

## KOMPOSIT RESIN BERPENGUAT FLY ASH SEBAGAI PENGGANTI BETON

Fakhrudin Bahtiar<sup>1\*</sup>, Taufiq Rochman<sup>2</sup>, Dandung Novianto<sup>3</sup>

Mahasiswa Teknologi Rekayasa Konstruksi Jalan dan Jembatan, Jurusan Teknik Sipil, Politeknik Negeri Malang<sup>1</sup>, Dosen Jurusan Teknik Sipil, Politeknik Negeri Malang<sup>2,3</sup>

[bahtiarfakhrudin27@gmail.com](mailto:bahtiarfakhrudin27@gmail.com)<sup>1\*</sup>, [taufiq.rochman@polinema.ac.id](mailto:taufiq.rochman@polinema.ac.id)<sup>2</sup>, [dandung.novianto@polinema.ac.id](mailto:dandung.novianto@polinema.ac.id)<sup>3</sup>

### ABSTRAK

Beton ialah material yang banyak digunakan dalam dunia konstruksi. Beton memiliki kelebihan, yaitu memiliki kuat tekan yang tinggi dan pembuatannya yang mudah. Namun, kelemahan penggunaan beton adalah memiliki berat jenis yang besar. Selain itu, penggunaan beton memerlukan material semen dimana pembuatan semen menjadi penyumbang polusi karbon gas rumah kaca terbanyak di dunia. Salah satu alternatif untuk menangani peristiwa tersebut adalah penggunaan komposit resin berpenguat fly-ash. Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui sifat dan perilaku dari komposit resin berpenguat fly-ash seperti workability, kuat tekan, tarik, lentur, dan berat jenis. Dari penelitian ini didapatkan bahwa komposit resin berpenguat fly-ash memiliki mutu lebih tinggi sampai 2 kali lipat dari beton konvensional. Selain itu, berat jenis yang dimiliki komposit resin berpenguat fly-ash juga memiliki nilai berat jenis dibawah berat jenis beton konvensional. Sehingga dari keunggulan yang dimiliki komposit resin berpenguat fly-ash bisa digunakan menjadi material baru pengganti beton konvensional.

**Kata kunci** : komposit resin; fly-ash; beton

### ABSTRACT

*Concrete is a widely used material in the construction industry. It has advantages such as high compressive strength and easy production. However, the drawback of using concrete is its high specific weight. Additionally, the use of concrete requires cement, the production of which is a major contributor to carbon dioxide greenhouse gas pollution worldwide. One alternative to address this issue is the use of fly-ash reinforced resin composites. This research aims to determine the properties and behavior of fly-ash reinforced resin composites, including workability, compressive strength, tensile strength, flexural strength, and specific weight. The study found that fly-ash reinforced resin composites have up to twice the quality of conventional concrete. Furthermore, the specific weight of fly-ash reinforced resin composites is lower than that of conventional concrete. Thus, with its advantages, fly-ash reinforced resin composites can be used as a new material to replace conventional concrete.*

**Keywords** : resin composites; fly-ash; concrete

### 1. PENDAHULUAN

Beton banyak digunakan dalam aplikasi konstruksi bangunan. Keunggulan beton adalah memiliki kemampuan kuat tekan yang tinggi namun lemah terhadap tarik dan geser [1]. Penggunaan beton membutuhkan banyak material termasuk semen sebagai pengikat agregat yang ada didalam beton. Dalam pembuatannya, pabrik semen menghasilkan banyak polusi karbon dan mengakibatkan pemanasan global karena efek gas rumah kaca [2]. Pada tahun 2021, produksi pabrik semen menjadi penyumbang 2,9 miliar ton karbon dioksida di Dunia [3]. Dari permasalahan tersebut, terdapat salah satu upaya untuk mengurangi penggunaan bahan

semen, yaitu memakai komposit resin. Komposit resin adalah material yang dihasilkan dari penggabungan agregat dengan monomer sebagai pengikat agregat [4]. Pada pembuatan komposit resin, material tersebut bisa menghasilkan kuat tekan 40% dari desain pada jangka waktu sehari setelah dituang. Setelah 3 hari, kuat tekannya meningkat hingga 80% dan kekuatan jangka panjangnya tidak akan berubah setelah 7 hari [5]. Komposit resin juga memiliki kekuatan mekanik yang tinggi, pembuatan yang cepat, pencetakan yang mudah dan peredam getaran yang geser membuat komposit resin ini cocok untuk diaplikasikan pada aplikasi pracetak [6].

## 2. METODE

Penelitian ini dilakukan dengan menentukan komposisi yang optimal untuk dilakukan pengujian tekan spesimen kubus sesuai dengan SNI 03-6835-2002 [7], lalu pengujian tarik benda uji *dogbone* sesuai dengan ASTM D3039 [8] dan pengujian lentur balok sederhana sesuai dengan ASTM D7264 [9]. Pembuatan komposit resin menggunakan material resin polyester dengan katalis berupa Metil Etil Keton Peroksida dibantu dengan kobalt sebagai akselerator. Pada persentase katalis dan akselerator, dibuat tetap sebesar *Mepoxe* : Kobalt; 2,5% : 1% dari persentase resin polister. Sementara untuk bahan pengisi menggunakan pasir besi dan fly-ash. Sementara untuk bahan pengisi menggunakan pasir besi dan fly-ash. Alasan menggunakan resin polyester adalah resin polyester merupakan resin thermoset atau resin yang tahan terhadap suhu panas yang tinggi [6].



**Gambar 1.** Material Pembuatan Komposit Polimer  
Desain komposisi bisa dilihat pada tabel 1.

**Tabel 1.** Desain Komposisi

RUN	Σ Resin (MP 2.5% & Co 1%)	FA %	PL %	Jumlah spesimen
1	25	25	50	2
2	29	24	47	2
3	33	23	44	2
4	37	22	41	2
5	41	21	38	2
6	45	20	35	2
7	30	20	50	2
8	35	19	46	2
9	40	18	42	2

Sumber: Hasil Perhitungan

Urutan pencampuran material adalah dimulai dari penuangan resin, dilanjutkan dengan penuangan Kobalt, lalu katalis Metil Etil Keton Peroksida, dan terakhir adalah bahan pengisi berupa pasir dan fly-ash. Pencampuran setiap material dilakukan dengan interval 10-15 detik pengadukan. Pengadukan jangan dilakukan terlalu lama agar tidak setting dan mengeras di dalam tempat pencampuran. Setelah semua bahan telah tercampur, maka dilakukan pencetakan ke bekisting yang diolesi dengan oli

## 3. HASIL DAN PEMBAHASAN

### Hasil Uji Tekan Pendahuluan

Pengujian tekan dilakukan dengan menggunakan mesin *compressive strength*. Pengujian ini dilakukan untuk mencari nilai kuat tekan dari mortar spesimen kubus. Pada saat pengujian, juga diberi dial gauge untuk mengukur nilai deformasi dari spesimen kubus.



(a)

(b)

**Gambar 2.** Pengujian Tekan Spesimen Kubus; (a) Spesimen Kubus di Mesin *compressive strength*; (b) Keadaan Spesimen Kubus Setelah Pengujian Tekan

Pada gambar 2 diatas, tampak benda uji dari RUN 6 mengalami retak. Hal ini disebabkan karena pada komposisi desain tidak memakai material elastis pada saat pembuatan. Dari perilaku spesimen kubus tersebut, didapat perlakuan jika spesimen kubus tersebut bersifat *brittle*. Hasil pengujian tekan bisa dilihat pada tabel 2 berikut.

**Tabel 2.** Hasil Pengujian Tekan Pendahuluan

RUN	Σ Resin (MP 2.5% & Co 1%)	FA %	PL %	Kuat Tekan (kg/cm <sup>2</sup> )
1	25	25	50	868
2	29	24	47	756
3	33	23	44	860
4	37	22	41	968
5	41	21	38	1.028
6	45	20	35	988
7	30	20	50	924
8	35	19	46	1.052
9	40	18	42	1.128

Dari tabel 2 diatas, diperoleh nilai kuat tekan tertinggi diperoleh pada RUN 9 dengan nilai kuat tekan sebesar 1128 kg/cm<sup>2</sup> untuk benda uji kubus ukuran 5 cm.

### Hasil Uji Tekan-SM

Pada pengujian pendahuluan, didapatkan perilaku spesimen sangat *brittle*. Maka dilakukan penambahan bahan

material elastis dengan menambahkan bahan SM dengan persentase 14,3% dari jumlah resin polyester. Setelah pembuatan spesimen selesai, dilakukan pengujian tekan kembali dengan menggunakan mesin *compressive strength*. Hasil dari pengujian tekan spesimen kubus dengan bahan tambahan Sm bis dilihat pada tabel 3 berikut.

**Tabel 3.** Hasil Pengujian Tekan SM

RUN	Σ Resin (SM 14.3%, MP 2.5% & Co 1%)	FA %	PL %	Kuat Tekan (kg/cm <sup>2</sup> )
1-SM	25	25	50	901
2-SM	29	24	47	1.037
3-SM	33	23	44	1.008
4-SM	37	22	41	894
5-SM	41	21	38	912
6-SM	45	20	35	1.114
7-SM	30	20	50	1.010
8-SM	35	19	46	1.037
9-SM	40	18	42	1.230

Sumber: Hasil Perhitungan

Dari tabel 3 diatas, diperoleh bahwa penambahan bahan SM pada saat pembuatan spesimen kubus, menambah nilai kuat tekan dan nilai kuat tekan tertinggi diperoleh pada RUN 9-SM dengan nilai kuat tekan sebesar 1230 kg/cm<sup>2</sup>.

**Pengujian Berat Jenis**

Setelah dilakukan pengujian tekan, dilakukan pengujian berat jenis. Pengujian berat jenis dilakukan dengan melakukan penimbangan spesimen kubus. Setelah dilakukan penimbangan, hasil berat setiap spesimen nantinya akan dibagi dengan jumlah volume setiap benda uji. Nilai berat jenis setiap spesimen bisa dilihat pada tabel 4 berikut.

**Tabel 4.** Berat jenis

RUN	Σ Resin (SM 14.3%, MP 2.5% & Co 1%)	FA %	PL %	Berat Jenis (kg/m <sup>3</sup> )
1-SM	25	25	50	1.951
2-SM	29	24	47	1.945
3-SM	33	23	44	1.951
4-SM	37	22	41	1.933
5-SM	41	21	38	1.907
6-SM	45	20	35	1.874
7-SM	30	20	50	1.854
8-SM	35	19	46	1.859
9-SM	40	18	42	1.813

Sumber: Hasil Perhitungan

Dari data hasil pengujian berat jenis diatas, rata-rata berat jenis spesimen berada dibawah berat jenis beton

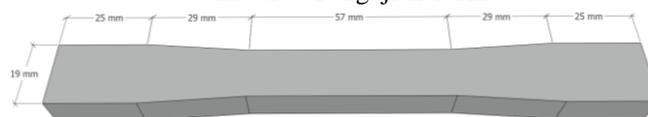
konvensional yaitu berkisar antara 1,8 – 1,9 ton/m<sup>3</sup>. nilai berat jenis terkecil berada pada RUN 9-SM dengan nilai berat jenis sekitar 1.813 kg/m<sup>3</sup>.

**Hasil Uji Tarik**

Pengujian tarik dilakukan dengan mesin *Universal Testing Machine*. Skema pengujian tarik adalah benda uji ditarik hingga putus. Komposisi yang dilakukan uji tarik adalah semua komposisi dengan SM.



**Gambar 3.** Pengujian Tarik



**Gambar 4.** Benda Uji Tarik/dogbone

Dari pengujian tarik spesimen *dogbone*, diperoleh hasil pengujian tarik seperti pada tabel 4 berikut.

**Tabel 4.** Hasil Pengujian Tarik

RUN	Σ Resin (SM 14.3%, MP 2.5% & Co 1%)	FA %	PL %	Kuat Tarik (MPa)
1-SM	25	25	50	9,15
2-SM	29	24	47	9,47
3-SM	33	23	44	12,46
4-SM	37	22	41	10,94
5-SM	41	21	38	9,96
6-SM	45	20	35	12,55
7-SM	30	20	50	13,22
8-SM	35	19	46	10,92
9-SM	40	18	42	13,82

Sumber: Hasil Perhitungan

Dari tabel 4 diatas, diperoleh nilai kuat tarik tertinggi pada RUN 9-SM sebesar 13,82 MPa. Sementara nilai kuat tarik terendah diperoleh pada RUN 1-SM dengan nilai kuat tarik sebesar 9,15 MPa.

**Hasil Uji Lentur**

Pada pengujian lentur, spesimen yang digunakan hanya beberapa RUN saja, yaitu RUN 2-SM, 3-SM, 6-SM, 8-SM, dan 9-SM. Pengujian lentur dibagi menjadi 2 berdasarkan posisi pengujian, yaitu lentur posisi tidur dan berdiri. Sehingga setiap RUN terdapat 2 spesimen balok sederhana.

Pengujian lentur ini dilakukan dengan mesin CBR atau *California Bearing Ratio*. Skema pengujian lentur ini adalah *three point bending* sesuai dengan ASTM D7264.



**Gambar 5.** Pengujian Lentur

Setelah mendapatkan bacaan uji lentur, nilai bacaan beban dikalikan dengan angka 0,0014 kN sebagai kalibrasi alat terlebih dahulu agar didapatkan bacaan beban aslinya. Setelah dikalibrasi, bisa dihitung nilai kuat lenturnya. Hasil pengujian lentur bisa dilihat pada tabel 5 berikut.

**Tabel 5.** Hasil Pengujian Lentur Tidur

RUN	Σ Resin (SM 14.3%, MP 2.5% & Co 1%)	FA %	PL %	Kuat Lentur (MPa)
2-SM	25	25	50	18,87
3-SM	29	24	47	15,45
6-SM	33	23	44	20,75
8-SM	37	22	41	20,21
9-SM	41	21	38	25,33

Sumber: Hasil Perhitungan

Sementara itu, untuk hasil pengujian lentur posisi berdiri bisa dilihat pada tabel 6 berikut.

**Tabel 6.** Hasil Pengujian Lentur Berdiri

RUN	Σ Resin (SM 14.3%, MP 2.5% & Co 1%)	FA %	PL %	Kuat Lentur (MPa)
2-SM	25	25	50	19,87
3-SM	29	24	47	21,12
6-SM	33	23	44	17,87
8-SM	37	22	41	18,45
9-SM	41	21	38	35,88

Sumber: Hasil Perhitungan

Pada pengujian lentur posisi tidur, nilai kuat lentur tertinggi diperoleh pada RUN 9-SM dengan nilai kuat lentur sebesar 25,33 MPa. Lalu untuk nilai kuat lentur terendah dengan posisi tidur diperoleh pada RUN 3-SM dengan nilai kuat lentur sebesar 15,45 MPa.

Sementara itu, pada pengujian lentur berdiri nilai kuat lentur tertinggi diperoleh pada RUN 9-SM dengan nilai kuat lentur sebesar 35,88 MPa dan nilai kuat lentur posisi tidur terendah diperoleh pada RUN 6-SM dengan nilai kuat lentur sebesar 17,87 MPa.

#### 4. KESIMPULAN

Komposisi RUN yang paling optimal sebagai material tiang pancang mini terdapat pada RUN 9-SM dengan komposisi Resin : Pasir : Fly-ash; 45 : 32 : 23. Dari komposisi tersebut, diperoleh nilai kuat tekan sebesar 1230 kg/cm<sup>2</sup>, nilai kuat tarik sebesar 13,82 MPa, dan nilai kuat lentur sebesar 35,88 MPa. Sementara itu, pada RUN 9-SM mempunyai nilai berat jenis sebesar 1.813 kg/m<sup>3</sup>.

#### DAFTAR PUSTAKA

- 1) T. M. Barczak, “Research developments that contributed to the landscape of longwall roof support design over the past 25 years,” in *Advances in Coal Mine Ground Control*, Elsevier, 2017, pp. 1–34. doi: 10.1016/B978-0-08-101225-3.00001-3.
- 2) E. Worrell, L. Price, N. Martin, C. Hendriks, and L. O. Meida, “Carbon dioxide emissions from the global cement industry,” in *Annual Review of Energy and the Environment*, vol. 26, 2001, pp. 303–329. doi: 10.1146/annurev.energy.26.1.303.
- 3) R. S. U. T. P. C. S. L. P. Supriya Chaudhury, “Low-CO2 emission strategies to achieve net zero target in cement sector,” vol. 417, 2023, Accessed: Jun. 29, 2024. [Online]. Available: <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2023.137466>
- 4) S. C. Kou and C. S. Poon, “A novel polymer concrete made with recycled glass aggregates, fly ash and metakaolin,” *Constr Build Mater*, vol. 41, pp. 146–151, 2013, doi: 10.1016/j.conbuildmat.2012.11.083.
- 5) F. Cakir, “Effect of curing time on polymer concrete strength,” *Challenge Journal of Concrete Research Letters*, vol. 13, no. 2, p. 54, Jun. 2022, doi: 10.20528/cjcr.2022.02.001.
- 6) M. Hassani Niaki and M. Ghorbanzadeh Ahangari, *Polymer Concretes; Advanced Construction Materials*; Advanced Construction Materials, 1st ed. Boca Raton: CRC Press, 2023.
- 7) SNI 03-6825-2002, “Standar Nasional Indonesia Badan Standardisasi Nasional Metode pengujian kekuatan tekan mortar semen portland untuk pekerjaan sipil,” 2002.

- 8) ASTM D 3039, "Designation: D 3039/D 3039M-00 e1 Standard Test Method for Tensile Properties of Polymer Matrix Composite Materials 1," 2000
- 9) ASTM D 7264, "Designation: D 7264/D 7264M-07 Standard Test Method for Flexural Properties of Polymer Matrix Composite Materials 1." [Online]. Available: <http://www.ansi.org>.