

SKRIPSI

**STUDI KARAKTERISTIK BETON DENGAN PERENDAMAN
VARIASI *GLASS POWDER* (LIMBAH CERMIN) SUBSTITUSI
SEMEN**

Disusun dan diajukan oleh:

**MUHAMMAD DIDIK RAMADHANI
D011 19 1071**



**PROGRAM STUDI SARJANA DEPARTEMEN TEKNIK SIPIL
FAKULTAS TEKNIK
UNIVERSITAS HASANUDDIN
GOWA
2024**

LEMBAR PENGESAHAN SKRIPSI

**STUDI KARAKTERISTIK BETON DENGAN PERENDAMAN
VARIASI *GLASS POWDER* (LIMBAH CERMIN) SUBSTITUSI
SEMEN**

Disusun dan diajukan oleh

Muhammad Didik Ramadhani
D011 19 1071

Telah dipertahankan di hadapan Panitia Ujian yang dibentuk dalam rangka Penyelesaian
Studi Program Sarjana Program Studi Departemen Teknik Sipil
Fakultas Teknik Universitas Hasanuddin
Pada tanggal 24 Januari 2024
dan dinyatakan telah memenuhi syarat kelulusan

Menyetujui,

Pembimbing Utama,



Dr. Eng. A. Arwin Amiruddin, ST, MT
NIP: 197912262005011001

Pembimbing Pendamping,



Prof. Dr-Ing. Herman Parung, M. Eng
NIP: 196207291987031001

Ketua Program Studi,



Prof. Dr. H. M. Wihardi Tjaronge, ST,
NIP: 196805292002121002

PERNYATAAN KEASLIAN

Yang bertanda tangan dibawah ini ;

Nama : Muhammad Didik Ramadhani

NIM : D011 19 1071

Program Studi : Teknik Sipil

Jenjang : S1

Menyatakan dengan ini bahwa karya tulisan saya berjudul

{ STUDI KARAKTERISTIK BETON DENGAN PERENDAMAN VARIASI
GLASS POWDER (LIMBAH CERMIN) SUBSTITUSI SEMEN }

Adalah karya tulisan saya sendiri dan bukan merupakan pengambilan alihan tulisan orang lain dan bahwa skripsi yang saya tulis ini benar-benar merupakan hasil karya saya sendiri.

Semua informasi yang ditulis dalam skripsi yang berasal dari penulis lain telah diberi penghargaan, yakni dengan mengutip sumber dan tahun penerbitannya. Oleh karena itu semua tulisan dalam skripsi ini sepenuhnya menjadi tanggung jawab penulis. Apabila ada pihak manapun yang merasa ada kesamaan judul dan atau hasil temuan dalam skripsi ini, maka penulis siap untuk diklarifikasi dan mempertanggungjawabkan segala resiko.

Segala data dan informasi yang diperoleh selama proses pembuatan skripsi, yang akan dipublikasi oleh Penulis di masa depan harus mendapat persetujuan dari Dosen Pembimbing.

Apabila dikemudian hari terbukti atau dapat dibuktikan bahwa sebagian atau keseluruhan isi skripsi ini hasil karya orang lain, maka saya bersedia menerima sanksi atas perbuatan tersebut.

Gowa, 24 Januari 2024

Yang Menyatakan


Muhammad Didik Ramadhani

ABSTRAK

MUHAMMAD DIDIK RAMADHANI. *STUDI KARAKTERISTIK BETON DENGAN PERENDAMAN VARIASI GLASS POWDER (LIMBAH CERMIN) SUBSTITUSI SEMEN* (dibimbing oleh Dr.Eng. Ir. A. Arwin Amiruddin, ST, MT dan Prof. Dr-Ing. Herman Parung, M.Eng)

Beton adalah material konstruksi bangunan yang terbuat dari campuran agregat, semen, air, maupun bahan aditif tertentu. Dalam konteks ini, penelitian tentang karakteristik beton substitusi serbuk kaca dengan perendaman sebagai substitusi semen menjadi penting untuk memahami potensi penggunaan serbuk kaca dalam beton. Pemanfaatan limbah serbuk kaca sebagai material pembuatan beton dapat menjadi solusi yang tepat mengingat serbuk kaca mengandung unsur kimia yang juga ditemukan pada semen yaitu SiO_2 , Al_2O_3 , Fe_2O_3 dan CaO . Kemiripan ini menjadi dasar digunakan *glass powder* sebagai substitusi semen. Kegunaan limbah kaca sebagai salah satu material pembuat beton yang ramah lingkungan menjadi penting dalam membantu mereduksi jumlah limbah kaca di Indonesia. Tujuan penelitian ini untuk mengetahui pengaruh Kuat Tekan, Modulus Elastisitas dan Kuat Tarik Belah pada penelitian substitusi semen dengan perendaman *Glass powder* (limbah Cermin) selama 6 jam dengan variasi 0%, 15%, 20%, dan 25%. Karakteristik butiran *glass powder* yang sangat kecil menjadi potensi untuk *glass powder* dalam mengisi lubang pori yang ada pada beton dan diharapkan mampu meningkatkan Kualitas dari beton itu sendiri. Limbah Cermin yang merupakan limbah kaca dihancurkan hingga mendapatkan *Glass Powder* yang ukurannya halus dan disaring hingga lolos Saringan No.200. Benda uji yang digunakan akan dicetak menggunakan silinder 100x200 mm kemudian dilakukan pengujian benda uji setelah melalui proses *Curing* selama 28 hari lamanya Dengan kuat tekan rencana $F_c=20$ Mpa. Dari hasil penelitian nilai tertinggi pada kuat tekan didapat pada variasi 0% yaitu sebesar 23.99 Mpa, Kuat Tarik belah tertinggi pada Variasi 15% yaitu sebesar 1.68 dan Modulus elastisitas didapatkan tertinggi pada variasi 0% dengan nilai sebesar 21275,08 Mpa.

Kata Kunci: Beton, Glass powder, Perendaman, Semen

ABSTRACT

MUHAMMAD DIDIK RAMADHANI. *CHARACTERISTICS STUDY OF CONCRETE WITH IMMERSION OF VARIOUS GLASS POWDER (MIRROR WASTE) AS CEMENT SUBSTITUTE* (supervised by Dr.Eng. Ir. A. Arwin Amiruddin, ST, MT and Prof. Dr-Ing. Herman Parung, M.Eng)

Concrete is a building construction material made from a mixture of aggregate, cement, water, and certain additives. In this context, research on the characteristics of glass powder substituted concrete by immersion as a cement substitution becomes important to understand the potential use of glass powder in concrete. Utilization of glass powder waste as a material for making concrete can be the right solution considering that glass powder contains chemical elements that are also found in cement, namely SiO_2 , Al_2O_3 , Fe_2O_3 and CaO . This similarity is the basis for use glass powder as a cement substitute. Usage Glass waste as a material for making concrete that is environmentally friendly is important in helping to reduce the amount of glass waste in Indonesia. The purpose of this study was to determine the effect of compressive strength, elastic modulus and split tensile strength in cement substitution research by immersion. Glass powder (Mirror waste) for 6 hours with variations of 0%, 15%, 20%, and 25%. grain characteristics glass powder which is very small to be a potential for glass powder in filling the pore holes in the concrete and is expected to improve the quality of the concrete itself. Mirror waste which is glass waste is crushed to obtain Glass Powder which is fine in size and filtered to pass Sieve No.200. The specimens used will be printed using a 100x200 mm cylinder and then tested for the specimens after going through the process Curing for 28 days with design compressive strength $F_c=20$ Mpa. From the results of the study the highest value in compressive strength was obtained at 0% variation, namely 23.99 Mpa, the highest split tensile strength was at 15% variation, namely 1.68 and the modulus of elasticity was obtained the highest at 0% variation with a value of 21275.08 MPa.

Keywords: Concrete, Glass powder, submersion, cement

DAFTAR ISI

LEMBAR PENGESAHAN SKRIPSI.....	i
PERNYATAAN KEASLIAN.....	ii
ABSTRAK.....	iii
ABSTRACT.....	iv
DAFTAR ISI.....	v
DAFTAR GAMBAR.....	vii
DAFTAR TABEL.....	viii
DAFTAR SINGKATAN DAN ARTI SIMBOL.....	ix
DAFTAR LAMPIRAN.....	x
KATA PENGANTAR.....	xii
BAB I PENDAHULUAN.....	1
1.1 Latar Belakang.....	1
1.2 Rumusan Masalah.....	3
1.3 Tujuan Penelitian.....	3
1.4 Manfaat Penelitian.....	3
1.5 Ruang Lingkup.....	4
BAB II TINJAUAN PUSTAKA.....	5
2.1 Penelitian Terdahulu.....	5
2.2 Beton.....	8
2.2.1 Kelemahan Beton.....	10
2.2.2 Keunggulan Beton.....	10
2.2.3 Sifat dan Karakteristik Beton.....	10
2.3 Pengujian Karakteristik Beton.....	11
2.3.1 Kekuatan Tekan Beton.....	11
2.3.2. Kuat Tarik Belah.....	13
2.3.3 Modulus Elastisitas.....	14
2.4 Glass Powder.....	15
2.5 Material Penyusun Beton.....	16
2.5.1 Semen Portland.....	16
2.5.2. Agregat.....	17
2.5.2.1 Agregat Kasar.....	17
2.5.2.2 Agregat Halus.....	18
2.5.3 Air.....	19
BAB 3 METODE PENELITIAN/PERANCANGAN.....	21
3.1 Prosedur Penelitian.....	23
3.2 Waktu dan Lokasi Penelitian.....	23
3.3 Metode Penelitian dan Sumber Data.....	23
3.4 Alat dan Bahan Penelitian.....	24
3.5 Pemeriksaan Karakteristik Material.....	25
3.5.1 Agregat Kasar.....	25
3.5.2 Agregat Halus.....	25
3.5.3 <i>Glass Powder</i>	26
3.6 Pembuatan Benda Uji.....	26
3.7 Pengujian <i>Slump</i>	29

3.8 Perawatan Benda Uji	29
3.9 Pengujian Benda Uji	30
3.9.1 Kekuatan Tekan Beton	30
3.9.2 Modulus Elastisitas	30
3.9.3 Kekuatan Tarik Belah	31
BAB 4. HASIL DAN PEMBAHASAN	32
4.1 Pemeriksaan Karakteristik Agregat	32
4.2 Hasil Pemeriksaan Karakteristik <i>Glass Powder</i>	32
4.2.1 Berat Jenis <i>Glass Powder</i>	33
4.2.2 XFR (<i>X-Ray Fluorescence</i>) <i>Glass Powder</i>	33
4.3 Rancangan Campuran	34
4.4 Hasil Pengujian Karakteristik Benda Uji	35
4.4.1 Hasil Pengujian Kekuatan Tekan Beton	35
4.4.2 Hasil Pengujian Modulus Elastisitas	40
4.4.3 Hasil Pengujian Kekuatan Tarik Belah Beton	42
BAB 5. KESIMPULAN DAN SARAN	46
5.1 Kesimpulan	46
5.2 Saran	47
DAFTAR PUSTAKA	48

DAFTAR GAMBAR

Gambar 1.	Tampak Depan Benda Uji Kuat Tekan Beton	12
Gambar 2.	Hubungan Antara Faktor Air/Semen terhadap Kuat Tekan	12
Gambar 3.	Bagan Alir Penelitian.....	21
Gambar 4.	Lokasi Penelitian	23
Gambar 5 .	Material Beton (a. Glass Powder Lolos saringan no.200 mm; b. Semen PCC Bosowa; c. Agregat kasar; d. Agregat Halus; e. Air Bersih.)	24
Gambar 6.	Persiapan material.....	27
Gambar 7 .	Proses pembuatan beton (a. memasukan adonan kedalam cetakan (mould) ; b. melakukan vibrator ke adonan beton).....	28
Gambar 8.	Hasil pengujian slump.	29
Gambar 9.	Perawatan (<i>Curing</i>) benda uji.....	29
Gambar 10.	Set-Up Pengujian Kekuatan Tekan	30
Gambar 11.	Set-Up Pengujian Kekuatan Tarik Belah	31
Gambar 12.	Perbandingan Kekuatan Tekan Beton Berdasarkan Metodenya	37
Gambar 13.	Hubungan Antara Beban dan Perpindahan Variasi 0%	38
Gambar 14.	Hubungan Antara Beban dan Perpindahan Variasi 15%	38
Gambar 15.	Hubungan Antara Beban dan Perpindahan Variasi 20%	39
Gambar 16.	Hubungan Antara Beban dan Perpindahan Variasi 25%	40
Gambar 17.	Pengujian Kuat Tekan Beton	40
Gambar 18.	Perbandingan Modulus Elastisitas Antara Eksperimental dan Teori (Limbah Cermin)	42
Gambar 19.	Perbandingan Kekuatan Tarik Belah Berdasarkan Limbah Substitusi dengan Metode perendaman.	44
Gambar 20.	Perbandingan Kekuatan Tarik belah Beton Berdasarkan Metodenya.	45
Gambar 21.	Pengujian Kekuatan tarik belah beton	45

DAFTAR TABEL

Tabel 1. Kandungan Serbuk kaca	16
Tabel 2. Pemeriksaan Karakteristik Agregat kasar	25
Tabel 3. Pemeriksaan Karakteristik Agregat halus	26
Tabel 4. Pemeriksaan Karakteristik <i>Glass Powder</i>	26
Tabel 5. Jumlah Benda Uji	27
Tabel 6. Hasil Pemeriksaan Karakteristik Agregat	32
Tabel 7. Hasil Pengujian Berat Jenis <i>Glass Powder</i>	33
Tabel 8. Hasil Pengujian XRF <i>Glass Powder</i>	34
Tabel 9. Komposisi Mix Design.....	35
Tabel 10. Hasil Uji Kekuatan Tekan Beton.....	36
Tabel 11. Hasil Pengujian Modulus Elastisitas	41
Tabel 12. Hasil pengujian kekuatan tarik belah beton	43

DAFTAR SINGKATAN DAN ARTI SIMBOL

Lambang/Singkatan	Arti dan Keterangan
A	Luas Penampang benda uji
P	Beban Tekan
L	Panjang benda uji
D	Diameter benda uji
E_c	Modulus elastisitas beton
S1	Tegangan pada regangan S1
S2	40% teggangan max
ϵ_2	Regangan longitudinal pada saat tegangan S2
W_c	Berat Satuan beton
Mpa	<i>Megapascal</i>
UTM	<i>Universal testing machine</i>
f'_c	Kekuatan Tekan
f'_{ct}	Kekuatan Tarik belah
N	Newton
FAS	Faktor Air Semen
ASTM	<i>American Standart Testing and Material</i>
SNI	Standar Nasional Indonesia
Ca	Kalsium
Si	Silika
Al	Alumunium
Fe	Besi
PCC	<i>Portland Composite Cement</i>
NaOH	Natrium hidroksida
Cl	Klorin
SiO ₂	Silikon dioksida
Na ₂ O	Natrium oksida
CaO	Kalsium oksida

DAFTAR LAMPIRAN

Lampiran 1.	Dokumentasi Persiapan Material.	49
Lampiran 2.	Dokumentasi Proses Pengecoran.	50
Lampiran 3.	Pengujian Kekuatan Tekan Beton.	51
Lampiran 4.	Pengujian Kekutan Tarik Belah Beton.	52
Lampiran 5.	Grafik Hubungan Beban dan Perpindahan Variasi 15%.	53
Lampiran 6.	Grafik Hubungan Beban dan Perpindahan Variasi 20%.	54
Lampiran 7.	Grafik Hubungan Beban dan Perpindahan Variasi 25%.	55
Lampiran 8.	Modulus Elastisitas Beton Variasi 15%.	56
Lampiran 9.	Modulus Elastisitas Beton Variasi 15%.	57
Lampiran 10.	Modulus Elastisitas Beton Variasi 15%.	58

KATA PENGANTAR

Alhamdulillah rabbil‘aalamin, atas rahmat dan hidayah yang telah dilimpahkan oleh Allah Subhanahu wata’ala, maka penulis dapat menyelesaikan tugas akhir ini, sebagai salah satu syarat untuk menyelesaikan studi dan memperoleh gelar Sarjana Teknik pada Departemen Teknik Sipil Fakultas Teknik Universitas Hasanuddin.

Penulis menyadari sepenuhnya bahwa banyak kendala yang dihadapi dalam penyusunan tugas akhir ini, namun berkat bantuan dari berbagai pihak, maka tugas akhir ini dapat terselesaikan. Oleh karena itu, dengan segala ketulusan dan kerendahan hati, penulis ingin menyampaikan terima kasih kepada :

1. **Bapak Prof Dr.Eng. Ir. Muhammad Isran Ramli, ST.,MT.,IPM., ASEAN.Eng. .**, selaku Dekan Fakultas Teknik Universitas Hasanuddin
2. **Bapak Prof. Dr. H. M Wihardi Tjaronge ST., M.Eng.**, selaku Ketua Departemen Teknik Sipil Fakultas Teknik Universitas Hasanuddin
3. **Bapak Dr. Eng. Bambang Bakri, ST., MT.**, selaku Sekretaris Departemen Teknik Sipil Fakultas Teknik Universitas Hasanuddin
4. **Bapak Dr. Eng. Ir. A. Arwin Amiruddin, ST., MT.**, selaku dosen pembimbing I yang telah meluangkan waktunya untuk memberikan bimbingan dan pengarahan mulai dari awal penelitian hingga selesainya penulisan ini. Dan selaku Kepala Laboratorium Struktur dan Bahan Departemen Teknik Sipil Fakultas Teknik Universitas Hasanuddin yang telah memberikan izin atas segala fasilitas yang digunakan.
5. **Bapak Prof. Dr-Ing. Herman Parung, M.Eng.**, selaku dosen pembimbing II yang telah meluangkan waktunya untuk memberikan bimbingan dan pengarahan mulai dari awal penelitian hingga selesainya penulisan ini
6. Seluruh dosen Departemen Teknik Sipil Fakultas Teknik Universitas Hasanuddin.

7. Seluruh staf dan karyawan Departemen Teknik Sipil, staf dan karyawan Fakultas Teknik serta staf Laboratorium dan asisten Departemen Teknik Sipil Fakultas Teknik Universitas Hasanuddin.

Yang teristimewa penulis pesembahkan kepada :

1. Kedua orang tua tercinta, yaitu ayahanda **Suyanto**, dan ibunda **Hasmawati**, beserta seluruh keluarga, atas kasih sayang dan segala dukungan selama ini, baik spritiual maupun materi.
2. Saudari tercinta **Dian Lintang Sari** yang selalu memberikan semangat dan motivasi dalam penyelesaian tugas akhir ini.
3. Saudara-saudaraku Selama Kuliah ini Tapa, Yayat, Jono, Iot, Adrian, Mikey, Condriano, Bombom, Didi, Davi, Asteq, Hc. Alex, dan Aman yang senantiasa memberikan warna yang sangat begitu indah selama awal perkuliahan hingga akhir perkuliahan, serta bantuan dan dukungan yang tiada henti, semangat dan dorongan dalam penyelesaian tugas akhir ini.
4. Teman-teman asisten Laboratorium Struktur dan Bahan, yang selalu senantiasa meluangkan waktu untuk penulis, selama proses penelitian dan penyelesaian tugas akhir.
5. Seluruh rekan-rekan di Laboratorium Riset Gempa, yang senantiasa memberikan semangat dan memberi warna kebersamaan di Lab.
6. Saudara-saudariku seangkatan 2019 Teknik Sipil dan Lingkungan, PORTLAND 2020 yang telah memberi warna dalam perjalanan perkuliahan saya.

Gowa, 3 Mei 2023

Penulis

BAB I PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Beton merupakan material yang banyak digunakan dan merupakan elemen utama pada bangunan (Affandy & Lubis, 2018). Beton yang baik adalah beton dengan kekedapan yang tinggi. Beberapa penelitian terdahulu telah melakukan eksperimen yang menggantikan bahan penyusun beton dengan material substitusi tertentu yang terbukti mampu memperbaiki kinerja beton (Karwur et al., 2013). Salah satu material substitusi yang telah banyak dicobakan dalam pembuatan beton sebagai solusi pemanfaatan limbah dengan penggunaan kembali (reduce) yaitu serbuk kaca (Herbudiman & Januar, 2011).

Untuk memenuhi kebutuhan akan material konstruksi yang lebih ramah lingkungan dan berkelanjutan. Penggunaan beton dalam konstruksi telah menjadi bagian penting dalam pembangunan infrastruktur dan bangunan di seluruh dunia. Namun, penggunaan beton juga memiliki dampak negatif terhadap lingkungan, seperti penggunaan sumber daya alam yang besar dan emisi karbon dioksida yang tinggi selama produksi beton. Limbah serbuk kaca dapat membahayakan lingkungan karena biasanya dibuang ke tanah ataupun sungai dalam kuantitas yang besar (Baktiar & Lubis, 2021). Fenomena ini menjadi urgensi dalam mencari alternatif solusi pemanfaatan limbah ini agar tidak mencemari lingkungan. Kegiatan Kontruksi saat ini menyebabkan permintaan akan beton semakin meningkat yang dapat mengganggu keseimbangan lingkungan sehingga dapat merusak sumber daya alam. Oleh karena itu salah satu bahan alternatif yang telah banyak diteliti adalah serbuk kaca. Serbuk kaca diambil sebagai bahan substitusi karena merupakan Pemanfaatan limbah serbuk kaca sebagai material pembuatan beton dapat menjadi solusi yang tepat mengingat serbuk kaca mengandung unsur kimia yang juga ditemukan pada semen yaitu SiO_2 , Al_2O_3 , Fe_2O_3 dan CaO . Unsur ini sangat sesuai dengan unsur utama semen yaitu oksida kapur (CaO), oksida silika (SiO_2), oksida alumina (Al_2O_3), dan oksida besi (Fe_2O_3).

Serbuk kaca adalah limbah yang dihasilkan dari proses daur ulang kaca dan dapat digunakan sebagai pengganti sebagian semen dalam campuran beton.

Penggunaan serbuk kaca sebagai bahan pengganti dapat membantu mengurangi jumlah limbah kaca yang dibuang ke tempat pembuangan akhir dan juga mengurangi penggunaan semen yang menjadi sumber utama emisi karbon dioksida dalam produksi beton. Serbuk Kaca disini diharapkan dapat melakukan peran yang sama dengan peran dari semen. Dalam Penelitian ini maka Nilai FAS yang akan digunakan akan sama yaitu 0.45. Karena Kurangnya kemampuan absorpsi dari serbuk kaca maka dilakukan metode perendaman. Pelarutan serbuk kaca dalam air akan melarutkannya menjadi Na, Ca dan Si sebagai ion bebas, segera (pada 0 jam), larutan mengandung lebih banyak ion Na yang lebih *mobile* daripada ion Ca. Kemudian, konsentrasi Na menurun karena berikatan dengan SiO₂ hadir pada permukaan serbuk kaca dimana konsentrasi Ca tetap stabil hingga 6 jam kemudian turun. (Hossam A. Elaqla, 2019).

Dalam konteks ini, penelitian tentang karakteristik beton dengan serbuk kaca dengan perendaman sebagai substitusi semen menjadi penting untuk memahami potensi penggunaan serbuk kaca dalam beton. Hasil dari penelitian ini dapat memberikan wawasan baru bagi industri konstruksi dalam pengembangan beton yang lebih ramah lingkungan dan berkelanjutan. Penelitian tentang beton karakteristik beton dengan menggunakan serbuk kaca (*glass powder*) sebagai substitusi semen mampu menghasilkan kekuatan yang melebihi kekuatan rencana. Maka dari itu, limbah kaca merupakan alternatif yang paling sesuai sebagai pengganti sebagian semen, karena komposisi kimia dan sifat fisiknya.

Berdasarkan latar belakang tersebut, maka penulis melakukan penelitian mengenai pengujian untuk mengetahui kekuatan tekan beton, Modulus elastisitas dan Kuat Tarik belah substitusi semen dengan variasi *glass powder* (Cermin) 15%, 20% dan 25%. Karakteristik butiran *glass powder* yang sangat kecil menjadi potensi untuk *glass powder* dalam mengisi lubang pori yang ada pada beton dan diharapkan mampu meningkatkan kekuatan tekan pada beton. Penelitian ini dimanifestasikan dalam sebuah Tugas Akhir (Skripsi) dengan judul :

**“STUDI KARAKTERISTIK BETON DENGAN PERENDAMAN VARIASI
GLASS POWDER (LIMBAH CERMIN) SUBSTITUSI SEMEN”**

1.2 Rumusan Masalah

Berdasarkan latar belakang yang telah dijelaskan, maka perumusan masalah dalam penelitian ini adalah sebagai berikut :

1. Bagaimana pengaruh dari variasi *glass powder* (Cermin) dengan Perendaman variasi 0%, 15%, 20% dan 25% sebagai pengganti sebagian semen terhadap kekuatan tekan beton ?
2. Bagaimana kekuatan tarik beton terhadap penggunaan *glass powder* (Cermin) dengan Perendaman sebagai pengganti sebagian semen ?
3. Bagaimana modulus elastisitas beton substitusi semen dengan perendaman variasi *glass powder*?

1.3 Tujuan Penelitian

Berdasarkan rumusan masalah di atas maka tujuan penelitian ini adalah sebagai berikut :

1. Menganalisis pengaruh penambahan dengan perendaman variasi *glass powder* variasi 0%, 15%, 20% dan 25% sebagai pengganti sebagian semen terhadap kekuatan tekan beton .
2. Menganalisis kekuatan tarik beton terhadap penggunaan *glass powder* dengan perendaman sebagai pengganti sebagian semen.
3. Menganalisis modulus elastisitas beton substitusi semen dengan perendaman variasi *glass powder*.

1.4 Manfaat Penelitian

Penelitian ini diharapkan dapat memberikan sejumlah manfaat sebagai berikut :

1. Mengetahui perbandingan kekuatan tekan, kekuatan tarik dan modulus elastisitas beton dengan penggunaan perendaman variasi *glass powder Cermin* sebagai pengganti sebagian semen dengan variasi 0%,15%, 20% dan 25%
2. Memberikan informasi bagi akademisi maupun praktisi mengenai pengaruh dari substitusi semen dengan Perendaman variasi *glass powder Cermin*, sehingga dapat menjadi referensi bagi penelitian selanjutnya.
3. Mengingat harga semen yang semakin mahal sebagai salah satu campuran dalam pembuatan beton dapat disubstitusi oleh *glass powder Cermin* sebagai material yang

potensial karena relatif murah dan dapat menjadi solusi dari permasalahan lingkungan yang disebabkan oleh limbah kaca.

1.5 Ruang Lingkup

Untuk mencapai maksud dan tujuan dari penulisan tugas akhir ini serta menguraikan pokok bahasan di atas ditetapkan batasan-batasan dalam penelitian ini, yaitu :

1. Percobaan dilakukan terhadap dengan menggunakan variasi *glass powder* Cermin 0%,15%, 20% dan 25%.
2. Semen yang digunakan adalah semen Bosowa.
3. Menggunakan *glass powder* yang lolos saringan no. 200.
4. Pengambilan 18 sampel, 9 sampel untuk pengujian kekuatan tekan beton dan modulus elastisitas masing-masing 3 sampel setiap variasi dan 9 sampel untuk pengujian kekuatan tarik dengan 3 sampel setiap variasi.
5. Pengujian kuat tekan silinder ukuran 100 x 200mm pada umur 28 hari.
6. Agregat halus yang digunakan yaitu pasir Jeneberang.
7. Benda uji diberi beban aksial dengan beban merata seukuran penampang silinder menggunakan alat uji *Universal Testing Machine* (UTM) dengan kapasitas 1000 kN.
8. Pembebanan dilakukan hingga benda uji mengalami hancur pada beban maksimum.
9. Pengujian dilakukan di Laboratorium Struktur dan Bahan Departemen Teknik Sipil berdasarkan standar pengujian yang berlaku.

BAB II

TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Penelitian Terdahulu

Arvian Angga Baktiar (2021) meneliti tentang “**Pengaruh Penambahan Serbuk Kaca Terhadap Kuat Tekan Beton Non-Struktural**”, sampel yang dibuat adalah beton non-struktural dengan perbandingan komposisi campuran hasil mix design beton normal dengan mutu F_c 14,5 Mpa. Variasi campuran serbuk kaca sebagai bahan campuran dengan perbandingan 5%, 7%, 9% dan 11% dari berat semen. Serbuk kaca tersebut digunakan untuk mengganti sebagian semen. Sampel diuji pada umur 7 dan 28 hari, jumlah sampel tiap variasi adalah 6 buah dimana di bagi menjadi dua pengujian 3 sampel untuk pengujian 7 hari dan 3 sampel untuk pengujian 28 hari jumlah sampel keseluruhan yaitu 30 benda uji, benda uji yang digunakan adalah silinder dengan diameter 150 mm dan tinggi 300 mm. Material penyusun untuk membuat sampel ini menggunakan semen Portland dengan merk semen Gresik, agregat halus yang dipakai adalah pasir alam, agregat kasar yang digunakan adalah batu pecah atau kerikil alam, serbuk kaca yang digunakan terbuat dari limbah pecahan kaca dan juga botol bekas yang sudah di haluskan menjadi serbuk kaca ukuran 200 mesh dan air yang digunakan adalah air dari Laboratorium Universitas Islam Lamongan. Dari pengujian tersebut diperoleh hasil pada beton umur 7 hari kuat tekan rata-rata beton 0% SK mendapat nilai 10,65 Mpa, sedangkan 5% SK didapat hasil nilai rata-rata sebesar 11,43 Mpa, 7% SK didapat hasil nilai rata-rata sebesar 9,09 Mpa, 9 % SK didapat hasil nilai rata-rata sebesar 7,52 Mpa, dan 11% SK didapat hasil nilai rata-rata sebesar 7,21 Mpa. Dapat disimpulkan pada pengujian 7 hari hasil tertinggi di dapat beton dengan campuran 5% SK dan hasil terendah didapat beton campuran 11% SK. Sedangkan pada beton umur 28 hari kuat tekan rata-rata beton 0% SK mendapat nilai 17,86 Mpa, sedangkan 5% SK didapat hasil nilai rata-rata sebesar 15,82 Mpa, 7% SK didapat hasil nilai rata-rata sebesar 12,22 Mpa, 9 % SK didapat hasil nilai rata-rata sebesar 10,49 Mpa, dan 11% SK didapat hasil nilai rata-rata sebesar 9,71 Mpa. Dapat disimpulkan penurunan kuat tekan terjadi beriringan dengan menambahnya presentase jumlah penambahan srbuk kaca pada beton. Jadi untuk beton varian 0% dan 5% melebihi

standart mutu F_c 14,5 Mpa sedangkan beton varian 7%, 9%, dan 11% kurang dari standart mutu karena persyaratan F_c yaitu 14,53 Mpa.

Rosidawani dan I. Mahani (2019), melakukan penelitian mengenai **“Pengaruh Variasi Serbuk Kaca Sebagai Pengganti Sebagian Semen Terhadap Karakteristik Flowability SCC”**, benda uji yang digunakan adalah beton silinder dengan diameter 100 mm dan tinggi 200 mm. Serbuk kaca yang digunakan diperoleh dari limbah botol kaca yang dihancurkan dan dihaluskan secara manual dan serbuk yang digunakan dalam campuran SCC adalah yang lolos saringan No.200. Penggunaan serbuk kaca sebagai bahan substitusi semen menggunakan variasi persentase sebesar 0%, 2.5%, 7.5%, 12.5%, 17.5% terhadap berat semen. Masing-masing variabel bahan dan umur uji kuat tekan benda uji 7,14,21, dan 28 hari dibuat tiga buah sampel. Pada hasil pengujian bahwa nilai *slump flow* mengalami penurunan seiring dengan penambahan serbuk kaca sebagai pengganti semen. Klasifikasi *Flowability* untuk semua specimen masuk dalam kriteria SF1 dan SF2. Berdasarkan standar (EFNARC 2005) *slump flow* dari semua specimen memenuhi syarat sebagai SCC yaitu berkisar 550-800 mm. Peningkatan persentase penggunaan serbuk gelas sebagai pengganti semen meningkatkan karakter *viscosity* dan menurunkan *flowability* dengan hasil pengukuran waktu yang semakin meningkat dengan persentase peningkatan tertinggi hingga 16,50% pada SCC-4. Klasifikasi *viscosity* untuk semua specimen masuk dalam kriteria VF2. Berdasarkan standar (EFNARC 2005) *slump flow* waktu alir dari pengujian V-Funnel dari semua specimen memenuhi syarat sebagai SCC yaitu berkisar 6-12 detik. Peningkatan persentase penggunaan serbuk kaca sebagai pengganti semen pada SCC, menurunkan nilai rasio H_2/H_1 , yang berarti menurunkan karakteristik passing ability SCC. Klasifikasi passing ability SCC untuk semua specimen masuk dalam kriteria PA2. Berdasarkan standar (EFNARC 2005) nilai rasio H_2/H_1 dari semua specimen memenuhi syarat sebagai SCC yaitu 0,8-1,0. Dan hasil pengujian menunjukkan bahwa pengaruh penggunaan serbuk kaca mampu meningkatkan kuat tekan SCC dengan nilai kuat tekan tertinggi pada SCC 2 sebesar 55,108 MPa dengan peningkatan kuat tekan sebesar 17.65 % pada campuran serbuk kaca dengan persentase 7.5%.

Rikanth Maheshwaram (2017), melakukan penelitian tentang "*Effect Of Glass Powder On Mechanical Properties Of Concrete*", pada penelitian ini serbuk kaca digunakan sebagai pengganti sebagian semen. Kaca adalah bahan amorf dengan kandungan silika yang tinggi, sehingga membuatnya berpotensi menjadi pozzolan ketika ukuran partikelnya kurang dari 75 μ m. Penggunaan bubuk kaca yang dihaluskan sebagai bahan pengganti semen telah membuahkan hasil yang positif. Limbah kaca ketika digiling menjadi bubuk yang sangat halus, SiO₂ bereaksi secara kimiawi dengan alkali dalam semen dan membentuk produk semen yang membantu meningkatkan kekuatan. Penelitian ini bertujuan untuk mempelajari sifat mekanik beton bertenaga kaca untuk berbagai grade beton seperti M20, M30 dan M40. Pada setiap grade beton sebagian semen diganti dengan serbuk kaca dengan berbagai persentase penggantian seperti 0%, 10%, 20%, 30%, 40% dan 50%. Dari hasil pengujian, didapatkan bahwa kekuatan tekan meningkat dengan peningkatan dosis serbuk kaca dengan dosis optimal bubuk kaca ditemukan pada 20%, kekuatan tarik belah meningkat dengan meningkatnya dosis bubuk kaca dengan dosis optimal bubuk kaca ditemukan pada 20% dan kekuatan lentur meningkat dengan meningkatnya dosis bubuk kaca dengan dosis optimal bubuk kaca ditemukan pada 20%. Dapat disimpulkan, pada setiap grade beton M20, M30 dan M40 untuk dosis optimal pada setiap jenis pengujian didapatkan pada 20%.

Hossam A. Elaqla Dkk. (2019), melakukan penelitian mengenai "*Effect of immersion time of glass powder on mechanical properties of concrete contained glass powder as cement replacement*",

Tujuan dari penelitian ini adalah untuk mengetahui pengaruh waktu perendaman serbuk kaca (GP) dalam air sebelum dicampur dengan bahan beton lainnya terhadap sifat beton segar dan keras. Enam kali perendaman (0, 1, 2, 3, 6 dan 12 jam) diselidiki dengan jumlah GP yang berbeda sebagai pengganti semen (0, 2,5, 5, 10 dan 20%). Pembubaran GP dalam air menyebabkan pembentukan ion Na lebih banyak daripada ion Ca, karena ion Na memiliki mobilitas yang lebih rendah daripada ion Ca. Konsentrasi Na menurun sebagai fungsi waktu perendaman karena berikatan dengan SiO₂ pada permukaan partikel GP. Segera setelah bubuk kaca dimasukkan ke dalam air, kemampuan kerja beton menurun dengan meningkatnya

kandungan GP karena penyerapan molekul air pada partikel GP. Seiring bertambahnya waktu perendaman, kemampuan kerja beton meningkat dengan jumlah bubuk kaca karena efek pendarahan air dari GP. Kekuatan tekan optimum diperoleh pada campuran 2,5 dan 5% GP dan pada waktu perendaman 3 jam dan 6 jam. Pada usia dini, kuat tekan yang lebih tinggi berasal dari efek ganda dari pengembangan reaksi pozzolanic karena peningkatan ion bebas dalam air sebelum pencampuran dengan beton dan efek pengisian serbuk kaca. Pemadatan zona transisi antara pasta semen dan agregat menyebabkan kuat tekan beton yang lebih tinggi. Kemudian, pada waktu curing yang lama, peningkatan kuat tekan berkorelasi dengan kemajuan reaksi pozzolan dari GP.

Pelarutan serbuk kaca dalam air akan melarutkannya menjadi Na, Ca dan Si sebagai ion bebas, segera (pada 0 jam), larutan mengandung lebih banyak ion Na yang lebih mobile daripada ion Ca. Kemudian, konsentrasi Na menurun karena berikatan dengan SiO₂ hadir pada permukaan serbuk kaca dimana konsentrasi Ca tetap stabil hingga 6 jam kemudian turun. Peningkatan kuat tekan pada usia dini berkorelasi dengan partisipasi ion bebas dalam air campuran dalam reaksi pozzolan dan efek pengepakan. Kedua efek tersebut menyebabkan terbentuknya zona transisi antarmuka yang lebih kuat antara agregat dan pasta semen. Sedangkan pada hari ke 90 peningkatan berkorelasi dengan kemajuan reaktivitas pozzolan bubuk kaca daripada efek pengisian kemas. Analisis SiO yang lebih dalam², CaO dan Na₂ Pengamatan O, SEM, pengukuran XRD dan kalorimetri sangat penting untuk membuktikan disolusi partikel serbuk kaca dalam air dan mengkorelasikan kuat tekan dengan pembentukan CSH dan CH.

2.2 Beton

Berdasarkan SNI 2847:2019, Beton adalah campuran semen Portland atau semen hidrolis lainnya, agregat halus, agregat kasar, dan air, dengan atau tanpa bahan campuran tambahan (*admixture*).

Beton sering digunakan dalam pembangunan infrastruktur seperti jalan, jembatan, bangunan gedung, dan konstruksi lainnya karena memiliki kekuatan yang tinggi dan tahan terhadap beban serta kondisi lingkungan yang berbeda. Seiring dengan penambahan umur, beton akan semakin mengeras, dan akan mencapai

kekuatan rencana (f_c) pada usia 28 hari. Kecepatan bertambahnya kekuatan beton ini sangat dipengaruhi oleh faktor air semen dan suhu selama perawatan.

Menurut Sujatmiko, (2019) beton didefinisikan sebagai campuran semen portland atau sembarang semen hidrolik yang lain, agregat halus, agregat, kasar, dan air dengan atau tanpa menggunakan bahan tambahan. Macam dan jenis beton menurut bahan pembentuknya adalah beton normal, bertulang, pracetak, pratekan, beton ringan, beton tanpa tulangan, beton fiber dan lainnya.

Ada beberapa pengertian dan definisi beton dibagi menjadi beberapa jenis yaitu:

1. Beton bertulang adalah beton yang menggunakan tulangan dengan jumlah dan luas tulangan tidak kurang dari nilai minimum yang disyaratkan, dengan atau tanpa pratekan dan direncanakan berdasarkan asumsi bahwa kedua material bekerja sama dalam menahan gaya yang bekerja
2. Beton normal adalah beton yang menggunakan agregat normal
3. Beton pracetak adalah beton tanpa atau dengan tulangan yang dicetak ditempat yang berbeda dari posisi akhir elemen dalam struktur.
4. Beton pratekan adalah beton bertulang dimana telah diberikan tegangan dalam untuk mengurangi (pratekan) tegangan tarik potensial dalam beton akibat pemberian beban yang bekerja.

Beton ringan adalah beton yang mengandung agregat ringan yang memenuhi ketentuan dan struktural persyaratan dan mempunyai unit masa kering udara. Beton memiliki kelebihan dan kekurangan antara lain yaitu:

Parameter-parameter yang paling mempengaruhi kekuatan beton adalah :

- Kualitas semen,
- Proporsi semen terhadap campuran,
- Kekuatan dan kebersihan agregat,
- Interaksi atau adhesi antara pasta semen dengan agregat,
- Pencampuran yang cukup dari bahan-bahan pembentuk beton,
- Penempatan yang benar, penyelesaian dan pemadatan beton,
- Perawatan beton,
- Kandungan klorida tidak melebihi 0,15 % dalam beton yang diekspos dan 1 % bagi beton yang tidak diekspos (Nawy, 1985).

2.2.1 Kelebihan Beton

Beton memiliki kelebihan dan kekurangan seperti halnya bahan konstruksi lainnya. Berikut ini adalah beberapa kelebihan dan kekurangan dari beton:

Kelebihan beton:

1. Kekuatan: Beton memiliki kekuatan yang tinggi dan tahan terhadap beban yang besar.
2. Daya tahan: Beton memiliki daya tahan yang baik terhadap cuaca, api, dan bahan kimia.
3. Stabilitas: Beton memiliki stabilitas yang baik dan mampu menahan pergeseran tanah.
4. Biaya produksi: Produksi beton relatif murah dan mudah ditemukan bahan-bahannya.
5. Ketersediaan: Beton mudah ditemukan dan tersedia di mana saja.

2.2.2 Kelemahan Beton

Kelemahan beton dalam dunia konstruksi antara lain.

1. Berat: Beton memiliki berat yang besar sehingga membutuhkan perencanaan khusus dalam penggunaannya.
2. Ketidakelastisan: Beton memiliki kekurangan dalam elastisitasnya sehingga mudah retak atau pecah saat mengalami deformasi yang signifikan.
3. Pemeliharaan: Beton membutuhkan pemeliharaan yang baik agar tidak mengalami kerusakan dan retak-retak.
4. Pengaruh lingkungan: Beton dapat terpengaruh oleh lingkungan seperti cuaca yang ekstrem dan bahan kimia yang dapat merusak beton.
5. Dampak lingkungan: Produksi beton membutuhkan bahan-bahan yang banyak dan memerlukan penggunaan energi yang besar sehingga berdampak pada lingkungan.

2.2.3 Sifat dan Karakteristik Beton

Sifat dan karakter mekanik beton secara umum adalah sebagai berikut:

1. Beton sangat baik menahan gaya tekan (*high compressive strength*), tetapi tidak begitu pada gaya tarik (*low tensile strength*). Bahkan kekuatan gaya tarik beton hanya sekitar 10% dari kekuatan gaya tekannya
2. Beton tidak mampu menahan gaya tegangan (*tension*) yang tinggi, karena elastisitasnya yang rendah.
3. Konduktivitas termal beton relatif rendah. Dalam keadaan yang mengeras, beton bagaikan batu karang dengan kekuatan tinggi. Dalam keadaan segar, beton dapat diberi bermacam bentuk, sehingga dapat digunakan untuk membentuk seni arsitektur atau semata - mata untuk tujuan dekoratif. Beton juga akan memberikan hasil akhir yang bagus jika pengolahan akhir dilakukan
4. Dengan cara khusus umpamanya diekspos agregatnya (agregat yang mempunyai bentuk yang bertekstur seni tinggi diletakkan di bagian luar, sehingga nampak jelas pada permukaan betonnya

2.3 Pengujian Karakteristik Beton

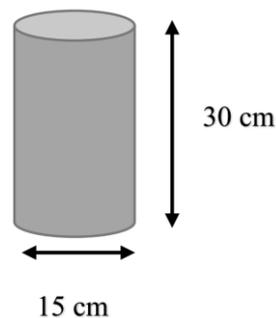
Agar dapat merancang kekuatan beton dengan baik artinya dapat memenuhi kriteria aspek ekonomi yaitu rendah dalam biaya dan memenuhi aspek teknik yaitu memenuhi kekuatan struktur, maka kita harus mengetahui sifat-sifat beton segar yaitu kemudahan dalam pengerjaan (*workability*), segregations, dan bleeding. Beberapa sifat dan karakteristik beton antara lain adalah modulus elastisitas kekuatan tekan beton dan kuat tarik belah. Pengujian beton dapat dilakukan untuk tujuan yang berbeda tetapi tujuan utamanya adalah control kualitas dan sesuai standar spesifikasi.

2.3.1 Kekuatan Tekan Beton

Kuat tekan beton merupakan salah satu penopang material ini. Kekuatan adalah kapasitas suatu material untuk menahan tekanan hingga rusak. Secara konkret, interaksi breakdown digambarkan dengan peristiwa miniatur break. Kuat tekan semen jauh lebih tinggi dari pada elastisitasnya, oleh karena itu penggunaan semen terutama ditujukan pada sifat tekannya. Kuat tekan semen ditentukan secara konstan pada umur 28 hari. Kita dapat menganggap bagian substansial sebagai material komposit yang terdiri dari tiga komponen, total, mortar dan daerah

antarmuka antara total dan mortar. Ketiga bagian ini akan mempengaruhi kuat tekan material yang dibingkai.

Benda uji yang digunakan untuk kuat tekan berbentuk silinder dengan tinggi 30 cm dan diameter 15 cm dapat dilihat pada Gambar .

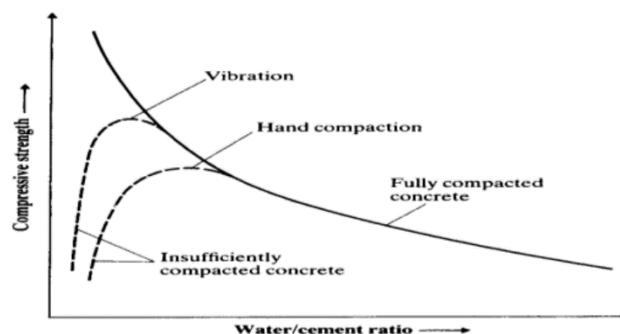


Gambar 1. Tampak depan Benda Uji Kuat Tekan Beton

Kuat tekan beton banyak dipengaruhi oleh beberapa faktor, parameter-parameter yang paling penting mempengaruhi kekuatan beton menurut Edward G. Nawy (2009) antara lain :

1. Kualitas Semen
2. Proporsi semen terhadap campuran ialah Faktor Air Semen (FAS)

Faktor Air-Semen adalah rasio berat air terhadap berat semen. Adapun hubungan antara Faktor Air/Semen terhadap kuat tekan beton ditunjukkan pada 2. di bawah ini.



Gambar 2. Hubungan Antara Faktor Air/Semen terhadap Kuat Tekan

(Sumber : A.M Neville, 2010)

Semakin kecil nilai FAS yang dipakai maka akan menghasilkan kekuatan beton yang semakin baik pula. Campuran beton yang menggunakan nilai FAS yang besar, akan lebih sedikit membutuhkan pasta semen, sebaliknya

campuran beton yang menggunakan nilai FAS kecil, akan lebih banyak membutuhkan pasta semen.

3. Kekuatan agregat ialah nilai abrasi dari agregat kasar dan luas permukaan agregat

Pengaruh abrasi terhadap kuat tekan beton ini dapat digambarkan bahwa beton dengan kuat hancur yang besar juga mempunyai daya tahan terhadap kikisan yang besar. Apabila suatu agregat kasar dengan nilai abrasi yang kecil maka semakin besar kuat tekan yang dihasilkan, begitu pula sebaliknya (Yuni Damayanti,2015).

4. Interaksi atau adesi antara pasta semen dengan agregat berupa rasio agregat semen.

Pada penelitian dari Newman dan Teichenne (1954) membuktikan bahwa jika luas permukaan spesifik agregat dalam campuran beton bertambah tetapi Faktor Air Semen (FAS) masih sama, maka kuat tekan beton dan kelecakan akan berkurang.

Kuat tekan beton didapat melalui pengujian kuat tekan dengan memakai alat uji tekan (*compressive strength machine*). Pemberian beban tekan dilakukan bertahap dengan kecepatan beban tertentu atas uji beton. Dalam menentukan nilai kuat tekan beton dapat dilihat pada persamaan (1) di bawah ini:

$$f'c = \frac{P}{A} \quad (1)$$

Keterangan :

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

A = Luas penampang benda uji (mm²)

P = Beban Tekan (N)

2.3.2. Kekuatan Tarik Belah

Kuat tarik belah beton benda uji silinder beton ialah nilai kuat tarik tidak langsung dari benda uji beton berbentuk silinder yang diperoleh dari hasil pembebanan benda uji tersebut yang diletakkan mendatar sejajar dengan permukaan meja penekan mesin uji. Kuat tarik belah beton benda uji silinder beton

ialah nilai kuat tarik tidak langsung dari benda uji beton berbentuk silinder yang diperoleh dari hasil pembebanan benda uji tersebut yang diletakkan mendatar sejajar dengan permukaan meja penekan mesin uji.

Kuat tarik belah benda uji silinder beton adalah nilai kuat tarik tidak langsung

dari benda uji beton berbentuk silinder yang diperoleh dari hasil pembebanan benda uji tersebut yang diletakkan mendatar sejajar dengan permukaan meja penekan mesin uji tekan (SK SNI 03-2491-2002). Kekuatan tarik biasanya ditentukan dengan menggunakan percobaan pembebanan silinder (*the split cylinder*) menurut ASTM C496 dimana silinder yang ukurannya sama dengan benda uji dalam percobaan tekan diletakkan pada sisinya diatas mesin uji dan beban tekan P dikerjakan secara merata dalam arah diameter disepanjang benda uji. Benda uji akan terbelah dua pada saat dicapainya kekuatan tarik.

Gaya P bekerja pada kedua sisi silinder sepanjang L dan gaya ini disebarkan seluas selimut silinder ($\pi \cdot D \cdot L$) secara berangsur-angsur pembebanan dinaikkan sehingga tercapai nilai maksimum dan silinder pecah terbelah oleh gaya tarik horizontal.

Dari pembebanan maksimum yang diberikan, kekuatan tarik belah dihitung berdasarkan persamaan (2) berikut:

$$F_{ct} = \frac{2P}{\pi LD} \quad (2)$$

Keterangan :

- F_{ct} = Kuat tarik belah (Mpa)
- P = Beban uji maksimum (N)
- L = Panjang benda uji (mm)
- D = Diameter benda uji (mm)

2.3.3 Modulus Elastisitas

Modulus elastisitas (E) adalah ukuran kekakuan suatu bahan, termasuk beton. Modulus elastisitas mengukur kemampuan suatu bahan untuk mengalami deformasi elastis saat diberi beban dan kembali ke bentuk semula saat beban dihilangkan. Semakin tinggi nilai modulus elastisitas suatu bahan, semakin kecil deformasi elastis yang akan terjadi saat diberi beban.

Dalam konteks beton, modulus elastisitas digunakan untuk mengukur kekakuan beton dan memperkirakan perilaku struktur beton. Modulus elastisitas beton dipengaruhi oleh berbagai faktor, seperti usia beton, komposisi campuran beton, dan kelembapan beton. Modulus elastisitas beton dapat dihitung dengan menggunakan persamaan empiris atau diukur langsung dengan menggunakan alat pengukur modulus elastisitas beton.

$$E_c = \frac{(S_2 - S_1)}{\epsilon_2 - 0.000050} \quad (3)$$

Keterangan :

EC = Modulus elastisitas beton tekan (MPa)

S1 = Tegangan pada regangan $S_1 = 0.00005$ (Mpa)

S2 = Regangan pada saat 0,4 tegangan maksimum beton

ϵ_2 = Regangan longitudinal pada saat tegangan S2

2.4 Glass Powder

Penggunaan dan pemanfaatan limbah padat sebagai bahan pengganti (substitusi) terhadap sebagian dari berat agregat halus maupun semen yang dibutuhkan dalam campuran adukan beton seperti pemakaian serbuk kaca (*glass powder*). Admixture adalah bahan-bahan yang ditambahkan ke dalam campuran beton pada saat atau selama pencampuran berlangsung. Fungsi dari bahan-bahan ini ialah untuk mengubah sifat-sifat dan karakteristik dari beton agar menjadi lebih cocok untuk pekerjaan tertentu, mempercepat pengerasan dan penghematan biaya (Tri Mulyono, 2003).

Kaca adalah salah satu produk industri kimia yang paling akrab dengan kehidupan kita sehari-hari. Dipandang dari segi fisika kaca merupakan zat cair yang sangat dingin. Dari segi kimia, kaca adalah gabungan dari berbagai oksida anorganik yang tidak mudah menguap, yang dihasilkan dari dekomposisi dan peleburan senyawa alkali dan alkali tanah, pasir serta berbagai penyusun lainnya. Sifat-sifat kaca yang khas dipengaruhi oleh keunikan silika (SiO_2) dan proses pembentukannya.

Karakteristik dari serbuk kaca dalam pembuatan beton adalah:

1. Kaca merupakan bahan yang tidak menyerap air atau zero water absorption,
2. Sifat kaca yang tidak menyerap air dapat mengisi rongga-rongga pada beton secara maksimal sehingga beton bersifat kedap air,
3. Kaca dalam hal ini adalah serbuk kaca mempunyai sifat sebagai pozzoland yang dapat meningkatkan kuat tekan dari beton,
4. Kaca tidak mengandung bahan yang berbahaya, sehingga pada saat pengerjaan beton aman bagi manusia,
5. Serbuk kaca juga dapat digunakan sebagai bahan pengisi pori atau filler, sehingga diharapkan akan diperoleh beton yang lebih padat dengan porositas minimum sehingga kekuatan beton dapat meningkat.

Ada beberapa kandungan kaca berdasarkan (Hanafiah, 2011). Kandungan di dalam jenis-jenis kaca tersebut akan dijelaskan pada Tabel 1. seperti berikut ini

Tabel 1. Kandungan Serbuk Kaca

Unsur	Serbuk Kaca
SiO ₂	61.72 %
Al ₂ O ₃	3.45 %
F ₂ O ₃	0.18 %
CaO	2.59 %

Sumber: Hanafiah, (2011)

2.5 Material Penyusun Beton

Bahan penyusun beton terdiri dari beberapa agregat kasar maupun halus dan ditambah dengan air. Kombinasi keseluruhan material tersebut didapatkanlah menjadi beton. Pada dasarnya bahan utama penyusun beton adalah semen, agregat halus dan agregat kasar. Akan tetapi banyak juga bahan-bahan tambahan yang dapat kita jumpai seperti bahan tambahan kimia dan yang lainnya.

1.5.1 Semen Portland

Menurut Sujatmiko, (2019). Portland cement (PC) atau lebih dikenal dengan semen merupakan bahan yang mempunyai sifat hidrolis, semen membantu mengikat agregat halus dan agregat kasar apabila tercampur dengan air. Selain itu semen, semen juga mampu mengisi rongga-rongga antar agregat tersebut. Banyaknya kandungan semen dalam beton berpengaruh terhadap kuat tekan beton.

Jumlah semen yang terlalu sedikit, berarti banyaknya air juga sedikit mengakibatkan adukan beton sulit dipadatkan, sehingga kuat tekan beton menjadi rendah, kelebihan jumlah semen berarti banyaknya air juga berlebih sehingga beton menjadi banyak pori, dan akibatnya kuat tekan beton menjadi rendah. Beberapa jenis semen dan tipe diatur dalam SNI, diantaranya SNI 15- 2049-2004 menyangkut semen portland yang dibedakan menjadi 5 yaitu :

1. Tipe I yaitu semen portland untuk penggunaan umum yang tidak memerlukan persyaratan
2. Tipe II yaitu semen portland yang dalam penggunaannya memerlukan ketahanan terhadap sulfat atau kalor hidrasi sedang.
3. Tipe III yaitu semen portland yang dalam penggunaannya memerlukan kekuatan tinggi pada tahap permulaan setelah pengikat terjadi
4. Tipe IV yaitu semen portland yang dalam penggunaannya memerlukan kalor hidrasi rendah 10
5. Tipe V yaitu semen portland yang dalam pengaplikasiannya memerlukan ketahanan tinggi terhadap sulfat.
6. Portland Pozzolan Cement (PPC), Semen portland pozzolan adalah campuran dari semen tipe I biasa dengan pozzolan.

2.5.2. Agregat

Agregat adalah bahan berbutir seperti pasir, kerikil, batu pecah dan slag tanur (*blast-furnace slag*) yang digunakan dengan media perekat untuk menghasilkan beton atau mortar semen hidrolis (SNI 2847-2019).

Agregat merupakan komponen beton yang paling berperan dalam menentukan besarnya. Pada beton biasanya terdapat sekitar 60% sampai 80% volume agregat. Agregat ini harus bergradasi sedemikian rupa sehingga seluruh massa beton dapat berfungsi sebagai benda yang utuh, homogen dan rapat. Di mana agregat yang berukuran kecil berfungsi sebagai pengisi celah yang ada di antara agregat berukuran besar. Karena agregat merupakan bahan yang terbanyak di dalam beton, maka semakin banyak persen agregat dalam campuran akan semakin murah harga beton, dengan syarat campurannya masih cukup mudah dikerjakan untuk elemen struktur yang memakai beton tersebut (Edward G. Nawy, 1998).

2.5.2.2 Agregat Kasar

Menurut Standar Nasional Indonesia (SNI 03-2834-2000), agregat kasar merupakan kerikil sebagai hasil disintegrasi alami dari batu atau berupa batu pecah yang diperoleh dari industri pemecah batu dan mempunyai ukuran butir antara 5 mm sampai 40 mm.

Jenis agregat kasar yang umum adalah:

1. Batu pecah alami

Bahan ini didapat dari cadas atau batu pecah alami yang digali. Batu ini dapat berasal dari gunung api, jenis sedimen atau jenis metamorf. Meskipun dapat menghasilkan kekuatan yang tinggi terhadap beton, batu pecah kurang memberikan kemudahan pengerjaan dan pengecoran dibandingkan dengan jenis agregat kasar lainnya.

2. Kerikil alami

Kerikil didapat dari proses alami, yaitu pengikisan tepi maupun dasar sungai oleh air sungai yang mengalir. Kerikil memberikan kekuatan yang lebih rendah daripada batu pecah, tetapi memberikan kemudahan pengerjaan yang lebih tinggi.

3. Agregat kasar buatan

Terutama berupa slag atau shale yang biasa digunakan untuk beton berbobot ringan. Biasanya merupakan hasil dari proses lain seperti dari blast-furnace dan lain-lain.

4. Agregat untuk pelindung nuklir dan berbobot berat

Dengan adanya tuntutan yang spesifik pada zaman atom sekarang ini, juga untuk pelindung dari radiasi nuklir sebagai akibat dari semakin banyaknya pembangkit atom dan stasiun tenaga nuklir, maka perlu ada beton yang dapat melindungi dari sinar x, sinar gamma dan neutron. Pada beton demikian syarat ekonomis maupun syarat kemudahan pengerjaan tidak begitu menentukan. Agregat kasar yang diklasifikasikan di sini misalnya baja pecah, barit, magnetit dan limonit.

2.5.2.2 Agregat Halus

Menurut Standar Nasional Indonesia (SNI 03-2834-2000), agregat halus merupakan pasir alam sebagai hasil disintegrasi alami dari batu atau pasir yang diperoleh dari industri pemecah batu dan mempunyai ukuran butir terbesar 5.0 mm.

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. Variasi ukuran dalam suatu campuran harus mempunyai gradasi yang baik, yang sesuai dengan standar analisis saringan dari ASTM (*American Society of Testing and Materials*). Untuk beton penahan radiasi, serbuk baja dan serbuk besi pecah digunakan sebagai agregat halus (Edward G. Nawy, 1998).

Syarat-syarat agregat halus adalah :

- a. Agregat halus harus terdiri dari butir-butir yang tajam dan keras. Butir-butir agregat halus harus bersifat kekal, artinya tidak pecah atau hancur oleh pengaruh-pengaruh cuaca, seperti terik matahari dan hujan.
- b. Agregat halus tidak boleh mengandung lumpur lebih dari 5% (ditentukan terhadap berat kering). Yang diartikan dengan lumpur adalah bagian-bagian yang dapat melalui ayakan 0.063 mm. Apabila kadar lumpur melampaui 5% maka agregat halus harus dicuci.
- c. Agregat halus tidak boleh mengandung bahan-bahan organis terlalu banyak yang harus dibuktikan dengan percobaan warna dari Abrams-Harder (dengan larutan NaOH). Agregat halus yang tidak memenuhi percobaan warna ini dapat juga dipakai, asal kekuatan tekan adukan agregat tersebut pada umur 7 dan 28 hari tidak kurang dari 95% dari kekuatan aduk agregat yang sama tetapi dicuci dalam larutan 3% NaOH yang kemudian dicuci hingga bersih dengan air, pada umur yang sama.
- d. Agregat halus terdiri dari butir-butir yang beraneka ragam besarnya dan apabila diayak dengan susunan ayakan harus memenuhi syarat-syarat berikut :
 - Sisa di atas ayakan 4 mm, harus minimum 2% berat.
 - Sisa di atas ayakan 1 mm, harus minimum 10% berat.
 - Sisa di atas ayakan 0.25 mm, harus berkisar antara 80% dan 95% berat.

Pasir dapat digolongkan menjadi 3 macam yaitu :

- a. Pasir galian, dapat diperoleh diperoleh langsung dari permukaan tanah atau dengan cara menggali terlebih dahulu. Pasir ini biasanya tajam, bersudut berpori dan bebas dari kandungan garam.
- b. Pasir sungai diperoleh langsung dari dasar sungai, yang pada umumnya berbutir

halus bulat-bulat akibat proses gesekan, sehingga daya lekat antar butir-butir berkurang. Pasir ini paling baik dipakai untuk memplester tembok.

- c. Pasir laut diambil dari pantai, butir-butirnya halus dan bulat akibat gesekan. Banyak mengandung garam yang dapat menyerap kandungan air dari udara. Pasir laut tidak baik digunakan sebagai bahan bangunan.

2.5.3 Air

Air merupakan bahan dasar yang sangat penting dalam pembuatan beton. Air diperlukan untuk bereaksi dengan semen serta menjadi bahan pelumas antara butir-butir agregat sehingga mudah dipadatkan. Air dalam campuran beton menyebabkan terjadinya proses hidrasi dengan semen. Jumlah air yang berlebihan akan menurunkan kekuatan beton. Namun air yang terlalu sedikit akan menyebabkan proses hidrasi yang tidak merata. Pada umumnya air yang dapat diminum digunakan sebagai campuran beton.

Untuk mengetahui air untuk campuran beton memenuhi kriteria standar yang diberikan atau tidak dapat dilakukan dengan cara analisis kimia. Analisis ini meliputi pemeriksaan terhadap sulfat, magnesium, amonium, klorida, pH, karbon dioksida, minyak dan lemak, zat-zat yang menyusut. Menurut SK SNI S-04-1989-F persyaratan untuk kualitas air dalam pengadukan beton adalah :

1. Air harus bersih
2. Tidak mengandung lumpur, minyak dan benda terapung yang dilihat visual
3. Tidak mengandung tersuspensi lebih dari 2 gram per liter
4. Tidak boleh mengandung garam, asam, zat organik yang terlarut yang dapat merusak beton lebih dari 15 gram per liter, klorida (Cl) tidak lebih dari 500 ppm dan senyawa sulfat tidak lebih dari 1000 ppm sebagai SO₃
5. Bila dibanding dengan kekuatan tekan adukan dan beton yang memakai air suling, penurunan kekuatan tidak lebih 10 %
6. Air yang meragukan harus dianalisa secara kimia
7. Khusus beton pratekan, air tidak boleh mengandung klorida lebih dari 50 ppm.