

OPTIMALISASI KUAT TEKAN BETON GEOPOLYMER DENGAN MENAMBAHKAN SEMEN ATAU KAPUR PADA PERAWATAN TEMPERATUR RUANGAN

Renata Natanael Luntungan

Marthin D. J. Sumajouw, Ronny E. Pandaleke

Fakultas Teknik Jurusan Sipil Universitas Sam Ratulangi Manado

email: natanaeluntungan@gmail.com

ABSTRAK

Beton merupakan material yang paling sering digunakan dalam bidang konstruksi. Beton sendiri terdiri dari Semen Portland, agregat kasar, agregat halus, dan air. Dalam pembuatan beton, semen yang digunakan dapat menghasilkan gas karbondioksida yang sangat berbahaya, jika dilepaskan ke atmosfer dapat menyebabkan pencemaran lingkungan. Beton geopolimer merupakan salah satu alternatif dimana beton ini adalah beton yang ramah lingkungan karena tidak menggunakan semen tetapi diganti dengan bahan pozzolon yang memiliki sifat yang menyerupai dengan semen yaitu abu terbang (fly ash). Pada saat ini di Indonesia beton geopolimer sendiri belum dapat diterapkan langsung di lapangan karena memerlukan elevated temperatur yang cukup tinggi.

Dalam penelitian ini peneliti mensubstitusikan semen atau kapur dengan variasi substitusi 12.5%, 15%, 17.5%, dan 20% dari berat abu terbang, dengan umur pengujian 7, 14, dan 28 hari, pada temperatur ruangan.

Hasil penelitian menunjukkan bahwa pada substitusi semen nilai kuat tekan beton geopolimer mengalami peningkatan seiring dengan bertambahnya variasi substitusinya. Pada variasi substitusi kapur hanya dilakukan substitusi sampai kadar 15% karena pada kadar yang lebih besar beton dengan cepat mengeras dan tidak dapat dikerjakan.

Kata kunci: beton, geopolimer, fly ash, substitusi, kuat tekan, semen Portland, perawatan

PENDAHULUAN

Latar Belakang

Pada saat ini bangunan merupakan hal yang sangat penting dan banyak digunakan dalam kehidupan manusia. Beton bertulang merupakan salah satu jenis konstruksi yang paling banyak dipakai dalam pembuatan bangunan, oleh karena itu banyak juga insinyur teknik sipil yang berlomba-lomba membuat bangunan yang kuat menahan segala jenis perubahan lingkungan namun juga ekonomis. Beton terdiri dari agregat kasar, agregat halus, air dan Semen Portland (SP). Beton bertulang banyak digunakan karena bahannya yang mudah di dapat dan kuat secara struktur.

Tetapi beton konvensional juga mendapat banyak sekali kritikan dari penggiat lingkungan dikarenakan dapat menghasilkan gas karbondioksida yang dapat menghasilkan efek rumah kaca. Salah satu unsur pembentuk beton yaitu semen dapat menghasilkan gas karbondioksida yang besar, satu ton semen dapat menghasilkan satu ton juga gas karbondioksida yang apabila dilepaskan ke atmosfer dapat merusak lingkungan hidup dan bisa terjadi pemanasan global. Isu

selanjutnya yang di sorot adalah masalah keawetan (durabilitas) beton itu sendiri. Karena pada umumnya umur bangunan beton yang sekitar 20 tahun sudah perlu dilakukan perbaikan atau perawatan. Pengaruh eksternal juga yang diakibatkan oleh pengaruh lingkungan dan beban luar yang dapat mengakibatkan terjadinya retakan, atau pengaruh kondisi internal akibat adanya berbagai bahan kimia pada material pembentuk Beton itu sendiri. Kondisi yang dimaksud seperti lingkungan yang agresif yang diakibatkan oleh adanya air laut/air garam.

Untuk mengatasi hal-hal di atas maka perlu dilakukan penelitian tentang beton yang ramah lingkungan atau beton yang mengurangi penggunaan semen agar dapat mengurangi efek dari gas karbondioksida yang dihasilkan oleh semen. Beton geopolimer bisa menjadi salah satu solusi karena penggunaan semen dapat di substitusikan dengan abu terbang (fly ash) atau bahan geopolimer lainnya. Abu terbang (fly ash) didapat dari sisa buangan industry, hasil dari pembakaran batu bara. Pembuatan geopolimer tidak terlalu memerlukan energi yang besar jika dibandingkan dengan pembuatan semen Portland yang memerlukan suhu yang tinggi kira-kira 800

– 1400 derajat celcius. Sedangkan geopolimer hanya memerlukan suhu normal atau 25 derajat celcius dan di diamkan selama 24 jam. Karena itu beton geopolimer bisa menjadi salah satu solusi untuk membuat beton yang kuat namun tidak terlalu menghasilkan gas karbondioksida yang dapat menyebabkan efek rumah kaca atau hal negative lainnya. Sebelumnya telah ada yang meneliti tentang beton geopolimer yang di substitusikan dengan semen atau kapur sebesar 2.5%, 5%, dan 10% dari berat *fly ash*. Maka dari itu pada saat ini peneliti akan mengoptimalkannya dengan mensubstitusi semen atau kapur sebesar 12.5%, 15%, 17.5%, dan 20% dari berat *fly ash* yang diharapkan dapat mengoptimalkan nilai dari kuat tekannya.

Rumusan Masalah

Pada awalnya perawatan beton geopolimer dilakukan pada elevated temperatur 60 ° C. Namun untuk mencapai suhu tersebut perlu dilakukan dengan oven, tidak bisa hanya dengan suhu ruangan. Untuk bisa dirawat pada suhu ruangan ditambah dengan substitusi semen atau kapur sebesar 12.5%, 15%, 17.5%, dan 20% dari berat *fly ash*. Dan dilakukan perawatan dengan temperatur ruangan, yang dibantu oleh semen atau kapur.

Tujuan Penelitian

Adapun tujuan dari penelitian ini adalah:

- Mengetahui berapa besar kuat tekan beton geopolimer yang menggunakan fly Ash yang dioptimalkan dengan menambahkan substitusi semen (Portland) atau kapur (*lime*), yang dirawat dengan temperatur ruangan.
- Menghitung persentase kenaikan kekuatan beton geopolimer yang menggunakan substitusi semen atau kapur.

Pembatasan Masalah

Penelitian ini akan dibatasi pada keadaan berikut:

- Penelitian dilaksanakan di Laboratorium
- Perawatan benda uji dilakukan pada suhu ruangan (*ambient curing*).
- Sifat Mekanik Beton yang ditinjau yaitu Kuat Tekan Beton.
- Penambahan semen dan kapur hanya 12.5%, 15%, 17.5% dan 20% dari berat *fly ash*.

Manfaat Penelitian

Penelitian ini diharapkan dapat bermanfaat bagi perkembangan teknologi beton, antara lain sebagai berikut:

- Sebagai sumber informasi tentang pembuatan beton geopolimer dengan adanya penambahan Semen Portland atau kapur yang dilakukan dengan perawatan temperatur ruangan dan dibantu oleh semen atau kapur sebagai *curing*.
- Memberikan referensi tentang beton yang ramah lingkungan, yaitu beton geopolimer, dan diharapkan bisa diterapkan oleh pihak yang berkompeten serta untuk penelitian beton geopolimer lanjutan.

LANDASAN TEORI

Beton

Material beton terdiri dari agregat kasar, agregat halus, air, dan semen. Beton memiliki kekuatan yang baik untuk menahan gaya tekan namun lemah terhadap tarik. Beton didefinisikan sebagai suatu campuran yang terdiri dari pasir, kerikil, batu pecah atau agregat-agregat lain yang dicampur menjadi satu dengan suatu pasta yang terbuat dari semen dan air membentuk suatu masa yang mirip batuan (McCormac, 2003)

Agregat

Agregat menempati 60-80 % dari total volume beton maka kualitas agregat sangat berpengaruh terhadap kualitas beton. Agregat kasar biasanya berukuran antara 5 mm hingga 40 mm, sedangkan agregat halus biasanya yang lolos dari saringan no.4.

Material pengikat (semen)

Salah satu material utama dalam pembuatan beton adalah semen portland. Menurut Mulyono (dalam Balsala, 2018), Jika ditambah air, semen akan menjadi pasta semen. Jika ditambah agregat halus, pasta semen akan menjadi mortar yang jika digabungkan dengan agregat kasar akan menjadi campuran beton segar yang setelah mengeras akan menjadi beton keras (*concrete*).

Air

Air merupakan bahan yang berfungsi untuk mereaksi semen sehingga bisa tercampur dengan bahan-bahan lainnya. Air juga berpengaruh terhadap cara pencampuran beton. Jika banyak air maka beton dengan mudah untuk dikerjakan, namun jika terlalu sedikit air maka beton sukar untuk dikerjakan.

Kuat Tekan

Kekuatan tekan beton ditentukan oleh pengaturan dari perbandingan semen, agregat kasar dan halus, air.

Kekuatan tekan beton adalah besarnya beban per satuan luas yang menyebabkan benda uji beton hancur bila dibebani dengan gaya tekan tertentu, yang dihasilkan dengan oleh mesin tekan. Secara matematis kuat tekan beton dinyatakan sebagai berikut:

$$f' c = P/A \quad (1)$$

dimana:

- $f' c$ = Kuat tekan beton (MPa)
- P = Beban maksimum yang menyebabkan Benda uji hancur (N)
- A = Luas penampang (mm^2)

Berat Volume

Berat volume beton adalah perbandingan antara berat beton terhadap volumenya. Berat volume beton bergantung pada berat volume agregat yang membentuk beton tersebut. Berat volume beton dirumuskan sebagai berikut:

$$D = \frac{W}{V} \text{ (kg/m}^3\text{)} \quad (2)$$

dimana:

- D = Berat volume beton (kg/m^3)
- W = Berat (kg)
- V = Volume (m^3)

Geopolymer

Geopolymer adalah bahan material yang ramah lingkungan karena tidak menggunakan semen. Bahan dasar utama pembuatan beton geopolymer adalah bahan yang banyak mengandung silica dan alumina.

Geopolymer adalah bentuk anorganik alumina-silika yang disintesa melalui material banyak mengandung Silika (Si) dan Alumina (Al) yang berasal dari alam atau material hasil sampingan industri. Komposisi kimia material geopolymer serupa dengan Zeolit, tetapi memiliki mikrostruktur *amorphous*. (Sumajouw dan Dapas, 2013).

Bahan pengikat geopolymer adalah system anorganik 2-komponen yang terdiri atas:

1. Komponen solid yang memiliki SiO_2 dan Al_2O_3 dalam jumlah yang cukup untuk bisa bersenyawa (Seperti abu terbang, pozzolon, slag dll).
2. Cairan alkalin sebagai komponen activator yang memiliki alkali hidroksida, silika, alumina, carbon dan sulfat atau kombinasi keduanya.

Material Pembentuk Beton Geopolymer Agregat

Dalam pembuatan beton geopolimer agregat yang di gunakan haruslah bersih, karena berpengaruh terhadap kuat tekan. Pada agregat halus dan agragat kasar kandungan lumpurnya tidak boleh terlalu besar apabila kandungan lumpurnya besar agregat-agregat tersebut haruslah dibersihkan terlebih dahulu. Agregat yang digunakan adalah agregat dalam keadaan jenuh kering permukaan.

Abu Terbang

Beton geopolymer dibuat dengan bahan dasar abu terbang (*fly ash*). Abu terbang adalah hasil sampingan dari industry salah satunya dari pembangkit listrik tenaga uap (PLTU). Material ini banyak mengandung unsur-unsur yang sama dengan yang dimiliki oleh semen sehingga material ini di sebut material "*pozzolon*". Dalam penelitian ini digunakan abu terbang kelas F.

Alkalin Aktivator

Alkaline activator ialah aktivator yang akan mengikat oksida silika pada fly ash dan akan bereaksi secara kimia dan membentuk ikatan polimer.

Alkalin activator yang digunakan adalah sodium silikat dan sodium hidroksida, dimana sodium silikat berfungsi untuk mereaksi polymerisasi, sedangkan sodium hidroksida untuk mereaksi unsur SI dan AI yang terkandung dalam fly ash sehingga bisa menghasilkan ikatan polimer yang kuat.

Bahan Tambah (Superplasticizer-sika)

Superplasticizer adalah bahan tambah untuk meningkatkan workabilitas dari beton segar (fresh concrete), agar mempermudah dalam pengerjaan beton dengan menggunakan air sesedikit mungkin. (Manuahe, 2014).

Bahan tambah (*Admixture*) didefinisikan sebagai material selain air, agregat, semen dan fiber yang digunakan dalam campuran beton atau mortar, yang ditambahkan dalam adukan segera sebelum atau selama pengadukan dilakukan.

Kapur (Lime)

Kapur adalah kalsium oksida (CaO) yang dibuat dari batuan karbonat yang dipanaskan pada suhu tinggi. Kapur tersebut umumnya berasal dari batukapur.

Kapur bereaksi dengan bermacam-macam komponen pozzolon yang halus untuk membentuk kalsium silika semen. Silika adalah mineral utama dari *fly ash* jika bereaksi dengan kapur maka akan membentuk gel $[\text{Ca}(\text{Si})_3]$. *Fly ash* mempunyai sifat pozzolon sehingga bila

dicampur dengan kapur dan air akan bereaksi membentuk kalsium silikat hidrat (C-S-H).

Substitusi

Substitusi adalah proses menggantikan sebagian bahan material utama dengan bahan material lain agar mendapatkan unsur pembeda. Dalam penelitian beton geopolimer ini dilakukan substitusi dengan menambahkan semen Portland atau kapur terhadap abu terbang (*fly ash*) untuk mencari karakteristik yang akan terjadi akibat penambahan semen dan kapur. Substitusi yang dilakukan sebanyak 12.5%, 15%, 17.5%, dan 20% dari jumlah berat fly ash.

Penelitian Terdahulu

Pesik (2018) meneliti tentang karakteristik beton geopolimer dengan substitusi semen atau kapur sebesar 0%, 2.5%, 5%, dan 10% dari berat fly ash, menghasilkan kuat tekan beton dengan substitusi semen pada umur 28 hari sebesar 21.68 MPa, 22.05 MPa, 25.55 MPa, dan 24.67 MPa, dan substitusi kapur dengan nilai kuat tekan sebesar 21.66 MPa, 21.96 MPa, 23.21 MPa, dan 33.67 MPa.

Tambingon (2018) meneliti tentang kuat tekan beton geopolimer dengan perawatan temperatur ruangan. Hasil pengujian dengan perawatan temperatur ruangan yang disubstitusi dengan semen sebesar 0%, 2.5%, 5%, dan 10% pada umur 28 hari menghasilkan kuat tekan sebesar 21.79 MPa, 22.05 MPa, 25.30 MPa, dan 23.42 MPa.

METODOLOGI PENELITIAN

Dalam penelitian ini dilakukan beberapa langkah pengerjaan. Diawali dengan pemeriksaan material, penyiapan material, menetapkan komposisi campuran, pembuatan benda uji, perawatan, dan pengujian benda uji. Tahapan-tahapan tersebut dilakukan dengan berdasarkan standart peraturan pengerjaan beton yang disesuaikan dengan kondisi laboratorium Bahan Fakultas Teknik Unsrat.

Perencanaan Komposisi Campuran

Sampai pada saat ini belum ada standar mengenai komposisi campuran beton *geopolymer*, maka sebagai referensi dalam penelitian ini untuk proporsi campuran beton mengacu pada hasil penelitian oleh Hardjito dan Rangan (2005), *Development and Properties of Low-Calcium Fly Ash-Based Geopolymer Concrete*.

Tabel 1. Proporsi Campuran Beton Geopolymer

Material	Berat (kg/m ³)
Agregat Kasar	1294
Agregat Halus	554
Fly Ash	476
Sodium Hidroksida	120 (14 M)
Sodium Silikat	300
superplasticizer	12.2

Sumber: Hardjito dan Rangan (2005)

Pembuatan Campuran Beton

Proses pencampuran dilakukan setelah semua komposisi berat tiap bahan telah ditetapkan. Proses pencampuran meliputi kegiatan berikut ini:

1. Membuat larutan alkalin aktivator
2. Mencampur Agregat Kasar dan Agregat Halus dalam keadaan kering permukaan (*Saturated Surface Dry*) dan *Fly Ash* kedalam *Concrete Mixer* kurang lebih 4-5 menit.
3. Masukkan semua cairan yang sudah dicampurkan kedalam *Concrete Mixer* dan aduk semua material yang sudah dimasukkan sampai mendapat kondisi homogen (*Fresh Concrete*).

Pencetakan Benda Uji

Pada bagian pencetakan benda uji ini, sangat penting karena menentukan kepadatan dan pori yang akan terjadi dari sampelnya. Proses pencetakan meliputi rangkaian kegiatan berikut ini:

1. Cetakan yang sudah disiapkan ditempatkan pada meja vibrator.
2. Pastikan dinding-dinding cetakan telah diberi pelumas (oli) dan cetakan telah bersih dari segala macam benda asing
3. Beton segar yang telah tercampur dimasukan ke dalam cetakan. Pencetakan dilakukan dalam 3 lapisan, setiap lapisan di padatkan dengan cara ditusuk sebanyak 60 kali sementara di tusuk meja vibrator dipasang kurang lebih 5 detik. Pada lapisan terakhir ditambah dengan adukan beton sampai permukaannya rata.
4. Setelah semua cetakan terisi penuh alat vibrator dipasang kembali kurang lebih 5 detik supaya semua permukaannya rata.

Perawatan Benda Uji

Pada penelitian ini untuk perawatan benda uji hanya menggunakan suhu temperatur ruangan. Gambar 1. Memperlihatkan urutan pelaksanaan penelitian dalam bentuk diagram alir:



Gambar 1. Diagram Alir.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Berat Volume Beton

Berat volume beton adalah perbandingan antara berat beton terhadap volumenya. Berikut adalah berat volume beton yang didapat dalam penelitian.

Tabel 2. Berat Volume Beton dengan Substitusi Semen

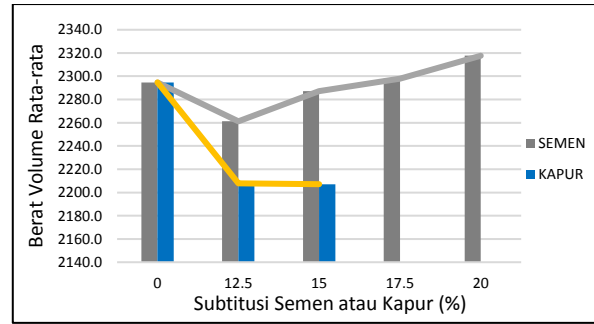
No.	Konsentrasi	Berat Volume Beton Rata-rata (kg/m ³)		
	Semen (%)	7 Hari	14 Hari	28 Hari
1	0	2294.7	2295.4	2291.6
2	12.5	2261.2	2266.1	2282.7
3	15	2287.3	2268.0	2279.4
4	17.5	2298.0	2296.2	2289.7
5	20	2317.6	2301.8	2296.1

Sumber: Hasil Penelitian

Tabel 3. Berat Volume Beton dengan Substitusi Kapur

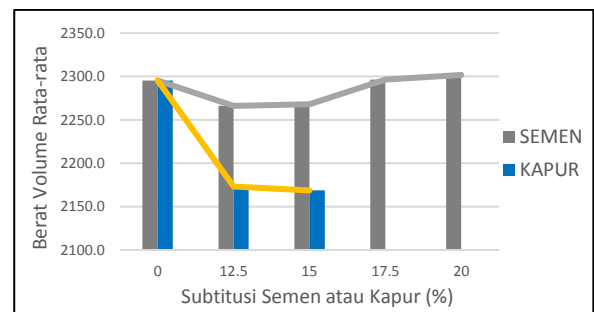
No.	Konsentrasi	Berat volume rata-rata (kg/m ³)		
	Kapur (%)	7 hari	14 hari	28 hari
1	0	2294.7	2295.4	2291.6
2	12.5	2208.0	2173.3	2277.6
3	15	2207.1	2168.6	2267.6

Sumber: Hasil Penelitian



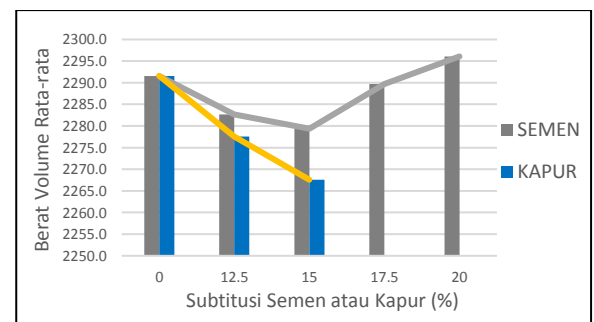
Gambar 2. Diagram Rata-rata Berat Volume Beton pada Umur 7 hari.

Berdasarkan tabel dan diagram (Gambar 2) berat volume rata-rata beton pada umur 7 hari dengan substitusi semen berkisaran antara 2261.2 kg/m³ - 2317.6 kg/m³, dan pada substitusi kapur berkisar antara 2207.1 kg/m³ - 2294.7 kg/m³. Maka dapat disimpulkan berat volume beton dengan umur pengujian 7 hari termasuk dalam beton normal.



Gambar 3. Diagram Rata-rata Berat Volume Beton pada Umur 14 hari.

Berdasarkan tabel dan diagram (Gambar 3) berat volume rata-rata beton pada umur 14 hari dengan substitusi semen berkisaran antara 2266.1 kg/m³ - 2301.8 kg/m³, dan pada substitusi kapur berkisar antara 2168.6 kg/m³ - 2295.4 kg/m³. Maka dapat disimpulkan berat volume beton dengan umur pengujian 14 hari termasuk dalam beton normal.



Gambar 4. Diagram Rata-rata Berat Volume Beton pada Umur 28 hari.

Berdasarkan tabel dan diagram (Gambar 4), berat volome rata-rata beton pada umur 28 hari dengan substitusi semen berkisaran antara 2279.4 kg/m³ – 2296.1 kg/m³, dan pada substitusi kapur berkisar antara 2267.6 kg/m³ – 2291.6 kg/m³. Maka dapat disimpulkan berat volume beton dengan umur pengujian 28 hari termasuk dalam beton normal.

Kuat Tekan

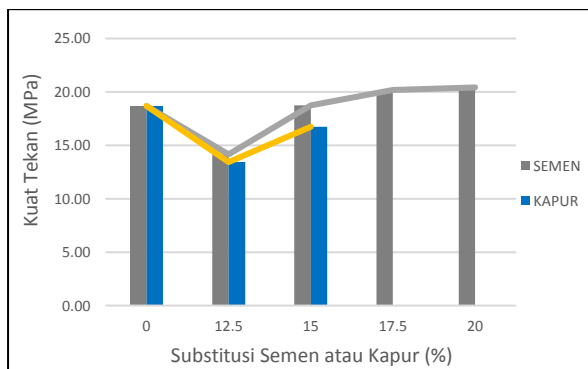
Benda uji yang digunakan berbentuk silinder 10x20 cm dengan perawatan benda uji menggunakan suhu ruangan dengan umur pengujian 7, 14, dan 28 hari. Hasil dari pengujian dapat dilihat dalam tabel dan diagram dibawah ini.

Tabel 4. Kuat Tekan Beton dengan Substitusi Semen

Kadar Semen (%)	7 Hari Kuat Tekan (MPa)	14 Hari Kuat Tekan (MPa)	28 Hari Kuat Tekan (MPa)
0	18.69	20.12	19.80
12.5	14.16	15.16	23.44
15	18.75	22.22	24.02
17.5	20.17	25.01	28.14
20	20.42	27.02	29.18

Tabel 5. Kuat Tekan Beton dengan Substitusi Kapur

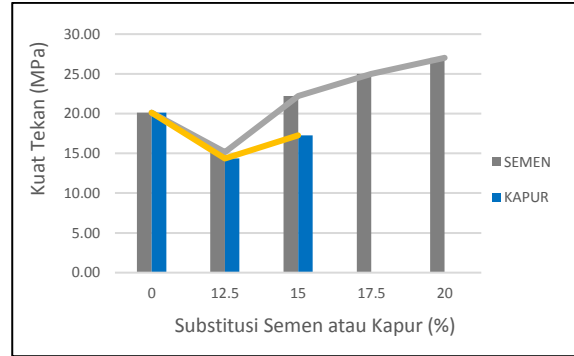
Kadar Kapur (%)	7 Hari Kuat Tekan (MPa)	14 Hari Kuat Tekan (MPa)	28 Hari Kuat Tekan (MPa)
0	18.69	20.12	19.80
12.5	13.43	14.36	20.02
15	16.75	17.28	21.87



Gambar 5. Diagram Kuat Tekan Beton pada Umur 7 hari.

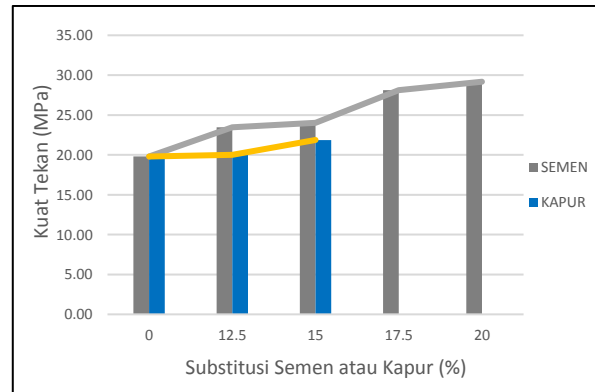
Berdasarkan tabel dan diagram (Gambar 5) nilai kuat tekan pada umur pengujian 7 hari mengalami kenaikan pada setiap bertambahnya variasi substitusi semen atau kapur, dengan variasi

substitusi semen mendapat nilai kuat tekan yang paling tinggi pada substitusi 20% sebesar 20.42 MPa. Dan pada substitusi kapur mendapat nilai kuat tekan tertinggi pada variasi substitusi 15% sebesar 16.75 MPa.



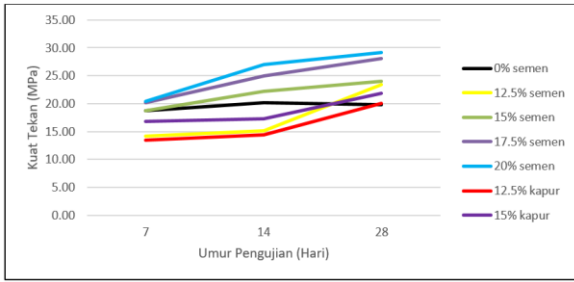
Gambar 6. Diagram Kuat Tekan Beton pada Umur 14 hari.

Berdasarkan diagram (Gambar 6) dan tabel nilai kuat tekan pada umur pengujian 14 hari mengalami kenaikan pada setiap bertambahnya variasi substitusi semen atau kapur, dengan variasi substitusi semen mendapat nilai kuat tekan yang paling tinggi pada substitusi 20% sebesar 27.02 MPa. Dan pada substitusi kapur mendapat nilai kuat tekan tertinggi pada substitusi 15% sebesar 17.28 MPa.



Gambar 7. Diagram Kuat Tekan Beton pada Umur 28 hari.

Berdasarkan tabel dan diagram (Gambar 7) nilai kuat tekan pada umur pengujian 28 hari mengalami kenaikan pada setiap variasi substitusinya. Pada substitusi semen nilai kuat tekan yang paling besar terdapat pada substitusi 20% sebesar 29.18 MPa. Dan pada substitusi kapur mendapat nilai kuat tekan tertinggi pada substitusi 15% sebesar 21.87 MPa.



Gambar 8. Diagram Hubungan Kuat Tekan Beton pada Umur 7, 14, 28 hari.

Berdasarkan diagram (Gambar 8) nilai kuat tekan beton geopolimer mengalami peningkatan seiring bertambahnya umur pengujian, dimana kuat tekan yang paling besar terdapat pada umur pengujian 28 hari.

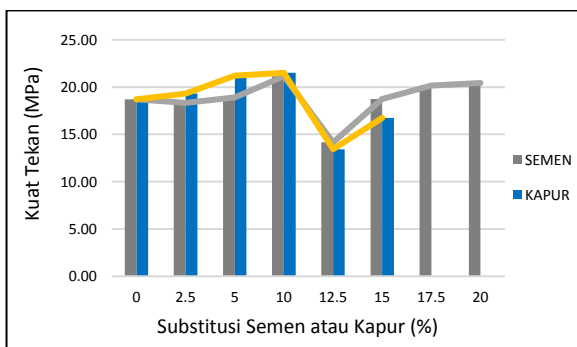
Tabel-tabel berikut adalah hasil penggabungan kuat tekan dari penelitian sebelumnya dan penelitian ini.

Tabel 6. Kuat Tekan Beton dengan Substitusi Semen

Kadar Semen (%)	7 Hari Kuat Tekan (MPa)	14 hari Kuat Tekan (MPa)
0	18.69	19.80
2.5	18.33	22.05
5	18.91	25.55
10	21.14	24.67
12.5	14.16	23.44
15	18.75	24.02
17.5	20.17	28.14
20	20.42	29.18

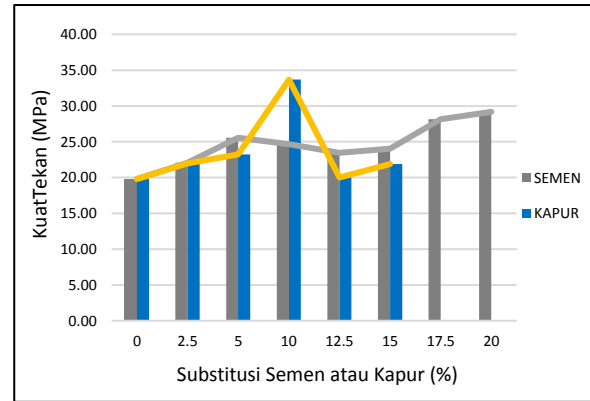
Tabel 7. Kuat Tekan Beton dengan Substitusi Kapur

Kadar Kapur (%)	7 Hari Kuat Tekan (MPa)	14 hari Kuat Tekan (MPa)
0	18.69	19.80
2.5	19.3	21.96
5	21.2	23.21
10	21.5	33.67
12.5	13.43	20.02
15	16.75	21.87



Gambar 9. Diagram Kuat Tekan Beton pada Umur 7 hari.

Berdasarkan tabel dan diagram (Gambar 9) pada umur pengujian 7 hari dengan variasi substitusi semen atau kapur masih mengalami kenaikan pada setiap variasinya. Jadi dapat disimpulkan pada curing 7 hari masih mengalami kenaikan pada setiap bertambah variasi substitusinya.



Gambar 10. Diagram Kuat Tekan Beton pada Umur 28 hari.

Berdasarkan tabel dan diagram (Gambar 10) pada umur pengujian 28 hari dengan variasi substitusi semen atau kapur masih mengalami kenaikan nilai kuat tekan pada setiap variasi substitusinya. Jadi dapat disimpulkan semakin bertambahnya variasi substitusi semen maka nilai kuat tekan akan semakin bertambah.

Pada substitusi kapur juga mengalami kenaikan pada setiap bertambahnya substitusi kapur namun nilai kuat tekan yang optimal terdapat pada substitusi kapur 10%. Karena pada variasi substitusi kapur hanya dapat dikerjakan sampai variasi 15%, dikarenakan pada pembuatan substitusi variasi 17,5% sudah tidak dapat dikerjakan karena beton segar dengan sangat cepat mengeras dan sangat sulit untuk dikerjakan.

PENUTUP

Kesimpulan

1. Nilai kuat tekan beton geopolimer dengan perawatan suhu ruangan pada substitusi semen masih mengalami kenaikan pada setiap penambahan substitusinya dengan variasi 12.5%, 15%, 17.5%, dan 20%.
2. Pada substitusi kapur variasi yang dilakukan hanya sampai variasi substitusi 15% karena beton mengeras dengan sangat cepat dan sulit untuk dicetak, nilai kuat tekan beton dengan substitusi kapur yang paling optimal terdapat pada substitusi kadar sebesar 10%.

3. Rata-rata berat volume beton yang didapat dalam penelitian ini berkisar dari 2168.6 kg/m^3 – 2317.6 kg/m^3 dan termasuk jenis beton normal.
2. Melakukan penelitian lebih lanjut tentang bahan additives yang baik untuk ditambahkan agar beton mudah untuk dicetak.

Saran

1. Melakukan penelitian lebih lanjut tentang variasi semen, molaritas dan perbandingan variasi sodium hidroksida dan sodium silikat agar bisa mendapatkan hasil yang optimal.
3. Melakukan pengujian dengan menggunakan abu terbang (*fly ash*) dengan kelas yang berbeda.
4. Memperhatikan proses pengolesan pelumas pada bekisting, karena sangat mempengaruhi lengketnya benda uji pada saat membuka bekisting.

DAFTAR PUSTAKA

- Balsala, Onisimus S., H. Manalip, Bonny M. M. Ointu, 2018. *Pengujian Tekan dan Tarik Belah Beton dengan Agregat dari Kepulauan Aru*. Jurnal Sipil Statik Vol.6, No.9, September 2018 (715-772) ISSN: 2337-6732. Universitas Sam Ratulangi Manado.
- Davidovits, J (1999), *Chemistry of geopolymer system, terminology*, paper presented at the Geopolymere '99 International Conference, Saint-Quentin, France.
- Hardjito, D., Rangan B.V., 2005. *Development and Properties of Low-Calcium Fly Ash Based Geopolymer Concrete*. Research Report GC1 Faculty of Engineering Curtin University of Technology Perth, Australia.
- Manuahe, Riger., M. D. J. Sumajouw, Reky S. Windah. 2014. *Kuat Tekan Beton Geopolymer Berbahan Dasar Abu Terbang (Fly Ash)*. Jurnal Sipil Statik Vol.2, No.6, September 2014 (277-282) ISSN: 2337-6732. Universitas Sam Ratulangi Manado.
- McCormac, C. Jack., 2003. *Desain Beton Bertulang*. Jakarta: Erlangga
- Pan, Zhu. dkk. 2009. *An Investigation of The Mechanism for Strength Gain or Loss of Geopolymer Mortar After Exposure to Elevated Temperature*. Curtin University Technology, Perth, WA, Australia.
- Pesik, Juanditra., M. D. J. Sumajouw, Ronny E. Pandaleke. 2018. "Karakteristik Mekanik Beton Geopolimer Dengan Perawatan Suhu Ruang (*Ambient curing*). Jurnal Tekno Vol.16, No.69, 2018, ISSN: 0215-9617. Universitas Sam Ratulangi Manado.
- SK SNI-04-1989-F, 1989, Spesifikasi Bahan Bangunan Bagian A (Bahan Bangunan Bukan Logam), Yayasan LMPB, Bandung.
- Sumajouw, D. M. J., Dapas, S.O. 2013. *Elemen Struktur Beton Bertulang Geopolymer*, Penerbit ANDI, Yogyakarta.
- Tambingon, Fiki R., M. D. J. Sumajouw, Steenie E. Wallah. 2018. *Kuat Tekan Beton Geopolymer dengan Perawatan Temperatur Ruang*. Jurnal Sipil Statik Vol.6, No.9, September 2018 (641-6480) ISSN: 2237-6732. Universitas Sam Ratulangi Manado.