

PENGUJIAN TARIK, TEKAN DAN LENTUR BAHAN BUSA KOMPOSIT SEBAGAI MATERIAL KONSTRUKSI BARU

Juan Surya Alam¹, Taufiq Rochman², Agus Sugiarto³

Mahasiswa Teknik Sipil Politeknik Negeri Malang¹, Dosen Teknik Sipil Politeknik Negeri Malang², Dosen Teknik Sipil Politeknik Negeri Malang³

Email: juansuryaa@gmail.com, taufiq.rochman@polinema.ac.id, agussugiarto1030@gmail.com

ABSTRAK

Penelitian ini bertujuan untuk mengkaji pengaruh variasi pengencer resin terhadap sifat mekanis busa keras komposit untuk eksperimen material baru struktur. Latar belakang penelitian ini adalah kebutuhan akan inovasi material yang memiliki kekuatan lentur tinggi dan ketahanan terhadap korosi, yang merupakan tantangan utama dalam industri konstruksi. Metode penelitian yang digunakan melibatkan penambahan pengencer resin dalam berbagai konsentrasi pada busa keras komposit. Pengujian sifat mekanis dilakukan meliputi uji kuat tekan, uji kuat tarik, dan uji kuat lentur sesuai dengan standar SNI 03-6825-2002 dan ASTM D3039 serta ASTM D7264. Hasil penelitian menunjukkan bahwa penambahan pengencer resin secara signifikan meningkatkan kekuatan lentur dan ketahanan mekanis busa keras komposit. Komposisi optimal ditemukan pada konsentrasi 6.71 % pengencer resin yang menghasilkan kekuatan tekan sebesar 25.2 MPa dan kekuatan lentur yang optimal. Kesimpulan dari penelitian ini adalah bahwa penambahan pengencer resin pada busa keras komposit dapat menghasilkan inovasi material yang lebih kuat dan tahan lama, memberikan kontribusi positif dalam pengembangan material konstruksi yang lebih berkelanjutan. Penelitian ini memberikan dasar ilmiah bagi pengembangan formulasi material yang lebih efektif dan efisien untuk eksperimen material baru struktur di masa depan.

Kata Kunci: Pengencer resin, Sifat Mekanis, Kekuatan Lentur, Busa Keras Komposit, Inovasi material Konstruksi.

ABSTRACT

This study aims to examine the effect of resin thinner variation on the mechanical properties of composite hard foam for structural new material experiments. The background of this research is the need for innovative materials that have high flexural strength and corrosion resistance, which are major challenges in the construction industry. The research method used involved the addition of resin thinner in various concentrations to composite hard foams. Mechanical property tests were conducted including compressive strength test, tensile strength test, and flexural strength test in accordance with SNI 03-6825-2002 and ASTM D3039 and ASTM D7264 standards. The results showed that the addition of resin thinner significantly improved the flexural strength and mechanical resistance of the composite hard foam. The optimal composition was found at a concentration of 6.71% resin thinner which resulted in a compressive strength of 25.2 MPa and optimal flexural strength. The conclusion of this study is that the addition of resin thinner to composite hard foams can result in stronger and more durable material innovations, making a positive contribution to the development of more sustainable construction materials. This research provides a scientific basis for the development of more effective and efficient material formulations for future structural new material experiments.

Keywords: Styrene Monomer, Mechanical Properties, Flexural Strength, Composite Hard Foam, Construction material innovation.

1. PENDAHULUAN

Pipa merupakan komponen penting dalam industri konstruksi untuk mengalirkan berbagai jenis fluida. Material pipa yang umum digunakan meliputi logam, plastik, dan beton, khususnya busa keras komposit, menawarkan keunggulan seperti kekuatan tinggi dan ketahanan terhadap korosi. Penggunaan beton komposit juga dapat mengurangi emisi karbon, yang menjadi perhatian utama dalam keberlanjutan konstruksi.

[1] menunjukkan bahwa beton komposit dapat mengurangi emisi karbon secara signifikan dibandingkan beton konvensional. Namun, penelitian mengenai penambahan pengencer resin dalam busa keras komposit untuk meningkatkan kekuatan lentur pipa masih terbatas. [2] dan [3] mengindikasikan bahwa variasi komposisi kimia dapat mempengaruhi sifat mekanis material komposit.

Tujuan penelitian ini adalah mengkaji pengaruh penambahan pengencer resin terhadap sifat mekanis busa keras komposit, terutama kekuatan lentur untuk aplikasi pipa. Penelitian ini diharapkan dapat menemukan komposisi optimal yang meningkatkan performa mekanis busa keras komposit, serta berkontribusi dalam pengembangan material konstruksi yang lebih kuat dan berkelanjutan.

2. METODE

Penelitian ini menggunakan metode eksperimental untuk mengkaji pengaruh penambahan pengencer resin terhadap sifat mekanis busa keras komposit. Tahapan penelitian secara rinci adalah sebagai berikut: Persiapan Bahan dan Peralatan. Bahan utama yang digunakan adalah busa keras komposit, pengencer resin, dan bahan pendukung lainnya katalisator dan juga filler. Peralatan yang digunakan meliputi alat uji *Universal Testing Machine* (UTM), alat pengukur dimensi dan berat, serta cetakan untuk spesimen uji.

Tabel 1 Percobaan Komposisi RUN

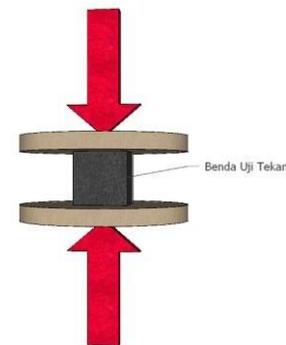
RUN	Resin (%)	Isosianat (%)	Pengencer Resin (%)	Filler (%)	Total (%)
1	54.9	31.6	7.6	6	100
2	53.8	30.8	7.4	8	100
3	52.8	29.9	7.3	10	100
4	54.9	34.1	0.0	11	100
5	53.8	33.2	0.0	13	100
6	52.8	32.2	0.0	15	100
7	49.7	27.5	6.9	16	100
8	48.6	26.6	6.7	18	100
9	47.6	25.8	6.6	20	100

Dimana resin merupakan material komposit utama yang ditambahkan dengan isosianat untuk menambah kuat dari busa komposit yang kemudian ditambahkan Pengencer resin ke dalam campuran busa keras komposit dengan konsentrasi 3.5% dari resin utama. Campuran diaduk hingga homogen dan dituangkan ke dalam cetakan untuk membentuk

spesimen uji. Pembuatan Spesimen Uji Spesimen uji dibuat dalam bentuk kubus untuk uji tekan, kemudian spesimen dogbone untuk uji tarik, dan spesimen balok untuk uji lentur. Setiap spesimen diberi label sesuai dengan konsentrasi pengencer resin dan juga penomoran untuk membedakan antara satu spesimen dengan yang lain.

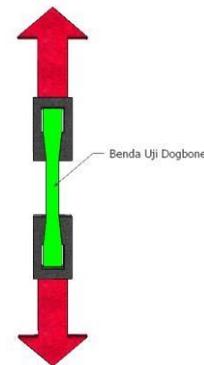
Pengujian Sifat Mekanis material bahan busa keras komposit yang dilakukan di Lab Struktur dan Lab Uji Bahan Jurusan Teknik Sipil Politeknik Negeri Malang.

Meliputi Uji Kuat Tekan yang dilakukan menggunakan *Universal Testing Machine* (UTM) sesuai dengan standar SNI 03-6825-2002 [4] yaitu spesimen kubus dengan ukuran 5x5x5 cm. Spesimen kubus ditempatkan pada mesin uji dan diberi beban hingga mencapai titik hancur, kemudian dicatat nilai kuat tekan yang diperoleh.



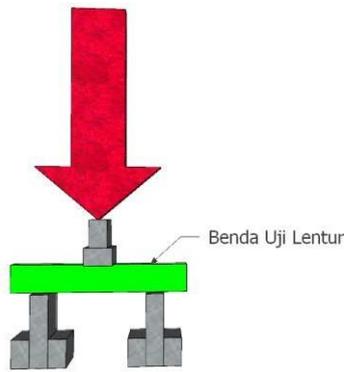
Gambar 1. Skema Pengujian Tekan Spesimen Kubus

Uji Kuat Tarik: Dilakukan sesuai dengan standar ASTM D3039 [5]. Spesimen dogbone ditempatkan pada mesin uji tarik *Universal Testing Machine* (UTM) dan diberi beban tarik hingga putus, kemudian dicatat nilai kuat tariknya.



Gambar 2. Skema Pengujian Tarik Spesimen Dogbone

Uji Kuat Lentur: Dilakukan sesuai dengan standar ASTM D7264 [6]. Spesimen balok ditempatkan pada mesin uji lentur dan diberi beban lentur hingga patah pada bagian tengah bentang balok pada *Universal Testing Machine* (UTM), kemudian dicatat nilai kuat lenturnya dengan metode *three point bending*.



Gambar 3. Skema Pengujian Lentur Spesimen Balok

3. HASIL DAN PEMBAHASAN

Hasil penelitian ini meliputi pengukuran seluruh spesimen, pengujian kuat tekan, pengujian kuat tarik, dan pengujian kuat lentur busa keras komposit dengan penambahan konsentrasi pengencer resin serta ada penambahan benda uji tekan yang tidak menggunakan konsentrasi pengencer resin. Analisis dilakukan dengan tujuan mendapatkan inovasi material baru dalam bidang konstruksi khususnya untuk aplikasi pipa yang memiliki sifat ringan dan memiliki sifat mekanis yang kuat.

Pengukuran Dimensi Spesimen Benda Uji Tekan

Terdapat 9 Run berbeda yang menjadi parameter pengujian tekan yang akan di uji pada penelitian ini, berikut data dimensi dan berat benda uji spesimen tekan, pengukuran menggunakan jangka sorong untuk memastikan hasil dimensi yang akurat dan penimbangan menggunakan timbangan analitik.

Tabel 2 Hasil Pengukuran Benda Uji Tekan

RUN	Panjang (cm)	Lebar (cm)	Tinggi (cm)	Volume (cm ³)	Berat (Gr)
1	4.8	4.9	5.3	124.2	89.9
2	5.0	4.9	5.2	127.2	93.8
3	4.9	4.9	5.3	127.8	53.2
4	4.9	4.9	5.3	127.3	83.0
5	4.9	4.9	5.4	130.4	94.0
6	4.9	5.0	5.3	128.5	57.1
7	5.0	5.0	5.3	131.4	96.5
8	5.0	5.0	5.0	122.5	102.4
9	5.0	4.9	5.0	121.8	89.8

Pada tabel diatas terdapat informasi mengenai dimensi panjang, lebar dan tinggi dari spesimen tekan yang dapat dijadikan acuan untuk melakukan perhitungan selanjutnya.

Pengujian Kuat Tekan

Pengujian kuat tekan dilakukan menggunakan *Universal Testing Machine* (UTM) sesuai dengan standar SNI 03-6825-2002. Dengan persamaan perhitungan kuat tekan sebagai berikut:

$$\sigma = \frac{P}{A} \tag{1}$$

Dimana:

σ = Tegangan kuat tekan beton (N/mm²)

P = Beban maksimum (N)

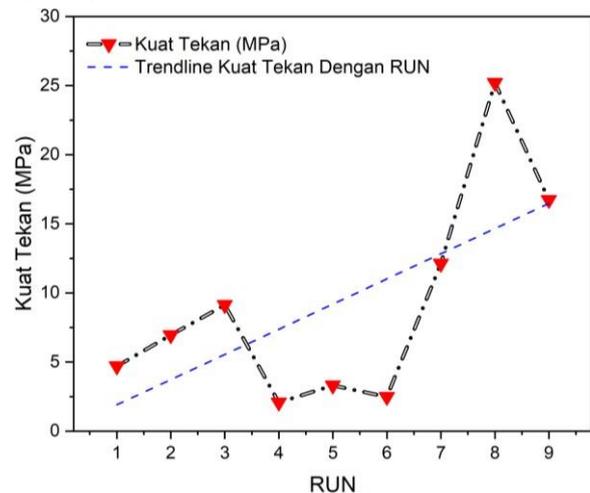
A = Luas permukaan benda uji (mm²)

Terdapat hasil uji sebagai kuat tekan spesimen berikut:

Tabel 3 Hasil Pengujian Kuat Tekan

RUN	Luas Penampang (mm ²)	Bacaan Monitor (KN)	Kuat Tekan (MPa)
1	2342.47	11.00	4.70
2	2445.28	17.00	6.95
3	2410.80	22.00	9.13
4	2400.99	5.00	2.08
5	2415.72	8.00	3.31
6	2405.60	6.00	2.49
7	2475.04	30.00	12.12
8	2460.16	62.00	25.20
9	2450.16	41.00	16.73

Didapat hasil terbaik yaitu pada RUN 8 dengan kuat tekan yaitu 25,20 Mpa. Sedangkan pada RUN dengan konsentrasi



Gambar 4. Hasil Uji Kuat Tekan

Dapat dilihat pada RUN 4, 5 dan 6 dimana dalam komposisinya yang tidak menggunakan pengencer resin menghasilkan kuat tekan yang relatif kecil atau tidak melebihi dari RUN 1 sampai 3 dan RUN 7 sampai 9 yang menggunakan konsentrasi pengencer resin sebanyak 3,5 % dari resin. Pada triendline terjadi kenaikan yang signifikan dengan puncak pada RUN 8.

Pengukuran Dimensi Spesimen Benda Uji Tarik

Spesimen terjadi pengerucutan jumlah benda uji yang hanya menjadi 4 benda uji dengan perbedaan umur yang menjadi salah satu parameter pengujian tarik, dengan komposisi yang sudah ditentukan yaitu RUN 8 dengan konsentrasi Resin 48.6 %, Isosianat 26.6 %, SM 6.7 % dan

Filler 18 %. Dengan hasil pengukuran dimensi benda uji tarik sebagai berikut:

Tabel 4 Hasil Pengukuran Spesimen Dogbone

Umur (Hari)	Tebal (mm)	Lebar (mm)	Luas Area Tarik (mm ²)	Panjang Awal(mm)
3	11.36	11.71	133.0256	165.3
7	10.25	15.21	155.9025	165.3
14	11.25	15.21	171.1125	165.2

Terdapat parameter umur yang terdiri dari 3 hari, 7 hari, dan 21 hari dengan penjelasan hasil pengukuran benda uji tarik spesimen dogbone, dengan rata rata panjang spesimen yaitu 165.3 mm.

Pengujian Kuat Tarik

Pengujian kuat tarik dilakukan sesuai dengan standar ASTM D3039 menggunakan spesimen dogbone. Dengan rumus menghitung tegangan tarik sebagai berikut:

$$\sigma = \frac{P_{max}}{A} \tag{2}$$

Dimana:

- σ = Tegangan ultimit (N/mm²)
- P_{max} = Beban maksimum (N)
- A = Luas penampang (mm²)

Tabel 5 Hasil Pengujian Spesimen Dogbone

Umur (Hari)	Luas Area Tarik (mm ²)	Bacaan Beban (kg)	Bacaan Beban (N)	Tegangan Tarik (Mpa)
3	117.54	38.60	378.28	3.85
7	119.24	64.00	627.20	5.37
14	142.35	65.00	637.00	4.90

Pada tabel terlihat bahwasanya semakin bertambah umur spesimen semakin bertambah tegangan tarik dari spesimen tersebut, walaupun pada umur 14 hari terjadi penurunan, namun tidak begitu signifikan yaitu dari 5.37 Mpa menjadi 4.90 Mpa pada umur 14 hari.

Pengukuran Dimensi Spesimen Benda Uji Lentur

Pada uji lentur memiliki parameter yang sama dengan uji tarik yaitu dengan umur 3 hari, 7 hari dan 14 hari untuk pengujianya, dengan hasil pengukuran sebagai berikut:

Tabel 6 Hasil Pengukuran Spesimen Uji Lentur

Umur (Hari)	Tebal (mm)	Lebar (mm)	Panjang (mm)	Support Span (mm)
3	16.66	10.56	160.10	96.06
7	17.08	10.52	160.40	96.24
14	16.12	11.20	160.40	96.24

Pada pengujian kuat lentur tabel diatas memberikan informasi mendalam mengenai hasil pengukuran dimensi spesimen uji lentur dengan rata-rata jarak antar span 96 mm.

Pengujian Kuat Lentur

Pengujian kuat lentur dilakukan sesuai dengan standar ASTM D7264. Spesimen balok diuji hingga patah untuk mengukur kuat lentur. Dengan rumus tegangan lentur:

$$\sigma = \frac{3PL}{2bh^2} \tag{3}$$

Dimana:

- σ = Tegangan pada tengah-tengah bentang (N/mm²)
- P = Beban maksimum (N)
- L = Jarak penampang spesimen benda uji (mm)
- b = Lebar spesimen benda uji (mm)
- h = Tebal spesimen benda uji (mm)

Tabel 7 Hasil Pengujian Spesimen Lentur

Umur (Hari)	Luas Area Tarik (mm ²)	Bacaan Beban (kg)	Bacaan Beban (N)	Tegangan Lentur (Mpa)
3	2596.84	9.80	96.04	5.07
7	2755.32	11.00	107.80	8.97
14	2633.73	18.60	182.28	11.35

Pada tabel memberikan informasi hasil pengujian tegangan lentur, yang sama halnya dengan hasil uji tarik, parameter umur spesimen memberikan pengaruh signifikan terhadap kekuatan lentur bahan busa keras komposit.

4. KESIMPULAN

Hasil pengujian menunjukkan korelasi positif antara peningkatan konsentrasi pengencer resin dengan peningkatan kuat tekan, kuat tarik, dan kuat lentur. Analisis statistik menunjukkan bahwa komposisi optimal pengencer resin adalah 6.71 gram, yang memberikan peningkatan signifikan pada ketiga sifat mekanis yang diuji, dengan Pembahasan:

1. Hasil Penelitian ini memberikan dasar ilmiah yang kuat untuk pengembangan material pipa yang lebih kuat dan tahan lama, serta mendukung upaya keberlanjutan dalam industri konstruksi.
2. Secara keseluruhan, penelitian ini berhasil mencapai tujuan yang telah ditetapkan, yaitu mengkaji pengaruh penambahan pengencer resin terhadap sifat mekanis busa keras komposit dan menemukan komposisi optimal yang meningkatkan performa material secara signifikan.
3. Implikasi dan Aplikasi Praktis: Temuan penelitian ini memberikan dasar ilmiah yang kuat untuk pengembangan material konstruksi yang lebih efektif dan efisien. Komposisi optimal yang ditemukan dapat digunakan sebagai referensi untuk pengembangan material baru.

Penelitian ini telah mencapai tujuan yang telah ditetapkan dan memberikan kontribusi yang signifikan dalam pengembangan material pipa yang lebih kuat dan berkelanjutan. Hasil ini dapat menjadi referensi penting bagi penelitian lebih lanjut dan aplikasi industri.

DAFTAR PUSTAKA

1. Ahmaruzzaman, M. (2010) "A review on the utilization of fly ash," *Progress in Energy and Combustion Science*, 36(3), pp. 327–363. Available at: <https://doi.org/10.1016/j.pecs.2009.11.003>.
2. Al-kahtani, M.S.M. et al. (2022) "Experimental study on the strength and durability-related properties of ordinary Portland and rapid hardening Portland cement mortar containing polyurethane binder," *Case Studies in Construction Materials*, 17, p. e01530. Available at: <https://doi.org/10.1016/j.cscm.2022.e01530>.
3. Amezáua-Arranz, C., Santiago-Calvo, M. and Rodríguez-Pérez, M.-Á. (2023) "A new synthesis route to produce isocyanate-free polyurethane foams," *European Polymer Journal*, 197, p. 112366. Available at: <https://doi.org/10.1016/j.eurpolymj.2023.112366>.
4. SNI 03-6825-2002 : Metode Pengujian Kekuatan Tekan Mortar Semen Portland Untuk Pekerjaan Sipil (2002) Standar Nasional Indonesia Badan Standardisasi Nasional Metode pengujian kekuatan tekan mortar semen portland untuk pekerjaan sipil.
5. ASTM D790-61 "ASTM D790-61-Metode Uji Standar untuk Sifat Lentur Plastik Tanpa Perkuatan dan Bahan Isolasi Listrik."
6. ASTM D3039/D 3039M-00 e1 Designation: D 3039/D 3039M-00 e1 Standard Test Method for Tensile Properties of Polymer Matrix Composite Materials 1.