

PENGARUH VARIASI MOLARITAS PADA KUAT TEKAN BETON GEOPOLYMER FLY ASH DENGAN AGREGAT HALUS PASIR KUARSA

Bayu Syafputra¹, Euis Kania Kurniawati²

¹Mahasiswa Program Studi Teknik Sipil, Fakultas Sains dan Teknologi, Universitas Muhammadiyah
Sukabumi, Syafputrabayu@gmail.com

²Dosen Program Studi Teknik Sipil, Fakultas Sains dan Teknologi Universitas Muhammadiyah Sukabumi,
Euiskania@ummi.ac.id

ABSTRAK

Beton adalah material konstruksi yang banyak digunakan untuk membangun berbagai infrastruktur, namun pada salah satu bahan penyusun beton yaitu semen mempunyai dampak negatif terhadap lingkungan, karena pada proses produksi semen menghasilkan gas karbon dioksida (CO₂) yang menyebabkan pemanasan global. Beton *geopolymer* merupakan salah satu alternatif untuk mengatasi masalah penggunaan semen yang kurang ramah lingkungan. Dalam penelitian ini beton *geopolymer* dibuat tanpa menggunakan semen sebagai bahan pengikat, sebagai pengganti digunakan *fly ash* dari PLTU Palabuhanratu yang mengandung silika dan alumina yang bereaksi dengan cairan alkalin aktivator untuk menghasilkan bahan pengikat. Selain itu, agregat yang digunakan adalah pasir kuarsa Kp. Mekar Alam Desa Sekarwangi Cibadak yang dapat menghasilkan 15.000 ton perbulannya.

Pada penelitian ini kuat tekan beton pada umur 7, 14, 28 dan 56 hari diuji melalui tes kuat tekan. Material yang digunakan adalah *fly ash* PLTU Palabuhanratu, pasir kuarsa, natrium silikat (Na₂SiO₃), natrium hidroksida (NaOH) dengan konsentrasi 10M, 12 M, 14M, dan *Superplastisizer* Viscocrete-10. Benda uji yang digunakan adalah silinder ukuran 15/30 cm, dengan metode perawatan beton ditutup menggunakan plastik pada suhu ruang. Nilai maksimum rata-rata kuat tekan beton *geopolymer* dalam penelitian ini sebesar 32,88 MPa didapatkan pada variasi 14 M NaOH dengan umur pengujian 56 hari.

Kata kunci : Beton geopolymer, fly ash, pasir kuarsa, kuat tekan.

PENDAHULUAN

Perkembangan ilmu penyelidikan tentang beton saat ini lebih mengarah ke pemanfaatan limbah yang dapat meningkatkan mutu beton seperti bahan limbah abu terbang (*fly ash*) dari PLTU

yang saat ini digunakan sebagai pengganti semen pada beton.

Dari hasil-hasil penelitian, industri semen dan industri bahan bangunan yang berbasis semen di seluruh dunia berkontribusi sekitar 8-10% dari keseluruhan emisi gas karbon dioksida

(CO₂) di dunia. Merujuk pada besarnya sumber daya dan energi yang dibutuhkan dan besarnya sumbangan industri semen terhadap total emisi gas karbon dioksida di dunia, maka diperlukan suatu bahan perekat alternatif pengganti semen yang dalam proses pembuatannya memerlukan energi yang lebih sedikit dan ramah lingkungan. Alternatif bahan pengganti semen ini dapat digunakan sebagian atau juga sepenuhnya. (Hardjasaputra, 2018).

Upaya untuk meminimalisir penggunaan semen dalam beton telah banyak dilakukan salah satunya penelitian mengenai beton ramah lingkungan yaitu beton *geopolymer*. Beton jenis ini menggunakan material *geopolymer* sebagai pengganti pasta semen. Bahan dasar utama *geopolymer* adalah bahan yang mengandung silika (Si) dan alumina (Al) yang dapat ditemukan salah satunya pada limbah industri yaitu abu terbang (*fly ash*) (Soenpiet, 2018).

Fly ash yang digunakan berasal dari PLTU Palabuhanratu Sukabumi, *fly ash* merupakan material *pozzolan* yaitu bahan yang mengandung silika dan alumina, dimana kandungan ini dapat bereaksi bila dicampurkan dengan cairan alkalin sehingga menghasilkan campuran yang memiliki sifat seperti semen (Sofia, 2014). Menurut perhitungan empiris yang dilakukan Kementerian Negara Lingkungan Hidup (KLH) menyebutkan dari batu bara yang dibakar tiap satu ton akan menghasilkan abu batu bara (*fly ash*) sekitar

15% -17 % atau sekitar 850.000 ton/tahun (Arifianto, 2015).

Selain itu, beberapa wilayah di Sukabumi memiliki ketersediaan bahan agregat yang cukup untuk digunakan dalam pembuatan beton *geopolymer*, salah satunya agregat halus pasir kuarsa PT. Sukabumi *Silica Resource* yang dapat menghasilkan 15.000 ton pasir kuarsa perbulannya. Dibandingkan dengan pasir biasa, pasir kuarsa memiliki kandungan silika yang cukup tinggi.

Menurut (Nadia, 2011) Silika (SiO₂) merupakan kandungan kimia yang dapat meningkatkan mutu beton, akibat reaksi yang terjadi antara silika dan kapur bebas yang ada didalam campuran beton. Menimbang banyaknya ketersediaan pasir kuarsa, maka material ini akan dimanfaatkan sebagai agregat halus dalam pembuatan beton *geopolymer fly ash*.

Adapun rumusan masalah pada penelitian ini adalah bagaimana pengaruh variasi molaritas pada kuat tekan beton *geopolymer fly ash* dengan agregat halus pasir kuarsa.

Khusus untuk kebutuhan penelitian ini, penulis menetapkan batasan masalah agar lebih fokus sebagai berikut :

1. *Fly ash* yang digunakan berasal dari Pembangkit Listrik Tenaga Uap Palabuhanratu
2. Pasir kuarsa yang digunakan berasal dari PT. Sukabumi *Silica Resource* Kp. Mekar Alam Desa Sekarwangi Cibadak

3. Menggunakan cairan natrium silikat dan natrium hidroksida 10 M, 12 M, dan 14M.
4. Pengujian kuat tekan beton dilakukan pada 7, 14, 28, dan 56 hari.
5. Analisis yang dilakukan tidak meninjau segi biaya.
6. Tidak membahas reaksi kimia.

Mengetahui pengaruh variasi molaritas pada kuat tekan beton *geopolymer fly ash* dengan agregat halus pasir kuarsa.

KAJIAN PUSTAKA

Beton Geopolymer

Geopolymer merupakan bentuk anorganik alumina silika yang disintesa melalui material yang banyak mengandung silika (Si) dan alumina (Al) yang berasal dari alam atau dari material hasil sampingan industri. Komposisi kimia material *geopolymer* serupa dengan *zeolite*, tetapi memiliki mikrostruktur *amorphous*.

Geopolymer pada awalnya lebih dikenal berdasarkan reaksi kimia, sebagai *alkaline activated binders*, dengan beberapa terminologi yang sesuai dengan penggunaan material ini seperti *low temperature inorganic polymer glasses*, *alkali bonded ceramic*, *chemically bounded ceramic*, atau *alkali activated ash* (Tambingon, 2018).

Pasir Kuarsa

Pasir kuarsa/silika merupakan mineral yang terdiri dari kandungan silika dan oksigen. Kedua elemen ini paling banyak

melimpah di kerak bumi. SiO₂ atau silika ditemukan pada umumnya berupa bentuk kristalin dan jarang dalam keadaan *amorj*. Hal ini disebabkan karena SiO₂ terdiri dari ikatan satu atom silikon dan dua atom oksigen (Geost, 2016).

Agregat Kasar

Menurut SNI 1969-2016, agregat kasar merupakan kerikil sebagai hasil disintegrasi alami dari batuan-batuan yang berupa batu pecah yang didapat dari industri pemecah batu dan mempunyai ukuran butir antara 4,75 mm (No.4) sampai 40 mm (No. 1½ inci).

Air

Syarat air yang digunakan untuk pembuatan beton menurut SNI-03-2847-2002 :

1. Air yang digunakan untuk campuran beton harus bersih dan bebas dari bahan-bahan merusak yang mengandung oli, asam, alkali, garam, dan bahan organik.
2. Air pencampur yang digunakan pada beton pra-tegang atau pada yang di dalamnya tertanam logam aluminium, termasuk air bebas yang terkandung dalam agregat, tidak boleh mengandung ion klorida dalam jumlah yang membahayakan.
3. Air yang tidak bisa diminum tidak boleh digunakan pada beton.

Solid Material (Fly Ash)

Solid material merupakan salah satu komponen sistem organik *geopolymer*. *Solid material* untuk *geopolymer* dapat berupa mineral alami seperti kaolin, tanah liat, mika, andalusit, spinel dan lain sebagainya. Alternatif lain yang dapat digunakan adalah material yang berasal dari produk sampingan seperti *fly ash*, *silica fume*, *slag*, *rice husk ash*, lumpur merah dan lain-lain (Manuahe, 2014).

Abu terbang (*fly ash*) adalah material yang berasal dari sisa pembakaran batu bara. Abu terbang merupakan salah satu material yang digunakan untuk membuat bahan pengikat (*binders*) pada beton geopolimer. Abu terbang dikategorikan dalam material “*Pozzolan*” yakni material *siliceous* atau *aluminous* yang di dalamnya terdapat sedikit sekali atau tidak sama sekali material *cementious* sebagaimana yang dimiliki Semen *Portland*. Sebagian besar komposisi kimia dari *fly ash* tergantung pada tipe batu bara (Paat, 2014). Berikut merupakan kandungan dari *fly ash* Palabuhanratu :

Tabel 1. Kandungan *fly ash* Palabuhanratu

Komposisi	Unit	Hasil
SiO ₂	%	53.08
AlO ₃	%	30.12
FeO ₃	%	2.14
CaO	%	12.03

(Sumber : Arifanto, 2015)

Menurut *ACI Manual of Concrete Practice* 1993 *Part 1* 226.3R-3, *fly ash* dapat dibedakan menjadi 3 jenis yaitu :

1. Kelas C *Fly ash* yang mengandung CaO lebih dari 10% yang dihasilkan dari pembakaran lignite atau sub-bitumen batu bara (batu bara muda). - Kadar (SiO₂ + Al₂O₃ + Fe₂O₃) > 50% - Kadar CaO mencapai 10%
2. Kelas F *Fly ash* yang mengandung CaO lebih kecil dari 10% yang dihasilkan dari pembakaran anthracite atau bitumen batu bara. - Kadar (SiO₂ + Al₂O₃ + Fe₂O₃) > 70% - Kadar CaO < 5%
3. Kelas N *Pozzolan* alam atau hasil pembakaran yang dapat digolongkan antara lain tanah *diatomic*, *opaline chertz*, *shales*, *tuff* dan abu vulkanik, yang mana biasa diproses melalui pembakaran atau tidak melalui proses pembakaran. Selain itu juga mempunyai sifat *pozzolan* yang baik.

Alkalin Aktivator

Alkalin aktivator dibutuhkan untuk reaksi polimerisasi monomer alumina dan silika. Alkali mengaktifkan prekursor dengan mendisolusikan mereka ke dalam monomer (SiO₄) dan (AlO₄). Selama proses curing, monomer–monomer tadi terkondensasi dan membentuk jaringan polimer tiga dimensi yang memberikatan silang (Putra, 2014).

Kombinasi cairan sodium silikat (Na₂SiO₃) dan sodium hidroksida (NaOH) digunakan untuk membantu terjadinya reaksi kimia dengan alumunina dan silika yang terdapat pada abu terbang. Sodium hidroksida yang digunakan sebagai alkalin

aktivator, berfungsi untuk mereaksikan unsur-unsur Alumina dan Silika yang terkandung dalam abu terbang sehingga dapat menghasilkan suatu ikatan polimer yang kuat, sedangkan sodium silikat berfungsi untuk mempercepat proses polimerisasi (Paat, 2014).

Superplastisizer

Superplasticizer adalah bahan kimia tambahan yang digunakan sebagai salah satu cara meningkatkan kemudahan pelaksanaan pekerjaan pengecoran (*workability*) beton dengan menggunakan air sesedikit mungkin (Paat, 2014).

Bahan tambah Sika Viscocrete-10 termasuk Tipe F “*Water Reducing, High Range Admixtures*” yaitu bahan tambah yang berfungsi untuk mengurangi jumlah air pencampur yang diperlukan untuk menghasilkan beton dengan konsistensi tertentu dan meningkatkan nilai *slump* sehingga mudah untuk dikerjakan (*workability*) (Manuahe, 2014).

Kuat Tekan Beton

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. Secara matematis kuat tekan beton dinyatakan sebagai berikut menurut SNI-1974-2011 :

$$f'c = \frac{P}{A} \dots\dots\dots(1)$$

Dengan :

- f'c = Kuat Tekan Beton (MPa)
- P = Beban Maksimum (N)
- A = Luas Penampang (mm²)

Slump Test

Menurut SNI 1972:2008 uji *slump* beton adalah penurunan ketinggian pada pusat permukaan atas beton yang diukur segera setelah cetakan uji slump diangkat. Satu contoh campuran beton segar dimasukkan ke dalam sebuah cetakan yang memiliki bentuk kerucut terpancung dan dipadatkan dengan batang penusuk. Cetakan diangkat dan beton dibiarkan sampai terjadi penurunan pada permukaan bagian atas beton. Jarak antara posisi permukaan semula dan posisi setelah penurunan pada pusat permukaan atas beton diukur dan dilaporkan sebagai nilai *slump* beton

METODOLOGI PENELITIAN

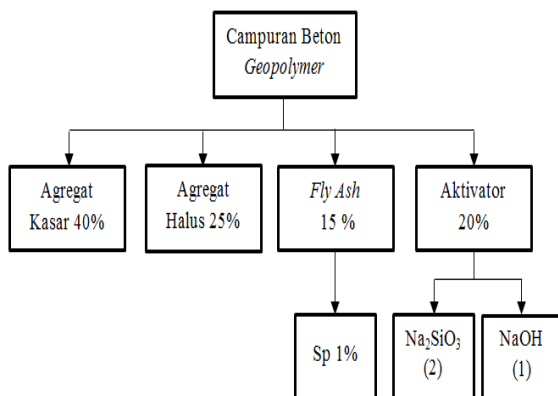
Metode penelitian yang digunakan adalah metode studi eksperimen atau *trial mix* yaitu dengan melakukan percobaan secara langsung di laboratorium. pelaksanaan penelitian dilaksanakan di Laboratorium Universitas Muhammadiyah Sukabumi. Berikut merupakan tahapan pelaksanaan penelitian :

1. Persiapan alat dan bahan
2. Pengumpulan data
3. Pengujian material untuk agregat halus dan agregat kasar meliputi :
 - a. Pengujian gradasi

- b. Pemeriksaan kadar air
- c. Pemeriksaan berat jenis dan penyerapan air
- d. Pemeriksaan kadar lumpur
- 4. Pengujian berat jenis *fly ash*
- 5. Pengujian berat jenis NaOH dan Na_2SiO_3
- 6. Perencanaan *mix design*
- 7. Pembuatan benda uji
- 8. Pengujian *slump*
- 9. Perawatan (*seal wrapping* plastik)
- 10. Pengujian kuat tekan
- 11. Analisis data hasil pengujian
- 12. Kesimpulan

Mix Design Beton Geopolymer

Mix design ini mengacu pada penelitian Darma Adi S, dkk dalam penelitiannya “Studi Eksperimental Pengaruh Perbedaan Molaritas Aktivator Pada Perilaku Beton *Geopolymer* Berbahan Dasar *Fly Ash*”. *Mix design* dilakukan perubahan karena kekurangan cairan alkalin aktivator sehingga adukan tidak tercampur, sebagai berikut :



Gambar 1. Diagram Alir *Mix Design*

Benda uji dibuat sebanyak 12 sampel silinder untuk masing-masing molar untuk pengujian kuat tekan dari umur 7, 14, 28, dan 56 hari. Berikut adalah tabel jumlah sampel penelitian :

Tabel 2. Benda Uji Penelitian

Beton Geopolymer	Umur Pengujian	Jumlah Sampel
10 Molar	7 hari	3
	14 hari	3
	28 hari	3
	56 hari	3
12 Molar	7 hari	3
	14 hari	3
	28 hari	3
	56 hari	3
14 Molar	7 hari	3
	14 hari	3
	28 hari	3
	56 hari	3

HASIL DAN PEMBAHASAN

Pemeriksaan Agregat Kasar dan Agregat Halus

Pengujian terhadap agregat halus dan agregat kasar yang dilakukan meliputi pengujian analisis saringan, kadar air, berat jenis dan penyerapan air, dan kadar lumpur.

Tabel 3. Hasil Pengujian Pasir Kuarsa

Jenis Pengujian	Hasil
Modulus Kehalusan	3.65
Kadar Air	1.15%
Kadar Lumpur	1.67%
Berat Jenis Curah	2.48
Berat Jenis Jenuh	2.51
Kering Permukaan	2.55
Berat Jenis Semu	2.55
Penyerapan Air	1.13%

Tabel 4. Hasil Pengujian Kerikil

Jenis Pengujian	Hasil
Kadar Air	1.56%
Kadar Lumpur	0.91%

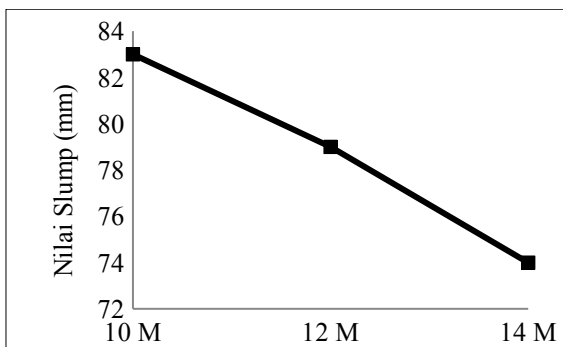
Berat Jenis Curah	2.52
Berat Jenis Jenuh	2.58
Kering Permukaan	2.67
Berat Jenis Semu	2.24%
Penyerapan Air	

Pengujian Nilai Slump

Salah satu metode yang digunakan untuk mengetahui *workability* campuran beton adalah dengan cara pemeriksaan nilai *slump*. Pengujian ini dilakukan setiap campuran beton dengan variasi molaritas 10 M, 12 M, dan 14 M. Berikut merupakan table hasil pengujian nilai *slump*.

Tabel 5. Hasil pengujian nilai *slump*

Molaritas	Hasil
10 M	83 mm
12 M	79 mm
14 M	74 mm



Gambar 2. Grafik Nilai *Slump* Beton

Geopolymer

Dalam pengujian nilai *slump* terlihat bahwa semakin tinggi molaritas yang digunakan dapat mempengaruhi kekentalan adukan, pada campuran 14 M mendapatkan hasil penurunan *slump* 74 mm sedangkan pada 12 M menghasilkan penurunan 83 mm.

Pengujian Kuat Tekan

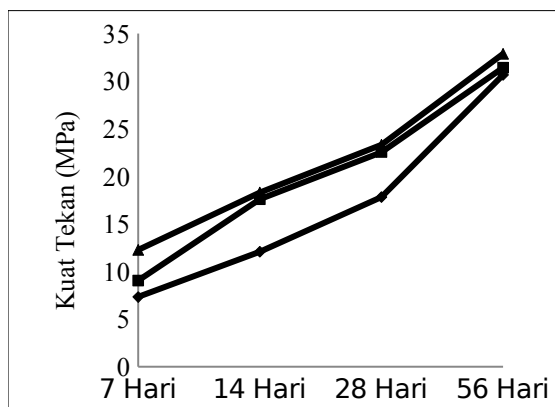
Pengujian kuat tekan mengacu pada SNI-1974-2011 dengan menggunakan

spesimen silinder berukuran 15x30 cm. pengujian kuat tekan dilakukan ketika beton *geopolymer* berumur 7, 14, 28 dan 56 hari. Dapat dilihat hasil pengujian kuat tekan sebagai berikut :

Tabel 6. Hasil Kuat Tekan Beton

Kode Benda Uji	Umur (Hari)	Kuat Tekan (Mpa)	Rata rata Kuat Tekan (Mpa)
BGF 10 M I	7	6.96	
BGF 10 M II	7	7.64	7.33
BGF 10 M III	7	7.36	
BGF 10 M I	14	11.32	
BGF 10 M II	14	12.21	12.09
BGF 10 M III	14	12.74	
BGF 10 M I	28	18.94	
BGF 10 M II	28	17.55	17.82
BGF 10 M III	28	16.99	
BGF 10 M I	56	30.57	
BGF 10 M II	56	30.29	30.67
BGF 10 M III	56	31.14	
BGF 12 M I	7	9.06	
BGF 12 M II	7	8.78	9.06
BGF 12 M III	7	7.36	
BGF 12 M I	14	17.27	
BGF 12 M II	14	17.83	17.61
BGF 12 M III	14	17.74	
BGF 12 M I	28	22.08	22.55
BGF 12 M II	28	22.65	

M II			
BGF	28	22.93	
12M III			
BGF 12	56	32.27	
M I			
BGF 12	56	31.99	31.42
M II			
BGF 12	56	30.01	
M III			
BGF 14	7	11.89	
M I			
BGF 14	7	12.74	12.27
M II			
BGF 14	7	12.17	
M III			
BGF 14	14	18.12	
M I			
BGF 14	14	19.22	18.30
M II			
BGF 14	14	17.55	
M III			
BGF 14	28	23.21	
M I			
BGF 14	28	22.65	23.32
M II			
BGF 14	28	24.10	
M III			
BGF 14	56	32.40	
M I			
BGF 14	56	32.27	32.88
M II			
BGF 14	56	33.97	
M III			



Gambar 3. Hasil Pengujian Kuat Tekan

Hasil pengujian dapat diketahui bahwa tingginya molaritas yang digunakan dapat

mempengaruhi kuat tekan beton, dimana kuat tekan beton meningkat sejalan dengan tingginya penggunaan variasi molaritas NaOH. Semakin lama umur beton maka semakin besar pula nilai kuat tekan yang didapat.

KESIMPULAN

Dari penelitian yang telah dilakukan, dapat disimpulkan bahwa :

1. Penggunaan variasi molaritas pada beton *geopolymer fly ash* yang menggunakan pasir kuarsa, berpengaruh terhadap kuat tekan beton, dimana kuat tekan meningkat sesuai tingginya penggunaan variasi molaritas. Kuat tekan optimum diperoleh pada 14 M umur 56 hari diperoleh kuat tekan rata rata 32.88 Mpa
2. Penggunaan variasi molaritas berpengaruh kepada nilai *slump* dimana tingginya molaritas yang digunakan berpengaruh terhadap *workability* beton *geopolymer*.

DAFTAR PUSTAKA

- ACI *Manual of Concrete Practice* 1993
Part 1 226.3R-3
- SNI-1974-2011. "Cara Uji Kuat Tekan Beton Dengan Benda Uji Silinder". Jakarta : Badan Standarisasi Nasional.
- S, D. A, dkk (2018). Studi Experimental Pengaruh Perbedaan Molaritas Aktivator Pada Perilaku Beton Geopolimer Berbahan Dasar Fly Ash. *Jurnal Karya Teknik Sipil Vol. 7 No. 1*, 89-98.

- SNI 1972:2008. "Cara Uji *Slump* Beton". Jakarta : Badan Standarisasi Nasional.
- SNI 1969-2016 Cara Uj Berat Jenis Dan Penyerpan Air Agregat Kasar. Jakarta : Badan Standarisasi Nasional.
- SNI-03-2847-2002 Tata Cara Perhitungan Struktur Beton Untuk Bangunan Gedung.
- Hardjasaputra, H., & Ekawati, E. (2018). Penelitian Rancangan Campuran Beton Geopolimer Berbasis Fly Ash PLTU SURALAYA-BANTEN Terhadap Kuat Tekan Dan Kuat Lentur. *Jurnal Ilmiah Teknik Sipil* Vol. 22 No. 1, 24-33.
- Soenpiet, B. J., dkk (2018). Modulus Elastisitas Beton Geopolymer Berbasis Fly Ash Dari PLTU Amurang. *Jurnal Sipil Statik* Vol. 6 No. 7, 517-526.
- Arifianto, f., Arifin, D. N., & Primadona, L. (2015). Percobaan Pendahuluan Pemanfaatan Abu Terbang Limbah PLTU PALABUHANRATU Sebagai Bahan Baku Dalam Pembuatan Material Ringan Berpori. *Pemaparan Hasil Penelitian Geoteknologi* , 83-90.
- Nadia., Anwar, F. (2011). Pengaruh Kadar Silika Pada Agregat Halus Campuran Beton Terhadap Peningkatan Kuat Tekan. *Jurnal Konstruksia* Volume 3.
- Putra, A. K., Wallah, S. E., & Dapas, S. O. (2014). Kuat Tarik Belah Beton Geopolymer Berbasis Abu Terbang (*Fly Ash*) . *Jurnal Sipil Statik* Vol.2 No.7, 330-336.
- Tambingon, F. R., Sumajouw, M. D., Wallah, S. E., & Wallah, S. E. (2018). Kuat Tekan Beton Geopolymer Dengan Perawatan Temperatur Ruangan. *Jurnal Sipil Statik* Vol.6 No.9, 641-648.
- 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, 277-282.
- Paat, F. E., Wallah, S. E., & Windah, R. S. (2014). Kuat Tarik Lentur Beton Geopolymer Berbasis Abu Terbang (*Fly Ash*). *Jurnal Sipil Statik* Vol.2 No.7, 337-343.
- Geost, F. (2016, Februari 14). Pengertian, Asal, dan Pemanfaatan Pasir Silika. Retrieved November 10, 2018, from Geologinesia:[https://www/geologinesia.com](https://www.geologinesia.com)