

KINERJA MATERIAL BARU DARI BETON POLIMER VINIL ESTER TERHADAP UJI TEKAN, TARIK, DAN LENTUR

Anggara Mahatma Wicaksono¹, Taufiq Rochman², Sugeng Riyanto³,

Mahasiswa Program Studi Manajemen Rekayasa Konstruksi, Jurusan Teknik Sipil, Politeknik Negeri Malang¹, Dosen Jurusan Teknik Sipil, Politeknik Negeri Malang^{2,3}

Koresponden*, Email: anggaramahatma@gmail.com¹; taufiq.rochman@polinema.ac.id²; sugeng.riyanto@polinema.ac.id³

ABSTRAK

Penggunaan semen pada dunia konstruksi cukup banyak berkontribusi dalam pemanasan global. Salah satu alternatif mengurangi penggunaan semen adalah dengan menggunakan teknologi beton polimer dalam dunia konstruksi. Di sisi lain vinil ester memiliki beberapa kelebihan diantara polimer lainnya, diantaranya adalah ketahanannya terhadap proses hidrolisis. Penelitian ini menganalisis penggunaan vinil ester, MEKP, kobalt, EPS, serbuk kayu, dan pasir besi lumajang sebagai satu-kesatuan dalam campuran Beton Polimer Vinil Ester, menganalisis jumlah perbandingan komposisinya, sifat mekanisnya khususnya uji kuat tekan, tarik, dan lentur, serta bagaimana peluang penerapan BP VE ini dalam dunia konstruksi. Penelitian ini didahului dengan menganalisis material yang paling cocok untuk digunakan dan di diperoleh campuran VE + MEKP + Co + fly ash + pasir besi lumajang. Selain itu pengujian tekan terhadap campuran VE + MEKP + Co juga dilakukan untuk mendapat persentase *hardener* yang paling ideal dari segi kuat tekan, berat jenis, dan harga. Hal yang sama juga dilakukan pada campuran dengan fly ash dan pasir besi lumajang, komposisi yang paling ideal selanjutnya diuji tarik dan uji lentur. Hasil penelitian menunjukkan beton ini memiliki kuat tekan 92,64 MPa, kuat tarik 12,19 MPa, dan kuat lentur 106,18 MPa.

Kata kunci : beton polimer; vinil ester; sifat mekanis

ABSTRACT

The use of cement in the construction scope are contributing quite a lot to global warming. One alternative to reduce the use of cement is to use polymer concrete technology in the construction scope. On the other hand, vinyl ester has several advantages over other polymers, one of which is its resistance to hydraulic processes. This study analyzes the use of vinyl ester, MEKP, cobalt, EPS, fly ash, and lumajang iron sand as a mixture of Vinyl Ester Polymer Concrete, analyzes the number of composition ratios, mechanical properties especially compressive, tensile, and flexural strength, and how are the opportunities for implementing VE PC in the construction world. The research was preceded by analyzing the most suitable materials to use and obtained a mixture of VE + MEKP + Co + fly ash + lumajang iron sand. In addition, compressive testing of the VE + MEKP + Co mixture was also carried out to obtain the most ideal percentage of hardener in terms of compressive strength, specific gravity, and price. The same thing was also done on the specimens with fly ash and lumajang iron sand, the most ideal composition was then tested for tensile and flexural tests. The results showed that this concrete had a compressive strength of 92,64 MPa, a tensile strength of 12,19 MPa, and flexural strength of 106,18 MPa

Keywords : polymer concrete; vinyl ester; mechanic properties

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 thermoset, 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 hidrolisis, exotherms 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.

2. METODE

Dalam penelitian ini dilakukan beberapa percobaan uji coba. Yang pertama adalah uji coba pendahuluan untuk menganalisis material apa yang ideal untuk digunakan sebagai campuran beton polimer vinil ester selain vinil ester itu sendiri, pengerasnya, dan fly ash. Fly ash digunakan dalam penelitian ini dikarenakan beberapa studi terdahulu menunjukkan bahwa penambahan fly ash dengan kadar batas tertentu dapat menjadikan beton polimer vinil ester menjadi lebih baik, diantaranya adalah menjadikan beton vinil ester lebih ekonomis dan dapat meningkatkan kekuatan mekanis serta ketahanan kimianya.



Gambar 1. Dari Kiri ke Kanan MEKP, VE, Co
Sumber: Dokumentasi Pribadi

Sementara sebagai agregatnya dicoba beberapa jenis material terlebih dahulu. Material pertama adalah EPS (*expanded polystyrene*) yang memiliki berat jenis yang ringan sehingga apabila digunakan menjadi salah satu campuran material beton polimer vinil ester akan dapat berkontribusi mengurangi berat jenis keseluruhan beton polimer. Material kedua yang diuji adalah serbuk kayu, sama halnya dengan EPS, sifat fisik serbuk kayu diharapkan dapat mengurangi berat jenis beton polimer vinil ester, selain itu dengan dipakainya serbuk kayu diharapkan dapat memanfaatkan limbah kayu. Berikutnya, material terakhir yang dicoba adalah pasir besi lumajang dimana pasir besi lumajang merupakan salah satu material yang dapat digunakan pada beton sehingga penggunaannya untuk beton polimer vinil ester besar kemungkinan dapat diterima.

Setelah mengetahui material-material yang digunakan. Tahapan selanjutnya adalah menganalisis berapa persentase masing-masing material untuk menghasilkan campuran beton polimer vinil ester yang paling ideal. Pengujian ini dibagi menjadi dua, yang pertama adalah pengujian terhadap campuran VE (vinil ester) + MEKP (metil etil keton peroksida) + Co (kobalt), sementara yang kedua adalah pengujian terhadap campuran VE + MEKP + Co + FA (fly ash) + agregat.



Gambar 2. Pasir Besi Lumajang (Kiri) dan Fly Ash (Kanan)
Sumber: Dokumentasi Pribadi

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]. Jumlah benda uji beserta persentasenya menggunakan prinsip Metode Taguchi sehingga dengan jumlah yang relatif tidak banyak namun dapat menghasilkan tren pengaruh yang diinginkan. Jumlah yang dipakai untuk pengujian tekan VE + MEKP + Co + FA + Agregat adalah sebanyak 15 campuran, sementara

pengujian tekan VE + MEKP + Co sebanyak 6 campuran. Setelah uji tekan maka hasil uji tekan, berat jenis, harga, dan workabilitas akan menjadi pertimbangan untuk menentukan campuran yang paling ideal.

Setelah mendapat campuran yang paling ideal tahapan selanjutnya adalah melakukan tahapan uji tarik dan uji lentur terhadap campuran yang paling ideal tersebut. Bentuk dan ukuran benda uji tarik mengacu pada ASTM D 638 M [6] sementara uji lentur mengacu pada ASTM D 7264 [5]. Setelah semua pengujian dilakukan maka selanjutnya dapat disimpulkan bagaimana campuran yang paling ideal dari penelitian ini dan berapa hasil uji kekuatan mekanisnya.



Gambar 3. Mesin Uji Tekan

Sumber: Dokumentasi Pribadi

3. HASIL DAN PEMBAHASAN

Setelah melakukan pengujian dengan memasukkan EPS ke dalam cairan vinil ester didapati bahwa EPS leleh dan larut dalam cairan vinil ester. Maka, campuran VE bersama dengan EPS tidak layak. Sementara itu, setelah melakukan pengujian pencampuran VE + MEKP + Co + FA + Serbuk Kayu ternyata campuran yang dihasilkan tidak begitu solid atau cukup loose, hal ini kemungkinan diakibatkan oleh serbuk kayu yang cukup banyak menyerap vinil ester sehingga ikatan antar material tidak begitu kuat. Maka dari itu pasir besi lumajang dipilih untuk menjadi bahan campuran dikarenakan tidak larut dalam cairan VE dan memiliki penyerapan air yang lebih kecil dibanding ampas kayu.

Kemudian dilanjutkan dengan melakukan uji tekan terhadap campuran VE + MEKP + Co dan dari hasil pengujian sebagaimana yang dapat dilihat pada tabel 1 bahwa campuran terbaik adalah campuran nomor 5 dengan komposisi MEKP sebanyak 3% dari persentase VE, dan Co sebanyak 1,5% dari presentase VE. Namun, saat proses pengecoran ditemukan cukup banyak busa yang berada di atas permukaan campuran nomor 5. Sehingga campuran yang dipilih adalah campuran nomor 3 dikarenakan minimnya busa dan memiliki kuat tekan yang tidak berbeda jauh.

Tabel 1. Persentase Uji VE+MEKP+Co dan Hasil

Run	VE	MEKP (gram)	Co	Kuat Tekan (MPa)	Berat Jenis (kg/m ³)
1	100	1.5	1	44.44	1116.67
2	100	3	1		gagal
3	100	4.5	1	73.38	1087.63
4	100	1.5	1.5		gagal
5	100	3	1.5	75.29	1149.18
6	100	4.5	1.5	69.12	1160.37

Sumber: Hasil Penelitian

Tabel 2. Persentase Uji VE+MEKP+Co+FA+PBL dan Hasil

Run	VE	MEKP	Co (%)	FA	PLB	Kuat Tekan (MPa)	Berat Jenis (kg/m ³)	Harga/Benda Uji (Rp)
1	28.98	1.30	0.29	22.88	45.75	91.03	2119.88	6017.70
2	33.43	1.50	0.33	21.27	42.54	70.92	2046.87	7273.86
3	37.84	1.70	0.38	19.68	39.36	78.51	2012.93	8673.21
4	42.23	1.90	0.42	18.10	36.19	92.64	1942.53	10251.54
5	46.58	2.10	0.47	16.53	33.05	86.29	1856.14	11439.34
6	30.37	1.37	0.30	22.38	44.75	74.36	2110.29	6442.03
7	35.02	1.58	0.35	20.70	41.39	68.86	2034.72	7827.60
8	39.64	1.78	0.40	19.03	38.06	82.05	1956.54	9389.86
9	44.23	1.99	0.44	17.37	34.75	81.70	1899.71	10618.14

Run	VE	MEKP	Co (%)	FA	PLB	Kuat Tekan (MPa)	Berat Jenis (kg/m ³)	Harga/Benda Uji (Rp)
10	48.77	2.19	0.49	15.73	31.47	83.20	1821.73	12236.74
11	31.90	1.44	0.32	21.82	43.65	79.78	2062.18	6931.65
12	36.78	1.66	0.37	20.06	40.12	81.23	2017.64	8271.88
13	41.62	1.87	0.42	18.31	36.63	82.86	1950.01	9737.45
14	46.43	2.09	0.46	16.58	33.16	86.71	1862.78	11365.97
15	51.19	2.30	0.51	14.86	29.72	83.17	1794.97	13211.74

Sumber: Hasil Penelitian

Kemudian hasil pengujian benda uji 15 campuran VE + MEKP + Co + FA + PBL dapat dilihat pada tabel 2. Dapat diketahui bahwa campuran terbaik pada penelitian ini adalah campuran nomor 4 dengan persentase VE : FA : PBL sebesar 42,23% : 18,10% : dan 36,19% yang memiliki kuat tekan sebesar 92,64 MPa. Kemudian diikuti oleh campuran nomor 1 dengan persentase 28,98% : 22,88% : 45,75% yang memiliki kuat tekan sebesar 91,03 MPa. Campuran 4 memiliki kuat tekan paling besar yaitu sebesar 92,64 MPa diikuti campuran 1 dan 14 yang masing-masing memiliki kuat tekan sebesar 91,03 dan 86,71 MPa. Campuran 1, 4, dan 14 secara berurutan memiliki berat jenis sebesar 2.119,88, 1.942,53, dan 1.862,78 kg/m³ serta secara berurutan memiliki harga/benda uji sebesar Rp6.017,70, Rp10.251,54, dan Rp11.365.97. Dari ke-3 campuran tersebut campuran 1 memiliki kuat tekan terbaik ke-2, berat jenis teringan ke-3, dan harga terekonomis ke-1. Sementara campuran 4 memiliki kuat tekan terbaik ke-1, berat jenis teringan ke-3, dan harga terekonomis ke-2. Sedangkan benda uji 14 memiliki kuat tekan terbaik ke-3, berat jenis teringan ke-2, dan harga terekonomis ke-3.

Setelah mengetahui bahwa campuran yang paling ideal adalah campuran nomor 4. Maka selanjutnya campuran tersebut dilakukan uji tarik dan uji lentur dengan hasil masing-masing 12,19 MPa dan 106,18 MPa.

4. KESIMPULAN

Komposisi material yang paling baik digunakan pada penelitian ini adalah VE + MEKP + Co + FA + PBL. Persentase terkuat MEKP dan Co terhadap persentase VE masing-masing adalah 3% dan 1,5% namun yang dipilih pada campuran ini adalah 4,5% dan 1% karena memiliki workabilitas yang paling baik dan kuat tekan yang tinggi. Lalu, untuk campuran dengan FA dan PBL persentase terbaiknya adalah VE : FA : PBL sebesar 42,23% : 18,10% : dan 36,19% yang mempunyai kuat tekan 92, 64 MPa, kuat tarik 12,19 MPa, dan kuat lentur 106,18 MPa.

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., London: Chapman and Hall, 1998.