



## **PENGARUH PENGGUNAAN NANO ALUMINA TERHADAP KUAT TEKAN DAN ABSORPSI MORTAR BETON DENGAN *MODERATE VOLUME FLY ASH***

Syarifah Asria Nanda<sup>1</sup>, Maizuar<sup>2</sup>, Arif Munandar Zai<sup>3</sup>, Hamzani<sup>4</sup>  
Program Studi Teknik Sipil, Universitas Malikussaleh  
Jl. Kampus Unimal BI Blang Pulo, Lhokseumawe, Indonesia  
Email: syarifah.asria@unimal.ac.id

### **ABSTRAK**

Nano alumina merupakan partikel yang begitu kecil umumnya dalam rentang lebih besar dari 1  $\mu\text{m}$  hingga lebih kecil dari 0,1  $\mu\text{m}$ , akibatnya dapat mengisi struktur mikro mortar. Sifat fisik dan kimia nano alumina yang unggul berupa ketahanan terhadap abrasi, korosi tinggi, dan suhu yang tinggi. Tujuan penelitian ini untuk mengetahui pengaruh penggunaan substitusi nano alumina dengan *fly ash* (Nagan Raya) terhadap kuat tekan dan absorpsi mortar beton. Spesimen dengan substitusi kadar persentase nano alumina yang bervariasi sebesar 0,01%, 0,02%, 0,03%, 0,04%, 0,05% dan 0,08%. Adukan *mix design* memakai SNI 03-6825-2002, yang mana dilakukan pengujian kuat tekan mortar pada umur 3, 7, dan 28 hari, sedangkan absorpsi dilakukan ketika buka bekisting langsung di oven pada suhu  $105 \pm 5$  °C durasi  $\pm 24$  jam untuk mendapatkan massa kering dan direndam  $\pm 48$  jam untuk mendapatkan massa basah pada masing-masing variasi setiap tiga sampelnya. Pengujian ini menghasilkan kuat tekan maksimum mortar pada umur 28 hari terdapat pada mortar variasi nano alumina 0,08%, peningkatan sebesar 30,25% dan hasil penurunan optimum absorpsi mortar terdapat pada mortar variasi nano alumina 0,08% penurunan sebesar 27,60% terhadap mortar normal. Maka didapat kesimpulan dari hasil penelitian ini diketahui bahwa penggunaan nano alumina pada mortar beton dengan *moderate volume fly ash* dapat meningkatkan kuat tekan mortar beton dan menurunkan nilai absorpsi mortar beton.

**Kata kunci:** *Absorpsi, kuat tekan, nano alumina, fly ash, mortar beton*

### **PENDAHULUAN**

Infrastruktur beton modern membutuhkan komponen struktural dengan kekuatan mekanik yang lebih tinggi dan daya tahan yang lebih besar. Salah

satu solusinya adalah dengan menambahkan material nano pada material berbasis semen, yang dapat meningkatkan sifat mekaniknya [1]. Nanomaterial merupakan bahan yang berukuran nano meter (nm), dan telah menjadi semakin penting dalam dekade terakhir karena karakteristik khusus mereka dibandingkan dengan bahan berukuran lebih besar (bulk material). Hal khusus yang mereka miliki yaitu peningkatan sifat fisik jauh lebih tinggi dibandingkan bahan berukuran mikro [2]. Beberapa material nano tersebut antara lain nano-silika (nano-SiO<sub>2</sub>), nano-alumina (nano-Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>), nano-ferric oxide (nano-Fe<sub>2</sub>O<sub>3</sub>), nano-titanium oxide (nano-TiO<sub>2</sub>), *carbon* nanotube (CNT), graphene, dan graphene oxide [1]. Partikel nano alumina (nano-Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>) dapat berinteraksi dengan air hidrasi, yang dapat membentuk hidrasi tambahan yang kuat. Hal ini dapat memperkuat mikrostruktur mortar beton dan meningkatkan sifat mekanik mortar beton.

Mortar merupakan material komposit untuk media konstruksi dalam bangunan. Mortar kuat menahan gaya tekan dengan amat baik. Selain itu, penentuan karakteristik material mempengaruhi kualitas mortar. Banyak eksperimen dan pengembangan mortar telah dilakukan, dan banyak ditemui berkontribusi besar pada pengurangan penggunaan bahan-bahan lama yang diregenerasi secara alami.

Sifat mekanik sampel yang mengandung 1% dan 3% nano alumina (NA) lebih baik daripada yang mortar semen, tetapi dengan meningkatkan NA hingga 5%, sifat mekaniknya menurun drastis [3]. Pada penelitian yang dilakukan [4], NA telah ditambahkan ke dalam campuran beton dengan proporsi 1%, 2%, 3% dan 4%. Berdasarkan studi eksperimental, NA dengan 1% menunjukkan distribusi yang lebih baik di sepanjang matriks beton dan juga efisien dalam hal peningkatan kuat tekan, kuat tarik belah dan lentur.

*Fly ash* (FA) merupakan limbah dari PLTU yang berbahan bakar batu bara dikategorikan oleh Bapedal sebagai limbah berbahaya (B3). Indonesia adalah negara penghasil batubara yang melimpah, dengan melalui proses pembakaran untuk menghasilkan energi. Hasil dari pembakaran tersebut menghasilkan residu pembakaran atau disebut FA. FA juga dimanfaatkan pada mortar sebagai material substitusi dalam bahan campuran mortar bertujuan agar memperbaiki sifat-sifat mortar. Pemanfaatan limbah FA merupakan suatu upaya yang ramah lingkungan mengurangi limbah tersebut.

Kuat tekan mortar beton dengan FA, lebih rendah bila dibandingkan dengan kuat tekan mortar normal pada umur awal 3 dan 7 hari. Ini terjadi akibat dari perilaku FA dimana reaksi hidrasi tidak berjalan dengan cepat. Sedangkan pada 28 hari, hasil uji kuat tekan mortar dengan FA lebih tinggi dibandingkan dengan mortar beton normal. Hal ini serupa dengan yang

dilaporkan oleh Neville, kalau FA memiliki durasi lambat dalam waktu pengikatan awal, tetapi akan lebih meningkat pengikatannya setelah di 28 hari [5].

Menurut rumusan masalah, maka dilaksanakan penelitian ini bertujuan dalam hal yaitu untuk mengetahui pengaruh penggunaan substitusi nano alumina dengan *moderate volume fly ash* terhadap kuat tekan pada mortar beton dan untuk mengetahui pengaruh penggunaan substitusi nano alumina dengan *moderate volume fly ash* terhadap absorpsi pada mortar beton.

## TINJAUAN PUSTAKA

### 2.1. Mortar

Mortar merupakan hasil sintesis dari beberapa bahan material, berupa air, pasir dan semen. Dengan komposisi dari beberapa perbandingan *mix* material, hal ini dapat mempengaruhi dari nilai dari tiap karakterisasi yang dapat di identifikasikan terhadap mortar itu sendiri [6].

Menurut SNI 03-6825-2002, mortar didefinisikan sebagai campuran material yang terdiri dari agregat halus (pasir), bahan perekat (tanah liat, kapur, semen *portland*) dan air dengan komposisi tertentu [7]. Pengertian mortar adalah adukan yang terdiri dari pasir, bahan perekat dan air. Bahan perekat berupa tanah liat, kapur, maupun semen. Bila tanah yang dipakai sebagai bahan perekat disebut mortar lumpur (mud mortar), bila kapur yang dipakai sebagai bahan perekat disebut mortar kapur, dan bila semen yang dipakai sebagai bahan perekat maka disebut mortar semen. Pasir berfungsi sebagai pengisi (bahan yang direkat) [8].

### 2.2. Material Penyusun Mortar

Berikut ini akan dibahas bahan penyusun yang digunakan untuk membuat mortar. Ini juga digunakan sebagai komponen mortar yang digunakan dalam penelitian ini. Berikut bahan-bahan digunakan untuk membuat mortar yaitu:

#### 1. Semen *Portland*

Semen *portland* adalah semen yang diperoleh dengan mencampur bahan-bahan yang mengandung kapur, membakarnya pada temperatur yang mengakibatkan terbentuknya klinker dan kemudian menghaluskan klinker dengan gips sebagai bahan tambahan [9].

#### 2. Agregat Halus

Agregat halus merupakan agregat yang lolos saringan no. 4 (4,75 mm). Sedangkan agregat yang butirannya lebih besar dari 4,75 mm disebut agregat kasar [11].

Agregat halus (*fine agregate*) adalah butiran mineral alami atau buatan sebagai bahan pengisi dalam campuran mortar. Agregat halus atau pasir mempunyai ukuran butiran yang berkisar antara 0,075 mm hingga 4,80 mm. Pasir dengan modulus kehalusan antara 2,5 mm 3,2 mm sangat baik digunakan untuk pembuatan mortar [8].

### 3. Air

Air salah satu komponen elemen pembentuk beton yang utama. Faktor air semen (FAS) sama dengan dimana perbandingan berat antara air dan semen yang tercampur dalam adukan beton, dalam kenyataannya atau pembuatannya yang mana nilai fas beredar antara 0,4 sampai 0,6 [12].

Pada dasarnya kebutuhan semen akan air untuk proses hidrasi hanyalah sekitar 25% dari total bobot semen. Jika air yang digunakan kurang dari 25% maka akan terjadi kelecakan dan kemudahan pengerjaan (*workability*) tidak dapat tercapai. Adonan semen yang mudah dikerjakan dapat didefinisikan sebagai adonan yang pengadukannya mudah, mudah di angkut, dan dituangkan ke dalam cetakan untuk dibentuk [8].

Menurut PBI 1971, persyaratan pemakaian air untuk campuran beton yakni tidak mengandung lumpur ataupun benda melayang lainnya lebih dari 2 gr/lit, tidak mengandung Klorida (Cl) lebih dari 0,5 gr/lit, dan tidak mengandung senyawa-senyawa sulfat lebih dari 1 gr/lit [13].

### 4. Nano Alumina (NA)

Alumina ( $Al_2O_3$ ) banyak digunakan dalam berbagai aplikasi, karena memiliki sifat fisik dan kimia yang unggul yaitu ketahanan panas yang tinggi, isolasi listrik yang sangat baik, ketahanan abrasi dan ketahanan korosi yang tinggi [14]. Alumina ( $Al_2O_3$ ) atau aluminium oksida adalah oksida amfoter yang ada di alam sebagai mineral korundum ( $Al_2O_3$ ); diaspore ( $Al_2O_3 \cdot H_2O$ ); gibbsite ( $Al_2O_3 \cdot 3H_2O$ ); dan yang paling umum adalah bauksit, yang merupakan bentuk tidak murni dari gibbsite [15].

Jumlah NA yang berlebihan (lebih dari 5%) menurunkan kekuatan karena partikel NA menggumpal pada permukaan pasir. Penyempurnaan struktur mikro sampel mortar juga dilaporkan dalam penelitian oleh Campillo dkk. Dilaporkan bahwa NA menyebabkan pergeseran dari pori-pori yang lebih besar dari 1  $\mu m$  ke pori-pori yang lebih kecil dari 0,1  $\mu m$ . Namun, peningkatan hidrasi dan pelarutan fase belite yang lebih cepat karena reaktivitas yang tinggi dari ukuran partikel kecil NA disebutkan sebagai alasan penyempurnaan matriks semen [16].

Alumina merupakan senyawa Aluminium dimana bereaksi terhadap oksigen, dan dituliskan secara ilmiah  $Al_2O_3$ . Alumina ( $Al_2O_3$ ) secara luas digunakan dalam berbagai aplikasi karena memiliki sifat fisik dan kimia yang

unggul seperti tahan terhadap panas yang tinggi, isolator listrik yang baik, tahan abrasi, dan memiliki ketahanan korosi yang tinggi [17]. Alumina ( $\text{Al}_2\text{O}_3$ ) terdapat sebagai alumina hidrat dan alumina anhidrat. Alumina anhidrat,  $\text{Al}_2\text{O}_3$ , terdapat dalam bentuk alumina stabil berupa  $\alpha$ -alumina dan alumina metastabil yaitu, gamma alumina ( $\gamma\text{-Al}_2\text{O}_3$ ), delta alumina ( $\delta\text{-Al}_2\text{O}_3$ ), theta alumina ( $\theta\text{-Al}_2\text{O}_3$ ), kappa alumina ( $\kappa\text{-Al}_2\text{O}_3$ ) dan chi alumina ( $\chi\text{-Al}_2\text{O}_3$ ), sedangkan hidratnya berada dalam bentuk aluminium hidroksida seperti gibbsite, bayerit, boehmite dan diaspore [8]. Alumina ( $\text{Al}_2\text{O}_3$ ) murni dibawa dan propertinya diuji di perusahaan manufaktur yang ditampilkan oleh Tabel 1.

Tabel 1 Sifat Nano Alumina ( $\text{Al}_2\text{O}_3$ )

<i>Tes Item</i>	<i>Standard Requirement</i>	<i>Test result</i>
<i>Specific surface area(M2/G)</i>	200-210	>202 m <sup>2</sup> /g
<i>Crystal structure and type</i>	<i>Alpha</i>	iya
<i>Particle shape</i>	<i>spherical</i>	iya
<i>pH value</i>	3,7-8,5	6
<i>Loss on drying @105°C (5)</i>	<1,5	0,47
<i>Loss of ignition @1000°C (%)</i>	<2,0	0,66
<i>SiO<sub>2</sub>content</i>	>99,8	99,88
<i>Carbon content</i>	<0,15	0,10

Sumber: [18]

Berbagai metode untuk produksi dan ekstraksi nanopartikel alumina, terutama diekstraksi dari dua sumber daya utama tanah liat dan abu terbang. Tahap produksi NA dilakukan dengan metode plasma busur, presipitasi, hidrotermal, dan sol-gel [19].

Material substitusi yang dimanfaatkan adalah dispersi NA yang berupa cairan. NA termasuk senyawa Aluminium yang bisa bereaksi terhadap oksigen, dan dituliskan secara ilmiah  $\text{Al}_2\text{O}_3$ . Partikel NA dapat berinteraksi dengan air hidratasi, yang dapat membentuk hidratasi tambahan yang kuat.

##### 5. Fly Ash (FA)

Fly ash (FA) merupakan sisa pembakaran dari batu bara pada pabrik pembangkit panas yang dikeluarkan dari ruang perapian suatu ketel uap gas buang, dihasilkan partikel FA berukuran <1  $\mu\text{m}$  [10].

Menurut SK-SNI S-15-1990-F spesifikasi abu terbang (FA) sebagai bahan tambahan untuk campuran beton, abu terbang (FA) hasil pembakaran batu bara digolongkan menjadi 3 jenis abu terbang, yaitu [10]:

- a) Kelas F: Abu terbang (FA) yang dihasilkan dari pembakaran batu bara jenis antrasit dan bituminous.
- b) Kelas N: Abu terbang (FA) yang dihasilkan dari pembakaran batu bara jenis lignite dan subbituminous.
- c) Kelas C: Abu terbang (FA) yang dihasilkan dari pembakaran batu bara jenis lignite dan subbituminous.

Penggunaan pozolan kelas F dengan kadar hilang pijar sampai dengan 12 % dapat disetujui oleh pengguna jika salah satu dari catatan kinerja yang dapat diterima atau hasil uji laboratorium tersedia, dan yang ditampilkan sesuai Tabel 2.

Tabel 2 Ketentuan Syarat Kimia *Fly Ash* (FA)

Uraian	Kelas		
	N	F	C
SiO <sub>2</sub> + Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub> + Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub> , min, %	70	70	50
SO <sub>3</sub> , maks, %	4	5	5
Kadar air, maks, %	3	3	3
Hilang pijar, maks, %	10	6	6

Sumber: [20]

Berdasarkan pengujian yang dilakukan [21], karakteristik komposisi material FA Nagan Raya tipe F menggunakan uji XRF ditampilkan sesuai Tabel 3.

Tabel 3 Komposisi Kimia *Fly Ash* (FA) Nagan Raya

No.	Senyawa Kandungan	Persentase Kandungan %
1	SiO <sub>2</sub>	37,16
2	AlO <sub>2</sub>	17,61
3	Fe <sub>2</sub> O <sub>2</sub>	18,79
4	CaO	8,72
5	Na <sub>2</sub> O	0,468
6	K <sub>2</sub> O	0,788
7	TiO <sub>2</sub>	0,747
8	MgO	6,43
9	P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	0,139
10	SO <sub>2</sub>	1,96
11	H <sub>2</sub> O	-
12	Loi	-

Sumber: [21]

**2.3. Kuat Tekan**

Menurut (SNI 03-1974-1990) kuat tekan beton merupakan besarnya gaya tekan tertentu terhadap beban persatuan luas secara terus-menerus, akibatnya benda uji beton hancur yang diperoleh oleh mesin uji kuat tekan. Pada penelitian laboratorium ini, uji kuat tekan mortar dilaksanakan dengan benda uji mortar berdimensi 5 cm x 5 cm x 5 cm. Perhitungan nilai kuat tekan mortar menerapkan rumus persamaan 1.

$$f'c = \frac{P_{maks}}{A} \dots\dots\dots (1)$$

Keterangan:

- f'c = Kuat tekan didapat dari benda uji (MPa)
- Pmaks = Maksimum pembebanan (N)
- A = Luas permukaan (mm<sup>2</sup>)

**2.4. Absorpsi**

Absorpsi mortar adalah sebuah kemampuan meresapnya air melalui pori-pori mortar. Nilai absorpsi yang besar menunjukkan banyak rongga yang ada pada material tersebut. Besarnya nilai absorpsi juga berpengaruh pada mortar yang mana dapat menyebabkan menurunnya kekuatan pada mortar, karena pori-pori yang ada membuat suatu ikatan antar partikel berkurang [22].

Pengujian absorpsi mortar menurut (SNI 03-6433-2000), dilaksanakan pada benda uji mortar berbentuk kubus berdimensi 5 cm x 5 cm x 5 cm. Perhitungan nilai absorpsi mortar menerapkan rumus persamaan 2.

$$A_b = \frac{mb - mk}{mk} \times 100\% \dots\dots\dots (2)$$

Keterangan:

- A<sub>b</sub> = Absorpsi (%)
- mb = Massa basah sampel (gr)
- mk = Massa kering sampel (gr)

**METODE PENELITIAN**

Pada pelaksanaan penelitian di laboratorium ini, termasuk dalam metode eksperimental. Sampel memiliki bentuk kubus pada dimensi 5 cm x 5 cm x 5 cm, guna uji kuat tekan mortar dan uji absorpsi mortar. Pertama-tama menyediakan alat dan bahan yang akan dipakai. Selanjutnya adalah pengujian sifat fisis material. Tahapan berikutnya merencanakan campuran (*Mix design*)

mengacu SNI 03-6825-2002. Setelah membuat adukan campuran mortar, dilakukan pengujian *slump flow* mortar beton normal, jika tidak memenuhi maka membuat ulang *mix design* dan jika *slump* memenuhi rentang maka dilanjutkan dengan variasi NA. Kemudian membuat benda uji ke dalam cetakan. Setelah pembuatan benda uji di diamkan  $\pm 24$  jam dalam bekisting. Pembukaan bekisting dengan hati-hati dan dilakukan perawatan benda uji mortar dalam bak air perendaman selama 3, 7, dan 28 hari. Pada pengangkutan dari perendaman, permukaan benda uji di lap dan dilakukan pengujian kuat tekan. Sedangkan pengujian absorpsi dilakukan ketika buka bekisting langsung di oven dengan suhu sekitar  $105 \pm 5$  °C selama  $\pm 24$  jam untuk massa kering dan direndam  $\pm 48$  jam untuk mendapatkan massa basah. Setelah itu, setelah seluruh data telah diperoleh lakukan analisis data dan membuat hasil serta pembahasan, diakhiri dengan membuat kesimpulan dan saran terhadap penelitian.

### 3.1. Analisis dan Pengolahan Data

Pada penelitian laboratorium ini, dengan melalui pengamatan sifat fisis material yang akan digunakan dan pembuatan benda uji mengikuti prosedur SNI 03-6825-2002. Adukan material akan dilaksanakan uji *slump flow* mortar, kemudian pencetakan benda uji pada bekisting 5 cm x 5 cm x 5 cm dengan benda uji berjumlah 96 buah. Sebelum dilakukan uji kuat tekan dan absorpsi mortar beton, dilakukan perawatan pada 3, 7, dan 28 hari. Kemudian dilakukan uji kuat tekan dan absorpsi mortar beton, hasil dari pengujian ini dilaksanakan perhitungan.

### 3.2. Rencana Pembuatan Benda Uji

Perencanaan dalam pembuatan variasi benda uji mortar beton pada campuran nano alumina (NA) dengan *fly ash* (FA) yaitu *mix design* yang mengikuti prosedur SNI 03-6825-2002. Dipakai proporsi pengisi mortar berbanding 1:2,75 terhadap semen dan pasir, dan penggunaan rasio air semen (FAS) sebesar 0,485%. NA menggunakan variasi 0,01%, 0,02%, 0,03%, 0,04%, 0,05%, dan 0,08% substitusi dari berat semen. FA yang digunakan sebesar 25% substitusi dari berat semen. Sejumlah benda uji ditampilkan sesuai Tabel 4.

Tabel 4 Jumlah Benda Uji

10	Benda Uji	Pengujian			Absorpsi
		Kuat Tekan			
		Hari ke-3	Hari ke-7	Hari ke-28	

1	N	3	3	3	3
2	FA	3	3	3	3
3	NAFA 0,01%	3	3	3	3
4	NAFA 0,02%	3	3	3	3
5	NAFA 0,03%	3	3	3	3
6	NAFA 0,04%	3	3	3	3
7	NAFA 0,05%	3	3	3	3
8	NAFA 0,08%	3	3	3	3
Total Sampel		72			24

## HASIL DAN PEMBAHASAN

Didapat dari hasil rangkaian pelaksanaan pengujian, ditampilkan berupa hasil dari pengujian sifat fisis material, proporsi bahan campuran mortar, hasil pengujian *slump*, hasil pengujian kuat tekan mortar dan hasil pengujian absorpsi mortar.

### 4.1. Sifat Fisis Material

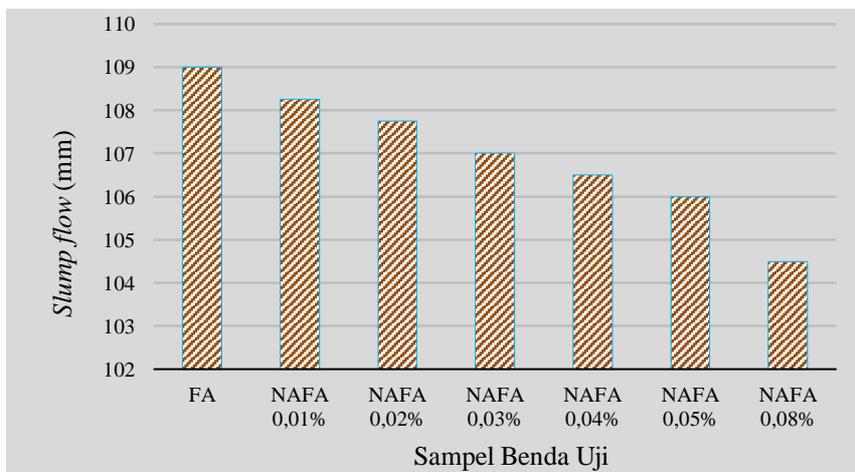
Pada pengujian sifat fisis di peroleh beberapa hasil untuk material pembentuk mortal. adapun pengujian sifat fisis yang dilakukan terdiri dari: berat jenis semen, berat jenis *Fly Ash*, berat jenis dan penyerapan air agregat halus, berat volume gembur dan padat agregat halus, modulus halus butir, kadar kelembaban (lengas) agregat halus. Hasil pengujian sifat fisis dapat dilihat pada Tabel 5.

Tabel 5 Hasil Sifat Fisis Material

Sifat fisis	Hasil
BJ Semen	2,935
BJ fly ash	2,495
BJ. OD agregat halus	2,586
BJ. SSD agregat halus	2,650
BJ. APP agregat halus	2,650
Absorpsi Air (%)	2,466
Berat volume gembur (gr/cm <sup>3</sup> )	1,528
Berat volume padat (gr/cm <sup>3</sup> )	1,603
Modulus halus butir (MHB)	3,04
Kadar kelembaban agregat halus (%)	4,822

## 4.2. Slump Flow Mortar

Pada pengujian yang telah dilakukan, diperoleh rata-rata nilai *slump* mortar normal (N) sebesar 108,5 mm, dan ketika disubstitusi dengan FA terjadi peningkatan *slump* sebesar 109,0 mm. Sedangkan mortar disubstitusikan NA dengan FA terjadi penurunan nilai *slump flow*. Pada mortar NAFA 0,01% sebesar 108,3 mm, pada mortar NAFA 0,02% sebesar 107,8 mm, mortar NAFA 0,03% sebesar 107,0 mm, mortar NAFA 0,04% sebesar 106,5 mm, mortar NAFA 0,05% sebesar 106,0 mm, dan mortar NAFA 0,08% sebesar 104,5 mm. Dalam pengujian *slump mix* mortar, nilai terendah didapat pada variasi *slump* mortar NAFA 0,08% sebesar 104,5 mm atau penurunan sebesar 3,69% terhadap mortal normal (N). Hasil pengujian *slump flow* mortar ditampilkan bentuk grafik seperti yang ditampilkan sesuai Gambar 1.

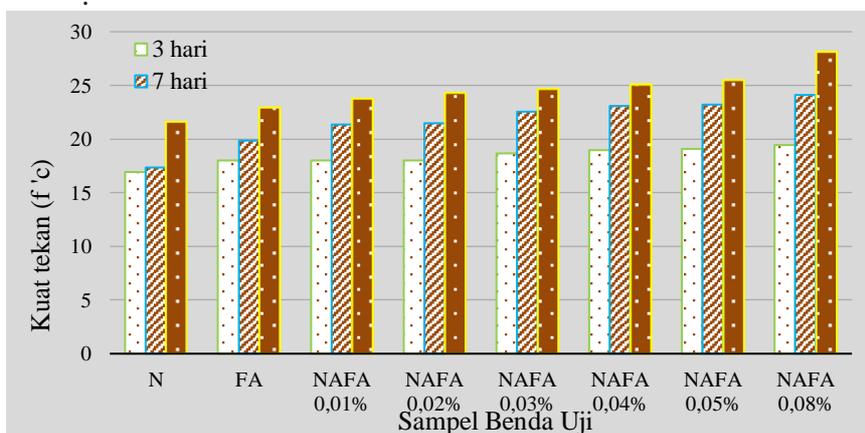


Gambar 1 Uji *slump flow* mortar beton substitusi NA dengan FA

## 4.3. Uji Kuat Tekan Mortar

Pada uji kuat tekan dilaksanakan pengangkutan sampel dari bak perendaman di umur 3, 7, dan 28 hari. Alat uji kuat tekan yang dilaksanakan ini menggunakan *compression testing machine*. Didapat kuat tekan mortar normal (N) pada 3, 7, dan 28 hari sebesar 16,93 MPa, 17,33 MPa, dan 21,60 MPa. Pada mortar FA pada 3, 7, dan 28 hari sebesar 18,0 MPa, 19,87 MPa, dan 22,93 MPa. Ketika mortar disubstitusikan NA dengan FA terjadi peningkatan kuat tekan yang signifikan secara berturut-turut. Pada 3 hari kuat tekan mortar NAFA 0,01%, NAFA 0,02%, NAFA 0,03%, NAFA 0,04%,

NAFA 0,05%, dan NAFA 0,08% didapat sebesar 18,0 MPa, 18,0 MPa, 18,67 MPa, 18,93 MPa, 19,07 MPa, serta 19,47 MPa. Pada 7 hari mortar NAFA 0,01%, NAFA 0,02%, NAFA 0,03%, NAFA 0,04%, NAFA 0,05%, dan NAFA 0,08% didapat sebesar 21,33 MPa, 21,47 MPa, 22,53 MPa, 23,07 MPa, 23,20 MPa, serta 24,13 MPa. Pada 28 hari mortar NAFA 0,01%, NAFA 0,02%, NAFA 0,03%, NAFA 0,04%, NAFA 0,05%, dan NAFA 0,08% didapat sebesar 23,73 MPa, 24,27 MPa, 24,67 MPa, 25,07 MPa, 25,47 MPa, serta 28,13 MPa. Diketahui nilai maksimum kuat tekan di 28 hari terdapat di mortar NAFA 0,08% sebesar 28,13 MPa atau 30,25% terhadap mortar normal (N) sebesar 0,0%. Hasil pengujian kuat tekan ditampilkan bentuk grafik seperti yang ditampilkan sesuai Gambar 2

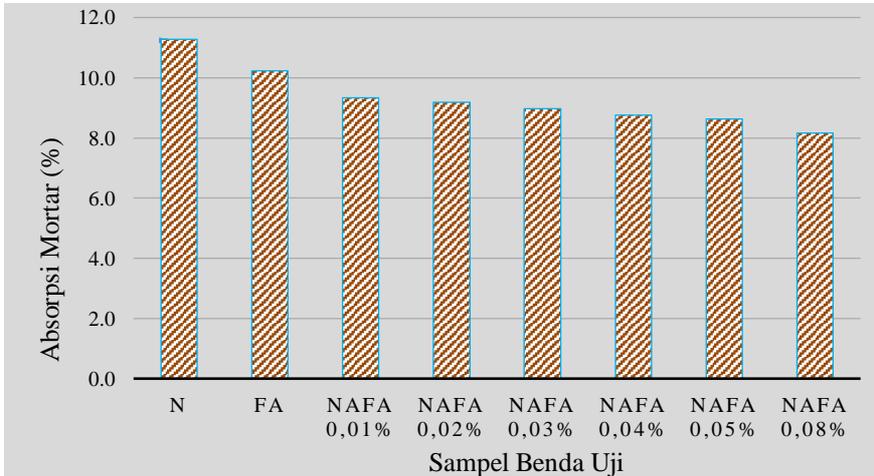


Gambar 2 Uji kuat tekan mortar beton substitusi NA dengan FA

#### 4.4. Uji Absorpsi Mortar

Pengujian dilaksanakan ketika cetakan benda uji dibuka, kemudian di oven selama  $\pm 24$  jam dan ditimbang untuk mendapatkan massa kering oven. Kemudian benda uji direndam selama  $\pm 48$  jam, kemudian permukaan benda uji di lap dan ditimbang untuk mendapatkan massa basah. Dari pengujian ini didapat nilai absorpsi mortar normal (N) sebesar 11,28%, dan mortar FA sebesar 10,24%. Ketika mortar disubstitusikan NA dengan FA terjadi penurunan nilai absorpsi yang signifikan secara berturut-turut. Pada mortar NAFA 0,01% sebesar 9,34%, mortar NAFA 0,02% sebesar 9,19%, mortar NAFA 0,03% sebesar 8,97%, mortar NAFA 0,04% sebesar 8,76%, mortar NAFA 0,05% sebesar 8,64%, dan mortar NAFA 0,08% sebesar 8,17%. Nilai penurunan optimum absorpsi mortar terdapat pada mortar NAFA 0,08%

sebesar 8,17% atau penurunan 27,6% terhadap mortar normal (N). Hasil pengujian absorpsi ditampilkan bentuk grafik seperti yang ditampilkan sesuai Gambar 3.



Gambar 3 Uji absorpsi mortar beton substitusi NA dengan FA

## KESIMPULAN DAN SARAN

### 5.1. Kesimpulan

Sesudah melaksanakan pengujian di Laboratorium, dengan hasil penelitian yang diperoleh sehingga dapat diambil disimpulkan dalam penelitian ini yaitu:

1. Penggunaan nano alumina dengan *fly ash* pada mortar beton berpengaruh signifikan terhadap peningkatan kuat tekan mortar. Didapat pada mortar beton normal (N) di 3, 7, dan 28 hari, kuat tekan sebesar 16,93 MPa, 17,33 MPa, dan 21,60 MPa, dan mortar substitusi *fly ash* 25% (FA) di 3, 7, dan 28 hari sebesar 18 MPa, 19,87 MPa, dan 22,93 MPa. Ketika mortar di substitusi nano alumina sebesar 0,01%, 0,02%, 0,03%, 0,04%, 0,05%, dan 0,08%, dengan *fly ash* sebesar 25% (mortar NAFA), terjadi peningkatan kuat tekan mortar yang berturut-turut seiring peningkatan nano alumina. Dalam pengujian ini, nilai maksimum kuat tekan mortar di 3, 7, dan 28 hari terdapat pada mortar substitusi nano alumina 0,08% (NAFA) sebesar 19,47 MPa atau 15%, 24,13 MPa atau 39,23%, dan 28,13 MPa atau 30,25%. Sehingga dapat disimpulkan bahwa substitusi nano alumina dengan *fly ash*

- mempengaruhi secara signifikan pada peningkatan uji kuat tekan mortar beton.
2. Penggunaan nano alumina dengan *fly ash* pada mortar beton berpengaruh signifikan terhadap penurunan absorpsi mortar beton. Dari hasil pengujian ini, absorpsi mortar normal (N) didapat nilai sebesar 11,28%. Sedangkan mortar substitusi *fly ash* 25% (FA) didapat nilai sebesar 10,24%. Ketika mortar substitusi nano alumina sebesar 0,01%, 0,02%, 0,03%, 0,04%, 0,05%, dan 0,08%, dengan *fly ash* 25% (mortar NAFA), terjadi penurunan absorpsi mortar yang berturut-turut seiring peningkatan nano alumina. Sehingga diperoleh nilai penurunan optimum absorpsi mortar beton pada substitusi nano alumina 0,08% sebesar 8,17% atau penurunan 27,60% terhadap mortar normal. Sehingga dapat disimpulkan bahwa substitusi nano alumina dengan *fly ash* berpengaruh terhadap penurunan uji absorpsi mortar beton.

## 5.2. Saran

Setelah melaksanakan penelitian laboratorium ini, sebaiknya untuk melaksanakan dan mengamati suatu pengujian lainnya yaitu:

1. Disarankan agar menggunakan kadar persentase *fly ash* yang bervariasi, untuk mengoptimalkan limbah *fly ash* dalam *mix design* nano alumina terhadap kuat tekan mortar beton.
2. Disarankan agar menggunakan campuran kadar persentase nano alumina yang bervariasi, untuk mengetahui dampak kuat tekan mortar beton. Dalam hal ini nano alumina dapat meningkatkan kuat tekan mortar.
3. Gunakan kadar persentase nano alumina dengan *fly ash* yang bervariasi bersama bahan tambah lainnya karena nano alumina dengan *fly ash* meningkatkan kuat tekan dan absorpsi mortar beton.
4. Variabel pengujian selanjutnya, dapat dilaksanakan berbagai uji sifat mekanis seperti *setting time* kuat tarik, kuat lentur, permeabilitas, dan lain sebagainya.

## DAFTAR PUSTAKA

- [1] K. P. Bautista-Gutierrez, et al., “Recent Progress in Nanomaterials for Modern Concrete Infrastructure: Advantages and Challenges,” *Materials*, volume 12, no. 21, pages 3548, 2019.

- [2] M. C. Roco, “Nanoparticles and Nanotechnology Research,” *Journal of Nanoparticle Research*, volume 1, no. 1, pages 1–6, Mar. 1999, doi: 10.1023/A:1010093308079.
- [3] M. R. Arefi, et al., “To Study the Effect of Adding  $Al_2O_3$  Nanoparticles on The Mechanical Properties and Microstructure of Cement Mortar,” *Life Science Journal*, volume 8, no. 4, pages 613–617, 2011.
- [4] C. Krishnaveni and S. S. Selvan, “Study on Nano-Alumina in Concrete,” *Materials Today: Proceedings*, volume 46, pages 3648–3652, 2021.
- [5] A. Maryoto, “Pengaruh Penggunaan *High Volume Fly Ash* Pada Kuat Tekan Mortar,” *Jurnal Teknik Sipil dan Perencanaan*, volume 10, no. 2, pages 103–114, 2008.
- [6] I. Y. Rumbang, “Karakterisasi Mortar Berbahan Dasar Nano Semen dengan Penambahan Nano *Bottom Ash*”.
- [7] R. Y. Adi, “Kuat Tekan Mortar dengan Berbagai Campuran Penyusun dan Umur,” *Media Komunikasi Teknik Sipil*, volume 17, no. 1, pages 67–84, 2009, doi: 10.14710/mkts.v17i1.3420.
- [8] S. Zuraidah and B. Hastono, “Pengaruh Variasi Komposisi Campuran Mortar Terhadap Kuat Tekan,” *Ge-STRAM: Jurnal Perencanaan Dan Rekayasa Sipil*, volume 1, no. 1, pages 8–13, 2018.
- [9] R. M. J. Passa, “Waktu Pengikat Semen *Portland* (Konsistensi Normal) dengan Alat Vicat,” *Jurnal Ilmu Teknik*, volume 1, no. 3, Art. no. 3, Desember 2021, Accessed: Februari 11, 2024. <http://ilmuteknik.org/index.php/ilmuteknik/article/view/48>
- [10] S. Syahrul, “Karakteristik Pasir Lokal dan *Fly Ash* Terhadap Kuat Tekan Bata Beton,” *Kurva S: Jurnal Keilmuan dan Aplikasi Teknik Sipil*, volume 6, no. 2, pages 77–85, 2019.
- [11] R. Akmalia, et al., “Kuat Tekan dan *Sorptivity* Beton dengan Serbuk Kulit Kerang (Anadara Granosa),” *Jurnal Online Mahasiswa (JOM) Bidang Teknik dan Sains*, volume 3, no. 2, Art. no. 2, Maret 2016.
- [12] R. Diki, “Studi Eksperimental Pengaruh Penggunaan Limbah Kaca Sebagai Pengganti Agregat Halus Terhadap Kuat Tekan Beton,” PhD Thesis, Universitas Andalas, 2020.
- [13] D. F. Ramadhani, “Sifat Mekanis Prototipe Mortar Geopolimer Dengan Pengaruh Karakteristik Agregat Halus,” PhD Thesis, Institut Teknologi Sepuluh Nopember, 2019.

- [14] S. Fujiwara, et al., “*Development of New High-Purity Alumina*,” *Sumitomo Kagaku*, volume 1, pages 1–10, 2007.
- [15] S. Mallakpour and E. Khadem, “*Recent Development in The Synthesis of Polymer Nanocomposites Based on Nano-Alumina*,” *Progress in Polymer Science*, volume 51, pages 74–93, 2015.
- [16] N. Farzadnia, et al., “*Characterization of High Strength Mortars with Nano Alumina at Elevated Temperatures*,” *Cement and Concrete Research*, volume 54, pages 43–54, December 2013, doi: 10.1016/j.cemconres.2013.08.003.
- [17] I. P. Mahfud, “Analisis Kristalinitas Nano Alpha-Alumina (Sphere) Pada Proses Pendinginan Menggunakan Simulasi Dinamika Molekul”.
- [18] P. Jaishankar and C. Karthikeyan, “*Characteristics of Cement Concrete with Nano Alumina Particles*,” *IOP Conference Series: Earth and Environmental Science*, volume 80, pages 012005, Jul. 2017, doi: 10.1088/1755-1315/80/1/012005.
- [19] H. Shokravi, et al., “*Effect of Alumina Additives on Mechanical and Fresh Properties of Self-Compacting Concrete: A review*,” *Processes*, volume 9, no. 3, Art. no. 3, Maret 2021, doi: 10.3390/pr9030554.
- [20] SNI 2460, “Spesifikasi Abu Terbang Batubara dan Pozzolan Alam Mentah atau yang Telah Dikalsinasi untuk Digunakan dalam Beton,” SNI, volume 2460, 2014. Jakarta: Badan Standarisasi Nasional
- [21] F. Fazliah, “Penerapan Teknologi Geopolimer Berbasis Limbah *Fly Ash* Dalam Konstruksi Non Struktural,” in *Prosiding Seminar Nasional Politeknik Negeri Lhokseumawe*, 2019, pages 32. Accessed: Oktober, 01, 2024. <https://e-jurnal.pnl.ac.id/semnaspnl/article/view/1736>
- [22] G. Fidela, et al., “Analisis Kuat Tekan dan Absorpsi Mortar untuk Pasangan Dinding Bata dengan Bahan Tambah Bubuk Cangkang Telur,” *Jurnal Talenta Sipil*, volume 6, no. 2, Art. no. 2, Agustus, 15, 2023, doi: 10.33087/talentasipil.v6i2.351.