

STUDI EKSPERIMEN PERAWATAN BETON GEOPOLIMER MUTU f'_c 35 MPa TERHADAP KUAT TEKAN BETON

Angely Natazha Gannezha koelima¹, Mohammad Erfan², Hadi Surya Wibawanto Sunarwadi³

^{1,2,3} Jurusan Teknik Sipil S-1 Institut Teknologi Nasional Malang

Email : angelykoelima@gmail.com

ABSTRACT

Concrete generally consists of three main ingredients, namely cement, aggregate, water, and admixtures can also be added. Along with the progress and development of construction technology, fly ash and palm shell ash are substitutes for cement as a binder for geopolymer concrete. Geopolymer concrete itself has the advantage of being environmentally friendly. In addition, geopolymer concrete also has weaknesses in the manufacture of concrete which requires high temperature treatment to achieve optimum strength which is difficult to use in the field. In this study, the curing method applied was curing of concrete at room temperature and a combination of high temperatures in the form of an oven with three treatments namely curing in open (outdoors), wrapped in plastic, and left open (indoor) treatment. The results showed that the curing of concrete greatly affects the compressive strength of concrete. Where this study uses a comparison of the hypothesis test t and also F which shows that there are different compressive strength values. The results of the t test on the left open method (outdoor) were 37.15 MPa, 29.76 MPa wrapped in plastic and 27.53 MPa left open (indoor). While the value of the F test for the method of keeping it open (outdoors) is 35.45 MPa, wrapped in plastic is 31.40 MPa and allowed it to be left open (indoors) is 28.67 MPa. So of the three best treatment methods, namely the treatment treatment left open (outdoor).

Keywords: Treatment of Geopolymer Concrete, Room Temperature, Compressive Strength of Concrete, Palm Shell Ash, and Fly Ash.

ABSTRAK

Beton pada umumnya terdiri dari tiga bahan penyusun utama yaitu semen, agregat, air, serta dapat pula diberikan bahan tambah (admixture). Seiring dengan adanya kemajuan dan perkembangan teknologi dunia konstruksi, fly ash dan abu cangkang sawit adalah salah bahan pengganti semen sebagai bahan pengikat beton geopolimer. Beton geopolimer sendiri memiliki keunggulan yang ramah lingkungan. Selain itu beton geopolimer juga mempunyai kelemahan dalam pembuatan beton yang membutuhkan perawatan temperature tinggi untuk mencapai kekuatan optimum yang sulit digunakan di lapangan. Pada penelitian kali ini metode perawatan yang diterapkan adalah perawatan beton suhu ruang serta kombinasi suhu tinggi berupa oven dengan tiga perlakuan yakni perawatan didiamkan terbuka (luar ruangan), dibungkus plastik, dan didiamkan terbuka (dalam ruangan). Hasil penelitian menunjukkan perawatan beton sangat mempengaruhi kuat tekan beton. Dimana penelitian ini menggunakan perbandingan hipotesis uji t dan juga F yang menunjukkan adanya berbeda nilai kuat tekan. Hasil uji t pada metode didiamkan terbuka (luar ruangan) didapatkan sebesar 37,15 MPa, dibungkus plastik 29,76 MPa dan didiamkan terbuka (dalam ruangan) 27,53 MPa. Sedangkan nilai uji F pada metode didiamkan terbuka (luar ruangan) sebesar 35,45 MPa, dibungkus plastik 31,40 MPa dan didiamkan terbuka (dalam ruangan) 28,67 MPa. Jadi dari ketiga metode perlakuan perawatan yang paling bagus yakni pada perlakuan perawatan didiamkan terbuka (luar ruangan).

Kata Kunci: Perawatan Beton Geopolimer, Temperatur Suhu Ruang, Kuat Tekan Beton, Abu Cangkang Sawit, dan Fly Ash.

1. Pendahuluan

Latar Belakang

Dengan adanya kemajuan dan perkembangan teknologi penggunaan beton dalam suatu pembangunan konstruksi semakin banyak, beton memiliki peranan penting dalam menentukan umur dan kekuatan sifat

mekanis terhadap bangunan. Beton geopolimer adalah jenis beton yang menggunakan bahan pengikat geopolimer, yaitu bahan kimia yang terbentuk dari reaksi antara material aluminosilikat dengan larutan alkaline. Beton geopolimer memiliki beberapa keunggulan dibandingkan beton konvensional, seperti rangkai dan susut yang kecil, kuat tekan yang lebih tinggi, mengikat (setting) pada suhu kamar, tahan

terhadap api, dan beton ramah lingkungan (*sumber: Beton Abu Terbang (2015) "Prof. B. Vijaya Rangan dan Hardijito"*).

Faktor yang mempengaruhi mutu beton geopolimer salah satunya yaitu perawatan (*Curing*). Perawatan ini berfungsi untuk menghindari panas hidrasi yang tidak diinginkan, disebabkan oleh suhu. Lamanya proses curing pada beton juga sangat berpengaruh terhadap daya tahan beton itu sendiri. Sehingga perawatan beton geopolimer sangatlah berbeda dengan beton normal yang membutuhkan temperature relative tinggi untuk meningkatkan proses reaksi polimerisasi. Proses geopolimerisasi ini biasanya bergantung pada metode perawatan yang memiliki dampak signifikan.

Melihat dari sifat beton geopolimer yang cenderung membutuhkan temperature tinggi berkisar 30°C - 90°C untuk mengaktivasi reaksi pada beton sangat sulit untuk digunakan di lapangan. Pemberian suhu yang tepat pada beton geopolimer akan memberikan peningkatan pada kuat tekan beton (*Mustafa Al Bakria et al., 2011*). Dengan adanya pemanfaatan limbah industri berupa abu cangkang sawit dan *fly ash* tipe c sebagai bahan pengganti semen mampu mempercepat perkerasan beton. Oleh karena itu untuk mengetahui seberapa besar pengaruh perawatan terhadap beton geopolimer perlu dilakukan penelitian dengan membandingkan beton yang tidak mengalami perawatan (didiamkan terbuka dalam ruangan dan didiamkan terbuka luar ruangan) dan beton yang dirawat (dibungkus plastik).

Berdasarkan permasalahan tersebut, maka dilakukan “**Studi Eksperimen Perawatan Beton Geopolimer Mutu f'c 35 MPa Terhadap Sifat Mekanis**” dengan menggunakan metode perawatan pada suhu ruang (didiamkan terbuka dalam ruang, didiamkan terbuka luar ruangan, dan dibungkus plastik).

2. Dasar Teori

Definisi Geopolimer

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).

Menurut Ilmiah R (2017) Dalam reaksi polimerisasi ini Aluminium (Al) dan Silika (Si) mempunyai peranan penting dalam ikatan polimerisasi karena reaksi aluminium dan silika dengan alkali akan menghasilkan AlO_4 dan SiO_4 . Proses polimerisasi menghasilkan suatu rantai dalam bentuk struktur yang disebut polysialate (Si-O-Al-O-Si). Air dilepaskan selama reaksi kimia terjadi dalam pembentukan

senyawa geopolimer. Air ini dikeluarkan selama masa perawatan (*curing*) dan pengeringan.

Agregat Kasar

Agregat Kasar adalah agregat yang butirannya lebih besar dari 5 mm – 40 mm atau agregat yang semua butirannya dapat tertahan diayakan 4,75 mm No.4 (SNI ASTM C123:2012).). Bentuk agregat kasar juga dapat menentukan mutu suatu beton, kuat tekan beton yang dihasilkan dengan menggunakan agregat kasar tak dipecah lebih rendah dibandingkan menggunakan agregat kasar yang dipecahkan.

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) : Benda padat berbutir yang bentuknya mendekati bulat, Kandungan lumpur tidak melebihi 5% (bagian yang dapat melewati saringan 0,063 mm). Jika lebih dari 5% perlu dicuci, Tidak boleh mengandung bahan organik yang meurunkan mutu beton. Untuk itu, saat direndam dalam larutan NaOH 3%, cairan di atas endapan tidak boleh lebih gelap dari larutan pembanding, Untuk beton yang tahan lama, reaksi pasir alkali harus negatif.

Abu Terbang (*Fly Ash*)

Abu terbang (*fly ash*) merupakan sisa dari hasil pembakaran batu bara pada pembangkit listrik. Abu terbang mempunyai titik lebur sekitar 1300 °C dan mempunyai kepadatan massa (densitas), antara 2.0 – 2.5 g/cm³. Abu terbang adalah salah satu residu yang dihasilkan dalam pembakaran dan terdiri dari partikel-partikel halus. Abu terbang dibagi menjadi dua kelas yaitu kelas F dan kelas C.

Abu Cangkang Sawit

Abu cangkang kelapa sawit merupakan limbah pembakaran cangkang kelapa sawit didalam tungku perebusan atau tungku pembakaran kelapa sawit atau yang disebut boiler Graile Sentosa (2005). Abu cangkang kelapa sawit memiliki potensi sebagai bahan pozzolan pada semen. Abu cangkang kelapa sawit yang dihasilkan dari sisa pembakaran mempunyai kandungan silika yang sangat tinggi (PT.Semen Padang, 1990). Pembakaran cangkang menjadi abu membantu menghilangkan kandungan kimia organik dan meninggalkan silika yang cukup banyak (Dedi, 2004). Pada penelitian ini, abu cangkang sawit didapatkan dari PT. Wijaya Borneo Tiganna Kabupaten Kotabaru, Kalimantan Selatan. Dengan suhu pembakaran dalam tungku 800-1000°C.

Alkali Aktifator

Dalam pembuatan beton geopolimer diperlukan alkali aktifator yang berfungsi mereaksikan kandungan kimia pada *fly ash*, sehingga pasta

geopolimer dapat mengikat agregat. Aktivator yang umumnya digunakan adalah Sodium Hidroksida (NaOH) flakes dan Sodium Silikat (Na₂SiO₃). Hardjito dkk. (2004) menyatakan “Sodium silikat berfungsi untuk mempercepat reaksi polimerisasi, sedangkan natrium hidroksida berfungsi untuk mereaksikan unsur-unsur Al dan Si yang terkandung dalam pasta, sehingga dapat menghasilkan ikatan polimer yang kuat.

$$M = \frac{n}{v} \times \text{Mol/liter} \dots \dots \dots (2-1)$$

Dengan:

M = Molaritas

n = Massa Relative Molekul

v = Volume Larutan

Air

Air sendiri berfungsi sebagai reaktor (± 25% berat semen) semen dan pelumas antar butir-butir agregat. Penambahan air yang berlebihan akan menyebabkan banyaknya gelembung air pada proses hidrasi selesai, sedangkan air yang terlalu sedikit akan menyebabkan proses hidrasi tidak tercapai seluruhnya, sehingga akan mempengaruhi kekuatan beton. Selain itu, air juga diperlukan untuk perawatan beton. Persyaratan Air untuk campuran beton (SNI 03-6861.1-2002): harus bersih, tidak ber lumpur lebih dari 2 gram/liter, tingkat keasamaanya diambang setandar dengan kadar garam kurang dari 15 gram/liter, dan tidak mengandung kloririda yang melebihi 0,5 gram/liter.

Pembentukan Geopolimer

Proses pembentukan geopolimer biasa disebut dengan geopolimerisasi, yaitu reaksi kimia yang terbentuk dari senyawa silika dan alumina bereaksi dengan alkali aktivator dalam kondisi yang sangat basa membentuk ikatan polimer (Si-O-Al-O)_n dan (Si-O-Al-Si-O)_n (Duxson, 2009). Pembentukan beton geopolimer membutuhkan cairan alkalin untuk mereaksikan unsur silikat dan alumina dalam material fly ash.

Perawatan Beton Geopolimer (Curing)

Proses perawatan ini berfungsi untuk menghindari panas hidrasi yang tidak diinginkan, yang disebabkan oleh suhu. Oleh karena itu perawatan beton tidak hanya mempengaruhi kekuatan beton tapi juga dapat mempengaruhi ketahanan beton. Berdasarkan penelitian Rovnanik (2010), bahwa suhu perawatan memiliki pengaruh penting pada pengerasan dan geopolimerisasi geopolimer untuk mencapai kekuatan yang signifikan. Penggunaan metode perawatan yang efektif bergantung pada jenis material yang digunakan, jenis konstruksi, dan pemanfaatan beton yang diharapkan.

Kekuatan mekanik berdasarkan penelitian (Yewale dkk,2016), beton geopolimer menghasilkan kekuatan yang cukup signifikan terhadap suhu ruangan/kamar. Proses perawatan beton geopolimer berfungsi untuk menghindari panas hidrasi yang tidak diinginkan, yang disebabkan oleh suhu itu sendiri. Sehingga dalam hal ini reaksi polimerisasi membutuhkan panas dalam prosesnya, metode perawatan dengan menggunakan oven dengan suhu perawatan yang lebih tinggi cenderung lebih baik untuk menghasilkan beton geopolimer dengan kuat tekan yang tinggi (Khoiriyah & Maisytoh, 2016).

Perawatan merupakan suatu pekerjaan untuk mempertahankan kualitas yang dihasilkan setelah proses pengecoran dengan cara menjaga kadar air dan mengurangi penyusutan volume (*shrinkage*). Perawatan beton geopolimer pada penelitian ini menggunakan temperatur ruangan dan temperature tinggi dengan tiga perlakuan yang berbeda yaitu didiamkan terbuka (dalam ruangan), didiamkan terbuka (luar ruangan) dan dibungkus plastik. Perawatan (*curing*) dengan temperature tinggi dilakukan setelah beton dimasukkan ke dalam cetakan dan langsung dimasukkan ke dalam oven selama 24 jam dengan temperature 60°C. Perawatan temperature tinggi ini berfungsi untuk mengaktifasikan reaksi polimerisasi pada beton geopolimer. Sesudah dioven beton didiamkan sampai dengan suhu ruangan.

Pengujian Kuat Tekan Beton

Kuat tekan beton adalah besarnya beban per satuan luas yang menyebabkan kanbenda uji beton hancur bial dibebani dengan gaya tekan tertentu yang dihasilkan oleh mesin tekan. (SNI 1974-2011)

Nilai kuat tekan beton dihasilkan dari pengujian kuat tekan benda uji silinder beton sampai hancur. Tata cara pengujian yang umumnya dipakai adalah (SNI 1974-2011), dengan menggunakan perhitungan sebagai berikut

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

A

Dengan :

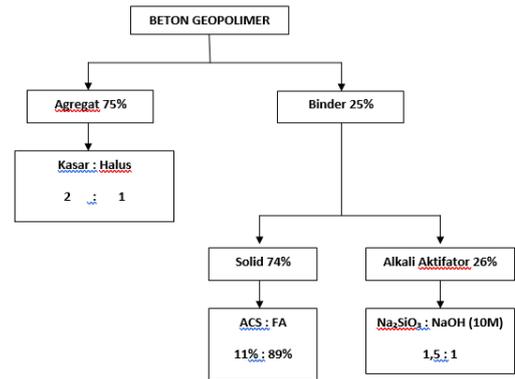
P = Beban maksimum (N)

A = Luas penampang (mm²)

Defenisi Hipotesis

Hipotesis merupakan tanggapan awal dari pertanyaan yang tertera pada permasalahan, tanggapan awal tersebut masih belum tuntas dan perlu diuji keabsahannya berdasarkan informasi dan keterangan yang terkumpul. Jika fakta yang diperoleh tidak valid atau tidak akurat, hipotesis akan ditolak. Namun, jika terdapat fakta yang mendukungnya, hipotesis akan diterima. Secara teoritis hipotesis digolongkan menjadi dua kelompok yakni:

- Hipotesis Nihil (H_0): Artinya, hipotesis menunjukkan persamaan atau tidak ada perbedaan antara dua atau lebih kelompok masalah yang ditemukan. Secara operasional hipotesis nol dapat ditulis : $H_0 : \mu_1 = \mu_2 = \mu_3$.
- Hipotesis Alternatif (H_a): Artinya, hipotesis menyatakan hasil yang bertolak belakang dari hipotesis nol. Secara operasional hipotesis alternative dapat ditulis : $H_a : \mu_1 \neq \mu_2 \neq \mu_3$.



3. Metode Penelitian

Secara operasional tujuan dari penelitian ini adalah untuk menganalisa pengaruh perawatan suhu ruangan terhadap kuat tekan beton geopolimer, dengan umur pengujian 7 hari.

Populasi dan Sampel

Pada penelitian ini benda uji keseluruhan dapat disebut Populasi, sedangkan benda uji yang mewakili sebagian dari anggota populasi disebut sampel. Variasi campuran dan jumlah sampel (benda uji) ditentukan sebagai berikut :

Pengujian	Metode Perawatan	Umur (Hari)	ACS (%)	FA (%)	Dimensi Sampel(cm)	Jumlah Sampel (buah)
Kuat Tekan	Didiamkan Terbuka (Luar Ruangan)	7	11%	89%	Silinder 10x20	5
Kuat Tekan	Dibungkus Plastik	7	11%	89%	Silinder 10x20	5
Kuat Tekan	Didiamkan Terbuka (Dalam Ruangan)	7	11%	89%	Silinder 10x20	5

Tabel 3.1 variasi metode perawatan pengujian kuat tekan beton

Keterangan :

ACS = Abu Cangkang Sawit

FA = Fly Ash

Rancangan komposisi campuran beton geopolimer yang dapat dilihat pada gambar dibawah ini :

Waktu Ikat (Setting Time)

Pengujian waktu ikat ini dilakukan bertujuan untuk mengetahui waktu ikat awal dan akhir bahan pengikat (pasta) geopolimer dalam keadaan konsistensi normal. Standar proses pengujian waktu ikat (setting time) mengacu pada SNI 6825-2002. Waktu ikat awal ialah waktu ikat yang diperlukan oleh pasta untuk mengubah sifat dari kondisi cair menjadi padat, biasanya ditandai dengan adanya penurunan penetrasi jarum vicat sedangkan waktu ikat akhir ialah waktu dimana penetrasi jarum vicat tidak terlihat secara visual atau tidak menunjukkan bekas pada pasta.

Metode Perawatan Beton Geopolimer

Perlakuan perawatan yang dilakukan terhadap benda uji pada penelitian ini adalah sebagai berikut :

▪ Didiamkan Terbuka (Luar Ruangan)

Perawatan beton dengan cara didiamkan terbuka (diluar ruangan) bertujuan untuk mengetahui reaksi polimerisasi pada temperatur luar dan kondisi beton saat berada di luar ruangan dengan menyesuaikan temperatur.. Proses beton didiamkan terbuka (luar ruangan) dapat dilihat pada gambar berikut ini:



Gambar 3.1 Didiamkan Terbuka (luar Ruangan)

▪ Dibungkus Plastik

Setelah dilepas dari cetakan, beton geopolimer ini kemudian dibungkus dengan plastik putih dan

dibiarkan dalam suhu ruangan, hal ini bertujuan untuk mencegah penurunan suhu yang keluar saat proses hidrasi berlangsung. Benda uji akan didiamkan pada suhu ruangan tanpa diberi perawatan sampai dengan umur pengujian benda uji.



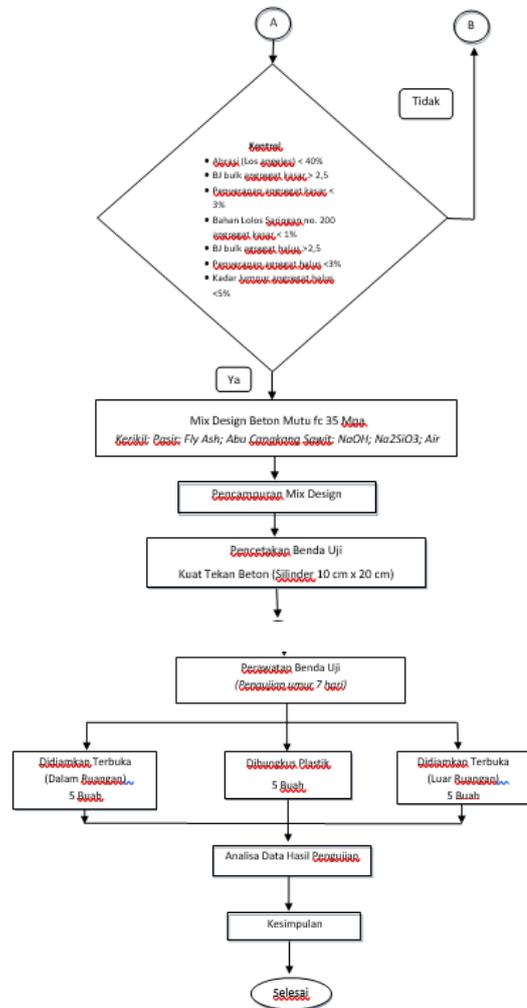
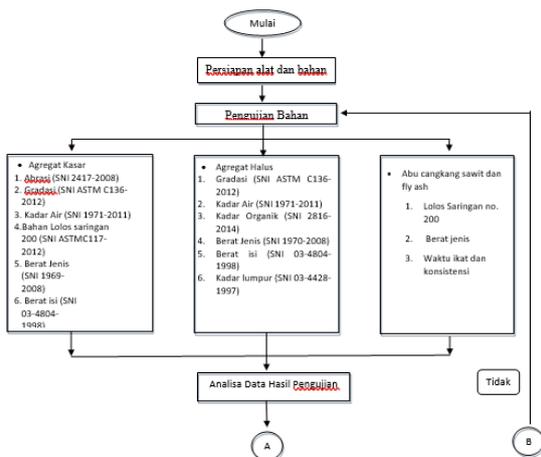
Gambar 3.2 Dibungkus Plastik

- Didiamkan Terbuka (Dalam Ruangan)
Setelah benda uji dicetak, beton akan didiamkan terbuka pada temperatur ruang berkisar $\pm 20^{\circ}\text{C} - 27^{\circ}\text{C}$ tanpa diberi perawatan apapun.



Gambar 3.3 Didiamkan Terbuka (Dalam Ruangan)

Bagan Alir Penelitian



Gambar 3.4 Bagan Alir Penelitian

4. Hasil dan Pembahasan

Adapun langkah-langkah perawatan dalam beton geopolimer sebagai berikut:

1. Melakukan pencampuran semua bahan yang digunakan berupa agregat kasar, agregat halus, abu cangkang sawit, fly ash, NaOH dan Na₂SiO₃ ke dalam mixer cor serta diaduk hingga merata.
2. Setelah itu dilakukan pengujian slump dan pengukuran suhu beton
3. Beton dimasukan ke dalam cetakan berukuran silinder 10cm x 20cm sebanyak 15 cetakan.
4. Benda uji tersebut dimasukan ke dalam oven dengan suhu 60°C selama 24 jam.

- Setelah dioven selama 7 jam, beton dilepas dari cetakan / bekisting dan dimasukkan kembali ke dalam oven.
- Beton yang sudah dioven selama 24 jam dikeluarkan, lalu didiamkan sampai dengan suhu normal
- Lalu benda uji dilakukan perawatan dengan masing-masing perlakuan yaitu didiamkan terbuka (luar ruangan), dibungkus plastik, dan didiamkan terbuka (dalam ruangan) sebanyak 5 silinder pada tiap perlakuan.
- Perawatan benda uji tersebut dilakukan dengan pengecekan suhu pada jam 06.0 WIB, 12.00 WIB, dan 20.00 WIB selama 7 hari, sehingga hasil yang didapatkan pada tiap perlakuan perawatan memiliki suhu yang berbeda-beda yaitu :
 - Didiamkan Terbuka (Luar Ruangan) berkisar 23°C - 28°C
 - Dibungkus Plastik berkisar 25°C
 - Didiamkan Terbuka (Dalam Ruangan) berkisar 24°C - 25°C
- Setelah mencapai umur perawatan, maka benda uji tersebut dilakukan pengujian kuat tekan dan menganalisa data hasil pengujian.

Dari hasil data analisa perhitungan kuat tekan silinder dan hasil pengujian sampel penelitian selama 7 hari didapatkan pada tabel dibawah ini :

Tabel 4.1 Nilai Kuat Tekan Beton Geopolimer

No.	Metode Perawatan	Jangka buat	Jangka tua	Ujmur (hari)	Berat (kg)	Tekan obrol (KN)	Tekan obrol (MPa)	Tekan Rata-Rata ri (MPa)	Tekan Rata-Rata x fu (MPa)
1	Didiamkan Terbuka (Luar Ruangan)	02/07/2023	09/07/2023	7	3,87	319	40,62	35,45	54,53
2	Didiamkan Terbuka (Luar Ruangan)	02/07/2023	09/07/2023	7	3,92	283	36,03		
3	Didiamkan Terbuka (Luar Ruangan)	02/07/2023	09/07/2023	7	3,93	313	39,85		
4	Didiamkan Terbuka (Luar Ruangan)	02/07/2023	09/07/2023	7	3,88	225	28,65		
5	Didiamkan Terbuka (Luar Ruangan)	02/07/2023	09/07/2023	7	3,93	252	32,09	31,40	48,30
1	Dibungkus Elastik	02/07/2023	09/07/2023	7	3,91	298	37,94		
2	Dibungkus Elastik	02/07/2023	09/07/2023	7	3,89	208	26,48		
3	Dibungkus Elastik	02/07/2023	09/07/2023	7	3,87	235	29,92		
4	Dibungkus Elastik	02/07/2023	09/07/2023	7	3,86	233	29,67		
5	Dibungkus Elastik	02/07/2023	09/07/2023	7	3,93	259	32,98		
1	Didiamkan Terbuka (Dalam Ruangan)	02/07/2023	09/07/2023	7	3,83	216	27,50	28,67	44,11
2	Didiamkan Terbuka (Dalam Ruangan)	02/07/2023	09/07/2023	7	3,89	223	28,39		
3	Didiamkan Terbuka (Dalam Ruangan)	02/07/2023	09/07/2023	7	3,85	217	27,63		
4	Didiamkan Terbuka (Dalam Ruangan)	02/07/2023	09/07/2023	7	3,99	261	33,23		
5	Didiamkan Terbuka (Dalam Ruangan)	02/07/2023	09/07/2023	7	3,97	209	26,61		

Pengujian Hipotesis

Dari data tabel nilai kuat tekan selanjutnya didalam pengujian ini, nilai- nilai statistik harus dihitung dan kemudian dibandingkan menggunakan kriteria tertentu. Jika hasil yang diperoleh jauh dari hasil yang diharapkan maka hipotesis di tolak dan jika hasil yang diperoleh masuk kedalam kriteria maka hipotesis diterima. Data hipotesis yang telah dihitung didapatkan tabel dibawah ini:

Tabel 4.2 Perbandingan Nilai Analisis Hipotesis Uji t dan Uji F

Hipotesis Kuat Tekan		
Nilai Uji	hitung	tabel
t	8,154	2,776
F	4,129	3,806

Pengujian Interval Kepercayaan

Data- data dari hasil pengujian kuat tekan beton yang telah dikumpulkan kemudian diuji dengan pengujian interval kepercayaan, hal ini bertujuan untuk mencari kevalidan data yang telah didapatkan. Dalam pengujian ini digunakan interval konfiden. Dalam pengujian ini dilakukan interval konfiden 95% hal ini dimaksudkan adalah teleransi kesalahan yang diijinkan sebesar 5%, sedangkan 95% adalah data- data yang dapat dipercaya. Dibawah ini adalah data tabel perhitungan interval kepercayaan terhadap uji t dan uji F.

Tabel 4.3 Nilai Interval Kepercayaan Terhadap Uji t dan Uji F

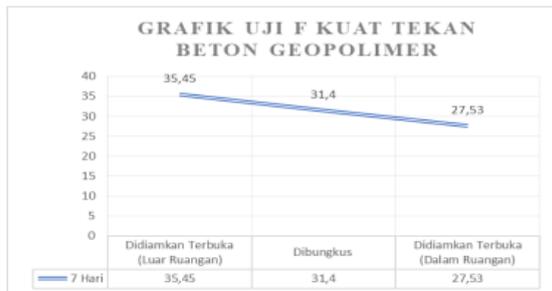
No	Metode Perawatan	Tekan hancur 7 hari (MPa)	Interval Kepercayaan		Hasil	
			Nilai Uji t	Nilai Uji F	Uji t	Uji F
1	Didiamkan Terbuka (Luar Ruangan)	40,62	29,12 < μ < 41,78	26,77 < μ < 44,12	Memenuhi	Memenuhi
		36,03			Memenuhi	Memenuhi
		39,85			Memenuhi	Memenuhi
		28,65			Tidak Memenuhi	Memenuhi
		32,09			Memenuhi	Memenuhi
2	Dibungkus Plastik	37,94	26,03 < μ < 36,76	24,05 < μ < 38,75	Tidak Memenuhi	Memenuhi
		26,48			Memenuhi	Memenuhi
		29,92			Memenuhi	Memenuhi
		29,67			Memenuhi	Memenuhi
		32,98			Memenuhi	Memenuhi
3	Didiamkan Terbuka (Dalam Ruangan)	27,50	25,41 < μ < 31,93	24,21 < μ < 33,14	Memenuhi	Memenuhi
		28,39			Memenuhi	Memenuhi
		27,63			Memenuhi	Memenuhi
		33,23			Tidak Memenuhi	Tidak Memenuhi
		26,61			Memenuhi	Memenuhi

Berdasarkan tabel diatas didapatkan nilai uji t pada tiap metode perlakuan perawatan yaitu didiamkan terbuka (luar ruangan), dibungkus plastik, dan didiamkan terbuka (dalam ruangan) terdapat 3 benda uji yang tidak memenuhi. Sedangkan pada uji F terdapat 1 benda uji yang tidak memenuhi interval

kepercayaan yaitu metode perlakuan perawatan didiamkan terbuka (dalam ruangan).

Tabel 4.4 Hasil Analisa Nilai Uji F Setelah Disotir

No.	Metode Perawatan	Tanggal buat	Tanggal tes	Umur (hari)	Berat (kg)	Tekan hancur (KN)	Tekan hancur nil (MPa)	Tekan Rata-Rata nil (MPa)
1	Didiamkan Terbuka (Luar Ruangan)	02/07/2023	09/07/2023	7	3,87	319	40,62	35,45
2	Didiamkan Terbuka (Luar Ruangan)	02/07/2023	09/07/2023	7	3,92	283	36,03	
3	Didiamkan Terbuka (Luar Ruangan)	02/07/2023	09/07/2023	7	3,93	313	39,85	
4	Didiamkan Terbuka (Luar Ruangan)	02/07/2023	09/07/2023	7	3,88	225	28,65	
5	Didiamkan Terbuka (Luar Ruangan)	02/07/2023	09/07/2023	7	3,93	252	32,09	31,40
1	Dibungkus Plastik	02/07/2023	09/07/2023	7	3,91	298	37,94	
2	Dibungkus Plastik	02/07/2023	09/07/2023	7	3,89	208	26,48	
3	Dibungkus Plastik	02/07/2023	09/07/2023	7	3,87	235	29,92	
4	Dibungkus Plastik	02/07/2023	09/07/2023	7	3,86	233	29,67	
5	Dibungkus Plastik	02/07/2023	09/07/2023	7	3,93	259	32,98	
1	Didiamkan Terbuka (Dalam Ruangan)	02/07/2023	09/07/2023	7	3,83	216	27,50	27,53
2	Didiamkan Terbuka (Dalam Ruangan)	02/07/2023	09/07/2023	7	3,89	223	28,39	
3	Didiamkan Terbuka (Dalam Ruangan)	02/07/2023	09/07/2023	7	3,85	217	27,63	
4	Didiamkan Terbuka (Dalam Ruangan)	02/07/2023	09/07/2023	7	3,97	209	26,61	



Grafik 4.1 Hubungan Metode Perawatan dan Uji F Kuat Tekan Beton

Hasil grafik 4.1 uji F diatas menunjukkan bahwa dari tiga metode perlakuan perawatan yang lebih bagus (optimum) yakni perlakuan perawatan didiamkan terbuka (luar ruangan) sebesar 35,34 Mpa, sedangkan metode perlakuan dibungkus plastik sebesar 31,40 MPa, dan didiamkan terbuka (dalam ruangan) 27,53 MPa.

Tabel 4.5 Hasil Analisa Nilai Uji t Setelah Disotir

No.	Metode Perawatan	Tanggal buat	Tanggal tes	Umur (hari)	Berat (kg)	Tekan hancur (KN)	Tekan hancur nil (MPa)	Tekan Rata-Rata nil (MPa)
1	Didiamkan Terbuka (Luar Ruangan)	02/07/2023	09/07/2023	7	3,87	319	40,62	37,15
2	Didiamkan Terbuka (Luar Ruangan)	02/07/2023	09/07/2023	7	3,92	283	36,03	
3	Didiamkan Terbuka (Luar Ruangan)	02/07/2023	09/07/2023	7	3,93	313	39,85	
4	Didiamkan terbuka (Luar Ruangan)	02/07/2023	09/07/2023	7	3,93	252	32,09	
1	Dibungkus Plastik	02/07/2023	09/07/2023	7	3,89	208	26,48	29,76
2	Dibungkus Plastik	02/07/2023	09/07/2023	7	3,87	235	29,92	
3	Dibungkus Plastik	02/07/2023	09/07/2023	7	3,86	233	29,67	
4	Dibungkus Plastik	02/07/2023	09/07/2023	7	3,93	259	32,98	
1	Didiamkan Terbuka (Dalam Ruangan)	02/07/2023	09/07/2023	7	3,83	216	27,50	27,53
2	Didiamkan Terbuka (Dalam Ruangan)	02/07/2023	09/07/2023	7	3,89	223	28,39	
3	Didiamkan Terbuka (Dalam Ruangan)	02/07/2023	09/07/2023	7	3,85	217	27,63	
4	Didiamkan Terbuka (Dalam Ruangan)	02/07/2023	09/07/2023	7	3,97	209	26,61	

Dari tabel 4.41 hasil analisa uji t diatas menunjukkan nilai kuat tekan rata-rata yang lebih tinggi yakni pada metode perawatan didiamkan terbuka (luar ruangan) sebesar 37,15 Mpa, sedangkan perawatan dibungkus plastik sebesar 29,76 MPa, dan didiamkan terbuka (dalam ruangan) sebesar 28,67 MPa.

Tabel 4.6 Perbandingan Nilai Rata-rata Kuat Tekan Beton Geopolimer

Nilai Kuat Tekan Beton			
Metode Perawatan	Suhu	Uji t	Uji F
Didiamkan Terbuka (Luar Ruangan)	23°C - 28°C	37,15	35,45
Dibungkus Plastik	25°C	29,76	31,40
Didiamkan Terbuka (Dalam Ruangan)	24°C - 25°C	27,53	27,53

Hasil diatas menunjukkan adanya perbedaan nilai rata-rata kuat tekan beton pada tiap metode perlakuan perawatan dengan suhu yang bervariasi. Hal ini menunjukkan bahwa metode perlakuan perawatan terhadap suhu ruangan sangat mempengaruhi kuat tekan, sehingga berdasarkan penelitian Khoiriyah, N. L., & Maisytoh, D. P. (2016). suhu perawatan yang lebih tinggi cenderung lebih baik untuk menghasilkan kuat tekan yang tinggi adalah benar.

5. Kesimpulan dan Saran

Kesimpulan

Berdasarkan hasil penelitian yang dilakukan dapat diambil kesimpulan dari pengaruh metode perlakuan perawatan terhadap kuat tekan beton geopolimer mutu f'c 35 MPa dengan metode perawatan/curing didiamkan terbuka (luar ruangan), dibungkus plastik, dan didiamkan terbuka (dalam ruangan) yaitu :

1. Hasil tabel 4.2 menunjukkan bahwa ada pengaruh perlakuan perawatan terhadap kuat tekan beton geopolimer.
2. Hasil analisis pada tabel 4.6 dan tabel 4.7 menunjukkan ada perbedaan nilai kuat tekan. Dimana nilai uji t kuat tekan pada metode didiamkan terbuka (luar ruangan) sebesar 37,15 MPa, dibungkus plastik 29,76 MPa dan didiamkan terbuka (dalam ruangan) 27,53 MPa.

Sedangkan nilai uji F kuat tekan pada metode didiamkan terbuka (luar ruangan) sebesar 35,45 MPa, dibungkus plastik 31,40 MPa dan didiamkan terbuka (dalam ruangan) 28,67 MPa.

3. Hasil analisa yang sudah didapatkan pada grafik hasil hubungan metode perawatan pada uji F kuat tekan beton menunjukkan bahwa metode perlakuan perawatan yang lebih tinggi yaitu pada metode perlakuan perawatan didiamkan terbuka (luar ruangan).

Saran

Setelah melakukan penelitian eksperimen perawatan beton geopolimer f'c 35 MPa, penulis menyadari adanya kekurangan dari penelitian ini. Oleh karena itu penulis mempunyai saran untuk peneliti selanjutnya agar dapat menyempurnakan penelitian ini sebagai berikut:

1. Perlu diteliti lebih lanjut perihal perubahan suhu pada beton geopolimer selama masa perawatan.
2. Perlu diperhatikan dalam pemberian suhu yang konstan dan perawatan pada beton geopolimer agar mendapatkan kuat tekan yang signifikan.
3. Perlu diteliti lebih lanjut bahan pengganti selain Abu Cangkang Kelapa Sawit.
4. Perlu diteliti lebih lanjut perlakuan perawatan beton geopolimer pada molaritas aktivator yang berbeda.

DAFTAR PUSTAKA

- Achmad, D. (2012). *EFEK PERAWATAN TERHADAP KARAKTERISTIK BETON GEOPOLIMER*. 11(1), 83.
- Anonim. (2014). *SNI 2491:2014 Metode Uji Kekuatan Tarik Belah Spesimen Beton Silinder Standard Test Method for Splitting Tensile Strength of Cylindrical Concrete Specimens (ASTM C496/C496M-04, IDT)*. Badan Standardisasi Nasional Indonesia, 1–17.
- Anonim. (2012). *Perilaku Kuat Tekan Beton Dengan Abu Cangkang Sawit Sebagai Pengganti Sebagian Semen*. Jurnal Inersia, 4(2), 43.
- Anonim. (2012). *SNI ASTM C123:2012 Metode uji partikel ringan dalam agregat* (pp. 3–5). http://infopk.bsn.go.id/index.php?/sni_main/sni_detail_sni/14460
- Anwary, A., Olivia, M., & Sitompul, I. R. (2020). *Kuat Tekan dan Kuat Lentur Beton Geopolimer Fly Ash Bottom Ash (FABA) Hybrid Variasi Extra Water/FABA*. Jom FTEKNIK, 7, 4.
- Khoiriyah, N. L., & Maisytoh, D. P. (2016). *Karakteristik Mortar Geopolimer Dengan Perawatan Oven Pada Berbagai Variasi Waktu Curing*. Jurnal Teknik Sipil, 15(1).
- Irawan, R. R., Hardono, S., & Budiman, Y. I. (2015). *Beton dengan Sedikit Semen Portland dan Tanpa Semen Portland dengan Memanfaatkan Abu Terbang PLTU Batubara*, 39-47.
- Mathofani, A., Priskasari, E., & Aditama, V. (n.d.). *The Effect of The Use of Sugarcane Bag Ash and Silica Fume on the Strength of Fly Ash-Based Geopolymer Concrete*. 1–9
- Mulyati, M., & Arkis, Z. (2020). *Pengaruh Metode Perawatan Beton Terhadap Kuat Tekan Beton Normal*. Jurnal Teknik Sipil ITP, 7(2), 78. <https://doi.org/10.21063/jts.2020.v702.05>
- Ningrum, D., Wijaya, H. S., & Van, E. (2023). *Effect of Treatment Age on Mechanical Properties of Geopolymer Concrete*. Asian Journal Science and Engineering, 1(2), 122. <https://doi.org/10.51278/ajse.v1i2.544>
- Nurrudin, et al. (2018). *Methods of curing geopolymer concrete: A review*. International Journal of ADVANCED AND APPLIED SCIENCES, 5(1), 31–36. <https://doi.org/10.21833/ijaas.2018.01.005>
- Tambingon, F. R., Sumajouw, M. D. J., & Wallah, S. E. (2018). *Kuat Tekan Beton Geopolimer Dengan Perawatan Temperatur Ruangan*. 6(9), 641:644-645. <https://ejournal.unsrat.ac.id/v3/index.php/jss/article/view/20401>
- Tjoanto, R., Wallah, S. E., & Handono, B. D. (2021). *Pengujian Kuat Tekan Beton Geopolimer dengan Penambahan Semen Putih pada Perawatan Suhu*

- Ruang*. Jurnal Sipil Statik, 9(4), 755–762.
<https://ejournal.unsrat.ac.id/v3/index.php/jss/article/view/39034>
- Triwulan, Ekaputri, J. J., & Adiningtyas, T. (2007). *Analisa Sifat Mekanik Beton Geopolimer Berbahan Dasar Fly Ash dan Lumpur Porong Kering sebagai Pengisi*. Jurnal Teknologi Dan Rekayasa Sipil, 33(3), 127.
- Utomo, T. (2017). *Analisa kuat tekan beton geopolimer dengan bahan alternatif abu sekam padi dan kapur padam*. 59–60.
- Wallah, S. E. (2014). *Pengaruh Perawatan dan Umur Terhadap Kuat Tekan Beton Geopolimer Berbasis Abu Terbang*. Jurnal Ilmiah Media Engineering, Vol. 4 No.(ISSN: 2087-9334), 1.
<https://ejournal.unsrat.ac.id/index.php/jime/article/view/4455>
- Mustafa Al Bakria, A. M., Kamarudin, H., bin Hussain, M., Khairul Nizar, I., Zarina, Y., & Rafiza, A. R. (2011). *The effect of curing temperature on physical and chemical properties of geopolymers*. Physics Procedia, 22, 286–291.
<https://doi.org/10.1016/j.phpro.2011.11.045>