

## KUAT TARIK LENTUR BETON GEOPOLYMER DENGAN TEMPERATUR RUANGAN

Rendy James Rumajar

Marthin Sumajouw, Ronny Pandaleke

Fakultas Teknik Jurusan Sipil Universitas Sam Ratulangi Manado

Email: [rrumajar@gmail.com](mailto:rrumajar@gmail.com)

### ABSTRAK

*Beton geopolimer adalah beton ramah lingkungan yang menggunakan abu terbang yang kaya akan silika dan alumina dan di campur dengan cairan alkalin. Bahan yang terbentuk ini mempunyai kekuatan tekan yang tinggi, dan ketahanan terhadap tarik rendah. Kekuatan tekan beton didefinisikan sebagai tegangan yang terjadi dalam benda uji pada pemberian beban hingga benda uji tersebut hancur. Kuat tekan beton adalah besarnya beban per satuan luas yang menyebabkan beton hancur. Kekuatan tekan beton didefinisikan sebagai tegangan yang terjadi dalam benda uji pada pemberian beban hingga benda uji tersebut hancur. Kuat tekan beton adalah besarnya beban per satuan luas yang menyebabkan beton hancur. Dari hasil penelitian dihasilkan berat volume berkisar  $2200-2400 \text{Kg/m}^3$  dan dapat diklasifikasikan dalam beton normal. Dalam penelitian ini juga di dapat nilai  $f_r/\sqrt{f'_c}$  berkisar antara 0,29-1,095*

**Kata kunci:** Beton Geopolymer, Kuat Tekan dan Kuat Tarik Lentur

### PENDAHULUAN

#### Latar Belakang

Beton merupakan salah satu bahan bangunan yang pada saat ini banyak dipakai di Indonesia dalam pembangunan fisik. Penggunaan beton merupakan pilihan utama karena beton merupakan bahan dasar yang mudah dibentuk dengan harga yang relatif murah dibandingkan dengan bahan konstruksi lainnya.

Beton adalah campuran dari agregat halus dan agregat kasar (pasir, kerikil, batu pecah atau jenis agregat lain) dengan semen, yang dipersatukan oleh air dalam perbandingan tertentu. Namun dalam beberapa tahun belakangan ini beton yang terbuat dari semen Portland menjadi perhatian karena ketidaktahannya terhadap kondisi lingkungan, reaksi kimianya dan proses pembuatannya yang berdampak pada emisi rumah kaca. Maka penelitian terus dilakukan agar mendapatkan material yang dapat menjawab persoalan tentang beton jenis ini. Salah satunya yaitu beton geopolimer.

Beton geopolimer adalah beton ramah lingkungan yang menggunakan abu terbang yang kaya akan silika dan alumina dan di campur dengan cairan alkalin. Bahan yang terbentuk ini mempunyai kekuatan tekan yang tinggi, dan ketahanan terhadap tarik rendah.

Uji tarik adalah cara pengujian bahan yang paling mendasar. Pengujian ini sangat sederhana, tidak mahal dan sudah mengalami standarisasi di seluruh dunia. Dengan menaruh suatu bahan kita akan segera mengetahui bagaimana bahan tersebut bereaksi terhadap tenaga tarikan dan mengetahui sejauh mana material itu bertambah panjang. Pengujian kuat tarik beton dapat dilakukan dengan tiga cara,

1. Uji tarik langsung, dimana sebuah batang beton diberi gaya aksial tarik sampai batang beton runtuh,
2. Uji tarik Brazilien, yaitu pembelahan silinder oleh suatu desakan kearah diameternya untuk mendapatkan apa yang disebut kuat tarik belah,
3. Uji tarik lentur, pengujian yang paling sering digunakan dalam menentukan kekuatan tarik beton dimana beban diterapkan yang selanjutnya dapat dihitung dengan rumus balok biasa.

Penelitian yang akan dilakukan menggunakan metode tarik lentur yang akan memberikan perbandingan antara kuat tekan dan dan tarik lentur pada beton geopolimer.

### TINJAUAN PUSTAKA

#### Beton Konvensional

Beton adalah sebuah bahan bangunan komposit yang terbuat dari Beton mempunyai karakteristik tegangan hancur tekan yang tinggi serta tegangan hancur tarik yang rendah. Beton tidak dapat dipergunakan pada elemen konstruksi yang memikul momen lengkung atau tarikan, karena beton sangat lemah dalam menerima gaya tarik.

**Beton Geopolymer**

Geopolymer adalah campuran beton di mana penggunaan material semen portland sebagai bahan pengikat digantikan oleh bahan lain seperti abu terbang (fly ash), abu kulit padi (rice husk ash), dan lain-lain yang banyak mengandung silika dan aluminium (Davidovits, 1997). Geopolymer merupakan produk beton geosintetik dimana reaksi pengikatan yang terjadi adalah reaksi polimerisasi. Dalam reaksi polimerisasi, silika (Si) dan aluminium (Al) mempunyai peranan yang penting dalam ikatan polimerisasi. Reaksi silika dan aluminium dengan alkaline akan menghasilkan SiO<sub>4</sub> dan AlO<sub>4</sub>

**Binder**

Binder adalah bahan pengikat dalam campuran beton yang terdiri dari fly ash dan alkaline aktivator yang berupa sodium silikat (Na<sub>2</sub>SiO<sub>3</sub>) dan sodium hidroksida (NaOH).

1. Fly ash  
Fly ash, biasa dikenal sebagai abu berbentuk serbuk, yang merupakan hasil sisa dari pembakaran abu batu bara pada pembangkit tenaga listrik, yang dipisahkan dari gas pembakaran melalui pengumpul mekanik atau elektrostatik.
2. Sodium Hidroksida (NaOH)  
Sodium hidroksida berfungsi untuk mereaksikan unsur-unsur Al dan Si yang terkandung dalam fly ash sehingga dapat menghasilkan ikatan polimer yang kuat.
3. Sodium silikat  
Sodium silikat ini merupakan salah satu larutan alkali yang mempunyai peranan penting dalam proses polimerisasi karena sodium silikat mempunyai fungsi untuk mempercepat reaksi polimerisasi.

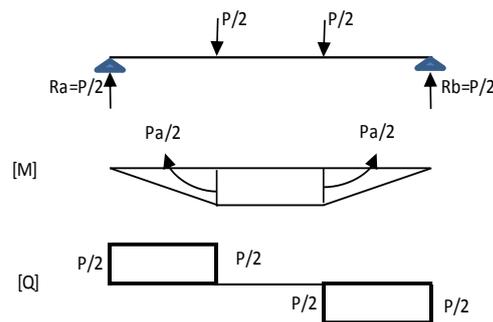
**Proses Curing**

Agar memperoleh beton geopolymer berbahan dasar fly ash yang optimal, maka harus memperhatikan perawatan setelah

beton geopolymer dicetak. Metode perawatan (curing) yang ada saat ini adalah dengan memberi panas dan kelengasan (Sanjaya dan Yuwono, 2006).

**Kuat Tarik Lentur**

Kuat tarik lentur adalah kemampuan balok yang diletakan pada kedua perletakan untuk menahan gaya tegak lurus sumbu benda uji sampai benda uji patah dinyatakan dalam Mega Pascal (MPa) gaya per satuan luas (SNI 4431:2011).



Gambar 1. Bidang moment dan bidang geser

SNI 4431-2011 Pembebanan dilakukan 1/3 bentang untuk mendapatkan lentur murni. Untuk pengujian dimana bidang patah terletak di daerah pusat (daerah 1/3 jarak titik perletakan bagian tengah), maka kuat lentur beton dapat dihitung menggunakan persamaan berikut:

$$\sigma_1 = \frac{P.L}{b.h^2} \dots\dots\dots(1)$$

Untuk pengujian dimana patahnya benda uji ada diluar pusat (daerah 1/3 jarak titik perletakan bagian tengah), dan jarak antara titik patah kurang dari 5% dari jarak antara titik perletakan maka kuat lentur beton dihitung menurut persamaan berikut

$$\sigma_1 = \frac{P.a}{b.h^2} \dots\dots\dots(2)$$

Keterangan :

- $\sigma_1$  = Kuat lentur (MPa)
- P = Beban maksimum (N)
- I = Panjang bentang pengujian (mm)
- b = Lebar benda uji (mm)
- h = Tinggi benda uji (mm)
- a = Jarak rata-rata antara tampang lintang patah dan tumpuan luar yang terdekat (mm)

**Kuat Tekan Beton**

Kekuatan tekan beton didefinisikan sebagai tegangan yang terjadi dalam benda uji pada pemberian beban hingga benda uji tersebut hancur. Kuat tekan beton adalah besarnya beban per satuan luas yang menyebabkan beton hancur.

Kuat tekan dapat dihitung dengan rumus sebagai berikut :

$$f'c = \frac{P}{A} \dots \dots \dots (3)$$

Keterangan :

$f'c$  = kuat tekan beton (kg/cm<sup>2</sup>)

P = beban (kg)

A = luas penampang

**METODOLOGI PENELITIAN**

**Metode Penelitian**

Metode penelitian yang digunakan bersifat eksperimental yang diawali dengan studi literatur.

tahapan penelitian :

1. Studi literatur
2. Persiapan alat dan bahan
  - a. Agregat kasar  
Berasal dari lansot-kema
  - b. Agregat halus  
Berasal dari girian
  - c. Fly ash  
Fly ash kelas f yang berasal dari PLTU amurang
  - d. Alkali aktivator  
terdiri dari sodium silika dan sodium hidroksida dengan konsentrasi 14 molar
  - e. Superplastisizer  
Digunakan sikacim concrete additive yang di produksi dari PT. Sika Indonesia
3. Pemeriksaan agregat kasar dan agregat halus.
4. Trial mix
5. Pembuatan benda uji silinder dan balok.
6. Perawatan benda uji  
Dalam penelitian ini menggunakan suhu ruangan
7. Pemeriksaan berat volume benda uji
8. Pemeriksaan kuat tekan
9. Pemeriksaan kuat tarik lentur
10. Analisis data
11. Kesimpulan

**Komposisi campuran**

Komposisi campuran beton pada penelitian ini didapat dengan cara melakukan trial mix sehingga mendapatkan suatu campuran yang diinginkan. Hal ini dikarenakan beton geopolimer belum memiliki standart mengenai desain campuran. Trial mix ini mengacu pada penlitian D. Hardjito dan B. V. Rangan dalam penelitiannya “*Development and Properties of Low Calsium Fly Ash-Based Geopolymer Concrete*”. Dari trial mix dilakukan, maka didapat komposisi campuran yang telah dimodifikasi.

Tabel 1. Komposisi Campuran Beton

Material	Berat (kg/m <sup>3</sup> )
Agregat kasar	1294
Agregat halus	554
Fly ash	476
Sodium hidroksida	120 (14m)
Sodium silika	300
superplastis	12.2

Dilakukan modifikasi proporsi dari penelitian sebelumnya untuk mempermudah proses pembuatan benda uji.

**HASIL DAN PEMBAHASAN**

**Pemeriksaan Material**

Hasil pemeriksaan agregat kasar dapat dilihat pada Tabel 2. sebagai berikut:

Tabel 2. Karakteristik Agregat Kasar

Jenis	Batu Pecah	
Asal	Lansot kema	
Ukuran Maksimum	20	Mm
Modulus kehalusan	2.027	
Berat jenis kering	2.68	
Berat jenis SSD	2.72	
Absorbsi Maksimum	1.47	%
Keausan (Abrasi)	18.58	%
Kadar Air	7.92	%
Berat Volume padat	1.18	gr/cm <sup>3</sup>
Berat Volume gembur	1.09	gr/cm <sup>3</sup>

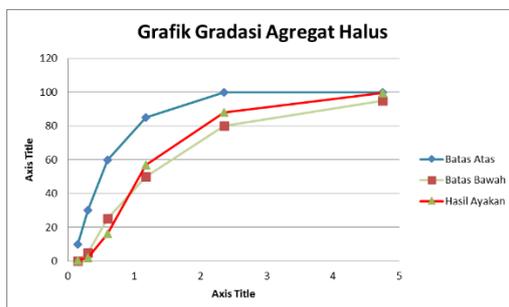


Gambar 2. Hasil Analisa Saringan Agregat Kasar dari lansot kema

Agregat kasar yang berasal dari lansot-kema

Tabel 3. Karakteristik Agregat Halus dari girian

Jenis	Pasir	
Asal	Girian	
Ukuran Maksimum	4.75	Mm
Modulus kehalusan	2.027	
Berat jenis kering	2.03	
Berat jenis SSD	2.26	
Absorpsi Maksimum	11.33	%
Kadar lumpur	0.24	%
Kadar Air	7.92	%



Gambar 3. Hasil Analisa Saringan Agregat Halus dari girian

Agregat halus dari girian yang digunakan dalam campuran beton memenuhi syarat ASTM C-33. Dan dapat digunakan dalam campuran.

### Berat Volume Beton

Berat volume beton adalah perbandingan antara berat beton terhadap volumenya. Berat volume dihitung dengan rumus sebagai berikut :

$$Y_c = \frac{W}{V} \dots \dots \dots (4)$$

Keterangan :

$Y_c$  = Berat volume beton (Kg/m<sup>3</sup>)

$W$  = Berat benda uji (Kg)

$V$  = Volume beton (m<sup>3</sup>)

Tabel 4. klasifikasi beton berdasarkan SNI 03-2847-2002

Jenis beton	Berat volume beton kering udara (kg/m <sup>3</sup> )
beton ringan	<2200
beton normal	2200-2500
beton berbobot berat	>2500

Tabel 5. Berat volume beton (silinder 10x20 cm)

Semen	Berat volume rata-rata (kg/m <sup>3</sup> )	
	umur 7 hari	umur 28 hari
0%	2242,154	2252,764
2,5%	2253,337	2258,791
5%	2249,496	2309,657
10%	2326,739	2220,827

Dari tabel di atas berat volume beton berkisar 2220,827-2326,739 kg/m<sup>3</sup> maka beton pada penelitian ini tergolong beton normal karena berada di interval 2200-2500.

Tabel 6. Berat volume beton (balok 10x10x40 cm)

Semen	Berat volume rata-rata (kg/m <sup>3</sup> )	
	umur 7 hari	umur 28 hari
0%	2275,833	2311,667
2,5%	2298,333	2330,833
5%	2289,167	2305,833
10%	2324,167	2332,500

Dari tabel di atas berat volume beton berkisar 2275,833-2332,5 kg/m<sup>3</sup> maka beton pada penelitian ini tergolong beton normal karena berada di interval 2200-2500.

### Hasil Pengujian Tuat Tekan

Dalam penelitian ini menggunakan benda uji silinder 10 x 20 cm. Nilai yang di dapat selanjutnya di hitung dengan perhitungan kuat tekan dengan mengacu pada SNI 03-1974-1990 kemudian didapatkan hasil sebagai berikut :

Tabel 7. hasil pengujian kuat tekan (silinder 10x20 cm)

Semen	Kuat tekan rata-rata (MPa)	
	umur 7 hari	umur 28 hari
0%	14,467	21,663
2,5%	18,333	22,053
5%	18,713	24,990
10%	21,147	24,670

Berdasarkan tabel 7 dapat dilihat nilai kuat tekan beton di umur 7 hari mengalami kenaikan seiring bertambahnya jumlah semen yang di substitusikan. Sedangkan pada umur 28 hari nilai kuat tekan optimum di substitusi semen 5%.

**Hasil Pengujian Kuat Tarik Lentur**

Pengujian tarik lentur mengacu pada SNI 4431:2011, kemudian diperoleh nilai kuat tarik lentur sebagai berikut :

Tabel 8. hasil pengujian kuat tarik lentur (balok 10x10x40 cm)

Semen	Kuat tarik lentur rata-rata (MPa)	
	umur 7 hari	umur 28 hari
0%	1,177	1,348
2,5%	1,260	2,954
5%	2,709	4,850
10%	4,340	5,440

Berdasarkan tabel 8, dapat disimpulkan bahwa nilai kuat tarik lentur naik seiring bertambahnya jumlah semen yang substitusikan kedalam campuran beton.

**Perbandingan kuat tekan dan kuat tarik lentur**

Peraturan SNI 03-2847-2002 menetapkan nilai modulus keruntuhan lentur untuk beton normal (tanpa tulangan) yaitu :

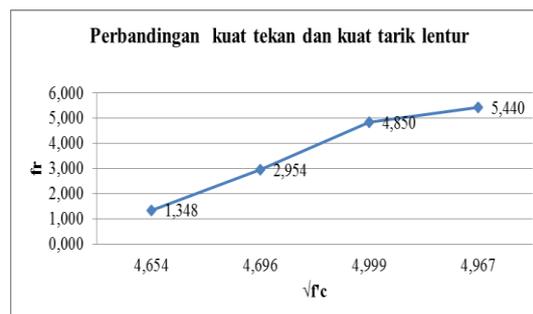
$$fr = 0.7 \sqrt{f'c} \dots\dots\dots(5)$$

Dari nilai tersebut dapat dibuat suatu hubungan antara kuat tekan dan kuat lentur beton seperti pada tabel dibawah ini :

Tabel 9. Perbandingan  $\sqrt{f'c}$  dan  $fr/\sqrt{f'c}$

variasi semen	kuat tarik lentur (fr) (MPa)	kuat tekan (MPa)	Perbandingan	
			$\sqrt{f'c}$	$fr/\sqrt{f'c}$
0%	1,348	21,663	4,654	0,290
2,5%	2,954	22,053	4,696	0,629
5%	4,850	24,990	4,999	0,970
10%	5,440	24,670	4,967	1,095

Dari tabel 9 di peroleh nilai  $fr/\sqrt{f'c}$  berkisar antara 0.29-1,095



Gambar 4. Grafik hubungan fr dan  $\sqrt{f'c}$

**PENUTUP**

**Kesimpulan**

1. Berdasarkan klasifikasi berat jenis beton, hasil penelitian berat volume beton termasuk beton berbobot normal karena beton berada di interval 2200-2500 Kg/m<sup>3</sup>
2. Nilai kuat tarik lentur naik seiring bertambahnya persentasi semen yang di yang disubtitusikan. Namun dalam penelitian ini substitusi semen hanya sampai 10%
3. Nilai  $fr/\sqrt{f'c}$  berkisar antara 0,29-1.095

**Saran**

1. Perlu diadakan penelitian lanjut mengenai jumlah substitusi semen yang optimum
2. Karena campuran cepat mengeras sehingga dibutuhkan beberapa orang saat pengecoran.
3. Perlu dilakukan penelitian lanjut mengenai modifikasi campuran agar mempermudah saat pengecoran

**DAFTAR PUSTAKA**

Badan Standardisasi Nasional, SNI 03-1974-1990 tentang *Metode Pengujian Kuat Tekan*.

Badan Standarisasi National SNI 03-2847-2002 tentang *Tata cara perhitungan struktur beton untuk bangunan gedung*

Badan Standarisasi National, SNI 4431-2011 tentang *Metode Pengujian Kuat Tarik Lentur*.

Hardjito, D., Wallah S. E., and Rangan, B. V., 2004. *Faktor Influencing The Compressive Strength of fly ash best Geopolymer Concrete*.

Mulyono, Tri, 2003, *Teknologi Beton*, Andi, Jakarta.

Murdock L.J dan Brook K.M, 1991, *Kuat Tarik Beton*.

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 November 2014, ISSN 2337-6732 (330-336)

Sumajouw M. D. J., dan Dapas, S. O., 2013. *Elemen Struktur Beton Bertulang Geopolymer*, Penerbit Andi, Yogyakarta.