

## BETON RESIN BERPENGUAT LIMBAH KACA DAN FLY ASH

Ricky Kusuma Bacht<sup>1\*</sup>, Taufiq Rochman<sup>2</sup>, Agus Sugiarto<sup>3</sup>

Mahasiswa Manajemen Rekayasa Konstruksi, Jurusan Teknik Sipil, Politeknik Negeri Malang<sup>1</sup>, Dosen Jurusan Teknik Sipil, Politeknik Negeri Malang<sup>2</sup>, Dosen Jurusan Teknik Sipil, Politeknik Negeri Malang<sup>3</sup>

[rickykusuma16@gmail.com](mailto:rickykusuma16@gmail.com)<sup>\*</sup>, [taufiq.rochman@polinema.ac.id](mailto:taufiq.rochman@polinema.ac.id)<sup>2</sup>, [agussugiarto1030@polinema.ac.id](mailto:agussugiarto1030@polinema.ac.id)<sup>3</sup>

### ABSTRAK

Beton merupakan campuran bahan utama semen yang dikenal memiliki kekuatan terhadap tekan yang tinggi. Namun dalam jangka waktu panjang, penggunaan semen dapat berdampak negatif bagi lingkungan karena dapat menghilangkan air dan menimbulkan emisi karbon pada saat produksinya. Selain semen terdapat juga limbah kaca yang memiliki waktu urai yang sangat lama. Salah satu upaya dalam mengurangi masalah ini ialah beralih pada material resin polimer sebagai pengganti semen dan juga menggunakan limbah kaca sebagai pengisinya. Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui sifat dan perilaku dari beton resin seperti workability, kuat tekan, tarik, lentur dan berat jenis. Didapatkan dari penelitian ini bahwa beton resin berpenguat limbah kaca dan fly-ash memiliki kekuatan mekanis yang setara atau lebih baik dari beton semen mutu tinggi dengan berat jenis yang jauh lebih ringan. Selain itu keunggulan lainnya ialah waktu setting yang jauh lebih cepat sehingga beton resin berpenguat limbah kaca dan fly-ash baik untuk diaplikasikan sebagai elemen struktural seperti profil baja maupun rangka hollow berbentuk pipa.

**Kata kunci** : Beton resin, limbah kaca, fly-ash kuat tekan, kuat tarik, kuat Lentur

### ABSTRACT

*Concrete is a mixture primarily composed of cement, known for its high compressive strength. However, over the long term, the use of cement can have negative environmental impacts as it depletes water and generates carbon emissions during production. In addition to cement, there is also glass waste that takes a very long time to decompose. One effort to reduce this issue is to shift to polymer resin materials as a substitute for cement and utilize glass waste as an aggregate. This study aims to investigate the properties and behavior of resin concrete, such as workability, compressive strength, tensile strength, flexural strength, and specific gravity. The findings of this research indicate that glass waste and fly ash-reinforced resin concrete exhibit mechanical strength equal to or better than high-quality cement concrete while being significantly lighter. Another advantage is its faster setting time, making glass waste and fly ash-reinforced resin concrete suitable for structural elements such as steel profiles or hollow pipe frames.*

**Keywords** : Resin concrete, glass waste, compressive strength, fly ash, tensile strength, flexural strength

### 1. PENDAHULUAN

Beton dikenal memiliki kekuatan tekan yang tinggi namun lemah terhadap tarik. Beton sendiri merupakan campuran antara semen, agregat halus, agregat kasar dan air dengan atau tanpa material campuran tambahan [1]. Pada umumnya beton menggunakan agregat seperti pasir, kerikil atau batu pecah kemudian disatukan dengan material semen sebagai pengikatnya. Penggunaan semen pada beton dalam jangka waktu panjang dapat menimbulkan dampak negatif bagi lingkungan, dikarenakan sejumlah air dapat hilang pada saat terjadi proses hidrasi beton. Dan pada saat proses produksi semen banyak menimbulkan emisi karbon dan menghasilkan karbon dioksida [2].

Salah satu alternatif untuk mengurangi penggunaan bahan semen adalah beralih dari beton menjadi penggunaan resin berupa polimer. Polimer merupakan material komposit modern pada dunia konstruksi yang memiliki banyak kelebihan dibanding dengan semen portland mulai dari segi mekanik maupun ketahanan terhadap kimia [3] kelebihan lain dari material polimer sebagai bahan pengikat adalah waktu setting yang cepat pada suhu ruang serta memiliki ketahanan terhadap api dan korosi serta memiliki viskositas yang rendah. Polimer yang cocok digunakan sebagai bahan mortar polimer polyester ialah jenis termoset dikarenakan sifatnya yang tetap mempertahankan wujudnya pada suhu tinggi. Ada beberapa jenis polimer termoset yang umum

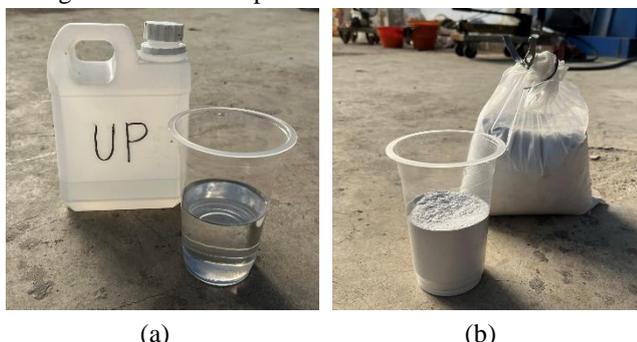
digunakan yaitu epoxy, vinyl ester dan polyester. Polimer epoxy memiliki kualitas terbaik diimbangi dengan harga tertinggi diikuti vinyl ester dengan kualitas dan harga ditengah-tengah. Dan terakhir polyester dengan harga terendah [4].

limbah kaca dipilih sebagai salah satu material pengisi mortar polimer. limbah kaca dihancurkan kemudian diayak dengan diameter agregat lolos dibawah 0,6 mm. Pemilihan limbah kaca sebagai pengisi dikarenakan memiliki kekuatan mekanis yang tinggi. Serta penggunaan limbah kaca sebagai pengisi dapat meningkatkan workability pada mortar polimer polyester. Selain proporsional sebagai material pengisi penggunaan serbuk kaca digunakan dengan tujuan untuk mengurangi kadar limbah kaca pada lingkungan dikarenakan waktu urai yang lebih dari 1 juta tahun [5].

## 2. METODE

Penelitian ini dilakukan dengan penentuan komposisi optimal dimulai melalui pembuatan benda uji kubus untuk pengujian tekan sesuai dengan SNI 6835-2002 [6], benda uji tarik dogbone sesuai ASTM D3039 [7], dan benda uji lentur balok sesuai ASTM D7264 [8]. Pembuatan beton resin berbahan utama material polimer poliester sebagai pengikat yang diaktifkan dengan katalis berupa metil etil keton peroksida dan kobalt. Resin yang digunakan ialah resin jenis isoftalik yang memiliki ketahanan yang tinggi terhadap bahan kimia, ketahanan terhadap suhu tinggi serta cuaca pada suhu lingkungan. Berdasarkan hal tersebut resin ini cocok daplikasikan sebagai pipa irigasi agrikultural, pipa pembuangan, silo atau tandon, perkuatan pipa serta pipa insulasi panas.

Sedangkan pada agregatnya digunakan limbah kaca, fly-ash dan pasir. Dalam penggunaannya limbah kaca yang berupa kaca bening ditumbuk hingga halus lalu diayak dengan diameter lolos sebesar 0,07 mm. Pada fly-ash digunakan tipe C. Limbah kaca dan fly ash dipilih dengan tujuan mengisi rongga kecil sehingga diharapkan dapat meningkatkan kekuatan pada beton resin.



**Gambar 1.** (a) Resin Polimer Poliester, (b) Limbah Kaca

Pembuatan desain komposisi benda uji dibuat sebanyak 10 RUN dengan urutan komposisi RESIN : LIMBAH KACA : FLY-ASH : PASIR dengan prosentase pada RUN 1 0,22:0,26:0,17:0,35; RUN 2 0,31:0,23:0,15:0,31; RUN 3

0,33:0,23:0,15:0,30; RUN 4 0,34:0,22:0,15:0,29; RUN 5 0,36:0,21:0,14:0,29; RUN 6 0,37:0,21:0,14:0,28; RUN 7 0,39:0,21:0,14:0,28; RUN 8 0,40:0,20:0,13:0,27; RUN 9 0,42:0,20:0,13:0,26 RUN 10 0,43:0,19:0,13:0,25. Resin yang digunakan pada desain merupakan campuran antara 95% poliester, 3,5% metil etil keton peroksida, dan 1,5 % Kobalt.

Penentuan komposisi optimal ditinjau berdasarkan hasil *workability*, kuat tekan, kuat tarik, kuat lentur terhadap sumbu kuat dan sumbu lemah serta berat jenisnya.

## 3. HASIL DAN PEMBAHASAN

Berdasarkan metode yang telah dibahas sebelumnya didapatkan hasil sebagai berikut.

### Hasil Pengujian Tekan

Pengujian tekan pada benda uji kubus dilakukan menggunakan mesin *compressive test*. Pengujian ini dilakukan untuk mendapatkan hasil nilai tekan, dan nilai deformasi. Didapati terdapat retak pada seluruh benda uji seperti pada **Gambar 3** berikut.



**Gambar 2.** Retakan Saat Pengujian Tekan

Seperti pada Gambar 3 diatas benda uji mengalami retak atau hancur pada saat mendapat beban maksimal. Hal ini disebabkan karena tidak adanya material plastis pada komposisi benda uji. Keseluruhan material dari kedua komposisi memiliki sifat getas mulai dari resin, fly ash, serbuk kaca dan pasir. Mengenai hal tersebut dapat disimpulkan bahwa mortar polimer poliester dengan penambahan serbuk kaca memiliki sifat getas. Hasil pengujian dapat dilihat pada pada **Tabel 1** berikut ini.

**Tabel 1.** Hasil Pengujian Tekan

RUN	Tegangan $\sigma$ (Mpa)	Berat Jenis ( $\text{kg/m}^3$ )	Regangan $\epsilon$
1	43.05	1746.65	0.0173
2	45.56	1622.80	0.0118
3	61.60	1620.08	0.0081
4	61.04	1605.95	0.0147
5	48.37	1539.82	0.0087
6	57.95	1539.17	0.0133

7	62.82	1507.08	0.0137
8	66.31	1510.29	0.0125
9	70.65	1506.46	0.0144
10	69.40	1478.08	0.0154

Berdasarkan **Tabel 1** didapat nilai kuat tekan tertinggi terdapat pada RUN 7 sebesar 76,92 MPa. Sedangkan nilai kuat terendah pada RUN 1 sebesar 43,05 MPa.

**Hasil Pengujian Tarik**

Pengujian tarik benda uji dog bone dilakukan menggunakan RUN terpilih. RUN yang dipilih ialah RUN 1, RUN 2, RUN 4, RUN 6, RUN 8 serta RUN 10. Pengujian dilakukan menggunakan mesin *Universal Testing Machine* dengan cara memberi beban secara berlawanan atas dan bawah pada benda uji hingga putus.



**Gambar 2.** *Universal Testing Machine*

Dari pengujian tarik didapatkan hasil berupa nilai tegangan tarik serta regangannya dengan hasil seperti **Tabel 2** berikut.

RUN	Tegangan $\sigma$ (Mpa)	Regangan $\epsilon$
1	5.330	0.017
2	6.344	0.015
4	6.697	0.016
6	9.213	0.026
8	9.228	0.023
10	8.079	0.020

Berdasarkan **Tabel 2** Didapati hasil tertinggi berada pada RUN 6-1 dengan nilai kuat tarik sebesar 10,412 MPa serta regangan tarik sebesar 0,0278. Kemudian terendah terdapat pada RUN 1-2 dengan nilai kuat tarik sebesar 3,981 MPa.

**Hasil Pengujian Lentur**

Sama halnya dengan pengujian tarik, pengujian lentur menggunakan RUN terpilih yaitu RUN 1, RUN 2, RUN 4, RUN 6, RUN 8 dan RUN 10. Pengujian lentur menggunakan spesimen berupa balok yang diuji pada posisi tidur dan berdiri. Pengujian dilakukan dengan bantuan mesin

*California Bearing Ratio* menggunakan skema *three-point bending* dengan acuan ASTM D7264 [8].

Data yang didapatkan berupa bacaan penurunan (mm) serta bacaan divisi. Yang kemudian dapat diolah menjadi nilai kuat dan regangan lentur dengan hasil pada **Tabel 3** berikut ini.

**Tabel 3.** Hasil pengujian lentur berdiri

RUN	Tegangan lentur $\sigma$ (MPa)	Regangan $\epsilon$	Modulus Lentur E (MPa)
1	7.656	0.009	992.550
2	8.221	0.012	689.916
4	9.252	0.009	1288.991
6	13.261	0.011	1168.492
8	11.277	0.010	945.023
10	10.999	0.011	956.828

Berdasarkan **Tabel 3** didapat bahwa nilai tegangan lentur tertinggi ada pada RUN 6 dengan nilai sebesar 13,26 MPa dengan modulus lentur sebesar 1288,99 MPa. Sedangkan nilai tegangan lentur terkecil berada pada RUN 1 dengan nilai 7,66 MPa dan modulus lentur sebesar 992,52 MPa.

**Hasil Pengujian Workability**

Pengujian workability diukur dengan menggunakan satuan (cc/detik). Yang didapat dari pembagian volume bekisting dibagi dengan waktu tuang. Pengujian dilakukan dengan cara penuangan menggunakan corong. Berikut merupakan rincian perhitungan workability pada RUN terpilih pada **Tabel 4**.

**Tabel 4.** Rekap uji kelacakan

RUN	Volume (cc)	Waktu tuang (detik)	Workability (cc/dt)
1	900.00	tidak turun	tidak terhitung
2	900.00	tidak turun	tidak terhitung
4	900.00	88	10.22
6	900.00	69	13.04
8	900.00	29	31.03
10	900.00	20	45.00

Berdasarkan **Tabel 4** didapat bahwa pada RUN 1 dan RUN 2 campuran tidak dapat mengalir pada bekisting melalui corong maka dari itu nilai workability nya tidak dapat diketahui. RUN 10 merupakan komposisi dengan *workability* terbaik dengan nilai sebesar 45 cc/dt.

**4. KESIMPULAN**

Komposisi campuran paling optimal terdapat pada RUN 10 dengan prosentase limbah kaca 19 %, fly ash 12,67 %, pasir 25,33 % serta resin sebesar 43% dengan kadar poliester

95%, metil etil keton peroksida 3,5% dan kobalt 1,5%. Nilai workability 45 cc/dt dan berat jenis 1478 kg/m<sup>3</sup> serta kuat tekan sebesar 69,40 MPa, Kuat tarik sebesar 8,08 MPa dan Kuat lentur sebesar 10,99 MPa.

#### DAFTAR PUSTAKA

- [1] SNI 03-2847-2019. (2019). Persyaratan beton struktural untuk bangunan gedung dan penjelasan (ACI 318M-14 dan ACI 318RM-14, MOD).
- [2] Worrell, E., Price, L., Martin, N., Hendriks, C., & Meida, L. O. (2001). *Carbon dioxide emissions from the global cement industry*. Annual Review of Energy and the Environment, 26, 303–329. <https://doi.org/10.1146/annurev.energy.26.1.303>
- [3] Barbuta, M., Rujanu, M., & Nicuta, A. (2016). *Characterization of Polymer Concrete with Different Wastes Additions*. Procedia Technology, 22, 407–412. <https://doi.org/10.1016/J.PROTCY.2016.01.069>
- [4] Massy, J. (2017). *A Little Book about BIG Chemistry*. <https://doi.org/10.1007/978-3-319-54831-9>
- [5] Saribiyik, M., Piskin, A., & Saribiyik, A. (2013). The effects of waste glass powder usage on polymer concrete properties. Construction and Building Materials, 47, 840–844. <https://doi.org/10.1016/j.conbuildmat>.
- [6] SNI-03-6825-2002. (2002). *Metode pengujian kekuatan tekan mortar semen Portland untuk pekerjaan sipil*.
- [7] ASTM D3039. (1995). *Standart Test Method for Tensile Properties of Polymer Matrix Composite Materials*.
- [8] ASTM D7264. (2020). *Standard Test Method for Flexural Properties of Polymer Matrix Composite Materials*. <http://www.ansi.org>.