

Pelayanan Pengujian Polyurethane Di Laboratorium Korosi dan Baterai Material Departemen Teknik Material dan Metalurgi FTIRS-ITS

Tubagus Noor R¹, Sulistijono², M. Farian Amrulloh³, Muhammad Fachri⁴

^{1,2,3,4}, Institut Teknologi Sepuluh Nopember

e-mail: roma@mat-eng.its.ac.id

Abstrak

Poliuretan merupakan material polimer serba guna yang banyak digunakan sebagai pengganti karet, logam, kayu, dan plastik karena sifatnya yang fleksibel dan multifungsi. Untuk menjamin mutu dan keandalan poliuretana yang diproduksi oleh industri, Laboratorium Korosi dan Baterai Departemen Teknik Material dan Metalurgi FTIRS-ITS melakukan pengujian secara menyeluruh. Pengujian yang dilakukan meliputi uji tekan, uji geser, uji densitas, uji kandungan sel tertutup (porositas), dan uji konduktivitas termal. Hasil penelitian menunjukkan bahwa poliuretana yang diuji memiliki kinerja yang memuaskan dan melampaui standar pada beberapa parameter. Hasil uji tekan sebesar 2,46 kg/cm² dibandingkan dengan standar sebesar 2 kg/cm². Hasil uji geser sebesar 6,63 kg/cm² dibandingkan dengan standar sebesar 4 kg/cm². Hasil uji densitas sebesar 49 kg/m³ dibandingkan dengan standar sebesar 45 kg/m³. Hasil uji kandungan sel tertutup sebesar 91,01% dibandingkan dengan standar sebesar 90%. Namun, pengujian konduktivitas termal menunjukkan 0,2 W/mK pada suhu 25°C, berbeda dari standar 0,02 W/mK pada suhu 20°C. Secara keseluruhan, hasil ini menunjukkan bahwa poliuretan yang diuji memenuhi dan melampaui sebagian besar standar kualitas, menunjukkan keandalannya untuk berbagai aplikasi industri. Melalui pengujian ini, Laboratorium Kimia Material berkontribusi untuk memastikan produk industri yang diproduksi secara lokal kompetitif dan andal, sebagai bagian dari upaya layanan masyarakatnya.

Kata kunci: Poliuretan; Pengujian kualitas; Kekuatan kompresi; Konduktivitas termal; Aplikasi industri

PENDAHULUAN

Polyurethane merupakan material polimerik yang mengandung grup urethane (–NH–CO–O–). Sampai saat ini, polyurethane telah banyak diaplikasikan untuk mengganti bahan-bahan seperti karet, besi, kayu, dan plastik. Polyurethane berbentuk busa fleksibel yang banyak kita temui penggunaannya sebagai pelapis kimia suatu bahan, perekat, isolasi untuk bangunan, serta aplikasi teknis seperti heat exchangers, pipa pendingin, dan banyak lagi. Pengujian kualitas polyurethane menjadi sangat penting untuk memastikan bahwa material ini memenuhi standar yang dibutuhkan untuk berbagai aplikasi tersebut. Beberapa pengujian yang dilakukan antara lain pengujian geser untuk mengetahui seberapa kuat polyurethane menahan gaya geser, pengujian tekan untuk mengukur kekuatan tekan polyurethane, serta pengujian massa jenis yang mempengaruhi sifat mekanik dan termal polyurethane. Selain itu, pengujian closed cell content atau porositas sangat penting untuk aplikasi isolasi dan mekanis, pengujian temperatur limit untuk menentukan batas temperatur di mana polyurethane tetap stabil, dan pengujian thermal conductivity untuk mengukur kemampuan polyurethane dalam menghantarkan panas.

Laboratorium Korosi dan Baterai Departemen Teknik Material dan Metalurgi FTIRS-ITS melakukan berbagai pengujian tersebut untuk memastikan kualitas polyurethane yang dihasilkan oleh industri memenuhi standar yang dibutuhkan untuk berbagai aplikasi. Dengan melakukan pengujian yang komprehensif ini, diharapkan dapat meningkatkan kualitas produk polyurethane, sehingga dapat lebih efisien dan tahan lama dalam penggunaannya. Upaya ini juga merupakan bagian dari kontribusi laboratorium terhadap pengabdian masyarakat, dengan memastikan bahwa produk-produk yang dihasilkan oleh industri lokal memiliki kualitas yang kompetitif dan dapat diandalkan.

METODE PELAKSANAAN

Terdapat enam pengujian yang dilakukan pada kegiatan pengabdian masyarakat ini. Berikut adalah langkah-langkah dalam ke-enam pengujian tersebut:

1. Pengujian Tekan

Pengujian tekan bertujuan untuk mengukur kemampuan polyurethane dalam menahan beban tekan hingga terjadinya deformasi signifikan. Pengujian ini penting untuk memastikan bahwa material dapat menahan tekanan yang diterapkan dalam aplikasi nyata tanpa mengalami kerusakan struktural. Standar yang digunakan untuk pengujian ini adalah ASTM D1621 (International, 2000), yang memberikan metodologi terperinci tentang bagaimana pengujian harus dilakukan, termasuk persiapan sampel, kecepatan pembebanan, dan cara pengukuran deformasi serta kekuatan tekan. Terdapat beberapa tahapan yang dilakukan dalam pengujian tekan untuk menentukan *compressive strength* dari polyurethane :

1. Pemotongan spesimen uji

Pemotongan spesimen uji bertujuan untuk mempermudah proses pengujian pada polyurethane dan menyesuaikan dengan standart yang berlaku.

2. Mengkalibrasi alat uji tekan

Kalibrasi dilakukan untuk menghindari kesalahan ukur ketika dilakukan pengujian pada polyurethane.

3. Melakukan pengujian tekan

Setelah spesimen pengujian siap dan alat pengujian sudah dikalibrasi, kemudian dilakukan pengujian tekan yang bertujuan untuk mengetahui *compressive strength*.

2. Pengujian Geser

Pengujian geser dilakukan untuk menilai seberapa baik polyurethane dapat menahan gaya geser sebelum terjadinya kegagalan. Uji ini penting untuk aplikasi di mana material harus menahan gaya yang berpotensi menggeser lapisan-lapisannya. Standar yang lebih tepat digunakan untuk pengujian ini adalah ISO 1922 (Standardization, 1988), yang memastikan prosedur pengujian dilakukan dengan benar dan konsisten, termasuk penyiapan spesimen, pengaplikasian beban, dan pengukuran kekuatan geser hingga material gagal. Terdapat beberapa tahapan yang dilakukan dalam pengujian geser untuk menentukan *shear strength* dari polyurethane :

1. Pemotongan spesimen uji

Pemotongan spesimen uji bertujuan untuk mempermudah proses pengujian pada polyurethane dan menyesuaikan dengan standart yang berlaku.

2. Mengkalibrasi alat uji geser

Kalibrasi dilakukan untuk menghindari kesalahan ukur ketika dilakukan pengujian pada polyurethane.

3. Melakukan pengujian geser

Setelah spesimen pengujian siap dan alat pengujian sudah dikalibrasi, kemudian dilakukan pengujian geser yang bertujuan untuk mengetahui *shear strength*.

3. Pengujian Massa Jenis

Pengujian massa jenis bertujuan untuk mengukur massa per satuan volume dari polyurethane. Massa jenis merupakan parameter penting yang mempengaruhi sifat mekanik dan termal material. Standar ISO 845 (Standardization, 2003) digunakan dalam pengujian ini untuk menentukan metode yang tepat dalam mengukur massa jenis, termasuk persiapan dan pengondisian sampel, serta teknik pengukuran yang akurat untuk memastikan konsistensi hasil. Terdapat beberapa tahapan yang dilakukan dalam pengujian massa jenis untuk menentukan *density* dari polyurethane :

1. Pemotongan spesimen uji

Pemotongan spesimen uji bertujuan untuk mempermudah proses pengujian pada polyurethane dan menyesuaikan dengan standart yang berlaku.

2. Mengukur volume dan berat spesimen

Pengukuran volume dan berat dilakukan untuk menghitung massa jenis dari polyurethane.

3. Melakukan perhitungan massa jenis

Setelah mengukur volume dan berat dari spesimen yang digunakan dilakukan perhitungan massa jenis dari polyurethane.

4. Pengujian Porositas (Closed Cell Content)

Pengujian closed cell content atau porositas menilai jumlah sel tertutup dalam struktur busa polyurethane. Porositas rendah dengan jumlah sel tertutup yang tinggi sangat penting untuk aplikasi isolasi termal dan akustik, karena meningkatkan kemampuan material untuk menahan panas dan suara. Pengujian ini dilakukan sesuai dengan standar ASTM D6226 (International, 2015a), yang memberikan panduan rinci tentang persiapan sampel, teknik pengukuran, dan analisis hasil untuk menentukan persentase sel tertutup. Terdapat beberapa tahapan yang dilakukan dalam pengujian porositas untuk menentukan persentase nilai *closed cell content* dari polyurethane :

1. Pemotongan spesimen uji

Pemotongan spesimen uji bertujuan untuk mempermudah proses pengujian pada polyurethane dan menyesuaikan dengan standart yang berlaku.

2. Mengkalibrasi SEM (Scanning Electron Microscopy)

Kalibrasi dilakukan untuk menghindari kesalahan pengamatan ketika dilakukan pengujian pada polyurethane.

3. Melakukan pengujian menggunakan SEM (Scanning Electron Microscopy)

Setelah spesimen selesai dipotong, spesimen dimasukkan ke dalam SEM (Scanning Electron Microscopy) dan diamati porositas dari polyurethane.

4. Melakukan perhitungan *closed cell content*

Setelah pengamatan pada spesimen dilakukan, perhitungan menggunakan software digunakan untuk mengetahui persentase *closed cell content*.

5. Pengujian Temperatur Limit

Pengujian temperatur limit menentukan batas suhu di mana polyurethane tetap stabil tanpa mengalami degradasi signifikan. Pengujian ini penting untuk memastikan bahwa material dapat digunakan dalam kondisi suhu tinggi atau rendah tanpa kehilangan integritas strukturalnya. Standar yang digunakan adalah ASTM (International, 2023), yang mencakup prosedur untuk menentukan titik degradasi termal dan suhu maksimum operasi material. Terdapat beberapa tahapan yang dilakukan dalam pengujian temperature limit dari polyurethane :

1. Pemotongan spesimen uji
Pemotongan spesimen uji bertujuan untuk mempermudah proses pengujian pada polyurethane dan menyesuaikan dengan standart yang berlaku.
2. Memasukkan spesimen kedalam *furnace*
Setelah spesimen dilakukan pemotongan, spesimen dipanaskan didalam *furnace*.
3. Mengamati perubahan warna dan perubahan temperatur
Setelah spesimen dimasukkan kedalam *furnace*, spesimen diamati perubahan warnanya seiring dengan perubahan temperatur yang ada.

6. Pengujian Konduktivitas Panas

Pengujian konduktivitas panas mengukur kemampuan polyurethane dalam menghantarkan panas. Ini adalah parameter penting untuk aplikasi isolasi termal, di mana material harus mampu mencegah perpindahan panas secara efektif. Standar ASTM C518 (International, 2015b) digunakan untuk pengujian ini, memberikan metodologi yang mencakup persiapan sampel, kontrol suhu, dan teknik pengukuran yang akurat untuk memastikan hasil yang dapat diandalkan dan konsisten. Terdapat beberapa tahapan yang dilakukan dalam pengujian konduktivitas panas untuk menentukan *conductivity thermal* dari polyurethane :

1. Pemotongan spesimen uji
Pemotongan spesimen uji bertujuan untuk mempermudah proses pengujian pada polyurethane dan menyesuaikan dengan standart yang berlaku.
2. Melakukan pengujian konduktivitas
Pengujian konduktivitas panas dilakukan dengan mengukur nilai konduktivitas panas dari kenaikan temperatur yang terukur. Pada pengujian ini dilakukan pada temperature 20-50°C dengan rate 5°C per menit.

HASIL DAN PEMBAHASAN

1. HASIL PENGUJIAN TEKAN

Dari hasil pengujian tekan didapatkan hasil pengujian yaitu *compressive strength*. Pengujian geser pada polyurethane menggunakan spesimen berdimensi 3x3x3 cm dengan tebal 1 cm. Tabel 1. memperlihatkan hasil dari pengujian tekan pada polyurethane.

Tabel 1. Hasil Uji Tekan Polyurethane

Spesimen	Luas Area (cm ²)	Beban Max (Kg)	Comp. Strength (Kg/cm ²)
Spesimen 1	4.65	11.62	2.5
Spesimen 2	5.86	11	2.01
Spesimen 3	3.78	0.61	2.87
Rata-rata			2.46

Rata-rata pengujian tekan didapat *compressive strength* yaitu 2.46 Kg/cm². Dari standart yang ada maka polyurethane yang diuji dianggap sesuai dengan standart yang berlaku yaitu 2 Kg/cm².



Gambar 1. Uji Tekan Polyurethane

2. Hasil Pengujian Geser

Dari hasil pengujian geser didapatkan hasil pengujian yaitu *shear strength*, Pengujian geser pada polyurethane menggunakan spesimen berdimensi 3x3x3 cm dengan tebal 1 cm. Tabel 2. memperlihatkan hasil dari pengujian geser pada polyurethane.

Tabel 2. Hasil Uji Geser Polyurethane

Spesimen	Indentor Shear (cm ²)	Beban Max (Kgf)	Shear Strength (Kg/cm ²)
Spesimen 1	2.01	13.72	6.83
Spesimen 2	2.01	13.62	6.78
Spesimen 3	2.01	12.63	6.28
Rata-rata			6.63

Rata-rata pengujian geser didapat *shear strength* yaitu 6.63 Kg/cm². Dari standart yang ada maka polyurethane yang diuji dianggap sesuai dengan standart yang berlaku yaitu 4 Kg/cm².



Gambar 2. Uji Geser Polyurethane

3. Hasil Pengujian Massa Jenis

Dari hasil pengujian massa jenis didapatkan hasil pengujian yaitu massa jenis dari bahan polyurethane yang digunakan, Pengujian massa jenis pada polyurethane menggunakan spesimen berdimensi 3x3x3 cm dengan tebal 1 cm. Tabel 3. memperlihatkan hasil dari pengujian massa jenis pada polyurethane.

Tabel 3. Hasil Uji Massa Jenis Polyurethane

Spesimen	Volume (cm ³)	Berat (gr)	Density	
			gr/cm ³	kg/m ³
Spesimen 1	15.29	0.81	0.053	53
Spesimen 2	15.79	0.72	0.046	46
Spesimen 3	12.59	0.61	0.048	48
Rata-rata				49

Rata-rata pengujian massa jenis didapatkan hasil pengujian yaitu massa jenis dari bahan polyurethane yang digunakan yaitu 49 Kg/m³. Dari standart yang ada maka polyurethane yang diuji dianggap sesuai dengan standart yang berlaku yaitu 45 Kg/m³.



Gambar 3. Uji Massa Jenis Polyurethane

4. Hasil Pengujian Porositas (Closed Cell Content)

Dari hasil pengujian porositas didapatkan hasil pengujian yaitu peresentase *closed cell content* dari polyurethane. Pengujian ini menggunakan spesimen berdimensi 3x3x3 cm dengan tebal 1 cm. Tabel 4. memperlihatkan hasil dari pengujian porositas pada polyurethane.

Tabel 4. Hasil Uji Porositas *Closed Cell Content*

No	Label	Area (mm)	Pores area (mm)	%Area
1	50X.tif	12.09	10.93	90.48
2	50X_001.tif	9.16	8.36	91.24
3	50X_002.tif	11.57	10.612	91.77
4	75X.tif	13.17	11.97	90.91
Rata-rata				91.10

Rata-rata pengujian porositas *closed cell content* didapatkan dari bahan polyurethane yang digunakan yaitu 91,10 %. Dari standart yang ada maka polyurethane yang diuji dianggap sesuai dengan standart yang berlaku yaitu 90 %.



Gambar 4. Uji Porositas (*closed cell content*)

5. Hasil Pengujian Temperatur Limit

Dari hasil pengujian porositas didapatkan hasil pengujian yaitu temperature limit dari polyurethane. Pengujian ini menggunakan spesimen berdimensi 3x3x3 cm dengan tebal 1 cm. Tabel 5. memperlihatkan hasil dari pengujian temperature limit pada polyurethane.

Tabel 5. Hasil Uji Porositas Temperatur Limit

No	Temperatur (°C)	Kondisi Warna dan Bentuk
1	30	Tidak berubah warna - Normal
2	50	Tidak berubah warna - Normal
3	81	Tidak berubah warna - Normal
4	174	Mengalami perubahan warna - Normal
5	235	Mengalami perubahan warna - Mencair (meleleh)

Dari tabel diatas diketahui bahwa polyurethane yang digunakan memiliki temperature limit pada 174°C dikarenakan mengalami perubahan warna dan gambar pengujian dapat dilihat

dilampiran. Dari standart yang ada maka polyurethane yang diuji dianggap sesuai dengan standart yang berlaku yaitu 130°C.



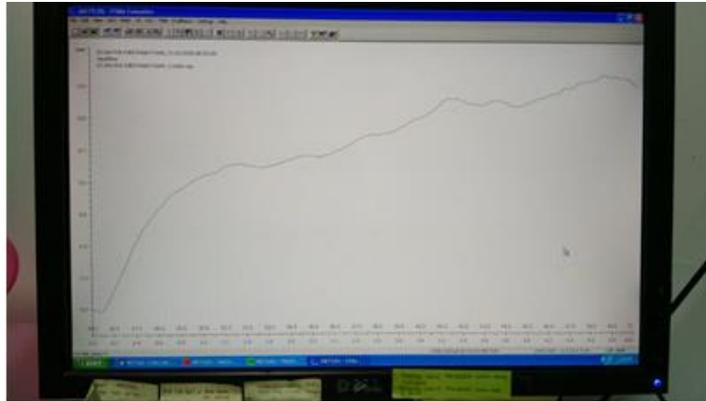
Gambar 5. Uji Temperatur Limit

6. Hasil Pengujian Konduktivitas Panas

Dari hasil pengujian porositas didapatkan hasil pengujian yaitu konduktivitas panas dari polyurethane. Pengujian ini menggunakan spesimen berdimensi 3x3x3 cm dengan tebal 1 cm. Tabel 6. memperlihatkan hasil dari pengujian konduktivitas panas pada polyurethane.

No	Temperatur (°C)	Konduktivitas Panas (W/m K)
1	25	0.2
2	27	0.29
3	30	0.59
4	35	0.65
5	40	0.77

Dari tabel diatas diketahui bahwa polyurethane yang digunakan miliki konduktivitas panas 0,2 W/mK pada temperatur 25°C. Dari standart yang ada konduktivitas termal pada polyurethane yaitu 0,02 W/mK pada temperatur 20°C.



Gambar 6. Uji Konduktivitas Panas

KESIMPULAN

Setelah melakukan pelayanan pengujian kualitas Polyurethane, didapatkan kesimpulan sebagai berikut:

1. Hasil pengujian tekan pada polyurethane yaitu $2,46 \text{ kg/cm}^2$ dengan standart yaitu 2 kg/cm^2 .
2. Hasil pengujian geser pada polyurethane yaitu $6,63 \text{ kg/cm}^2$ dengan standart yaitu 4 kg/cm^2 .
3. Hasil pengujian massa jenis pada polyurethane yaitu 49 kg/m^3 dengan standart yaitu 45 kg/m^3 .
4. Hasil pengujian *closed cell content* pada polyurethane yaitu $91,01 \%$ dengan standart yaitu 90% .
5. Hasil pengujian konduktivitas panas pada polyurethane yaitu $0,2 \text{ W/mK}$ pada temperatur 25°C dengan standart yaitu $0,02 \text{ W/mK}$ pada temperatur 20°C .

UCAPAN TERIMA KASIH

Ucapan terima kasih yang tulus kami sampaikan kepada semua pihak yang telah berperan serta dalam pelaksanaan pengabdian masyarakat kami melalui proses pengujian material Polyurethane yang berjudul Pelayanan Pengujian Kualitas Polyurethane Di Laboratorium Korosi dan Baterai Departemen Teknik Material dan Metalurgi FTIRS-ITS. Kami ingin mengucapkan rasa terima kasih yang sebesar-besarnya kepada:

- Bapak Tubagus Noor R, S.T,M.Sc. dan Prof. Dr. Ir. Sulistijono, DEA selaku mentor dan pembimbing yang telah memberikan arahan, bimbingan, dan inspirasi yang berharga selama proses pengabdian masyarakat ini. Kontribusi dan dukungan mereka telah memberikan panduan yang sangat berarti bagi kelancaran pengabdian masyarakat kami.
- Pihak industri selaku penyandang dana yang telah menyediakan sumber pendanaan untuk pengabdian masyarakat ini. Bantuan dari pihak industri sangat menunjang kelancaran pengabdian masyarakat ini

DAFTAR RUJUKAN

International, A. (2000). *ASTM D1621* (Vol. 08, Issue Standard Test Method for Compressive

- Properties of Rigid Cellular Plastics, pp. 1–3). <https://doi.org/10.1520/C1709-18>.
- International, A. (2015a). ASTM-D6226. In *ASTM International* (Issue Standard Test Method for Open Cell Content of Rigid Cellular Plastics, pp. 1–3). <https://doi.org/10.1520/D6226-21>.
- International, A. (2015b). ASTM C518. In *ASTM International* (pp. 1–15).
- International, A. (2023). *ASTM D794* (Vol. 14, Issue Standard Practice for Determining Permanent Effect of Heat on Plastics, pp. 1–2). <https://standards.iteh.ai/catalog/standards/cen/50899458-622b-4b86-b3e9-bfa0755bc727/en-14427-2022>
- Standardization, I. O. for. (1988). ISO 1922. In *Iso-8042* (Vol. 2012).
- Standardization, I. O. for. (2003). ISO 845. In *61010-1* © *Iec:2001* (Vol. 2003, p. 13).