



Pengaruh Perawatan Terhadap Kuat Tekan Beton Geopolimer Berbasis Kaolin

Hendrico J. Waraba^{#a}, Steenie E. Wallah^{#b}, Reky S. Windah^{#c}

[#]Program Studi Teknik Sipil Universitas Sam Ratulangi, Manado, Indonesia
^ahendricowaraba17@gmail.com, ^bsteenie@unsrat.ac.id, ^crekywindah@unsrat.ac.id

Abstrak

Beton geopolimer adalah beton yang diaktifkan dengan alkali yang didalamnya yaitu silika dan alumina. Bahan dasar yang digunakan pada penelitian ini yaitu kaolin. Pada penelitian ini, disubstitusi sebagian kecil semen jenis portland composite cement (PCC) sebanyak 15% dari komposisi binder. Penelitian ini bertujuan untuk menganalisa jenis curing pada kuat tekan beton geopolimer yang diteliti dengan bahan dasar kaolin. Metode penelitian yang digunakan dalam penelitian ini adalah rancangan percobaan yang dilaksanakan di Laboratorium Struktur dan Material Bangunan, Fakultas Teknik, Universitas Sam Ratulangi. Benda uji yang digunakan berbentuk silinder dengan variasi perawatan yaitu (room temperature curing) selama 24 jam dan (elevated temperature curing) pada suhu 60°C selama 6 jam & 24 jam ; suhu 90°C selama 6 jam & 24 jam. Waktu pengujian kuat tekan beton geopolimer berumur 7, 14, & 28 hari. Hasil penelitian ini menunjukkan bahwa kuat tekan beton geopolimer berbasis kaolin terjadi kenaikan yang signifikan pada perawatan suhu oven (room temperature curing) 60°C 24 jam pada umur 28 hari. Kuat tekan beton geopolimer yang dihasilkan dengan rata-rata adalah sebesar 26,74 MPa. Sedangkan perawatan suhu ruangan (room temperature curing) selama 24 jam memiliki nilai kuat tekan beton geopolimer yang kenaikannya tidak signifikan, namun cukup dibilang stabil karena kenaikan kuat tekannya meningkat pada lamanya umur beton tersebut.

Kata kunci : Beton Geopolimer, Kaolin, Kuat Tekan, Room Temperature Curing, Elevated Temperature Curing

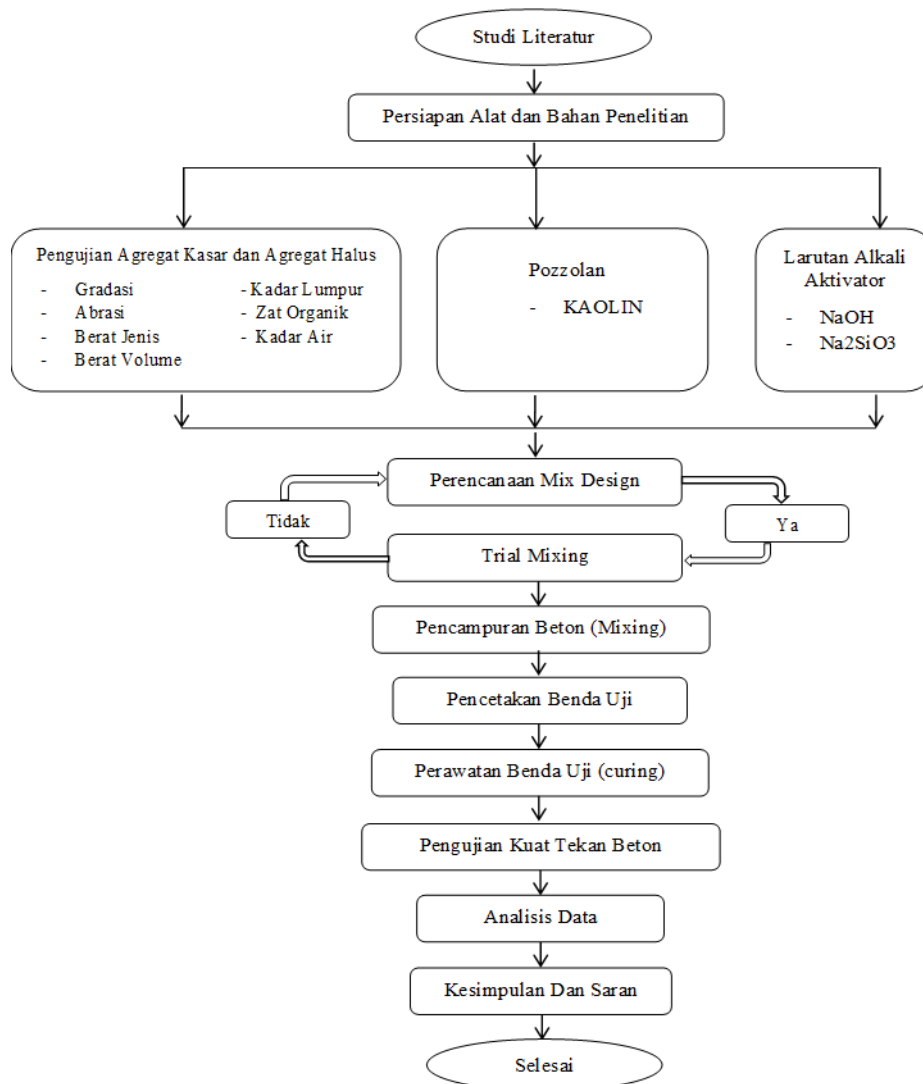
1. Pendahuluan

Pembangunan konstruksi bangunan gedung dan jembatan yang ada pada jaman sekarang lebih banyak menggunakan material beton dari pada baja atau kayu, karena material-material pembentuk beton seperti agregat halus(pasir), agregat kasar (kerikil), air dan semen mudah didapat, serta material beton juga sangat mudah dibentuk. Semen adalah hasil industri dari bahan baku batu kapur sebagai bahan utama, dan lempung (tanah liat) atau bahan pengganti lainnya dengan hasil akhir berupa padatan berbentuk bubuk. Semen merupakan perekat *non-organik* yang biasa digunakan bersama-sama dengan pasir, kerikil dan air untuk membuat beton. Semen juga digunakan untuk membuat material-material yang akan digunakan sebagai komponen dalam pekerjaan konstruksi seperti bata berlubang, bata ringan, keramik dan juga untuk membuat plesteran dan acian. Banyak pengujian-pengujian yang dilakukan untuk mencari material yang mempunyai fungsi yang sama dengan semen yaitu sebagai pengikat campuran beton. Jika dalam pengujian berhasil, material tersebut yang akan menjadi bahan pengganti sebagian semen. Tujuan dari pengujian tersebut adalah untuk mengurangi penggunaan semen karena dampaknya yang begitu besar yang terjadi pada industri dari semen tersebut, diantaranya adalah pencemaran udara pada sekitar lingkungan pabrik, kualitas air bertambah buruk pada lingkungan setempat akibat limbah cair dari pabrik dalam bentuk minyak dan sisa air dari kegiatan penambangan tanah liat. Selain itu bahan-bahan untuk membuat semen tidak selamanya tersedia maka perlu dipertimbangkan terpenuhinya kebutuhan bahan semen, mengingat tingginya peningkatan permintaan akan bahan pembuat semen yang diperkirakan tidak akan seimbang dengan

ketersediaan bahan tersebut. Dr. Januarti J.E.Eng. (2020), menjelaskan bahwa bahan pozzolan adalah bahan yang biasa digunakan dalam penelitian sebagai fungsi untuk mengganti sebagian semen, dengan tujuan untuk mereduksi pemakaian semen. Bahan pozzolan yaitu bahan yang dikategorikan sebagai bahan yang mempunyai sifat fisik dan jenis kandungan kimia yang sama dengan semen. Bahan-bahan pozzolan yang telah dimanfaatkan dalam penelitian-penelitian sebelumnya adalah Abu terbang (*Fly Ash*), Abu sekam padi, Abu serabut kelapa, *Silica fume* dan Kaolin. Jumlah cadangan kaolin di Desa Toraget di perkirakan mencapai 1.000.000 ton, dan sesuai hasil pemeriksaan kimia terdapat 43,88% Silika (SiO_2), 38,79% Alumina (Al_2O_3) dan 0,42% Besi Oksida (Fe_2O_3) (Depertemen Perindustrian Propinsi Sulawesi Utara, 1984). Jika dijumlahkan prosentasenya ketiga senyawa tersebut melebihi 70%, Sesuai standar *American Society for Testing and Materials* (ASTM C 618-04), maka kaolin dapat digunakan sebagai bahan dasar pembentuk beton geopolimer.

2. Metode Penelitian

Metode penelitian yang digunakan untuk penelitian ini adalah metode Experimental. Data-data yang didapatkan di Laboratorium Struktur dan Rekayasa Material, Jurusan Teknik Sipil, Fakultas Teknik Sipil, Universitas Sam Ratulangi Manado kemudian dianalisa untuk mendapatkan hasil penelitian..



Gambar 1. Bagan Alir Penelitian

3. Hasil Dan Pembahasan

3.1. Komposisi Campuran

Tabel 1. Komposisi Campuran Beton Geopolimer

Material	kg/m ³	g/cm ³	g/sampel
Kaolin	234.765	0.235	368.5811
NaOH	82.485	0.082	129.5015
Na ₂ SiO ₃	222.075	0.222	348.6578
Semen	95.175	0.095	149.4248
Agregat Halus	576	0.576	904.32
Agregat Kasar	981	0.981	1540.17

3.2. Pengujian Pozzolan Kaolin

Tabel 2. Komposisi Kimia Kaolin Hasil Uji XRF

No.	Parameter	Persentase
1	Al ₂ O ₃	33,0 %
2	SiO ₂	48,3 %
3	P ₂ O ₅	0,95 %
4	K ₂ O	0,79 %
5	CaO	0,50 %
6	TiO ₂	4,63 %
7	V ₂ O ₅	0,11 %
8	Fe ₂ O ₃	4,34 %
9	CuO	0,061 %
10	Ga ₂ O ₃	0,041 %
11	SrO	0,24 %
12	ZrO ₂	0,55 %
13	MnO ₃	6,49 %

3.3. Pemeriksaan Berat Volume Beton

Tabel 3. Rata-rata Berat Volume Beton Geopolimer dengan Perawatan Suhu Ruang (*room temperature curing*)

JENIS PERAWATAN BETON	PARAMETER	SAMPEL	Berat Benda Uji Rata Rata (kg)			Volume Beton (m ³)	Berat Benda Uji Rata Rata (kg/m ³)		
			7 hari	14 hari	28 hari		7 hari	14 hari	28 hari
Suhu Ruang	24 jam	SR-1	3.53	3.52	3.50	0.00157	2246.4	2243.0	2228.2

Tabel 4. Rata-rata Berat Volume Beton Geopolimer dengan Perawatan Suhu Oven (*elevated temperature curing*) 60°C selama 6 jam dan 24 jam

JENIS PERAWATAN BETON	PARAMETER	SAMPEL	Berat Benda Uji Rata Rata (kg)			Volume Beton (m ³)	Berat Benda Uji Rata Rata (kg/m ³)		
			7 hari	14 hari	28 hari		7 hari	14 hari	28 hari
Suhu Oven	60°C 6 Jam	SO-1	3.49	3.48	3.46	0.00157	2222.1	2216.2	2204.2
Suhu Oven	60°C 24 Jam	SO-2	3.53	3.48	3.45	0.00157	2250.7	2217.7	2200.6

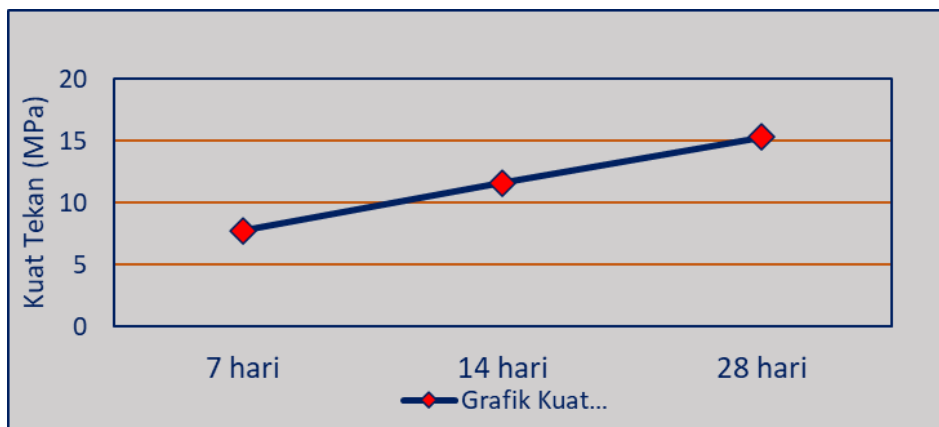
Tabel 5. Rata-rata Berat Volume Beton Geopolimer dengan Perawatan Suhu Oven (*elevated temperature curing*) 90°C selama 6 jam dan 24 jam

JENIS PERAWATAN BETON	PARAMETER	SAMPEL	Berat Benda Uji Rata Rata (kg)			Volume Beton (m ³)	Berat Benda Uji Rata Rata (kg/m ³)		
			7 hari	14 hari	28 hari		7 hari	14 hari	28 hari
Suhu Oven	90°C 6 Jam	SO-3	3.50	3.46	3.49	0.00157	2232.2	2206.6	2224.7
Suhu Oven	90°C 24 Jam	SO-4	3.36	3.38	3.40	0.00157	2137.9	2151.2	2166.1

3.4. Pemeriksaan Kuat Tekan

Tabel 6. Nilai Rata Rata Kuat Tekan Beton Geopolimer dengan Perawatan Suhu Ruangan (*Room Temperature Curing*) Umur 7, 14 dan 28 hari

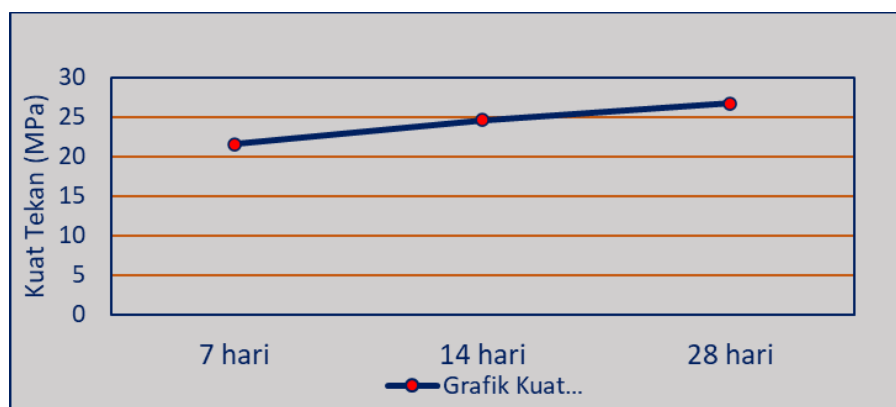
Perawatan	Nama Sampel	Waktu Pengujian	Berat Benda Uji	Beban Maksimum	Nilai	Rata-rata
			(kg)	(kN)	(Mpa)	(MPa)
Suhu Ruang (Room Temperature)	SR-1.1/7	7 hari	3.4745	61.7	7.86	7.7375
	SR-1.2/7		3.587	58.2	7.41	
	SR-1.3/7		3.5171	62.1	7.9	
	SR-1.4/7		3.5286	61.1	7.78	
Suhu Ruang (Room Temperature)	SR-1.1/14	14 hari	3.5382	91.2	11.62	11.62
	SR-1.2/14		3.4767	91.4	11.64	
	SR-1.3/14		3.5308	92.7	11.8	
	SR-1.4/14		3.5403	89.7	11.42	
Suhu Ruang (Room Temperature)	SR-1.1/28	28 hari	3.524	121.9	15.52	15.2975
	SR-1.2/28		3.4706	115.0	14.64	
	SR-1.3/28		3.565	125.0	15.92	
	SR-1.4/28		3.4336	118.6	15.11	



Gambar 2. Grafik Nilai Rata Rata Kuat Tekan Beton Geopolimer dengan Perawatan Suhu Ruangan (*Room Temperature Curing*) Ruangan Umur 7, 14 dan 28 hari

Tabel 7. Nilai Rata Rata Kuat Tekan Beton Geopolimer dengan Perawatan Suhu Oven (*Elevated Temperature Curing*) 60°C 6 Jam Umur 7, 14 dan 28 hari

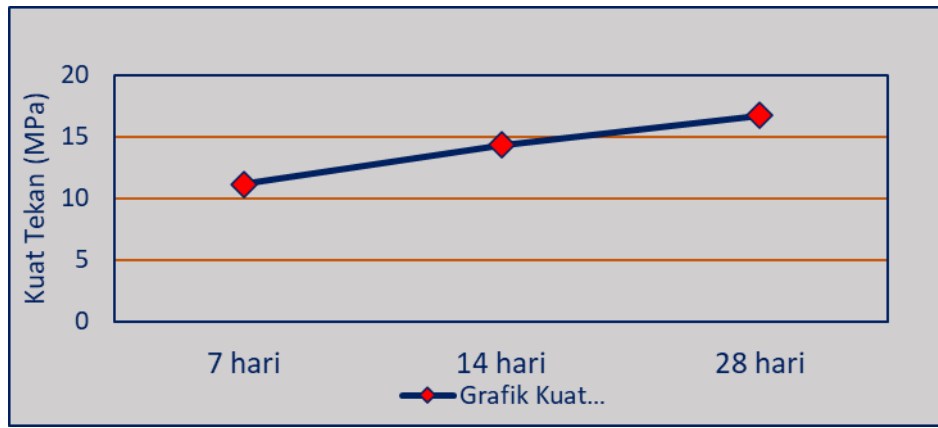
Perawatan	Nama Sampel	Waktu Pengujian	Berat Benda Uji	Beban Maksimum	Nilai	Rata-rata
			(kg)	(kN)	(Mpa)	(Mpa)
Suhu Oven (<i>Elevated Temperature</i>)	SO-1.1/7	7 hari	3.4424	85.5	10.89	11.175
	SO-1.2/7		3.4976	85.5	10.89	
	SO-1.3/7		3.5313	90.9	11.57	
	SO-1.4/7		3.4838	89.2	11.35	
Suhu Oven (<i>Elevated Temperature</i>)	SO-1.1/14	14 hari	3.5094	115.4	14.7	14.3425
	SO-1.2/14		3.4317	109.7	13.97	
	SO-1.3/14		3.4582	109.6	13.96	
	SO-1.4/14		3.5182	115.8	14.74	
Suhu Oven (<i>Elevated Temperature</i>)	SO-1.1/28	28 hari	3.4557	129.0	16.43	16.7575
	SO-1.2/28		3.486	129.1	16.43	
	SO-1.3/28		3.4498	137.0	17.44	
	SO-1.4/28		3.4508	131.4	16.73	



Gambar 3. Grafik Nilai Rata Rata Kuat Tekan Beton Geopolimer dengan Perawatan Suhu Oven (*Elevated Temperature Curing*) 60°C 6 Jam Umur 7, 14 dan 28 hari

Tabel 8. Nilai Rata Rata Kuat Tekan Beton Geopolimer dengan Perawatan Suhu Oven (*Elevated Temperature Curing*) 60°C 24 Jam Umur 7, 14 dan 28 hari

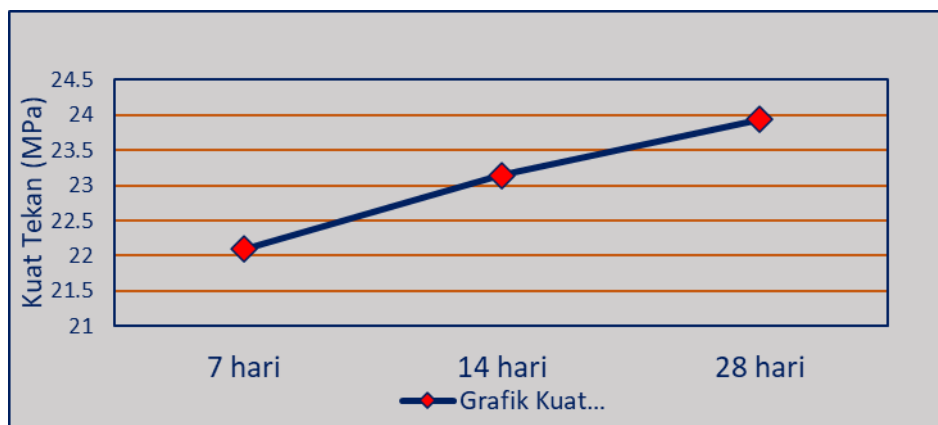
Perawatan	Nama Sampel	Waktu Pengujian	Berat Benda Uji	Beban Maksimum	Nilai	Rata-rata
			(kg)	(kN)	(Mpa)	(Mpa)
Suhu Oven (<i>Elevated Temperature</i>)	SO-2.1/7	7 hari	3.5289	170.4	21.7	21.5425
	SO-2.2/7		3.5135	172.1	21.91	
	SO-2.3/7		3.5533	159.1	20.26	
	SO-2.4/7		3.539	175.1	22.3	
Suhu Oven (<i>Elevated Temperature</i>)	SO-2.1/14	14 hari	3.486	198.0	25.22	24.6375
	SO-2.2/14		3.4318	201.2	25.62	
	SO-2.3/14		3.4945	183.3	23.34	
	SO-2.4/14		3.5148	191.4	24.37	
Suhu Oven (<i>Elevated Temperature</i>)	SO-2.1/28	28 hari	3.4717	211.6	26.94	26.745
	SO-2.2/28		3.4344	208.3	26.53	
	SO-2.3/28		3.5074	211.2	26.89	
	SO-2.4/28		3.4063	209.0	26.62	



Gambar 4. Grafik Nilai Rata Rata Kuat Tekan Beton Geopolimer dengan Perawatan Suhu Oven (*Elevated Temperature Curing*) 60°C 24 Jam Umur 7, 14 dan 28 hari

Tabel 9. Nilai Rata Rata Kuat Tekan Beton Geopolimer dengan Perawatan Suhu Oven (*Elevated Temperature Curing*) 90°C 6 Jam Umur 7, 14 dan 28 hari

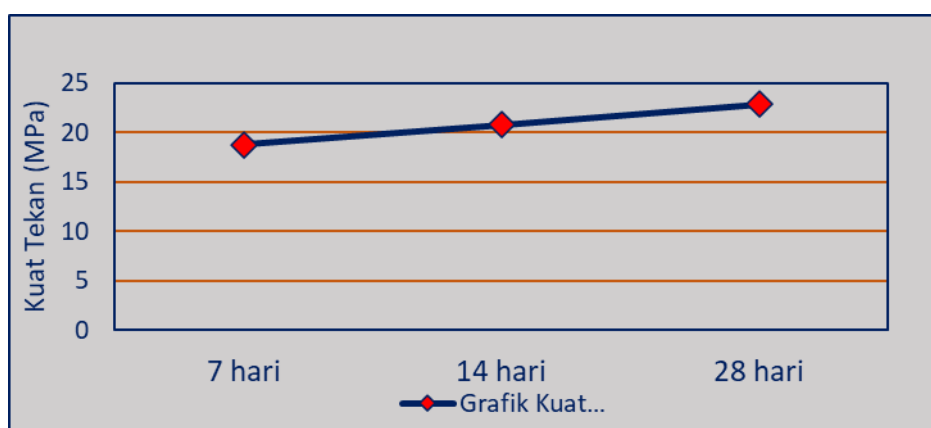
Perawatan	Nama Sampel	Waktu Pengujian	Berat Benda Uji	Beban Maksimum	Nilai	Rata-rata
			(kg)	(kN)	(Mpa)	(Mpa)
Suhu Oven (<i>Elevated Temperature</i>)	SO-3.1/7	7 hari	3.5013	163.8	20.85	22.095
	SO-3.2/7		3.5501	177.7	22.63	
	SO-3.3/7		3.4755	176.3	22.45	
	SO-3.4/7		3.4911	176.3	22.45	
Suhu Oven (<i>Elevated Temperature</i>)	SO-3.1/14	14 hari	3.4786	186.0	23.69	23.1375
	SO-3.2/14		3.4388	177.1	22.54	
	SO-3.3/14		3.4793	181.7	23.13	
	SO-3.4/14		3.4605	182.1	23.19	
Suhu Oven (<i>Elevated Temperature</i>)	SO-3.1/28	28 hari	3.5034	179.5	22.86	23.9375
	SO-3.2/28		3.4764	188.7	24.03	
	SO-3.3/28		3.5079	193.1	24.58	
	SO-3.4/28		3.4833	190.7	24.28	



Gambar 5. Grafik Nilai Rata Rata Kuat Tekan Beton Geopolimer dengan Perawatan Suhu Oven (*Elevated Temperature Curing*) 90°C 6 Jam Umur 7, 14 dan 28 hari

Tabel 10. Nilai Rata Rata Kuat Tekan Beton Geopolimer dengan Perawatan Suhu Oven (*Elevated Temperature Curing*) 90°C 24 Jam Umur 7, 14 dan 28 hari

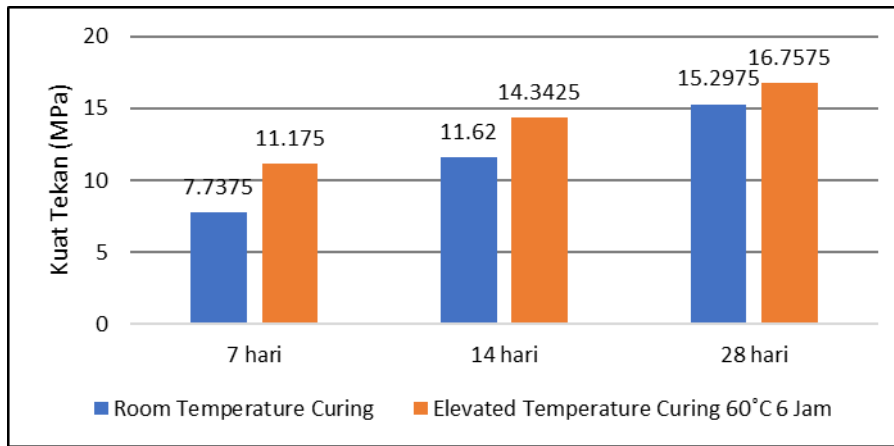
Perawatan	Nama Sampel	Waktu Pengujian	Berat Benda Uji	Beban Maksimum	Nilai	Rata-rata
			(kg)	(kN)	(Mpa)	(Mpa)
Suhu Oven (<i>Elevated Temperature</i>)	SO-4.1/7	7 hari	3.3947	147.8	18.81	18.765
	SO-4.2/7		3.3952	140.5	17.88	
	SO-4.3/7		3.2718	144.7	18.43	
	SO-4.4/7		3.3646	156.6	19.94	
Suhu Oven (<i>Elevated Temperature</i>)	SO-4.1/14	14 hari	3.3695	171.6	21.85	20.7775
	SO-4.2/14		3.4498	155.6	19.81	
	SO-4.3/14		3.3199	160.2	20.39	
	SO-4.4/14		3.3704	165.4	21.06	
Suhu Oven (<i>Elevated Temperature</i>)	SO-4.1/28	28 hari	3.4056	173.7	22.12	22.855
	SO-4.2/28		3.4412	183.6	23.38	
	SO-4.3/28		3.3701	179.2	22.82	
	SO-4.4/28		3.3859	181.4	23.1	

**Gambar 6.** Grafik Nilai Rata Rata Kuat Tekan Beton Geopolimer dengan Perawatan Suhu Oven (*Elevated Temperature Curing*) 90°C 24 Jam Umur 7, 14 dan 28 hari.

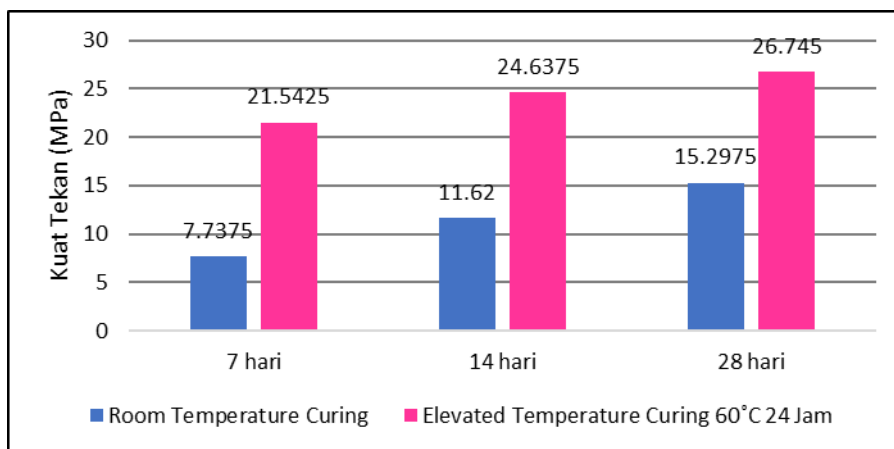
3.5. Persentase Kenaikan Kuat Tekan Beton

Tabel 11. Persentase Kenaikan Kuat Tekan Beton Geopolimer dengan Perawatan Suhu Ruangan (*room temperature curing*) dan Perawatan Suhu Oven (*elevated temperature curing*) pada Umur 7,14 dan 28 Hari

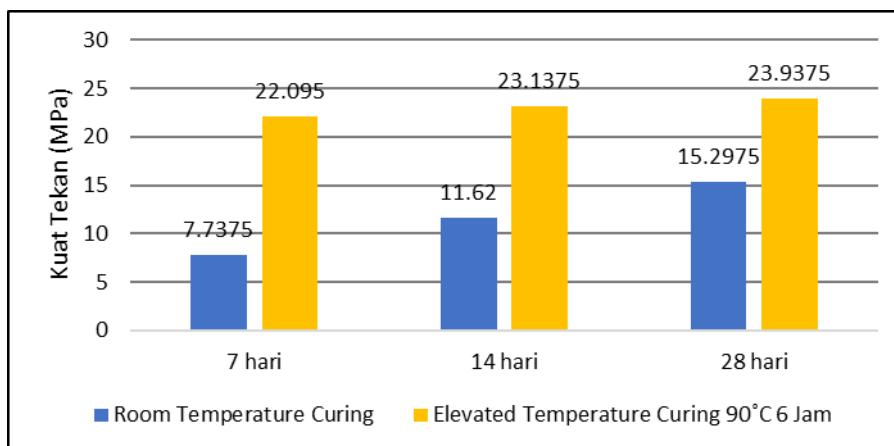
JENIS PERAWATAN BETON	SAMPEL	Kuat Tekan Beton Rata Rata (MPa)			Kenaikan Kuat Tekan Rata Rata %	
		7 hari	14 hari	28 hari	7 hari ke 14 hari	7 hari ke 28 hari
Suhu Ruang (<i>Room Temperature</i>)	SR-1	7.7375	11.62	15.2975	50.18	97.71
Suhu Oven 60°C 6 Jam	SO-1	11.175	14.3425	16.7575	28.34	49.96
Suhu Oven 60°C 24 Jam	SO-2	21.5425	24.6375	26.745	14.37	24.15
Suhu Oven 90°C 6 Jam	SO-3	22.095	23.1375	23.9375	4.72	8.34
Suhu Oven 90°C 24 Jam	SO-4	18.765	20.7775	22.855	10.72	21.80



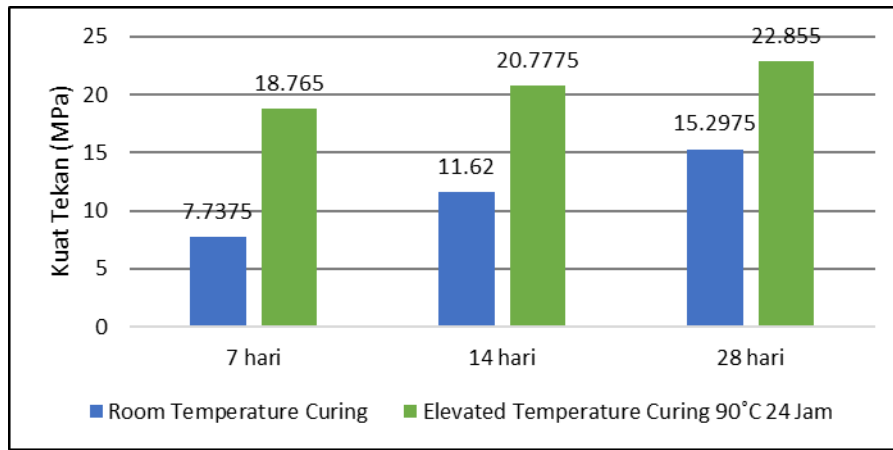
Gambar 7. Diagram Persentase Kenaikan Kuat Tekan Beton Geopolimer dengan Perawatan Suhu Ruangan (*room temperature curing*) dan Suhu Oven (*elevated temperature curing*) 60°C 6 pada Umur 7,14 dan 28 Hari



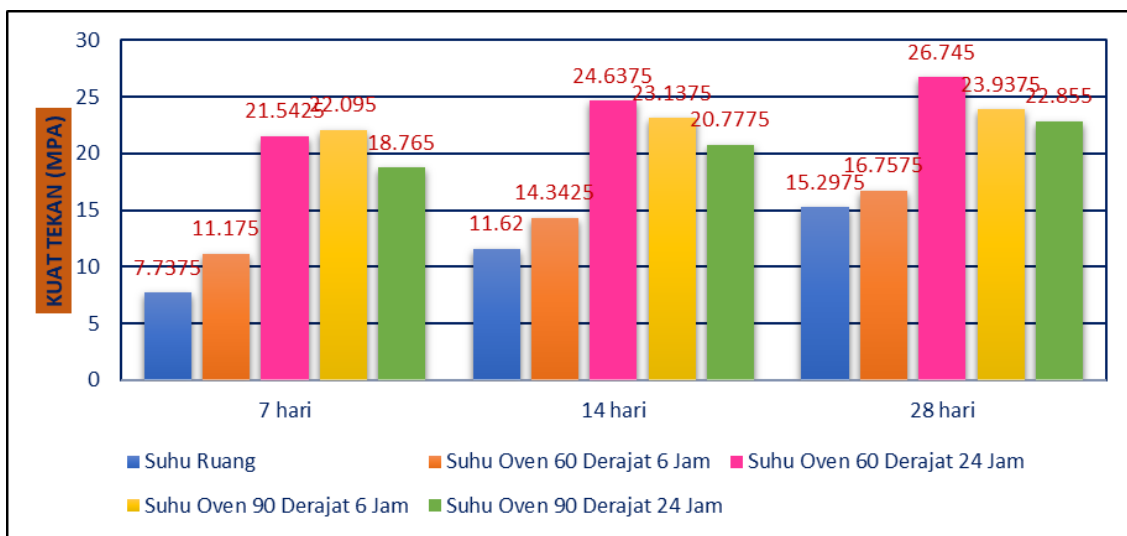
Gambar 8. Diagram Persentase Kenaikan Kuat Tekan Beton Geopolimer dengan Perawatan Suhu Ruangan (*room temperature curing*) dan Suhu Oven (*elevated temperature curing*) 60°C 24 Jam pada Umur 7,14 dan 28 Hari



Gambar 9. Diagram Persentase Kenaikan Kuat Tekan Beton Geopolimer dengan Perawatan Suhu Ruangan (*room temperature curing*) dan Suhu Oven (*elevated temperature curing*) 90°C 6 Jam pada Umur 7,14 dan 28 Hari



Gambar 10. Diagram Persentase Kenaikan Kuat Tekan Beton Geopolimer dengan Perawatan Suhu Ruang (*room temperature curing*) dan Suhu Oven (*elevated temperature curing*) 90°C 24 Jam pada Umur 7,14 dan 28 Hari



Gambar 11. Diagram Persentase Kenaikan Kuat Tekan Beton Geopolimer dengan Perawatan Suhu Ruang (*room temperature curing*) dan Suhu Oven (*elevated temperature curing*) pada Umur 7,14 dan 28 Hari

4. Kesimpulan

Nilai rata-rata maksimum kuat tekan beton terjadi pada perawatan suhu oven (*elevated temperature curing*) 60°C 24 Jam umur 28 hari sebesar 26,74 MPa. Berdasarkan hasil *analisis*, waktu curing pada beton geopolimer berbahan dasar kaolin untuk mencapai hasil yang optimum terjadi pada perawatan suhu oven (*elevated temperature curing*) 60°C 24 Jam, karena proses reaksi hidrasi pada beton geopolimer sudah mencapai titik tertinggi dari segi perawatan beton tersebut.

Pada perawatan suhu ruangan (*room temperature curing*) peningkatan kuat tekan beton terbilang cukup stabil pada umur beton yang artinya terjadi peningkatan pada umur beton tetapi tidak terjadi kenaikan yang signifikan. Perbandingan nilai kuat tekan secara keseluruhan (*elevated temperature curing*) lebih tinggi dari pada (*room temperature curing*) karena pengaruh suhu yang tinggi membuat proses reaksi polimerisasi pada beton lebih cepat, sehingga mencapai mutu beton yang tinggi. Sedangkan waktu curing pada suhu ruangan tidak cukup menyelesaikan proses polimerisasi, sehingga kuat tekan beton belum mencapai maksimum.

Referensi

ASTM C 136-92 (2012), *Metode uji untuk analisis saringan agregat halus dan agregat kasar*.
 ASTM C 566 –89 (n.d) *Standart Test Method for Total Evaporable Moisture Concret of Aggregate by Drying*. Amerika.

- ASTM C 618-04 (n.d) *Standar Specification for Fly Ash and Raw or Calcinated Natural Pozzolan for Use a Mineral Admixture in Portland Cement Concrete.*
- ASTM C33-04 (n.d) *Standard Specification for Concrete Aggregates.*
- Davidovits, J (n.d) 'Geopolymers of The First Generation: SILICAFE-process. The Geopolymers '88, First European Conference on Soft Mineralogy. Compiègne, France'.
- Hardjito, D, Wallah, S. E., Sumajouw, D. M. J., Rangan, B. V. (2004) 'On the Development of Fly Ash-Based Geopolymer Concrete'.
- Januarti, Triwulan, Oktavina (2007). (t.t.). *Analisa Sifat Mekanik Beton Geopolimer Berbahan Dasar Fly Ash Jawa Power Paiton Sebagai Material Alternatif.*
- Laboratorium Mineral dan Material Maju (2022) *Hasil analisa kimia mineral kaolin.* fakultas matematika dan ilmu pengetahuan alam universitas negeri malang.
- Putong, C. (2016) '*Pemanfaatan Kaolin Desa Toraget Kabupaten Minahasa untuk Mereduksi Pemakaian Semen.* Jurusan Teknik Sipil Politeknik Negeri Manado'.
- SNI 15-7064-2004 (n.d) *semen portland komposit.*
- Sembiring, F. P. (2010) '*Pengaruh Temperatur dan Waktu Curing Terhadap Kuat Tekan Beton Geopolimer Berbahan Dasar Kaolin*'.
- Triani. (2015). *Pemanfaatan Pozzolan Sebagai Bahan Dasar Geopolimer.*
- Tjoanto, R., Wallah, S. E., & Handono, B. D. (2021) '*Pengujian Kuat Tekan Beton Geopolimer Dengan Penambahan Semen Putih Pada Perawatan Suhu Ruang*'.
- Wulandari, T., (2016) '(Study of Curing Temperature on Compressive Strength of Kaolin Based Geopolymer) *Kajian Temperatur Curing Pada Kuat Tekan Beton Geopolimer Berbahan Dasar Kaolin*'.