

KUAT TEKAN DAN KUAT TARIK BELAH BETON GEOPOLYMER BERBASIS ABU VULKANIK

Giano N. O. Takapente

Steenie E. Wallah, H. Manalip

Fakultas Teknik Jurusan Sipil Universitas Sam Ratulangi Manado

Email: nethanielgiano@gmail.com

ABSTRAK

Sampai saat ini beton menjadi keunggulan tersendiri dalam berbagai pembangunan, dapat dilihat dari campuran beton yang terdiri dari agregat kasar, agregat halus, dan Semen Portland yang bisa dengan mudah didapatkan untuk membangun berbagai infrastruktur yang ada, dan dapat dilihat kebutuhan material ini juga terus meningkat dari tahun ke tahun seiring meningkatnya kebutuhan sarana dan prasarana manusia. Tapi tanpa disadari dalam proses produksi Semen Portland terjadi pelepasan karbon dioksida (CO_2) ke atmosfer, yang sebanding dengan jumlah semen yang diproduksi, Hal ini tentu dapat merusak lingkungan.

Untuk itu perlu adanya material pengganti yang bisa mencegah efek buruk dari produksi Semen Portland tersebut yang dapat merusak lingkungan. Beton Geopolymer menjadi salah satu alternatif yang baik untuk mencegah masalah yang diakibatkan oleh penggunaan Semen yang kurang ramah lingkungan dalam proses produksinya. Dalam penelitian kali ini beton geopolymer dibuat tanpa menggunakan Semen sebagai bahan pengikat, dan sebagai pengganti digunakan Abu Vulkanik (AV) yang mengandung Silika (SiO_2) relatif tinggi yang dapat bereaksi dengan cairan alkalin untuk menghasilkan bahan pengikat (binder).

Pada penelitian ini dilakukan dua pengujian yaitu kuat tekan dengan metode pengujian berdasarkan SNI 1974:2011 dan kuat tarik dengan metode pengujian berdasarkan SNI 03- 2491-2002 belah yang di uji pada umur 7 dan 28 hari. Material yang digunakan adalah Abu Vulkanik (AV) dari Gunung Soputan yang berasal dari Sulawesi Utara, sodium silikat, sodium hidroksida dengan konsentrasi 14M, dan Superplasticizer SikaCim dan benda uji yang digunakan adalah ukuran 10/20 cm, dengan metode curing time 24 jam menggunakan oven pada suhu 60°C, 90°C, 110°C. Untuk hasil kuat tekan dan kuat tarik belah curing temperature 60°C dan 90°C tidak ada hasil dikarenakan beton belum mengeras pada kondisi suhu 60°C dan 90°C.

Dari semua hasil pengujian hanya di dapat hasil pengujian kuat tekan dan kuat tarik belah pada curing temperature 110°C dengan, nilai rata-rata kuat tekan beton umur 7 hari 10.8725 MPa, kuat tekan beton umur 28 hari 12.4025 MPa dan kuat tarik belah beton umur 28 hari sebesar 1.795 MPa.

Kata kunci : beton geopolymer, abu vulkanik, kuat tekan, kuat tarik belah

PENDAHULUAN

Latar Belakang

Dari tahun ke tahun beton menjadi bahan bangunan yang banyak digunakan dalam pembangunan konstruksi, seperti: gedung, jembatan, jalan raya, dibawah tanah seperti pondasi. Menurut Metha (1997) konsumsi dunia untuk beton sekitar 8,8 juta ton setiap tahun, dan kebutuhan material ini akan meningkat dari tahun ke tahun sejalan dengan meningkatnya kebutuhan sarana dan prasarana dasar manusia. Beton juga dapat dibuat dengan berbagai macam bentuk dan mutu yang berbeda sesuai dengan kebutuhan di lapangan. Namun semakin banyak pembangunan yang dilakukan maka semakin

banyak pula semen yang diperlukan, dalam hal ini tanpa kita sadari pada saat produksi semen terjadi pelepasan gas karbondioksida (CO_2) ke udara yang sebanding dengan jumlah semen yang di produksi (Davidovits, 1994), yang dapat merusak lingkungan hidup kita diantaranya pemanasan global.

Demi menanggulangi masalah pemanasan global yang diperkirakan akan semakin meningkat tiap tahunnya, maka kita perlu mencari bahan alternatif lain yang bisa menggantikan semen dalam campuran beton untuk memperoleh beton yang ramah akan lingkungan. Telah banyak penelitian yang dilakukan dalam upaya untuk mengurangi penggunaan semen dan bahan alam pada

pembuatan beton sehingga menghasilkan beton yang ramah lingkungan. Salah satu jalan untuk mendapatkan beton ramah lingkungan adalah dengan menggunakan bahan alternatif seperti bahan polimer sebagai binder pengganti sebagian atau keseluruhan semen.

Dalam hal ini ialah melalui pengembangan beton dengan menggunakan bahan pengikat anorganik seperti alumina-silikat polymer atau dikenal dengan Geopolymer. Bahan polimer kini mulai banyak dikembangkan, kinerja dan perilaku beton berbahan binder polimer berbeda dengan binder semen portland. Material beton normal yang dikombinasikan dengan bahan polimer akan menghasilkan sifat fisis dan mekanis yang baik pada beton sehingga memberikan harapan bagi aplikasinya pada desain struktural (Ohama dan Kumagai, 2006). Dan pada penelitian ini, bahan utama dari Geopolymer dibuat dari abu vulkanik Gunung Soputan. Dikarenakan di Sulawesi Utara juga ada ketersediaan abu vulkanik yang dihasilkan dari letusan Gunung Soputan.

Rumusan Masalah

Berdasarkan latar belakang di atas penulis melakukan penelitian tentang pemanfaatan abu vulkanik dari gunung Soputan sebagai pembuatan beton geopolymer serta penulis tertarik untuk mengetahui kuat tekan dan kuat tarik beton yang dihasilkan dari pemanfaatan abu vulkanik gunung soputan sebagai beton geopolymer

Batasan Masalah

Batasan masalah yang digunakan dalam penelitian ini adalah:

1. Material pembentuk beton geopolymer :
 - a. Abu vulkanik berasal dari Gunung Soputan yang berada di Sulawesi Utara.
 - b. Cairan Alkalin yaitu kombinasi cairan:
 - Sodium Silikat (Na_2SiO_3)
 - Sodium Hidroksida (NaOH)
 - c. Cairan Alkalin dengan kombinasi (Na_2SiO_3) dan (NaOH) digunakan konsentrasi 14 M
 - d. Superplasticizer merek SikaCim
 - e. Agregat kasar yang di gunakan yaitu batu pecah yang berasal dari Kema.
 - f. Agregat halus yang di gunakan yaitu pasir yang berasal dari Girian.
 - g. Air yang digunakan adalah air yang berasal dari Sumur Fakultas Teknik UNSRAT.

2. Benda uji yang digunakan adalah silinder ukuran 10/20 dengan jumlah sampel 28 buah silinder beton dengan satu komposisi.
3. Perawatan benda uji menggunakan oven dengan Curing Temperature 60°C , 90°C , 110°C dan Curing Time selama 24 jam.
4. Pemeriksaan kuat tekan beton dilakukan pada umur 7 hari dan 28 hari.
5. Pemeriksaan kuat tarik belah di lakukan pada umur 28 hari.

Tujuan Penelitian

Tujuan penelitian ini adalah untuk mengetahui sejauhmana nilai kuat tekan dan kuat tarik belah dari beton Geopolymer umur 7 hari dan 28 hari yang menggunakan bahan dasar Abu vulkanik yang berasal dari Gunung Soputan yang berada di Sulawesi Utara.

Manfaat Penelitian

1. Memperoleh informasi mengenai kuat tekan dan kuat tarik belah pada beton geopolymer dengan pemanfaatan Abu Vulkanik (AV) dari Gunung Soputan yg berada di Sulawesi Utara.
2. Hasil penelitian ini akan menjadi salah satu sumber informasi mengenai pembuatan beton Geopolymer berbasis abu vulkanik.
3. Diharapkan dengan adanya penelitian ini dapat mengurangi pelepasan gas karbondioksida (CO_2) ke udara sehingga mengurangi pemanasan global
4. Diharapkan Abu Vulkanik dari letusan Gunung Soputan boleh digunakan dan menghasilkan manfaat ekonomi.

LANDASAN TEORI

Beton geopolymer merupakan material ramah lingkungan yang dikembangkan sebagai alternatif pengganti beton semen di masa mendatang. Geopolymer adalah campuran beton yang dimana penggunaan material semen Portland sebagai bahan pengikat digantikan oleh bahan lain seperti abu terbang (fly ash), abu kulit padi, AV (abu vulkanik), dan bahan-bahan lain yang mengandung silika dan aluminium (Davidovits, 1997).

Material Pembentuk Beton Geopolymer *Abu Vulkanik (A.V)*

Abu vulkanik bukan merupakan produk pembakaran seperti abu terbang yang lunak dan halus seperti hasil pembakaran kayu, daun atau kertas. Abu vulkanik memiliki sifat sangat keras

dan tidak larut di dalam air sehingga seringkali sangat abrasif dan sedikit korosif serta mampu menghantarkan listrik ketika dalam keadaan basah (Bayuseno, 2010).

Beton geopolymer berbasis abu terbang ini dibuat dengan menggunakan bahan dasar abu vulkanik yang menurut kategori ASTM berada pada kelas N dan termasuk juga pada kelas F.

Abu vulkanik ini adalah jenis *Pozzolan* alam, dimana *Pozzolan* alam adalah bahan alam yang merupakan sedimentasi dari abu atau lava gunung berapi yang mengandung silika aktif, yang bila dicampur dengan kapur padam akan mengadakan proses sementasi. *Pozzolan* alam mempunyai mutu, bentuk serta warna yang berbeda-beda antara satu tempat dengan tempat yang lainnya

Cairan Alkalin (Alkaline Activators)

Cairan alkalin yang digunakan adalah kombinasi dari sodium hidroksida (NaOH) dan sodium silikat (Na₂SiO₃). Sodium hidroksida berfungsi untuk mereaksikan unsur-unsur Al dan Si yang terkandung dalam abu terbang sehingga dapat menghasilkan ikatan polimer yang kuat, sedangkan sodium silikat berfungsi untuk mempercepat reaksi polimerisasi.

Cairan sodium silikat terdiri atas Na₂O = 14,7%, SiO₂ = 29,4%, dan air = 55,9% terhadap berat cairan. Cairan alkalin dicampur satu hari sebelum cairan itu digunakan (Sumajouw dan Dapas, 2013).

Superplastisizer

Superplastisizer adalah bahan tambahan yang berfungsi untuk mengurangi jumlah air pencampur yang diperlukan untuk menghasilkan beton dengan konsistensi tertentu. Kadar pengurangan air dalam bahan ini lebih tinggi sehingga diharapkan kekuatan beton yang dihasilkan lebih tinggi dengan air yang sedikit, tetapi tingkat kemudahan pekerjaan juga lebih tinggi. Superplastisizer merupakan bahan tambahan yang berfungsi untuk meningkatkan workability dari beton geopolymer segar (Hardjito dan Rangan, 2005).

Agregat Kasar

Agregat disebut agregat apabila ukurannya sudah melebihi ¼ in. (6 mm). Menurut ASTM C.33 agregat kasar tidak boleh bersifat reaktif terhadap alkali jika dipakai untuk beton yang berhubungan dengan basah dan lembab atau yang berhubungan dengan bahan yang bersifat reaktif terhadap alkali semen, dimana peng-

gunaan semen yang mengandung natrium oksida tidak lebih dari 0.6 %. Sifat agregat kasar mempengaruhi kekuatan akhir beton keras dan daya tahannya terhadap disintegrasi beton, cuaca, dan efek-efek perusak lainnya. Agregat kasar mineral ini harus bersih dari bahan-bahan organik, dan harus mempunyai ikatan yang baik dengan gel semen (Mulyono, 2003).

Agregat Halus

Agregat Halus ialah agregat yang semua butirnya menembus ayakan berlubang 4.8 mm (SII.0052, 1980) atau 4.75 mm (ASTM C33, 1982) atau 5.0 mm (BS812, 1976) (Tri Mulyono, 2003). Agregat halus merupakan pengisi yang berupa pasir, Ukurannya bervariasi antara ukuran No. 4 dan No. 100 saringan standar Amerika (Nawy, 1998). Agregat halus yang baik harus bebas bahan organik, lempung partikel yang lebih kecil dari saringan No. 100, atau bahan-bahan lain yang dapat merusak campuran beton. Variasi ukuran dalam suatu campuran harus mempunyai gradasi yang baik, yang sesuai dengan standar analisis saringan dari ASTM (American Society of Testing and Materials)

Berat Volume Beton

Berat Volum beton adalah perbandingan antara berat beton terhadap volumenya. Berat volume beton bergantung pada berat volume agregat yang membentuk beton tersebut.

Beberapa klasifikasi berat jenis beton yang telah dikenal dan digunakan sebagai standar dalam pekerjaan konstruksi beton.

Tabel 1. Klasifikasi Berat Jenis Beton Menurut Federation Internationale Precontrainte (FIP) (Press University Survey, 1983)

Jenis Beton	Berat Volume (kg/m ³)
Beton Ringan	< 2000
Beton Normal	2000-3000
Beton Berat	> 3000

Tabel 2. Klasifikasi Berat Jenis Beton berdasarkan SNI (Depertemen PU, 1990)

Jenis Beton	Berat Volume (kg/m ³)
Beton Ringan	< 2000
Beton Normal	2000-3000

Tabel 3. Klasifikasi Berat Jenis Beton Menurut American Concrete Institute (ACI) (Mindes Sidney Cs, 1981

Jenis Beton	Berat Volume (kg/m ³)
Beton Ultra Ringan	300 - 1100
Beton Ringan	1100 - 1600
Beton Ringan Struktural	1450 - 1900
Beton Berbobot Normal	2100 - 2550
Beton Berbobot Berat	2900 - 6100

Kuat Tekan Beton

Kuat tekan merupakan salah satu kinerja utama beton. Kekuatan tekan adalah kemampuan beton untuk menerima gaya tekan persatuan luas. Walaupun dalam beton terdapat tegangan tarik yang kecil, diasumsikan bahwa semua tegangan tekan didukung oleh beton tersebut (Mulyono, 2003). Penentuan kekuatan tekan dapat dilakukan dengan menggunakan benda uji berbentuk kubus/silinder. Nilai kuat tekan beton dapat di hitung dengan persamaan berikut (SNI 1974-2011)

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

dimana:

- f^c = Kuat Tekan Beton (MPa)
- P = Gaya tekan aksial (N)
- A = luas penampang melintang benda uji (mm²)

Kuat Tarik Belah Beton

Benda uji yang digunakan adalah benda uji silinder, dikerjakan secara merata dalam arah diameter sepanjang benda uji. Benda uji akan terbelah dua pada saat kekuatan tarik belah tercapai.

Kekuatan tarik belah dapat di hitung dengan rumus sebagai berikut (SNI 03- 2491-2002)

$$f_{ct} = \frac{2P}{\pi LD}$$

dimana:

- f_{ct} = Kuat tarik belah beton (MPa)
- P = Beban uji maksimum (N)
- L = Panjang benda uji (mm)
- D = Diameter benda uji (mm)
- π = Phi (22/7)

METODOLOGI PENELITIAN

Lokasi Penelitian

Penelitian ini merupakan penelitian yang bersifat eksperimental, yang dilaksanakan di

Laboratorium Rekayasa Material Fakultas Teknik Universitas Sam Ratulangi.

Tahapan Penelitian

Tahap-tahap pelaksanaan penelitian adalah sebagai berikut:

1. Studi Literatur
2. Persiapan alat dan bahan yang digunakan
3. Pemeriksaan sifat-sifat material
4. Trial Mix
5. Membuat Proporsi Campuran Rencana
6. Membuat Benda Uji
7. Perawatan benda uji
8. Pengujian Kuat Tekan dan Kuat Tarik Belah
9. Menganalisis data
10. Membuat Kesimpulan dan Saran

Komposisi Campuran

Komposisi campuran dengan perawatan (curing) oven selama 24 jam dengan memvariasikan suhu mulai dari 60°C, 90°C, dan 110°C

Tabel 4. Komposisi Campuran Beton Geopolymer

Material	Berat (kg/m ³)
Agregat Kasar (Batu Pecah)	1294
Agregat Halus (Pasir Halus)	554
Abu Vulkanik (AV)	476
Sodium Hidroksida (NaOH) 14 m	118
Sodium Silikat (Na ₂ SiO ₃)	293
Superplasticizer	12

HASIL DAN PEMBAHASAN

Hasil Pemeriksaan Material agregat kasar dan agregat halus diperlihatkan pada Tabel 5. dan Tabel 6.

Agregat Kasar (Batu Pecah/kerikil) berasal dari Kema. Sedang Agregat Halus (Pasir) berasal dari Girian

Tabel 5. Hasil Pengujian Agregat Kasar

Pemeriksaan	Hasil	Standar Pengujian yang digunakan
Modulus kehalusan butir	2.027	ASTM C 136 - 01
Berat Jenis Kering	2.68	SNI 1969 - 2008
Berat jenis SSD	2.72	
Absorpsi Maksimum	1.47%	SNI 1971 - 2011
Kadar air	1.30%	
Berat Volume		SNI 03-4804-1998
> Cara Pemadatan	1408 gr/cm ³	
> Cara Gembur	1288 gr/cm ³	
Keausan	18.58%	SNI 03-2417 -1991

Tabel 6. Hasil Pengujian Agregat Halus

Pemeriksaan	Hasil	Standar Pengujian yang digunakan
Modulus kehalusan butir	3.396	ASTM C 136 - 01
Berat Jenis Kering	2.04	SNI 1970 - 2008
Berat jenis SSD	2.29	
Absorpsi Maksimum	11.92%	SNI 1971 - 2011
Kadar air	6.29%	
Berat Volume		SNI 03-4804-1998
> Cara Pematatan	1243 gr/cm ³	
> Cara Gembur	1172 gr/cm ³	
Kadar Lumpur	0.24%	ASTM C117-2012
Zat Organik	Warna No.1	SNI 2816-2014

Beberapa Hasil Pengujian Trial Mix yang dilakukan

Tabel 7. Hasil Pengujian Trial Mix Untuk Proporsi 2

Material	kg/m ³	Jumlah Benda Uji	Curing Time (Jam)	Suhu Oven (°C)	Umur Benda Uji (Hari)	Hasil Kuat Tekan (MPa)
Kerikil	1294	4	24	90°C	7	GAGAL
Pasir	554					
A.V	476					
NaOH 14 M	130					
Na ₂ SiO ₃	310					
Superplasticizer	0.0					

Tabel 8. Hasil Pengujian Trial Mix Untuk Proporsi 4

Material	kg/m ³	Jumlah Benda Uji	Curing Time (Jam)	Suhu Oven (°C)	Umur Benda Uji (Hari)	Hasil Kuat Tekan (MPa)
Kerikil	1295	2	24	90°C	7	1.13
Pasir	555					1.14
A.V	476					
NaOH 14 M	127	2	48	90°C	7	1.77
Na ₂ SiO ₃	217					2.06
Superplasticizer	0.0					

Tabel 9. Hasil Pengujian Trial Mix Untuk Proporsi 5

Material	kg/m ³	Jumlah Benda Uji	Curing Time (Jam)	Suhu Oven (°C)	Umur Benda Uji (Hari)	Hasil Kuat Tekan (MPa)
Kerikil	1295	2	24	110°C	7	4.39
Pasir	555					
A.V	476					
NaOH 14 M	130	2	48	110°C	7	6.73
Na ₂ SiO ₃	300					
Superplasticizer	0.0					

Tabel 10. Hasil Pengujian Trial Mix Untuk Proporsi 7

Material	kg/m ³	Jumlah Benda Uji	Curing Time (Jam)	Suhu Oven (°C)	Umur Benda Uji (Hari)	Hasil Kuat Tekan (MPa)
Kerikil	1295	2	24	110°C	7	14.25
Pasir	555					
A.V	450					
NaOH 14 M	125					14.78
Na ₂ SiO ₃	220					
Superplasticizer	0.0					

Tabel 11. Hasil Pengujian Trial Mix Untuk Proporsi 9

Material	kg/m ³	Jumlah Benda Uji	Curing Time (Jam)	Suhu Oven (°C)	Umur Benda Uji (Hari)	Hasil Kuat Tekan (MPa)
Kerikil	1295	2	24	110°C	7	16.74
Pasir	555					
A.V	476					
NaOH 14 M	105					17.06
Na ₂ SiO ₃	280					
Superplasticizer	10.0					

Tabel 12. Hasil Pengujian Trial Mix Untuk Proporsi 10

Material	kg/m ³	Jumlah Benda Uji	Curing Time (Jam)	Suhu Oven (°C)	Umur Benda Uji (Hari)	Hasil Kuat Tekan (MPa)
Kerikil	1294	2	24	110°C	7	16.18
Pasir	554					
A.V	476					
NaOH 14 M	118					18.35
Na ₂ SiO ₃	293					
Superplasticizer	12					

Adapun presentase material yang digunakan untuk beton geopolymer dapat dilihat pada Tabel 13. sebagai berikut:

Tabel 13. Persentasi Beberapa Komposisi Campuran Beton Geopolymer

	Komposisi Dalam Persen (%) Dari beberapa Proporsi						Rata-rata
	Prop 2	Prop 4	Prop 5	Prop 7	Prop 9	Prop 10	
Kerikil	46.82	48.50	46.99	48.96	47.59	47.11	47.66
Pasir	20.04	20.79	20.14	20.98	20.40	20.17	20.42
A. V.	17.22	17.83	17.27	17.01	17.49	17.33	17.36
NaOH 14 M	4.70	4.76	4.72	4.73	3.86	4.30	4.51
Na ₂ SiO ₃	11.22	8.13	10.89	8.32	10.29	10.67	9.92
Superplasticizer	0.00	0.00	0.00	0.00	0.37	0.44	0.13

Dapat dilihat dari penggunaan material agregat kasar dan agregat halus pada beton geopolymer, tidak jauh berbeda dari beton pada umumnya/beton konvensional. Dimana penggunaan pada komposisi agregat tersebut berkisar 60% - 75% dari berat campuran beton dan sisanya adalah sebagai pasta semen atau sebagai pengikat.

Nilai Slump

Hasil pengujian nilai slump beton Geopolymer diperlihatkan pada Tabel 14. sebagai berikut

Tabel 14. Nilai Slump

Campuran	Jumlah Benda Uji	Curing Time (Jam)	Curing Temperature (°C)	Nilai Slump (mm)
1	12	24	110 °C	190
2	8		90 °C	185
3	8		60 °C	185

Berat Volume Beton Geopolymer

Hasil pengujian berat volume beton Geopolymer diperlihatkan pada Tabel 15. dibawah ini sebagai berikut :

Tabel 15. Berat Volume Beton pada Umur 7 Hari dengan Curing Time 24 jam pada Suhu 110°C untuk Uji Kuat Tekan

No	Berat (kg)	Volume benda uji (m ³)	Berat Volume (kg/m ³)	Berat Volume Rata-rata (kg/m ³)
1	3.390	0.00157	2159.2	2129
2	3.370	0.00157	2146.5	
3	3.310	0.00157	2108.3	
4	3.300	0.00157	2101.9	

Tabel 16. Berat Volume Beton pada Umur 28 Hari dengan Curing Time 24 jam pada Suhu 110°C untuk Uji Kuat Tekan

No	Berat (kg)	Volume benda uji (m ³)	Berat Volume (kg/m ³)	Berat Volume Rata-rata (kg/m ³)
1	3.341	0.00157	2128.0	2160
2	3.422	0.00157	2179.6	
3	3.404	0.00157	2168.2	
4	3.397	0.00157	2163.7	

Tabel 17. Berat Volume Beton pada Umur 28 Hari dengan Curing Time 24 jam pada Suhu 110°C Untuk Uji Kuat Tarik Belah

No	Berat (kg)	Volume benda uji (m ³)	Berat Volume (kg/m ³)	Berat Volume Rata-rata (kg/m ³)
1	3.331	0.00157	2121.7	2126
2	3.366	0.00157	2143.9	
3	3.299	0.00157	2101.3	
4	3.356	0.00157	2137.6	

Kuat Tekan Beton Geopolymer

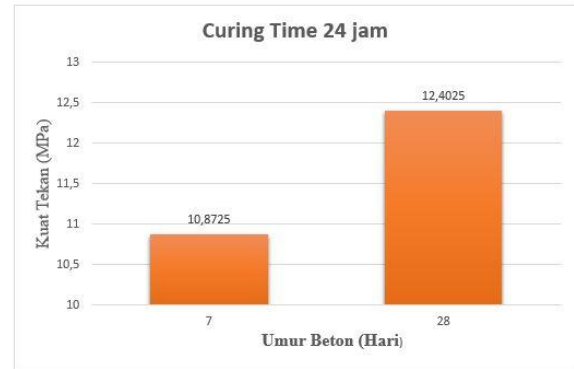
Pengujian kuat tekan menggunakan Silinder 10/20 cm. Untuk nilai kuat tekan umur 7 dan 28 hari yang didapat pada pengujian ini bisa dilihat pada tabel dibawah ini (SNI 1974:2011).

Tabel 18. Kuat Tekan Beton Umur 7 hari dengan Curing Time 24 jam pada suhu 110°C

No	Berat (Kg)	Kuat Tekan Beton (MPa)	Kuat Tekan Rata-rata (MPa)
1	3.390	11.59	10.8725
2	3.370	12	
3	3.310	10.45	
4	3.300	9.45	

Tabel 19. Kuat Tekan Beton Umur 28 hari dengan Curing Time 24 jam pada suhu 110°C

No	Berat (kg)	Kuat Tekan Beton (MPa)	Kuat Tekan Rata-rata (MPa)
1	3.341	10.35	12.4025
2	3.422	10.82	
3	3.404	14.34	
4	3.397	14.10	



Gambar 1. Diagram Perbandingan Umur Beton dan Kuat Tekan Beton Geopolymer

Kuat Tarik Belah Beton Geopolymer

Pengujian kuat tarik belah dengan cara uji tarik belah (*splitting test*) dengan mengambil standar pengujian berdasarkan (SNI 03-2491-2002) dilakukan pada saat beton berumur 28 hari. Nilai kuat tekan dan kuat tarik bahan beton tidak berbanding lurus, Suatu perkiraan kasar dapat dipakai, bahwa kuat tarik bahan beton normal hanya berkisar antara 9-15% dari kuat tekannya (Dipohusodo, 1996).

Tabel 20. Kuat Tarik Belah Beton Pada Umur 28 Hari dengan Curing Time 24 jam pada suhu 110°C

No	Berat (Kg)	Kuat Tarik Belah Beton (MPa)	Kuat Tarik Belah Rata-rata (MPa)
1	3.331	1.85	1.795
2	3.366	1.78	
3	3.298	1.50	
4	3.356	2.05	

PENUTUP

Kesimpulan

Berdasarkan hasil penelitian, maka dapat diambil kesimpulan bahwa:

1. Untuk proporsi yang digunakan pada penelitian ini, Beton geopolymer berbasis abu

- vulkanik belum mengeras pada perawatan di oven untuk suhu 60°C dan 90°C, beton mengeras setelah proses curing selesai.
2. Dari beberapa proporsi yang ada peneliti sendiri merekomendasikan menggunakan campuran pada proporsi ke-9 untuk digunakan pada penelitian selanjutnya, dengan penggunaan agregat kasar 47.593 %, agregat halus sebesar 20.397 %, abu vulkanik 17,494 %, NaOH 14M 3.859 %, Na₂SiO₃ 10,290 % dan Superplasticizer 0.368 %. Dengan nilai Kuat tekan berkisar 17 MPa.
 3. Nilai kuat tekan beton mengalami peningkatan seiring bertambahnya waktu Curing, dengan proses Curing Oven.
 4. Berdasarkan klasifikasi berat jenis beton, hasil pemeriksaan berat volume beton geopolymer, termasuk beton berbobot normal.
- Saran**
1. Melakukan Pengujian variasi *Curing Temperature* diatas suhu 110°C serta *Curing Time* lebih dari 24 jam pada umur beton yang berbeda-beda.
 2. Melakukan penelitian lebih lanjut dengan mencoba mevariasikan molaritas Sodium Hidroksida (NaOH) dan perbandingan antara Sodium Silikat (Na₂SO₃) terhadap Sodium Hidroksida untuk mendapatkan yang optimum.
 3. Untuk Beton Geopolymer berbasis Abu Vulkanik, perlu adanya pengurangan cairan pada penelitian yang akan dilakukan berikutnya, agar beton tidak terlalu encer saat pengecoran, diharapkan agar beton geopolymer mendapatkan kekuatan yang baik.
 4. Beton geopolymer berbasis abu vulkanik harus di rawat dengan curing temperature diatas temperature ruang, cobalah untuk curing di oven dengan suhu 110°C atau di atas 110°C.
 5. Cobalah untuk melakukan Trial mix diatas 4 sample untuk penelitian selanjutnya, yang menyangkut dengan penelitian experimental yang nantinya akan dilakukan

DAFTAR PUSTAKA

- ASTM C 136-01, *Standard Test Method for Sieve Analysis of Fine and Coarse Aggregates*
- ASTM C618-12a, *Standard Specification for Coal Fly Ash and Raw or Calcined Natural Pozzolan for Use in Concrete*, ASTM International, West Conshohocken, PA, 2012
- Badan Standardisasi Nasional., 2008. *SNI 1970:2008 Cara Uji Berat Jenis dan Penyerapan Air Agregat Halus*, Badan Standardisasi Nasional, Jakarta
- Badan Standardisasi Nasional., 2008. *SNI 1973:2008 Cara Uji Berat Isi, Volume Produksi Campuran dan kadar Udara Beton*, Badan Standardisasi Nasional, Jakarta.
- Bayuseno, A. P., et. al., 2010. *Sintesis Semen Geopolimer Berbahan Dasar Abu Vulkanik dari Erupsi Gunung Merapi*, Rotari, Vol. 12 No. 4, pp. 10-16, Universitas Diponegoro.
- Davidovits, J., 1999. *Chemistry of geopolymer system, terminology*. In Proceedings of geopolymer system, terminology.” In proceedings of Geopolymer '99 International Conferences, France.
- Dipohusodo, I., 1999. *Struktur Beton Bertulang Berdasarkan SK SNI-T-15-1991-03* Departemen Pekerjaan Umum RI., PT Gramedia Pustaka Utama: Jakarta.
- 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.

- Hardjito, D., Wallah, S. E., Sumajouw, D. M. J., dan Rangan B. V., 2004. *On The Development of Fly Ash-Based Geopolymer Concrete*. Technical Paper No. 101-M52, ACI Material Journal, Vol. 101, No. 6, November-Desember, American Concrete Institute.
- Hardjito, Djwantoro, 2002. *Geopolimer Beton Tanpa Semen yang Ramah Lingkungan*
- Manuahe Riger, M. D. J. Sumajouw, R. Windah, 2014. *Kuat Tekan Beton Geopolymer Berbahan Dasar Fly Ash*. Jurnal Sipil Statik Vol.2 No.6, September 2014, Teknik Sipil Universitas Sam Ratulangi Manado.
- Mulyono, T., 2005. *Teknologi Beton*, Penerbit Andi, Yogyakarta.
- Nawy, E. G., 1998. *Beton Bertulang: Suatu Pendekatan Dasar*, PT Refika Aditama, Bandung
- Ohama Y. O. M., dan Kumagai S. O. M., 2006. Strength development and epoxy resin-cement interaction in hardened-free epoxy-modified mortars.
- Putra, Andre Kusuma, S. E. Wallah, Servie O. Dapas, 2014. *Kuat Tarik Belah Beton Geopolymer Berbasis Abu Terbang (Fly Ash)*. Jurnal Sipil Statik Vol.2 No.7, November 2014, Teknik Sipil Universitas Sam Ratulangi Manado.
- Siddique, R., 2011. Review: *Effect of volcanic ash on the properties of cement paste and mortar*, Resources, Conservation and Recycling Vol. 56 pp. 66-70.
- SNI 03-2417-1991, *Metode Pengujian Keausan Agregat dengan Mesin Abrasi Los Angeles*
- Standar Nasional Indonesia, 2002. *Metode Pengujian Kuat Tarik Belah Beton*, SNI 03- 2491-2002, Badan Standardisasi Nasional, Bandung. Standar Nasional I
- Standar Nasional Indonesia, 2011. *Cara Uji Kuat Tekan Beton dengan Benda Uji Silinder*, SNI 1974:2011, ICS 91.100.30, Badan Standardisasi Nasional, Jakarta.
- Sumajouw, D. M. J., Dapas, S. O., 2012. *Elemen Struktur Beton Bertulang Geopolymer*, Penerbit Andi, Yogyakarta.
- Tjokrodinuljo, K., 2007, *Teknologi Beton*, KMTS FT UGM, Yogyakarta.
- Wallah, S. E., Pandaleke, R. E., 2014. *Preliminary Study of The Development of Volcanic Ash-Based Geopolymer*, Paper Presented at The Internasional Conference on Environmentally Friendly Civil Engineering Construction and Materials, Manado.