



Pengaruh Penggunaan Abu Terbang Dan (*Bestmittel*) Terhadap Kuat Tekan Mortar Mutu Tinggi

Ratna Qolbilla¹, Dadang Dwi Pranowo², Moh. Galuh Khomari³, Catur Bejo Santoso⁴, Ahmad Utanaka⁵

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

¹qolbil28@gmail.com, ²dadangdp@poliwangi.ac.id, ³mohamadgaluh@poliwangi.ac.id, ⁴catur@poliwangi.ac.id,

⁵ahmad.utanaka@poliwangi.ac.id

Abstract

High-grade mortar is a mortar that has very dense material characteristics with compressive strength reaching more than 150 MPa; the use of this mortar can strengthen the building. Increasing the strength of mortar by looking for grain size gradations that can fill the space. In this study, a mixture of normal mortar with fly ash waste additives and Bestmittel is used, which is expected to help improve quality and achieve the desired compressive strength. The tests carried out were compressive strength tests on 0.5% Bestmittel variations and fly ash variations of 0%, 10%, and 20% by weight of cement. Tests were carried out at the ages of 3, 14, and 28 days. The results showed that the effect of adding the proportion of fly ash and bestmittel to mortar according to SNI 2002 can be categorized as high quality mortar, with a compressive strength value at the age of 28 days in the 10% variation (FAB-10%) of 42.96 MPa, and 20% variation (FAB-20%) of 47.58 MPa. Therefore, the use of fly ash with bestmittel additives and the type of age shows a higher compressive strength value due to the fine grains in fly ash, and bestmittel can accelerate the hardening.

Keywords: Bestmittel, Compressive Strength, Fly Ash, High Quality, Mortar.

Abstrak

Mortar mutu tinggi adalah mortar yang mempunyai karakteristik sebagai material yang sangat padat dengan kuat tekan mencapai lebih dari 150 MPa, penggunaan mortar mutu tinggi perlu diperhatikan agar dapat memperkuat suatu bangunan. Peningkatan kekuatan mortar dengan cara meningkatkan kepadatan dengan mencari susunan gradasi ukuran butir yang dapat mengisi ruang kosong pada mortar. Pada penelitian ini digunakan pencampuran normal mortar dengan bahan tambah dari limbah *fly ash* dan zat aditif *Bestmittel* yang diharapkan dapat membantu peningkatan mutu mortar serta mencapai kuat tekan yang diinginkan. Pengujian yang dilakukan yaitu pengujian kuat tekan dengan variasi komposisi persentase campuran *Bestmittel* 0,5% serta variasi persentase penggunaan *fly ash* diantaranya 0%, 10%, dan 20% dari berat semen. Pengujian dilakukan pada umur 3, 14, dan 28 hari. Hasil penelitian menunjukkan bahwa pengaruh penambahan proporsi *fly ash* dan zat aditif tipe E *bestmittel* terhadap mortar sesuai SNI 2002 dapat dikategorikan mortar mutu tinggi, dengan nilai kuat tekan variasi *fly ash bestmittel* 10% (FAB-10%) umur 28 hari sebesar 42,96 MPa, serta nilai kuat tekan variasi *fly ash bestmittel* 20% (FAB-20%) umur 28 hari sebesar 47,58 MPa. Hal ini menunjukkan bahwa penggunaan *fly ash* dengan zat aditif *bestmittel* serta lama waktu perawatan atau umur mortar menunjukkan semakin tinggi nilai mutu kuat tekan yang dihasilkan dikarenakan butiran halus yang terkandung pada *fly ash* dan zat aditif yang dapat mempercepat waktu pengerasan atau *hidrasi*.

Kata kunci: *Bestmittel, Fly Ash, Kuat Tekan, Mortar, Mutu Tinggi.*

Diterima Redaksi : 2024-10-16 | Selesai Revisi : 2024-10-25 | Diterbitkan Online : 2025-08-04

1. Pendahuluan

Pembangunan perlu adanya pembaharuan dengan inovasi agar menciptakan bangunan yang kokoh, tahan lama, serta memiliki mutu tinggi. Suatu pembangunan sangat bergantung terhadap beberapa sumber daya dalam pelaksanaannya seperti material, tenaga kerja, metode pelaksanaan dan peralatan yang digunakan. Pada pekerjaan bangunan terdapat bahan utama yang sering digunakan yaitu bahan ikat, pada ilmu bahan bangunan

terdapat beberapa jenis bahan ikat diantaranya semen, kapur, pozzolan, serta beberapa bahan ikat lainnya. Tiap bahan ikat memiliki kekurangan serta kelebihan masing-masing, namun penggunaan semen *portland* masih menjadi bahan ikat utama yang digunakan. Peningkatan harga bahan semen *portland* akan berpengaruh terhadap kualitas bangunan, harga semen yang meningkat dapat memunculkan penggunaan yang diminimalisir dari standar ukuran.



Lisensi

Lisensi Creative Commons Atribusi 4.0 Internasional

Selain itu, tercatat data angka kebutuhan semen mencapai 62,7 juta ton pada tahun 2020 bahkan produksi semen sendiri melebihi data kebutuhan permintaan sebanyak 115,3 juta ton [1]. Teknologi industri semen cenderung boros energi dan menjadi sumber dari sekitar 8% emisi karbon dioksida (CO₂) dunia hingga kenaikan global [2]. Dari keadaan tersebut penggunaan semen yang memungkinkan untuk menyumbang emisi karbon juga dapat terjadi pada pembuatan mortar. Sehubungan dengan hal itu, maka dilakukan penelitian sebagai upaya untuk menemukan sumber lain sebagai bahan alternatif pengganti sebagian semen. Bahan alternatif tersebut didapat dengan cara memanfaatkan limbah-limbah industri dan konstruksi yang selama ini dibiarkan dan dibuang begitu saja. Salah satu limbah industri yang dapat dimanfaatkan adalah abu terbang (*Fly Ash*) sebagai bahan tambah atau pengganti sebagian semen pada mortar.

Mortar mutu tinggi bergantung terhadap rasio air pada mortar dikarenakan kandungan yang tergantung cenderung lebih banyak dibandingkan pada beton, rasio air pada mortar akan berpengaruh pada kuat tekan yang akan dihasilkan serta penambahan atau pengganti material konvensional dengan menambahkan bahan tambah lainnya yang memiliki kandungan hampir sama seperti material pembentuk mortar normal. Mortar mutu tinggi adalah mortar yang mempunyai karakteristik sebagai material yang sangat padat dengan kuat tekan bisa mencapai lebih dari 150 MPa. Salah satu cara untuk meningkatkan kekuatan mortar dengan cara meningkatkan kepadatan dengan mencari susunan gradasi ukuran butiran yang dapat mengisi ruang kosong [3].

Pada penggunaan *fly ash* sebagai campuran beton atau mortar mempunyai keuntungan yaitu dapat memperbaiki sifat beton atau mortar tersebut. *Fly ash* juga dapat dimanfaatkan untuk memperbaiki kinerja mortar berdasarkan gradasi atau kehalusan *fly ash*, dari penelitian dengan substitusi semen 10%, 20%, 30% dan 40% [4]. Namun pada beberapa kasus, campuran beton memerlukan bahan tambah untuk menunjang *performance-nya*. Untuk mendapatkan mortar mutu tinggi selain pemanfaatan limbah *fly ash* juga dapat dengan menunjang permasalahan lain yang memungkinkan terdapat pada mortar dengan menambahkan zat aditif. Zat aditif *Bestmittel* adalah bahan yang dapat membantu meningkatkan *peformance* serta *workability* (kemudahan dalam pengerjaan) pada campuran mortar [5]. Penggunaan zat aditif ini dikarenakan memiliki keunggulan mempersingkat proses pembetonan, cetakan mortar atau beton dapat dilepas lebih cepat, mengurangi pemakaian air 5% - 20% sehingga menjadikan beton lebih solid dan lebih plastis selain itu penggunaan zat aditif *bestmittel* sangat membantu pengecoran dengan jadwal waktu yang ketat atau padat karena beton cepat mengeras pada usia awal dan dapat meningkatkan mutu kekuatan beton 5%-10%

[6]. Bahan limbah material *fly ash* memiliki kandungan sama dengan kandungan pada semen, oleh karena itu penelitian ini bertujuan untuk mengetahui pengaruh penggunaan *fly ash* dan zat Aditif tipe E *Bestmittel* terhadap kuat tekan mortar mutu tinggi.

2. Metode Penelitian

Penelitian ini dilakukan dengan metode eksperimental pembuatan mortar mutu tinggi berupa penambahan bahan campuran abu terbang (*fly ash*) serta zat aditif *bestmittel*. Penelitian dilakukan di laboratorium Uji Bahan Politeknik Negeri Banyuwangi. Adapun tahapan penelitian dijelaskan pada Gambar 1.



Gambar 1. Diagram Alir Tahapan Penelitian

2.1. Pengujian Karakteristik Material

Pengujian karakteristik merupakan pengujian yang dilakukan guna mengetahui sifat atau karakteristik dari material yang digunakan sebagai bahan pembentuk mortar serta apakah bahan dapat mempengaruhi sifat yang terkandung pada benda uji mortar. Dalam pengujian ini digunakan agregat halus (pasir) [7] berupa jenis pasir Lumajang, bahan perekat berupa jenis Semen (PCC), dan bahan tambah *fly Ash*. Adapun pengujian karakteristik yang dilakukan dijelaskan pada tabel berikut:

Tabel 1. Pengujian Karakteristik dan Acuan Pengujian Pasir

Jenis Pengujian	Range Nilai	Standar Acuan
Berat Jenis	1,6-3,3	SNI 03-1970-1990 [8]
Kadar Lumpur	<5 %	SNI 03-4428-1997 [9]
Air Resapan	0,5 – 5 %	SNI 03-1971-1990 [10]
Kelembapan	<2%	SNI 03-1968-1990 [11]
Kehalusan	1,5 – 3,8 %	SNI 03-1968-1990 [12]
Berat Volume	1,4 – 1,9 gr/ltr	SNI 03-1973-1990 [13]

Tabel 2. Pengujian Karakteristik dan Acuan Pengujian Semen dan FA

Jenis Pengujian	Range Nilai	Standar Acuan
BJ (Semen)	3,0 – 3,2	ASTM C 187-89 [14]
BJ (<i>Fly Ash</i>)	1,6 – 3,1	SNI 03-6863-2002 [15]
Konsistensi Normal	25 - 29 %	ASTM C 187-86 [16]
Waktu Ikat	49 – 202 (initial) < 372 (final)	ASTM 119-92 [17]
Kehalusan	<22%	SNI 15-2531-1991 [18]

Pengujian karakteristik pada abu terbang (*fly ash*) tidak dilakukan uji kimiawinya hanya sifat fisik pengujian yang nantinya dapat digunakan sebagai bahan substitusi sebagian pada campuran mortar sebagai pengganti sebagian dari semen.

2.2. Perancangan Mix Design

Perancangan *mix design* dilakukan sesuai dengan SK SNI 03-6825-2002 [19], metode pembuatan campuran mortar normal dengan perhitungan kebutuhan:

1. Semen = 500 gr
2. Pasir = 1.375 gr
3. Air = 242 ml

Dari metode tersebut digunakan jenis variasi pada penggunaan material yaitu air yang digunakan, jika pada SNI acuan nilai FAS yang digunakan adalah 0,48. Maka pada penelitian ini digunakan variasi jenis FAS pada campuran variasi bahan tambah nilai FAS 0,32 guna sebagai penunjang dalam rencana pembuatan mortar mutu tinggi, dikarenakan semakin banyak air yang terkandung dalam mortar maka kuat tekan yang dihasilkan semakin sedikit. Tujuan dari variasi FAS ini guna mencapai nilai kuat tekan mortar mutu tinggi yang diharapkan, acuan standar mutu tinggi melebihi dari jenis mortar M dengan nilai kuat tekan 17,2 MPa. Dalam penelitian ini, bahan tambah *fly ash* (FA) dan zat aditif *bestmittel* (B) dilakukan substitusi dari berat semen.

penelitian digunakan 3 jenis variasi campuran bahan tambah substitusi limbah *fly ash* dan zat aditif *bestmittel* yaitu 0% mortar normal (NM), FA-10% + B-0,5% (mortar variasi 2 FAB-10%), dan variasi FA-20% + B-0,5% (mortar variasi 3 FAB-20%). Sampel atau benda uji dibuat sebanyak masing-masing sampel 6 buah untuk tiap variasi formula benda uji pada umur mortar 3, 14, dan 28 hari.

2.3. Pembuatan Benda Uji

Proses pembuatan benda uji mengacu pada proses SNI 03-6825-2002 yaitu tahap pencampuran material penyusun mortar, pada proses pencampuran air perlu dilakukan pencampuran dengan zat aditif *bestmittel* begitu pula dengan campuran *fly ash* terhadap semen. Proses pengadukan campuran semen dan air kedalam mangkok mesin pengaduk selama 30 detik atau merata selanjutnya memasukkan pasir hingga campuran homogen.

2.4. Uji Flow Table

Uji *flow table* dilakukan untuk mengetahui kelecakan (*flow*) pada mortar serta nilai kelecakan (*workability*). Pengujian ini dapat dilakukan beberapa kali hingga menemukan campuran pada benda uji yang diinginkan. Pengujian dilakukan hingga diperoleh diameter rata-rata (*dr*) sama dengan 1,00 – 1,15 kali diameter semula (*ds*).

2.5. Pencetakan Benda Uji

Benda uji dicetak menggunakan kubus berukuran 5 x 5 x5 cm mengacu pada SNI 03-6825-2002. Pada bagian dalam cetakan dilapisi oli atau pelumas untuk memudahkan proses pembongkaran benda uji.

2.6. Perawatan Benda Uji

Pada proses perawatan benda uji atau *curing* yang dilakukan menggunakan metode perendaman pada air selama waktu yang telah ditentukan yaitu usia mortar 3 hari, 14 hari, dan 28 hari. Proses perawatan perlu dicek secara berkala agar benda uji tidak mengalami kerusakan saat perendaman, menjaga kebersihan lokasi perendaman.

2.5. Pengujian Kuat Tekan

Pengujian kuat tekan mortar dilakukan setelah proses *curing* atau perendaman dengan variasi umur 3, 14, dan 28 hari. Sebelum dilakukan proses kuat tekan benda uji di keluarkan dari dalam bak perawatan dan di angin-anginkan pada suhu ruang hingga benda uji kering. Setelah benda uji kering selanjutnya ditimbang berat benda uji dan proses selanjutnya pengujian kuat tekan, mesin kuat tekan atau *Compression Testing Machine* (CTM). Pengujian ini bertujuan untuk mengetahui mutu dan klasifikasinya dilakukan pengujian kuat tekan terhadap mortar yang akan diambil datanya. Kekuatan tekan mortar dapat dihitung sesuai (SNI 03-6815-2002) [20]. Dalam persamaan 1.

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

Dengan :

σ_m = kekuatan tekan mortar (MPa)
 P_{maks} = Gaya tekan maksimum benda uji (mm²)
 A = Luas penampang benda uji (mm²)

Selain dilakukan pengujian kuat tekan, benda uji mortar juga dilakukan pengujian air resapan mortar untuk mengetahui berapa besar pengaruh daya resap dari mortar, hal ini berhubungan dengan volume pori yang terdapat pada benda uji. Uji air resapan mortar dapat dihitung menggunakan persamaan 2.

$$Resapan\ Air\ Mortar = \frac{m_b - m_k}{m_k} \times 100\% \quad (2)$$

Dengan :

m_b = massa basah dari benda uji (gr)
 m_k = massa kering oven dari benda uji (gr)

2.6. Standar Deviasi

Standar deviasi merupakan parameter statistika yang paling banyak digunakan untuk menentukan besarnya variabilitas suatu sampel. Besarnya angka tersebut diperkirakan melalui harga S, besarnya harga S tidaklah *absolute* melainkan bervariasi dari sampel ke sampel. Standar deviasi pada benda uji mortar disesuaikan dengan standar deviasi pada ketentuan SNI 03-6815-2002 [20] persyaratan standar deviasi pada beton. Standar deviasi dapat dihitung menggunakan persamaan 3.

$$S = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n (X_i - \bar{X})^2}{n-1}} \quad (3)$$

Dengan:

S = Standar Deviasi (kg/cm²)
 X_1 = Hasil Pengujian Individu (Mpa)
 \bar{X} = Hasil Uji Rata-Rata (Mpa)
 n = Jumlah Pengujian (Buah)

2.7. Koevisien Variasi

Nilai hasil dari standar deviasi kemudian digunakan untuk mencari koefisien variasi sesuai pada SNI 03-6815-2002 [20] standar kontrol beton koefisien variasi pengujian Lapangan dan Laboratorium. Pengujian ini berfungsi untuk mengevaluasi kualitas dari campuran, pengendalian proses, penilaian ketahanan struktur benda uji, optimasi

3. Hasil dan Pembahasan

Berdasarkan hasil pengujian karakteristik material dan uji pada mortar yang telah dilakukan maka didapatkan hasil sebagai berikut.

3.1. Hasil Uji Karakteristik Material

Pengujian karakteristik material dilakukan pada agregat halus (pasir), semen, dan *fly ash* untuk mengetahui kualitas material yang akan digunakan sebagai bahan dasar pembuatan mortar, sehingga dapat menunjang perolehan mutu kuat tekan dengan mutu tinggi. Adapun pengujian karakteristik agregat halus yang dilakukan meliputi uji berat jenis, air resapan, kadar lumpur, kelembapan, kehalusan, dan berat volume. Pengujian karakteristik semen dan *fly ash* meliputi berat jenis, konsistensi normal, waktu ikat, dan kehalusan. Berikut hasil pengujian karakteristik material yang telah dilakukan dapat dilihat pada Tabel 3, Tabel 4 dan Tabel 5.

Tabel 3 Hasil Pengujian Karakteristik Pasir

Jenis Pengujian	Range Nilai	Hasil
Berat Jenis	1,6-3,3	2,74 (memenuhi)
Kadar Lumpur	<5 %	4,54% (memenuhi)
Air Resapan	0,5 – 5 %	2,04% (memenuhi)
Kelembapan	<2%	1,83% (memenuhi)
Kehalusan	1,5 – 3,8 %	2,36% (zona 2)

Tabel 4 Hasil Pengujian Karakteristik semen

Jenis Pengujian	Range Nilai	Standar Acuan
BJ (Semen)	3,0 – 3,2	3,07 (memenuhi)
Konsistensi Normal	25 - 29 %	25% (memenuhi)
Waktu Ikat	49 – 202 (intial) < 372 (final)	90 menit (memenuhi)
Kehalusan	<22%	15,25% (memenuhi)

Tabel 5 Hasil Pengujian Karakteristik *fly ash* + semen

Jenis Pengujian	Range Nilai	Standar Acuan
BJ (<i>Fly Ash</i>)	1,6 – 3,1	2,73 (memenuhi)
Konsistensi	25 - 29 %	25% dan 24 % (memenuhi)
Waktu Ikat	49 – 202 (intial) < 372 (final)	75 menit (memenuhi)
Kehalusan	<22%	12,75% (memenuhi)

3.2. Hasil *Mix Design*

Penelitian ini direncanakan kuat tekan mutu tinggi yaitu 45 MPa. Berdasarkan mutu kuat tekan rencana serta perhitungan yang dilakukan maka berikut kebutuhan material yang dibutuhkan dalam proses pembuatan benda uji pada Tabel 5.

Tabel 6 Kebutuhan Material 3 Variasi Benda Uji

Kode	Pasir (gr)	Air (ml)	Semen (gr)	<i>Fly Ash</i> (gr)	<i>Bestmit</i> (gr)
NM	6.857	600	1.500	-	-
FAB-10%	6.857	480	1.243	150	6,75
FAB-20%	6.857	480	1.194	300	6,00
Total	20.571	1.560	4.037	450	12,75

3.3. Hasil Pengujian Kuat Tekan Mortar

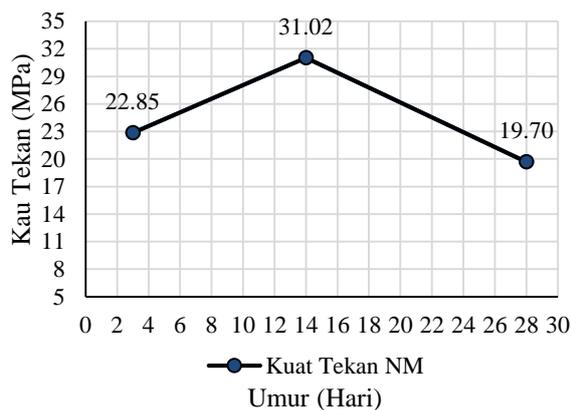
Pengujian kuat tekan mortar dilakukan menggunakan alat *Compression Testing Machine (CTM)*.

1. Hasil Pengujian Kuat Tekan Normal (NM)

Mortar Normal atau (NM) merupakan mortar benda uji yang buat sebagai acuan hasil penelitian, tanpa adanya penambahan bahan tambah *fly ash* maupun zat aditif *bestmittel*. Mortar normal (NM) diuji kuat tekannya pada umur 3, 14, dan 28 hari dengan masing-masing sampel 6 sampel. Berikut hasil pengujian kuat tekan pada Tabel 7.

Tabel 7. Hasil Kuat Tekan Mortar Normal (NM)

Umur Mortar (Hari)	Kuat Tekan (MPa)	Standar Deviasi (%)
3	22,85	1,02
14	31,02	0,69
28	19,70	0,68



Gambar 2. Grafik hasil kuat tekan mortar normal (NM)

Berdasarkan Gambar 2, menunjukkan bahwa hasil kuat tekan mortar dengan campuran mortar normal mengalami peningkatan maksimum pada umur 14 hari dengan nilai rata-rata 31,024 MPa serta mengalami penurunan mutu pada umur 28 hari yaitu 19,698 Mpa. Penurunan nilai mutu mencapai 36,5% pada umur 28 hari menunjukkan penurunan yang signifikan. Pengujian ini dikatakan gagal pada umur 28 hari, karena idealnya campuran mortar normal mengalami peningkatan setiap bertambahnya umur benda uji atau umur masa *curing*, pada umur 28 hari proses hidrasi dari semen telah mencapai sekitar 70-90% dari kekuatan akhirnya dimana pada umur 28 hari pasta dan mortar akan memperoleh kekuatan yang diinginkan sehingga pengujian normal mortar tidak dapat dijadikan acuan terhadap mortar variasi campuran FAB-10% dan FAB-20%.

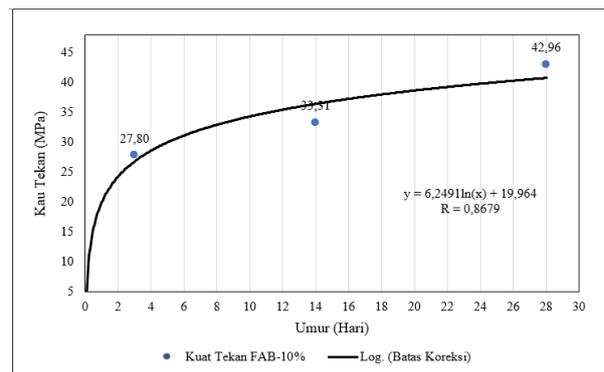
2. Hasil Pengujian Kuat Tekan FAB-10%

Pengujian menggunakan mesin kuat tekan (CTM)

Pada pengujian ini benda uji ditambahkan dengan bahan tambah berupa *fly ash* sebanyak 10% dari berat semen dan zat aditif *bestmittel* 0,5% dari berat semen. Mortar diuji pada umur 3, 14, dan 28 hari dengan masing-masing variasi umur sebanyak 6 sampel. Berikut hasil pengujian kuat tekan pada Tabel 8.

Tabel 8. Hasil Kuat Tekan Mortar variasi (FAB-10%)

Umur Mortar (Hari)	Kuat Tekan (MPa)	Standar Deviasi (%)	Koefisien (%)
3	27,80	0,48	1,74
14	33,31	0,51	1,52
28	42,96	1,33	3,09



Gambar 3. Grafik hasil kuat tekan mortar variasi *fly ash* (FAB-10%)

Berdasarkan Gambar 3, menunjukkan bahwa hasil kuat tekan mortar dengan campuran mortar FAB-10% mengalami peningkatan pada setiap umurnya dan telah mencapai mutu tinggi. Kuat tekan maksimum dapat dilihat pada umur 28 hari dengan nilai rata-rata 42,96 MPa dengan nilai korelasi yang telah dijabarkan dalam persamaan $(6,2491\ln(x) + 19,964)$ dengan nilai korelasi (R) sebesar 0,8679, menunjukkan hubungan signifikan (korelasi kuat atau bagus) antara umur dan kuat tekan yang diperoleh. Sedangkan pada standar deviasi pengujian koefisien yang diperoleh termasuk dalam kategori “**Terbaik**” sesuai dengan SNI 03-6815-2002 dengan nilai sebesar 1,33 MPa, nilai ini termasuk kedalam kategori terbaik karena masuk dalam nilai standar koefisien antara < 14,1 standar kontrol beton pengujian laboratorium. Persentase peningkatan mutu pada campuran FAB-10% dengan campuran mortar normal pada tiap variasi umurnya yaitu pada umur 3 hari meningkat 21,68% dari variasi campuran normal, pada umur 14 hari peningkatan sebanyak 7,38% dari campuran normal, dan pada umur 28 hari meningkat 118,07% dari campuran normal. Sedangkan pada campuran FAB-10% sendiri pada tiap variasi umurnya meningkat sebanyak 19,81% dan 30,40%.

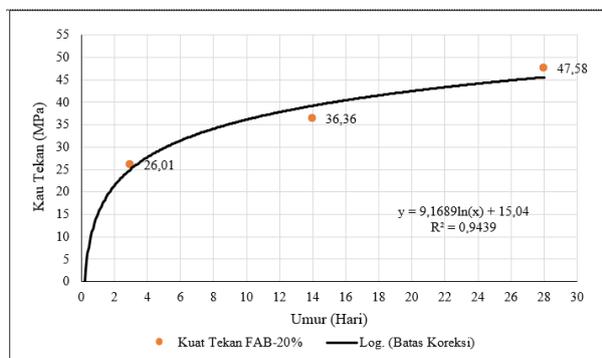
3. Hasil Pengujian Kuat Tekan FAB-20%

Pada pengujian ini benda uji ditambahkan dengan bahan tambah berupa *fly ash* sebanyak 20% dari berat semen dan zat aditif *bestmittel* 0,5% dari berat semen. Mortar diuji pada umur 3, 14, dan 28 hari dengan masing-

masing variasi umur sebanyak 6 sampel. Berikut hasil pengujian kuat tekan pada Tabel 9.

Tabel 9. Hasil Kuat Tekan Mortar variasi (FAB-20%)

Umur Mortar (Hari)	Kuat Tekan (MPa)	Standar Deviasi (%)	Koevisien (%)
3	26,01	0,57	2,19
14	36,36	1,08	2,98
28	47,58	1,03	2,17

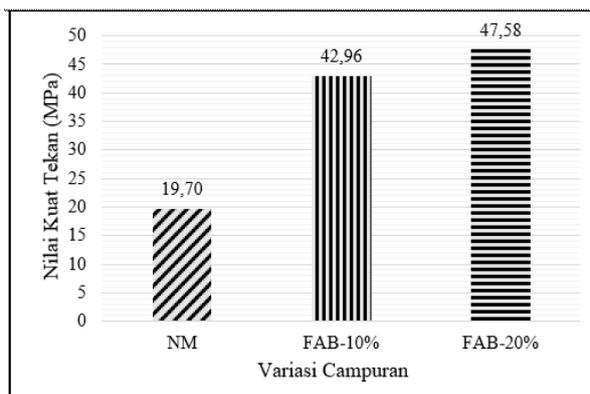


Gambar 4. Grafik hasil kuat tekan mortar variasi *fly ash* (FAB-20%)

Berdasarkan Gambar 4, menunjukkan bahwa hasil kuat tekan mortar dengan campuran *fly ash* 10% dan zat aditif *bestmittel* FAB-20% mengalami peningkatan pada setiap umurnya dan telah mencapai mutu tinggi dengan nilai optimum terdapat pada umur 28 hari hasil rata-rata 47,580 MPa dengan nilai korelasi yang telah dijabarkan dalam persamaan $(9,1689\ln(x) + 15,04)$ dengan nilai korelasi (R) sebesar 0,9439, menunjukkan hubungan signifikan (korelasi sangat kuat) antara umur dan kuat tekan yang diperoleh serta nilai pada umur 3 dan 14 hari yaitu 26,008 MPa dan 36,356 MPa. Sedangkan pada standar deviasi pengujian koefisien yang diperoleh termasuk dalam kategori “**Terbaik**” sesuai dengan SNI 03-6815-2002 dengan nilai sebesar 1,03 MPa, nilai ini termasuk kedalam kategori terbaik karena masuk dalam nilai standar koefisien antara < 1,41 standar kontrol beton pengujian laboratorium. Persentase peningkatan mutu pada campuran FAB-20% dengan campuran mortar normal pada tiap variasi umurnya yaitu pada umur 3 hari meningkat 13,82% dari variasi campuran normal, pada umur 14 hari peningkatan sebanyak 17,19% dari campuran normal, dan pada umur 28 hari peningkatan sebanyak 141,55% dari campuran normal. Sedangkan pada campuran FAB-20% sendiri pada tiap variasi umurnya meningkat sebanyak 39,79% dan 30,87% sehingga peningkatan persentase optimum terjadi pada umur 14 hari yang menunjukkan masa awal perendaman atau perawatan hingga pertengahan umur.

3.4 Rekapitulasi Hasil Kuat Tekan Mortar

Nilai rekapitulasi kuat tekan mortar pada umur 28 hari untuk mengetahui peningkatan pada umur maksimum pengujian. Berikut pada Gambar 5.



Gambar 5. Grafik hasil kuat tekan 28 hari

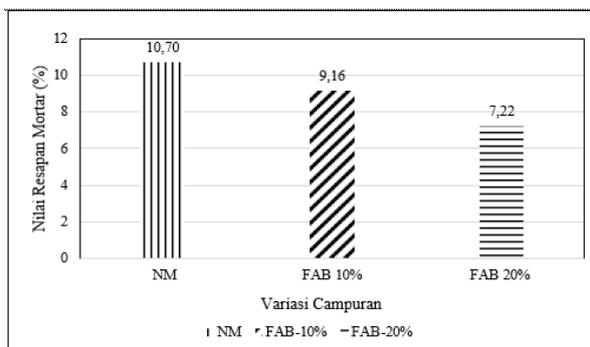
Berdasarkan Gambar 5, nilai kuat tekan 28 hari pada mortar ini mengalami peningkatan setiap bertambahnya penggunaan *fly ash* pada campuran, hal ini juga dikarenakan sifat yang terkandung dan butiran halus pada *fly ash*, selain itu penambahan zat aditif *bestmittel* yang dapat mempercepat waktu ikat pada mortar. Namun kenaikan mutu kuat tekan yang terjadi antara variasi FAB-10% terhadap variasi FAB-20% kurang signifikan, kenaikan hanya berkisar 10% berbanding terbalik dengan kenaikan mutu kuat tekan dari variasi NM terhadap variasi FAB-10% yaitu 118,07%, menunjukkan peningkatan melebihi setengah nilai mortar NM.

3.5 Pengujian Resapan Air Mortar

Pengujian air resapan mortar dilakukan hanya pada benda uji umur 28 hari pada masing-masing jenis variasi campuran. Pengujian air resapan mortar disajikan pada Tabel 10.

Tabel 10. Hasil Air resapan mortar

Nama Benda uji	Resapan Air Mortar (%)
NM	10,70
FAB-10%	9,16
FAB-20%	7,22



Gambar 6. Resapan Air Mortar

Dari grafik pada Gambar 6, dapat dilihat bahwa semakin tinggi presentasi kadar *fly ash* yang digunakan maka semakin rendah nilai penyerapan air pada mortar dengan catatan penggunaan bahan tambah zat aditif. Nilai

minimum penyerapan air terdapat pada variasi FAB-20% yaitu 7,22% dan penyerapan maksimum terjadi pada variasi NM yaitu 10,70%. Sehingga penggunaan *fly ash* semakin banyak maka penyerapan semakin tinggi pula, hal ini juga dikarenakan butiran pada *fly ash* dapat mengisi udara dalam campuran.

4. Kesimpulan

Berdasarkan hasil penelitian bahwa dengan semakin tinggi penambahan *fly ash* serta penggunaan zat aditif *bestmittel* pada benda uji mortar maka semakin tinggi nilai kuat tekan yang dihasilkan, hal ini dikarenakan sifat yang terkandung pada *bestmittel* yang menunjukkan pengikatan atau proses hidrasi lebih cepat. Sedangkan ukuran (sifat fisis) yang digunakan dalam pembuatan mortar telah sesuai dengan standar pada SNI, yaitu semakin banyak kadar penambahan *fly ash* dan zat aditif maka benda uji semakin halus serta tidak mudah keropos. Hasil nilai kuat tekan penelitian benda uji umur 28 hari berturut-turut pada variasi FAB-10% sebesar 42,96 MPa dan pada variasi FAB-20% sebesar 47,58 MPa, dengan hasil nilai kuat tekan ini maka pengaruh penambahan proporsi *fly ash* dan zat aditif tipe E *bestmittel* terhadap mortar sesuai dengan SNI 2002 dapat dikategorikan mortar mutu tinggi. Penggunaan mortar mutu tinggi ini dapat diterapkan pada proses pengecoran bangunan dengan waktu yang relatif lebih cepat selain itu juga dapat digunakan dalam pengecoran dengan Tingkat ketahanan lebih tinggi seperti pengecoran lantai acian pada laboratorium.

Daftar Rujukan

- [1] Persero, I. S. "Presentasi Kinerja Perusahaan Public Expose, indonesia Stock Exchange Bursa Efek Indonesia", Maret 2021, [Online]. Tersedia: https://www.idx.co.id/StaticData/NewsAndAnnouncement/ANNOUNCEMENTSTOCK/From_EREP/202109/642be47723_b1469df4c8.pdf [15 Juli 2024].
- [2] Huynh, L. "BBC News Indonesia Perubahan Iklim penghasil emisi CO2 Terbesar", 17 Desember 2018, [Online]. Tersedia: BBC News: <https://www.bbc.com/indonesia/majalah-46591036> [15 Juli 2024].
- [3] Fuad, I. S. "Pengaruh Penambahan Superplasticizer Dan Silica Fume Terhadap Kuat Tekan Mortar Dengan Fas 0,3," *Jurnal Desiminasi Teknologi*, vol. SU-09, no. 2, pp. 144-151, Juli 2021
- [4] M. A. Sultan, R. Hakim, "Efek Penambahan Fly Ash Terhadap Kuat Tekan Mortar Semen," *Jurnal Ilmiah Teknik Sipil*, vol. SU-02, no. 1, pp. 19-26, Januari 2022.
- [5] Takim, A. Naiboho, D. Ningrum, "Pengaruh Penggunaan Abu Terbang (Fly Ash) Terhadap Kuat Tekan Dan Penyerapan Air Pada Mortar," *Jurnal Reka Buana*, vol. 01, no. 2, pp. 91-100, Agustus 2016.
- [6] M. Ervianto, F. Saleh, H. Prayuda, "Kuat Tekan Beton Mutu Tinggi Menggunakan Bahan Tambah Abut Terbang (Fly Ash) Dan Zat Adiktif (Bestmittel)," *Sinergi*, vol. 20, no. 3, pp. 109-266, Oktober 2016.
- [7] A. F. Kariri, N. A. Affandy, "Analisis Kuat Tekan Beton Dengan Bahan Tambah Pelepeh Pisang Pada Beton Mutu K-200," *UkaRsT*, vol. 02, no. 2, pp. 115-124, April 2018.
- [8] Badan Standard Nasional, "Metode Pengujian Berat Jenis SNI 03-1970-1990". Jakarta 1990.
- [9] Badan Standard Nasional, "Kadar Lumpur Pasir, SNI 15-4428-1997. 1997". Jakarta 1997.
- [10] Badan Standard Nasional, "Metode Pengujian Kadar Air Agregat, SNI 03-1971-1990". Jakarta, 1990.
- [11] Badan Standard Nasional, "Metode Pengujian Tentang Analisis Saringan Agregat Halus dan Kasar, SNI 03-1968-1990". Jakarta, 1990.
- [12] Badan Standard Nasional, "Metode Pengujian Tentang Analisis Saringan Agregat Halus dan Kasar, SNI 03-1968-1990". Jakarta, 1990.
- [13] Badan Standard Nasional, "Metode Pengujian Berat Volume Pasir SNI 03-1973-1990". Jakarta, 1990.
- [14] *American Standard Testing And Material*, "Metode Uji Standar Untuk Kepadatan Semen Hidrolik. 1-2, C.-187-89. 2003". Amerika, 2003.
- [15] Badan Standard Nasional, "Metode Pengujian Berat Jenis Abu Terbang, SNI 03-6863-2002". Jakarta, 2002.
- [16] *American Standard Testing And Material*, "Metode Uji Standar Untuk Konsistensi Normal Semen Hidrolik 3-4, C.-187-86. 2003". Amerika, 2003.
- [17] *American Standard Testing And Material*, "Metode Pengujian Waktu ikat semen, C-119-92.
- [18] Badan Standard Nasional, "Metode Kehalusan Semen Portland Compress, SNI15-2531-1991". Jakarta, 1991.
- [19] Badan Standard Nasional, "Metode Pengujian Kekuatan Tekan Mortar Semen Portland Untuk Pekerjaan Sipil, SNI 03-6825-2002". Jakarta, 2002.
- [20] Badan Standard Nasional, "Tata Cara Mengevaluasi Hasil Uji Kekuatan Beton Untuk Pekerjaan Sipil, SNI 03-6815-2002". Jakarta, 2002.