E-ISSN : 3025-1311
https://journal.cib.institute/index.php/kohesi

Kohesi: Jurnal Multidisiplin Saintek
Volume 11 No 6 Tahun 2026

EVALUASI KEKUATAN IKATAN MORTAR VINYL ESTER TERHADAP BETON SUBSTRAT

Sony Dwi Kurnia[1], Bobby Asukmajaya R[2], Sugeng Riyanto[3]
Politeknik Negeri Malang [1-3]
Email: sokasoka736@gmail.com, @polinema.ac.id, @polinema.ac.id

ABSTRAK

Kerusakan pada struktur beton memerlukan metode perbaikan yang mampu memulihkan kinerja struktur dalam waktu singkat tanpa mengurangi kualitas ikatan antara material lama dan material perbaikan. Mortar polimer berbasis vinyl ester dengan filler fly ash dan pasir Lumajang (PMVE) menjadi salah satu alternatif karena memiliki karakteristik pengerasan cepat, kekuatan mekanik tinggi, serta potensi meningkatkan kualitas lekatan terhadap beton dan tulangan. Penelitian ini bertujuan mengevaluasi kelayakan ikatan PMVE sebagai material rapid patching melalui pengujian perilaku ikatan pada berbagai kondisi pembebanan. Metode yang digunakan merupakan penelitian eksperimental laboratorium dengan beton substrat mutu fc' 35 MPa dan PMVE sebagai material perbaikan. Pengumpulan data dilakukan melalui pengujian sifat material, perancangan campuran, serta pengujian Direct Shear Test pada umur 3 jam, 24 jam, dan 7 hari menggunakan Universal Testing Machine (UTM), disertai pengamatan pola keruntuhan dan analisis perbandingan biaya material. Hasil penelitian menunjukkan bahwa PMVE mampu membentuk ikatan dengan beton substrat dan menjadi alternatif yang prospektif untuk metode patching cepat, dengan evaluasi didasarkan pada nilai kuat ikat, karakteristik keruntuhan, serta perkembangan kinerja pada setiap umur pengujian.

Kata kunci : mortar polimer; vinyl ester; fly ash; ikatan beton

ABSTRACT

Damage to concrete structures requires repair methods capable of restoring structural performance within a short period without compromising the bond quality between the old material and the repair material. Vinyl ester-based polymer mortar filled with fly ash and Lumajang sand (PMVE) is proposed as an alternative because of its fast-curing characteristics, high mechanical strength, and potential to improve adhesion quality to both concrete and reinforcement. This study aims to evaluate the bond feasibility of PMVE as a rapid patching material through testing of bond behavior under various loading conditions. The method employed was a laboratory experimental study using a concrete substrate with a compressive strength of fc' 35 MPa and PMVE as the repair material. Data were collected through material property testing, mix design, and Direct Shear Test at ages of 3 hours, 24 hours, and 7 days using a Universal Testing Machine (UTM), accompanied by observation of failure patterns and a comparative material cost analysis. The results show that PMVE is able to form a bond with the concrete substrate and represents a prospective alternative for rapid patching methods, with the evaluation based on bond strength values, failure characteristics, and performance development at each testing age.

Keywords *: polymer mortar; vinyl ester; fly ash; bond strength*

Article History
Received: November 2026
Reviewed:November 2026
Published: November 2026

Plagiarism Checker No 237.u873247.fh8374

Copyright : Author
Publish by : Kohesi

This work is licensed under a Creative Commons Attribution-NonCommercial 4.0 International License

1. PENDAHULUAN

Beton merupakan material konstruksi yang paling banyak digunakan pada pembangunan gedung, jembatan, jalan layang, dan berbagai infrastruktur transportasi karena memiliki kekuatan tekan tinggi, kemudahan pengerjaan, serta biaya produksi yang relatif ekonomis. Namun, selama masa layan, struktur beton dapat mengalami penurunan kualitas akibat pengaruh lingkungan agresif, penetrasi ion klorida, karbonasi, pembebanan berulang, dan kegagalan pelaksanaan konstruksi. Kerusakan tersebut umumnya ditandai dengan retak, delaminasi, spalling, hingga penurunan kapasitas struktural.

Perbaikan beton konvensional umumnya menggunakan mortar berbasis semen Portland. Akan tetapi, material tersebut memiliki kelemahan berupa waktu pengerasan yang relatif lama dan perkembangan kekuatan awal yang rendah sehingga kurang sesuai untuk pekerjaan rehabilitasi yang membutuhkan pembukaan kembali layanan infrastruktur dalam waktu singkat. Kondisi tersebut mendorong berkembangnya teknologi perbaikan cepat (rapid repair system) dengan memanfaatkan material berbasis polimer.

Penelitian oleh Rochman et al. (2024) menunjukkan bahwa beton polimer berbasis vinyl ester dan fly ash mampu mencapai kuat tekan di atas 60 MPa pada umur awal. Ferdous et al. (2021) melaporkan bahwa kegagalan sistem perbaikan beton sebagian besar dipengaruhi oleh rendahnya kualitas ikatan antara material lama dan material perbaikan. Ahmad et al. (2021) menyatakan bahwa kualitas ikatan yang baik berperan penting dalam mekanisme transfer beban pada sistem perbaikan beton. Penelitian lainnya oleh Chen et al. (2024), Wang dan Li (2022), serta Berkak et al. (2025) juga menunjukkan bahwa material berbasis polimer memiliki kemampuan adhesi dan ketahanan lingkungan yang lebih baik dibandingkan mortar konvensional.

Meskipun berbagai penelitian telah mengkaji sifat mekanik beton polimer berbasis vinyl ester, sebagian besar penelitian masih berfokus pada kuat tekan dan kuat lentur material. Penelitian yang secara khusus mengevaluasi perilaku ikatan antara mortar vinyl ester dan beton substrat pada berbagai kondisi pembebanan masih sangat terbatas, khususnya pada aplikasi rapid patch repair.

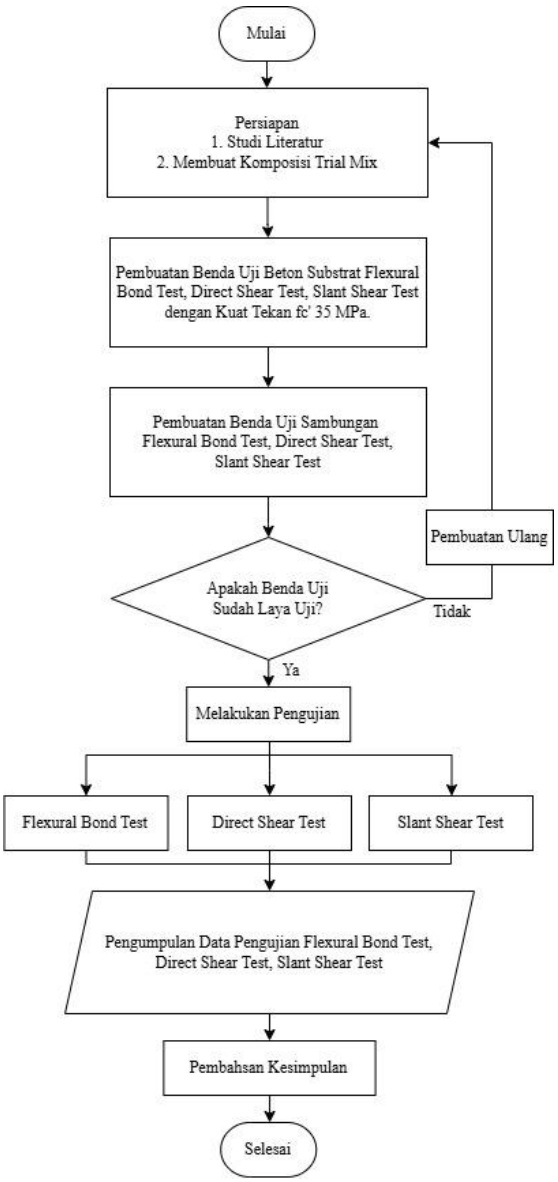
Berdasarkan research gap tersebut, penelitian ini bertujuan mengevaluasi kekuatan ikatan mortar vinyl ester terhadap beton substrat melalui pengujian lentur, geser, dan geser miring pada berbagai umur pengujian sehingga dapat diketahui kelayakan mortar vinyl ester sebagai material perbaikan cepat.

2. METODE

Penelitian ini menggunakan metode eksperimental laboratorium untuk mengevaluasi kekuatan ikatan mortar polimer berbasis resin vinyl ester terhadap beton substrat pada sistem perbaikan cepat (rapid repair). Penelitian dilaksanakan di Laboratorium Bahan Konstruksi Jurusan Teknik Sipil Politeknik Negeri Malang. Material yang digunakan terdiri atas beton substrat mutu rencana fc' 35 MPa, resin vinyl ester sebagai bahan pengikat utama, fly ash sebagai filler, pasir Lumajang sebagai agregat halus, serta katalis methyl ethyl ketone peroxide (MEKP) dan cobalt sebagai akselerator proses polimerisasi.

Tahapan penelitian diawali dengan persiapan material dan pengujian karakteristik bahan penyusun, meliputi pengujian berat jenis, kadar air, gradasi agregat, dan sifat fisik lainnya yang diperlukan dalam perancangan campuran. Setelah seluruh material

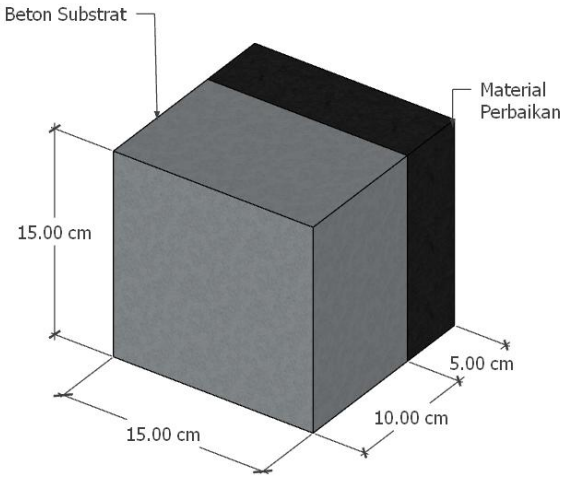
memenuhi persyaratan, dilakukan pembuatan beton substrat dengan mutu rencana 35 MPa yang dicetak dan dirawat hingga mencapai umur pengujian. Permukaan beton substrat kemudian dipersiapkan dengan metode pengasaran (surface roughening) untuk meningkatkan mekanisme interlocking antara beton lama dan material perbaikan.



Gambar 1. Bagan Alur Penelitian

Pembuatan mortar polimer dilakukan dengan mencampurkan resin vinyl ester dan katalis sesuai komposisi yang telah direncanakan, kemudian ditambahkan fly ash dan pasir Lumajang secara bertahap hingga diperoleh campuran yang homogen. Mortar yang telah tercampur kemudian diaplikasikan pada permukaan beton substrat untuk membentuk benda uji pengujian ikatan. Desain benda uji

Evaluasi kekuatan ikatan dalam penelitian ini dilakukan menggunakan metode Direct Shear Test untuk mengetahui kemampuan bidang sambungan antara material perbaikan dan beton substrat dalam menahan gaya geser murni. Pengujian dilakukan pada umur 3 jam, 24 jam, dan 7 hari untuk mengetahui perkembangan kekuatan ikatan geser sejak umur awal hingga mencapai kondisi matang, sekaligus untuk melihat laju peningkatan kekuatan seiring bertambahnya waktu curing material perbaikan..



Gambar 2. Desain Benda Uji Direct Shear Test

Desain benda uji Direct Shear Test sebagaimana ditunjukkan pada Gambar 2 berbentuk kubus dengan dimensi total 15,00 cm x 15,00 cm x 15,00 cm, yang terdiri dari dua bagian material yang disatukan pada satu bidang sambungan vertikal. Bagian beton substrat memiliki ketebalan 10,00 cm, sedangkan bagian material perbaikan memiliki ketebalan 5,00 cm, sehingga bidang sambungan berada pada posisi tidak simetris terhadap panjang total benda uji. Konfigurasi ini dirancang agar gaya geser dapat bekerja secara langsung pada bidang pertemuan antara beton substrat dan material

perbaikan, sehingga kekuatan ikatan geser (direct shear strength) antara kedua material dapat diukur secara representatif.

3. HASIL DAN PEMBAHASAN

Beton yang digunakan dalam penelitian ini merupakan beton normal dengan kuat tekan rencana (fc') sebesar 35 MPa yang berfungsi sebagai beton substrat (beton induk) pada pengujian metode perbaikan cepat. Perencanaan campuran beton mengacu pada SNI 03-2834-2000 dengan mempertimbangkan karakteristik material penyusun, yaitu semen Portland Tipe I, agregat halus, agregat kasar, dan air, dengan menggunakan FAS 0,4 sehingga diperoleh proporsi campuran yang mampu mencapai kuat tekan rencana dan menghasilkan kualitas beton yang seragam.



Gambar 3. Pengujian Silinder dengan Mix Desain Campuran Beton Normal dengan Nilai FAS 0,4

Pengujian kuat tekan beton pada umur 7 hari dilakukan untuk mengetahui perkembangan awal kekuatan beton setelah proses hidrasi semen berlangsung selama masa perawatan. Hasil pengujian pada umur ini memberikan gambaran mengenai laju peningkatan kuat tekan beton, sekaligus menjadi indikator awal keberhasilan proses pencampuran, pengecoran, dan curing yang diterapkan pada benda uji. Rekapitulasi hasil pengujian kuat tekan beton umur 7 hari disajikan pada tabel berikut.

Tabel 1. Hasil Perhitungan Mix Desain Campuran Beton Normal dengan Nilai FAS 0,4

Benda Uji	Hasil Kuat Tekan (kN)	Luas Penampang Silinder A = (π d^2) / 4	Perhitungan Kuat Tekan, fc' = P/A (MPa)
1	503		28,46
2	483	17.671	27,33
3	390		22,07
		Rata-rata	**25,97**

Berdasarkan hasil pengujian kuat tekan beton normal dengan nilai FAS 0,4 pada umur 7 hari sebagaimana disajikan pada Tabel 4.9, diperoleh nilai kuat tekan rata-rata sebesar 25,97 MPa. Mengacu pada ketentuan konversi kuat tekan beton berdasarkan SNI, nilai kuat tekan pada umur 7 hari dikonversikan ke umur 28 hari menggunakan faktor konversi sebesar 0,65, sehingga diperoleh perkiraan kuat tekan pada umur 28 hari sebesar 25,97 / 0,65 = 39,95 MPa. Nilai tersebut telah melampaui kuat tekan rencana fc' = 35 MPa, yang mengindikasikan bahwa campuran beton dengan FAS 0,4 telah memenuhi persyaratan kekuatan minimum yang ditetapkan dalam perencanaan.

Beton substrat untuk benda uji Direct Shear Test dicetak menggunakan cetakan kubus berukuran 15,00 cm x 15,00 cm x 10,00 cm sesuai desain pada Gambar 2, dengan pemadatan yang merata untuk menghindari terbentuknya rongga udara pada permukaan sambungan. Setelah mengeras dan dilepas dari cetakan, benda uji dirawat (curing) hingga mencapai umur yang ditentukan sebelum permukaan sambungannya dipreparasi untuk aplikasi material perbaikan PMVE.



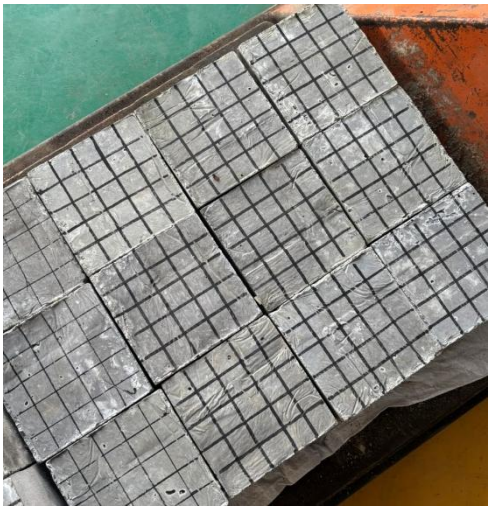
Gambar 4. Pencetakan Beton Substrat Direct Shear Test dengan Bekisting Kubus.

Benda uji beton substrat selanjutnya dilakukan curing dengan perendaman dalam air hingga mencapai umur 28 hari untuk memastikan tercapainya kekuatan beton sesuai kuat tekan rencana.



Gambar 5. Proses Curing Beton Substrat DIrect Shear Test.

Setelah beton substrat mencapai umur 28 hari, langkah selanjutnya adalah melakukan preparasi permukaan bidang sambungan dengan cara melukai (roughening) permukaan beton substrat Direct Shear Test yang akan disambung dengan PMVE. Proses ini bertujuan untuk meningkatkan tekstur permukaan serta memperluas bidang kontak, sehingga daya rekat (adhesi) antara beton substrat dan material perbaikan PMVE dapat tercapai secara optimal.



Gambar 6. Memberi Garis Pembantu dengan Jarang Antar Garis 3 cm x 3 cm.



Gambar 7. Melukai Permukaan Beton Substrat dengan Alat Bantu Grinda Sesuai Garis Penanda.

Tahap berikutnya adalah pencampuran material PMVE sesuai komposisi yang telah ditentukan hingga diperoleh campuran yang homogen dan siap diaplikasikan. Campuran PMVE yang telah tercampur merata kemudian dituangkan pada permukaan beton substrat yang telah dilukai, dengan memastikan seluruh bidang sambungan terlapisi secara merata guna menghindari terbentuknya rongga udara serta menghasilkan ikatan yang optimal antara material perbaikan dan beton substrat.



Gambar 8. Proses Pencampuran Komposisi PMVE.



Gambar 9. Penuangan Campuran PMVE pada Bekisting Kubus dengan Beton Substrat.

Hasil pengujian Direct Shear Test menunjukkan bahwa PMVE memiliki performa ikatan geser yang baik dan mengalami peningkatan kekuatan seiring bertambahnya umur. Pada umur pengujian 3 jam, PMVE telah menghasilkan kuat geser sebesar 41,97 kg/cm^2, yang menunjukkan bahwa material ini mampu mencapai kekuatan ikatan awal yang cukup tinggi dalam waktu yang relatif singkat. Kekuatan geser tersebut kemudian meningkat menjadi 58,42 kg/cm^2 pada umur pengujian 24 jam, atau mengalami peningkatan sekitar 39% dibandingkan hasil pada umur 3 jam.

Peningkatan nilai kuat geser ini mengindikasikan bahwa proses polimerisasi resin vinyl ester pada PMVE berlangsung secara optimal seiring bertambahnya waktu, sehingga menghasilkan ikatan yang semakin kuat antara material perbaikan dan substrat beton. Dengan pencapaian kekuatan ikatan yang tinggi pada umur pengujian dini (3 jam) serta peningkatan signifikan pada umur 24 jam, PMVE menunjukkan potensi yang baik untuk digunakan sebagai material perbaikan cepat (rapid repair material.

Tabel 2. Hasil Pengujian Direct Shear Test

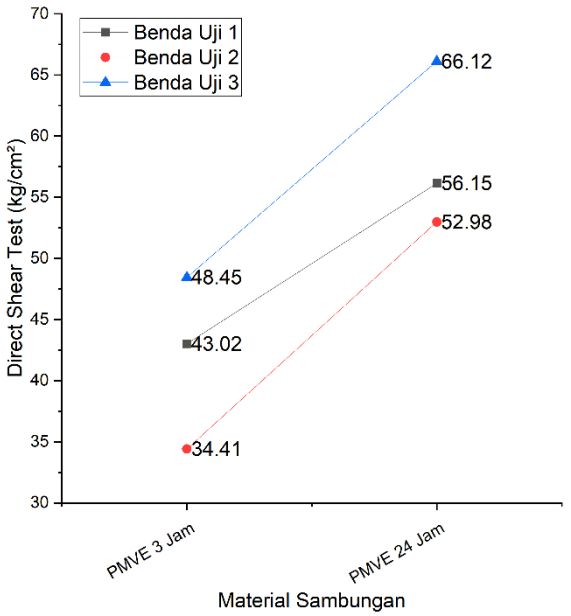
Material Sambungan	Umur Pengujian	Rata-rata Kuat Geser (kg/cm^2)
PMVE	3 jam	41,97
PMVE	24 jam	58,42



Gambar 10. Pengujian Direct Shear Test

Pada pengujian Direct Shear Test, PMVE menunjukkan kemampuan menahan gaya geser yang baik, ditandai dengan kenaikan nilai kuat geser secara konsisten seiring bertambahnya umur pengujian. Peningkatan tersebut mengindikasikan bahwa proses polimerisasi resin vinyl ester berlangsung secara bertahap dan semakin sempurna sejalan dengan bertambahnya waktu curing,

sehingga ikatan yang terbentuk pada bidang sambungan menjadi semakin kuat. Kondisi ini mencerminkan bahwa perpaduan resin vinyl ester, fly ash, dan pasir Lumajang berkontribusi dalam memperkuat daya rekat terhadap permukaan beton substrat, di mana resin vinyl ester berperan sebagai pengikat utama sementara fly ash dan pasir Lumajang membantu memperbaiki kepadatan matriks material perbaikan. Dengan demikian, bidang sambungan antara PMVE dan beton substrat mampu menahan tegangan geser secara optimal, sehingga material ini berpotensi diaplikasikan pada pekerjaan perbaikan struktur yang membutuhkan kekuatan ikatan geser tinggi.



Gambar 11. Grafik Hasil Pengujian Direct Shear Test

Berdasarkan Gambar 13, hasil pengujian Direct Shear Test menunjukkan bahwa nilai kuat geser PMVE pada seluruh benda uji mengalami peningkatan dari umur 3 jam ke umur 24 jam. Pada umur 3 jam, nilai kuat geser berkisar antara 34,41–48,45 kg/cm², kemudian meningkat menjadi 52,98–66,12 kg/cm² pada umur 24 jam. Peningkatan ini konsisten terjadi pada ketiga benda uji (Benda Uji 1, 2, dan 3), yang mengindikasikan bahwa proses polimerisasi resin vinyl ester pada PMVE berlangsung secara progresif seiring bertambahnya waktu curing, sehingga menghasilkan ikatan yang semakin kuat pada bidang sambungan antara material perbaikan dan beton substrat.

Tabel 3. Renacana Anggaran Biaya Pembuatan 1cm3 PMVE

PMVE				
Kebutuhan	**Satuan**	**Kuantitas**	**Harga Satuan**	**Jumlah Harga**
Vinyl Ester	kg	0,00052	Rp 68.000	Rp 35.360
MEKP 2%	kg	0,00001	Rp 79.500	Rp 0.827
Cobalt 0,6%	kg	0,000003	Rp 170.000	Rp 0.544
Fly Ash	kg	0,00040	Rp 300	Rp 0.122
Pasir Lumajang	kg	0,000927	Rp 125	Rp 0.116
Total				Rp 36.969

Berdasarkan rencana anggaran biaya pembuatan 1 cm³ PMVE, total biaya yang dibutuhkan hanya sebesar Rp36.969, dengan komponen biaya terbesar berasal dari Vinyl Ester (Rp35.360) yang menyumbang sekitar 95,6% dari total biaya, sedangkan komponen lain seperti MEKP 2%, Cobalt 0,6%, Fly Ash, dan Pasir Lumajang secara kumulatif hanya berkontribusi kurang dari 5%. Nilai ini mengindikasikan bahwa PMVE tergolong material yang ekonomis untuk digunakan

sebagai bahan perbaikan, mengingat kebutuhan bahan tambahan (aditif dan filler) dalam jumlah sangat kecil sehingga tidak membebani biaya produksi secara signifikan. Dengan biaya produksi per satuan volume yang relatif rendah serta didukung oleh performa kuat lekat yang kompetitif, khususnya pada pengujian *Slant Shear Test* untuk PMVE 3 Jam, PMVE dapat dipertimbangkan sebagai alternatif material perbaikan yang efisien dari segi biaya sekaligus mampu memberikan kekuatan struktural yang memadai.

4. KESIMPULAN

Berdasarkan hasil pengujian Direct Shear Test menggunakan beton substrat dengan kuat tekan rencana fc' = 35 MPa, PMVE menunjukkan peningkatan kuat geser yang konsisten pada seluruh benda uji, yaitu dari kisaran 34,41–48,45 kg/cm^2 pada umur 3 jam menjadi 52,98–66,12 kg/cm^2 pada umur 24 jam. Peningkatan ini mengindikasikan bahwa proses polimerisasi resin vinyl ester pada PMVE berlangsung secara progresif seiring bertambahnya waktu curing, sehingga menghasilkan ikatan yang semakin kuat pada bidang sambungan antara material perbaikan dan beton substrat berkekuatan tinggi tersebut. Hal ini menunjukkan bahwa PMVE mampu beradaptasi dengan baik terhadap substrat beton mutu tinggi, sekaligus mengonfirmasi keandalan material ini untuk diaplikasikan pada elemen struktur yang membutuhkan kekuatan awal tinggi.

Ditinjau dari aspek ekonomi, hasil perhitungan rencana anggaran biaya menunjukkan bahwa produksi 1 cm^3 PMVE hanya membutuhkan biaya sebesar Rp36.969, dengan komponen biaya dominan berasal dari Vinyl Ester sebesar Rp35.360 atau setara 95,6% dari total biaya produksi. Sementara itu, komponen aditif dan filler lainnya, yaitu MEKP (2%), Cobalt (0,6%), Fly Ash, dan pasir Lumajang, secara kumulatif hanya berkontribusi kurang dari 5% terhadap total biaya, sehingga tidak memberikan pengaruh yang signifikan terhadap struktur biaya produksi secara keseluruhan. Temuan ini mengindikasikan bahwa PMVE merupakan material yang efisien secara ekonomis, mengingat kebutuhan bahan tambahan dalam proses produksinya relatif minim. Dengan mempertimbangkan efisiensi biaya produksi per satuan volume serta performa kuat geser yang menunjukkan peningkatan signifikan seiring bertambahnya umur curing dan kompatibilitasnya terhadap beton substrat bermutu tinggi (fc' = 35 MPa), PMVE dapat direkomendasikan sebagai alternatif material perbaikan cepat (rapid repair material) yang efisien dari segi biaya sekaligus memiliki kapasitas struktural yang memadai untuk aplikasi perbaikan beton.

DAFTAR PUSTAKA

[1] Ahmad, S., et al., 2021. Bond behaviour of concrete repair materials. *Construction and Building Materials*, 287, pp.1–14.

[2] Berkak, H., Makhloufi, Z. & Chenafi, H., 2025. Polymer modified mortar performance. *Materials Today Communications*, 40, pp.1–12.

[3] Chen, Y., et al., 2024. Fly ash-based polymer repair mortar. *Case Studies in Construction Materials*, 20, pp.1–15.

[4] Demura, K. & Saito, M., 2025. Polymer modified cement composites. *Materials*, 18(2), pp.1–19.

[5] Ferdous, W., et al., 2021. Interface bond performance of repair materials. *Journal of Building Engineering*, 34, pp.1–12.

[6] Janamian, S. & Aguiar, J., 2023. Cement hydration and durability. *Materials*, 16(11), pp.1–21.

[7] Józefiak, A. & Michalczyk, M., 2020. Vinyl ester resin characteristics. *Polymers*, 12(6), pp.1–18.

[8] Kim, J.H., 2020. Polymer modified mortar and concrete. *Construction and Building Materials*, 247, pp.1–15.

[9] Neville, A.M., 2011. *Properties of Concrete*. 5th ed. London: Pearson.

[10] Rochman, T., et al., 2024. Mechanical properties of vinyl ester polymer concrete. *Materials Today Communications*, 38, pp.1–13.

[11] Wang, Y. & Li, X., 2022. Effect of fly ash on polymer mortar microstructure. *Construction and Building Materials*, 327, pp.1–14.

[12] Zhang, X., et al., 2021. Pozzolanic activity of fly ash in composite materials. *Materials*, 14(9), pp.1–16.

[13] Ding, Y., et al., 2020. Concrete microcracking and durability. *Cement and Concrete Composites*, 112, pp.1–10.

[14] Rahman, M., et al., 2020. Sustainable utilization of fly ash in mortar. *Journal of Cleaner Production*, 270, pp.1–12.

[15] Pranata, R., et al., 2024. Rapid repair technologies for concrete infrastructures. *Case Studies in Construction Materials*, 21, pp.1–15.