

PENGARUH SUBSTITUSI PASIR MENGGUNAKAN SERBUK BESI DAN ZAT ADITIF BESTMITTEL 0.5 % TERHADAP KUAT TEKAN MUTU TINGGI DAN RESAPAN AIR MORTAR PRACETAK FEROSEMEN

Roby Dwi Prasetyo¹, Dadang Dwi Pranowo², Ahmad Utanaka³, M. Shofiul Amin⁴, Wahyu Naris Wari⁵

^{1,2,3,4,5}Jurusan Teknik Sipil, Politeknik Negeri Banyuwangi, Kota Banyuwangi

Email *corresponding author*: dadangdp@poliwangi.ac.id

Info Artikel

Diajukan: 12/08/2024
Direview: 29/08/2024
Dipublikasi: 30/08/2024

Abstrak

Mortar merupakan salah satu bahan bangunan campuran dari semen, pasir dan air. Mortar merupakan komponen dari beton. Salah satu cara untuk meningkatkan kekuatan mortar dengan cara meningkatkan kepadatan dengan mencari susunan gradasi butiran ukuran yang dapat mengisi ruang kosong pada *matrix* semen. Untuk itu penelitian ini menggunakan serbuk besi sebagai *filler* untuk meningkatkan berat volume. Penelitian ini untuk mengetahui pengaruh penggunaan serbuk besi terhadap karakteristik mortar mutu tinggi dengan zat *aditif bestmittel* 0,5% pada penerapan mortar pracetak fero semen. Hasil kuat tekan pada umur 28 hari mengalami kenaikan pada benda uji normal sebesar 48,29 MPa sedangkan pada benda uji variasi sebesar 56,28 MPa mengalami kenaikan sebesar 7,99%. Kondisi ini terjadi adanya reaksi antara serbuk besi dengan pasir dalam campuran dan adanya zat *aditif* tipe E yang dapat meningkatkan mortar menjadi kuat tekan yang tinggi. Pada pengujian resapan air dan rembasan air pada umur 28 hari setelah perawatan, hasil pada penambahan serbuk besi dan zat *aditif bestmittel* mengurangi resapan air pada mortar dan pengujian rembesan air pada mortar pracetak fero semen menunjukkan tingkat rembesan yang rendah, dengan nilai sebesar 9 % setelah 24 jam. Dengan demikian, penggunaan serbuk besi dan zat *aditif* dapat meningkatkan kualitas dan kedap air pada mortar pracetak fero semen

Kata Kunci: Mortar Pracetak Fero semen, Mortar mutu tinggi, Resapan Air, Serbuk Besi.

Abstract

Mortar is a construction material mixed with cement, sand and water. Mortar is a component of concrete. One way to increase the strength of mortar is to increase its density by looking for particle size gradation that is capable of filling the voids in the cement matrix. For this reason, this study used iron powder as a filler to increase density. Meru Mortar This study aimed to determine the effect of using iron powder on the properties of high quality mortar with Bestmittel 0.5% additive in reinforced precast mortar applications. The results of compressive strength at the age of 28 days showed that the normal sample increased by 48.29 MPa while the variation of 56.28 MPa increased by 7.99%. This condition is due to the reaction between iron powder and sand in the mixture and the presence of type E additives that can increase the mortar's compressive strength. In the water permeation and penetration tests performed 28 days after curing, the results of the addition of iron powder and the bestmittel additive were reduced water penetration into the mortar and water penetration test in cast reinforced mortar. showed low permeability, with a value of 9 % after 24 hours. Therefore, the use of iron powder and additives can improve the quality and waterproofing ability of precast cement mortar.

Keywords: Ferrocement Precast Mortar, High quality Mortar, Water Infiltration, Iron Powder

PENDAHULUAN

Mortar adalah bahan bangunan yang menggabungkan semen, pasir, dan air. Mortar merupakan salah satu komponen beton, dan diperkirakan dengan memperkuat mortar maka mutu beton akan meningkat. Mortar berkualitas tinggi adalah bahan yang sangat padat dengan kuat tekan 150 hingga 250 MPa. Oleh karena itu, mortar yang berkualitas tinggi harus diteliti untuk menghasilkan beton yang berkualitas tinggi. Salah satu cara untuk meningkatkan kekuatan mortar

adalah dengan meningkatkan kepadatan dengan mencari susunan gradasi ukuran butir yang dapat menutupi ruang kosong pada matriks semen. Gradasi butiran kecil ini menghasilkan kepadatan per satuan volume yang sangat tinggi. (Mulyadi, 2020).

Teknologi mortar misalnya, yang banyak digunakan adalah fero semen mortar yang menggabungkan mortar dengan kawat ayam. Untuk meningkatkan mutu mortar dengan kuat tekan yang tinggi, turunkan nilai faktor air semen.

Interaksi semen dengan sedikit air dapat memperkecil pori-pori mortar dan meningkatkan kuat tekan mortar. Menggunakan sedikit air akan membuat mortar lebih sulit dikerjakan karena *viskositasnya*; Oleh karena itu pada mortar yang berkualitas ini ditambahkan bahan aditif tipe E yaitu *Water Reducing And Accelerating Admixture* dengan tujuan agar kerja mortar menjadi lebih mudah dan kuat sifat tekannya (Nugraha, Prayuda, & Saleh, 2019).

Ferosemen harus digunakan dalam konstruksi bangunan khususnya grouting untuk mengatasi permasalahan yang muncul. Oleh karena itu, berbagai kajian harus dilakukan agar dapat dioptimalkan di bidang konstruksi, seperti mengkaji penggunaan serbuk besi pada mortar berkualitas tinggi dengan bahan tambahan pada penerapan mortar ferrocement pracetak. Mortar pracetak ferosemen dapat diproduksi dengan kualitas lebih tinggi dan waktu lebih singkat dibandingkan teknik bangunan cor lokal. Namun dalam penggunaannya, berbagai bidang sifat mortar, seperti kuat tekan dan daya serap air mortar, perlu ditingkatkan (Shinta, Pranowo, Utanaka, Rifqi, & Amin, 2023).

Berdasarkan permasalahan di atas, penelitian ini melihat bagaimana karakteristik mortar mutu tinggi dan bahan *aditif bestmittel* dipengaruhi oleh serbuk besi tersubstitusi pasir pada pengaplikasian mortar pracetak ferosemen. Tujuannya adalah untuk menentukan berapa banyak serbuk besi yang harus digunakan dalam campuran mortar untuk meningkatkan kinerja dan kualitas material.

DASAR TEORI

Ferosemen

Ferosemen adalah sejenis mortar bertulang yang berukuran tipis yang dibuat dari mortar semen, diberi tulangan *wiremesh* M6 -6 mm, dan dilapisi dengan kawat anyam tul susut yang rapat. Berdasarkan beberapa pengertian dan definisi menurut Pedoman Beton 1989 Draft Konsensus dan terminologi ASTM C-125 ferosemen termasuk kategori beton ringan. Menurut definisinya adalah mortar yang seluruh agregat terdiri dari agregat halus (Aminudin, Widyawati, & Septiana, 2022).

Mortar

Mortar didefinisikan sebagai campuran material yang terdiri dari agregat halus (pasir), bahan perekat (tanah liat, kapur, semen *portland*)

dan air dengan komposisi tertentu menurut (SNI 03-6825-2002).

Serbuk Besi

Serbuk besi yang didapatkan dari alam umumnya merupakan senyawa besi dengan oksigen seperti *hematite* (Fe_2O_3), *magnetite* (Fe_3O_4), *limonite* (Fe_2O_3) atau *siderite* (Fe_2CO). Pembentukan senyawa besi oksida tersebut sebagai proses alam yang terjadi selama beribu-ribu tahun. Kandungan senyawa besi di bumi ini mencapai 5% dari seluruh kerak bumi ini. Serbuk besi adalah bagian dari hasil sisa potongan atau sisa pembubutan besi tuang yang merupakan hasil di pemakaian industri (Bahri, 2017).

Zat Aditif Bestmittel

Zat *Additive (Bestmittel)* merupakan bahan tambah dengan formula khusus, yang sangat ekonomis dalam proses pengecoran sehingga menjadikan beton lebih cepat keras dalam usia muda serta mengurangi pemakaian air pada saat pengecoran sehingga meningkatkan mutu atau kekuatan beton (Mergusa Chemie, 2023).

Uji Kuat Tekan

Uji kuat tekan dilakukan pada mortar yang akan diperoleh datanya untuk memastikan kualitas dan kategorisasinya. Kekuatan tekan mortar dapat dihitung dengan cara ini (SNI 03-6825-2002). dalam Persamaan 1 berikut:

$$\sigma_m = \frac{P_{maks}}{A} \dots \dots \dots (1)$$

Keterangan:

σ_m = kekuatan tekan mortar (MPa)

P_{maks} = Gaya tekan maksimum benda uji (mm^2)

A = Luas penampang benda uji (mm^2)

Standar Deviasi

Tujuan Mencari besarnya simpanan nilai kuat tekan benda uji bertujuan untuk menghitung simpangan baku nilai kuat tekan benda uji. Hal ini dikarenakan semakin besar penyimpanan ($\text{Deviasi}=S$) maka semakin kecil nilai kuat tekan benda uji (x). Persamaan 2 dapat digunakan untuk menghitung simpangan baku dan mengacu pada SNI 2847-2019.

$$S = \sqrt{\frac{\sum (x_t - x_{rt})^2}{n-1}} \dots \dots \dots (2)$$

Keterangan:

S = Standar deviasi

X_i = Data kuat tekan masing-masing benda uji ($X_1, X_2, X_3, \dots, x_n$)

X_{rt} = Data kuat tekan rata-rata dari semua benda uji

n = Jumlah benda uji

Uji Resapan

Percobaan ini bertujuan untuk mengetahui kapasitas mortar udara terhadap material berpori yang ada pada uji benda. Proses pengujiannya yaitu dengan mendiamkan benda uji di udara selama 24 jam hingga menjadi keras, kemudian menata kembali benda uji dengan cara dimasukkan ke dalam oven selama 24 jam kemudian diposisikan kembali hingga menjadi keras kembali (Sutriyono et al., 2019).

$$\text{Resapan Air Mortar} = \frac{mb - mk}{mk} \times 100\% \dots \dots \dots (3)$$

Keterangan:

m_b = massa basah dari benda uji (gram)

m_k = massa kering oven dari benda uji (gram)

Uji Rembasan

Tujuan pengujian ini adalah untuk mengidentifikasi ketahanan penyerapan air dan menjadi landasan retensi air yang optimal (Pratiwi, et al., 2014). Rembesan air dapat dihitung dalam Persamaan 4 berikut:

$$\text{Rembasan Air} = \frac{V_s - V_f}{V_f} \times 100\% \dots \dots \dots (4)$$

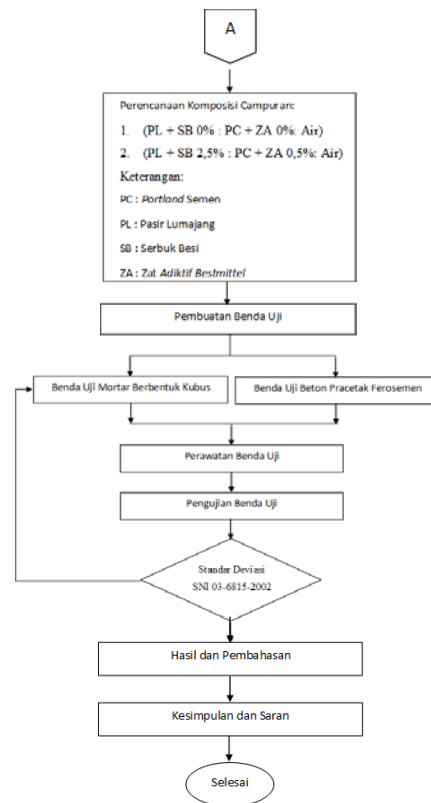
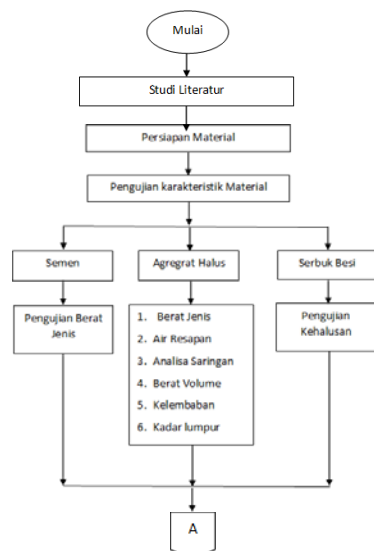
Keterangan:

V_s = Volume Air Awal (m^3)

V_{fs} = Volume Air Akhir (m^3)

METODE PENELITIAN

Penelitian dilaksanakan dalam rangka Laboratorium Pengujian Material Politeknik Negeri Banyuwangi yang diawali dengan evaluasi sifat material dan dilanjutkan dengan pembuatan, pemeliharaan, dan pengujian kuat tekan benda uji. Penelitian ini disusun secara metodis untuk memudahkan pemahaman dengan membuat diagram alir yang menunjukkan langkah-langkah dalam perencanaan dan pelaksanaan penelitian. Diagram alir yang terlihat seperti ini dapat ditemukan di **Gambar 1**.



Gambar 1. Diagram Alir

HASIL DAN PEMBAHASAN

Hasil Pengujian Karakteristik Material

Pada penelitian ini hasil pengujian diawali dengan pengujian bahan yang meliputi pengujian agregat seperti pengujian berat jenis (SNI 03-1970-2008), kadar air resapan (SNI 03-1971-1990), analisis saringan (SNI 03-1968-1990), kadar lumpur (SNI 03-4428-1997), dan kelembaban (SNI 1991). SNI 03-2461-1991. Pada saat yang sama, SNI 15-2531-1991 untuk pengujian berat jenis semen dan SNI 15-2530-1991 untuk pengujian kehalusan serbuk besi termasuk dalam pengujian semen. Hasil uji material selanjutnya dapat dilihat di **Tabel 1**.

Tabel 1. Hasil Pengujian Material

No	Pengujian	Hasil
1	Berat Jenis Pasir	2,12 gram/cm ³
2	Kadar Air Resapan Pasir	0,12%
3	Analisa Saringan Pasir	3,018%,
4	Kadar Lumpur Pasir	0,07%.
5	Kelembaban Pasir	0,04%
6	Berat Jenis Semen	3,00%
7	Kehalusn Serbuk Besi	No. ayakan 100 = 64% No. ayakan 200 = 15%

Hasil Kuat Tekan Mortar

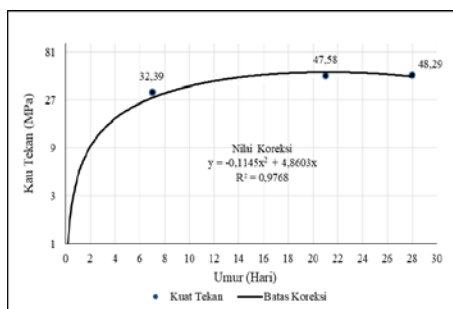
Sebelum dilakukan pengujian untuk mengetahui kuat tekan mortar, benda uji dikeluarkan dari air dan dibiarkan di udara terbuka pada suhu kamar selama satu hari. Benda uji mortar diletakkan pada mesin press untuk menguji kuat tekan mortar setelah kering dan telah ditentukan berat mortar.

Hasil Kuat Tekan Mortar Normal (BN)

Mortar biasa (BN) adalah tanpa penambahan serbuk besi dan bahan aditif bestmittel sebagai benda uji kendali. Mortar normal (BN) diuji kuat tekannya pada umur 7, 21, dan 28 hari dengan jumlah benda uji sebanyak 6 buah pada setiap umurnya, sehingga hasil kuat tekan keseluruhan sebanyak 18 benda uji mortar normal (BN). Hasil uji kuat tekan (BN) normal dapat dilihat pada Tabel 2 berikut.

Tabel 2. Hasil Kuat Tekan Mortar Normal (BN)

Umur Mortar (Hari)	Kuat tekan (MPa)	Standar deviasi (%)
7	32,39	4,96
21	47,58	2,58
28	48,29	2,54



Gambar 2. Grafik campuran mortar normal (BN)

Gambar 2 menunjukkan bahwa kuat tekan normal mortar mengalami peningkatan seiring bertambahnya usia dan telah memenuhi mutu yang direncanakan yaitu 17,2 MPa. Pada umur 28 hari rata-rata kuat tekan mortar sebesar 48,29 MPa. Korelasi umur dengan kuat tekan digambarkan pada persamaan $(-0,1145x^2 + 4,8603x)$ sehingga menghasilkan nilai korelasi (R^2) sebesar 0,9768. Sedangkan uji koefisien deviasi standar menghasilkan 2,54%. Menurut SNI 03-6815-2002, mortar ini masuk dalam kategori “terbaik”.

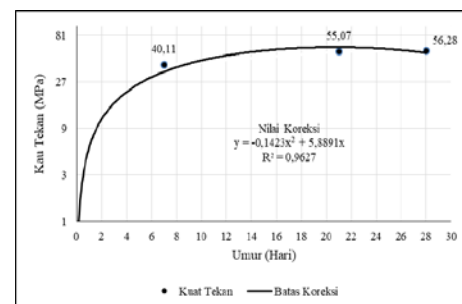
Hasil Kuat Tekan Mortar Variasi Serbuk Besi (BS-2,5%)

Mortar dengan campuran serbuk besi dan bahan tambahan *bestmittel* (BS-2,5%) merupakan

mortar yang mengandung 2,5% serbuk besi dan 0,5% bahan tambahan semen menurut beratnya. Mortar campuran (BS-2,5%) dievaluasi kuat tekannya pada umur 7, 21, dan 28 hari, dengan jumlah benda uji sebanyak 6 buah pada setiap umur, sehingga total 30 benda uji dicampur dengan serbuk besi (BS-2,5%). Hasil pengujian kuat tekan mortar serbuk besi dengan bahan *aditif bestmittel* (BS-2,5%) dapat diamati pada Tabel 3. berikut.

Tabel 3. Hasil Pengujian Kuat Tekan Mortar Variasi Serbuk Besi (BS)

Umur Mortar (Hari)	Kuat tekan (MPa)	Standar deviasi (%)
7	40,11	10,44
21	55,07	3,24
28	56,28	1,11

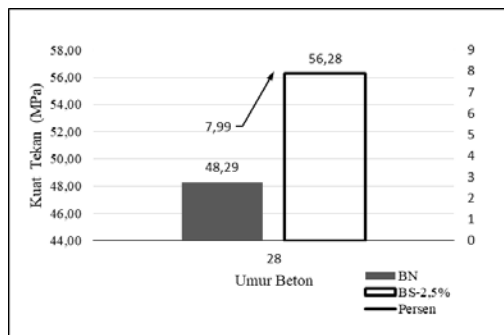


Gambar 3. Grafik Kuat Tekan Variasi

Berdasarkan Gambar 3, hasil kuat tekan mortar pada campuran BS-2,5% mengalami peningkatan pada setiap umurnya, dengan rata-rata kuat tekan mortar pada umur 28 hari sebesar 56,28 MPa. Persamaan $(-0,1423x^2 + 5,889x)$ menggambarkan hubungan antara umur dengan kuat tekan mortar, menghasilkan nilai korelasi (R^2) sebesar 0,9627. Sedangkan standar deviasi uji koefisien sebesar 1,11%. Sesuai dengan SNI 03-6815-2002, mortar ini termasuk dalam kategori “terbaik” dalam standar koefisien variasi pengendalian mortar.

Rekapitulasi Hasil Kuat Tekan Mortar

Rekapitulasi temuan uji kuat tekan mortar pada umur 28 hari, sehingga diperoleh rekapitulasi hasil uji kuat tekan mortar dari semua variasi umur mortar. Rekapitulasi menunjukkan hal itu **Gambar 4.**



Gambar 4. Grafik Hubungan Hasil Kuat Tekan Mortar

Tabel 4. Rekapitulasi Hasil Kuat Tekan Mortar

Kode Camuran	Nilai Kuat Tekan		
	7 Hari	21 Hari	28 Hari
BN	32,39 MPa	47,58 MPa	48,29 MPa
BS-2,5%	40,11 MPa	55,07 MPa	56,28 MPa

Berdasarkan **Tabel 4** dapat dilihat bahwa hasil pengujian kuat tekan mortar pada seluruh variasi bahan pengganti mengalami kenaikan di setiap umur pengujian, pada **Gambar 4** umur 28 hari terdapat pada BN dengan nilai 48,29 MPa dan untuk BS-2,5% dengan nilai 56,28 MPa persentase kenaikan sebesar 7,99 %. Campuran mortar yang pasirnya diganti dengan sebagian serbuk besi dan zat aditif bestmittel mengalami kenaikan lebih tinggi dibanding mortar acuan (normal). Dapat disimpulkan bahwa penggunaan serbuk besi sebagai pengganti pasir dapat membuat kuat tekan semakin tinggi, hal ini terjadi karena serbuk/bubuk besi dapat mengisi rongga-rongga mortar sehingga mampu membuat kuat tekan pada mortar semakin meningkat.

Pengujian Resapan Air Mortar

Uji serapan air dengan benda uji mortar dilakukan dengan menggunakan tiga buah benda uji untuk setiap variasi campuran mortar termasuk serbuk besi sebagai pengganti sebagian pasir 0%, 2,5% dengan bahan tambahan bestmittel 0,5%. Berikut hasil pengujian penyerapan air mortar pada **Tabel 5**.

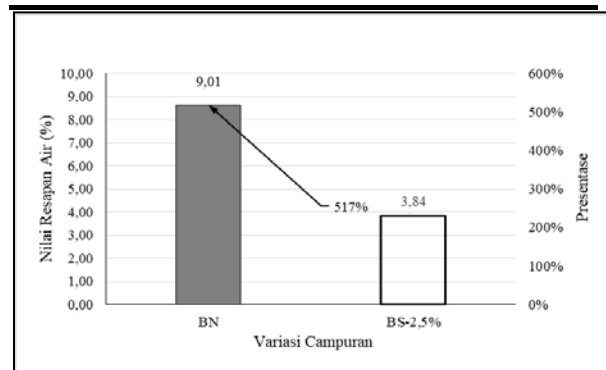
Tabel 5. Hasil Pengujian Resapan Air Mortar

Resapan Air Mortar Normal				
Percobaan	Satuan	1	2	3
Berat Mortar Basah (m_b)	gr	287	286	286
Berat Mortar Kering Oven (m_k)	gr	263	262	263

Kadar Air $\frac{m_b - m_k}{m_k} \times 100\%$	%	9,13	9,16	8,75
Kadar Air Rata-rata	%	9,01		

Resapan Air Mortar BS-2,5%

Percobaan	Satuan	1	2	3
Berat Mortar Basah (m_b)	gram	299	298	297
Berat Mortar Kering Oven (m_k)	gram	288	287	286
Kadar Air $\frac{m_b - m_k}{m_k} \times 100\%$	%	3,82	3,83	3,85
Kadar Air Rata-rata	%	3,83		



Gambar 5. Grafik Nilai Resapan Air Mortar

Grafik pada **Gambar 5** menunjukkan bahwa semakin tinggi persentase penambahan serbuk besi dan *bestmittel* maka nilai serapan air pada mortar semakin rendah. Sampel mortar biasa memiliki nilai serapan tertinggi sebesar 9,01%, sedangkan sampel mortar yang dicampur dengan 2,5% serbuk besi dan 0,5% bahan tambahan *bestmittel* memiliki nilai serapan terendah sebesar 3,84% sehingga terjadi penurunan sebesar 5,17 persen. Keadaan ini terjadi karena butiran serbuk besi yang sangat kecil secara efektif mengisi udara dalam campuran mortar sehingga membuatnya kedap air.

Rembesan Air Beton Pracetak Fero semen

Pengujian rembesan dilakukan pada mortar yang dibuat dengan serbuk besi sebagian menggantikan pasir dan penambahan *bestmittel* setelah 28 hari. Sebelum pengujian, dua buah benda uji dipasang pada sebuah papan. Selanjutnya benda uji diisi air hingga volume yang telah ditentukan dan diamati selama 24 jam. Hasil pengujian rembesan air ditunjukkan pada **Gambar 6**.



Gambar 6. Hasil Pengujian Rembasan Air

Hasil pengujian rembasan pada benda uji beton pracetak fero semen normal dapat dilihat pada **Tabel 6.** berikut:

Diketahui:

Panjang : 1,200 m

Tinggi Air Awal : 0,250 m

Tinggi Air Akhir : 0,238 m

Tabel 6. Hasil Perhitungan Rembasan Air

Keterangan	Satuan	Hasil
Volume Awal (V_s)	m ³	0,083
Volume Akhir (V_f)	m ³	0,078
Rembasan	%	3,88

Adapun rincian perhitungan hasil rembasan air sebagai berikut:

Diketahui:

$$V_s = 0,83 \text{ m}^3$$

$$V_f = 0,78 \text{ m}^3$$

$$\begin{aligned} \text{Rembasan} &= \frac{V_s - V_f}{V_f} \times 100\% \\ &= \frac{0,083 - 0,078}{0,078} \times 100\% \\ &= 9\% \end{aligned}$$

Berdasarkan hasil pengujian rembasan air, benda uji mengalami penurunan volume air dari ketinggian awal 0,250 m. Setelah 24 jam, ketinggian air berkurang menjadi 0,230 m, berarti penurunan sebesar 9%. Berdasarkan pengamatan 24 jam, sedikit tetesan air terbentuk pada permukaan mortar pracetak fero semen.

KESIMPULAN

Berdasarkan hasil penelitian, pengaruh substitusi pasir dengan serbuk besi 2,5% dan penambahan bahan *aditif bestmittel* 0,5% menghasilkan peningkatan kuat tekan benda uji kontrol pada umur 28 hari, peningkatan benda uji normal sebesar 48,29 MPa, dan variasi sebesar 56,28 MPa yang menunjukkan peningkatan

sebesar 7,99%. Keadaan ini terjadi ketika serbuk besi dan pasir bereaksi dalam campuran, dan penambahan bahan *bestmittel* meningkatkan kuat tekan mortar. Daya serap air pada mortar yang dicampur serbuk besi dan bahan *aditif bestmittel* mengalami penurunan seiring dengan meningkatnya persentase penambahan serbuk besi yaitu sebesar 9,01% pada sampel mortar normal, dan nilai serapan minimum diperoleh pada sampel mortar campuran yaitu sebesar 3,84%. Serbuk besi 2,5% dan *aditif bestmittel* 0,5% mengalami penurunan sebesar 5,17%. Keadaan ini terjadi karena butiran serbuk besi yang sangat kecil secara efektif mengisi udara dalam campuran mortar sehingga membuatnya kedap air. Pengujian rembasan air pada mortar pracetak fero semen menghasilkan penurunan volume air, dengan ketinggian awal 0,250 m. Setelah 24 jam, ketinggian air berkurang menjadi 0,230 m, berarti penurunan sebesar 9%. Berdasarkan pengujian mortar, kombinasi serbuk besi dan bahan tambahan *bestmittel* dapat dimanfaatkan untuk pembuatan mortar fero semen pracetak, dengan nilai serapan yang semakin menurun seiring dengan bertambahnya penambahan serbuk besi dan bahan tambahan *bestmittel*.

DAFTAR PUSTAKA

- Aminudin, A., Widyawati, R., & Septiana, T. (2022). Penggunaan Konstruksi Fero semen Pada Daerah Rawa Sragi Untuk Saluran Tersier. *Jurnal Rekayasa Lampung*
- Bahri, S. (2017). Pemanfaatan Limbah Serbuk Besi Sebagai Agregat Halus Pada Campuran Aspal Panas. *ISSN 2086-9045*, 40.
- Mergusia Chemie (2021). Spesifikasi Zat Aditif Bestmittel [Internet] [Diunduh] Tersedia Pada: <https://www.mergusia-chemie.com/brosur/Additives-Concrete/Bestmittel.pdf>
- Nugraha, Y., Prayuda, H., & Saleh, F. (2017). Pengaruh Variasi Bahan Tambah Abu Sekam Padi Dan Zat Adiktif Bestmittel 0,5% Terhadap Kuat Tekan Beton Mutu Tinggi. *Jurnal Ilmiah Semesta Teknik*, 116.
- Pratiwi, C., Sambowo, K. A., & Supardi. (2014). Tinjauan Beban Lentur Dan Rembasan Air Pada Genteng Dengan Bahan Tambah Limbah Serbuk Kaca. *E-Jurnal Matriks Teknik Sipil Vol. 2 No.1*.

- Shinta, Y. D., Pranowo, D. D., Utanaka, A., Rifqi, M. G., & Amin, M. (2023). Pengaruh Penggunaan *Silica Fume* Terhadap Kuat Tekan dan Resapan Air Beton Pracetak Fero semen. *Jurnal Teknik Sipil dan Lingkungan*, 175-185.
- Sutiriono, B., Trimurtiningrum, R., & Rizkiardi, A. 2018. Pengaruh Silica fume sebagai Substitusi Semen terhadap Nilai Resapan dan Kuat Tekan Mortar (Hal. 12-21). RekaRacana: Jurnal Teknik Sipil, 4(4), 12. <https://doi.org/10.26760/rekaracana.v4i4.12>.
- [BSN] Badan Standardisasi Nasional. 1990. SNI 03-1971-1990. Metode Pengujian Kadar Air Agregat. Jakarta: Badan Standardisasi Nasional.
- [BSN] Badan Standardisasi Nasional. 1990. SNI 03-1968-1990. Metode Pengujian Tentang Analisis Saringan Agregat Halus dan Kasar. Jakarta. Badan Standardisasi Nasional.
- [BSN] Badan Standardisasi Nasional. 1990. SNI 03-1971-1990. Metode Pengujian Kadar Air Agregat. Jakarta: Badan Standardisasi Nasional.
- [BSN] Badan Standardisasi Nasional. 1991. SNI 03-2461-1991. Spesifikasi Agregat Ringan Untuk Beton Struktural. Jakarta: Badan Standardisasi Nasional.
- [BSN] Badan Standardisasi Nasional. 1991. SNI 15-2531-1991. Metode Pengujian Berat Jenis Semen Portland. Jakarta: Badan Standardisasi Nasional.
- [BSN] Badan Standardisasi Nasional. 1991. SNI 15-2530-1991. Metode Pengujian Kehalusan Semen Portland. Jakarta: Badan Standardisasi Nasional.
- [BSN] Badan Standardisasi Nasional. 2019. SNI 2847-2019. Persyaratan Beton Struktural untuk Bangunan Gedung. 2019. Jakarta: Badan Standardisasi Nasional.
- [BSN] Badan Standardisasi Nasional. 2002. SNI 03-6825-2002. Metode Pengujian Kekuatan Tekan Mortar Semen Portland Untuk Pekerjaan Sipil. Jakarta: Badan Standardisasi Nasional.
- [BSN] Badan Standardisasi Nasional. 2008. SNI 03-1970:2008. Metode Pengujian Berat Jenis dan Penyerapan Air Agregat Halus. Jakarta: Badan Standardisasi Nasional.