



Perbandingan Kuat Tekan Beton Geopolimer Berbasis *Fly Ash* Dan Berbasis Abu Sekam Padi

David F. Sindua^{#a}, Steenie E. Wallah^{#b}, Ellen J. Kumaat^{#c}

[#]Program Studi Teknik Sipil Universitas Sam Ratulangi, Manado, Indonesia

^adavidsindua07@gmail.com, ^bwsteenie@yahoo.com, ^cekumaat@unsrat.ac.id

Abstrak

Perkembangan beton saat ini sudah menggunakan bahan pengikat anorganik seperti alumina silikat polimer atau dikenal dengan geopolimer, yang merupakan sintesa dari material geologi yang terdapat pada alam yang mengandung pozzolan: silika (Si) dan alumina (Al). Unsur-unsur pozzolan itu didapatkan dari *Fly Ash* yang adalah sisa pembakaran batu bara dan unsur-unsur itu juga didapat dalam abu sekam padi. Tujuan penelitian ini, untuk mengetahui dan membandingkan besarnya nilai kuat tekan dari beton geopolimer baik yang menggunakan bahan dasar *fly ash* maupun abu sekam padi setelah berumur 7 hari dan 28 hari. Hasil penelitiannya ini melewati perawatan pada suhu ruangan dan juga perawatan di dalam oven, yang menunjukkan bahwa nilai kuat tekan beton geopolimer berbasis *fly ash* jauh lebih tinggi, dibandingkan dengan nilai kuat tekan beton geopolimer berbasis abu sekam padi. Namun keduanya memiliki kesamaan, dimana pada suhu 60° C sama-memiliki kuat tekan tertinggi pada penelitian ini.

Kata kunci: beton, geopolimer, pozzolan, *fly ash*, abu sekam padi, kuat tekan

1. Pendahuluan

1.1. Latar Belakang

Masa pemerintahan Indonesia ini mulai menggencarkan pemerataan pembangunan infrastruktur di seluruh wilayah Indonesia. Dengan adanya pembangunan infrastruktur ini tentunya akan terjadi peningkatan kebutuhan penggunaan beton.

Peningkatan pemakaian beton ini menjadi salah satu bahan yang paling banyak digunakan untuk pembangunan bangunan struktur. Dimana beton ini tersusun atas komposisi utama yaitu agregat kasar, agregat halus, air, dan semen *Portland*. Semakin berkembangnya pembangunan membuat kebutuhan semen kian lama semakin meningkat. Akan tetapi hal ini yang disayangkan pada saat proses produksi semen, dimana terjadi pelepasan gas karbodioksida (CO₂) ke udara yang besarnya sebanding dengan jumlah semen yang diproduksi (Davidovits, 1994). Sehingga hal ini yang merusak lingkungan hidup kita, yang diantaranya pemanasan global.

Oleh karena itu diperlukanlah bahan alternatif lain yang bisa menggantikan semen dalam campuran beton agar bisa mendapatkan beton yang ramah lingkungan. Diantaranya ialah melalui pengembangan beton dengan menggunakan bahan pengikat anorganik seperti alumina silikat polimer atau dikenal dengan geopolimer, yang merupakan sintesa dari material geologi yang terdapat pada alam yang kaya akan kandungan silika dan alumina (Davidovits, 1999). Unsur-unsur ini banyak didapati, yang diantaranya pada material hasil sampingan industri, seperti misalnya *fly ash* dari sisa pembakaran batu bara dan juga pada abu sekam padi.

PLTU Sulawesi Utara (Amurang), merupakan PLTU yang limbah sampingannya tidak lain adalah abu terbang (*fly ash*) dari sisa produksi pembakaran batu bara. Untuk itu dalam penelitian ini, peneliti akan membandingkan kuat tekan beton geopolimer yang menggunakan *fly ash* dari PLTU tersebut dan beton geopolimer yang berbasis abu sekam padi, untuk melihat perbandingan

uji kuat tekan beton geopolimer pada umur 7 hari dan 28 hari, serta di variasi suhu yang berbeda-beda.

1.2. Rumusan Masalah

Berdasarkan latar belakang, peneliti melakukan pengujian kuat tekan beton geopolimer berumur 7 hari dan 28 hari, yang berbasis abu terbang (*fly ash*) dari PLTU Amurang dan yang berbasis abu sekam padi (*rice husk ash*) dari Desa Watuliney. Demi memperoleh perbandingan nilai kuat tekan beton dengan menggunakan beton geopolimer yang ramah lingkungan dan untuk menekan biaya kebutuhan semen.

1.3. Batasan Masalah

Dalam penelitian ini perlu ada batasan-batasan masalah, yaitu :

1. Abu terbang (*Fly Ash*) yang berasal dari PLTU Amurang.
2. Abu sekam padi dari Desa Watuliney, Minahasa Tenggara.
3. Pemeriksaan kuat tekan dilakukan dengan benda uji silinder 10/20 cm.
4. Suhu ruangan diperuntukkan pada umur beton 7 hari dan 28 hari, sedangkan suhu 60°C dan 90°C (oven) diperuntukkan untuk umur beton 7 hari saja.
5. Campuran alkali aktuator yang digunakan adalah, Sodium Hidroksida, Sodium Silikat, dan menggunakan bahan tambahan *Superplasticizer*.
6. Variasi campuran yang peneliti gunakan ada 2 variasi, dengan persentase :
 - 90% *Fly ash*, dicampurkan dengan 10% semen *Portland*.
 - 90% Abu sekam padi, dicampurkan dengan 10% semen *Portland*.

1.4. Tujuan Penelitian

Tujuan penelitian ini untuk mengetahui dan membandingkan besarnya nilai kuat tekan dari beton geopolimer, yang menggunakan bahan dasar *fly ash* dan abu sekam padi setelah berumur 7 hari dan 28 hari pada suhu ruangan, serta suhu *curing* oven 60°C dan 90°C.

1.5. Manfaat Penelitian

Manfaat menggunakan *fly ash* dan abu sekam padi agar bisa dijadikan sebagai alternatif pengganti semen dalam pembuatan beton geopolimer, serta mendapatkan informasi tentang perbandingan kuat tekan beton geopolimer dengan memanfaatkan bahan-bahan daur ulang yaitu, dari *fly ash* dan abu sekam padi.

2. Metode Penelitian

2.1. Umum

Penelitian ini merupakan penelitian yang bersifat eksperimental yang dilakukan di Laboratorium Rekayasa Material Fakultas Teknik Universitas Sam Ratulangi.

2.2. Persiapan Alat dan Bahan

Persiapan Alat :

1. Concrete Mixer
2. Timbangan digital
3. Cetakan/bekisting Silinder dengan diameter 10 cm dan tinggi 20 cm
4. Tongkat tumbuk besi
5. Set Pemeriksaan Agregat terdiri dari pan, oven, saringan agregat
6. Alat Bantu : beberapa alat bantu yang dapat mempermudah penelitian antara lain ember, tropol, *trolley*, spatula.
7. Serta, peralatan penunjang lainnya.

Persiapan Bahan :

1. Abu Terbang (*Fly Ash*)
2. Abu Sekam Padi (*Rice Husk Ash*)
3. Agregat kasar
4. Agregat halus
5. Air
6. NaOH
7. Na₂SiO₃
8. Semen Portland

2.3. Penyiapan Abu Sekam Padi

2.3.1 Pengolahan Sekam Padi dengan Suhu Tinggi

Untuk mengolah sekam padi menjadi abu sekam padi bisa dilakukan dengan cara membakar sekam padi pada tungku api bersuhu tinggi 600°C - 700°C. Pembakaran seperti ini bisa menjadikan abu sekam padi yang halus.



Gambar 1. Hasil Pembakaran Sekam Padi pada Suhu Tinggi

2.3.2 Pengolahan Sekam Padi Manual

Pembakaran abu sekam padi dengan cara manual memerlukan proses dengan waktu yang cukup lama. Pembakaran sekam padi ini menerapkan metode *domino effect*, yang mana pada metode ini sekam padi ditumpuk menjadi tumpukan besar, lalu diletakkan bara api dari tempurung kelapa di bagian bawah tumpukan tersebut. Sehingga pembakarannya dari sekam padi menjadi arang, dan dari arang jadilah abu sekam padi.



Gambar 2. Berjalannya Metode *Domino Effect*

2.4. Pemeriksaan Karakteristik Agregat

1. Menetapkan gradasi agregat halus berupa pasir
2. Menetapkan gradasi agregat kasar berupa kerikil

3. Menetapkan berat jenis bulk, berat jenis bulk SSD, dan daya absorpsi pasir
4. Menetapkan berat jenis bulk, berat jenis bulk SSD, dan daya absorpsi kerikil
5. Menetapkan ketahanan kerikil terhadap keausan
6. Menetapkan berat volume dari pasir dan kerikil
7. Menetapkan presentase lumpur yang terkandung pada agregat halus
8. Menentukan zat organik yang terdapat pada agregat halus (pasir)
9. Menetapkan persentase air yang terkandung pada agregat kasar maupun halus.

2.5. Benda Uji

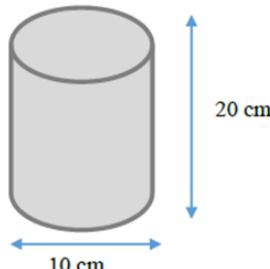
2.5.1. Jumlah Benda Uji

Tabel 1. Jumlah Benda Uji untuk Pengujian Kuat Tekan Beton

Variasi Curing Fly Ash (°C)	Jenis Curing	Waktu Pengujian (hari)	Jumlah Benda Uji
-	Suhu Ruangan	7	5
-	Suhu Ruangan	28	5
60	Oven	7	5
90	Oven	7	5
Variasi Curing Abu Sekam Padi (°C)	Jenis Curing	Waktu Pengujian (hari)	Jumlah Benda Uji
-	Suhu Ruangan	7	5
-	Suhu Ruangan	28	5
60	Oven	7	5
90	Oven	7	5

2.5.2.

2.5.3. Dimensi Benda Uji



Gambar 3. Dimensi Benda Uji Silinder

2.6. Concrete Mix Design

Untuk campuran komposisi beton geopolimer belum ada standar sampai saat ini, bila ingin mendapatkan campuran dengan karakteristik yang dinginkan sehingga perlu dilakukan trial mix, dan untuk trial mix dilakukan dengan mengacu pada komposisi campuran D. Hardjito dan B.V. Rangan dalam riset penelitiannya yang tertulis dalam buku *"Development and Properties of Low Calcium Fly Ash-Based Geopolymer Concrete"*.

Tabel 2. Komposisi Acuan Campuran Beton Geopolimer

Komposisi	Berat Jenis (Kg/m ³)	%
<i>Fly Ash</i>	476	17,27%
Agregat Halus (Pasir)	554	20,10%
Agregat Kasar (Kerikil)	1294	46,95%
NaOH (14 M)	120	4,35%
Na ₂ SiO ₃	300	10,88%
<i>Superplasticizer</i>	12,2	0,44%
Total	2756,2	100,00%

Trial mix ini dicoba hingga hasilnya memenuhi. Dari 5 kali trial mix pada penelitian ini menggunakan acuan mix design pada Tabel 3, didapatkan hasil pada beton geopolimer berbasis 90% *fly ash* dengan kuat tekan tertinggi adalah 25,23 MPa. Sedangkan sesuai dengan komposisi campuran tabel diatas, untuk beton geopolimer berbasis 90% abu sekam padi tidak membentuk suatu beton geopolimer. Oleh karena itu, peneliti membuat eksperimen I dengan menambahkan komposisi tambahan 80% alkali aktivatornya yang mengacu pada komposisi tabel diatas. Kemudian peneliti membuat eksperimen ke – II dengan menambahkan komposisi tambahan 50% alkali aktivatornya yang mengacu pada komposisi tabel diatas.

Tabel 3. Mix Design 90% Fly Ash

No.	Komposisi	Kg/m ³	Percentase
1	<i>Fly Ash</i>	428,4	15%
2	Semen	47,6	2%
3	Agregat Kasar (Pasir)	1294	45%
4	Agregat Halus (Kerikil)	554	19%
5	NaOH (14 M)	156	5%
6	Sodium Silikat (Na ₂ SiO ₃)	390	14%
7	<i>Superplasticizer</i>	15,86	0,5%
Total		2885,86	100%

Tabel 4. Mix Design 90% Abu Sekam Padi

No.	Komposisi	Kg/m ³	Percentase
1	<i>Fly Ash</i>	428,4	15%
2	Semen	47,6	2%
3	Agregat Kasar (Pasir)	1294	45%
4	Agregat Halus (Kerikil)	554	19%
5	NaOH (14 M)	156	5%
6	Sodium Silikat (Na ₂ SiO ₃)	390	14%
7	<i>Superplasticizer</i>	15,86	0,5%
Total		2885,86	100%

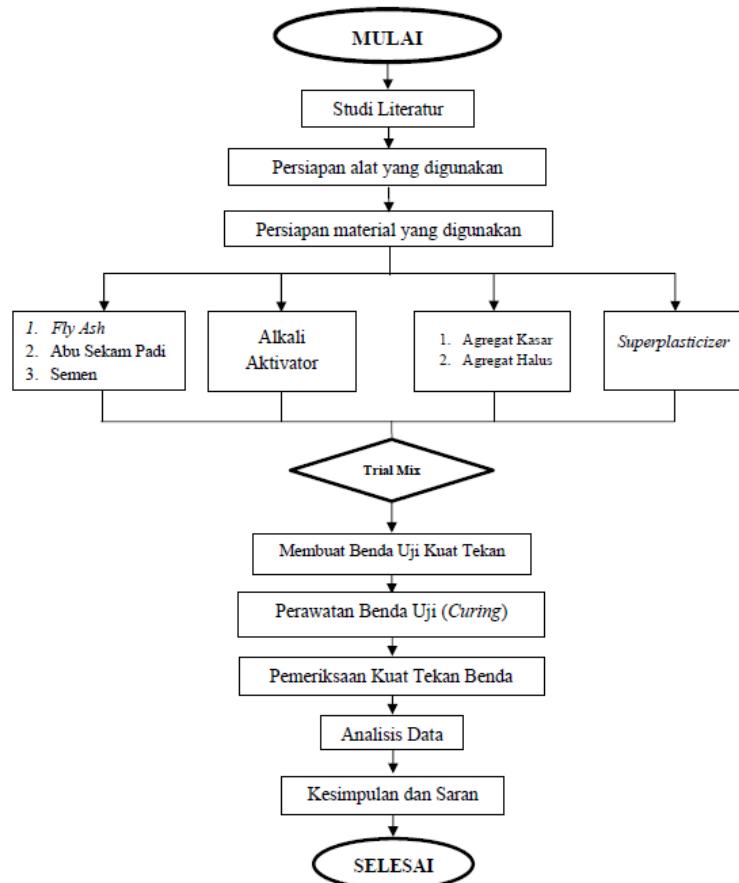
2.7. Langkah-langkah Penelitian

Langkah-langkah penelitian secara terstruktur diuraikan pada Tabel 5.

Tabel 5. Langkah-langkah Penggerjaan Benda Uji

No	Perawatan suhu oven	Perawatan suhu ruangan
1	Tahap pertama yaitu mempersiapkan alat dan bahan-bahan material	
2	Melakukan pemeriksaan karakteristik agregat kasar dan halus	
3	Merencanakan <i>trial mix</i> untuk mendapatkan <i>mix design</i> yang tepat	
4	Melakukan <i>trial mix</i> dengan <i>mix design</i> yang telah direncanakan	
5	Menetapkan <i>mix design</i> untuk pembuatan benda uji	
6.	Membuat sampel benda uji dengan memasukan bahan perekat (<i>fly ash</i> , abu sekam padi, semen) ke dalam	
7	Periksa nilai slump	
8	Memasukan campuran beton ke dalam cetakan benda uji berbentuk silinder. Sebelum memasukkan campuran	
9.	Cetakan dibiarkan selama 1 hari, keesokan harinya cetakan dilepas dan benda uji diperiksa berat volumenya.	Beton dibiarkan di suhu ruangan sampai umur beton mencapai 7 hari dan 28 hari.
10.	Masukkan benda uji ke dalam oven dalam suhu 60°C dan 90°C selama 24 jam untuk proses <i>curing</i>	Cetakan dibiarkan selama 1 hari, keesokan harinya cetakan dilepas dan benda uji diperiksa berat volumenya.
11	Mengeluarkan benda uji dari oven dan melepas cetakan benda uji	Melakukan pengujian kuat tekan terhadap benda uji
	Setelah 2 hari pelepasan cetakan benda uji, beton dibiarkan di suhu ruangan	Menganalisis data yang didapat dan menarik kesimpulan
12	sampai umur beton mencapai 7 hari	
13	Melakukan pengujian kuat tekan terhadap benda uji	
14	Menganalisis data yang didapat dan menarik kesimpulan	

2.8. Bagan Alir Penelitian



Gambar 4. Alur Penelitian

3. Kajian Literatur

3.1. Beton Geopolimer

Beton geopolimer memiliki silika dan alumina seperti pada *fly ash* dan abu sekam padi, yang bereaksi dengan cairan alkali untuk membuat pasta yang berfungsi mengikat agregat kasar, agregat halus dan bahan-bahan lain untuk dalam membuat beton geopolimer.

3.2. Fly Ash

Fly Ash atau Abu terbang merupakan sisa dari hasil pembakaran batu bara pada Pembangkit Listrik Tenaga Uap (PLTU). *Fly ash* yang dipake adalah kelas C yang disebut juga *high – calcium fly ash*.

3.3 Alkali Aktivator (Cairan Alkali)

Alkali Aktivator, berfungsi sebagai larutan pengikat pada pembuatan beton geopolimer. Na_2SiO_3 (Natrium Silikat) dan $NaOH$ (Natrium Hidroksida) digunakan sebagai larutan (Hardjito, dkk, 2004).

3.4 Superplasticizer

Superplasticizer merupakan bahan tambah aditif yang dicampurkan kedalam campuran beton dan telah terbukti meningkatkan kinerja beton hampir disemua aspeknya, yaitu kekuatan,

kemudahan penggeraan, keawetan dan kinerja lainnya dalam memenuhi tuntutan teknologi konstruksi modern (ASTM C494-82).

3.5 Agregat

Dalam Agregat ini terdapat 2 jenis yaitu, agregat kasar dan halus. Agregat kasar yaitu agregat yang butirannya memiliki ukuran lebih besar dari 4,75 mm. Agregat kasar selalu identik dengan sebutan kerikil ataupun batu pecah. Sedangkan agregat halus disebut pasir, berupa pasir alami yang diperoleh langsung dari sungai atau tanah galian, atau dari pemecahan batu.

3.6 Semen Portland

Semen *Portland* merupakan semen hidrolis yang dihasilkan dengan cara menggiling terak semen, terutama yang terdiri atas kalsium silikat yang bersifat hidrolis dan digiling bersama-sama dengan bahan tambahan berupa satu atau lebih bentuk kristal senyawa kalsium sulfat dan bisa ditambah dengan bahan tambahan.

3.7 Curing

Curing/perawatan pada beton dilakukan untuk mencegah beton segar tidak kehilangan air terlalu cepat agar supaya beton tidak cepat mengalami keretakan.

3.8 Slump Test

Pada pengujian slump cone ini alat yang digunakan terbalik sehingga diameter yang kecil diletakkan dibawah untuk mengetahui seberapa besar kemampuan campuran beton untuk mengisi rongga (filling ability).

3.9 Kuat Tekan

Kuat tekan beton adalah besarnya beban per satuan luas yang menyebabkan benda uji beton hancur bila dibebani dengan gaya tekan tertentu, yang dihasilkan oleh mesin tekan.

4. Hasil dan Pembahasan

4.1. Hasil Pengujian Fly Ash

Tabel 6. Persentase Komposisi Kimia Hasil Pengujian Fly Ash

Fly Ash PLTU Amurang						
Nama Unsur	As (%)	Ca (%)	Cd (%)	Cr (%)	Cu (%)	Fe (%)
Nilai	0,0545	21,5323	0,01132	0,01751	0,0072	48,4447
Nama Unsur	Ga (%)	Hg (%)	K (%)	Mn (%)	Pb (%)	Rb (%)
Nilai	0,00443	0,00254	1,02397	0,64231	0,02161	0,0222
Nama Unsur	S (%)	Sb (%)	Si (%)	Sr (%)	Ti (%)	Zn (%)
Nilai	5,61601	0,06742	21,2572	0,52263	0,73016	0,022

4.2. Berat Volume Beton

Dalam konteks konstruksi, kita sering menggunakan berat jenis beton untuk mengukur seberapa berat beton per satuan volume.

Tabel 7. Rata-rata Berat Volume Beton *Fly Ash* diberbagai Variasi Suhu

Nama Sampel	Variasi Curing Beton Berbasis <i>Fly Ash</i> (°C)	Berat Beton	Berat Volume Beton	Rata-Rata
		(Kg)	(Kg/m3)	(Kg/m3)
S1	Suhu Ruangan (7 Hari)	3,5617	2268,60	2265,35
S2		3,5484	2260,13	
S3		3,6028	2294,78	
S4		3,5518	2262,29	
S5		3,5183	2240,96	
S1	Suhu Ruangan (28 Hari)	3,7479	2387,20	2287,59
S2		3,535	2251,59	
S3		3,5177	2240,57	
S4		3,6324	2313,63	
S5		3,5246	2244,97	
S1	60 (7 Hari)	3,6473	2323,12	2297,22
S2		3,6154	2302,80	
S3		3,6253	2309,11	
S4		3,7611	2395,61	
S5		3,3841	2155,48	
S1	90 (7 Hari)	3,6035	2295,22	2244,57
S2		3,5961	2290,51	
S3		3,6186	2304,84	
S4		3,2721	2084,14	
S5		3,5296	2248,15	

Tabel 8. Rata-rata Berat Volume Beton Abu Sekam Padi diberbagai Variasi Suhu

Nama Sampel	Variasi Curing Beton Berbasis Abu Sekam Padi (°C)	Berat Beton	Berat Volume Beton	Rata-Rata
		(Kg)	(Kg/m3)	(Kg/m3)
S1	Suhu Ruangan (7 Hari)	2,9175	1858,28	1854,76
S2		2,7354	1742,29	
S3		3,0866	1965,99	
S4		3,0042	1913,50	
S5		2,8162	1793,76	
S1	Suhu Ruangan (28 Hari)	3,0496	1942,42	1937,96
S2		3,0139	1919,68	
S3		3,126	1991,08	
S4		3,0169	1921,59	
S5		3,0066	1915,03	
S1	60 (7 Hari)	2,9943	1907,20	1959,15
S2		3,0652	1952,36	
S3		3,1071	1979,04	
S4		3,1142	1983,57	
S5		3,0985	1973,57	
S1	90 (7 Hari)	3,1116	1981,91	1963,40
S2		3,0472	1940,89	
S3		3,106	1978,34	
S4		3,1315	1994,59	
S5		3,0164	1921,27	

4.3. Perbandingan Beton Geopolimer menggunakan Fly Ash dan Abu Sekam Padi

Perbandingan kuat tekan beton geopolimer menggunakan fly ash dan abu sekam padi ditunjukkan pada Tabel 9 dan Tabel 10.

5. Kesimpulan

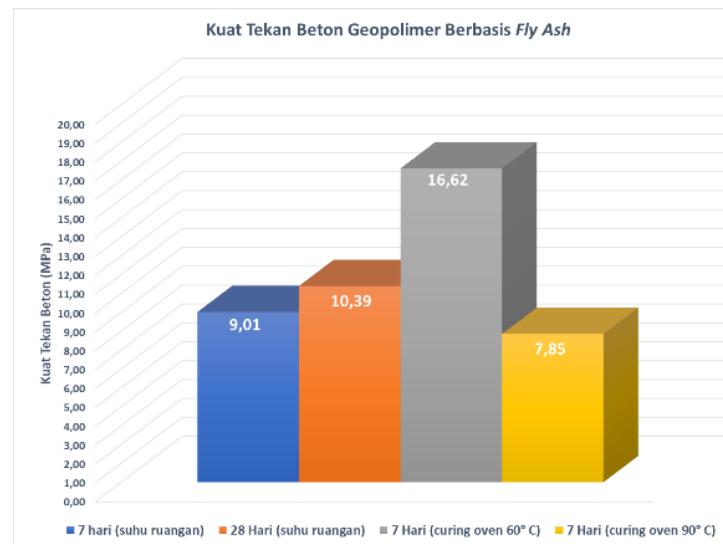
Berdasarkan data penelitian yang telah di analisa, dapat disimpulkan bahwa beton geopolimer berbasis *fly ash* itu jauh lebih baik dalam mengikat agregat-agregat dan material lainnya, jika dibandingkan dengan beton berbasis abu sekam padi yang memiliki daya ikat yang kurang baik dengan agregat serta material lainnya. Hal itu terlihat jelas dan detil pada kedua grafik, baik untuk beton geopolimer berbasis *fly ash* dan yang berbasis abu sekam padi, bahwa rata-rata nilai kuat tekan beton geopolimer berbasis *fly ash* 69% atau 7x lebih kuat dibandingkan dengan kuat tekan beton geopolimer berbasis abu sekam padi. Namun menariknya keduanya memiliki kesamaan, dimana pada suhu 60° C sama memiliki nilai kuat tekan tertinggi pada penelitian ini.

Tabel 9. Hasil Pengujian Kuat Tekan Beton Geopolimlar Berbasis *Fly Ash*

Fly Ash (suhu ruangan)				
Nama Sampel	Umur Beton	Berat Beton	Kuat Tekan	Rata-Rata
	(Hari)	(g)	(Mpa)	(Mpa)
S1	7	3561,7	8	9,01
S2	7	3548,4	8,18	
S3	7	3602,8	9,72	
S4	7	3551,8	9,51	
S5	7	3518,3	8,81	
Fly Ash (suhu ruangan)				
Nama Sampel	Umur Beton	Berat Beton	Kuat Tekan	Rata-Rata
	(Hari)	(g)	(Mpa)	(Mpa)
S1	28	3747,9	12,5	10,39
S2	28	3535	10,58	
S3	28	3517,7	8,9	
S4	28	3632,4	11,38	
S5	28	3524,6	7,1	
Fly Ash (curing oven 60 °C)				
Nama Sampel	Umur Beton	Berat Beton	Kuat Tekan	Rata-Rata
	(Hari)	(g)	(Mpa)	(Mpa)
S1	7	3647,3	19,72	16,62
S2	7	3615,4	16,43	
S3	7	3625,3	20,41	
S4	7	3761,1	13,42	
S5	7	3384,1	9,9	
Fly Ash (curing oven 90 °C)				
Nama Sampel	Umur Beton	Berat Beton	Kuat Tekan	Rata-Rata
	(Hari)	(g)	(Mpa)	(Mpa)
S1	7	3603,5	10,03	7,85
S2	7	3596,1	9,33	
S3	7	3618,6	9,62	
S4	7	3272,1	3,09	
S5	7	3529,6	8,94	

Tabel 10. Hasil Pengujian Kuat Tekan Beton Geopolimer Berbasis Abu Sekam Padi

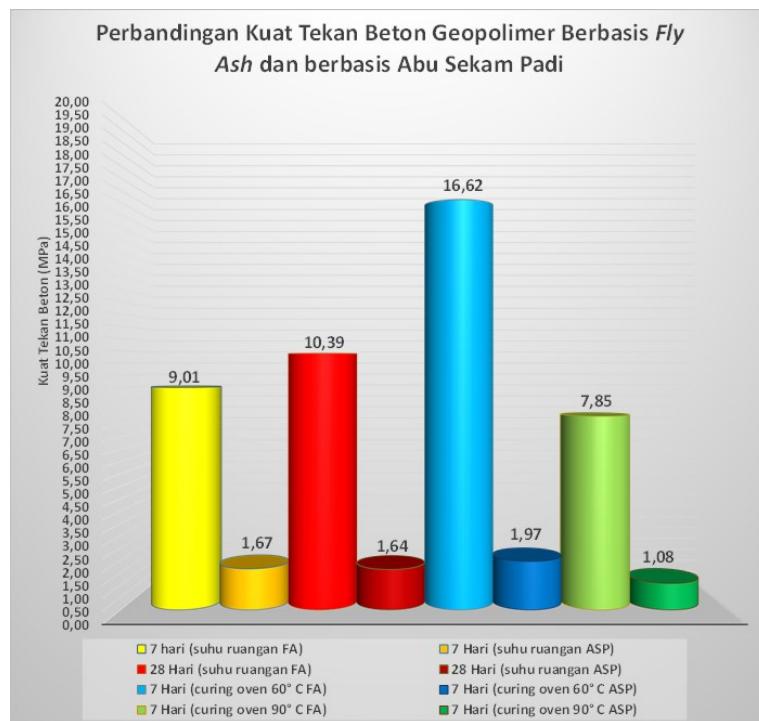
Abu Sekam Padi (suhu ruangan)				
Nama Sampel	Umur Beton	Berat Beton	Kuat Tekan	Rata-Rata
	(Hari)	(g)	(Mpa)	(Mpa)
S1	7	2917,5	1,57	1,67
S2	7	2735,4	1,45	
S3	7	3086,6	1,87	
S4	7	3004,2	2,02	
S5	7	2816,2	1,22	
Abu Sekam Padi (suhu ruangan)				
Nama Sampel	Umur Beton	Berat Beton	Kuat Tekan	Rata-Rata
	(Hari)	(g)	(Mpa)	(Mpa)
S1	28	3049,6	1,65	1,64
S2	28	3013,9	1,8	
S3	28	3126	1,85	
S4	28	3016,9	1,75	
S5	28	3006,6	1,37	
Abu Sekam Padi (curing oven 60 °C)				
Nama Sampel	Umur Beton	Berat Beton	Kuat Tekan	Rata-Rata
	(Hari)	(g)	(Mpa)	(Mpa)
S1	7	2994,3	1,82	1,97
S2	7	3065,2	2,1	
S3	7	3107,1	2	
S4	7	3114,2	1,97	
S5	7	3098,5	1,96	
Abu Sekam Padi (curing oven 90 °C)				
Nama Sampel	Umur Beton	Berat Beton	Kuat Tekan	Rata-Rata
	(Hari)	(g)	(Mpa)	(Mpa)
S1	7	3111,6	1,19	1,08
S2	7	3047,2	1,07	
S3	7	3106	1,05	
S4	7	3131,5	1,06	
S5	7	3016,4	1	



Gambar 5. Kuat Tekan Beton Geopolimer Berbasis *Fly Ash*



Gambar 6. Kuat Tekan Beton Geopolimer Berbasis Abu Sekam Padi



Gambar 7. Perbandingan Kuat Tekan Beton Geopolimer

Referensi

- Badan Standardisasi Nasional. 2011. SNI 1974:2011. *Cara Uji Kuat Tekan Beton dengan Benda Uji Silinder*, Badan Standardisasi Nasional, Jakarta.
- Badan Standarisasi Nasional. 2004. SNI 15-2049-2004. *Semen Portland*, Badan Standarisasi Nasional, Jakarta.
- Chandra, D., Firdaus. 2022. *Analisa Pengaruh Kehalusan Fly Ash Batubara Terhadap Mutu Beton Geopolymer Dari Limbah B3 Dengan Aktivator Potassium*. Jurnal Rekayasa (2022) Vol. 12, No. 01. 101 – 117.
- Khalfah, A. A., & Jafar. 2024. *Pengaruh Abu Sekam Padi Sebagai Substitusi Fly Ash Terhadap Sifat Mekanik Beton Geopolimer*. Jurnal Arsip Sipil Rekayasa dan Perencanaan E ISSN : 2615-1340; P-ISSN: 2620-7567.
- Kullit, V. I., Wallah, S. E., Tamboto, W. J., & Pandaleke, R. 2013. *Pengaruh variasi suhu pada perawatan elevated temperature terhadap kuat tekan dan kuat tarik belah beton*. Jurnal Sipil Statik Vol.1 No.7, Juni 2013 (473-478) ISSN: 2337-6732.
- Manuahe, R., Sumajouw, M. D., & Windah, R. S. 2014. *Kuat Tekan Beton Geopolymer Berbahan Dasar Abu Terbang (Fly Ash)*. Jurnal Sipil Statik Vol.2 No.6, September 2014 (277-282) ISSN: 2337-6732.
- Gandina, Y., Djoko, Setiyarto. 2020. *Studi Eksperimental Beton Geopolimer Dengan Memanfaatkan Fly Ash Sebagai Pengganti Semen Dan Serat Mat Sebagai Aditif*. Civil Engineering Research Journal Vol. 1 No. 1 Edisi April 2020.
- Hardjito, D., Rangan, B. V. 2005. *Development And Properties Of Low-Calcium Fly Ash-Based Geopolymer Concrete*. Research Report GC 1, Faculty of Engineering, Curtin University of Technology, Perth, Australia, 2005.
- Rantung, J. T. C., Kumaat, E. J., Mondoringin, M. R. I. A. J. 2022. *Evaluasi Kuat Tekan Dan Kuat Tarik Beton Dengan 3 Type Semen Yang Berbeda*. TEKNO – Volume 20 Nomor 80 – April 2022. ISSN: 0215-9617.
- Sandya, Y., Prihantono, Musalamah, S. 2019. *Penggunaan Abu Sekam Padi Sebagai Pengganti Semen Pada Beton Geopolimer*. Educ. Build. J. Pendidik. Tek. Bangunan dan Sipil, Vo.l. 5, No.2, Desember 2019: 59-63, ISSN-E : 2477-4901, ISSN-P: 2477-4898.
- Soentpiet, B., Wallah, S. E., & Manalip, H. 2018. *Modulus Elastisitas Beton Geopolimer Berbasis Fly Ash Dari PLTU Amurang*. Jurnal Sipil Statik Vol. 6 No. 7 Juli 2018 (517-526) ISSN : 2337-6732.
- Untu, E. U., Kumaat, E. J., & Windah, R.S. 2015. *Pengujian Kuat Tarik Belah Dengan Variasi Kuat Tekan Beton*. Jurnal Sipil Statik Vol.3 No.10 Oktober 2015 (703-708) ISSN: 2337-6732.
- Tambingon, F. R., Sumajouw, M. D., & Wallah, S. E. 2018. *Kuat Tekan Beton Geopolymer Dengan Perawatan Temperatur Ruangan*. Jurnal Sipil Statik Vol.6 No.9 September 2018 (641-648) ISSN: 2337-6732.