

## PENGGUNAAN RESIN UNTUK MENINGKATKAN KINERJA KUAT TEKAN MORTAR BERPENGUAT FLY ASH

Aris Wahyu Darmawan<sup>1</sup>, Taufiq Rochman<sup>2</sup>, Bobby Asukmajaya Raharjo<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>

[ariswahyudrmwn@gmail.com](mailto:ariswahyudrmwn@gmail.com), [taufiq.rochman@polinema.ac.id](mailto:taufiq.rochman@polinema.ac.id), [bobbyasukma@polinema.ac.id](mailto:bobbyasukma@polinema.ac.id)

### ABSTRAK

Penggunaan semen sebagai material konstruksi sudah sangat masif di seluruh penjuru dunia sehingga menimbulkan emisi karbon yang tinggi untuk lingkungan hidup. Mortar polimer hadir sebagai inovasi material konstruksi yang ramah lingkungan dengan berbagai keunggulannya. Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui sifat mekanis dari mortar polimer berpenguat *fly-ash* sebagai bahan tambah. Data yang digunakan adalah hasil pengujian tekan, berat jenis spesimen, dan harga. Sampel yang digunakan adalah sampel kubus ukuran 5 x 5 x 5 dari mortar polimer. Pengujian sampel menggunakan mesin uji tekan untuk mengetahui sifat mekanis benda uji. Parameter yang diamati meliputi kekuatan tegangan tekan dan berat jenis benda uji dari sampel kubus. Didapatkan RUN-6 sebagai komposisi yang memiliki nilai kuat tekan tertinggi. Didapatkan hasil pula RUN-9 adalah komposisi dengan berat jenis ter-ringan. Untuk harga tertinggi juga dicapai oleh RUN-9 karena komposisi resin terbanyak. Didapatkan pula kesimpulan bahwa *fly-ash* sebagai penguat mempengaruhi kuat tekan mortar polimer menjadi lebih tinggi.

**Kata kunci:** mortar polimer; *fly-ash*; penguat; kuat tekan; berat jenis; harga.

### ABSTRACT

*The use of cement as a construction material has been extensively widespread worldwide, leading to high carbon emissions that are detrimental to the environment. Polymer mortar emerges as an environmentally friendly innovation in construction materials, showcasing various advantages. This research aims to determine the mechanical properties of fly-ash-reinforced polymer mortar as an additive material. The data used in this study includes compressive strength test results, specimen density, and cost. The samples used were 5 x 5 x 5 cubic specimens made of polymer mortar. The samples were tested using a compression testing machine to determine the mechanical properties of the test specimens. The observed parameters include compressive strength and density of the cubic samples. It was found that RUN-6 had the highest compressive strength. RUN-9 yielded the lightest density composition. In terms of cost, RUN-9 also achieved the highest value due to the higher resin composition. Additionally, it can be concluded that fly-ash, as a reinforcement, influences the compressive strength of polymer mortar, making it higher.*

**Keywords:** polymer mortar; *fly-ash*; reinforcement; compressive strength; density; cost.

### 1. PENDAHULUAN

Penggunaan semen pada sektor konstruksi terutama beton menghasilkan emisi karbon yang berdampak pada pemanasan global [1]. Salah satu upaya mengurangi dampak tersebut adalah dengan menggunakan beton polimer dengan polimer menggantikan semen sebagai bahan pengikat.

Bahkan beton polimer memiliki keunggulan tersendiri seperti waktu setting yang cepat, memiliki properti kekuatan yang tinggi, dan lebih tahan terhadap korosi [3]. Salah satu polimer yang memiliki keunggulan adalah vinil ester,

diantara semua resin termoset, vinil ester memiliki ketahanan (resiliency) dan ketangguhan (toughness) yang tinggi tanpa perlu mengorbankan panas dan ketahanan kimianya. Selain itu karena vinil ester memiliki kandungan ester yang rendah dan saturasi yang rendah dibandingkan poliester menyebabkan vinil ester memiliki ketahanan yang lebih besar terhadap hidrolis, exothermis puncak yang rendah selama perawatan dan sedikit penyusutan selama perawatan [7].

Sebuah penelitian yang menggunakan vinil ester, fly ash,

dan agregat sebagai campuran beton polimer vinil ester mendapatkan bahwa kuat tekan rata-rata beton polimer vinil ester mereka sebesar 75,4 MPa, kuat tarik 9,37 MPa, dan kuat lentur 17,57 MPa [2]. Dalam batas tertentu, penambahan fly ash secara menerus akan berpengaruh positif terhadap kekuatan mekanis dan ketahanan kimianya. Ada beberapa studi yang meneliti tentang beton polimer vinil ester, namun kurangnya penelitian tentang hubungan material antara vinil ester, pengerasnya, dan agregat lokal Indonesia menjadikan penelitian ini perlu dilakukan. Maka dari itu, penelitian ini dilatarbelakangi oleh kurangnya penelitian terkait bahan material yang baru tentang beton resin.

## 2. METODE

Penelitian ini dilakukan dengan menguji terlebih dahulu untuk kadar material penyusun yang ideal dalam pembuatan mortar yang berpenguat *fly-ash*. *Fly-ash* digunakan dalam penelitian ini dikarenakan beberapa studi terdahulu menunjukkan bahwa penambahan fly ash dengan kadar batas tertentu dapat menjadikan mortar polimer vinil ester menjadi lebih baik, diantaranya adalah menjadikan beton vinil ester lebih ekonomis dan dapat meningkatkan kekuatan mekanis serta ketahanan kimianya.



**Gambar 1.** *Vinil Ester Resin, Mepox Catalys, Cobalt* (Kiri ke Kanan)

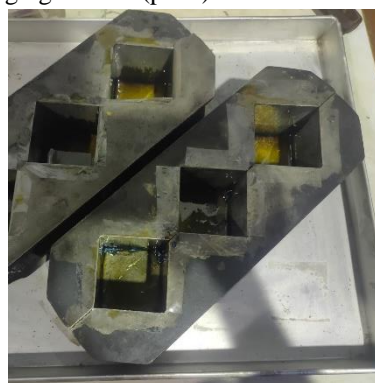
Sementara untuk agregat yang digunakan adalah menggunakan pasir sebagai agregat utama agar mencapai campuran yang disebut mortar polimer. Pasir yang digunakan adalah pasir hitam lumajang atau disebut juga pasir cor. Pasir jenis ini merupakan agregat halus yang umum digunakan untuk campuran mortar dan beton, dimana diharapkan juga nantinya akan menambah sifat mekanis kuat tekan dari mortar polimer benda uji.

Sementara itu, material yang menjadi variabel disini adalah *fly-ash* atau abu terbang. *Fly-ash* yang digunakan adalah tipe paling dasar yaitu tipe-F dengan harapannya adalah dapat meningkatkan kuat tekan mortar polimer dan menjadikan mortar polimer lebih ekonomis. *Fly-ash* disini digunakan sebagai bahan yang bersifat penguat, dimana penguat diartikan sebagai penambah kekuatan tekan dari mortar polimer sebagai alternatif bahan pengganti beton (bahan dengan kuat tekan dominan).



**Gambar 2.** Pasir Hitam Lumajang dan *Fly-ash* (Kiri ke Kanan)

Setelah mengetahui material-material yang digunakan. Tahapan selanjutnya adalah menganalisis berapa persentase masing-masing material untuk menghasilkan campuran mortar polimer vinil ester yang paling ideal. Pengujian ini dilakukan dengan menguji campuran VE + MEKP + Co + FA (*fly-ash*) + agregat halus (pasir).



**Gambar 3.** Cetakan trigang mortar untuk benda uji tekan kubus 5 x 5 x 5 cm

Pengujian dilakukan dengan melakukan pengujian kuat tekan dengan cetakan berbentuk kubus dengan dimensi 5 x 5 x 5 cm sesuai dengan SNI 03-6835-2002 [4]. Mesin uji tekan yang digunakan adalah *Compressive Testing Machine*. Jumlah yang dipakai untuk pengujian tekan VE + MEKP + Co + FA + Agregat halus adalah sebanyak 9 campuran. Setelah uji tekan maka hasil uji tekan, berat jenis, harga, dan akan menjadi pertimbangan untuk menentukan campuran yang paling ideal.

Komposisi yang direncanakan yaitu jika diurut dari RUN-1 hingga RUN-9 untuk vinil ester resin (VE) yaitu 35,24%; 36,19%; 37,17%; 38,10%; 39,05%; 40,00%; 40,95%; 41,90%; 43,52% diikuti oleh komposisi *mepox catalys* (MEPX) 3,5% berat VE yaitu berurutan 1,23%; 1,27%; 1,30%; 1,33%; 1,37%; 1,40%; 1,43%; 1,47%; 1,52% dan *cobalt* yaitu berurutan 0,53%; 0,54%; 0,56%; 0,57%; 0,59%; 0,60%; 0,61%; 0,63%; 0,65%. Selanjutnya untuk komposisi pengisi/filler yaitu dari pasir dan *fly-ash*, dimana untuk *fly-ash* berurutan dari RUN-1 hingga RUN-9 adalah 20,50%; 20,00%; 20,03%; 19,00%; 18,50%; 18,00%; 17,50%; 17,00%; 18,10% dan untuk pasir 42,50%; 42,00%; 40,94%; 41,00%; 40,50%; 40,00%; 39,50%; 39,00%; 36,20%.



Gambar 3. Compressive Testing Machine

### 3. HASIL DAN PEMBAHASAN

Berdasarkan skema yang dibahas sesuai metode, maka didapatkan hasil sebagai berikut.

#### Hasil Pengujian Tekan

Pengujian spesimen tekan kubus mortar polimer dilakukan dengan menekan hingga beban maksimum yang dapat diterima oleh benda uji kubus. Perhitungan dilakukan dengan membagi beban ultimit dan luasan tertekan benda uji sesuai formula SNI.

Tabel 2. Hasil Pengujian Tekan

| RUN | A (cm <sup>2</sup> ) | P (kN) | $\sigma$ (MPa) |
|-----|----------------------|--------|----------------|
| 1   | 24                   | 181    | 75             |
| 2   | 24                   | 178    | 73             |
| 3   | 24                   | 183    | 76             |
| 4   | 24                   | 188    | 77             |
| 5   | 24                   | 189    | 77             |
| 6   | 25                   | 201    | 80             |
| 7   | 26                   | 179    | 70             |
| 8   | 24                   | 186    | 77             |
| 9   | 25                   | 181    | 73             |

Dari hasil pengujian tekan didapatkan hasil bahwa untuk campuran dengan kuat tekan tertinggi adalah RUN-6 (VE 40,00%, MEPX 1,40%, Co 0,60%, FA 18,00%, dan pasir 40,00%) dengan nilai kuat tekan 80,01 MPa dan kuat tekan terendah adalah RUN-9 (VE 43,52%, MEPX 1,52%, Co 0,65%, FA 18,10% dan pasir 36,20%) dengan kuat tekan 72,94 MPa. Dari hasil kuat tekan tersebut diketahui bahwa dari tiap RUN tidak konstan naik di setiap urutannya, namun apabila diberikan garis tren maka akan terlihat bahwa nilai kuat tekan akan turun secara landai di setiap RUN-nya. Hal ini bermakna bahwa komposisi *fly-ash* berbanding lurus dengan nilai kuat tekan yang dihasilkan oleh benda uji.

#### Hasil Berat Jenis

Berat jenis didapatkan dengan perhitungan berat spesimen kubus dan volume-nya. Perhitungan berat jenis

dilakukan untuk mengetahui berat spesimen per satuan kubik.

Tabel 3. Hasil Berat Jenis

| RUN | w (gr) | Vol (cm <sup>3</sup> ) | BJ (kg/m <sup>3</sup> ) |
|-----|--------|------------------------|-------------------------|
| 1   | 225    | 134                    | 1691                    |
| 2   | 220    | 132                    | 1722                    |
| 3   | 212    | 126                    | 1708                    |
| 4   | 218    | 126                    | 1692                    |
| 5   | 214    | 129                    | 1725                    |
| 6   | 208    | 125                    | 1654                    |
| 7   | 211    | 130                    | 1678                    |
| 8   | 209    | 120                    | 1693                    |
| 9   | 195    | 128                    | 1545                    |

Dari hasil pengujian tekan didapatkan hasil bahwa untuk campuran dengan berat jenis tertinggi adalah RUN-5 (VE 39,05%, MEPX 1,37%, Co 0,59%, FA 18,50%, dan pasir 40,50%) dengan berat jenis 1724,72 kg/m<sup>3</sup> dan berat jenis terendah adalah RUN-9 (VE 43,52%, MEPX 1,52%, Co 0,65%, FA 18,10% dan pasir 36,20%) dengan berat jenis 72,94 MPa. Dari hasil berat jenis diketahui bahwa dari tiap RUN tidak konstan naik di setiap urutannya, namun apabila diberikan garis tren maka akan terlihat bahwa nilai kuat tekan akan turun secara landai di setiap RUN-nya. Hal ini bermakna bahwa komposisi *fly-ash* berbanding lurus dengan berat jenis yang dihasilkan oleh benda uji.

#### Harga

Untuk harga merupakan penjumlahan dari perhitungan kebutuhan material dikali dengan harga dasar material tersebut. Untuk harga akan terus konstan naik karena efek dari harga resin yang mendominasi, dengan kata lain RUN-1 termurah dan RUN-9 termahal. Dengan begitu, maka komposisi *fly-ash* berbanding terbaik dengan harga yaitu semakin banyak campuran *fly-ash* maka harga dapat semakin murah.

Tabel 4. Harga Spesimen

| RUN | Harga (Rp) |
|-----|------------|
| 1   | Rp29,475   |
| 2   | Rp30,260   |
| 3   | Rp31,071   |
| 4   | Rp31,832   |
| 5   | Rp32,617   |
| 6   | Rp33,403   |
| 7   | Rp34,189   |
| 8   | Rp34,974   |
| 9   | Rp36,323   |

#### 4. KESIMPULAN

Untuk komposisi dengan kuat tekan tertinggi adalah RUN-6 (VE 40,00%, MEPX 1,40%, Co 0,60%, FA 18,00%, dan pasir 40,00%) yang memiliki nilai kuat tekan 80,01 MPa. Diketahui pula berat jenis ter-ringan dan harga termahal diperoleh oleh RUN-9 (VE 43,52%, MEPX 1,52%, Co 0,65%, FA 18,10% dan pasir 36,20%) yaitu 1545,35 kg/m<sup>3</sup> seharga Rp 12.108,00. Konklusi terakhir ialah komposisi *fly-ash* berbanding lurus dengan berat jenis dan kuat tekan, namun berbanding terbalik dengan harga.

#### 5. DAFTAR PUSTAKA

- [1] E. Worrel, L. Price, N. Martin, C. Hendriks and O. L. Meida, "Carbon dioxide emissions from the global cement industry," Annual review of energy and the environment, vol. 26, no. 1, pp. 303-329, 2001.
- [2] A. Garbacz and J. J. Sokolowska, "Concrete-like Polymer Composites with Fly Ashes - Comparative Study," Construction and Building Materials, pp. 689-699, 2013.
- [3] V. Y. Garas and C. Vipulanandan, "Review of Polyester Polymer Concrete Properties," Report for Innovative Grouting Materials and Technology, 2003.
- [4] SNI 03-6825-2002: Metode Pengujian Kekuatan Tekan Mortar Semen Portland untuk Pekerjaan Sipil, Badan Standarisasi Nasional, 2002.
- [5] ASTM D 7264/D 7264 M-21 Standard Test Method for Flexural Properties of Polymer Matrix Composite Materials, West Conshohocken, Pennsylvania: ASTM International, 2021.
- [6] ASTM D 638 M Standard Test Method for Tensile Properties of Plastics (Metric), West Consholocken, Pennsylvania: ASTM International, 1996.
- [7] S. Peters, Handbook of Composites, 2nd ed., Landon: Chapman and Hall, 1998.