



Pengaruh Proporsi *Silica Fume* Dengan Penambahan Zat *Additive* Terhadap Kuat Tekan Mortar

Ayik Asri Novita¹, Dadang dwi Pranowo², M. Shofi'ul Amin³, Ahmad Utanaka⁴, Catur Bejo Santoso⁵

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

¹asrinovitaayik@gmail.com, ²dadangdp@poliwangi.ac.id, ³shofiul@poliwangi.ac.id,

⁴ahmad.utanaka@poliwangi.ac.id, ⁵catur@poliwangi.ac.id

Abstract

Mortar is commonly used in construction as a strong and durable building mixture that is relatively easy to make. One of the problems that often occurs in Indonesia, especially in buildings located in coastal areas, is the rapid rusting of reinforcement or the degradation of bricks due to not receiving sufficient protection from mortar as the outermost part. Mortar plays a crucial role in construction by acting as an adhesive for bricks, wall plaster, and ceramic tiles, while also providing protection for construction joints. Because of this, the mortar needs to have the maximum strength possible. Adding alternative ingredients, such as silica fume and Superplasticizerconsol SS 74 N, to the mortar is one way to achieve this goal. Different amounts of 0.5% Superplasticizer and 10% and 20% silica fume percentage were added, and compressive strength tests were conducted after 7, 14, and 28 days. The results of the research show that the effect of adding Silica fume and Superplasticizer to mortar has the potential to reduce the compressive strength value, with the maximum compressive strength value for normal mortar aged 28 days being 49.41 Mpa, while for mortar variations of SF 10% and 20% 37.48 Mpa and 30.43 Mpa.

Keywords: Compressive Strength, Mortar, Silica Fume, Superplasticizer

Abstrak

Mortar umumnya digunakan dalam konstruksi sebagai campuran bangunan yang kuat dan tahan lama yang relatif mudah dibuat. Salah satu masalah yang sering terjadi di Indonesia, khususnya pada bangunan yang berada di daerah pantai adalah cepat berkaratnya tulangan atau terdegradasinya bata akibat tidak mendapat perlindungan yang cukup dari mortar sebagai bagian terluar. Mortar memainkan peran penting dalam konstruksi dengan bertindak sebagai perekat untuk batu bata, plester dinding, dan ubin keramik, sekaligus memberikan perlindungan untuk sambungan konstruksi. Oleh karena ini mortar harus memiliki kekuatan yang optimal dan salah satu upaya yang dapat dilakukan dan diharapkan dapat meningkatkan kekuatan dari mortar ialah dengan cara penambahan bahan alternatif berupa Silica fume dan Superplasticizerconsol SS 74 N. Digunakan variasi penambahan 0,5% Superplasticizer dan prosentase Silica fume 10% dan 20% dengan pengujian kuat tekan pada umur 7,14, dan 28 hari. Hasil penelitian menunjukkan bahwa pengaruh penambahan Silica fume dan Superplasticizer terhadap mortar berpotensi menurunkan nilai kuat tekan, dengan nilai kuat tekan maksimum pada mortar normal umur 28 hari 49,41 Mpa, sedangkan pada mortar variasi SF 10% dan 20% 37,48 Mpa dan 30,43 Mpa.

Kata kunci: Kuat Tekan, Mortar, *Silica Fume*, *Superplasticizer*

Diterima Redaksi : 2024-08-12 | Selesai Revisi : 2024-10-07 | Diterbitkan Online : 2025-03-03



1. Pendahuluan

Dalam dunia konstruksi mortar sering digunakan sebagai campuran penyusun suatu pembangunan karena sifatnya yang kuat, tahan lama, dan mudah di buat. Salah satu masalah yang sering terjadi khususnya pada daerah pantai adalah cepat berkaratnya tulangan akibat tidak mendapat perlindungan dengan maksimal dari mortar sebagai bagian terluar suatu bangunan [1].

Permasalahan tersebut tidak terlepas dari kebiasaan masyarakat yang suka meniru begitu saja praktik pembangunan rumah permanen untuk daerah non agresif yang di terapkan pada daerah agresif. Tidak hanya itu fungsi lain dari mortar pada dunia konstruksi juga amat sangat banyak dan bisa di bilang cukup besar diantaranya sebagai perekat antar bata, plester dinding, perekat keramik, dan melindungi sambungan konstruksi [2]. Oleh hal itu jika permasalahan tidak segera dicari jalan keluarnya maka secara perlahan dapat menyebabkan kerusakan yang cukup besar dan merugikan.

Secara garis besar mortar merupakan campuran material yang terdiri dari agregat halus (pasir), air suling, dan bahan perekat (kapur, semen portland, dan tanah kapur) yang di campur sesuai komposisi tertentu dengan atau tanpa bahan tambahan (*admixture*) [3].

Salah satu bahan substitusi yang dapat digunakan ialah *Silica Fume* dimana penggunaan *silica fume* selalu bersamaan dengan *superplasticizer*. *Silica fume* adalah serbuk halus yang terdiri dari *amorphous microsphere* yang dimana komposisi *silica fume* lebih banyak di hasilkan dari tanur tinggi atau besi sisa produksi silikon dan *alloy* besi.

Sedangkan *Superplasticizer* adalah eter polikarbosiilat yang inovatif (PCE) yang cocok untuk beton atau mortar dan merupakan bahan tambah kimia sesuai dengan ASTM C494-92 untuk tipe F campuran [4].

Beberapa penelitian terdahulu dengan menggunakan metode *Analysis of Variance (ANOVA)* untuk mengkaji pengaruh penambahan *silica fume* terhadap sifat fisik dan mekanik mortar, dimana rata-rata kuat tekan mortar normal tanpa campuran *silica fume* adalah 39,9 MPa. Sementara kuat tekan rata-rata mortar dengan campuran *silica fume* secara berturut-turut adalah 40,4 MPa, 42,3 MPa, 43,2 MPa dan 45,1 MPa atau terjadi peningkatan kuat tekan berturut-turut sebesar 1,1%, 5,9%, 8,2%, dan 12,8 % untuk proporsi 3, 5, 7 dan 10% [5]. Dengan pengaruh penambahan *superplasticizer* dan *silica fume* terhadap kuat tekan mortar dengan FAS 0,3 dimana mortar pada umur 7 hari kuat tekannya sebesar 217,393 kg/cm², untuk umur 14 hari kuat tekannya meningkat menjadi 320,208 kg/cm², untuk umur 21 hari kuat tekan meningkat menjadi 332,484 kg/cm² dan untuk umur 28 hari kuat tekannya 370,847 kg/cm² [3]. Seperti halnya, *silica fume* sebagai substitusi semen terhadap nilai resapan dan kuat tekan mortar dimana Kuat tekan maksimum yang didapatkan adalah 312,574 kg/cm²,

pada benda uji 8% kandungan *silica fume* [6]. Sedangkan pengaruh *silica fume* terhadap kuat tekan dan resapan air mortar semen pada penerapan beton pracetak fero semen, didapatkan hasil nilai uji kuat tekan 20,96 Mpa [4], [7], [8]. Untuk analisa kuat tekan mortar geopolimer berbahan *silica fume* dan kapur tohor pada umur 7 uji hari berturut-turut yaitu variasi *silica fume* : kapur tohor 90:10, 80:20, 70:30, 60:40, dan 50:50 sebesar 0.63 MPa; 0.83 MPa; 2.32 MPa; 1.35 MPa; dan 0.95 MPa. Semakin sedikit *silica fume* dan semakin banyak kapur tohor maka nilai kuat tekan semakin tinggi [9].

Pada penelitian ini proporsi *silica fume* yang digunakan adalah 0%, 10%, dan 20% dengan penambahan *additive superplasticizer* sebanyak 0,5%. Dengan umur benda uji 7, 14, dan 28 hari dengan tiap umur terdiri dari 6 benda uji mortar. Oleh karena itu pada penelitian ini diharapkan dengan penggunaan *silica fume* dan penambahan *additive superplasticizer* pada campuran suatu mortar agar dapat meningkatkan kekuatan dari mortar tersebut.

2. Metode Penelitian

Adapun dalam penelitian ini dimulai dari identifikasi masalah dilanjutkan dengan studi literatur dimana pada bagian ini dilakukan pengumpulan berbagai materi, jurnal yang nantinya digunakan untuk acuan dalam melakukan penelitian lalu dilanjutkan dengan pengujian karakteristik material, perencanaan bahan campuran, pembuatan benda uji mortar sebanyak 54 buah, setelah itu dilanjutkan dengan perawatan benda uji yaitu perendaman dan yang terakhir yaitu pengujian kuat tekan.

2.1. Pengujian Karakteristik Material

Pengujian karakteristik material yang dilakukan dalam pengujian ini adalah pengujian agregat halus (pasir), semen, dan juga *silica fume*. Dimana pengujian mencakup pengujian berat jenis, air resapan, Analisa saringan, berat volume, kadar lumpur, waktu ikat semen, konsistensi normal semen.

2.2. Perencanaan Campuran Mortar

Perencanaan campuran mortar (*mix design*) dilakukan sesuai dengan perencanaan campuran mortar. Dalam penelitian ini digunakan 3 variasi campuran yaitu, 0 % (mortar normal), 10% *silica fume* dan 0,5% *superplasticizer*, 20% *silica fume* dan 0,5% *superplasticizer*. Setiap variasi campuran dibuat 6 benda uji dengan 3 umur pengujian yaitu 7,14, dan 28 hari.

Tabel 1 Komposisi Campuran Mortar

Kode	Proporsi
NM	0%
SF 1	10% <i>Silica Fume</i> + 0,5% <i>Superplasticizer</i>
SF 2	20% <i>Silica Fume</i> + 0,5% <i>Superplasticizer</i>

2.3. Pembuatan Benda Uji

Pembuatan benda uji dilakukan ketika semua tahapan awal telah selesai dilakukan, dimana pada tahap ini dilakukan pencampuran material penyusun mortar tergantung pada proporsi yang sudah direncanakan.

Tabel 2 Jumlah Benda Uji

Kode	Umur	Total
NM	7 hari	6
	14 hari	6
	28 hari	6
SF 1	7 hari	6
	14 hari	6
	28 hari	6
SF 2	7 hari	6
	14 hari	6
	28 hari	6

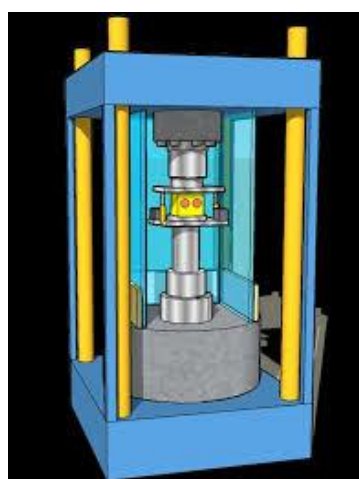
2.4. Pengujian Kuat Tekan

Kekuatan tekan mortar adalah gaya maksimum per satuan luas yang bekerja pada benda uji beton dan mortar. Pengujian kuat tekan mortar dilakukan berdasarkan SNI 03-6825- 2002 [10]. Benda uji diletakan di atas mesin penekan kemudian benda uji ditekan sampai benda uji pecah. Pada saat pecah, dicatat besarnya gaya tekan maksimum yang bekerja dan nilai kuat tekan mortar dapat dihitung menggunakan persamaan 1.

$$\text{Kuat tekan } f'c = \frac{P}{A} \quad (1)$$

Keterangan :

- f'c : Kuat tekan mortar (Mpa)
- P : Beban maksimum (N)
- A : Luas penampang benda uji (mm²)



Gambar 1. Mesin Kuat Tekan

2.5. Pengujian Resapan

Pengujian resapan pada mortar dilakukan dengan tujuan untuk mengetahui kemampuan kedap air dengan volume pori-pori pada benda uji. Sebelum di uji benda uji mortar direndam terlebih dahulu di dalam air selama 24 jam

sebelum nantinya di oven. Standar Nasional Indonesia (SNI) yang mengatur resapan air maksimum mortar adalah SNI 03-2914-1992 [11], yaitu sebesar 6,5% dari berat mortar kering. Nilai resapan air mortar dapat dihitung menggunakan persamaan 2.

$$\text{Resapan Air Mortar} = \frac{mb-m}{mk} \times 100\% \quad (2)$$

3. Hasil dan Pembahasan

Berdasarkan hasil pengujian yang sudah dilakukan untuk penelitian ini didapat data sebagai berikut.

3.1. Hasil Uji Karakteristik Material

Berikut merupakan hasil rekapitulasi dari pengujian karakteristik material yang akan digunakan dalam pembuatan benda uji mortar agar mortar yang dihasilkan dapat memiliki kekuatan yang diharapkan. Berdasarkan pengujian yang sudah dilakukan di dapat hasil sebagai berikut.

Tabel 3 Rekapitulasi pengujian Pasir

Pengujian	Hasil	
Berat Jenis	2,07	
Kadar Air Resapan	0,15 %	
Berat Volume	Dengan Rojokan 1,52 kg/cm ³	Tanpa Rojokan 1,69 kg/cm ³
Analisa Saringan	239,4 %	
Kadar Lumpur	0,15 %	
Kelembapan	0,07 %	

Berdasarkan Tabel 3 semua hasil pengujian dari pasir sudah sesuai dan memenuhi ketentuan berdasarkan SNI dan ASTM yang berlaku dan dapat digunakan untuk bahan campuran pembuatan mortar.

Tabel 4 Rekapitulasi pengujian Semen

Pengujian	Hasil
Berat Jenis	3,00
Konsistensi Normal	23 %
Waktu Ikat	75 Menit

Berdasarkan Tabel 4 semua hasil pengujian dari semen sudah sesuai dan memenuhi ketentuan berdasarkan SNI dan ASTM yang berlaku dan dapat digunakan untuk bahan campuran pembuatan mortar.

Tabel 5 Rekapitulasi pengujian Semen + Silica Fume

Pengujian	Hasil
Konsistensi	
Semen + Silica Fume 10%	26%
Semen + Silica Fume 20%	27%
Waktu Ikat	
Semen + Silica Fume 10%	60 menit
Semen + Silica Fume 20%	45 menit

Berdasarkan hasil rekapitulasi pada Tabel 5 semua hasil pengujian karakteristik material yang digunakan untuk campuran benda uji mortar telah memenuhi syarat dan ketentuan yang sudah ditetapkan menurut SNI dan ASTM yang ada.

3.2. Hasil Mix Design

Berdasarkan kuat tekan yang direncanakan dan perhitungan yang sudah dilakukan didapatkan kebutuhan material yang digunakan untuk pembuatan benda uji mortar yang disajikan pada Tabel 6.

Tabel 6 Kebutuhan Material

Material	Jumlah
Pasir	12,475 Kg
Semen	4,050 Kg
Silica Fume	0,45 Kg
Air	2,178 MI
Superplasticizer	15 MI

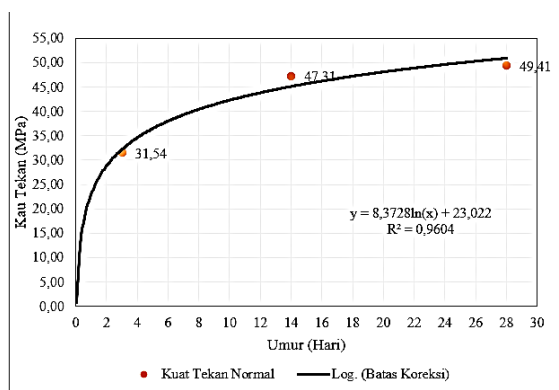
3.3. Hasil Pengujian Kuat Tekan Mortar

Pengujian Kuat tekan mortar dilakukan menggunakan alat *Compression Testing Machine*. Hasil Pengujian kuat tekan mortar disajikan pada Tabel 7.

Hasil pengujian kuat tekan mortar normal di dapat dari benda uji mortar tanpa adanya penambahan apapun pada campuran mortar, pengujian mortar normal pada umur 7, 14, dan 28 hari dapat dilihat pada Tabel.7

Tabel 7. Hasil kuat tekan mortar normal (NM)

Kode	Umur (Hari)	Kuat Tekan (Mpa)	Standar deviasi (%)
	1	2	3
NM	7	31,54	2,13
	14	47,31	2,93
	28	49,41	1,42



Gambar 2. Grafik Kuat Tekan Mortar Normal

Berdasarkan Gambar 2 menunjukkan bahwa hasil kuat tekan mortar normal mengalami peningkatan. Pada umur mortar 28 hari nilai kuat tekan mencapai 49,41 Mpa dengan nilai korelasi 0,9604 menunjukkan bahwa hubungan yang signifikan antara umur dan nilai kuat tekan. Dengan standar deviasi pengujian yaitu 1,42 dan termasuk dalam kategori sangat baik.

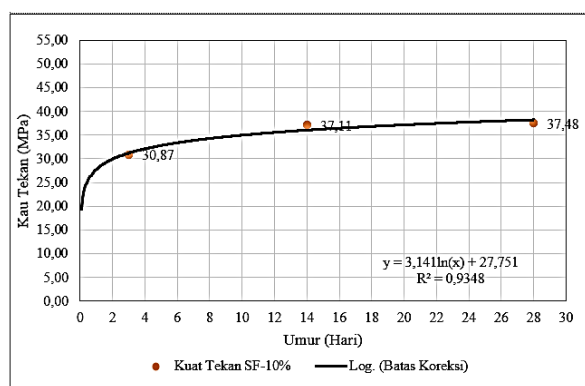
DOI : <https://doi.org/10.52158/jaceit.v6i1.952>

3.5 Hasil Uji Kuat Tekan Mortar SF 1

Mortar SF 1 merupakan mortar dengan penambahan bahan tambah pada campuran yang digunakan untuk membuat benda uji, bahan tambah yang digunakan pada mortar SF 1 adalah *Silica Fume* dengan presentase 10% dari berat semen dan juga *Superplasticizer* dengan presentase 0,5% dari berat semen. Pengujian pada mortar SF 1 dilakukan pada umur 7, 14, dan 28 hari. Hasil pengujian dapat dilihat pada Tabel 8.

Tabel 8. Hasil kuat tekan mortar variasi (SF 1)

Kode	Umur (Hari)	Kuat Tekan (Mpa)	Standar deviasi (%)
	1	2	3
SF 1	7	30,87	1,56
	14	37,11	1,76
	28	37,48	1,98



Gambar 3. Grafik Kuat Tekan Mortar Variasi (SF 1)

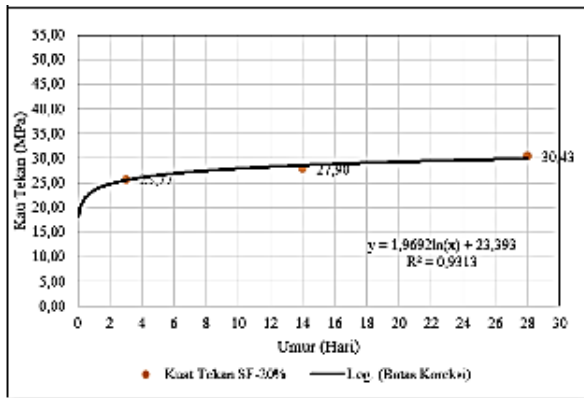
Berdasarkan Gambar 3 menunjukkan bahwa hasil kuat tekan mortar variasi (SF 1) mengalami peningkatan. Pada umur mortar 28 hari nilai kuat tekan mencapai 37,48 Mpa dengan nilai korelasi 0,9348 menunjukkan bahwa hubungan yang signifikan antara umur dan nilai kuat tekan dengan standar deviasi pengujian yaitu 1,98 dan termasuk dalam kategori baik.

3.6 Hasil Uji Kuat Tekan Mortar Variasi (SF 2)

Mortar SF 2 merupakan mortar dengan penambahan bahan tambah pada campuran yang digunakan untuk membuat benda uji, bahan tambah yang digunakan pada mortar SF 1 adalah *Silica Fume* dengan presentase 20% dari berat semen dan juga *Superplasticizer* dengan presentase 0,5% dari berat semen. Pengujian pada mortar SF 1 dilakukan pada umur 7, 14, dan 28 hari. Hasil pengujian dapat dilihat pada Tabel 8.

Tabel 8. Hasil kuat tekan mortar normal (NM)

Kode	Umur (Hari)	Kuat Tekan (Mpa)	Standar deviasi (%)
	1	2	3
SF 2	7	25,77	1,38
	14	27,90	1,25
	28	30,43	1,44



Gambar 4. Grafik Kuat Tekan Mortar Variasi (SF 2)

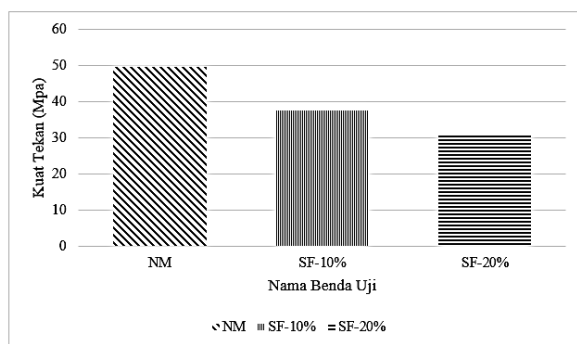
Berdasarkan Gambar 4 menunjukkan bahwa hasil kuat tekan mortar variasi (SF 2) mengalami peningkatan. Pada umur mortar 28 hari nilai kuat tekan mencapai 30,43 Mpa dengan nilai korelasi 0,9313 menunjukkan bahwa hubungan yang signifikan antara umur dan nilai kuat tekan dengan standar deviasi pengujian yaitu 1,44 dan termasuk dalam kategori sangat baik.

3.7 Rekapitulasi Nilai Kuat Tekan Mortar

Pada hasil pengujian kuat tekan mortar yang sudah dilakukan pada tiap variasi campuran dan umur mortar, di ambil rekapitulasi nilai kuat tekan mortar pada umur pengujian maksimal yaitu umur 28 hari. Rekapitulasi kuat tekan mortar dapat dilihat pada Tabel 9.

Tabel 9. Hasil kuat tekan mortar normal (NM)

Kode	Nilai Kuat Tekan
NM	49,41
SF 1	37,48
SF 2	30,34



Gambar 5. Rekapitulasi Kuat Tekan Mortar

Berdasarkan Gambar 5 menunjukkan bahwa nilai kuat tekan mortar semua variasi pada umur 28 hari mengalami penurunan, Dimana nilai kuat tekan maksimum di dapat pada mortar normal dengan nilai 49,41 Mpa dan nilai kuat tekan minimum didapat pada mortar variasi SF 1 dengan nilai 30,43 Mpa.

3.8 Hasil Resapan Air Mortar

Pengujian resapan air mortar dilakukan pada masing – masing variasi campuran mortar dengan penambahan *Silica Fume* sebanyak 10% dan 20% pada campuran yang digunakan dalam pembuatan benda uji mortar. Hasil pengujian resapan air mortar dapat dilihat pada Tabel 10.

Tabel 10 Hasil Uji Resapan Air Mortar

Variasi Normal				
Percobaan	Satuan	1	2	3
Berat mortar basah	gram	292	288,5	289,5
Berat mortar kering oven	gram	263	259	259
Resapan air mortar	%	11,02	11,38	11,77
Resapan air rata – rata	%	11,40		

Pada pengujian resapan mortar dengan variasi normal didapat nilai resapan rata – rata sebesar 11,40% dari berat mortar kering. Dimana nilai resapan masih cukup tinggi.

Tabel 11. Hasil Uji Resapan Air Mortar

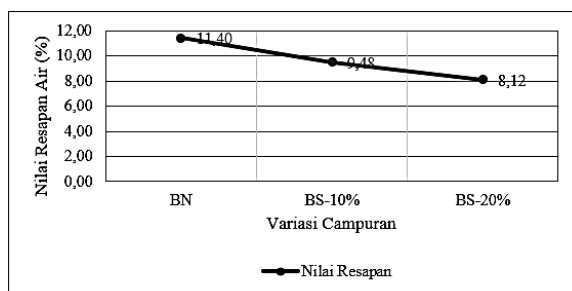
Variasi SF 1				
Percobaan	Satuan	1	2	3
Berat mortar basah	gram	279	287	277
Berat mortar kering oven	gram	254	263	253
Resapan air mortar	%	9,84	9,13	9,49
Resapan air rata – rata	%	9,48		

Pada Tabel 11, pengujian resapan air mortar dengan variasi *silica fume* 10% didapat nilai resapan rata – rata sebesar 9,48 % dari berat mortar kering. Dimana nilai resapan lebih kecil dari variasi mortar normal.

Tabel 12. Hasil Uji Resapan Air Mortar

Variasi SF 2				
Percobaan	Satuan	1	2	3
Berat mortar basah	gram	277	273	276
Berat mortar kering oven	gram	257	252	255
Resapan air mortar	%	7,78	8,33	8,24
Resapan air rata – rata	%	8,12		

Pada Tabel 12, pengujian resapan air mortar dengan variasi *silica fume* 20% didapat nilai resapan rata – rata sebesar 8,12% dari berat mortar kering. Dimana nilai resapan lebih kecil dari variasi mortar campuran 10%.



Gambar 6. Grafik Resapan Air Mortar

Berdasarkan Gambar 6 dapat dilihat bahwa nilai resapan air mortar pada benda uji dengan penambahan *silica fume* 10% dan 20% mengalami penurunan. Dimana nilai resapan air maksimum didapat pada benda uji mortar normal dan nilai resapan air minimum didapat pada benda uji mortar variasi SF 2.

4. Kesimpulan

Berdasarkan pengujian dan analisis data yang telah dilakukan penambahan *Silica Fume* 10% dan 20% serta *Superplasticizer* 0,5% pada campuran mortar yang diharapkan dapat meningkatkan nilai kuat tekan pada benda uji mortar juga berpotensi dapat menurunkan nilai kuat tekan pada mortar tersebut. Hasil pengujian kuat tekan maksimum di dapat pada mortar normal umur 28 hari dengan nilai kuat tekan 49,41 Mpa, Dan pada variasi SF 1 nilai kuat tekan 37,48 Mpa SF 2 30,43 Mpa. Hal tersebut menunjukkan bahwa formulasi optimum yang dapat digunakan adalah mortar dengan substitusi bahan 10% dengan nilai kuat tekan 37,48 Mpa. Penurunan pada nilai kuat tekan terjadi karena terlalu banyaknya penambahan *silica fume* menyebabkan semakin sedikit semen yang bereaksi dengan air membentuk gel CSH yang dimana gel tersebut memiliki peran cukup penting dalam meningkatkan ikatan antar agregat pada campuran mortar.

Sedangkan nilai resapan air mortar mengalami peningkatan bersamaan dengan bertambahnya presentase penambahan *silica fume*. Berdasarkan hasil perhitungan resapan sampel mortar dengan substitusi bahan 20% memiliki nilai resapan paling kecil yaitu 8,12%. Dibandingkan dengan mortar substitusi bahan 10% nilai resapan mengalami perbandingan sebesar 3,82%. Hal ini terjadi karena efek *pozzolan* dan *microfiller* pada *silica fume* menyebabkan semakin berkurangnya volume pori pada benda uji sehingga semakin sedikit pula jumlah air yang dapat terserap oleh benda uji pada saat perendaman.

Ucapan Terimakasih

Terima kasing kepada semua dosen yang sudah membimbing serta memberi semangat kepada penulis dalam menyelesaikan penulisan dan pengerjaan jurnal ini. Terima kasih juga kepada Politeknik Negeri

Banyuwangi yang sudah memberikan fasilitas untuk menunjang pelaksanaan penelitian ini.

Daftar Rujukan

- [1] Febrianto, E. "Pengaruh penambahan Silica Fume pada Porous Concrete Block terhadap nilai kuat tekan dan permeabilitas." *Jurnal Rekayasa Teknik Sipil (Rekats)* 3.3: 1-8. 2016.
- [2] Firyanto, Rizal Pratama. *Pengaruh Kuat Tekan Mortar Campuran Silica Fume Sebagai Substitusi Semen (K-300) Dengan Air Laut Sebagai Rendaman*. Diss. UNIVERSITAS 17 AGUSTUS 1945, 2018.
- [3] Fuad, Indra Syahrul. "Pengaruh Penambahan Superplasticizer dan Silica Fume Terhadap Kuat Tekan Mortar Dengan Fas 0, 3." *Jurnal Desiminasi Teknologi* 9.2. 2021.
- [4] Binti Sayono, Yulita Dwi Shinta, et al. "Pengaruh Penggunaan Silica Fume Terhadap Kuat Tekan dan Resapan Air Mortar Pracetak Ferosemen." *Jurnal TESLINK: Teknik Sipil dan Lingkungan* 5.2: 175-185. 2023.
- [5] Fajrin, Jauhar, Pathurahman Pathurahman, and Lalu Gita Pratama. "Aplikasi metode analysis of variance (anova) untuk mengkaji pengaruh penambahan silica fume terhadap sifat fisik dan mekanik mortar." *Jurnal Rekayasa Sipil* 12.1: 11-24. 2016.
- [6] Sutriyono, Bantot, Retno Trimurtiningrum, and Aditya Rizkiardi. "Pengaruh Silica Fume sebagai Substitusi Semen terhadap Nilai Resapan dan Kuat Tekan Mortar." *RekaRacana: Jurnal Teknil Sipil* 4.4: 12. 2018.
- [7] NR, Yra Maya Sopa, Sartika Nisumanti, and Denie Chandra. "Pengaruh Penambahan Silica Fume Terhadap Kuat Tekan Beton Fc'25." *Publikasi Riset Orientasi Teknik Sipil (Proteksi)* 5.1: 1-6. 2023.
- [8] Zuraidah, Safrin, and Budi Hastono. "Pengaruh variasi komposisi campuran mortar terhadap kuat tekan." *Ge-STRAM: Jurnal Perencanaan dan Rekayasa Sipil* 1.1: 8-13. 2018.
- [9] Riyanto, Eko, Eksi Widyanto, and Rahul Ray Renaldy. "Analisis Kuat Tekan Mortar Geopolimer Berbahan Silica Fume dan Kapur Tohor." *INERSIA Informasi dan Ekspose Hasil Riset Teknik Sipil dan Arsitektur* 17.1: 19-26. 2021.
- [10] BSN. "SNI 03-6825-2002." *Standar Nasional Indonesia Metode Pengujian Kekuatan Tekan Mortar Semen Portland Untuk Pekerjaan Sipil*. 2002.
- [11] BSN. "SNI 03-2914-1992." *Spesifikasi Beton Bertulang Kedap Air*. 1992.