

PENGARUH PENGGUNAAN ABU AMPAS TEBU DAN SILICA FUME TERHADAP KEKUATAN BETON GEOPOLIMER BERBASIS FLY ASH

Aziz Mathofani ¹, Ir. Ester Priskasari, MT.², Vega Aditama, ST., MT. ³

¹²³⁾ *Jurusan Teknik Sipil, Institut Teknologi Nasional Malang*
Email: 1921099.azizmathofani@gmail.com

ABSTRACT

Concrete is generally composed of aggregate, water and cement and can be given admixture if needed. Cement has been used as the primary material for concrete which functions to bind aggregates, but on the other hand cement production also produces CO₂ gas which causes global warming. To reduce this risk, geopolymer concrete is used as an alternative to cement. Geopolymer concrete is composed of fly ash which is rich in silica (SiO₂) and alumina (Al₂O₃) which is reacted with alkaline activators (NaOH and Na₂SiO₃). In addition, to fly ash, other materials such as bottom ash, rice husk ash, slag, palm oil ash, and silica can be used. fume and bagasse ash. Bagasse ash is the residue from the combustion of a sugar factory steam boiler at temperatures > 600°C, through this combustion a high silica element is produced. Silica fume is a pozzolanic material with a high silica content obtained from by-products from the silicon industry or silicon iron alloy. In this study, bagasse ash was used with a range of 0%, 5%, 10%, 15% and 20% and silica fume with a range of 5%. From these variations, the compressive strength of geopolymer concrete at 7 days of age was 28.56 MPa, 35.16 MPa, 34.95 MPa, 31.68 MPa and 25.44 MPa, respectively. And at the age of 28 days, the geopolymer concrete compressive strength values were 35.16 MPa, 41.50 MPa, 40.98 MPa, 38.78 MPa and 30.97 MPa respectively. The results of the regression analysis showed that the optimum percentage value for using bagasse ash on geopolymer concrete aged 7 days was 8.82% and for 28 days was 8.71%. The hypothetical test proves that there is an effect of using bagasse ash on geopolymer concrete.

Keywords: bagasse ash; concrete strength; fly ash; geopolymer concrete; silica fume.

ABSTRAK

Beton secara umum tersusun dari agregat, air dan semen serta dapat pula diberikan admixture jika dibutuhkan. Semen selama ini digunakan sebagai material utama beton yang berfungsi untuk mengikat agregat, namun disisi lain produksi semen juga menghasilkan gas CO₂ yang mengakibatkan pemanasan global. Untuk mengurangi resiko tersebut digunakan beton geopolimer sebagai alternatif pengganti semen. Beton geopolimer tersusun dari fly ash yang kaya silika (SiO₂) dan alumina (Al₂O₃) yang direaksikan dengan alkali aktifator (NaOH dan Na₂SiO₃), selain fly ash dapat digunakan material lain seperti bottom ash, abu sekam padi, slag, abu kelapa sawit, silica fume dan abu ampas tebu. Abu ampas tebu merupakan sisa pembakaran dari ketel uap pabrik gula pada suhu > 600°C, melalui pembakaran tersebut dihasilkan unsur silika yang tinggi. Silica fume merupakan material pozzolan dengan kandungan silika tinggi yang diperoleh dari hasil sampingan dari industri silikon atau alloy besi silikon. Pada penelitian ini digunakan abu ampas tebu dengan kadar 0%, 5%, 10%, 15% dan 20% serta silica fume dengan kadar 5%. Dari variasi tersebut didapatkan nilai kuat tekan beton geopolimer pada umur 7 hari berturut-turut sebesar 28,56 MPa, 35,16 MPa, 34,95 MPa, 31,68 MPa dan 25,44 MPa. Serta pada umur 28 hari didapatkan nilai kuat tekan beton geopolimer berturut-turut sebesar 35,16 MPa, 41,50 MPa, 40,98 MPa, 38,78 MPa dan 30,97 MPa. Hasil analisa regresi menunjukkan nilai prosentase optimum penggunaan abu ampas tebu pada beton geopolimer umur 7 hari adalah 8,82% dan untuk umur 28 hari adalah 8,71%. Uji hipotesis membuktikan bahwa terdapat pengaruh dari penggunaan abu ampas tebu pada beton geopolimer.

Kata kunci: abu ampas tebu; beton geopolymer; fly ash; kekuatan beton; silica fume.

1. PENDAHULUAN

Beton adalah suatu material yang telah menjadi kebutuhan untuk konstruksi, beton pada umumnya terdiri dari material penyusun berupa agregat, air dan semen, serta apabila dibutuhkan dapat juga diberi bahan tambahan (*admixture*). Semen merupakan material yang secara kimiawi akan aktif setelah

bereaksi dengan air, fungsi utama dari semen adalah sebagai material pengikat (*binder*) dalam campuran beton. Namun disisi lain produksi semen menghasilkan banyak gas karbon dioksida (CO₂) yang menimbulkan global warming.

Upaya yang dapat dilakukan untuk mengurangi resiko global warming yakni dengan menggunakan

beton geopolimer untuk menggantikan semen, semen digantikan oleh material pengikat (binder) yang mengandung silika (SiO₄) dan alumina (AlO₄) berupa *fly ash*, yang diaktifkan dengan larutan alkali activator berupa natrium hidroksida (NaOH) dan natrium silikat (Na₂SiO₃) untuk mempercepat proses polimerisasi. Selain *fly ash*, material hasil sampingan industri lainnya juga dapat dimanfaatkan seperti *bottom ash*, abu sekam padi, slag, abu kelapa sawit, *silica fume* dan abu ampas tebu.

Abu ampas tebu merupakan hasil sampingan dari industri pabrik gula yang diperoleh melalui proses pembakaran tungku pabrik gula pada suhu 600-700°C, sehingga dihasilkan unsur silika yang. *Silica fume* adalah material bersifat pozzolan, komposisi silika ini dihasilkan dari sisa pembakaran tungku listrik pada industri silikon atau alloy besi silikon.

Penelitian ini berujuan untuk mengetahui pengaruh abu ampas tebu dan *silica fume* terhadap kuat tekan, dari beton geopolimer berbasis *fly ash*, diharapkan bahan alternatif yang digunakan dapat menghasilkan beton geopolimer yang berkualitas.

2. TINJAUAN PUSTAKA

Definisi Geopolimer

Pengikat semen alternatif yang disebut “geopolimer”, terdiri dari *fly ash* yang diaktifkan alkali, telah dianggap sebagai pengganti OPC. Geopolimer merupakan bahan anorganik yang kaya Silika (SiO₂) dan Aluminium (Al₂O₃) yang bereaksi dengan alkali menjadi semen. (Turner & Collins, 2013)

Kekuatan geopolimer terbentuk melalui polikondensasi Silika (SiO₂) dan Aluminium (Al₂O₃) dengan material alkali, oleh karena itu geopolimer dapat dikatakan sebagai binder alkali (pengikat) yang diaktifkan dengan *alumino silicate*. (Davidovits, 1994)

Material

a. Alkali Aktifator

Alkali aktifator bertindak sebagai katalis dalam reaksi yang memungkinkan pembentukan ikatan baru dan polimerisasi. (Nodehi & Taghvae, 2022)

Alkali aktifator yang digunakan untuk geopolimer biasanya merupakan kombinasi dari hidroksil, biasanya natrium hidroksida (NaOH) atau kalium hidroksida (KOH) dengan silikat kaca, terdiri dari natrium silikat (Na₂SiO₃) atau kalium silikat (K₂SiO₃). (Turner & Collins, 2013)

Satuan dari larutan cair yang terdiri dari pelarut dan zat terlarut, untuk menyatakan konsentrasi alkali adalah ukuran mol terlarut dalam larutan. (Nodehi & Taghvae, 2022) :

$$M = \frac{n}{v} = \text{Mol/liter} \dots\dots\dots(1)$$

Dengan :

M = Molaritas

n = Massa relatif molekul

v = Volume larutan

b. Fly Ash

Fly ash yang kaya Silika (SiO₂) dan Aluminium (Al₂O₃) merupakan sumber utama dari proses geopolimerisasi. *Fly ash* berasal dari limbah yang diproduksi pembangkit listrik dengan bahan bakar batu bara dalam jumlah besar, menjadikannya sebagai bahan baku yang ideal. (Mustafa & Dkk., 2012).

Fly ash dapat digolongkan menjadi tiga kelas sebagai berikut.

Tabel 1 Persyaratan kandungan kimia *fly ash*

Senyawa	Kelas N	Kelas F	Kelas C
SiO ₂ +Al ₂ O ₃ +Fe ₂ O 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 Tabel komposisi kimia *fly ash* tipe C (PLTU Paiton)

No	Compound	Hasil Uji
1	Al ₂ O ₃	11,00 %
2	SiO ₂	25,30 %
3	SO ₃	0,60 %
4	K ₂ O	1,40 %
5	CaO	30,06 %
6	TiO ₂	1,46 %
7	V ₂ O ₅	0,05 %
8	Cr ₂ O ₃	0,077 %
9	MnO	0,49 %
10	Fe ₂ O ₃	25,60 %
11	NiO ₂	0,05 %
12	CuO	0,062 %
13	ZnO	0,02 %
14	SrO	0,94 %
15	ZrO ₂	0,10 %
16	MoO ₃	0,80 %
17	In ₂ O ₃	0,10 %
18	BaO	0,55 %
19	Eu ₂ O ₃	0,20 %
20	Yb ₂ O ₃	0,02 %
21	Re ₂ O ₇	0,20 %
22	HgO	0,16 %

Sumber: Hasil Analisa pada Lab. FMIPA UM, 2022

c. Abu Ampas Tebu

Tebu merupakan tanaman yang digunakan sebagai bahan baku oleh pabrik gula, batang tebu di peras dengan mesin pemeras di pabrik gula. Selanjutnya,

air perasan tebu tersebut disaring, dimasak dan diputihkan sehingga menjadi gula pasir. Dari proses pembuatan tebu tersebut akan dihasilkan gula 8-10%, ampas tebu 40-50% dan sisanya berupa tetesan (molasse) dan air. Pembakaran ampas tebu pada suhu >600°C menghasilkan abu dengan unsur silika (SiO₂) yang tinggi bila dilakukan pembakaran dengan suhu secara kontrol. (Pratama et al., 2014)

Tabel 3 Komposisi kimia abu ampas tebu (P. G. Kebonagung)

No	Compound	Hasil Uji
1	SiO ₂	82,20 %
2	K ₂ O	5,13 %
3	CaO	6,10 %
4	TiO ₂	0,40 %
5	V ₂ O ₅	0,02 %
6	Cr ₂ O ₃	0,029 %
7	MnO	0,25 %
8	Fe ₂ O ₃	5,51 %
9	CuO	0,056 %
10	ZnO	0,03 %
11	SrO	0,05 %
12	Eu ₂ O ₃	0,10 %
13	Re ₂ O ₇	0,07 %

Sumber: Hasil Analisa pada Lab. FMIPA UM, 2022

d. Silica Fume

Silica fume didefinisikan dalam ACI 116R, “berupa silika nonkristalin sangat halus yang diproduksi dari tungku listrik sebagai produk sampingan dari produksi unsur silikon atau paduan mengandung silikon.” Silica fume, atau mengembun dari gas yang keluar dari tungku, memiliki kandungan silikon yang sangat tinggi terdiri dari partikel halus dengan diameter rata-rata 0,1 sampai 0,2 µm (4 hingga 8 × 10⁻⁶ inci). (ACI 234R-2006)

Tabel 4 Tabel komposisi silica fume (PT. BASF)

No	Compound	Hasil Uji
1	SiO ₂	91,40 %
2	K ₂ O	1,01 %
3	CaO	2,54 %
4	Cr ₂ O ₃	0,024 %
5	MnO	0,01 %
6	Fe ₂ O ₃	0,337 %
7	NiO	0,01 %
8	CuO	0,04 %
9	ZnO	0,027 %
10	As ₂ O ₃	0,02 %
11	MoO ₃	4,36 %
12	Eu ₂ O ₃	0,03 %
13	Yb ₂ O ₃	0,03 %
14	Re ₂ O ₇	0,05 %
15	PbO	0,11 %

Sumber: Hasil Analisa pada Lab. FMIPA UM, 2022

e. Agregat Halus

Agregat halus merupakan agregat dengan besar butir sebesar 0,075 - 5 mm, agregat halus juga sering disebut pasir. Syarat mutu agregat halus adalah sebagai berikut. (Departemen Pekerjaan Umum : 1982)

f. Agregat Kasar

Agregat kasar dapat berupa kerikil alam ataupun batu pecah, hasil pemecahan batu gunung dengan alat pemecah batu/stone crusher. Besar butir agregat maksimum, tidak boleh lebih besar dari 1/5 jarak terkecil bidang- bidang samping dari cetakan, 1/3 tebal plat atau 3/4 dari jarak minimum tulangan. (Departemen Pekerjaan Umum : 1982)

g. Air

Air yang digunakan pada campuran beton harus memenuhi persyaratan SNI 03-2847-2002. Air yang berfungsi sebagai pelarut agar beton segar mudah tercampur, air pada beton geopolimer berfungsi melarutkan NaOH dan Na₂SiO₃ sehingga menjadi larutan alkali dan mudah tercampur dengan abu terbang dan agregat.

Pengujian Kekuatan Beton

a. Uji Kuat Tekan

Kuat tekan beban beton adalah besarnya beban per satuan luas, yang menyebabkan benda uji beton hancur bila dibebani dengan gaya tekan tertentu, yang dihasilkan oleh mesin tekan. Nilai kuat tekan beton dihasilkan dari uji silinder beton (diameter 15 cm, tinggi 30 cm). Tata cara pengujian yang umumnya dipakai adalah SNI 1974 - 2011, dengan menggunakan perhitungan sebagai berikut

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

Dengan :

- P = Beban maksimum (N).
- A = Luas penampang (mm²).

3. METODELOGI PENELITIAN

Tujuan Penelitian Secara Operasional

Tujuan penelitian ini untuk mengetahui pengaruh dari penggunaan abu ampas tebu dan silica fume terhadap kekuatan beton geopolimer berbasis fly ash dengan uji kuat tekan pada umur 7 dan 28 hari.

Tempat dan Waktu Penelitian

a. Tempat Penelitian

- Pengujian bahan dilaksanakan di Laboratorium Beton Jurusan Teknik Sipil Institut Teknologi Nasional Malang.

- Pembuatan benda uji beton dilaksanakan di Laboratorium Beton Jurusan Teknik Sipil Institut Teknologi Nasional Malang.
- Pengujian sifat mekanis beton dilaksanakan di Laboratorium Beton Jurusan Teknik Sipil Institut Teknologi Nasional Malang.
- Pengujian kandungan silika dilaksanakan di Laboratorium Sentral FMIPA Universitas Negeri Malang.

b. Waktu Penelitian

Waktu yang digunakan dalam proses pengerjaan penelitian dan analisis data hasil penelitian dimulai pada bulan Desember 2022 sampai dengan bulan Juli 2023.

Metode Penelitian

Studi penelitian ini dibagi menjadi dua bagian, yaitu:

- Studi pustaka, bertujuan untuk mengkaji hubungan variabel yang akan diteliti dengan mempelajari teori-teori yang ada untuk merumuskan hipotesis penelitian.
- Studi eksperimen, dilakukan di laboratorium untuk mendapat data-data yang diperlukan. Data-data tersebut dianalisa secara statistik untuk menguji hipotesis sehingga didapat kesimpulan akhir.

Populasi dan Sampel

Tabel 5 Variasi Uji Kuat Tekan Beton Umur 7 hari

Jenis Pengujian	Umur (Hari)	SF (%)	AAT (%)	FA (%)	Dimensi Sampel (cm)	Jumlah Sampel (buah)
Kuat Tekan	7	5	0	95	Silinder 15x30	3
Kuat Tekan	7	5	5	90	Silinder 15x30	3
Kuat Tekan	7	5	10	85	Silinder 15x30	3
Kuat Tekan	7	5	15	80	Silinder 15x30	3
Kuat Tekan	7	5	20	75	Silinder 15x30	3

Tabel 6 Variasi Uji Kuat Tekan Beton Umur 26 hari

Jenis Pengujian	Umur (Hari)	SF (%)	AAT (%)	FA (%)	Dimensi Sampel (cm)	Jumlah Sampel (buah)
Kuat Tekan	28	5	0	95	Silinder 15x30	3
Kuat Tekan	28	5	5	90	Silinder 15x30	3
Kuat Tekan	28	5	10	85	Silinder 15x30	3
Kuat Tekan	28	5	15	80	Silinder 15x30	3
Kuat Tekan	28	5	20	75	Silinder 15x30	3

Alat Penelitian

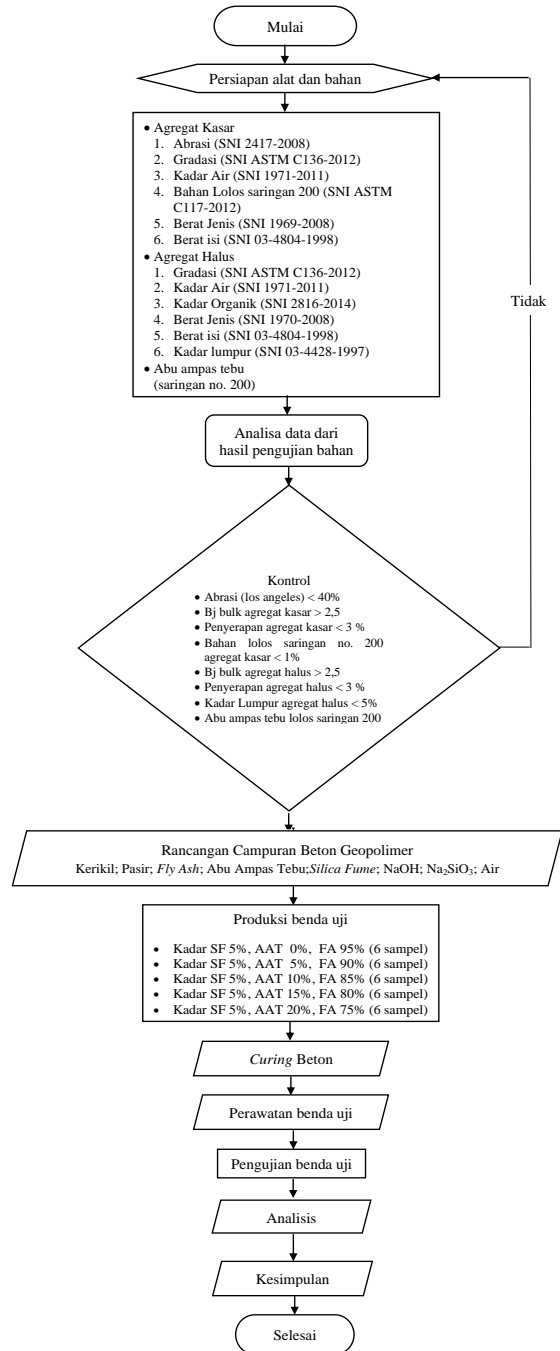
- Timbangan
- Saringan
- Mesin Los Angeles
- Piknometer dan gelas ukur
- Cetakan silinder (d : 15 cm, t : 30 cm)
- Kerucut Abrahams
- Mesin pengaduk beton
- Mesin penguji tekan

- Peralatan lainnya seperti loyang, ember, kuas, sendok semen, mistar dan lain-lain.

Bahan Penelitian

- Agregat Halus : Pasir Lumajang
- Agregat Kasar : Batu Pecah Pasuruan
- Air : Air sumur lab. ITN
- Abu Ampas Tebu : PT. Kebon Agung
- Silica Fume : PT. BASF
- Fly Ash : PLTU Paiton
- NaOH & Na₂SiO₃ : Toko Bahan Kimia

Alur Penelitian



Gambar 1 Bagan alir penelitian

4. ANALISA DAN PEMBAHASAN

Konsistensi Normal dan Waktu Ikat

Dari hasil penelitian, pemeriksaan konsistensi pasta geopolimer diperoleh kedalaman penetrasi jarum sebesar 10 mm (mendekati semen) dengan penambahan larutan sebanyak 21,55 %. Pemeriksaan waktu ikat awal pada penetrasi 25 mm diperoleh waktu ikat 56.24 menit dan waktu ikat akhir adalah 130 menit.

Tabel 7 Konsistensi normal pasta geopolimer

No.	berat semen	penambahan air		Penetrasi (mm)
		ml	%	
1	300	60	20,00	2,5
2	300	61,5	20,50	6,2
3	300	63	21,00	8,5
4	300	64,5	21,50	9,8
5	300	66	22,00	11,3

Sumber : Hasil Analisa

Tabel 8 Waktu ikat pasta geopolimer

Awal		
No.	Waktu (menit)	Penetrasi (mm)
1	20	50
2	30	45
3	40	38
4	60	22
5	70	Membekas
6	80	Membekas
7	90	Membekas
8	100	Membekas
9	110	Membekas
10	120	Membekas
11	130	Tidak Membekas
Akhir		
130		

Sumber : Hasil Analisa

Campuran Beton Geopolimer

Metode desain campuran beton yang digunakan dalam penelitian ini adalah (SNI 03-2834-2000), Terkait Tata Cara Pembuatan Rencana Campuran Beton Biasa, juga terkait ACI dan DOE dan metode British 1968.

Sebelum memulai tahap perhitungan untuk mendapatkan jumlah komposisi campuran, ada beberapa hal yang harus diperhatikan saat merancang campuran beton. Salah satunya adalah bahwa campuran harus memenuhi persyaratan yang telah ditentukan

Perhitungan jumlah abu ampas tebu, fly ash dan silica fume digunakan persentase dari massa semen maka akan terjadi pengurangan material semen sehingga tidak menambah massa beton, dengan variasi kadar abu ampas tebu 0%, 5, 10%, 15% dan 20%, kadar fly ash 95%, 90%, 85%, 80% dan 75%,

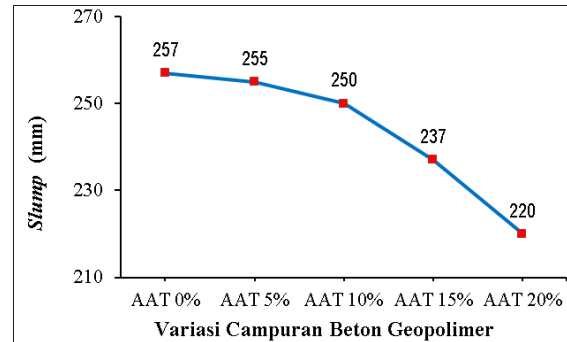
kadar *silica fume* untuk setiap variasi sebesar 5%. Dibawah ini merupakan perhitungan kebutuhan berat untuk campuran abu ampas tebu, *fly ash* dan *silica fume*:

Tabel 9 Komposisi Campuran Benda Uji Silinder 15cm x 30cm

Jumlah Bahan	Variasi Kadar Abu Ampas Tebu (%)				
	0	5	10	15	20
Abu Ampas Tebu (Kg)	0,00	0,95	1,90	2,86	3,81
Fly Ash (Kg)	18,09	17,14	16,18	15,23	14,28
Agregat Halus (Kg)	29,96	29,96	29,96	29,96	29,96
Agregat Kasar (Kg)	36,52	36,52	36,52	36,52	36,52
NaOH (L)	3,12	3,12	3,12	3,12	3,12
Na ₂ SiO ₃ (L)	4,68	4,68	4,68	4,68	4,68
Silica Fume (Kg)	0,95	0,95	0,95	0,95	0,95
Jumlah Silinder	6	6	6	6	6
Test Slump (mm)	257	255	250	237	220

Sumber : Hasil Analisa

Hasil Uji Slump



Gambar 2 Uji Slump

Sumber : Hasil Analisa

Hasil Uji Kuat Tekan

Tabel 10 Kuat Tekan Beton Umur 7 Hari

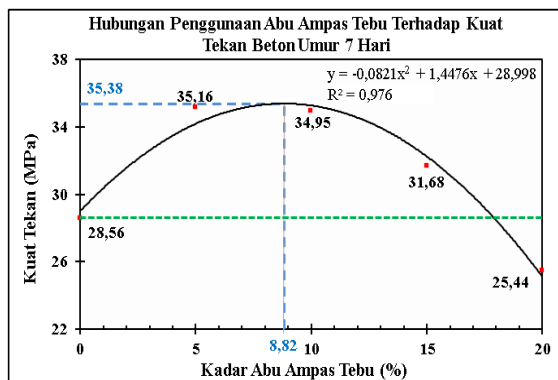
No.	Kode	Umur (hari)	Berat (Kg)	Tekanan hancur (KN)	Teg. Hancur (MPa)	Teg. Hancur Rata-rata (MPa)
1	0%AAT 11	7	13,01	490	27,91	28,56
2	0%AAT 12	7	12,89	509	29,31	
3	0%AAT 13	7	12,75	493	28,46	
1	5%AAT 11	7	12,94	637	34,87	35,16
2	5%AAT 12	7	12,88	675	36,71	
3	5%AAT 13	7	12,97	602	33,89	
1	10%AAT 11	7	13,15	620	35,68	34,95
2	10%AAT 12	7	12,88	633	36,57	
3	10%AAT 13	7	12,76	567	32,61	
1	15%AAT 11	7	12,94	629	36,56	31,68
2	15%AAT 12	7	12,96	532	30,27	
3	15%AAT 13	7	12,75	495	28,22	
1	20%AAT 11	7	13,14	482	26,90	25,44
2	20%AAT 12	7	12,76	449	23,81	
3	20%AAT 13	7	12,88	463	25,62	

Sumber : Hasil Analisa

Tabel 11 Kuat Tekan Beton Umur 28 Hari

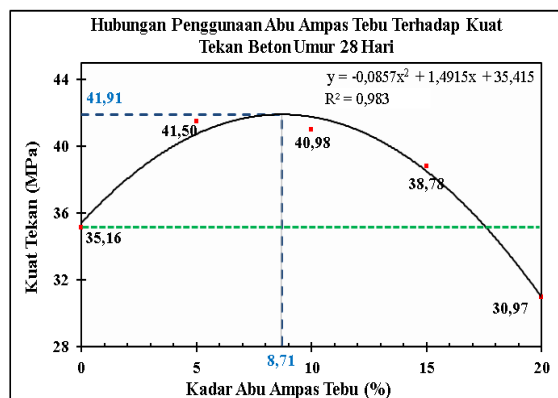
No.	Kode	Umur (hari)	Berat (Kg)	Tekanan hancur (KN)	Teg. Hancur (MPa)	Teg.Hancur Rata-rata (MPa)
1	0%AAT 21	28	13,01	614	34,75	35,16
2	0%AAT 22	28	12,99	601	34,01	
3	0%AAT 23	28	13,11	649	36,73	
1	5%AAT 21	28	13,06	771	41,94	41,50
2	5%AAT 22	28	13,09	801	43,57	
3	5%AAT 23	28	12,78	717	39,00	
1	10%AAT 21	28	12,98	727	41,14	40,98
2	10%AAT 22	28	12,84	687	38,88	
3	10%AAT 23	28	13,31	774	42,94	
1	15%AAT 21	28	12,92	679	38,42	38,78
2	15%AAT 22	28	12,96	694	39,27	
3	15%AAT 23	28	13,03	683	38,65	
1	20%AAT 21	28	12,93	574	32,48	30,97
2	20%AAT 22	28	12,67	521	29,48	
3	20%AAT 23	28	12,74	547	30,95	

Sumber : Hasil Analisa



Gambar 3 Hubungan Penggunaan Abu Ampas Tebu Terhadap Kuat Tekan Beton Umur 7 Hari

Sumber : Hasil Analisa



Gambar 4 Hubungan Penggunaan Abu Ampas Tebu Terhadap Kuat Tekan Beton Umur 28 Hari

Sumber : Hasil Analisa

Grafik regresi kuat tekan beton selama 28 hari menunjukkan peningkatan nilai kuat tekan beton pada 0% dan 5%, sementara penurunan nilai kuat

tekan beton pada 10%, 15%, dan 20%. Ketika jumlah abu ampas tebu yang ditambahkan lebih besar, kuat tekan beton yang dihasilkan lebih besar, tetapi jika jumlah abu ampas tebu terlalu tinggi, kuat tekannya akan menurun.

Menurut hasil analisis regresi pada beton umur ke- 7 hari, persamaan $\hat{Y} = -0,082x^2 + 1,448x - 28,998$, dengan koefisien determinasi (R^2) 0,976 dan koefisien korelasi (R) 0,988. Ini menunjukkan bahwa prosentase penggunaan abu ampas tebu memengaruhi 97,6% perubahan nilai kuat tekan beton, sementara itu, faktor lain memengaruhi sisa variabel. Karena koefisien korelasi mencapai 0,988, korelasi diantara variabel sangat kuat sebab terdapat dikisaran antara 0,80 hingga 1,00.

Menurut hasil analisis regresi pada beton umur ke-28 hari, persamaan $\hat{Y} = -0,086x^2 + 1,492x - 35,415$, dengan koefisien determinasi (R^2) 0,983 dan koefisien korelasi (R) 0,991. Ini menunjukkan bahwa prosentase penggunaan abu ampas tebu memengaruhi 98,3% perubahan nilai kuat tekan beton, sementara itu, faktor lain memengaruhi sisa variabel. Karena koefisien korelasi mencapai 0,991, korelasi diantara variabel sangat kuat sebab terdapat dikisaran antara 0,80 hingga 1,00.

Pengujian hipotesis pada beton umur 7 hari menunjukkan bahwa nilai t yang dihitung adalah 11,129 dan nilai t tabel adalah 3,182, keduanya dengan taraf signifikansi $\alpha = 0,05$. Analisis regresi menunjukkan signifikansi karena thitung lebih besar dari t tabel, yaitu 11,129 lebih besar dari 3,182. Dengan data ini, dapat disimpulkan bahwa H_a diterima dan H_0 ditolak. Oleh karena itu, dapat disimpulkan bahwa penggunaan abu ampas tebu sebagai pengganti fly ash pada beton geopolimer memiliki pengaruh yang signifikan.

5. KESIMPULAN DAN SARAN

Kesimpulan

- Hasil pengujian hipotesis dan analisis regresi pada beton umur 7 hari menunjukkan bahwa penggunaan abu ampas tebu memiliki pengaruh yang signifikan terhadap kekuatan tekan beton geopolimer yang dihasilkan. Hasil menunjukkan bahwa $t_{hitung} = 11,129$ lebih besar dari $t_{tabel} = 3,182$, Koefisien determinasi (R^2) yang diperoleh adalah 97,6% dan nilai dari koefisien korelasi (R) sebesar 0,988. Oleh karena itu, hipotesis alternatif (H_a) dapat diterima, sedangkan hipotesis nol (H_0) tidak diterima. Sehingga dapat disimpulkan bahwa terdapat pengaruh dari pemanfaatan abu ampas tebu pada beton geopolimer
- Nilai rata-rata kuat tekan beton geopolimer yang dihasilkan dari penggunaan abu ampas tebu

dengan variasi 0%, 5%, 10%, 15% dan 20% pada umur 7 hari didapatkan nilai kuat tekan beton geopolimer berturut-turut sebesar 28,56 MPa, 35,16 MPa, 34,95 MPa, 31,68 MPa dan 25,44 MPa.

- c. Nilai rata-rata kuat tekan beton geopolimer yang dihasilkan dari penggunaan abu ampas tebu dengan variasi 0%, 5%, 10%, 15% dan 20% pada umur 28 hari didapatkan nilai kuat tekan beton geopolimer berturut-turut sebesar 35,16 MPa, 41,50 MPa, 40,98 MPa, 38,78 MPa dan 30,97 MPa.
- d. Untuk presentase optimum penggunaan abu ampas tebu pada beton geopolimer ($F'c$ 35 MPa), didapat kurva hasil pengujian analisis regresi menunjukkan nilai prosentase optimal penggunaan abu ampas tebu pada beton geopolimer umur 7 hari adalah 8,82% dan untuk umur 28 hari adalah 8,71%.

Saran

- a. Untuk penelitian beton geopolimer, penentuan komposisi material bahan pengganti semen, sebaiknya ditentukan berdasarkan komposisi kandungan unsur kimia dari material yang didapatkan dari analisa XRF. Sehingga jumlah bahan yang ditambahkan akan lebih sesuai dengan kebutuhan.
- b. *Curing* beton geopolimer diupayakan menggunakan oven dengan suhu yang stabil agar didapatkan beton geopolimer dengan hasil yang maksimum.
- c. Untuk penelitian beton geopolimer selanjutnya dapat dilakukan pengembangan dari variasi molaritas NaOH, suhu perawatan beton dan faktor air semen.
- d. Pemilihan jenis agregat sebaiknya dilakukan secara baik dan teliti, sehingga kualitas dari agregat yang digunakan sangat baik dan dapat menghasilkan kuat tekan beton sesuai dengan perencanaan.
- e. Dari hasil penelitian ini, khususnya pada kuat tekan beton umur 28 hari menunjukkan kadar abu ampas tebu 8,71% sebagai kadar optimum, namun untuk kadar abu ampas tebu lebih dari 8,71% dalam hal ini kadar abu ampas tebu 10% dan 15% juga dapat digunakan dalam campuran beton geopolimer dikarenakan kuat tekannya lebih tinggi dari kuat tekan kadar 0% abu ampas tebu.

DAFTAR PUSTAKA

- Anonim. (1982). *PUBI - 1982 (Persyaratan Umum Bahan Bangunan Di Indonesia)*. Jakarta: Departemen Pekerjaan Umum.
- Anonim. (1990a). *SNI 03-1968-1990 Metode Pengujian Tentang Analisis Saringan Agregat Halus dan Kasar*. Jakarta: Badan Standardisasi Nasional.
- Anonim. (1990b). *SNI 03-1971-1990 Metode Pengujian Kadar Air Agregat*. Jakarta: Badan Standardisasi Nasional.
- Anonim. (1991). *SNI 03-2531-1991 Metode Pengujian Berat Jenis Semen Portland*. Jakarta: Badan Standardisasi Nasional.
- Anonim. (1996). *SNI 03-4142-1996 Metode Pengujian Jumlah Bahan Dalam Agregat yang Lolos Saringan NO. 200 (0,075 MM)*. Jakarta: Badan Standardisasi Nasional.
- Anonim. (1997). *SNI 03-4429-1997 Metode Pengujian Agregat Halus atau Pasir yang Mengandung Bahan Plastik Dengan Cara Setara Pasir*. Bandung: Pusjatan Balitbang.
- Anonim. (1998). *SNI 03-4804-1998 Metode Pengujian Berat Isi dan Rongga Udara Dalam Agregat*. Jakarta: Badan Standardisasi Nasional.
- Anonim. (2000). *SNI 03-2834-2000: Tata cara pembuatan rencana campuran beton normal*. Jakarta: Badan Standardisasi Nasional.
- Anonim. (2004). *SNI 15-2049-2004 Semen Portland*. Jakarta: Badan Standardisasi Nasional.
- Anonim. (2006). *ACI 234R-2006 Guide for the Use of Silica Fume in Concrete*. American Concrete Institute.
- Anonim. (2008a). *SNI 1969:2008 Cara Uji Berat Jenis dan Penyerapan Air Agregat Kasar*. Jakarta: Badan Standardisasi Nasional.
- Anonim. (2008b). *SNI 1970-2008 Cara Uji Berat Jenis dan Penyerapan Air Agregat Halus*. Jakarta: Badan Standardisasi Nasional. <http://sni.litbang.pu.go.id/index.php?r=/sni/new/sni/detail/id/195>
- Anonim. (2008c). *SNI 2417-2008 Cara uji keausan agregat dengan mesin abrasi Los Angeles*. Jakarta: Badan Standardisasi Nasional.
- Anonim. (2009). *ACI 234 - TN2 Silica Fume Concrete : Industrial Applications*. American Concrete Institute.
- Anonim. (2011). *SNI 1974-2011 Cara Uji Kuat Tekan Beton dengan Benda Uji Silinder*. Jakarta: Badan Standardisasi Nasional.
- Anonim. (2013). *SNI 2847-2013 Persyaratan Beton Struktural Untuk Bangunan Gedung*. Jakarta: Badan Standardisasi Nasional.
- Anonim. (2014a). *SNI 2460-2014 Spesifikasi abu terbang batubara dan pozolan alam mentah atau yang telah dikalsinasi untuk digunakan dalam beton (ASTM C618-08a, IDT)*. Jakarta:

- Badan Standardisasi Nasional.
- Anonim. (2014b). *SNI 2816 2014. Metode Uji Bahan Organik dalam Agregat Halus untuk Beton*. Jakarta: Badan Standardisasi 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. www.geopolymer.org
- Januarti Ekaputri, T. (2013). *Sodium Sebagai Aktivator Flyash, Trass Dan Lumpur Lapindo Dalam Beton Geo*. Jurnal Teoritis Dan Terapan Bidang Rekayasa Sipil, 20(1), 10.
- Mustafa, A., Dkk. (2012). *The processing, characterization, and properties of fly ash based geopolymer concrete*. Journal Reviews on Advanced Materials Science, 30(1), 90–97.
- Nodehi, M., & Taghvaei, M. (2022). *Alkali-Activated Materials and Geopolymer: a Review of Common Precursors and Activators Addressing Circular Economy*. Journal Circular Economy and Sustainability, 2(1), 165–196. <https://doi.org/10.1007/s43615-021-00029-w>
- Pratama, S., Rauf, N., & Juarlin, E. (2014). *Pembuatan dan Pengujian Kualitas Semen Portland Yang Diperkaya Silikat Abu Ampas Tebu (Fabrication and Quality Test of Cement Portland With Enriched by Silicate Sugarcane Bagasse Ash)*. Jurnal Fisika FMIPA Unhas, 1–5.
- Prayuda, H., & Saleh, F. (2019). *Kuat Tekan Beton Awal Tinggi Dengan Variasi Penambahan Superplasticizer Dan Silica Fume*. Media Teknik Sipil, 17(1), 36–43. <https://doi.org/10.22219/jmts.v17i1.5951>
- Ratu Giri, F., Olivia, M., & Romey Sitompul, I. (2020). *Pengaruh Variasi Penambahan Naoh Pada Kuat Tekan Mortar Geopolimer Abu Terbang Dengan Opc Sebagai Tambahan*. Jom FTEKNIK, 7(0), 1–8. <https://jom.unri.ac.id/index.php/JOMFTEKNIK/article/view/26506>
- Trisna, D., & Wardhono, A. (2022). *Pengaruh Kadar Solid Larutan Aktivator Terhadap Kuat Tekan Mortar Geopolimer Berbahan Dasar Abu Terbang (Fly Ash) Dan Naoh 12 M Pada Kondisi Ss/Sh 1,5 Dan 3,5 Pada Temperatur Normal*. Jurnal Deformasi, 7.
- Turner, K., & Collins, 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>