²Program Studi Pendidikan Kimia PMIPA FKIP UNS, Surakarta

³Jurusan Fisika Fakultas MIPA UNS, Surakarta

Email: ika_mail87@yahoo.com

Abstract

This research aims to synthesize polyurethane foam from polyethylene glycol (PEG), Methylene-4,4'-diphenyl diisocyanate (MDI), and expancel microsphere, and to know its characteristic as sound absorber material. This research is done with experiment method in laboratory. Polyurethane has been synthesized from polyethylene glycol (PEG), Methylene-4,4'-diphenyl diisocyanate (MDI), and expancel microsphere as substances which functions for foaming up with comparison MDI/PEG: 1/1,0; 1/1,1; 1/1,2; 1/1,3; 1/1,4; 1/1,5, and expancel microsphere is 5 % from total mass. The result of synthesis is then analyzed its thermal character with TG-DTA technique, crystal structure testing with XRD, chemical structure testing with FTIR, surface morphology testing with SEM and following action is making model and acoustic testing. The result of the research shows that the bigger is the amount of PEG as soft segment, the more flexible is the foam which is established. Its causes the more urethane and the longer is polymer chain on its structure. The soft segment increasing has tendency which cause the percent crystallinity increasing. The increasing of expancel microsphere can defence mechanic characteristic from the foam, so that thermal stability of the foam relative high. The highest coefficient of absorbing is shown by PU-2 with comparison MDI/PEG 1/1,1.

Keywords: *polyurethane, expancel microsphere*

PENDAHULUAN

Polyurethane merupakan polimer unik yang dapat dimanfaatkan dalam berbagai aplikasi, antara lain dalam industri sandang, otomotif, furnitur, bahan bangunan dan isolasi termal. Kontradiksi dengan hal tersebut, Indonesia masih menempatkan diri sebagai negara pengimpor polyurethane dengan volume yang semakin meningkat dari tahun ke tahun. Oleh karena itu, pengembangan industri dan penelitian di bidang polyurethane di Indonesia memiliki nilai strategis.

Pada aspek teknis, salah satu komponen penting dalam sintesis busa polyurethane adalah zat pembuih (*physical blowing agent*). Sampai dengan tahun 1990 zat pembuih yang biasa

digunakan adalah CFC-11 (CFCl_3), namun dilarang tahun 1995 karena merusak ozon. Setelah itu dipakai hydrochlorofluorocarbon HCFC-141b (CH_3CFCl_2) yang dampaknya terhadap ozon hanya berkisar 1 – 2% dari CFC-11. Zat pembuih lain yang dipakai adalah aseton dan pentana yang juga memiliki kelemahan yakni mudah terbakar (Graff, 1993), serta CO_2 cair yang relatif sukar penanganannya dan mahal (Eiben, et al., 1995). Oleh karena itu diperlukan alternatif lain zat pembuih yang berkinerja tinggi namun relatif murah, ramah lingkungan dan tidak mudah terbakar (*flammable*).

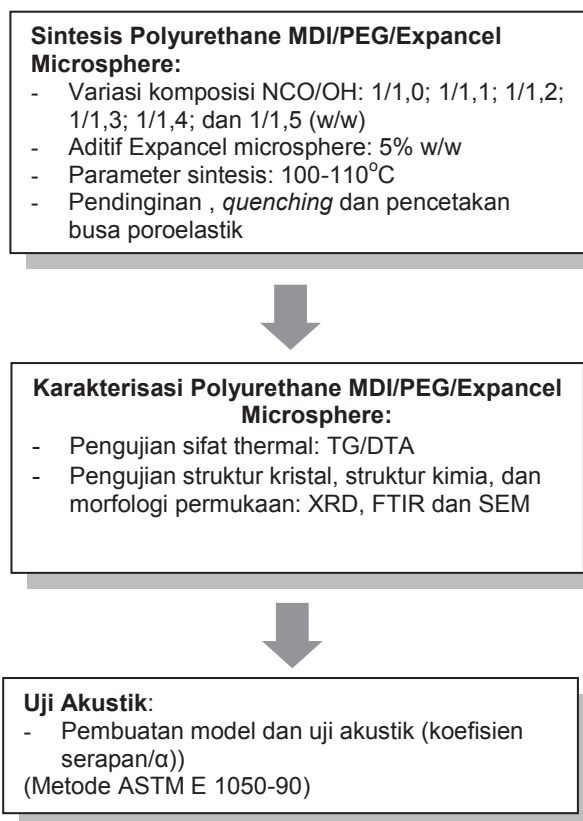
Di sisi lain dalam bidang akustik misalnya, hampir semua permasalahan ruang dengar adalah

minimnya panel akustik pada permukaan dinding, lantai dan plafon (Pranab dan Carey, 2003). Terjadi fenomena yang dinamakan “*comb filtering*”, yakni dua buah gelombang suara dengan selisih fase pada puncak dan lembah gelombang yang saling meniadakan atau saling memperkuat frekuensi tertentu. Hal ini menyebabkan kolorasi suara yang kita dengar. Suara pantulan dinding tidak hanya mengganggu keseimbangan warna suara, namun juga menghancurkan citra musik dan *soundstage* (Sagartzazu, et al., 2005). Untuk mengatasi masalah itu, diperlukan suatu panel akustik penyerap bising. Beberapa bahan dapat digunakan sebagai penyerap bising, antara lain serat (kapas, serat gelas dan serat termoplastik), membran, busa (*foam*).

Penelitian ini mengembangkan panel poroelastik penyerap bising dari bahan polyurethane MDI/PEG (*methylene diphenylisocyanate/polyethylene glycol*) dengan aditif *expancel microsphere* sebagai *physical blowing agent*. Produk akhir yang diharapkan dari riset ini berupa panel berlapis dari polimer dengan struktur sel terbuka yang efektif sebagai penyerap bising.

PROSEDUR PERCOBAAN

Sesuai dengan tujuan yang ingin dicapai, maka penelitian ini dapat dinyatakan dengan diagram dalam gambar berikut:



HASIL DAN PEMBAHASAN

Dari penelitian yang telah dilakukan telah berhasil disintesis busa poliuretan dengan berbagai variasi segmen keras/segmen lunak dengan menggunakan diisiosianat dari metilen-4,4'-

difenildiisiosianat (MDI), polietilena glikol 400 (PEG-400) sebagai sumber polioliol, dan *expancel microsphere* sebagai zat pembuih (*physical blowing agent*).

Hasil pengamatan visual terhadap fleksibilitas busa poliuretan dengan komposisi

segmen keras/lunak 1/1,0; 1/1,1; 1/1,2; 1/1,3; 1/1,4 dan 1/1,5 sebagai berikut:

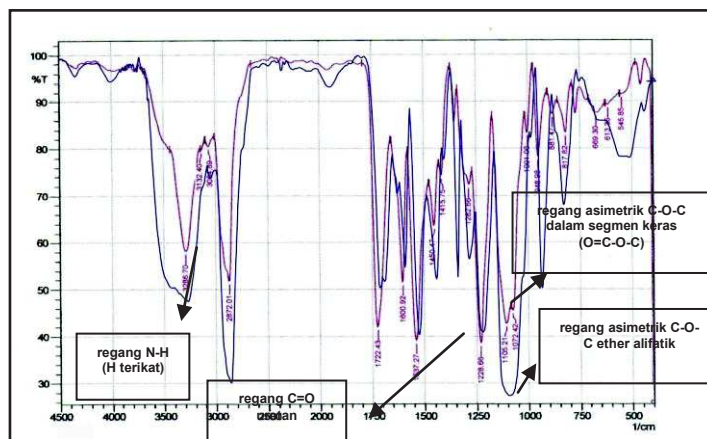
Kode Sampel	Komposisi	Sifat Fisik Polimer
PU-1	MDI/PEG: 1/1-Expancel microsphere 5%	Busa kaku, coklat
PU-2	MDI/PEG: 1/1,1-Expancel microsphere 5%	Busa kaku, coklat
PU-3	MDI/PEG: 1/1,2-Expancel microsphere 5%	Busa agak kaku, coklat
PU-4	MDI/PEG: 1/1,3-Expancel microsphere 5%	Busa fleksibel, coklat
PU-5	MDI/PEG: 1/1,4-Expancel microsphere 5%	Busa fleksibel, coklat
PU-6	MDI/PEG: 1/1,5-Expancel microsphere 5%	Busa fleksibel, coklat

Dari pengamatan yang telah dilakukan menunjukkan fleksibilitas busa poliuretan yang menurun sebanding dengan nisbah segmen keras/segmen lunak (HS/SS). Hal ini disebabkan PEG yang memberikan sumbangan sifat lunak dalam poliuretan. Semakin besar jumlah PEG pada nisbah HS/SS maka poliuretan yang dihasilkan semakin lunak dan fleksibel.

dapat dilihat dengan cara mengamati analisis struktur kimia melalui spektra FTIR. Secara terinci, semua spektra FTIR dari PU-1 (MDI/PEG: 1/1-Expancel microsphere 5%) sampai PU-5 (MDI/PEG: 1/1,4-Expancel microsphere 5%) diberikan dalam lampiran. Untuk membandingkan pengaruh nisbah segmen keras/segmen lunak (HS/SS) terhadap profil spektra FTIR, dilakukan tumpangshuh kurva FTIR PU-1 dan PU-2 sebagaimana ditunjukkan dalam gambar 1.

B. Struktur Kimia Busa Poliuretan

Dari segi struktur kimia, untuk mengetahui polimer yang disintesis telah terbentuk atau belum



Gambar 1. overlay kurva FTIR PU-1(merah) dan PU-2 (biru)

Berdasarkan identifikasi pita serapan FTIR tersebut membuktikan bahwa dari reaksi metilena-4,4-difenil-isosianat (MDI) dengan polietilena glikol-400 (PEG-400) telah dapat menghasilkan produk poliuretan. Sedangkan expancel microsphere yang terintrusi dalam matriks busa poliuretan tidak

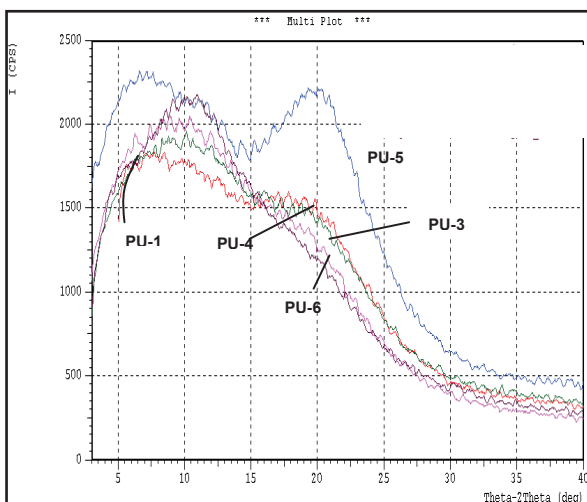
terikat dalam bentuk ikatan kovalen dengan rantai poliuretan, melainkan terikat secara fisik.

Salah satu fakta yang tampak adalah adanya fenomena pelebaran puncak pada daerah pita serapan sekitar 3000 cm⁻¹ yang merupakan regang N-H (H terikat). Semakin besar nisbah

HS/SS memperlihatkan puncak pada daerah tersebut semakin lebar. Fakta ini dapat diterangkan dari terbentuknya ikatan kovalen pada gugus N-H. Pada konsentrasi PEG-400 yang semakin besar ikatan uretan akan semakin banyak terjadi, akibatnya terbentuk pula ikatan kovalen yang semakin banyak antara gugus N-H dengan atom H pada monomer lain di sekitarnya. Hal ini sekaligus memberi kejelasan mengenai bertambah panjangnya rantai polimer yang terbentuk sebanding dengan semakin besarnya konsentrasi PEG-400.

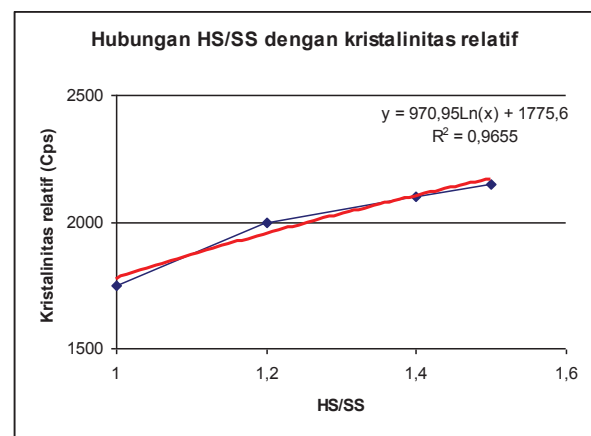
D. Kristalinitas Polyurethane

Pengujian kristalinitas dilakukan menggunakan difraksi sinar X (XRD). Pengujian menggunakan metode uji difraksi Bragg, Cu K α 1, tegangan 40kV, dan arus 30 mA, serta rentang sudut 2 θ pada 3 – 40 $^\circ$. Hasil pengukuran XRD disajikan dalam gambar 2. Dari difraktogram di bawah, terlihat bahwa polyurethane memiliki 2 puncak tajam berintensitas kuat, yaitu pada 2 θ antara 7,5–10 $^\circ$ dan daerah sekitar 20 $^\circ$. Dari aluran difraktogram tersebut menunjukkan bahwa matrik busa polyurethane tersebut berupa semikristalin. Jumlah dan pola puncak yang relatif tetap menunjukkan tidak terbentuknya kristal/zat baru pada kelima variasi komposisi tersebut.



Gambar 2. Difraktogram busa polyurethane

Pada penelitian ini, kristalinitas busa polyurethane secara kuantitatif tidak dapat ditentukan secara pasti karena tidak adanya standard pembanding yang kristalinitasnya diketahui secara pasti, namun berdasarkan perbandingan relatif dengan busa polyurethane lain dapat ditentukan kristalinitas relatifnya. Berdasarkan perbandingan intensitas puncak, dapat ditentukan bahwa polyurethane PU-6 dengan nisbah HS/SS memiliki fasa kristalin yang paling besar.



Gambar 3. Hubungan nisbah segmen keras/segmen lunak (HS/SS) dengan kristalinitas polyurethane. Hubungan nisbah segmen keras/segmen lunak (HS/SS) dengan kristalinitas polyurethane ditampilkan dalam Gambar 3. Sedangkan ditinjau dari kristalinitasnya, penambahan segmen lunak memiliki kecenderungan menyebabkan peningkatan prosen kristalinitas.

E. Karakter Termal Polyurethane

Untuk mengetahui karakter termal busa poliuretan dilakukan pengukuran menggunakan TG/DTA 200 merk Seiko SSC 5200H. Metode yang digunakan mengacu pada metode standar JIS 7120 dan 7121. Kondisi operasi dilakukan pada suhu 30 - 550 $^\circ$ C, N $_2$ 260 mL/menit dan laju pemanasan 10 $^\circ$ C/menit. Indikator pengukuran mencakup suhu dekomposisi onset, suhu dekomposisi maksimum, dan laju berat susut

maksimum pada dekomposisi yang dapat dilihat pada Tabel 2 (lampiran)

Dari termogram tersebut nampak bahwa secara umum ketiga jenis poliuretan memiliki pola termogram yang hampir sama. Adanya 2 tahap dekomposisi menunjukkan terjadinya 2 fase degradasi termal yang dialami polimer, yang sekaligus direfleksikan dengan adanya 2 puncak pada kurva DTG. Meskipun sama-sama memiliki dua tahap dekomposisi, namun karakteristik kedua tahap dekomposisi sedikit berbeda antara ketiga poliuretan tersebut. Hal ini sekaligus memberikan penegasan kembali hasil analisis FTIR yang menunjukkan fenomena adanya pertambahan panjang rantai poliuretan sebanding dengan meningkatnya konsentrasi segmen lunak. Dengan meningkatnya konsentrasi segmen lunak, ikatan yang terbentuk akan semakin banyak dan satabilitas termalnya akan semakin tinggi. Perbedaan mendasar nampak dari selisih suhu dekomposisi yang relatif besar. Kedua tahap dekomposisi poliuretan terjadi pada suhu yang relatif rendah.

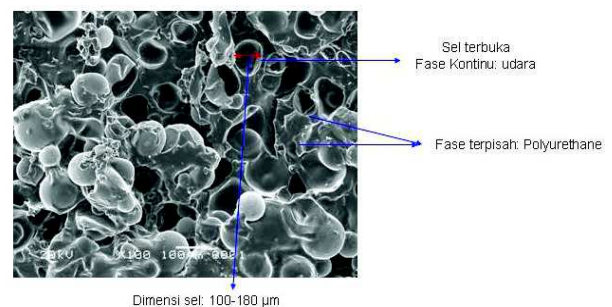
F. Morfologi Permukaan Polyurethane

Untuk mengetahui morfologi permukaan polyurethane dilakukan pengukuran menggunakan scanning electron microscopic merk JEOL JSM-6360LA. Pengukuran dilakukan pada tegangan 20 kV. Analisis SEM menunjukkan adanya dua fase pada morfologi permukaan. Fase pertama disebut sebagai fase kontinu yang berisi gas dengan ukuran dimensi sel antara 100-180 μm . Sel mendispersi gas akibat pemanasan yang dialami oleh expancel microsphere. Expancel microsphere mampu mempertahankan sifat mekanik dari busa sehingga stabilitas termal busapun relatif tinggi. Volume gas dalam sel meningkat saat pemanasan sehingga mengakibatkan peningkatan diameter expancel. Dengan peningkatan volume gas, maka suara yang dapat terabsorpsi juga semakin

maksimal yang ditunjukkan dengan harga koefisien serapan mendekati 1.

Fase kedua disebut sebagai fase terpisah yang terdiri dari polyurethane. Berdasarkan hasil analisis SEM pada busa polyurethane, fase kontinu lebih mendominasi daripada fase terpisah, maka dapat dikatakan bahwa polyurethane yang terbentuk merupakan *opened cell foam* (busa sel terbuka)

Morfologi permukaan PU-6 dengan perbesaran 100x ditunjukkan pada gambar 4.



Gambar 4. Morfologi permukaan PU-6

G. Uji Akustik Polyurethane

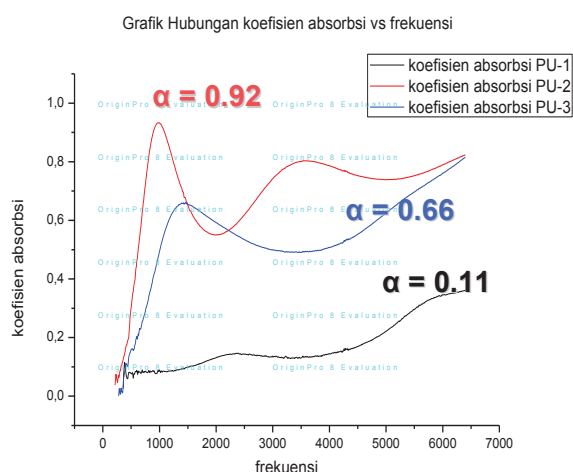
Sampel yang diteliti pada penelitian ini terbuat dari komposit busa sel terbuka polyurethane MDI/PEG dengan aditif expancel microsphere. Dengan menggunakan metode dua mikropon sesuai dengan standar pengukuran ASTM E 1050-90 sehingga akan diperoleh nilai koefisien serapan akustik pada sampel tersebut.

Teknik yang digunakan pada pengujian ini adalah teknik tabung impedansi dua mikrofon. Teknik ini dipilih karena lebih mudah dan cepat. Dengan teknik tabung impedance dua mikrofon, dapat diperoleh data dari fungsi pindah yang mampu direkam oleh kedua mikrofon pada posisi berbeda, yaitu fungsi pindah gelombang datang, H_i , dan fungsi pindah gelombang pantul, H_r . Sehingga data yang diperoleh dapat langsung digunakan untuk menghitung besarnya koefisien absorpsi akustik.

Sampel yang menjadi bahan uji terdiri dari tiga jenis. Perbedaan masing-masing sampel terletak pada komposisi perbandingan MDI dan PEG. Perbandingan MDI-PEG berturut-turut adalah 1/1,0; 1/1,1; 1/1,2. Dari ketiga sampel tersebut, dikenakan perlakuan yang berbeda pada sampel pertama. Sampel pertama dipress, sedangkan pada sampel kedua dan ketiga sampel dibiarkan mengembang. Hal ini dilakukan untuk mengetahui pengaruh porositas material busa terhadap koefisien absorpsi. Ketika sampel dipress, sel busa tidak dapat berkembang maksimal, hal ini tentu saja akan berpengaruh terhadap besarnya gelombang bunyi yang dapat diserap oleh busa.

Setelah dilakukan proses pengukuran, diperoleh nilai koefisien absorpsi pada sampel satu sebesar 0,11 pada bentang frekuensi 1728 Hz, sampel dua sebesar 0,92 pada bentang frekuensi 1040 Hz dan sampel tiga sebesar 0,66 pada bentang frekuensi 1456 Hz.

Dari hasil pengukuran diperoleh, koefisien yang paling besar dihasilkan oleh sampel kedua, dengan perbandingan MDI dan PEG sebesar 1:1,1. Artinya komposisi yang optimum adalah pada perbandingan MDI dan PEG sebesar 1:1,1.



Gambar 5. Hubungan koefisien absorpsi dengan frekuensi

Dari gambar 5 dapat dilihat bahwa koefisien absorpsi yang paling besar dihasilkan oleh sampel kedua, dengan perbandingan MDI/PEG sebesar 1:1,1. Komposisi MDI-PEG yang paling optimum digambarkan oleh grafik yang merata pada bentang frekuensi 1000-7000 Hz. Interpretasi dari grafik kedua adalah sampel yang di pakai optimum pada semua frekuensi, yang artinya sampel tersebut dapat diaplikasikan pada semua ruang.

KESIMPULAN

1. Busa poliuretan telah berhasil disintesis dari metilena-4,4'-difenil-diisosiyanat (MDI), polietilena glikol-400 (PEG-400), dan expancel microsphere dengan variasi komposisi MDI/PEG 1/1,0; 1/1,1; 1/1,2; 1/1,3; 1/1,4; dan 1/1,5.
2. Penambahan aditif Expancel Microsphere dapat menyeragamkan morfologi permukaan busa sehingga stabilitas termal dan koefisien absorpsinya tinggi.
3. Polyurethane dari sintesis PEG/MDI–Expancel microsphere dapat efektif sebagai penyerap bising (*sound absorben*).

UCAPAN TERIMA KASIH

1. Dirjen DIKTI atas bantuan finansial sehingga penelitian ini dapat terlaksana sesuai tujuan.
2. Laboratorium FKIP UNS, Sub Lab Kimia UNS, Lab. Kimia UPI, Pusat Penelitian dan Pengembangan Geologi Kelautan (P3GL) Bandung, LIPI Bandung.

DAFTAR RUJUKAN

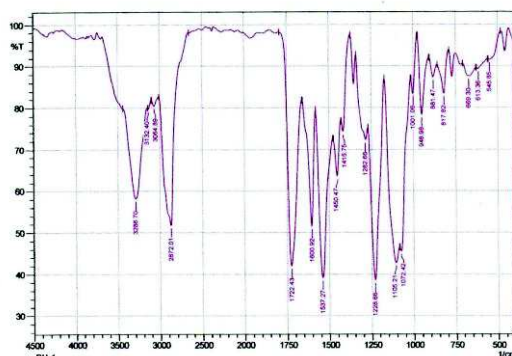
- Ahmad, Maf. 2001. "Flexible Vinyl Resiliency Property Enhancement with Hollow Thermoplastic Microspheres". *Journal of Vinyl & Additive Technology*, September 2001, Vol. 7, No. 3.
- Ashis Aneja. 2002. "Structure-Property Relationships of Flexible Polyurethane

- Foams". Dissertation. Virginia: Virginia Polytechnic Institute and State University
- Chemical and Engineering News, May 29, 2000: 78 (2000) 42.
- Dwyer FJ; Knopeck GM; Zwolinski LM; Proc SPI-33Ann Polyurethane Tech/Mark Conf: (1990) 400-406
- Ghosh, U.K., Narayan C. Pradhan, dan Basudam Adhikari. "Synthesis and characterization of porous polyurethaneurea membranes for pervaporative separation of 4-nitrophenol from aqueous solution." Bull. Mater. Sci., Vol. 29, No. 3, June 2006, pp. 225-231
- Herrington R; and Hock K; Flexible Polyurethane Foams, 2 Ed., The Dow Chem Co: (1998).
- M.Masykuri, Harjana, dan Budi Legowo. 2008. *Pengembangan Komposit Busa Sel Terbuka Poliuretan MDI/PEG – Expancel Microsphere sebagai Bahan Poroelastik Baru Bernilai Komersial dan Kinerja Tinggi*. Laporan Hibah Penelitian Unggulan UNS. Universitas Sebelas Maret.
- Pranab S. dan Anita B. Carey. Acoustical Materials Workshop. SAE Acoustical Materials Committee. 2003
- Sagartzazu X., L. Hervella dan J. M. Pagalday. 2005. "Review in Sound Absorbing Materials". Arrasate-Mondragón: Universidade da Coruña.
- Stevens, M.P. 2001. *Kimia Polimer*, Terjemahan Iis Sopyan. Jakarta: Pradnya Paramita.
- Thompson Jr, R. D., and Liu, X. US Patent No 7320739. "Sound Absorber Multilayered Composites". USPTO. Jan, 22. 2008
- Woods G; Flexible Polyurethane Foams, Chemistry and Technology, Essex, England: (1982)
- Woods, G. The ICI Polyurethanes Book, 2 ed.; ICI Polyurethanes and John Wiley and Sons: 1990.

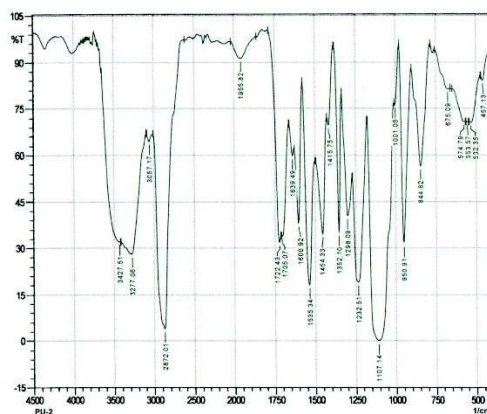
LAMPIRAN 1

SPEKTRA FTIR BUSA POLYURETHANE

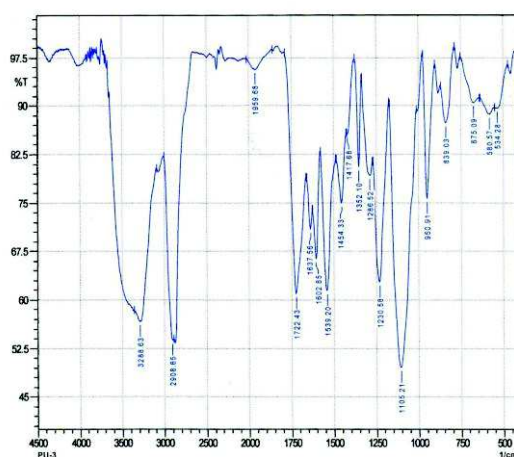
1. Spektra FTIR PU-1 (MDI/PEG: 1/1-Expancel microsphere 5%)



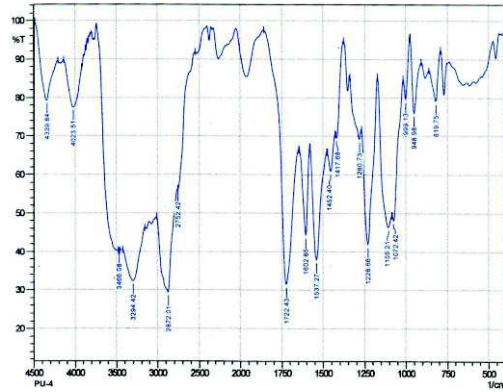
2. Spektra FTIR PU-2 (MDI/PEG: 1/1,1-Expancel microsphere 5%)



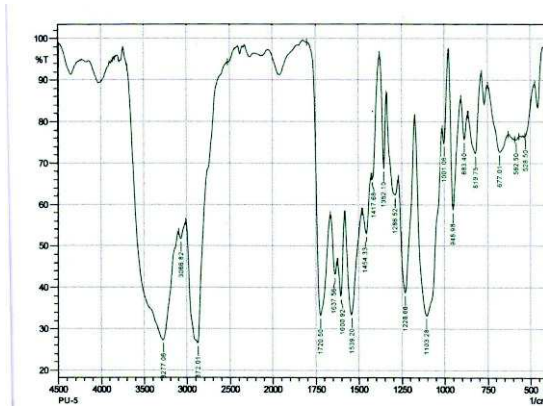
3. Spektra FTIR PU-3 (MDI/PEG: 1/1,2-Expancel microsphere 5%)



4. Spektra FTIR PU-4 (MDI/PEG: 1/1,3-Expancel microsphere 5%)



5. Spektra FTIR PU-5 (MDI/PEG: 1/1,4-Expancel microsphere 5%)

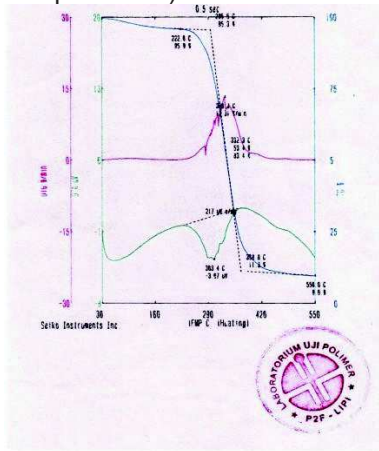


Tabel 2. Hasil Analisis Termal Poliuretan

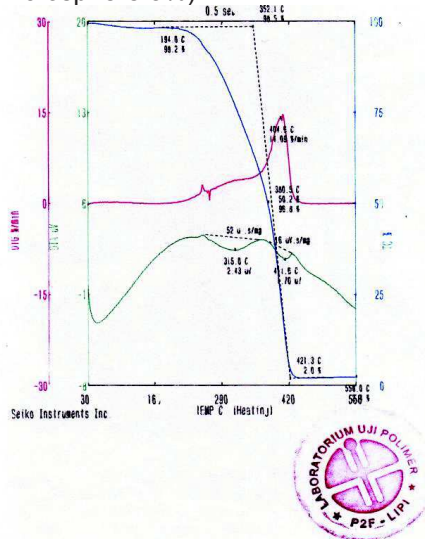
Kode Sampel	Komposisi MDI/PEG	T _{1on} (°C)	T _{1m} (°C)	T _{1mw} (%/min)	T _{2on} (°C)	T _{2m} (°C)	T _{2mw} (%/min)
PU-1	1/1,0-EM 5%	275	363	3	370	375	12,3
PU-3	1/1,2-EM 5%	270	315	4	400	404	14,1
PU-5	1/1,4-EM 5%	250	252	2	400	412	21,9

LAMPIRAN 2 TERMOGRAM TG-DTA

1. PU-1 (MDI/PEG: 1/1,0-Expancel microsphere 5%)



2. PU-3 (MDI/PEG: 1/1,2-Expancel microsphere 5%)



3. PU-5 (MDI/PEG: 1/1,4-Expancel microsphere 5%)

