STUDI PENELITIAN PENGARUH FAKTOR AIR *CEMENTITIOUS* (W/C) TERHADAP KUAT TEKAN BETON GEOPOLIMER BERBASIS *FLY ASH* (AKTIVATOR : KALIUM HIDROKSIDA + NATRIUM HIDROKSIDA)

Ivani Kristina Rambu Day Ndapanggau[1], Mohammad Erfan[2], I Nyoman Sudiasa[3]

[1)]Jurusan Teknik Sipil, ITN Malang, Jalan Sigura-gura nomor 02 Malang
Email: Vanindapanggau@gmail.com
[2)]Jurusan Teknik Sipil, ITN Malang, Jalan Sigura-gura nomor 02 Malang
Email: Mohammaderfan@gmail.com
[3)]Prodi Teknik Sipil, ITN Malang, Jalan Sigura-gura nomor 02 Malang
Email: nyomansudiasa@yahoo.co.id

ABSTRACT

Concrete is one of the most widely used construction materials in infrastructure development. Along with the increasing awareness of the environmental impacts caused by the use of Portland cement, which produces high CO_2 emissions, geopolymer concrete has emerged as an eco-friendly alternative by utilizing fly ash as a binder, activated with Potassium Hydroxide (KOH) and Sodium Silicate (Na_2SiO_3). This study aims to analyze the effect of the water-to-cementitious ratio (W/C) on the compressive strength of fly ash–based geopolymer concrete and to evaluate the relationship between the water-to-cementitious ratio (W/C) ranging from 0.7 to 1.0 and the compressive strength. The variations of the W/C ratio used were 0,70; 0,75; 0,80; 0,85; 0,90; 0,95; and 1,0. The test specimens were cylindrical samples with dimensions of Ø15 × 30 cm. Compressive strength tests were carried out at the ages of 3 and 7 days under room-temperature curing. The results of this study indicate that an increase in the W/C ratio tends to decrease compressive strength. This suggests that the higher the amount of water or alkaline activator solution used in the mixture, the lower the resulting strength of the concrete.

Keywords: Geopolymer Concrete, Fly Ash, Water – Cementitious Ratio.

ABSTRAK

Beton merupakan salah satu material kontruksi yang paling banyak digunakan dalam pembangunan infrastruktur. Seiring dengan meningkatnya kesadadaran terhadap dampak lingkungan akibat penggunaan semen portland yang menghasilkan emisi CO_2 yang tinggi, beton geopolimer menjadi alternatif ramah lingkungan karena menggunakan *fly ash* sebagai bahan pengikat dengan aktivator Kalium Hidroksida (KOH) dan Natrium Silikat (Na_2SiO_3). Penelitian ini bertujuan untuk menganalisis pengaruh faktor air cementitious (W/C) terhadap kuat tekan geopolimer berbasis *fly ash* dan menganalisis grafik hubungan antara faktor air *cementitious* (W/C) 0,7 – 1,0 terhadap kuat tekan beton geopolimer berbasis *fly ash*. Variasi faktor air *cementitious* yang digunakan adalah 0,70; 0,75; 0,80; 0,85; 0,90; 0,95; dan 1,0. Benda uji yang digunakan adalah silinder Ø15x30 cm. Pengujian kuat tekan dilakukan pada umur 3 hari dan 7 hari dengan proses perawatan (curing) pada suhu ruang. Hasil penelitian menunjukkan peningkatan nilai W/C cenderung menyebabkan penurunan kuat tekan. Hal ini menunjukkan bahwa semakin banyak air atau larutan alkali aktivator yang digunakan dalam campuran, kekuatan beton yang dihasilkan akan semakin berkurang.

Kata kunci : Beton Geopolimer, Faktor Air *Cementitious*, *Fly Ash*.

1. PENDAHULUAN

Beton merupakan salah satu material konstruksi yang paling banyak digunakan dalam pembangunan infrastruktur (Mehta & Monteiro, 2014). Seiring dengan meningkatnya kesadaran terhadap dampak lingkungan akibat penggunaan semen Portland konvensional, beton geopolimer menjadi alternatif yang menarik karena tidak memerlukan semen sebagai bahan pengikat utama (Davidovits, 1999).

Beton geopolimer menggunakan fly ash sebagai bahan pengganti semen dan aggregat halus sehingga memiliki potensi untuk menjadi bahan dasar beton. Fly ash merupakan sisa pembakaran batu bara yang banyak mengandung Silika (SiO_2) dan Aluminia (Al_2O_3). Pada penggunaannya fly ash membutuhkan aktivator untuk mempercepat proses

polimerisasi. Aktivator yang digunakan adalah campuran Natrium Hidroksida (NaOH) atau Kalium Hidroksida (KOH) dengan Natrium Silikat (Na_2SiO_3) atau Kalium Silikat (K_2SiO_3).

Salah satu faktor penting yang mempengaruhi kualitas beton geopolimer adalah faktor air *cemen titious* (W/C). Faktor ini berperan dalam menentukan konsistensi, *workability*, dan kuat tekan beton (Hardjito & Rangan, 2005). Pada beton konvensional, rasio W/C yang lebih tinggi cenderung meningkatkan *workability* tetapi dapat menurunkan kuat tekan (Neville, 2011). Namun, beton geopolimer memiliki mekanisme ikatan yang berbeda dibandingkan dengan beton berbasis semen Portland sehingga memerlukan penelitian lebih lanjut untuk memahami pengaruh rasio W/C terhadap sifat mekanisnya.

2. KAJIAN PUSTAKA

Teori Umum Beton Geopolimer

Beton geopolimer merupakan beton dengan bahan ramah lingkungan yang dikembangkan sebagai alternatif pengganti beton semen di masa depan. Geopolimer merupakan campuran beton dimana penggunaan semen Portland sebagai pengikat digantikan oleh bahan lain yang mengandung aluminium dan silika seperti *fly ash*, abu bekatul, AV (abu vulkanik). (Davidovits,1997).

Material Dasar Beton Geopolimer

a. Abu Terbang (*Fly Ash*)

Abu terbang (*fly ash)* merupakan residu halus yag dihasilkan dari pembakaran atau pembubukan batubara dan ditransportasikan oleh aliran udara panas. Penggunaan *fly ash* dalam pembuatan beton geopolimer umumnya menggunakan tipe F dan tipe C karena keduanya terdapat kandungan yang rendah CaO serta kandungan Si dan Al lebih dari 50% karena kandungan tersebut merupakan unsur utama dalam proses polimerisasi. *Fly ash* tipe C merupakan *fly ash* yang sangat mudah ditemukan di pasaran, sehingga pada penelitian ini digunakan *fly ash* tipe C.

Tabel 1. Persyaratan kandungan kimia *fly ash*

Uraian	Kelas		
	N	F	C
$SiO_2 + Al_2O_3 + Fe_2O_3$, min, %	70	70	50
SO_3, maks, %	4	5	5
Kadar air, maks, %	3	3	3
Hilang pijar, maks, %	10	6	6

Sumber : (SNI 2460: 2014, hal. 3)

Tabel 2.Komposisi Kimia *Fly Ash* Tipe C

No.	Compound	Hasil Uji
1	Al_2O_3	11,00%
2	SiO_2	25,30%
3	SO_3	0,60%
4	K_2O	1,40%
5	CaO	30,06%
6	TiO_2	1,46%
7	V_2O_5	0,05%
8	Cr_2O_3	0,08%
9	MnO	0,49%
10	Fe_2O_3	25,60%
11	NiO_2	0,05%
12	CuO	0,06%
13	ZnO	0,02%
14	SrO	0,94%
15	ZrO_2	0,10%
16	MoO_3	0,80%
17	In_2O_3	0,10%
18	BaO	0,55%
19	Eu_2O_3	0,20%
20	Yb_2O_3	0,02%
21	Re_2O_7	0,20%
22	HgO	0,16%

Sumber : (Mathofani, Aziz. 2023) Hasil Analisis Pada Lab. FMIPA UM,2022

b. Agregat Kasar

Berdasarkan ASTM C33, agregat kasar merupakan bahan pengisi dalam campuran beton berupa batu pecah atau kerikil yang tertahan saringan 4,75 mm.

c. Agregat Halus

Agregat halus merupakan pasir alam yang berasal dari hasil disintegrasi alami batuan ataupun pasir dan mempunyai ukuran butir kurang dari 5 mm atau

lolos saringan no.4 dan tertahan saringan no. 200. (SNI 03-2834-2000).

d. Air

Menurut (SNI 03-2847-2002), air yang digunakan pada campuran beton harus bersih dan bebas dari bahan-bahan merusak yang mengandung oli, asam, alkali, garam, bahan organik, atau bahan-bahan lainnya yang merugikan terhadap beton atau tulangan.

Komposisi air dalam pembuatan beton geopolimer memiliki peran penting dalam proses pembuatan konsentrasi Kalium Hidroksida (KOH) atau Natrium Hidroksida (NaOH). Konsentrasi larutan alkali berupa molaritas berperan penting dalam sifat mekanis beton.

e. Alkali Aktivator

Satuan konsentrasi larutan terlarut-pelarut dari konsentrasi KOH adalah ukuram jumlah mol yang terlarut dalam larutan. Dengan kata lain, molaritas zat terlarut dinyatakan dalam liter volume, seperti yang diberikan dalam pernyataan di bawah ini. (Nodehi & Taghvaee, 2022) :

$$M = \frac{n}{v} = \frac{Mol}{Liter}$$

Dimana :
M : Molaritas
n : Massa relatif molekul
v : Volume larutan

Perawatan Beton Geopolimer (*Curing*)

Curing merupakan salah satu cara untuk mempertahankan kualitas yang dihasilkan setelah proses pengecoran dengan cara menjaga kadar air dan mengurangi penyusutan volume (*shrinkage*). Terdapat dua Teknik pemeliharaan, yaitu pemeliharaan dengan *ambient curing* dan *dry curing*.(Wardhono, 2019).

Pada penelitian ini proses perawatan benda uji dilakukan pada suhu ruang selama 3 hari dan 7 hari sesuai dengan kebutuhan pengujian.

Faktor Air Semen

Menurut SNI 7656-2012, faktor air semen (W/C) adalah parameter penting yang mempengaruhi kuat tekan, durabilitas, porositas beton. Pemilihan faktor air semen didasarkan pada mutu beton, kondisi eksposur lingkungan, jenis material, dan kebutuhan workability. SNI 7656-2012 tidak menetapkan nilai tetap, tetapi memberikan batas maksimum penggunaan faktor air semen berdasarkan kondisi lingkungan.

Pengujian Kuat Tekan Beton

Kuat tekan beton adalah besarnya beban persatuan luas, yang menyebabkan benda uji beton hancur apabila dibebani dengan gaya tekan tertentu, yang dihasilkan oleh mesin tekan. (SNI 03-1972-1990,1990).

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

$$f'c = \frac{P}{A}$$

Dimana :
$f'c$: Kuat tekan beton (MPa atau kg/cm^2)
P : Beban maksimum (N atau kg)
A : Luas permukaann penampang (mm^2 atau cm^2)

Pengolahan Data

a. Interval Kepercayaan

Interval kepercayaan digunakan untuk memperkirakan parameter populasi dengan menggunakan interval antar nilai. Tujuan uji interval kepercayaan yakni untuk memvalidasi data yang akan digunakan dengan menggunakan perhitungan interval kepercayaan 95%. Dengan kata lain, hanya 5% toleransi yang diberikan, sehingga 95% sisanya dapat diandalkan.

b. Analisis Regresi

Analisis regresi adalah jenis analisis yang melihat bagaimana hubungan antara data yang terdiri dari dua varibael atau lebih berjalan. Hubungan ini ditunjukkan dalam bentuk angka yang digunakan untuk mengeahui bagaimana satu variabel mempengaruhi variabel lainnya.

c. Pengujian Hipotesis

Hipotesis adalah jawaban awal dari pertanyaan masalah. Jawaban ini belum tuntas dan perlu diuji dengan data yang ada. Hipotesis akan ditolak jika fakta tidak akurat, sebaliknya, jika ada fakta yang mendukungnya, hipotesis akan diterima.

3. METODOLOGI PENELITIAN

Tempat dan Waktu Penelitian

Penelitian ini dilaksanakan di Laboratorium Bahan Konstruksi, Program Studi Teknik Sipil, Institut

Teknologi Nasional Malang pada bulan maret-juli 2025.

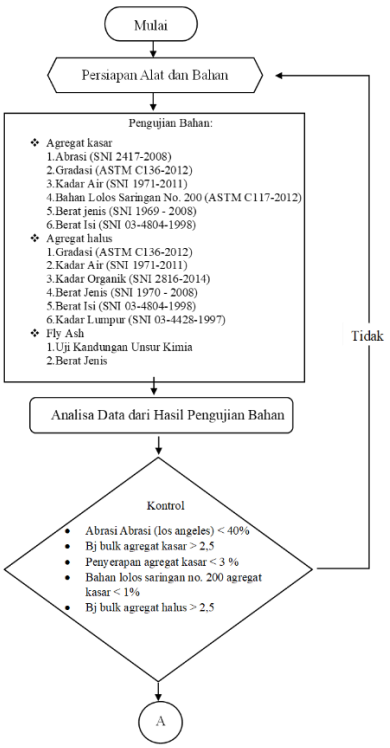
Metode Penelitian

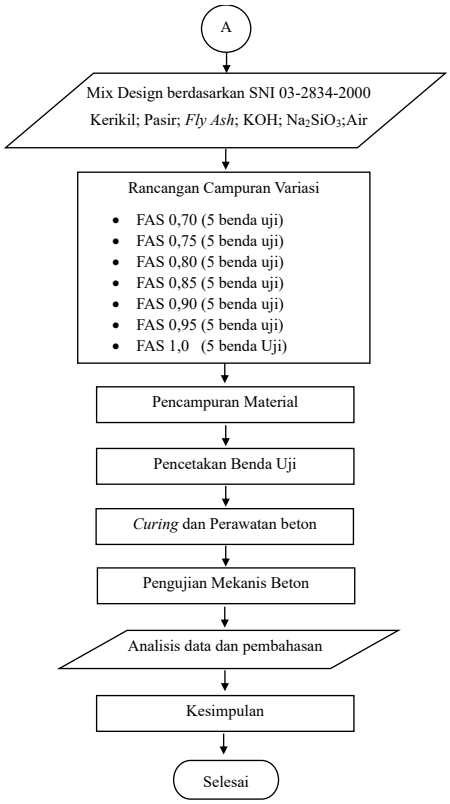
Metode penelitian ini dilakukan dalam dua tahapan pelaksanaan, yaitu kajian pustaka yang bertujuan untu menganalisis hubungan antara variabel yang akan diteliti dengan menelaah teori-teori yang sudah ada sebelumnya dan uji eksperimen yang dilakukan di laboratorium dengan tujuan memperoleh data-data yang dibutuhkan.

Jumlah Sampel (Benda Uji)

Variasi faktor air *cementitious* (W/C) yang digunakan adalah 0,70; 0,75; 0,80; 0,85; 0,90; 0,95; dan 1,0. Benda uji berbentuk silinder berukuran Ø15x30 cm dengan jumlah 5 sampel pervariasi.

Diagram Alir Penelitian





Gambar 1. Diagram Alir Penelitian
Sumber : Hasil Analisis

4. HASIL DAN PEMBAHASAN

Metode Pemeriksaan Konsistensi Normal dan Waktu Ikat

Beton geopolimer menggunakan larutan alkali sebagai aktivator, yaitu KOH dan Na_2SiO_3. Kedua bahan kimia ini memiliki reaktivitas yang tinngi sehingga menyebabkan campuran pasta lebih cepat mengeras. Sehingga perlu dilakukan beberapa metode campuran untuk mendapatkan hasil yang paling optimal.

1. Fly ash (300 gram) + KOH pada 10 M + (Air + Na_2SiO_3) dengan perbandingan Natrium Silikat (Na_2SiO_3) dan Kalium Hidroksida (KOH) adalah 3 : 1. Pada metode ini, KOH padat tidak bisa tercampur dengan merata atau tidak dapat larut, sehingga metode 1 tidak bisa dikerjakan.

2. Fly aash (300 gram) + Air 50% dari kebutuhan alkali aktivator + alkali (KOH yang telah dilarutkan + Na_2SiO_3) dengan perbandingan Natrium Silikat (Na_2SiO_3) dan Kalium Hidroksida (KOH) adalah 3 : 1. Pada metode ini,

pasta campuran tidak bisa tercampuran dengan baik dan air yang dimasukkan dapat mempengaruhi molaritas.

3. Fly ash (300 gram) + alkali aktivator (KOH yang telah dilarutkan + Na_2SiO_3) dengan perbandingan Natrium Silikat (Na_2SiO_3) dan Kalium Hidroksida (KOH) adalah 3 : 1. Pada netode ini, pasta campuran bisa tercampur dengan baik dan dapat dikerjakan, sehingga metode ini dapat digunakan untuk mencari konsistensi normal dan waktu ikat fly ash.

Hasil dan Pembahasan Pemeriksaan Material Campuran Beton

Hasil pengujian karakteristik material beton yang meliputi agregat kasar, agregat halus, dan fly ash sebagai bahan pengikat memenuhi standar SNI, termasuk kadar lumpur, abrasi, dan sifat fisik material. Material dinyatakan layak digunakan dalam campuran beton geopolimer sesuai tujuan penelitian.

Perancangan Campuran

Berikut ini merupakan data perencanaan.

- F'c rencana : 25 Mpa
- Slump rencana : 180 ± 20 mm
- Uk. agregat kasar maks. : 25 mm
- Zona agregat halus : Zona II
- Vol. campuran beton : <1000 m^3
- Jenis agregat kasar : Dipecah
- BJ agregat halus kondisi SSD : 2,72
- BJ agregat kasar kondiis SSD : 2,70
- Faktor Air *Cementitious* (W/C) : 0,70, 0,75, 0,80, 0,85, 0,90, 0,95, dan 1,0.

Tabel 3. Komposisi Akhir Campuran Beton Geopolimer Kondisi Lapangan untuk Benda Uji 5 silinder

No	W/C	Fly Ash (Kg)	Agregat Halus (Kg)	Agregat Kasar (Kg)	KOH (L)	Na2SiO3 (L)
1	0,70	9,24	27,69	35,54	1,83	5,48
2	0,75	8,62	28,45	35,42	1,83	5,50
3	0,80	8,08	29,03	35,41	1,84	5,52
4	0,85	7,61	29,74	35,20	1,85	5,54
5	0,90	7,19	30,44	34,95	1,85	5,56
6	0,95	6,81	30,96	34,83	1,86	5,57
7	1,00	6,47	31,66	34,49	1,87	5,60

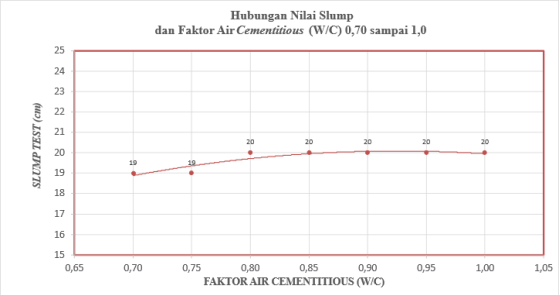
Sumber : Hasil Analisis

Terlihat pada tabel diatas, bahwa semakin tinggi nilai W/C, jumlah *fly ash* yang digunakan cenderung menurun, turun dari 9,24 kg pada W/C 0,70 menjadi 6,47 Kg pada W/C 1,0. Sebaliknya, berat agegat halus meningkat dari 27,69 Kg menjadi 31,66 Kg, sedangkan berat agregat kasar sedikit meningkat 35,54 Kg pada W/C 0,70 hingga 34,49 Kg pada W/C 1,0. Jumlah larutan alkali KOH sedikit meningkat dari 1,83 liter menjadi 1,87 liter, dan jumlah larutan Na_2SiO_3 sedikit meningkat dari 5,48 liter menjadi 5,60 liter.

Ini menunjukkan bahwa dengan peningkatan faktor air *cementitious* (W/C), maka proporsi material pengikat *(fly ash)* berkurang, proporsi agregat halus meningkat, proporsi agregat kasar sedikit meningkat, dan kebutuhan larutan alkali sedikit meningkat, dimana pengurangan material pengikat dan penambahan aktivator secara berkala relatif menurunkan kekuatan beton.

Pengujian *Slump* Beton Geopolimer

Pengujian *slump* dilakukan untuk mengetahui ukuran derajat kemudahan dalam pengecoran adukan beton segar. *Slump* yang direncanakan adalah 180 ± 20 mm.



Sumber : Hasil Analisis

Gambar 2. Grafik Hubungan Kuat Tekan Rata-rata Umur 3 dan 7 Hari dengan Faktor Air *Cementitious* 0,35-1,0

Umumnya, nilai slump meningkat seiring bertambahnya rasio W/C, karena kandungan larutan alkali aktivator dalam campuran juga lebih banyak. Sebaliknya, dengan nilai W/C yang lebih rendah, nilai slump biasanya lebih rendah karena ada lebih sedikit kandungan alkali aktivator dalam campuran.

Analisis Data Kuat Tekan Silinder

Pengujian kuat tekan dilakukan untuk mengetahui kuat tekan beton (*compressive strength*) dengan benda uji berbentuk silinder 15 x 30 cm. Adapun pengujian kuat tekan pada penelitian ini dilakukan pada umur 3 hari dan 7 hari. Pengujian dilakukan dengan menggunakan alat *Compression testing machine* (mesin uji kuat tekan) sehingga diperoleh beban maksimal yang dapat membuat benda uji hancur atau tidak dapat menahan beban lagi.

Contoh perhitungan kuat tekan silinder dapat dilihat sebagai berikut.
Perhitungan nilai kuat tekan beton geopolimer Faktor Air *Cementitious* (W/C) 0,35 pada umur 3 hari dengan kode 1.

P = 312 KN = 312000 N
A = 17662,5 mm^2
f'c $= \frac{P}{A}$
$= \frac{312000}{17662,5}$
= 18 Mpa

Tabel 4. Hasil uji kuat tekan beton geopolimer silinder 15 x 30 pada umur 3 hari

No	Tanggal Cor	Tanggal Tes	Variasi W/C (10 Molaritas)	Umur (hari)	Kode	Tekanan Hancur (KN)	Berat (Kg)	Beban Maksimum (N)	Tekanan Hancur riil	Tekanan Hancur Rata-rata
1	23 juni 2025	26 Juni 2025	0,70	3	1	312	13,16	312000	18	16,46
2	23 juni 2025	26 Juni 2025			2	276	13,19	276000	15	
3	23 juni 2025	26 Juni 2025	0,75	3	3	254	12,90	254000	14	15,02
4	23 juni 2025	26 Juni 2025			4	279	13,19	279000	16	
5	23 juni 2025	26 Juni 2025	0,80	3	5	205	13,14	205000	11	10,64
6	23 juni 2025	26 Juni 2025			6	175	12,87	175000	10	
7	23 juni 2025	26 Juni 2025	0,85	3	7	189	12,96	189000	11	10,16
8	23 juni 2025	26 Juni 2025			8	171	12,97	171000	10	
9	24 Juni 2025	27 Juni 2025	0,90	3	9	176	13,18	176000	10	9,06
10	24 Juni 2025	27 Juni 2025			10	144	13,12	144000	8	
11	24 Juni 2025	27 Juni 2025	0,95	3	11	138	12,74	138000	8	8,12
12	24 Juni 2025	27 Juni 2025			12	147	12,32	147000	8	
13	24 Juni 2025	27 Juni 2025	1,00	3	13	143	12,89	143000	8	8,02
14	24 Juni 2025	27 Juni 2025			14	140	12,78	140000	8	

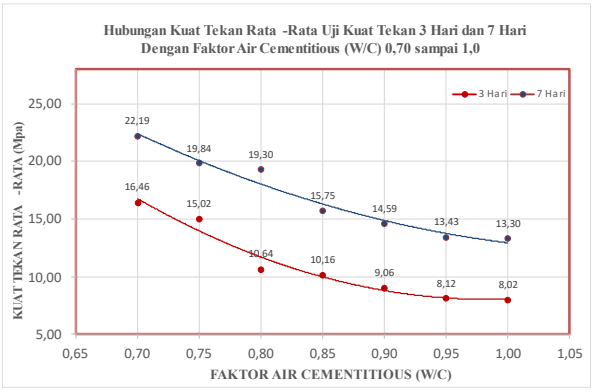
Sumber : Hasil Analisis

Tabel 5. Hasil uji kuat tekan beton geopolimer silinder 15 x 30 pada umur 7 hari

No	Tanggal Cor	Tanggal Tes	Variasi W/C (10 Molaritas)	Slump (cm)	Umur (hari)	Kode	Tekanan Hancur (KN)	Berat (Kg)	Beban Maksimum (N)	Tekanan Hancur riil (Mpa)	Tekanan Hancur Rata-rata (Mpa)
1	23 juni 2025	30 Juni 2025	0,70	19	3	1	357	13,13	357000	20,1	22,19
2	23 juni 2025	30 Juni 2025				2	385	13,12	385000	21,4	
3	23 juni 2025	30 Juni 2025				3	452	13,16	452000	25,1	
4	23 juni 2025	30 Juni 2025	0,75	19	3	4	354	13,2	354000	19,7	19,84
5	23 juni 2025	30 Juni 2025				5	363	13,09	363000	20,2	
6	23 juni 2025	30 Juni 2025				6	349	12,83	349000	19,6	
7	23 juni 2025	30 Juni 2025	0,80	20	3	7	346	13,07	346000	19,5	19,30
8	23 juni 2025	30 Juni 2025				8	340	13,11	340000	18,9	
9	23 juni 2025	30 Juni 2025				9	349	13,10	349000	19,5	
10	23 juni 2025	30 Juni 2025	0,85	20	3	10	262	12,75	262000	14,8	15,75
11	24 juni 2025	01 juli 2025				11	300	12,96	300000	17,0	
12	24 juni 2025	01 juli 2025				12	271	13,02	271000	15,4	
13	24 juni 2025	01 juli 2025	0,90	20	3	13	247	12,85	247000	14,0	14,59
14	24 juni 2025	01 juli 2025				14	276	13,21	276000	15,3	
15	24 juni 2025	01 juli 2025				15	255	13,03	255000	14,5	
16	24 juni 2025	01 juli 2025	0,95	20	3	16	259	12,51	259000	14,5	13,43
17	24 juni 2025	01 juli 2025				17	244	12,59	244000	14,1	
18	24 juni 2025	01 juli 2025				18	214	12,89	214000	11,8	
19	24 juni 2025	01 juli 2025	1,00	20	3	19	257	12,75	257000	14,5	13,30
20	24 juni 2025	01 juli 2025				20	242	12,86	242000	13,6	
21	24 juni 2025	01 juli 2025				21	210	12,64	210000	11,8	

Sumber : Hasil Analisis

Hubungan hasil uji kuat tekan beton dengan faktor air *cementitious* 0,70 - 1,0 pada umur 3 hari dan 7 hari disajikan pada grafik berikut.

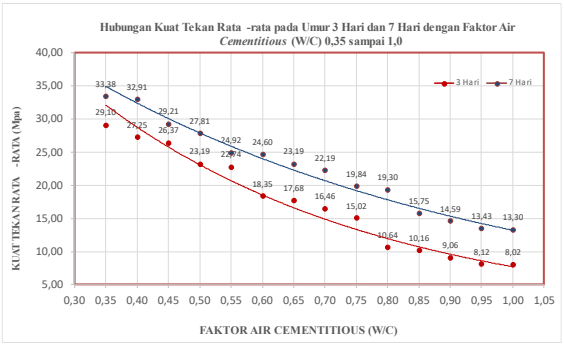


Sumber : Hasil Analisis

Gambar 3. Grafik Hubungan Kuat tekan rata-rata umur 3 hari dan 7 hari dengan faktor air *cementitious* 0,70-1,0

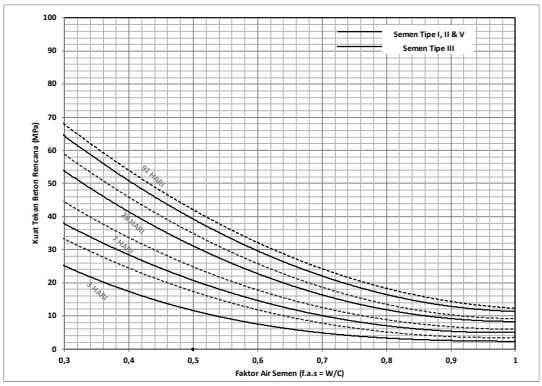
Gambar 3 menunjukkan bahwa kuat tekan beton geopolimer umur 3 dan 7 hari menurun seiring peningkatan faktor air *cementitious* (W/C) dari 0,70 hingga 1,00. Pada umur 3 hari, kuat tekan turun dari 16,46 MPa menjadi 8,02 MPa, sedangkan pada umur 7 hari turun dari 22,19 MPa menjadi 13,30 MPa. Kuat tekan umur 7 hari lebih tinggi karena proses polimerisasi dan pembentukan ikatan geopolymer berlangsung lebih sempurna seiring waktu, sehingga struktur beton menjadi lebih padat dan kuat.

Pembahasan



Sumber : Hasil Analisis

Gambar 4. Grafik Hubungan Kuat Tekan Rata-rata Umur 3 dan 7 Hari dengan Faktor Air *Cementitious* 0,35-1,0



Sumber : SNI 03-2834-2000

Gambar 5. Grafik Faktor Air Semen Beton Normal

Berdasarkan dua grafik di atas, dapat disimpulkan bahwa baik beton geopolimer maupun beton normal memiliki kuat tekan yang lebih rendah ketika nilai faktor air *cementitious* (W/C) meningkat. Gambar 4 menunjukkan bahwa kuat tekan beton geopolimer pada umur 3 hari lebih rendah dibandingkan 7 hari, karena seiring bertambahnya umur proses pengerasan atau pembentukan ikatan kimia menjadi semakin optimal sehingga kuat tekan meningkat.

Gambar 5 yang mengacu pada beton normal juga menunjukkan semakin tinggi nilai W/C, maka kuat tekan semakin rendah. Kedua grafik ini serupa, karena kedua grafik sama-sama menunjukkan bahwa nilai W/C berbanding terbalik terhadap kuat tekan beton.

5. KESIMPULAN DAN SARAN

Kesimpulan

Setelah melakukan analisis dari data hasil penelitian, maka didapatkan kesimpulan sebagai berikut.

1. Hasil pengujian kuat tekan beton geopolimer umur 7 hari pada faktor air cementitious W/C 0,70 sebesar 22,2 MPa, W/C 0,75 sebesar 19,8 MPa, W/C 0,80 sebesar 19,3 MPa, W/C 0,85 sebesar 15,8 MPa, W/C 0,90 sebesar 14,6 MPa, W/C 0,95 sebesar 13,4 MPa, dan W/C 1,0 sebesar 13,3 MPa.
2. Berdasarkan hasil analisis grafik hubungan antara faktor air *cementitious* (W/C) 0,70 sampai 1,0 dan kuat tekan beton menunjukkan peningkatan nilai W/C cenderung menyebabkan penurunan kuat tekan . Hal ini menunjukkan bahwa semakin banyak air atau larutan alkali aktivator yang digunakan dalam campuran, kekuatan beton yang dihasilkan akan semakin berkurang.

Saran

Berdasarkan hasil penelitian dan pembahasan yang telah dilakukan, terdapat beberapa hal yang dapat dijadikan masukan untuk pengembangan penelitian selanjutnya.

1. Variasi molaritas larutan alkali pada beton geopolimer perlu diteliti lebih lanjut.
2. Penelitian lanjutan disarankan pada variasi umur beton geopolimer.
3. Perlu penelitian dengan jenis katalisator berbeda.

DAFTAR PUSTAKA

Anonim. (2000). *SNI 03-2834 Tata Cara Pembuatan Rencana Campuran Beton Normal*. Jakarta: Badan Standarisasi Nasional

Anonim. (2002). *SNI 03-2847 Tata Cara Perhitungan Beton Untuk Bangunan Gedung (Beta Version)*. Bandung : Badan Standarisasi Nasional

Anonim. (2009). *ASTM C33 Standard Specification for Concrete Aggregates.* West Conshohocken, PA: ASTM International.

Anonim. (2011b). *SNI 1974-2011 Cara Uji Kuat Tekan Beton Dengan Benda Uji Silinder*. Jakarta: Badan Standarisasi Nasional.

Anonim. (2011). *SNI 2493-2011 Tata Cara Pembuatan dan Perawatan Benda Uji*. Jakarta: Badan Standarisasi Nasional.

Anonim. (2014). *SNI 2460-2014 Spesifikasi Abu Terbang Batubara dan Pozolan Alam Mentah atau Yang Telah Dikalsinasi Untuk Digunakan Dalam Beton*. Jakarta: Badan Standarisasi Nasional.

Davidovits, J. (1994). Properties of Geopolymer Cements. Journal First International Conference on Alkaline Cements and Concretes, 131-149. www.geopolymer.org

Davidovits, J. (2013). Geopolymer Cement. Journal Institut Geopolymer, 1–11.

Harimuswarah, M. R. (2021, Agustus). Beton Geopolimer.

Manthofani, A. (2023). Pengaruh Penggunaan Abu Ampas Tebu dan Silica Fume Terhadap Kekuatan Beton Geopolimer Bebrbasis Fly

Ash [Institut Teknologi Nasional Malang]. https://eprints.itn.ac.id/12592/

Mehta, P.K. and Monteiro, P.J. (2014). Alkali-Silica and Strength of Mortars with Expanded Slate, Expanded Glass or Perlite

Turner, L. K., & Collins, F. G. (2013). Carbon dioxide equivalent (CO2-e) emissions: A comparison between geopolymer and OPC cement concrete. Journal Construction and Building Materials, 43, 125-130. https://doi.org/10.1016/j.conbuildmat.2013.01.023

Wardhono, A. (2019). Pengaruh Pemanasan Terhadap Kuat Tekan Mortar Geopolimer Berbahan Dasar Abu Terbang Kelas C. Publikasi Riset Orientasi Teknik Sipil (Proteksi), 1(1), 1. https://doi.org/10.26740/proteksi.v1n1.p1-7