

KUAT TEKAN BETON GEOPOLYMER DENGAN PERAWATAN TEMPERATUR RUANGAN

Fiki Riki Tambingon

Marthin D. J. Sumajouw, Steenie E. Wallah

Fakultas Teknik Jurusan Sipil Universitas Sam Ratulangi Manado

Email: fikitambingon96@gmail.com

ABSTRAK

Beton adalah material konstruksi yang sangat populer di kalangan masyarakat, material beton yang kita kenal memiliki campuran air, semen, agregat kasar, dan agregat halus. Beton yang kita kenal memiliki bahan pengikat yaitu semen. Pada tahun belakangan ini pemakaian semen di dunia mencapai 2,3 juta ton pertahun itu berarti 2,3 juta ton karbon dioksida telah dilepaskan ke atmosfer hal ini akan berdampak buruk bagi kehidupan manusia yaitu pencemaran lingkungan. Untuk mengurangi pemakaian semen di dunia maka para peneliti ahli bidang konstruksi beton mencari solusi untuk mengurangi penggunaan semen atau tidak memakai semen pada beton. Saat ini para peneliti telah mendapat solusi untuk beton yang tidak memakai semen yaitu beton geopolymer. Beton geopolymer membutuhkan perawatan elevated temperatur suhu tinggi untuk mencapai sifat mekanik yang baik dari beton geopolymer. Di Indonesia pembuatan beton kebanyakan langsung di kerjakan di lapangan untuk itu beton geopolymer masih belum teraplikasikan pembuatannya di lapangan karena kekuatan yang kecil pada suhu ruangan dan belum mempunyai acuan perencanaan sifat mekanik beton, maka perlu menambahkan bahan pozzolan seperti semen untuk mengoptimalkan kekuatan beton geopolymer di temperatur ruangan, jika hal ini berhasil maka penggunaan semen Portland akan berkurang.

Pada penelitian ini meskipun beton geopolymer tidak menggunakan semen seutuhnya maka dalam penelitian ini akan di lakukan penambahan semen pada beton geopolymer untuk membuat kekuatan beton meningkat pada perawatan temperatur ruangan tanpa perawatan pada temperatur tinggi (elevated temperatur) dalam hal ini jika semen dapat membuat kekuatan beton meningkat pada perawatan temperatur ruangan dan cara ini akan teraplikasikan. Pada penelitian ini nilai kuat tekan beton meningkat pada perawatan temperatur ruangan saat penambahan semen pada umur 28 hari sebesar 77. 79% dan kekuatannya berkisar 18-20 MPa umur 7 hari dan 20-25 MPa umur 28 hari, dan pada perawatan temperatur tinggi nilai kuat tekan naik signifikan dari komposisi yang tidak menggunakan semen kekuatannya berkisar 38-51 MPa umur 7 hari perawatan elevated temperature selama 24 jam 90°C.

Kata kunci: *geopolymer, semen, temperatur ruang, elevated temperatur, kuat tekan*

PENDAHULUAN

Latar Belakang

Dalam dunia konstruksi, Beton adalah material bangunan yang paling populer, tersusun dari komposisi utama agregat kasar, agregat halus, air dan semen portland, menjadi material yang sangat penting dan banyak di gunakan untuk membangun berbagai infrastruktur seperti gedung, jembatan, jalan, bendungan dan lain-lain.

Dengan adanya pembangunan infrastruktur yang semakin meningkat maka penggunaan semen akan meningkat pula. Pada tahun belakangan ini, konsumsi semen dunia sudah mencapai angka 2,3 juta ton per tahun yang

berarti sekitar 2,3 juta ton CO₂ telah dilepaskan ke atmosfer setiap tahunnya, hal ini akan membawa dampak buruk bagi kehidupan manusia jika penggunaannya semakin meningkat, yaitu dengan adanya pencemaran lingkungan, maka diperlukan cara untuk mengurangi produksi semen.

Untuk saat ini para ahli beton telah melakukan penelitian tentang material beton, salah satunya adalah penelitian tentang beton *geopolymer*. Beton *geopolymer* adalah material konstruksi yang relatif baru dikembangkan. Beton *geopolymer* di buat tanpa menggunakan semen sebagai bahan pengikat. Beton *geopolymer* mempunyai beberapa karakteristik antara lain dari segi perawatannya yang berbeda

dengan beton konvensional yang membutuhkan temperature relative tinggi untuk mempercepat proses polimerisasi dan mempercepat sifat mekanik beton yaitu kekuatannya.

Di Indonesia sebagian besar struktur beton di bangun langsung di lapangan dari pada pra-cetak, melihat kondisi dari sifat mekanik beton *geopolymer* pada suhu ruangan lambat untuk mencapai kekuatannya maka sedikit kemungkinan untuk memberikan pemanasan pada suhu yang tinggi dari bangunan struktur di lapangan. Untuk mencapai kekuatan beton yang baik pada suhu ruangan ada kebutuhan untuk menambahkan bahan pozzolan seperti semen untuk meningkatkan reaksi polimerisasi yang signifikan, dalam hal ini jika beton *geopolymer* mencapai kekuatan yang sama pada suhu ruangan dan suhu tinggi maka produksi semen Portland akan berkurang dan pemanfaatan *fly ash* akan meningkat dengan cepat. Pada akhirnya karbon dioksida (CO₂) di atmosfer karena produksi semen Portland akan berkurang dan masalah pembuangan *fly ash* akan terpecahkan.

Mempertimbangkan hal di atas meskipun beton *geopolymer* yang kita kenal tidak memakai semen sebagai bahan pengikat, maka dalam penelitian kali ini, peneliti akan mencoba melakukan penelitian dengan menambahkan semen pada komposisi beton *geopolymer* guna untuk mendapatkan sifat mekanik beton yaitu kuat tekan beton yang lebih baik dan untuk mengoptimalkan kuat tekan beton *geopolymer* pada temperature ruangan dengan menambahkan semen pada proporsi beton *geopolymer*.

Rumusan Masalah

Berdasarkan latar belakang di atas penulis melakukan penelitian mengenai pembuatan beton *geopolymer* berbasis fly ash dengan menambahkan semen 2.5%, 5%, dan 10% dari berat *fly ash* pada komposisi beton *geopolymer* dengan melakukan perawatan pada temperature ruangan kemudian hanya ditinjau dari salah satu sifat mekanik beton yaitu kuat tekan beton saja.

Batasan Masalah

Mengingat keterbatasan waktu dan biaya pelaksanaan penelitian, maka pembatasan masalah pada penelitian ini adalah sebagai berikut:

1. Bahan pembentuk beton sebagai berikut :
 - Fly Ash yang digunakan adalah abu terbang dari PLTU Amurang.
 - Cairan Alkalin yaitu kombinasi cairan sodium silikat dan sodium hidroksida.

- Superplastiscizer digunakan Sikacim Sulfonate Naphthalene dengan merek dagang Sika®.
 - Agregat kasar yang di pakai adalah batu pecah dari Lansot.
 - Agregat halus yang di pakai adalah pasir dari Girian.
 - Semen Portland type I merek Tonasa
2. Benda uji beton untuk kuat tekan berbentuk silinder 10/20 cm.
 3. Penambahan Semen hanya 2.5%, 5%, dan 10% dari berat fly ash
 4. Pengujian kuat tekan pada umur 7 dan 28 hari.

Tujuan Penelitian

Adapun tujuan dari penelitian ini untuk mendapatkan nilai kuat tekan beton *geopolymer* dengan menambahkan semen portland pada komposisi beton *geopolymer* yang dirawat pada temperature ruangan. Penelitian ini juga di harapkan dapat diaplikasikan di lapangan penggunaannya tanpa adanya perawatan pada *elevated temperatur*.

Manfaat Penelitian

Dari penelitian yang dilakukan diharapkan dapat memberikan beberapa manfaat bagi perkembangan teknologi beton, antara lain sebagai berikut :

1. Penelitian ini dapat menjadi sumber informasi dalam pembuatan beton Geopolymer dengan adanya penambahan Semen Portland di tinjau dari cara perawatannya dan kekuatan beton *geopolymer*.
2. Penelitian ini dapat memberikan informasi tentang pengaruh penambahan Semen Portland terhadap kuat tekan beton *geopolymer* yang di tinjau pada perawatan beton *geopolymer* di temperature ruangan.
3. Penelitian ini dapat menambah wawasan dalam pembuatan beton *geopolymer*.

LANDASAN TEORI

Beton Geopolymer

Geopolymer adalah bentuk anorganik alumina-silika yang disintesa melalui material banyak mengandung silica (Si) dan Alumina (Al) yang berasal dari alam atau dari material hasil sampingan industri. Komposisi kimia material *geopolymer* serupa dengan Zeolit, tetapi memiliki mikrostruktur *amorphous* (Davidovits, 1999).

Geopolymer pada awalnya lebih dikenal berdasarkan reaksi kimia, sebagai *alkaline-activated binders*, dengan beberapa terminology yang sesuai dengan penggunaan material ini seperti *low temperature inorganic polymer glasses*, *alkali-bonded ceramic*, *chemically bounded ceramic*, atau *alkali-activated ash*. Dalam perkembangan selanjutnya, apapun bahan dasar pembentuk material ini, terminologi geopolymer sudah sangat luas digunakan untuk merujuk pada material ini.

Beton Geopolymer dibuat tanpa menggunakan semen sebagai bahan pengikat, dan sebagai pengganti digunakan abu terbang yang kaya akan Silikon (Si) dan Alumina (Al) yang bereaksi dengan cairan alkalin untuk menghasilkan bahan pengikat (*binder*) (Sumajouw dan Dapas, 2013).

Material Pembentuk Beton Geopolymer

Abu Terbang (Fly Ash)

Solid material termasuk dalam salah satu komponen system anorganik *geopolymer*. Solid material untuk geopolymer dapat berupa mineral alami seperti kaolin, tanah liat, mika, andalusit, spinel, dan lain sebagainya. Banyak jenis material hasil produksi sampingan (*by-product material*) telah digunakan untuk membuat beton di antaranya, mill scale (sisa produksi baja), plastic, kaca, abu terbang (fly ash), cangkang kelapa sawit dan lain-lain. Beton geopolymer di buat dengan menggunakan bahan dasar abu terbang rendah kalsium (*low-calcium fly ash*) yang menurut kategori ASTM berada pada klas F (Sumajouw & Dapas, 2013).

Alkalin Aktivator (Sodium Hidroksida dan Sodium Silikat)

Kombinasi cairan sodium silikat dan sodium hidroksida digunakan untuk membantu terjadinya reaksi kimia dengan aluminium dan silikat yang terdapat pada abu terbang. Sodium hidroksida yang digunakan sebagai alkalin activator, berfungsi untuk meraksikan unsur-unsur Al dan Si yang terkandung dalam abu terbang dan kapur sehingga dapat menghasilkan ikatan polimer yang kuat, sedangkan sodium silikat berfungsi untuk mempercepat reaksi polimerisasi.

Bahan Tambahan (Superplasticizer)

Superplasticizer adalah bahan kimia tambahan yang digunakan sebagai salah satu cara meningkatkan kemudahan pelaksanaan pekerjaan

pengecoran (*workability*) beton dengan menggunakan air sesedikit mungkin. Penggunaan *superplasticizer* di kembangkan di Jepang dan kemudian di Jerman pada awal tahun 1960-an.

Dalam penelitian ini superplasticizer yang digunakan adalah Sikacim Concrete Additive yang di produksi oleh PT. Sika Indonesia, yang mengandung Naphthalene Formaldehyde Sulfonate termodifikasi, yaitu bahan tambah berupa cairan yang di tambahkan pada campuran beton dalam jumlah tertentu untuk mengubah beberapa sifat beton. Bahan tambah ini berfungsi mereduksi hingga 20% penggunaan air serta meningkatkan 40% kuat tekan beton pada umur 28 hari.

Agregat Halus

Agregat halus merupakan pengisi yang berupa pasir. Ukurannya bervariasi antara ukuran No. 4 dan No.100 saringan standar Amerika. 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.

Agregat Kasar

Agregat disebut agregat kasar apabila ukurannya sudah melebihi ¼ in. (6 mm). Sifat agregat kasar mempengaruhi kekuatan akhir beton keras dan daya tahannya terhadap disintegrasi beton, cuaca, dan efek-efek perusak lainnya.

Kuat Tekan Beton

Kekuatan 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. penentuan kekuatan tekan dapat dilakukan dengan menggunakan alat uji tekan dan benda uji berbentuk silinder atau kubus.

Nilai kuat tekan beton dapat di hitung dengan persamaan berikut:

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

dimana:

$f'c$ = Kuat tekan beton (MPa)

P = Beban runtuh yang diterima oleh benda uji (N)

A = Luas bidang tekan (mm²)

METODOLOGI PENELITIAN

Metode yang digunakan dalam penelitian ini diawali dengan studi pustaka, penelitian ini bersifat eksperimental yang kemudian dilaksanakan di Laboratorium Struktur dan Material Fakultas Teknik Universitas Sam Ratulangi Manado.

Tahap-tahap pelaksanaannya adalah sebagai berikut:

1. Studi Literatur
2. Persiapan Alat dan Bahan yang akan di pakai
3. Pemeriksaan sifat-sifat material
 - a. Pemeriksaan Gradasi Agregat
 - b. Pemeriksaan Berat Jenis dan absorbs agregat
 - c. Pemeriksaan Kadar Lumpur
 - d. Pemeriksaan Abrasi Agregat kasar
 - e. Pemeriksaan Zat Organik agregat halus
 - f. Pemeriksaan Kadar air agregat
 - g. Pemeriksaan Berat Volume Agregat
4. Trial Mix
5. Perencanaan Komposisi Campuran
6. Perawatan Benda Uji
7. Pemeriksaan berat volume benda uji
8. Pengujian kuat tekan benda uji
9. Menganalisis data
10. Kesimpulan.

Komposisi Campuran Beton

Karena sampai pada saat ini belum terdapat standar mengenai desain campuran beton geopolimer, maka pada komposisi campuran beton dilakukan trial mix untuk mendapat campuran yang diinginkan, trial mix ini mengacu pada penelitian D. Hardjito dan B. V. Rangan dalam penelitiannya "*Development and Properties of Low Calcium Fly Ash-Based Geopolymer Concrete*".

Setelah melakukan trial mix, maka didapat komposisi campuran yang telah dimodifikasi.

Tabel 1. Proporsi Campuran yang digunakan

Material	Berat (kg/m ³)
Agregat Kasar (Batu Pecah)	1294
Agregat Halus (Pasir Halus)	554
Abu Terbang (<i>Fly ash</i>)	476
Cairan Sodium Hidroksida	120 (14 m)
Cairan Sodium Silika	300
Superplasticizer	12.2

Proses Pencampuran Beton

Sebelum melaksanakan *mixing* bahan yang akan dipakai perlu dijaga akan kebersihannya dibungkus dan diletakkan di tempat yang aman bebas dari bahan kimia. Adapun yang akan di laksanakan dalam proses pembuatan beton *geopolymer*.

1. Pembuatan larutan NaOH dengan melarutkan NaOH padat berbentuk pelet kedalam aquades. Cara menghitung berapa banyak NaOH padat yang akan dilarutkan kedalam aquades adalah dengan rumus $V \times M \times Mr$, dimana V adalah volume larutan dalam liter, M adalah molaritas larutan, dan Mr adalah massa atom relatif NaOH yang bernilai 40. Misalnya akan di buat larutan NaOH 14M sebanyak 1 liter air, maka NaOH padat yang akan di larutkan kedalam air 1 liter aquades adalah $1 \times 14 \times 40 = 560$ gram.
2. Pembuatan larutan alkalin activator dengan mencampurkan Sodium Hidroksida dan Sodium Silikat secara bersamaan sampai homogen. Sebelum melakukan pencampuran beton alkalin activator ini telah di sediakan sehari sebelumnya.
3. Kerikil dan pasir yang sudah dipersiapkan sebelumnya dimasukan kedalam mollen lalu diputar selama kira-kira 1 menit,
4. *Fly ash* yang sudah di sediakan sebelumnya di masukan kedalam mollen lalu di putar kira-kira 2 menit.
5. Campur superplasticizer dengan cairan alkalin activator yang sudah di siapkan . kemudian masukan kedalam mollen putar selama kira-kira 4 menit.
6. Periksa nilai slump.
7. Tuang adukan beton kedalam pan.
8. Isi cetakan silinder 10-20 cm masing-masing 3 lapisan. Pemasukan dilakukan dengan cara di tusuk-tusuk sebanyak 60 kali tiap lapisan kemudian permukaan diratakan.
9. Setelah di padatkan beton di getarkan dengan mesin vibrator selama 20 detik.
10. Setelah di getarkan, permukaan beton yang terpapar udara di bungkus dengan plastik yang diikat dengan karet gelang, kemudian di diamankan selama 1 hari.
11. Setelah 1 hari beton di masukan kedalam oven sesuai dengan cara perawatan.

Perawatan Benda Uji (*Curing*)

Perawatan yang dilakukan ada dua cara yaitu dengan temperatur ruangan dan temperatur tinggi yang di masukan kedalam wadah yang panas berupa oven. Benda uji yang telah di cetak,

permukaannya di tutup dengan plastik yang di ikat dengan karet gelang, kemudian di amkan selama 1 hari, untuk perawatan temperatur ruangan beton di lepaskan dari cetakan hanya di di amkan di suhu temperature ruangan dan perawatan pada temperature tinggi beton di masukan kedalam oven selama 24 jam dengan suhu 60°C dan 90°C.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Pemeriksaan Agregat Kasar dan Halus

Pemeriksaan material agregat kasar dan halus yang akan digunakan dalam proses pencampuran (mixing) bertujuan untuk mengetahui karakteristik dari material itu sendiri.

Berdasarkan hasil pemeriksaan material di Laboratorium Struktur dan Material Fakultas Teknik UNSRAT, maka diperoleh data pemeriksaan material yang akan digunakan pada penelitian ini yaitu untuk Agregat kasar dari Lansot-Kema, Modulus Kehalusan butir sebesar 2,027, berat jenis kering sebesar 2,68, berat jenis SSD sebesar 2,72, berat volume padat sebesar 1408 kg/m³, berat volume gembur sebesar 1288 kg/m³, absorbs maksimum sebesar 1,47%, kadar air sebesar 1,30%, keausan sebesar 18,58%.

Untuk Agregat Halus dari Girian, Modulus Kehalusan butir sebesar 3,396, berat jenis kering sebesar 2,04, berat jenis SSD sebesar 2,29, absorbs maksimum sebesar 11,92%, berat volume padat sebesar 1243 kg/m³, berat volume gembur sebesar 1172 kg/m³, kadar air sebesar 6,29%, zat organik warna nomor 1, kadar lumpur sebesar 0,24%.

Berat Volume Beton Geopolymer

Berat volume beton adalah perbandingan antara berat beton terhadap volume beton, pengujian berat volume beton dilakukan sebelum diadakannya pembebanan terhadap benda uji silinder.

Berat volume beton dapat diketahui dengan cara menimbang benda uji dan mengukur tinggi benda uji serta diameter benda uji sehingga didapat berat dan volume benda uji tersebut.

Adapun hasil pemeriksaan berat volume beton rata-rata dari variasi suhu Temperatur Ruangan, Curing oven 24 jam 60°C dan 90°C dengan umur 7 dan 28 hari pada tabel-tabel berikut ini.

Tabel 2. Berat Volume Beton dengan Perawatan Temperatur Ruangan

No	Kode Variasi	Konsentrasi Semen (%)	Berat Volume Rata-rata (Kg/m ³)	
			Umur 7 hari	Umur 28 hari
1	TR-1	0	2231.18	2253.79
2	TR-2	2.5	2260.25	2262.09
3	TR-3	5	2254.33	2302.94
4	TR-4	10	2326.45	2236.05

Tabel 3. Berat Volume Beton dengan Perawatan Curing time 24 Jam 60°C

No	Kode Variasi	Konsentrasi Semen (%)	Berat Volume Rata-rata (Kg/m ³)	
			Umur 7 hari	Umur 28 hari
1	ET-1	0	2265.20	2200.29
2	ET-2	2.5	2294.63	2266.94
3	ET-3	5	2322.31	2261.23
4	ET-4	10	2317.96	2239.87

Tabel 4. Berat Volume Beton dengan Perawatan Curing time 24 Jam 90°C

o	Kode Variasi	Konsentrasi Semen (%)	Berat Volume Rata-rata (Kg/m ³)	
			Umur 7 hari	Umur 28 hari
1	ET-1	0	2250.34	2232.56
2	ET-2	2.5	2257.64	2248.72
3	ET-3	5	2286.93	2263.18
4	ET-4	10	2257.52	2233.47

Dari hasil yang diperoleh terlihat bahwa berat volume beton berkisar antara 2200.29 kg/m³ – 2326.45 kg/m³, sesuai dengan klasifikasi berat beton, maka hasil pemeriksaan berat volume beton termasuk beton berbobot normal.

Kuat Tekan Beton Geopolymer

Benda uji beton yang digunakan berbentuk silinder 10/20cm dengan variasi perawatan pada temperature ruangan, perawatan dalam oven selama 24 jam 60°C dan Perawatan temperature tinggi dalam oven selama 24 jam 90°C, dari masing-masing perawatan tersebut pada komposisinya di tambahkan semen dengan presentase 0%, 2,5%, 5%, dan 10% dari berat fly ash. Benda uji berumur 7 hari dan 28 hari adapun hasil kuat tekan ada pada tabel-tabel berikut.

Tabel 5. Kuat Tekan Beton dengan Perawatan Temperatur Ruangan

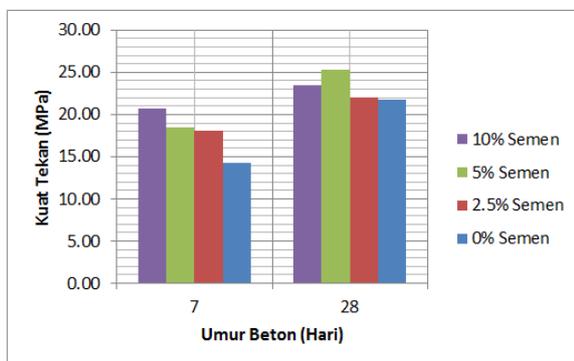
No	Kode Variasi	Konsentrasi Semen (%)	Kuat Tekan Rata-rata (MPa)	
			Umur 7 hari	Umur 28 hari
1	TR-1	0	14.23	21.79
2	TR-2	2.5	18.13	22.05
3	TR-3	5	18.49	25.30
4	TR-4	10	20.68	23.42

Tabel 6. Kuat Tekan Beton dengan Perawatan *Curing time* 24 jam 60°C

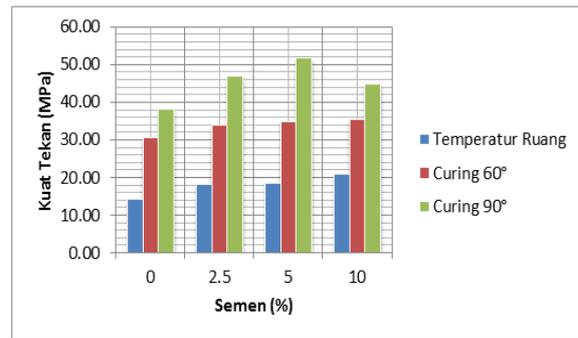
No	Kode Variasi	Konsentrasi Semen (%)	Kuat Tekan Rata-rata (MPa)	
			Umur 7 hari	Umur 28 hari
1	ET-1	0	30.38	32.65
2	ET-2	2.5	33.90	33.80
3	ET-3	5	34.78	36.86
4	ET-4	10	35.34	32.91

Tabel 7. Kuat Tekan Beton dengan Perawatan *Curing time* 24 jam 90°C

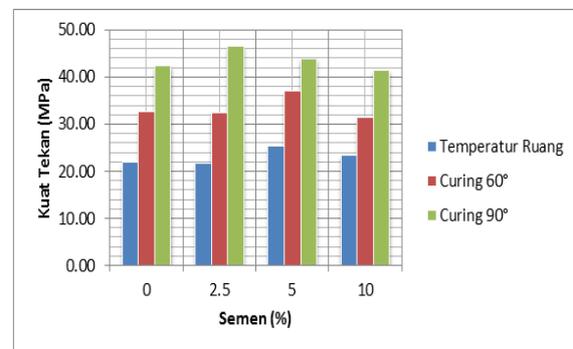
No	Kode Variasi	Konsentrasi Semen (%)	Kuat Tekan Rata-rata (MPa)	
			Umur 7 hari	Umur 28 hari
1	ET-1	0	38.03	42.32
2	ET-2	2.5	46.93	46.41
3	ET-3	5	51.57	43.86
4	ET-4	10	44.74	41.36



Gambar 1. Diagram perbandingan umur beton dengan kuat tekan beton geopolymer dan penambahan semen pada perawatan temperatur ruangan



Gambar 2. Diagram Perbandingan Variasi Perawatan Temperatur Ruangan, *Curing* 60°C dan 90°C terhadap Kuat Tekan Beton Geopolymer dengan penambahan semen umur 7 hari



Gambar 3. Diagram Perbandingan Variasi Perawatan Temperatur Ruangan, *Curing* 60°C dan 90°C terhadap Kuat Tekan Beton Geopolymer dengan penambahan semen umur 28 hari

Gambar 1 menunjukkan bahwa nilai kuat tekan beton *geopolymer* yang diperoleh dari perawatan temperatur ruangan dengan penambahan semen mengalami peningkatan dari umur 7 hari ke 28 hari, dari masing-masing penambahan semen 2.5%, 5%, dan 10% mengalami peningkatan kekuatan berkisar 18-20 MPa untuk umur 7 hari dan 20-25 MPa untuk umur 28 hari.

Gambar 2. menunjukkan perbandingan kekuatan beton dari masing-masing perawatan, pada gambar 2 di atas menunjukkan kekuatan tekan beton tertinggi berada pada perawatan (*Curing time*) oven selama 24 jam 90°C dengan kekuatan tekan berkisar 38-51 MPa dari setiap penambahan semen 2.5%, 5% dan 10% pada umur 7 hari, dan pada Gambar 3 hampir sama dengan Gambar 2 perbedaannya hanya pada umur beton saja namun kekuatan beton mengalami penurunan di bandingkan dengan umur 7 hari dari perawatan (*curing time*) oven

selama 24 jam 90°C dan pada perawatan (*curing time*) oven selama 24 jam 60°C masih mengalami peningkatan kekuatan dari umur 7 hari ke 28 hari.

PENUTUP

Kesimpulan

Dari hasil penelitian dan pengolahan data yang diperoleh maka dapat disimpulkan sebagai berikut:

1. Nilai kuat tekan beton geopolimer pada perawatan temperatur ruangan dengan penambahan semen 2.5%, 5% dan 10% kekuatannya meningkat pada umur 28 hari sebesar 54.95%, 77.79% dan 64.58% kenaikan ini dibandingkan dengan komposisi beton geopolimer yang tidak menggunakan semen pada perawatan temperatur ruangan umur 7 hari.
2. Nilai kuat tekan beton mengalami peningkatan signifikan dengan penambahan semen dari umur 7 hari ke 28 hari pada perawatan temperatur ruangan dibandingkan dengan perawatan temperatur tinggi (*elevated temperatur*) nilai kuat tekannya dari umur 7 hari ke 28 hari peningkatannya tidak signifikan.
3. Penambahan semen pada komposisi beton geopolimer dengan perawatan temperatur ruangan menghasilkan kuat tekan 18-20 MPa pada umur 7 hari dan 20-25 MPa pada umur 28 hari.
4. Nilai kuat tekan beton yang didapat dari penambahan semen pada perawatan *elevated temperatur curing time* 90°C umur 7 hari kekuatan optimumnya berada pada variasi 5%

semen dan pada perawatan *elevated temperatur curing time* 90°C umur 28 hari kekuatan optimumnya berada pada penambahan semen variasi 2.5%.

5. Berdasarkan klasifikasi berat jenis beton, hasil pemeriksaan berat volume beton yang di dapat termasuk beton berbobot normal.

Saran

1. Karena workabilitas dari beton geopolimer berbasis *fly ash* kecil, yaitu beton yang cepat mengeras dan melekat, maka dalam proses pemadatan perlu dilakukan dengan cepat dan membutuhkan beberapa orang dan tongkat tusuk yang lebih pada saat pemadatan di dalam bekisting.
2. Karena salah satu sifat beton geopolimer berbasis *fly ash* cepat mengeras dan melekat pada alat-alat yang digunakan dalam pengecoran, maka alat-alat yang digunakan sebaiknya langsung dibersihkan.
3. Fly Ash yang digunakan sebaiknya diuji XRF (*X-ray fluorescence*) untuk mendapatkan komposisi unsur-unsur kimia yang terkandung pada *fly ash* dari PLTU Amurang yang lebih akurat.
4. Bekisting yang akan di gunakan perlu di cek kembali pelumas berupa oli di dalam bekisting yang akan digunakan jika tidak di beri pelumas maka pada saat membuka bekisting akan terasa sulit, hal ini akan berpengaruh pada berat volume beton.
5. Perlu dilakukan penelitian lebih lanjut mengenai penambahan semen divariasi 3%, 6%, 7.5%, 12% dan seterusnya agar dapat dilihat hasil yang baik ketika dituangkan dalam grafik atau diagram.

DAFTAR PUSTAKA

- Badan Standardisasi Nasional., 2011. SNI 1974:2011 *Cara Uji Kuat Tekan Beton Dengan Benda Uji Silinder*, Jakarta.
- Hardjito, D., Wallah, S. E., Sumajouw, D. M. J., 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-December, American Concrete Institute
- Hardjito, D., Rangan, B.V., 2005. *Development and Properties of Low-Calcium Fly Ash-Based Geopolymer Concrete*, Research Report GC 1 Curtin University of Technology, Perth Australia

- Shinde, B. H., Kadam, K. N., 2016. *Effect of Addition of Ordinary Portland Cement on Geopolymer Concrete with Ambient Curing*. Internasional Journal of Modern Trends in Engineering and Research, 28-30 April, 2016, India
- Nath. P., Sarker. K. P., Rangan. B. V., 2015. *Early Age Properties of Low-Calcium Fly Ash Geopolymer Concrete Suitable for Ambient Curing*, The 5th International Conference of Euro Asia Civil Engineering Forum (EACEF-5), 15-18 September 2015, Surabaya, Indonesia.
- Wallah, S. E., 2014. *Pengaruh Perawatan dan Umur Terhadap Kuat Tekan Beton Geopolimer Berbasis Abu Terbang*. Jurnal Ilmiah Media Engineering Vol.4 No.1, Maret, Fakultas Teknik Jurusan Teknik Sipil Universitas Sam Ratulangi, Manado.
- Sumajouw, D. M. J., Dapas, S .O., 2013. *Elemen Struktur Beton Bertulang Geopolymer*, Penerbit ANDI, Yogyakarta.
- McCormac, J. C., 2003. *Desain Beton Bertulang*, Penerbit Erlangga, Jakarta
- Nawy, E. G., 1998. *Beton Bertulang: Suatu Pendekatan Dasar*, PT Refika Aditama, Bandung.
- Mulyono, T., 2005, *Teknologi Beton*, Penerbit ANDI, Bandung
- 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.
- 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.
- Departemen PU., 1991. SNI 03-2460-1991 Spesifikasi Abu Terbang Sebagai Bahan Tambahan Untuk Campuran Beton, Balitbang PU, Jakarta