

Pengaruh Perawatan Pada *Elevated Temperature* Terhadap Kuat Tekan Beton Dengan Serbuk Kaca Sebagai Substitusi Parsial Semen

Nadya Erika Tasya Rori^{#1}, Steenie E. Wallah^{#2}, Banu Dwi Handono^{#3}

[#]Program Studi Teknik Sipil, Universitas Sam Ratulangi

Jl. Kampus UNSRAT Kelurahan Bahu, Manado, Indonesia, 95115

¹erikantrori@gmail.com; ²steenie@unsrat.ac.id; ³banu2h@unsrat.ac.id

Abstrak

Beton merupakan suatu bahan konstruksi atau material yang sangat diperlukan dalam pembangunan struktur bangunan Teknik sipil. Karena peningkatan kebutuhan beton yang semakin banyak diiringi juga dengan permasalahan yang timbul seperti penggunaan semen yang begitu banyak yang sangat berpengaruh terhadap lingkungan. Dalam penelitian ini, diambil limbah kaca karena pada kaca ada unsur – unsur kimia yang ada pada semen, seperti presentase kandungan silika (SiO_2). Na_2O dan CaO pada kaca yang cukup besar yaitu lebih dari 70%. Untuk memperoleh kekuatan beton yang diinginkan, ada beberapa faktor yang perlu diperhatikan, salah satunya yaitu perawatan beton (*curing*). Salah satu metode dalam perawatan beton (*curing*) yang digunakan antara lain perawatan normal dan perawatan pada *elevated temperature*. Pada penelitian ini bertujuan untuk mengetahui bagaimana pengaruh suhu pada perawatan *elevated temperature* dengan penambahan serbuk kaca sebagai substitusi parsial semen dengan variasi 0%, 5%, 10% dan 15% dari total berat semen. Benda uji yang digunakan yaitu silinder dengan diameter 100 mm dan tinggi 200 mm. Pengujian dilakukan pada umur 28 hari, dengan perawatan perendaman dan perawatan *elevated temperature* dengan suhu 40°C, 50°C dan 60°C. Dari penelitian yang dilakukan diperoleh pada beton dengan variasi serbuk kaca 0%, 5%, 10% dan 15% semakin tinggi suhu perawatan yang digunakan maka semakin rendah nilai kuat tekan yang dihasilkan pada umur 28 hari. Beton dengan variasi serbuk kaca kuat tekan optimal ada pada variasi 10% dengan perawatan perendaman yaitu 28,78 MPa.

Kata kunci – serbuk kaca,, *elevated temperature*, kuat tekan, perawatan

I. PENDAHULUAN

A. Latar Belakang

Beton banyak digunakan oleh para insinyur teknik sipil karena memiliki kelebihan yang sangat mudah untuk dibentuk sesuai dengan kebutuhan konstruksi. Karena peningkatan kebutuhan beton yang semakin banyak diiringi dengan permasalahan yang timbul seperti penggunaan semen yang begitu banyak yang sangat berpengaruh terhadap lingkungan.

Pada penelitian ini dengan memperhatikan adanya limbah kaca baik yang berasal dari produksi pembuatan kusen pintu jendela dan produksi pembuatan lemari etalase dalam jumlah yang besar. Diambil limbah kaca karena pada kaca ada unsur – unsur kimia yang ada pada semen, seperti presentase kandungan silika (SiO_2). Na_2O dan CaO pada kaca yang cukup besar yaitu lebih dari 70%. Kaca merupakan hasil penguraian senyawa – senyawa organik yang telah mengalami pendinginan tanpa kristalisasi. Unsur pokok dari kaca adalah silika (Setiawan, 2006).

Untuk memperoleh kekuatan beton yang diinginkan, ada beberapa faktor yang perlu diperhatikan, salah satunya yaitu perawatan beton (*curing*). Ada beberapa metode dalam perawatan beton (*curing*) berdasarkan suhu yang digunakan antara lain, perawatan normal dan perawatan pada *elevated temperature*. Suhu curing yang tinggi pada awal umur beton akan meningkatkan kuat tekan beton. Pada umur 28 hari, peningkatan suhu curing akan menurunkan kuat tekan beton. (Nizar, 2011).

B. Perumusan Masalah

Berdasarkan pada latar belakang yang ada permasalahan yang akan dibahas dalam penelitian ini mengenai pembuatan beton menggunakan serbuk kaca sebagai substitusi parsial semen dengan melakukan perawatan pada *elevated temperature* dan perawatan normal untuk melihat pengaruh terhadap nilai kuat tekan beton.

C. Tujuan Penelitian

Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui bagaimana pengaruh suhu pada perawatan *elevated temperature* dan perawatan normal terhadap kuat tekan

yang dihasilkan dengan penambahan serbuk kaca sebagai substitusi parsial semen.

D. Manfaat Penelitian

Dengan adanya penelitian ini diharapkan dapat membandingkan nilai kuat tekan beton dengan perawatan pada elevated temperature dan beton dengan perawatan normal dengan penambahan serbuk kaca sebagai substitusi parsial semen..

E. Batasan Masalah

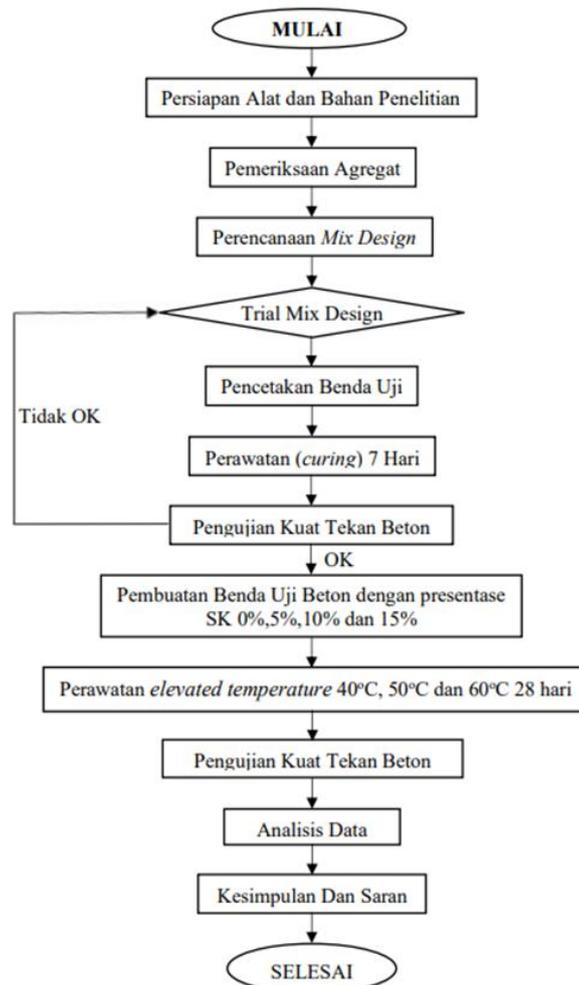
Adapun batasan masalah dalam penelitian ini meliputi:

1. Pelaksanaan penelitian dilakukan di Laboratorium Struktur dan Material Bangunan Fakultas Teknik Universitas Sam Ratulangi Manado.
2. Semen yang digunakan merupakan semen portland.
3. Agregat halus yang digunakan berasal dari Girian.
4. Agregat kasar yang digunakan berasal dari Kinilow.

5. Limbah kaca dipakai dari produksi pembuatan kusen pintu jendela dan produksi pembuatan lemari etalase.
6. Air yang digunakan berasal dari sumur bor Laboratorium Rekayasa Material,
7. Dalam penelitian ini hanya dilakukan pada skala laboratorium.
8. Perawatan pada elevated temperature menggunakan oven pada suhu 40°C, 50°C, 60°C.
9. Benda uji yang dipakai adalah silinder (100 x 200) mm untuk kuat tekan.
10. Pengujian dilakukan saat beton berumur 28 hari.

II. METODOLOGI PENELITIAN

Penelitian ini dilakukan dengan cara membuat benda uji yang dilakukan di Laboratorium Struktur dan Material Bangunan Fakultas Teknik Universitas Sam Ratulangi Manado. Dimulai dari persiapan alat dan bahan, pemeriksaan material, perencanaan campuran lalu pembuatan benda uji dan pengujian benda uji.



Gambar 1. Bagan Alir Penelitian

III. HASIL DAN PEMBAHASAN

A. Komposisi Campuran Beton

Berdasarkan hasil dari pemeriksaan material untuk mix design maka menurut ACI 211.1–91 dengan FAS 0,53 (nilai FAS ditetapkan dari beberapa kali trial mix design) dibutuhkan komposisi campuran beton untuk mutu beton 25 MPa yang ditampilkan pada Tabel 1.

B. Pemeriksaan Nilai Slump

Dari Table 2 nilai slump yang didapatkan pada setiap pengecoran untuk masing–masing campuran sesuai dengan nilai slump yang telah ditetapkan yaitu 75 – 100 mm. Campuran beton dengan dan tanpa adanya tambahan serbuk kaca dianggap bisa diterapkan karena memiliki workability yang baik.

TABEL 1
Komposisi Campuran per m³

Komposisi Campuran					
Bahan	Satuan	Komposisi			
		0%	5%	10%	15%
Semen	Kg	386,792	367,453	348,113	328,774
Air	Kg	203,072	192,918	182,765	172,611
Agregat Kasar	Kg	744,701	707,465	670,230	632,995
Agregat Halus	Kg	792,046	752,444	712,841	673,239
Serbuk Kaca	Kg	0	19,340	38,679	58,019

TABEL 2
Nilai Slump

Kode	Jenis Perawatan	Persentase SK	Nilai Slump (mm)
BN-1	Perawatan Perendaman	0%	98
BN-2	Perawatan <i>Elevated Temperature</i> 40°C	0%	95
BN-3	Perawatan <i>Elevated Temperature</i> 50°C	0%	78
BN-4	Perawatan <i>Elevated Temperature</i> 60°C	0%	83
SK-1A	Perawatan Perendaman	5%	78
SK-1B	Perawatan <i>Elevated Temperature</i> 40°C	5%	78
SK-1C	Perawatan <i>Elevated Temperature</i> 50°C	5%	79
SK-1D	Perawatan <i>Elevated Temperature</i> 60°C	5%	78
SK-2A	Perawatan Perendaman	10%	79
SK-2B	Perawatan <i>Elevated Temperature</i> 40°C	10%	78
SK-2C	Perawatan <i>Elevated Temperature</i> 50°C	10%	76
SK-2D	Perawatan <i>Elevated Temperature</i> 60°C	10%	95
SK-3A	Perawatan Perendaman	15%	95
SK-3B	Perawatan <i>Elevated Temperature</i> 40°C	15%	80
SK-3C	Perawatan <i>Elevated Temperature</i> 50°C	15%	80
SK-3D	Perawatan <i>Elevated Temperature</i> 60°C	15%	95

Sumber: Hasil Penelitian

C. Pemeriksaan Berat Volume Beton

Berdasarkan table 3 dan 4 diketahui bahwa rata-rata berat volume beton normal dan beton dengan presentase serbuk kaca 5%, 10% dan 15% adalah termasuk dalam jenis beton normal. Setiap penambahan suhu perawatan maka rata – rata berat volume pada beton normal akan mengalami penurunan . Hal ini dikarenakan semakin tinggi suhu perawatan maka penguapan pada benda uji akan semakin besar.

D. Pemeriksaan 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. Pengukuran kuat tekan beton berdasarkan pada SK SNI M 14-1989 F (SNI 03-1974-1990).

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

Keterangan :

$f'c$ = Kuat Tekan Beton (N/mm²)
 P = Beban Maksimum (N)
 A = Luas Penampang (mm²)

tekan sebesar 30,95 MPa, perawatan elevated temperature 40°C menghasilkan kuat tekan sebesar 24,78 MPa, perawatan elevated temperature 50°C menghasilkan kuat tekan sebesar 21,37 MPa, dan perawatan elevated temperature 60°C menghasilkan kuat tekan sebesar 16,68 MPa. Kuat tekan beton dengan perawatan perendaman menjadi kuat tekan tertinggi pada beton normal di umur 28 hari. Hal ini dikarenakan penguapan yang terjadi akibat kehilangan air yang begitu banyak pada benda uji.

1. Kuat Tekan Beton Normal

Dari pemeriksaan nilai rata – rata kuat tekan pada beton normal pada gambar 2 dapat dilihat bahwa perawatan elevated temperature mempengaruhi kuat tekan pada beton. Pada umur beton 28 hari kuat tekan dengan perawatan perendaman menghasilkan kuat

TABEL 3
Rata - Rata Berat Volume Beton Normal

Kode	Presentase SK	Rata-rata Berat Benda Uji (Kg)	Volume Beton (m ³)	Rata-rata Berat Volume (Kg/m ³)
BN-1	0%	3,3208	0,001570796	2114,0551
BN-2	0%	3,3138		2109,6147
BN-3	0%	3,2746		2084,6433
BN-4	0%	3,2469		2067,0089

Sumber: Hasil Penelitian

TABEL 4
Rata - Rata Berat Volume Beton Dengan Serbuk Kaca

Kode	Presentase SK	Rata-rata Berat Benda Uji (Kg)	Volume Beton (m ³)	Rata-rata Berat Volume (Kg/m ³)
SK-1A	5%	3,3119	0,001570796	2108,3892
SK-1B	5%	3,2803		2088,2720
SK-1C	5%	3,2729		2083,5716
SK-1D	5%	3,2646		2078,3089
SK-2A	10%	3,3254		2117,0154
SK-2B	10%	3,2968		2098,7762
SK-2C	10%	3,3093		2106,7340
SK-2D	10%	3,2444		2065,4492
SK-3A	15%	3,2497		2068,8074
SK-3B	15%	3,3193		2113,1002
SK-3C	15%	3,2659		2079,1047
SK-3D	15%	3,1771		2022,5888

Sumber: Hasil Penelitian

TABEL 5
Hasil Pemeriksaan Rata – rata Kuat Tekan Beton Normal

Kode	Jenis Perawatan	Waktu Pengujian	Rata-Rata Kuat Tekan Benda Uji (MPa)
BN-1	Perawatan Perendaman	28 Hari	30,95
BN-2	Perawatan Elevated Temperatur 40°C		24,78
BN-3	Perawatan Elevated Temperatur 50°C		21,37
BN-4	Perawatan Elevated Temperatur 60°C		16,68

Sumber: Hasil Penelitian

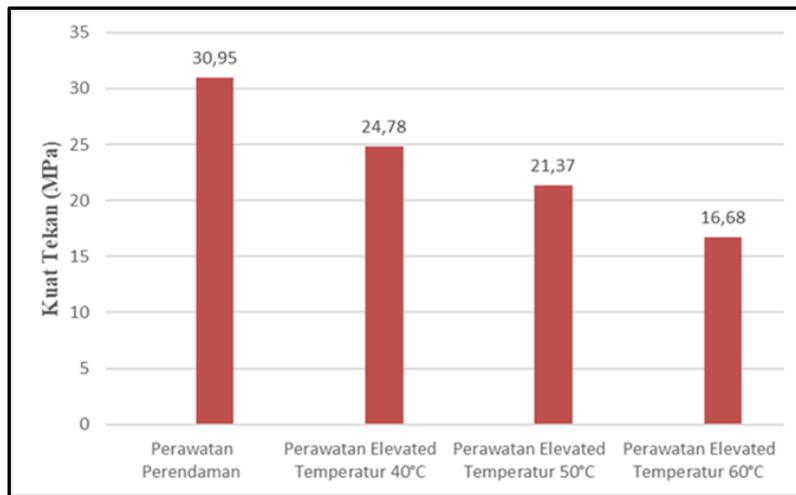
2. Kuat Tekan Beton dengan Serbuk Kaca

Dari hasil pemeriksaan rata – rata kuat tekan beton dengan serbuk kaca dapat dilihat bahwa perawatan

elevated temperature mempengaruhi kuat tekan pada beton. Pada variasi serbuk kaca 5% di umur 28 hari kuat tekan dengan perawatan perendaman

menghasilkan 25,96 MPa, perawatan elevated temperature 40°C menghasilkan kuat tekan sebesar 24,11 MPa, perawatan elevated temperature 50°C menghasilkan kuat tekan sebesar 20,38 MPa, dan perawatan elevated temperature 60°C menghasilkan kuat tekan sebesar 17,86 MPa. Pada variasi serbuk kaca 5% di umur 28 hari kuat tekan mengalami penurunan dikarenakan semakin tinggi suhu perawatan yang digunakan maka kuat tekan beton dengan serbuk kaca 5% akan menurun. Pada variasi serbuk kaca 10% di umur 28 hari kuat tekan dengan perawatan perendaman menghasilkan 28,78 MPa, perawatan elevated temperature 40°C menghasilkan kuat tekan sebesar 23,95 MPa, perawatan elevated temperature 50°C menghasilkan kuat tekan sebesar 20,13 MPa, dan perawatan elevated temperature 60°C menghasilkan kuat tekan sebesar 18,20 MPa. Pada variasi serbuk kaca 10% kuat tekan tertinggi ada pada perawatan

perendaman sebesar 28,78 MPa dan pada setiap kenaikan suhu perawatan yang digunakan nilai kuat tekan mengalami penurunan. Pada variasi serbuk kaca 15% di umur 28 hari kuat tekan dengan perawatan perendaman menghasilkan 25,54 MPa, perawatan elevated temperature 40°C menghasilkan kuat tekan sebesar 20,07 MPa, perawatan elevated temperature 50°C menghasilkan kuat tekan sebesar 19,20 MPa, dan perawatan elevated temperature 60°C menghasilkan kuat tekan sebesar 16,02 MPa. Kuat tekan beton dengan perawatan perendaman menjadi kuat tekan tertinggi pada beton variasi serbuk kaca 15% di umur 28 hari sebesar 25,54 MPa. Hal ini dikarenakan laju hidrasi yang mula-mula berlangsung cepat pada umur muda beton lama kelamaan menjadi lambat. Dari hasil pengujian juga dapat dilihat bahwa semakin tinggi suhu perawatan yang digunakan maka semakin rendah nilai kuat tekan beton yang dicapai pada umur 28 hari.

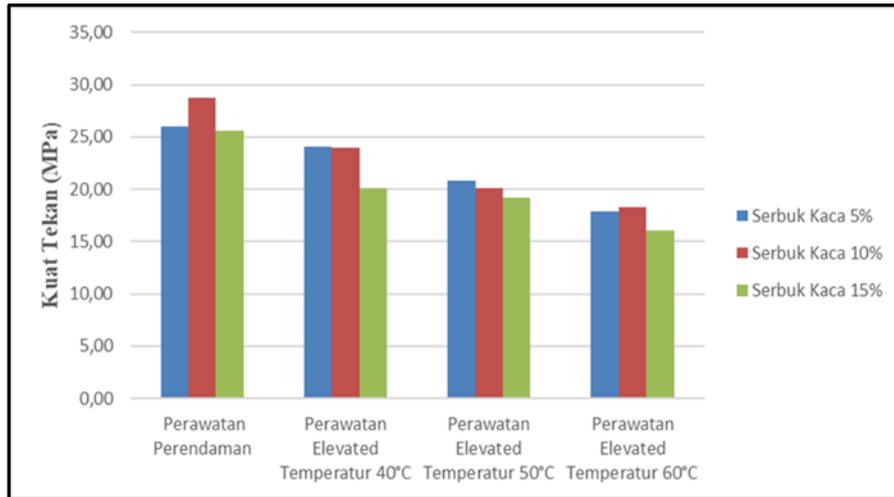


Gambar 2. Grafik Nilai Rata-rata Kuat Tekan Beton Normal

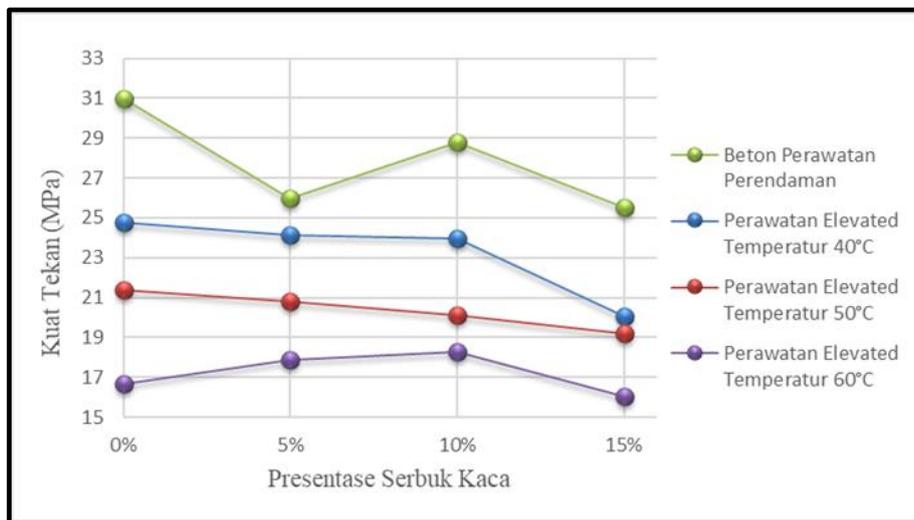
TABEL 6
Hasil Pemeriksaan Rata – rata Kuat Tekan Beton dengan Serbuk Kaca

Kode	Jenis Perawatan	Presentase SK	Waktu Pengujian	Rata-Rata Kuat Tekan Benda Uji (MPa)
SK-1A	Perendaman	5%	28 Hari	25,96
SK-1B	Elevated Temperatur 40°C	5%		24,11
SK-1C	Elevated Temperatur 50°C	5%		20,83
SK-1D	Elevated Temperatur 60°C	5%		17,86
SK-2A	Perendaman	10%		28,78
SK-2B	Elevated Temperatur 40°C	10%		23,95
SK-2C	Elevated Temperatur 50°C	10%		20,13
SK-2D	Elevated Temperatur 60°C	10%		18,30
SK-3A	Perendaman	15%		25,54
SK-3B	Elevated Temperatur 40°C	15%		20,07
SK-3C	Elevated Temperatur 50°C	15%		19,20
SK-3D	Elevated Temperatur 60°C	15%		16,02

Sumber: Hasil Penelitian



Gambar 3. Grafik Nilai Rata-rata Kuat Tekan Beton dengan Serbuk Kaca



Gambar 4. Grafik Hubungan Presentase Penambahan Serbuk Kaca Dengan Kuat Tekan Beton Yang Dihasilkan Untuk Setiap Jenis Perawatan

E. Perbandingan Kuat Tekan Beton Normal dan Kuat Tekan Beton dengan Serbuk Kaca

Berdasarkan Gambar 4 dapat dilihat bahwa dengan tambahan serbuk kaca pada beton mengakibatkan pada perawatan perendaman nilai kuat tekan di variasi serbuk kaca 0% adalah 30,95 MPa, namun mengalami penurunan pada variasi serbuk kaca 5% yaitu 25,96 MPa dan meningkat pada variasi serbuk kaca 10% yaitu 28,78 MPa, namun mengalami penurunan kembali pada variasi serbuk kaca 15% yaitu 25,54 MPa. Pada perawatan *elevated temperature* 40°C nilai kuat tekan rata-rata kaca 0% adalah 24,78 MPa, namun pada variasi serbuk kaca 5%, 10% dan 15% kuat tekan mengalami penurunan. Pada perawatan *elevated temperature* 50°C nilai kuat tekan rata-rata variasi yang memakai serbuk kaca tetap mengalami penurunan terhadap variasi serbuk kaca 0%. Dan pada

perawatan *elevated temperature* 60°C nilai rata-rata kuat tekan kaca 0% adalah 16,68 MPa dan meningkat pada variasi serbuk kaca 5% dan 10% namun mengalami penurunan pada serbuk kaca 15%. Rata – rata nilai kuat tekan beton yang menggunakan serbuk kaca mengalami penurunan, hal ini disebabkan oleh proses pengikatan senyawa yang melambat karena pengurangan fungsi semen itu sendiri

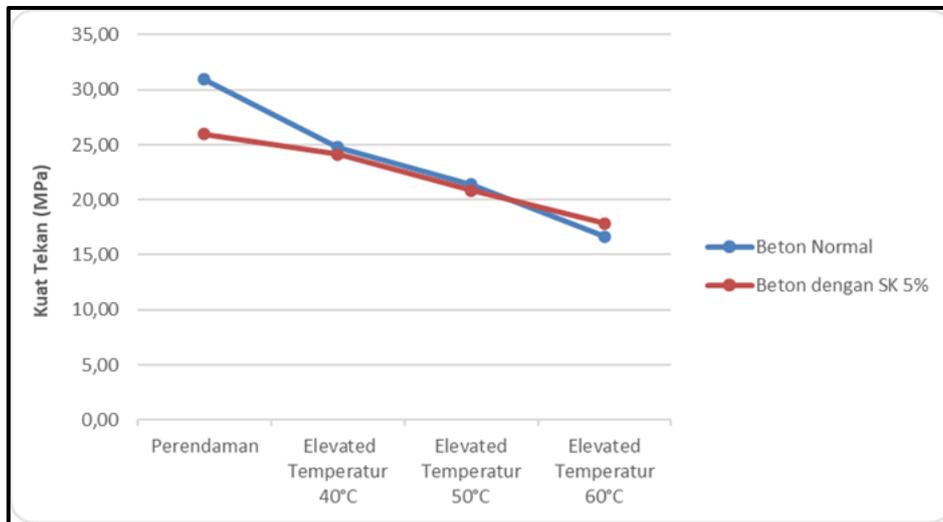
Pada gambar 5 menunjukkan bahwa nilai dari kuat tekan beton dengan variasi serbuk kaca 5% lebih rendah 16,11% dibandingkan dengan nilai kuat tekan pada beton normal yaitu 30,95 MPa pada perawatan perendaman, pada perawatan *elevated temperature* 40°C variasi serbuk kaca 5% juga lebih rendah 2,72% daripada kuat tekan beton normal yaitu 24,78 MPa dan pada perawatan *elevated temperature* 50°C variasi serbuk kaca 5% juga lebih rendah 2,53%

dibandingkan dengan beton normal yaitu 21,37 MPa. Sedangkan pada perawatan *elevated temperature* 60°C beton dengan variasi serbuk kaca 5% lebih tinggi 7,07% dibandingkan dengan kuat tekan beton normal yaitu 16,68 MPa.

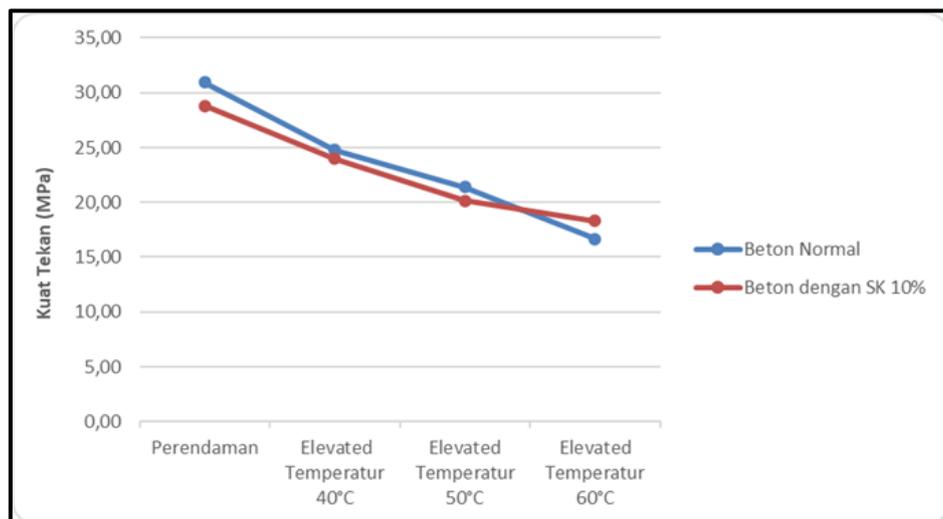
Pada gambar 6 menunjukkan bahwa nilai dari kuat tekan beton dengan variasi serbuk kaca 10% lebih rendah 7% dibandingkan dengan nilai kuat tekan pada beton normal yaitu 30,95 MPa pada perawatan perendaman, pada perawatan *elevated temperature* 40°C variasi serbuk kaca 10% juga lebih rendah 3,35% daripada kuat tekan beton normal yaitu 24,78 MPa dan pada perawatan *elevated temperature* 50°C variasi serbuk kaca 10% juga lebih rendah 5,81% dibandingkan dengan beton normal yaitu 21,37 MPa. Sedangkan pada perawatan *elevated temperature*

60°C beton dengan variasi serbuk kaca 10% lebih tinggi 9,67% dibandingkan dengan kuat tekan beton normal yaitu 16,68 MPa.

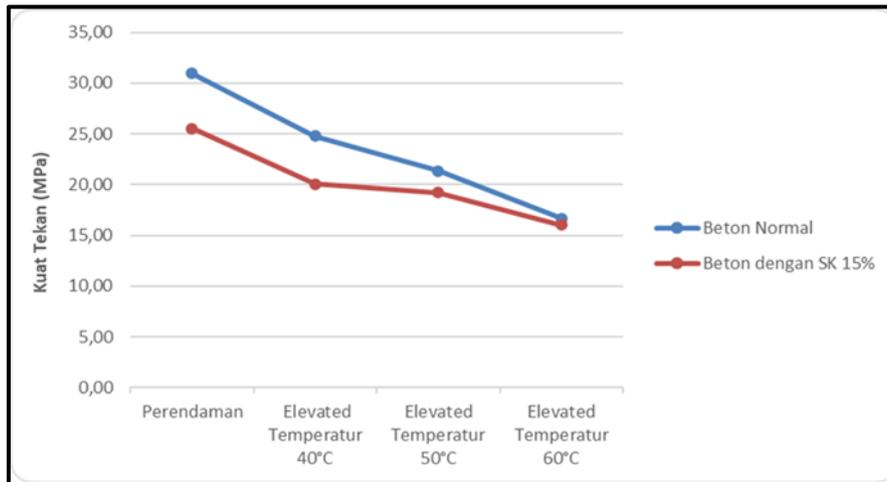
Pada gambar 7 menunjukkan bahwa nilai dari kuat tekan beton dengan variasi serbuk kaca 15% lebih rendah 17,47% dibandingkan dengan nilai kuat tekan beton normal yaitu 30,95 MPa pada perawatan perendaman, pada perawatan *elevated temperature* 40°C variasi serbuk kaca 15% juga lebih rendah 19,04% daripada kuat tekan beton normal yaitu 24,78 MPa, pada perawatan *elevated temperature* 50°C variasi serbuk kaca 15% lebih rendah 10,16% dibandingkan dengan beton normal yaitu 21,37 MPa, dan pada perawatan *elevated temperature* 60°C variasi serbuk kaca 15% lebih rendah 3,96% dibandingkan dengan kuat tekan beton normal yaitu 16,68 MPa.



Gambar 5. Grafik Perbandingan Nilai Kuat Tekan Beton Normal dan Kuat Tekan Beton dengan Serbuk Kaca 5%



Gambar 6. Grafik Perbandingan Nilai Kuat Tekan Beton Normal dan Kuat Tekan Beton dengan Serbuk Kaca 10%



Gambar 7. Grafik Perbandingan Nilai Kuat Tekan Beton Normal dan Kuat Tekan Beton dengan Serbuk Kaca 15%

IV. KESIMPULAN DAN SARAN

A. Kesimpulan

Berdasarkan penelitian dan analisis data yang telah dilakukan maka dapat diambil kesimpulan sebagai berikut:

1. Pada perawatan perendaman di umur 28 hari nilai kuat tekan beton dengan serbuk kaca 5% , 10% dan 15% mengalami penurunan jika dibandingkan dengan variasi serbuk kaca 0% yaitu 30,95 MPa.
2. Pada perawatan elevated temperature 40°C dan 50°C di umur 28 hari beton dengan variasi serbuk kaca 0% memiliki nilai kuat tekan lebih tinggi dibandingkan beton dengan serbuk kaca 5%, 10% dan 15%. Namun pada perawatan elevated temperature 60°C, beton dengan serbuk kaca 5% lebih tinggi 7,07% dan variasi serbuk kaca 10% lebih tinggi 9,67% dibandingkan dengan variasi serbuk kaca 0% .
3. Pengaruh perawatan elevated temperature terhadap kuat tekan beton dengan variasi serbuk kaca 0%, 5%, 10% dan 15% di umur 28 hari yaitu semakin tinggi suhu perawatan yang digunakan maka semakin rendah nilai kuat tekan dihasilkan. Kuat tekan optimum dengan perawatan elevated temperature ada pada variasi serbuk kaca 0% pada suhu 40°C yaitu 24,78 MPa.
4. Perawatan elevated temperature pada beton di umur 28 hari membuat nilai kuat tekan yang dihasilkan mengalami penurunan dikarenakan penguapan yang terjadi akibat kehilangan air yang begitu banyak pada benda uji.

B. Saran

Berdasarkan penelitian dan analisis data yang telah dilakukan, maka dapat diberikan saran, yaitu:

1. Perlu dilakukan penelitian lebih lanjut mengenai pengaruh suhu pada beton dengan penambahan serbuk kaca terhadap sifat mekanik lainnya.

2. Perlu dilakukan penelitian lebih lanjut mengenai pengaruh suhu pada beton dengan penambahan serbuk kaca terhadap sifat kimia.
3. Perlu dilakukan penelitian lebih lanjut mengenai serbuk kaca yang bervariasi, misalnya menggunakan kaca yang berwarna lain dengan komposisi kimia serbuk kaca yang berbeda.
4. Jika melakukan penelitian lebih lanjut untuk beton dengan perawatan *elevated temperature*, perlu memilih suhu dibawah 40°C.
5. Jika melakukan penelitian untuk beton dengan penambahan serbuk kaca sebagai substitusi parsial semen sebaiknya mencoba untuk presentase serbuk kaca yang belum dilakukan dalam penelitian.
6. Jika membutuhkan beton berkekuatan tinggi di umur awal beton dapat menggunakan perawatan *elevated temperature*, jika tidak sebaiknya menggunakan perawatan perendaman, karena pada umur beton 28 hari kekuatan beton yang dihasilkan dengan perawatan normal lebih tinggi dibandingkan perawatan *elevated temperature*.

KUTIPAN

A. Peraturan, Undang-undang, Standar

- [1] ACI Committee 211.1-91. 1993. Standard Practice for Selecting Proportion For Nomal, Heavyweight, Dan Mass Concrete. ACI. Detroit.
- [2] Badan Standardisasi Nasional, SNI 03-1974-2011 tentang “Cara uji kuat tekan beton dengan benda uji silinder”.

B. Jurnal

- [3] Nizar, R. F. 2011. Skripsi “Menentukan Kuat Tekan Beton Dengan Perbandingan Campuran 1 : 3 : 5 Berdasarkan Perawatan (*Curing*)”. Universitas Komputer Indonesia .
- [4] Setiawan, Budi. 2006. “Pengaruh Penggunaan Agregat Kaca pada Beton Ditinjau dari Segi Kekuatan dan *Shrinkage*”, Tugas Akhir Jurusan Teknik Sipil Universitas Kristen Petra. Surabaya.

