

## STUDI PENELITIAN FAKTOR AIR CEMENTITIOUS (W/C) 0,35 – 0,65 PADA BETON GEOPOLIMER BERBASIS FLY ASH (BATU BARA) BERDASARKAN KUAT TEKAN

Cahyaningrum Dwi Nanda Suwarjo<sup>1</sup>, Mohammad Erfan, Vega Aditama<sup>3</sup>

<sup>1,2,3</sup> Program Studi Teknik Sipil S-1 ITN Malang

Email : [1921190@scholar.itn.ac.id](mailto:1921190@scholar.itn.ac.id) <sup>1</sup>

### ABSTRACT

Geopolymer concrete is a category of environmentally friendly concrete because it can contain basic materials in the form of industrial waste containing silica ( $\text{SiO}_4$ ) and alumina ( $\text{AlO}_4$ ) through polymerization, such as fly ash. Fly ash uses Alkaline NaOH and Sodium Silicate ( $\text{Na}_2\text{SiO}_3$ ) as activators so that a polymerization process occurs which then binds the aggregate. The mixture in this concrete will influence the mix design calculation, especially on the water cementitious (W/C) factor used. This water factor is used to determine the design strength of the concrete and influences the level of workability of the concrete. The cementitious water factor (W/C) value used is 0.35; 0.4; 0.45; 0.5; 0.55; 0.6; 0.65 by carrying out compressive strength testing. Much research has been carried out on geopolymer concrete itself, but generally it uses the water factor of normal concrete. It is hoped that by conducting a research study on the cementitious water factor (W/C) in geopolymer concrete, this can increase information and comparisons with the analysis that has been carried out by researchers. Testing for compressive strength (W/C) 0.35 is 46.30 MPa, W/C 0.4 is 41.65 MPa, W/C 0.45 is 37.02 MPa, W/C 0.5 is 34, 87 MPa, W/C 0.55 of 30.21 MPa, W/C 0.6 of 27.33 MPa, W/C 0.65 of 24.98 MPa. This shows that the compressive strength results of geopolymer concrete have decreased, because the more activators added, the compressive strength decreases.

Keywords: Geopolymer concrete, Fly Ash, Cementitious Water Content (W/C)

### ABSTRAK

Beton geopolimer merupakan salah satu kategori beton yang ramah lingkungan karena dapat mengandung bahan dasar berupa limbah industri yang mengandung silika ( $\text{SiO}_4$ ) dan alumina ( $\text{AlO}_4$ ) melalui polimerisasi, seperti fly ash. Fly ash menggunakan bahan Alkali NaOH serta Natrium Silikat ( $\text{Na}_2\text{SiO}_3$ ) sebagai aktivator sehingga terjadi proses polimerisasi yang kemudian mengikat agregat. Campuran pada beton ini diantaranya akan berpengaruh pada perhitungan rancang campur (mix design) terutama pada faktor air cementitious (W/C) yang digunakan, faktor air ini digunakan untuk menentukan kekuatan rencana beton dan mempengaruhi tingkat kemudahan pengerjaan beton. Nilai faktor air cementitious (W/C) yang digunakan adalah 0,35; 0,4; 0,45; 0,5; 0,55; 0,6; 0,65 dengan melakukan pengujian kuat tekan. Penelitian tentang beton geopolimer sendiri telah banyak dilakukan namun umumnya menggunakan faktor air beton normal, diharapkan dengan dilakukannya studi penelitian faktor air cementitious (W/C) pada beton geopolimer ini dapat meningkatkan informasi dan perbandingan terhadap analisis yang sudah dilakukan oleh peneliti. Pengujian kuat tekan (W/C) 0,35 sebesar 46,30 MPa, W/C 0,4 sebesar 41,65 MPa, W/C 0,45 sebesar 37,02 MPa, W/C 0,5 sebesar 34,87 MPa, W/C 0,55 sebesar 30,21 MPa, W/C 0,6 sebesar 27,33 MPa, W/C 0,65 sebesar 24,98 MPa. Hal ini menunjukkan pada hasil kuat tekan beton geopolimer terjadi penurunan, dikarenakan semakin banyak aktifator ditambahkan maka kuat tekan menurun.

Kata kunci: Beton Geopolimer, Fly Ash, Faktor Air Cementitious (W/C).

## 1. PENDAHULUAN

Beton sebagai salah satu bahan konstruksi yang banyak digunakan dalam industri konstruksi terus dikembangkan melalui berbagai penelitian untuk mendapatkan kualitas yang lebih baik dan harga yang ekonomis. Beton terdiri dari campuran semen, air, agregat kasar, agregat halus dengan atau tanpa bahan tambahan (admixture). Semen merupakan material yang memiliki sifat kimiawi yang akan aktif setelah bereaksi dengan air, fungsi utama dari semen adalah sebagai bahan pengikat (binder) untuk campuran beton. Namun, semen juga memiliki dampak negatif karena dalam produksinya menghasilkan banyak gas CO<sub>2</sub> sehingga dapat mengakibatkan pemanasan global (global warming).

Salah satu upaya yang dapat dilakukan untuk mengurangi resiko dari pemanasan global (global warming) yaitu dengan menggunakan beton geopolimer. Beton geopolimer merupakan salah satu kategori beton yang ramah lingkungan karena dapat mengandung bahan dasar berupa limbah industri yang mengandung silika (SiO<sub>4</sub>) dan alumina (AlO<sub>4</sub>) melalui polimerisasi, seperti fly ash. Campuran pada beton ini diantaranya akan berpengaruh pada perhitungan rancang campur (mix design), terutama pada faktor air yang digunakan, faktor air ini digunakan untuk menentukan kekuatan rencana beton dan mempengaruhi tingkat kemudahan pengerjaan beton.

Penelitian tentang beton geopolimer sendiri telah banyak dilakukan namun pada umumnya menggunakan faktor air beton normal. Padahal beton geopolimer seharusnya tidak menggunakan faktor air beton normal karena berpengaruh pada retak beton. Retak beton sangat dipengaruhi oleh jumlah air yang ditentukan pada saat pelaksanaan mix design yang dapat menentukan seberapa besar kemungkinan terjadinya keretakan. Untuk mengetahui terjadinya keretakan dapat dilakukan pengujian kuat tekan, dan kuat tarik belah.

## 2. KAJIAN PUSTAKA

Dalam pencampuran beton geopolimer tidak menggunakan semen portland sebagai bahan pengikat. Kandungan silika (Si) dan Aluminium (Al) yang terdapat dalam mineral alam dicampur dengan cairan Alkali akan membentuk bahan pengikat pengganti semen. Cairan Alkali merupakan larutan logam Alkali yang diperoleh dengan cara mencampur Kalium Hidroksida (KOH) dengan Kalium Silikat (K<sub>2</sub>O<sub>3</sub>Si) atau Natrium Hidroksida (NaOH) dengan Natrium Silikat. (Harimuswarah, 2021). Pada penelitian ini, material yang digunakan dalam pembuatan beton

geopolimer ialah *fly ash*, sebagai percursor, agregat halus, agregat kasar, air, dan alkali aktivator.

### Fly Ash

*Fly ash* merupakan salah satu limbah yang dihasilkan pada pembakaran batu bara pada Pembangkit Listrik Tenaga Uap (PLTU). *Fly ash* memiliki partikel yang berbentuk bulat, sehingga dapat membantu meningkatkan kelecakan atau mempermudah proses pembuatannya.

*Fly ash* membutuhkan air dimana air berfungsi untuk mengoksidasi silika yang dikandung di dalam fly ash sehingga dapat bereaksi secara kimia. Dengan demikian, *fly ash* difungsikan dengan menggunakan bahan Alkali NaOH serta Natrium Silikat (Na<sub>2</sub>SiO<sub>3</sub>) sebagai aktivator sehingga terjadi proses polimerisasi yang kemudian mengikat agregat.

Tabel 2.1 Persyaratan Kimia *Fly Ash*

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: (SNI 2460-2014, 2014)

Tabel 2.2 Persyaratan Fisik *Fly Ash*

Uraian	Kelas		
	N (%)	F (%)	C (%)
Kehalusan: Jumlah yang tertinggal diatas ayakan 45 µm (No. 325), diayak secara basah, maks	34	34	34

Indeks aktifitas kekuatan:			
Dengan semen portland, pada umur 7 hari, min, persen kontrol	75	75	75
Dengan semen portland, pada 28 hari, min, persen kontrol	75	75	75
Kebutuhan air, maks, persen kontrol	115	105	105
Kekekalan bentuk ( <i>Soundness</i> ):			
Ekspansi atau penyusutan dengan <i>autoclave</i> , maks	0,8	0,8	0,8

Sumber: (SNI 2460-2014, 2014)

Penggunaan *fly ash* yang digunakan untuk membuat geopolimer umumnya menggunakan tipe F dan tipe C karena keduanya terdapat kandungan Cao yang rendah serta kandungan Si dan Al lebih dari 50% karena kandungan tersebut merupakan unsur utama dalam proses terjadinya geopolimerisasi.

### Agregat Halus

Menurut (SNI 2847-2002, 2002), agregat halus merupakan pasir alam hasil desintegrasi alami dari batu maupun pasir yang dihasilkan oleh industri pemecah batu dan mempunyai ukuran butir terbesar 5,0 mm.

### Agregat Kasar

Agregat kasar dapat berupa kerikil alam ataupun batu pecah, hasil pemecahan batu gunung dengan alat pemecah batu.

### Air

Komposisi air dalam pembuatan beton geopolimer sangat berperan penting dalam tingkat konsentrasi dari larutan NaOH yang akan digunakan. Karena tingkat konsentrasi berupa molaritas dalam campuran NaOH sangat berperan penting terhadap sifat mekanis pada beton geopolimer.

### Alkali Aktivator

Dalam pembuatan beton ini, aktivator yang digunakan adalah unsur alkali yang terhidrasi yaitu natrium hidroksida (NaOH) dan natrium silikat

(Na<sub>2</sub>SiO<sub>3</sub>) dan natrium hidroksida NaOH diperlukan untuk mereaksikan unsur-unsur Al dan

Si yang terkandung dalam *fly ash* sehingga berfungsi untuk mempercepat reaksi polimerisasi dan membantu proses pengikatan.

#### 1. Natrium Silikat (Na<sub>2</sub>SiO<sub>3</sub>)

Natrium silikat memiliki kekentalan yang tinggi sehingga berpengaruh terhadap workabilitas geopolimer. Natrium silikat pada campuran geopolimer selain meningkatkan kuat tekan juga berguna sebagai perekat antar material sehingga dapat membentuk pasta yang padat. (Olivia, 2015)

#### 2. Natrium Hidroksida (NaOH)

Natrium Hidroksida adalah senyawa ionik yang bersifat basa kuat, dan memiliki sifat korosif dan higroskopik (yang mudah menyerap air). Natrium hidroksida berfungsi untuk mereaksikan unsur-unsur Al dan Si yang terkandung dalam *fly ash* sehingga dapat menghasilkan ikatan polimer yang kuat.

### Pengujian Mekanis Beton

#### Uji Kuat Tekan

Kuat tekan beton adalah besarnya beban per satuan luas, yang menyebabkan benda uji beton hancur apabila dibebani dengan gaya tekan tertentu, yang dihasilkan oleh mesin tekan. (SNI 1974-1990, 1990)

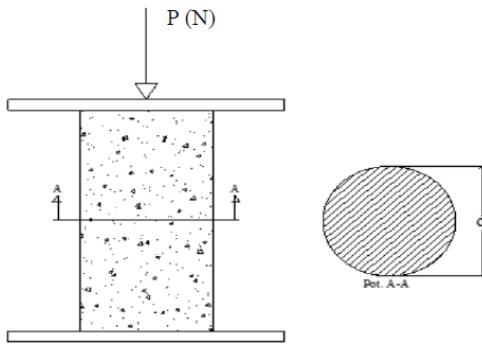
Tata cara pengujian yang umumnya dipakai adalah (SNI 1974-2011, 2011) dengan menggunakan perhitungan sebagai berikut:

$$\text{kuat tekan beton} = \frac{P}{A} \text{ (N/mm}^2\text{)}$$

Keterangan:

*P* =Beban (N)

*A* = Luas permukaan (mm<sup>2</sup>)



**Gambar 2.2** Uji Kuat Tekan Beton  
 Sumber: (SNI 1974-2011, 2011)

### 3. METODE PENELITIAN

Metode penelitian merupakan suatu tahapan yang digunakan dalam penelitian untuk mencapai hasil yang diinginkan. Studi penelitian ini dibagi menjadi dua bagian, yaitu:

1. Studi pustaka, bertujuan untuk mengkaji hubungan antara variabel yang akan diteliti dengan mempelajari teori-teori yang ada untuk merumuskan hipotesis penelitian
2. Studi eksperimen, dilakukan di laboratorium untuk mendapatkan data-data yang diperlukan. Data-data tersebut dianalisa secara statistik untuk menguji hipotesis sehingga didapat kesimpulan akhir. Adapun langkah-langkah penelitian pada studi eksperimen secara garis besar adalah sebagai berikut:
  - a. Pemeriksaan kandungan kimia pada prekursor *fly ash*.

**Tabel 3.1** Komposisi *Fly Ash* Tipe C (PLTU Paiton)

No	Compound	Hasil Uji
1	Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	11,00 %
2	SiO <sub>2</sub>	25,30%
3	SO <sub>3</sub>	0,60%
4	K <sub>2</sub> O	1,40%
5	CaO	30,06%
6	TiO <sub>2</sub>	1,46%
7	V <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	0,05%
8	Cr <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	0,077%
9	MnO	0,49%

10	Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	25,60%
11	NiO <sub>2</sub>	0,05%
12	CuO	0,062%
13	ZnO	0,02%
14	SrO	0,94%
15	ZrO <sub>2</sub>	0,10%
16	MoO <sub>3</sub>	0,80%
17	In <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	0,10%
18	BaO	0,55%
19	Eu <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	0,20%
20	Yb <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	0,02%
21	Re <sub>2</sub> O <sub>7</sub>	0,20%
22	HgO	0,16%

Sumber: (Hasil Analisa Pada Lab. FMIPA UM Mathofani 2022, 2022)

- b. Pemeriksaan berat isi agregat halus, agregat kasar, dan *fly ash*.
- c. Analisa saringan agregat halus dan agregat kasar.
- d. Pemeriksaan bahan lewat saringan No. 200 agregat halus.
- e. Pemeriksaan kadar lumpur dan kadar organik agregat halus.
- f. Pemeriksaan kadar air agregat halus, agregat kasar, dan *fly ash*.
- g. Pemeriksaan berat jenis dan penyerapan agregat halus dan agregat kasar.
- h. Pemeriksaan berat jenis *fly ash*.
- i. Pengujian keausan agregat kasar (*abrasi test*) dengan menggunakan alat Los Angeles.
- j. Perencanaan campuran beton.
- k. Pembuatan larutan alkali aktivator.
- l. Pencampuran larutan alkali aktivator dengan material pengikat (*fly ash*).
- m. Pencampuran material pengikat (*fly ash*) dengan agregat halus dan agregat kasar.
- n. Pengujian slump.
- o. Perawatan benda uji.
- p. Pengujian benda uji.
- q. Analisa data.

### Populasi dan Sampel

**Tabel 3.2** Variasi Uji Kuat Tekan Beton

Jenis Pengujian	Umur	W/C	Dimensi Sampel (cm)	Jumlah Sampel (buah)
Kuat Tekan	±24 Jam di dalam oven dan ± 3 jam suhu ruang	0,35	Silinder 10x20	5
Kuat Tekan	±24 Jam di dalam oven dan ± 3 jam suhu ruang	0,4	Silinder 10x20	5
Kuat Tekan	±24 Jam di dalam oven dan ± 3 jam suhu ruang	0,45	Silinder 10x20	5
Kuat Tekan	±24 Jam di dalam oven dan ± 3 jam suhu ruang	0,5	Silinder 10x20	5
Kuat Tekan	±24 Jam di dalam oven dan ± 3 jam suhu ruang	0,55	Silinder 10x20	5
Kuat Tekan	±24 Jam di dalam oven dan ± 3 jam suhu ruang	0,6	Silinder 10x20	5
Kuat Tekan	±24 Jam di dalam oven dan ± 3 jam suhu ruang	0,65	Silinder 10x20	5

Sumber: Analisis Penulis

### Metode Pengumpulan Data

#### Uji Kuat Tekan

1. Bahan uji kuat tekan  
Bahan uji berupa beton silinder (diameter 10 cm dan tinggi 20 cm).
2. Alat uji kuat tekan



Gambar 3.1 Alat Uji Kuat Tekan

Sumber: Dokumentasi Penulis

3. Prosedur uji kuat tekan
  - a. Ambil benda uji dari tempat perawatan.
  - b. Timbang dan catat berat benda uji.
  - c. Letakkan benda uji pada *compression testing machine*.
  - d. Jalankan mesin tersebut.
  - e. Lakukan pembebanan sampai uji menjadi hancur dan catat angka beban yang keluar dari mesin.
  - f. Maksimum yang terjadi selama pemeriksaan benda uji.
  - g. Lakukan langkah-langkah diatas sesuai dengan jumlah benda uji yang akan diperiksa.
4. Rumus perhitungan nilai kuat tekan (SNI 1974-2011, 2011b)

$$\text{kuat tekan beton} = \frac{P}{A} \text{ (N/mm}^2\text{)}$$

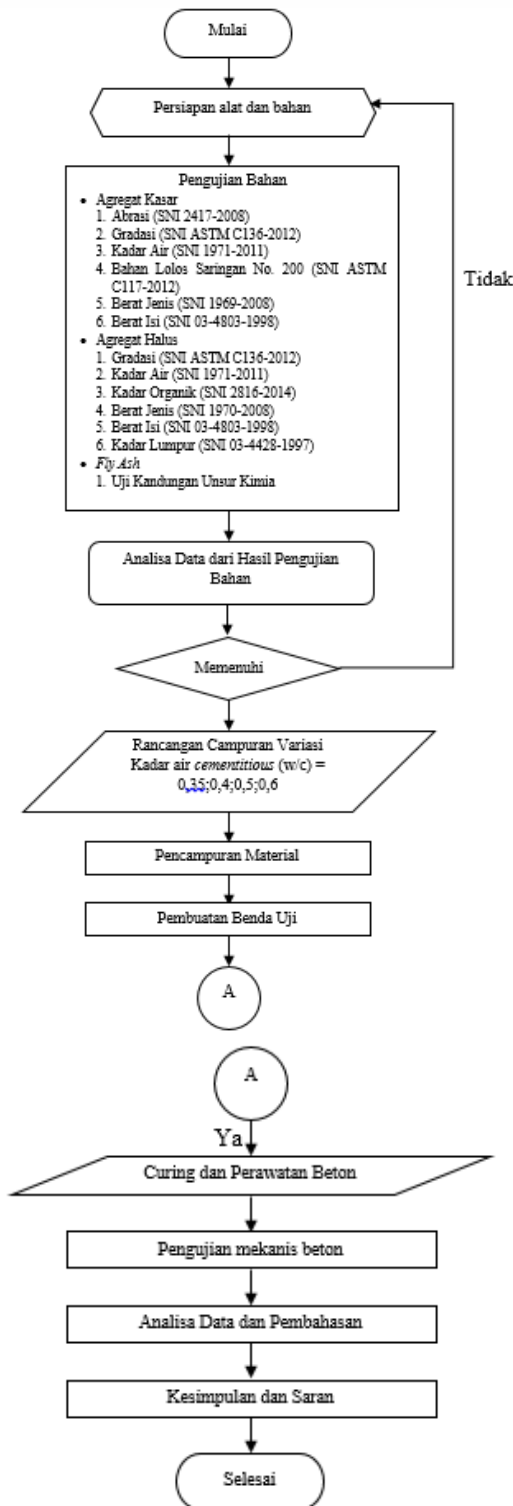
Keterangan:

$P$  = Beban (N)

$A$  = Luas permukaan (mm<sup>2</sup>)

Faktor Koreksi = 1,04

**Diagram Alir Penelitian**



**Gambar 3.3** Bagan Alir Penelitian

Sumber: Analisis Penulis

**4. METODE PENELITIAN**

Metode desain campuran beton yang digunakan dalam penelitian ini adalah (SNI 03-2834-2000, 2000).

**DATA PERENCANAAN**

- F'c rencana : 20 MPa
- Ukuran agregat kasar maksimum: 20 mm
- Zona agregat halus : Zona II
- Volume campuran beton : < 1000 m<sup>3</sup>
- Jenis agregat : dipecah
- B<sub>j</sub> agregat halus kondisi SSD : 2,84
- B<sub>j</sub> agregat kasar kondisi SSD : 2,73
- Faktor air cementitious (W/C) : 0,35, 0,4, 0,45, 0,5, 0,55, 0,6, 0,65

**FAKTOR AIR CEMENTITIOUS (W/C)**

Faktor Air Cementitious (W/C) ditentukan dengan menyesuaikan variasi yang digunakan yaitu 0,35, 0,4, 0,45, 0,5, 0,55, 0,6, dan 0,65.

- Faktor Air Cementitious (W/C) 0,35
  - a. Menentukan Komposisi Campuran Beton Geopolimer Kondisi Lapangan per m<sup>3</sup>

**Tabel 4.1** Perkiraan Kadar Air Bebas

AIR BEBAS								
AG MA X	Slump							
	0 – 10		10 – 30		30 – 60		60 – 180	
(m m)	W h	W k	W h	W k	W h	W k	W h	W k
10	15 0	18 0	18 0	20 5	20 5	23 0	22 5	25 0
20	13 5	17 0	16 0	19 0	18 0	21 0	19 5	22 5
40	11 5	17 5	14 0	17 5	16 0	19 0	17 5	20 5

- Kadar air bebas

$$= \frac{2}{3} \times Wh + \frac{1}{3} \times Wk$$

$$= \frac{2}{3} \times 195 + \frac{1}{3} \times 225$$

$$= 215,00 \text{ kg/m}^3$$

- Fly Ash

$$= \frac{\text{Kadar Air Bebas}}{\text{Faktor Air Cementitious } 0,45}$$

$$= \frac{215,00}{0,350}$$

$$= 614,29 \text{ kg/m}^3$$

- Agregat kasar (asli)

$$= \frac{100+wc \text{ asli}}{100+wc \text{ SSDx}} \times \text{agregat kasar kondisi SSD}$$

$$= \frac{100+1,49}{100+2,46} \times 932,29$$

$$= 923,18 \text{ kg/m}^3$$

- Agregat halus (asli)

$$= \frac{100+wc \text{ asli}}{100+wc \text{ SSDx}} \times \text{agregat halus kondisi SSD}$$

$$= \frac{100+2,26}{100+2,46} \times 625,42$$

$$= 624,16 \text{ kg/m}^3$$

- Kelebihan air agregat halus

$$= \text{Berat agregat halus SSD} - \text{Berat agregat halus asli}$$

$$= 625,42 - 624,16$$

$$= 1,26 \text{ kg/m}^3$$

- Kelebihan air agregat kasar

$$= \text{Berat agregat kasar SSD} - \text{Berat agregat kasar asli}$$

$$= 932,29 - 923,18$$

$$= 9,11 \text{ kg/m}^3$$

- Kebutuhan air lapangan

$$= W + (W_{c\text{SSD halus}} - W_{c\text{asli halus}}) + (W_{c\text{SSD kasar}} - W_{c\text{SSD kasar}})$$

$$= 215,00 - (1,26) - (9,11)$$

$$= 225,37 \text{ kg/m}^3$$

- Kebutuhan larutan NaOH

$$= \text{Kebutuhan air lapangan} \times 0,4$$

$$= 225,37 \times 0,4$$

$$= 90,15 \text{ kg/m}^3$$

$$= 90,15 \text{ L}$$

$$= 90149 \text{ ml}$$

- Molar =  $(W/Mr) \times (1000/V \text{ (ml)})$

$$= (\text{Molar} \times Mr \times V \text{ (ml)})/1000$$

$$= (10 \times 40 \times 90149)/1000$$

$$= 36059 \text{ gr}$$

$$= 36,06 \text{ kg}$$

- Kebutuhan  $\text{Na}_2\text{SiO}_3$

$$= \text{Kebutuhan larutan NaOH} \times 1,5$$

$$= 90,15 \times 1,5$$

$$= 135,22 \text{ L}$$

- Menentukan Komposisi Campuran Beton Geopolimer Kondisi Lapangan Untuk Benda Uji 5 Silinder

- Volume silinder 10 x 20 cm

$$= (\pi) (r)^2 (t)$$

$$= (3,14) (0,05)^2 (0,2)$$

$$= 0,0016 \text{ m}^3$$

- Volume total 5 silinder

$$= \text{Volume silinder } 10 \times 20 \text{ cm} \times 5$$

$$= 0,0016 \times 5$$

$$= 0,0079 \text{ m}^3$$

- Faktor kehilangan: 1,22

- Fly ash

$$= \text{Jumlah fly ash} \times \text{volume total} \times \text{faktor kehilangan}$$

$$= 614,29 \times 0,0079 \times 1,22$$

$$= 5,89 \text{ kg/m}^3$$

- Agregat Halus

$$= \text{Jumlah agregat halus} \times \text{volume total} \times \text{faktor kehilangan}$$

$$= 624,16 \times 0,0079 \times 1,22$$

$$= 5,98 \text{ kg/m}^3$$

- Agregat Kasar

$$= \text{Jumlah agregat kasar} \times \text{volume total} \times \text{faktor kehilangan}$$

$$= 923,18 \times 0,0079 \times 1,22$$

$$= 8,85 \text{ kg/m}^3$$

- Kebutuhan air

$$= \text{Jumlah air lapangan} \times \text{volume total} \times \text{faktor kehilangan}$$

$$= 225,37 \times 0,0079 \times 1,22$$

$$= 2,16 \text{ kg/m}^3$$

- Kebutuhan larutan NaOH

$$= \text{Kebutuhan air} \times 0,4$$

$$= 2,16 \times 0,4$$

$$= 0,8638 \text{ kg/m}^3$$

= 0,8638 L

- Kebutuhan Na<sub>2</sub>SiO<sub>3</sub>

= Larutan NaOH x 1,5

= 0,8638 x 1,5

= 1,2957 kg/m<sup>3</sup>

= 1,2957 L

**HASIL PENGUJIAN**

**Tabel 1** Hasil Uji Kuat Tekan Beton Geopolimer

No.	Kode	Tanggal Buat	Tanggal Test	Umur (hari)	Berat (kg)	Tekanan hancur (KN)	Tekanan hancur (MPa)	Tekanan Rata-rata (MPa)
1	0,35 I	20/05/2024	21/05/2024	1	3,94	373	47,49	46,30
2	0,35 II	20/05/2024	21/05/2024	1	4,01	376	47,87	
3	0,35 II I	20/05/2024	21/05/2024	1	3,90	373	47,49	
4	0,35 I V	20/05/2024	22/05/2024	2	3,97	382	48,64	
5	0,35 V	20/05/2024	22/05/2024	2	4,09	387	49,27	
1	0,4 I	20/05/2024	21/05/2024	1	3,90	331	42,14	41,65
2	0,4 II	20/05/2024	21/05/2024	1	3,94	334	42,53	

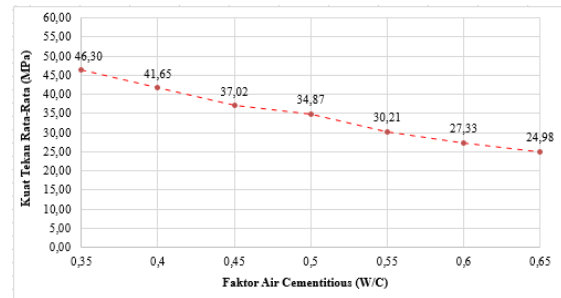
3	0,4 II I	20/05/2024	21/05/2024	1	3,98	328	41,76	
4	0,4 I V	20/05/2024	22/05/2024	2	4,02	353	44,95	
5	0,4 V	20/05/2024	22/05/2024	2	3,94	355	44,05	
1	0,45 I	22/05/2024	23/05/2024	1	3,73	290	36,92	37,02
2	0,45 II	22/05/2024	23/05/2024	1	3,82	298	37,94	
3	0,45 II I	22/05/2024	23/05/2024	1	3,73	296	37,69	
4	0,45 I V	22/05/2024	23/05/2024	1	3,85	308	39,22	
5	0,45 V	22/05/2024	23/05/2024	1	4,04	320	40,74	
1	0,5 I	16/06/2024	17/06/2024	1	3,87	289	36,80	34,87
2	0,5 II	16/06/2024	17/06/2024	1	4,00	282	35,91	
3	0,5 II I	16/06/2024	17/06/2024	1	3,92	276	35,14	
4	0,5 I V	16/06/2024	17/06/2024	1	3,99	290	36,92	
5	0,5 V	16/06/2024	17/06/2024	1	3,87	287	36,54	



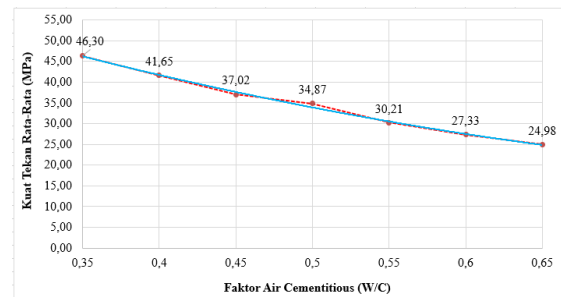
No.	Kode	Tanggal Buat	Tanggal Test	Umur (hari)	Berat (kg)	Tekanan hancur (KN)	Tekanan hancur (MPa)	Tekanan Rata-Rata (MPa)
1	0,55 I	16/06/2024	17/06/2024	1	3,97	253	32,21	30,21
2	0,55 II	16/06/2024	17/06/2024	1	4,08	248	31,58	
3	0,55 II I	16/06/2024	17/06/2024	1	4,03	235	29,92	
4	0,55 I V	16/06/2024	17/06/2024	1	3,93	249	31,70	
5	0,55 V	16/06/2024	17/06/2024	1	3,91	249	31,70	
1	0,6 I	22/06/2024	23/06/2024	1	3,87	228	29,03	27,33
2	0,6 II	22/06/2024	23/06/2024	1	3,86	224	28,52	
3	0,6 II I	22/06/2024	23/06/2024	1	3,89	216	27,50	
4	0,6 I V	22/06/2024	23/06/2024	1	3,90	227	28,90	
5	0,6 V	22/06/2024	23/06/2024	1	3,91	221	28,14	
1	0,6	22/06/	23/06/	1	4,02	201	25,59	24,4

5 I	2024	2024					98
2 0,65 II	22/06/2024	23/06/2024	1	4,09	210	26,74	
3 0,65 II I	22/06/2024	23/06/2024	1	3,91	203	25,85	
4 0,65 I V	22/06/2024	23/06/2024	1	3,91	201	25,59	
5 0,65 V	22/06/2024	23/06/2024	1	4,05	205	26,10	

**PEMBAHASAN**



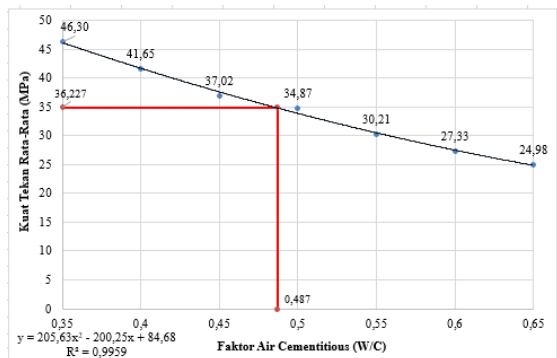
**Grafik 1** Hubungan Kuat Tekan Rata-Rata Dengan Faktor 0,35 sampai 0,65



**Grafik 2** Hubungan Kuat Tekan Rata-Rata Dengan Faktor Air Cementitious (W/C) 0,35 sampai 0,65 beserta kurva non-linear

Berdasarkan Grafik 2, W/C 0,35 sampai W/C 0,65 mengikuti hasil dari pengujian kuat tekan beton geopolimer. Kemudian, dibuatkan garis kurva non-linear atau garis regresi pada grafik tersebut. Oleh

karena itu, dapat disimpulkan bahwa semakin besar W/C maka semakin besar mutu yang dihasilkan.



**Grafik 3** Analisis Regresi Hubungan Faktor Air Cementitious (W/C) 0,35 sampai 0,65 Terhadap Kuat Tekan Beton Geopolimer

Berdasarkan Grafik 3, perhitungan regresi pada kekuatan tekan beton geopolimer, diperoleh sebuah persamaan yang  $\hat{Y} = 205,63x^2 - 200,25x + 84,68$ , koefisien determinasi ( $R^2$ ) adalah 0,9959, dan koefisien korelasi adalah 0,9979. Koefisien tersebut menunjukkan bila faktor air cementitious (W/C) pada beton geopolimer mempengaruhi 99,59% perubahan nilai kuat tekan.

### KESIMPULAN

Setelah melakukan Analisa dari hasil penelitian, maka dapat dilakukan kesimpulan dari factor air cementitious (W/C) 0,35 sampai 0,65 pada beton geopolimer berbasis fly ash (Batu Bara) berdasarkan kuat tekan, sebanding dengan rumusan masalah yakni:

1. Hasil pengujian kuat tekan beton geopolimer pada factor air cementitious W/C 0,35 sebesar 46,30 Mpa, W/C 0,4 sebesar 41,65 Mpa, W/C 0,45 sebesar 37,02 Mpa, W/C 0,5 sebesar 34,87 Mpa, W/C 0,55 sebesar 30,21 Mpa, W/C 0,6 sebesar 27,33 Mpa, W/C 0,65 sebesar 24,98 Mpa.
2. Hubungan antara kuat tekan rata-rata dengan faktor air cementitious (W/C) 0,35 sampai 0,65 menunjukkan penurunan nilai kuat tekan dikarenakan ketika jumlah aktifator ditambahkan, kuat beton yang dihasilkan akan menurun. Kemudian, dari hasil pengujian kuat tekan tersebut dibuatkan kurva non-linear atau kurva regresi. Dapat disimpulkan semakin besar W/C maka semakin besar mutu yang dihasilkan.

### DAFTAR PUSTAKA

- Anonim. (1990). *SNI 03-1974-1990 Metode Pengujian Kuat Tekan Beton*. Jakarta: Badan Standarisasi Nasional.
- Anonim. (2000). *SNI 03-2834-2000 Tata Cara Pembuatan Rencana Campuran Beton Normal*. Jakarta: Badan Standarisasi Nasional.
- Anonim. (2002). *SNI 03-2847-2002 Tata Cara Perhitungan Struktur Beton Untuk Bangunan Gedung*. Jakarta: Badan Standarisasi Nasional.
- Anonim. (2002). *SNI 03-2491-2002 Metode Pengujian Kuat Tarik Belah Beton*. Jakarta: Badan Standarisasi Nasional.
- Anonim. (2011). *SNI 1974-2011 Cara Uji Kuat Tekan Beton Dengan Benda Uji Silinder*. Jakarta: Badan Standarisasi Nasional.
- Anonim. (2014). *SNI 2460-2014 Spesifikasi Abu Terbang Batu Bara Dan Pozolan Alam Mentah Atau Yang Telah Di Kalsinasi Untuk Digunakan Dalam Beton*. Jakarta: Badan Standarisasi Nasional.
- Olivia. (2015) *Geopolimer Sebagai Material Infrastruktur Berkelanjutan Di Lingkungan Gambut*. Annual Civil Engineering, 1-6. <https://aces.prosiding.unri.ac.id/index.php/ACES/article/view/2977>
- Harimuswarah. (2021) *Beton Geopolimer*. <https://www.scribd.com/document/520246166/MAKALAH-GEOPOLIMER>
- Mathofani, A. (2023). *Pengaruh Penggunaan Abu Ampas Tebu Dan Silica Fume Terhadap Kekuatan Beton Geopolimer Berbasis Fly Ash* [Institut Teknologi Nasional Malang]. <https://eprints.itn.ac.id/12592/>