BAB I

PENDAHULUAN

A. Latar Belakang

Perkembangan teknologi dalam kehidupan manusia setiap tahun selalu meningkat. Perkembangan ini memberikan dampak positif dan negatif terhadap kehidupan sehari-hari.Dampak negatif yang paling utama adalah limbah yang dihasilkan dari kegiatan manusia, limbah ini sebagian besar langsung dibuang ke alam tanpa dilakukan pengolahan. Limbah kaca merupakan limbah yang banyak dihasilkan dari kehidupan masyarakat terutama dikota besar seperti Jakarta dan kota lainnya, limbah kaca setiap hari semakin meningkat volumenya karena banyak kegiatan manusia yang menghasilkan kaca, sebagian besar limbah kaca langsung dibuang ke lahan terbuka, hal ini tentu saja akan mencemari lingkungan mengingat kaca merupakan material yang tidak dapat didaur ulang secara alami oleh alam. Oleh karena itu harus dilakukan suatu inovasi untuk mengurangi limbah kaca, salah satunya dengan memanfaatkan limbah kaca B3 yang ada sebagai salah satu material campuran beton. Dalam hal ini kaca akan dijadikan sebagai penganti agregat halus pada campuran beton. Dengan penggunaan kaca sebagai agregat halus diharapkan dapat menjadi material alternatif campuran beton dan diharapkan akan mengurangi limbah kaca yang dapat merusak lingkungan.

Struktur beton adalah suatu bahan bangunan komposit yang terbuat dari kombinasi agregat dan pengikat semen. Bentuk yang paling umum dari Beton

adalah campuran semen Portland dan agregat mineral (kerikil dan pasir) serta air. Bahan-bahan dasar pembentuk Beton ini akan saling mempengaruhi satu sama lain dalam pencapaian Kuat Tekannya. Silika (SiO_2) merupakan bahan kimia yang dapat meningkatkan Mutu Beton, akibat reaksi yang terjadi antara Silika dan Kapur bebas yang ada didalam campuran beton. Umumnya Silika (SiO_2) yang dicampurkan pada beton merupakan bahan additive buatan pabrik seperti Silica fume atau hasil pembakaran Batubara seperti Fly ash. Pasir, ternyata mengandung Silika (SiO_2) yang jumlahnya bervariasi mulai < 20 % sampai dengan > 40 % tergantung dari mana pasir itu berasal. Untuk itulah perlu penelitian lebih lanjut, sejauh mana Silika (SiO_2) dalam Pasir berpengaruh terhadap Kuat Tekan Beton yang dihasilkannya.Berdasarkan latar belakang yang telah dipaparkan maka dilakukan penelitian dengan judul "**Pengaruh Subsitusi Limbah Kaca Dan Pasir Silika Sebagai Subsitusi Agregat Halus Terhadap Nilai Kuat Tekan Beton".**

B. Rumusan Masalah

Berdasarkan Latar Belakang yang telah dipaparkan maka rumusan masalah pada penelitian ini yaitu:

1. Bagaimana pengaruh limbah kaca dan pasir silika sebagai subsitusi agregat halus terhadap nilai kuat tekan beton?
2. Bagaimana pengaruh limbah kaca dan pasir silika sebagai subsitusi agregat halus terhadap nilai kuat tarik belah beton?

C. Tujuan Penelitian

Adapun Tujuan Penelitian Ini yaitu Sebagai Berikut:

1. Untuk mengetahui pengaruch limbah kaca dan pasir silika sebagai subsitusi agregat halus terhadap nilai kuat tekan beton?
2. Untuk mengetahui pengaruh subtitusi limbah kaca dan pasir silika sebagai subsitusi agregat halus terhadap nilai kuat tarik belah beton?

D. Manfaat Penelitian

Manfaat dari penelitian ini adalah sebagai berikut :

1. Diharapkan dapat menjadi bahan masukan dan sumber referensi bagi peneliti selanjutnya.
2. Dapat memberikan pengetahuan tentang penggunaan limbah kaca dan Pasir Silika Sebagai Bahan Subtitusi Agregat Halus.
3. Hasil penelitian ini diharapkan dapat memberikan ilmu pengetahuan dan teknologi (IPTEK) terutama dalam bidang konstruksi.
4. Manfaat bagi peneliti yakni sebagai media dalam memperkaya wawasan dan mengembangkan ilmu pengetahuan.

BAB II

TINJAUAN PUSTAKA

A. Beton

Dalam Teknologi Beton, beton pada dasarnya adalah campuran yang terdiri dari agregat kasar dan agregat halus yang dicampur dengan air dan semen sebagai pengikat dan pengisi antara agregat kasar dan agregat halus serta kadang-kadang ditambahkan additive. (Kardiono Tjokrodimuljo, 2004) Menurut Wuryati S. dan Candra R (2001), dalam bidang bangunan yang dimaksud dengan beton adalah campuran dari agregat halus dan agregat kasar (pasir, kerikil, batu pecah atau jenis agregat lain) dengan semen yang dipersatukan oleh air dalam perbandingan tertentu. Menurut Peraturan Beton Bertulang Indonesia (PBBI 1971), beton didefinisikan sebagai bahan yang diperoleh dengan mencampurkan agregat halus, agregat kasar, semen portland dan air (tanpa additive). Sedangkan SK. SNI T – 15 – 1990 – 03 mendefinisikan beton sebagai campuran antara semen Portland atau semen hidrolik yang lainnya, agregat halus, agregat kasar dan air, dengan atau tanpa bahan campuran tambahan yang membentuk massa padat. Dalam perencanaan beton sering dikenal dengan istilah beton konvensional.

Beton konvensional adalah beton dengan penggunaan material, teknologi dan peralatan yang masih sederhana. Kekuatan tekan dari beton konvensional maksimum 25 Mpa pada umur 28 hari. Beton mempunyai massa jenis γ =2400 kg/m3. Penggunaan konstruksi beton diminati karena beton memiliki sifat–sifat yang menguntungkan, seperti ketahannya terhadap api, awet, kuat tekan yang

tinggi dan dalam pelaksanaannya mudah untuk dibentuk sesuai dengan bentuk yang dikehendaki. Tetapi konstruksi beton juga mempunyai kelemahan–kelemahan, antara lain kemampuan menahan tarik yang rendah sehingga konstruksinya mudah retak jika mendapatkan tegangan tarik. Nilai kekuatan tekan dari beton (SK.SNI.M-10-1991-03) diketahui dengan melakukan pengujian kuat tekan terhadap benda uji silinder (diameter 150 mm, tinggi 300 mm) yang dibebani dengan gaya tekan sampai benda uji hancur. Nilai kuat tarik beton sangat kecil, berkisar antara 9% - 15% dari nilai kuat tekannya. Kecilnya nilai kuat tarik dari beton inilah yang merupakan kelemahan terbesar dari beton. Sehingga untuk menambah kuat tarik beton dapat dilakukan dengan diberi tulangan yang mampu menahan gaya tarik.

Mutu beton dipengaruhi oleh bahan pembentukannya serta cara pengerjaannya. Semen mempengaruhi kecepatan pengerasan beton. Selanjutnya kadar lumpur, atas pengerjaan yang mencakup cara penuangan, pemadatan, dan perawatan, yang pada akhirnya mempengaruhi kekuatan beton. Menurut Mulyono (2004) secara umum beton dibedakan berdasarkan kelas dan mutu beton.

1. Klasifikasi Beton

Menurut Mulyono (2004) secara umum beton dibedakan kedalam 2 (dua) kelompok, yaitu:

a. Beton berdasarkan kelas dan mutu beton.

Kelas dan mutu beton ini, di bedakan menjadi 3 (tiga) kelas, yaitu:

1) Beton kelas I

Beton kelas I adalah beton untuk pekerjaan-pekerjaan non struktutral. Untuk pelaksanaannya tidak diperlukan keahlian khusus. Pengawasan mutu hanya dibatasi pada pengawasan ringan terhadap mutu bahan-bahan, sedangkan terhadap kekuatan tekan tidak disyaratkan pemeriksaan. Mutu kelas I dinyatakan dengan B0.

2) Beton kelas II

Beton Kelas II adalah beton untuk pekerjaan-pekerjaan struktural secara umum. Pelaksanaannya memerlukan keahlian yang cukup dan harus dilakukan di bawah pimpinan tenaga-tenaga ahli. Beton kelas II dibagi dalam mutu-mutu standar B1, K 125, K 175, dan K 225. Pada mutu B1, pengawasan mutu hanya dibatasi pada pengawasan terhadap mutu bahan-bahan sedangkan terhadap kekuatan tekan tidak disyaratkan pemeriksaan. Pada mutu-mutu K 125 dan K 175 dengan keharusan untuk memeriksa kekuatan tekan beton secara berlanjut dari hasil-hasil pemeriksaan benda uji.

3) Beton kelas III

Beton Kelas III adalah beton untuk pekerjaan-pekerjaan struktural yang lebih tinggi dari K 225. Pelaksanaannya memerlukan keahlian khusus dan harus dilakukan di bawah pimpinan tenaga-tenaga ahli. Disyaratkan adanya laboratorium beton dengan peralatan yang lengkap serta dilayani oleh tenagatenaga ahli yang dapat melakukan pengawasan mutu beton secara kontinu.

Adapun pembagian kelas dan mutu beton ini dapat dilihat dalam tabel 2.1 berikut ini:

Tabel 2. 1 Kelas Kelas Dan Mutu Beton (Sumber: Mulyono. T, 2004)

Kelas	Mutu	σ'Bk (Kg/cm^2)	σ' Bm (Kg/cm^2)	Tujuan	Pengawasan terhadap mutu kekuatan agregat tekan	
I	B_0	-	-	Non Struktural	Ringan	Tanpa
II	B_1	-	-	Struktural	Sedang	Tanpa
	K 125	125	200	Struktural	Ketat	Kontinu
	K 175	175	250	Struktural	Ketat	Kontinu
	K 225	225	200	Struktural	Ketat	Kontinu
III	K > 225	> 225	> 300	Struktural	Ketat	Kontinu

a. Berdasarkan jenisnya, beton dibagi menjadi 6 (enam) jenis, yaitu :

1) Beton ringan

Beton ringan merupakan beton yang dibuat dengan bobot yang lebih ringan dibandingkan dengan bobot beton normal. Agregat yang digunakan untuk memproduksi beton ringan pun merupakan agregat ringan juga. Agregat yang digunakan umumnya merupakan hasil dari pembakaran shale, lempung, slates, residu slag, residu batu bara dan banyak lagi hasil pembakaran vulkanik. Berat jenis agregat ringan sekitar 800-1800 kg/m^3 atau berdasarkan kepentingan penggunaan strukturnya berkisar 1400 kg/m^3, dengan kekuatan tekan umur 28 hari antara 6,89 Mpa sampai 17,24 Mpa menurut SNI 08-1991-03.

2) Beton normal

Beton normal adalah beton yang menggunakan agregat pasir sebagai agregat halus dan split sebagai agregat kasar sehingga mempunyai berat jenis beton antara 2200 kg/m^3–2400 kg/m^3 dengan kuat tekan sekitar 15–40 Mpa.

3) Beton berat

Beton berat adalah beton yang dihasilkan dari agregat yang memiliki berat isi lebih besar dari beton normal atau lebih dari 2400 kg/m^3. Untuk menghasilkan beton berat digunakan agregat yang mempunyai berat jenis yang besar.

4) Beton massa *(mass concrete)*

Dinamakan beton massa karena digunakan untuk pekerjaan beton yang besar dan masif, misalnya untuk bendungan, kanal, pondasi, dan jembatan.

5) *Ferro-Cement*

Ferro-Cement adalah suatu bahan gabungan yang diperoleh dengan cara memberikan suatu tulangan yang berupa anyaman kawat baja sebagai pemberi kekuatan tarik dan daktil pada mortar semen.

6) Beton serat *(fibre concrete)*

Beton serat *(fibre concrete)* adalah bahan komposit yang terdiri dari eton dan bahan lain berupa serat. Serat dalam beton ini berfungsi mencegah retak-retak sehingga menjadikan beton lebih daktil daripada beton normal.

E. Batasan Masalah

Batasan masalah adalah sebagai ruang lingkup dari penelitian ini yaitu sebagai berikut:

1. Material yang digunakan dalam penelitian ini terdiri dari agregat halus limbah kaca
2. Material yang digunakan dalam penelitian ini terdiri dari agregat halus Pasir Silika
3. Semen yang digunakan adalah semen jenis *Porlan Composite Cement* (PPC).

4. Jumlah benda uji dari masing-masing 3 sampel yaitu dengan variasi BN, BV1 50% PA + 50% PS 0 LK, BV2 40% PA + 50% PS 10% LK, BV3 0 PA + 50% PS 50% LK.
5. Nilai slump yang digunakan 75 – 100 mm dan pengujian slump dillakukan sesuai dengan SNI 1972:2008.
6. Penelitian ini dilakukan di laboratorium struktur dan bahan Universitas Muhammadiyah Parepare.
7. Umur beton yang diuji untuk silinder adalah, 7 hari, 14 hari, dan 28 hari.
8. Mutu beton yang direncanakan adalah 25 Mpa.
9. Limbah kaca yang digunakan lolos saringan 4

B. Material

1. Agregat

Agregat adalah butiran-butiran mineral yang dicampurkan dalam beton sebagai bahan pengisi, yang mengisi sebagian besar volume dari beton. Sifat yang paling penting dari agregat adalah kekuatan hancur dan ketahanan terhadap benturan yang dapat mempengaruhi ikatan dengan pasta semen, prorsitas, dan karakteristik penyerapan air yang mempengaruhi daya tahan beton terhadap agresi bahan kimia, serta ketahanan terhadap penyusutan.

Agregat digolongkan jadi 2 macam, ialah agregat alam serta agregat buatan, agregat alam ialah agregat yang wujudnya natural, tercipta bersumber pada aliran air sungai serta degradasi. Agregat yang tercipta dari aliran air sungai berbentuk bulat dan licin, ataupun agregat yang tercipta dari proses degradasi berbentuk kubus (bersudut) dan permukaanya kasar. Sedangkan agregat

buatanialah agregat yang berasal dari hasil sambingan pabrik- pabrik semen serta mesin pemecah batu. Menurut Silvia Sukirman (2003), agregat merupakan buti-butir batu pecah, kerikil, pasir atau mineral lain, baik yang berasal dari alam maupun buatan yang berbentuk mineral padat berupa ukuran besar maupun kecil (fragmen-fragmen) yang berfungsi sebagai bahan campuran atau pengisi dari suatu beton. Sedangkan menurut Tjokrodimulyo (1992) agregat umumnya digolongkan menjadi 3 kelompok, yaitu :

1) Batu, untuk besar butiran lebih dari 40mm
2) Kerikil, untuk besar butiran antara 5mm sampai 40mm
3) Pasir, untuk butiran antara 0,15mm sampai 5mm Jenis agregat yang digunakan sebagai bahan susunan beton adalah agregathalus dan agregat kasar.

a. Agregat Halus (Pasir)

Untuk menghasilkan beton dengan kekompakan yang baik, diperlukan gradasi agregat yang baik. Gradasi agregat adalah distribusi ukuran kekasaran butiran agregat. Gradasi diambil dari hasil pengayakan dengan lubang ayakan 4,8 mm, 2,4 mm, 1,2 mm, 0,6 mm, 0,3 mm dan 0,15 mm. Penggunaan bahan batuan dalam adukan beton berfungsi:

1) Menghemat Penggunaan semen portland.
2) Menghasilkan kekuatan yang besar pada betonnya.
3) Mengurangi susut pengerasan.
4) Mencapai susunan pampat beton dengan gradasi beton yang baik.

5) Mengontrol workability adukan beton dengan gradasi bahan batuan baik

Butir agregat yang kecil disebut agregat halus yang memiliki ukuran lebih kecil dari 4,8 mm. Menurut peraturan SK-SNI (T-15-1990-03) kekasaran pasir dibagi menjadi empat kelompok menurut gradasinya, yaitu pasir halus, agak halus, agak kasar dan kasar.

Pasir yang digunakan dalam adukan beton harus memenuhi syarat sebagai berikut:

1) Pasir harus terdiri dari butir-butir tajam dan keras. Hal ini dikarenakan dengan adanya bentuk pasir yang tajam, maka kaitan antar agregat akan lebih baik, sedangkan sifat keras untuk menghasilkan beton yang keras pula.
2) Butirnya harus bersifat kekal. Sifat kekal ini berarti pasir tidak mudah hancur oleh pengaruh cuaca, sehingga beton yang dihasilkan juga tahan terhadap pengaruh cuaca.
3) Pasir tidak boleh mengandung lumpur lebih dari 5% dari berat kering pasir, lumpur yang ada akan menghalangi ikatan antara pasir dan pasta semen, jikakonsentrasi lumpur tinggi maka beton yang dihasilkan akan berkualitas rendah.
4) Pasir tidak boleh mengandung bahan organik terlalu banyak.

Gradasinya harus memenuhi syarat seperti tabel berikut ini:

Tabel 2. 2 Agregat halus menurut ASTM C33-92a (*Sumber : ASTM C33-92a)*

UKURAN SARIGAN (mm)	Prosentase Lolos Saringan
4,5	100
2,36	95-100
1,18	80-100
0,6	50-85
0,3	25-60
0,15	10-30
0,075	2-15
Pan	0-5

b. Agregat Kasar (Split)

Agregat disebut agregat kasar jika butiran ukurannya sudah melebihi 4,75 mm (No.4 ASTM C33). Karakteristik agregat kasar yang perlu diperhatikan diantaranya:

1) Gradasi Agregat Kasar, gradasi agregat adalah distribusi dari ukuran agregat atau proporsi dari macam-macam ukuran butir agregat berdasarkan analisa saringan. Syarat gadasi menurut ASTM dapat dilihat tabel

Tabel 2. 3 Agregat kasar menurut ASTM C33-92a (*Sumber : ASTM C33-92a)*

Ukuran Saringan (mm)	Prosentase Lolos Saringan
25	100
19	90-100
9,5	20-55
4,75	0-10
2,36	0-5
Pan	0-2

2) Mudulus Halus Butir (HMB), modulus kehalusan butir (Fineness Modulus) atau MHB. Spesifikasi modulus halus butir agregat kasar menurut ASTM yaitu 5,5% – 8,5%.
3) Absorpsi dan Berat Jenis (Spesific Gravity) Agregat Kasar, spesifikasi agregat untuk beton normal menurut ASTM adalah berat jenis agregat kasar yaitu 1,60–3,20 kg/liter dan absorpsi pada nilai 0,2 – 4,0%. Untuk beton mutu tinggi akan baik dengan absopsi kurang dari 1%.
4) Berat Volume Agregat Kasar, spesifikasi berat volume agregat kasar menurut ASTM yaitu 1,6 – 1,9 kg/liter.
5) Kadar Air Agregat Kasar, spesifikasi kadar air agregat kasar menurut ASTM yaitu 0,5% - 2,0%.
6) Persentase Keausan, spesifikasi keausan agregat beton menurut ASTM yaitu 15%-50%.
7) Kadar Lumpur, kadar lumpur agregat beton menurut spesifikasi ASTM yaitu 0,2%-1,0%.

c. Berat satuan dan kepadatan

Berat satuan agregat adalah berat agregat satu satuan volume, dinyatakan dengan kg/liter atau ton/m3. Jadi berat satuan dihitung berdasarkan berat agregat dalam suatu tempat tertentu, sehingga yang dihitung volumenya ialah volume padat (meliputi pori tertutup) dan volume pori terbuka.

d. Ukuran maksimum agregat

Ukuran maksimum agregat yang biasa dipakai adalah 10 mm, 20 mm, atau 40 mm.

e. Gradasi agregat

Gradasi agregat adalah distribusi ukuran butiran dari agregat. Bila butiran agregat mempunyai ukuran yang sama (seragam), maka volume pori akan meningkat. Sebaliknya apabila butirannya bervariasi akan menyebabkan volume pori yang kecil. Hal ini dikarenakan butiran berukuran kecil akan mengisi pori diantara butiran yang lebih besar, sehingga pori-porinya menjadi sedikit. Tabel 2.2 Batas-batas gradasi dari agregat kasar (Sumber : SNI 03-4142- 1996) Lubang ayakan (mm) Presentasi berat butir lewat ayakan 40 mm 20 mm 40 95 – 100 100 20 30 – 70 95 – 100 10 10 – 35 25 – 55 4,8 0 – 5 0 – 10.

f. Kadar air agregat

Kandungan didalam agregat dibagi menjadi beberapa tingkat, yaitu :

1) Kering tungku, dimana agregat benar-benar tidak mengandung air sedikitpun atau dalam kondisi yang dapat secara penuh menyerap air.
2) Kering udara, dimana permukaan agregat kering tetapi memiliki sedikit air di dalam porinya.
3) Jenuh kering muka, yaitu tidak ada air dipermukaan agregat tetapi porinya berisi air sejumlah yang dapat diserap. Dengan begitu butiran tidak mampu menyerap dan menambah komposisi air jika dipakai dalam campuran beton.
4) Basah, dimana butiran mengandung banyak airbaik dipermukaan maupun di dalam butiran, sehingga bila dipakai dalam campuran akan menambah komposisi air. Keadaan kering jenuh muka (Saturated Surface Dry) lebih dipakai sebagai standar, karena merupakan

kebasahan agregat yang hamper sama dengan agregat dalam beton, sehingga agregat tidak akan menambah dan mengurangi air dari pastanya, dan kadar air di lapangan lebih banyak mendekati keadaan SSD dari pada kering tungku.

g. Kekuatan dan keuletan agregat

Kekerasan agregat tergantung dari kekerasn bahan penyusunnya. Agregat dapat menjadi kurang kuat disebabkan dua faktor yaitu, karena mengandung bahan yang lemah atau berasal dari partikel butir yang kuat tapi tidak melekat dengan kuat dan pada umumnya kekuatan dan elastisitas agregat berdasarkan dari jenis batuan, tekstur serta struktur butirannya, hal ini dikarenakan agregat adalahkomposisi terbesar dari campuran beton sehingga kekuatan agregat akan mempengaruhi kekuatan beton.

2. Semen Portland

Semen portland sendiri didefinisikan sebagai campuran antara batu kapur/gamping (bahan utama) dan lempung / tanah liat atau bahan pengganti lainnya dengan hasil akhir berupa padatan berbentuk bubuk, tanpa memandang proses pembuatannya, yang mengeras atau membatu pada pencampuran dengan air (Jack Widjajakusuma, 2004). Semen portland dibuat dari bahan yang mengandung kapur (lime), silica, dan alumina serta oksida besi dengan perbandingan tertentu. Ketiga bahan dasar ini dicampur dan dibakar pada suhu 2700o Fahrenheit sehingga terbentuk klinker, kemudian klinker dihaluskan (digiling) sambil ditambahkan gypsum kurang lebih 5% untuk mengatur waktu

ikatnya, hasil penggilingan ini sangat halus sehingga hampir seluruh partikel semen tersebut lolos ayakan dengan jumlah lubang 40.000 per in2 (Mesh 200).

Tabel 2. 4 Susunan oksida semen Portland *(Semen Portland di Indonesia Direktorat Jenderal Bina Marga)*

No	Oksida	Presentase
1	Kapur(C_aO)	60-65
2	Silika (SiO_2)	17-25
3	Aluminia ($A1_2O_3$)	3-8
4	Besi (Fe_2O_3)	0,5-6
5	Magnesi (MgO)	0,5-4
6	Sulfur	1-2
7	Soda/Portash (Na_3O)+(K_2O)	0,5-1

Menurut SII 0031-81 (Tjokrodimulyo, 1996), semen Portland dibagi menjadi lima jenis, namun untuk penggunaan umum biasanya hanya digunakan jenis semen tipe (satu) karena tidak memerlukan persyaratan khusus terhadap panas hidrasi dan kekuatan tekan awal serta cocok dipakai pada tanah dan air yang mengandung sulfat antara 0-0,10%. Untuk keperluan campuran pembuatan beton, semen harus memenuhi syarat-syarat sesuai dengan Standar Normalisasi Indonesia (SNI) sebagai berikut:

a. waktu pengikatan awal untuk segala jenis semen tidak boleh kurang dari 1jam (60 menit).

b. Pengikatan awal semen normal 60 – 120 menit. c. Air yang digunakan memenuhi syarat air minum, yaitu bersih dari zat organis yang dapat mempengaruhi proses pengikatan awal. d. Suhu ruangan 23° C.

3. Air

Air adalah bahan yang diperlukan untuk proses reaksi kimia dengan semen untuk membentuk pasta semen. Air juga dipakai untuk pelumas antara butiran dalam agregat agar mudah dikerjakan dan dipadatkan. Air dalam campuran beton menyebabkan terjadinya proses hidrasi dengan semen. Jumlah air yang yang berlebihan akan menurunkan kekuatan beton. Namun air yang terlalu sedikit akan menyebabkan proses hidrasi yang tidak merata.

Faktor air sangat mempengaruhi dalam pembuatan beton, karena air dapat bereaksi dengan semen yang akan menjadi pasta pengikat agregat. Air juga berpengaruh terhadap kuat tekan beton, karena kelebihan air akan menyebabkan penurunan kekuatan beton itu sendiri. Selain itu, kelebihan air akan menurunkan mutu dan mengakibatkan beton mengalami bleding, yaitu air akan bergerak ke atas permukaan adukan beton segar yang baru saja dituang. Hal ini akan menyebabkan kurangnya lekatan antara lapis-lapis beton dan mengakibatkan beton menjadi lemah. Air pada campuran beton akan berpengaruh pada:

a. Mutu beton.
b. Sifat *workability* adukan beton.
c. Besar kecilnya nilai susut beton.
d. Kelangsungan reaksi hidrasi semen portland.
e. Perawatan keras adukan beton guna menjamin pengerasan yang baik

Air adalah bahan untuk mendapatkan kelecakan yang perlu untuk penggunaan beton. Jumlah air yang digunakan tentu tergantung pada sifat material yang digunakan. Air yang mengandung kotoran yang cukup banyak akan mengganggu proses pengerasan atau ketahanan beton. Pengaruh kotoran secara umum dapat menyebabkan:

a. Gangguan pada hidrasi dan pengikatan.
b. Gangguan pada kekuatan dan ketahanan.
c. Perubahan volume yang dapat menyebabkan keretakan.
d. Korosi pada tulangan baja maupun kehancuran beton.
e. Bercak-bercak pada campuran beton.

Air untuk pembuatan beton minimal memenuhi syarat sebagai air minum yang tawar, tidak berbau, dan tidak mengandung bahan-bahan yang dapat merusak beton, seperti minyak, asam, alkali, garam atau bahan-bahan organis lainnya yang dapat merusak beton atau tulangannya (SNI 03-2847-2019).

Selain untuk reaksi pengikatan, dapat juga untuk perawatan sesudah beton dituang. Air untuk perawatan (curing) harus memiliki syarat-syarat yang lebih tinggi dari air untuk pembuatan beton. Keasamannya tidak boleh PHnya > 6, juga tidak dibolehkan terlalu sedikit mengandung kapur.

Jenis-jenis air untuk campuran beton :

a. Air hujan

Air hujan menyerap gas dan udara pada saat jatuh ke bumi. Biasanya air hujan mengandung unsur oksigen, nitrogen dan karbon dioksida.

b. Air permukaan

Terdiri dari air sungai, air danau, air genangan, dan air reservoir. Air sungai atau danau dapat digunakan sebagai air pencampuran beton asal tidak tercemar limbah industri. Sedangkan air rawa atau genangan yang mengandung zat-zat alkali tidak dapat digunakan.

c. Air tanah

Biasanya mengandung unsur kaiton dan anion. Selain itu juga kadang-kadang terdapat unsur CO_2, H_2S dan NH_3.

d. Air laut

1) Air laut mengandung 30.000–36.000 mg/liter gram (3 %-3,6 %) dapat digunakan sebagai air campuran beton tidak bertulang.
2) Air laut yang mengandung garam diatas 3% tidak boleh digunakan untuk campuran beton.
3) Untuk beton pratekan, air laut tidak diperbolehkan karena akan mempercepat korosi pada tulangannya.

Air yang dipergunakan harus memenuhi syarat sebagai berikut:

a. Tidak mengandung lumpur dan benda melayang lainnya yang lebih dari 2 gram/liter.
b. Tidak mengandung garam atau asam yang dapat merusak beton, zat organik dan sebagainya lebih dari 15 gram/liter
c. Tidak mengandung klorida (C) yang lebih dari 1 gram/liter.
d. Tidak mengandung senyawa sulfat lebih dari 1 gram/liter.

C. Material Tambah

1. Serbuk Kaca

Pecahan kaca merupakan limbah yang terdapat pada industri dan rumah tangga. Kaca biasanya digunakan sebagai dinding, hiasaan, lemari dan sebagainya. Pada penelitian ini penulis menggunakan pecahan kaca sebagai pengganti agregat halus. Kaca memiliki kandungan silika yang cukup tinggi. Sehingga kaca dapat dibuat sebagai bahan campuran dalam pembuatan beton.

Limbah kaca biasanya dipisahkan berdasarkan pengunaan akhirnya dan berdasarkan pengunaan akhimya kaca dipisahkan berdasarkan warna kaca. Banyak hal yang berpotensi menguntungkan dari penggunaan kaca sebagai agregat beton, antara lain:

a. Memiliki tingkat durabilitas yang tinggi, mengingat kaca adalah material yang tidak menyerap air.
b. Kaca memiliki ketahanan yang tinggi terhadap abrasi dan karakteristik ini adalah karakteristik yang langka terdapat dalam agregat alami lainnya.

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. Perkembangan zaman di era globalisasi yang pesat ini mengakibatkan terus bertambahnya jumlah barang bekas/limbah yang keberadaanya dapat menjadi masalah bagi kehidupan, salah satunya adalah keberadaan limbah kaca rumah tangga. Dalam hal ini upaya yang dilakukan adalah pemanfaatan serbuk kaca sebagai substitusi sebagian agregat halus untuk meningkatkan kuat tekan beton.



Gambar 2. 1 Serbuk Kaca

2. Pasir Silika

Silika atau Pasir kuarsa berasal dari tanah aluvial yang dihasilkan oleh erosi batuan yang mengandung sejumlah besar mineral kuarsa (SiO_2) yang kemudian mengalami transpor alami, diangkut dengan alat transportasi (air / es) yang kemudian diendapkan dan terakumulasi di cekungan (danau, pantai, dan

lain-lain). Bagi kehidupan manusia, pasir silika merupakan salah satu jenis pasir yang memiliki banyak kegunaan. Misalnya, pasir silika dapat digunakan sebagai bahan baku kaca, keramik, bahkan filter air. Jenis pasir ini memiliki kekerasan 7.0 (skala Mohs) dengan berat jenis 2,60 – 2,66. Warna dari pasir ini adalah putih, transparan atau warna lain tergantung senyawa pengotornya. Warna kuning menandakan mengandung oksida Fe, dan merah mengandung oksida Cu. Ciri lain dari pasir ini yaitu memiliki garis-garis Putih dan kilap Vitrious + kaca dan mempunyai titik lebur yang berada pada 1715 °C. Penggunaan silika atau pasir kuarsa dalam kegiatan industri telah banyak dikembangkan, baik secara langsung sebagai bahan baku utama maupun sebagai produk sampingan. Sebagai bahan baku utama misalnya digunakan pada industri kaca / kaca, semen, ubin, keramik mozaik, bahan baku ferrous silicon, silicon karbida, bahan abrasif (ampelas dan sandblasting).Sedangkan sebagai bahan tindak lanjut misalnya pada industri pengecoran, industri minyak dan pertambangan, batu bata tahan api (refraktori), dll.

3. Fungsi dan kegunaan pasir silika

a. Sebagai bahan baku utama semen

b. Pasir silika/kuarsa dalam produksi semen berfungsi sebagai pelengkap kandungan silika pada semen yang diproduksi. Kandungan silika untuk pabrik semen sekitar 21,3% SiO_2. Jika komposisi SiO_2 belum tercapai, ditambahkan pasir kuarsa. Penggunaan pasir kuarsa di sektor ini bervariasi sesuai dengan kandungan silika bahan baku lainnya, umumnya antara 6-7%.

c. Bahan pembuatan amplas dan *sandblasting*
d. Bahan baku pembuatan gelas, kaca dan keramik
e. Dalam industri keramik, pasir kuarsa membentuk badan keramik bersama dengan bahan baku lainnya, seperti kaolin, tanah liat, *feldspar*, dan pewarna. Pasir kuarsa memiliki sifat *glazing* pada permukaan keramik sehingga licin dan mudah dibersihkan. Selain itu, pasir kuarsa memiliki sifat sebagai handling agent yang dapat mempermudah proses pengeringan, pengendalian dan penyusutan serta memberikan struktur pada body keramik. Proses akhir dari pengolahan pasir kuarsa menjadi kaca dan kaca adalah dengan cara meleburnya dengan bahan lain seperti soda dan kapur dalam tungku peleburan. Sebagai bahan pembentuk kaca, kontribusi silika (SiO2) sangat dominan. Unsur lain seperti soda (Na2O) digunakan dalam proses likuifaksi, sedangkan kapur (CaO dan MgO) berfungsi sebagai penstabil selama proses likuifaksi dan pembentukan kaca dan kaca.
f. Campuran sebagai pengeras dalam industri karet / ban / cat
g. Penggunaan pasir kuarsa pada industri lain yaitu sebagai pengeras pada pengolahan karet, bahan pengisi (industri cat), bahan ampelas (industri penggilingan), bahan penghilang karat (industri logam), bahan penyaring (industri pemurnian air) pembuatan ferrous silicon karbida , dan lain-lain seperti di industri microchip (elektronik).
h. Pasir silika untuk filter air

i. Pada pengolahan air minum atau air tanah pada air PDAM maupun air pegunungan pada industri pengolahan air, pasir silika/kuarsa (SiO_2) ini berfungsi untuk menghilangkan kandungan lumpur atau tanah dan sedimen.
j. Pasir silika untuk pembuatan lapangan sepak bola dalam ruangan
k. Selain untuk filter air, pasir silika juga mempunyai kegunaan di berbagai industri, seperti industri / pengolahan sandblasting atau pembuatan lapangan futsal dengan berbagai ukuran mata jaring.
l. Pasir silika untuk aquascape dan akuarium
m. Saat ini, pasir silika banyak digunakan untuk keperluan dekoratif di lanskap perairan dan pasir akuarium.

4. Faktor Air Semen (FAS)

Faktor air semen (fas) adalah perbandingan berat air dan berat semen yang digunakan dalam adukan beton. Faktor air semen yang tinggi dapat menyebabkan beton yang dihasilkan mempunyai kuat tekan yang rendah dan semakin rendah faktor air semen kuat tekan beton semakin tinggi. Namun demikian, nilai faktor air semen yang semakin rendah tidak selalu berarti bahwa kekuatan beton semakin tinggi. Nilai faktor air semen yang rendah akan menyebabkan kesulitan dalam pengerjaan, yaitu kesulitan dalam pelaksanaan pemadatan yang akhirnya akan menyebabkan mutu beton menurun. Oleh sebab itu ada suatu nilai faktor air semen optimum yang menghasilkan kuat desak maksimum. Umumnya nilai faktor air semen minimum untuk beton normal sekitar 0,4 dan maksimum 0,65.

Rumus yang digunakan pada beton mutu tinggi adalah:

Fas = W / (c+ p).....(1)

Keterangan :

Fas = Faktor air semen

W = Rasio total berat air

c = Berat semen

p = Berat bahan tambah pengganti semen

5. Teori Tentang Kuat Tekan Beton

Kuat tekan beton umur 28 hari berkisar antara nilai 10-65 MPa. Untuk struktur beton bertulang pada umumnya menggunakan beton dengan kuat tekan antara 17-30 MPa. Sedangkan untuk beton prategang digunakan beton dengan kuat tekan lebih tinggi, berkisar antara 30-45 MPa. Untuk keadaan dan keperluan khusus, beton ready mix mampu mencapai kuat tekan 62 MPa dan untuk memproduksi beton kuat tekan tinggi tersebut umumnya dilaksanakan dengan pengawasan ketat laboratorium (Dipohusodo, 1999).

Kuat tekan beton :

$\sigma = P / A$ (Kg/cm 2) .....(2)

Di mana:

σ = Kuat Tekan Beton (Kg/cm 2)

P = Beban maksimum (Kg)

A = Luas penampang benda uji (cm 2) Ada beberapa faktor yang mempengaruhi kekuatan beton yaitu:

6. Faktor-faktor yang mempengaruhi kuat tekan beton

Faktor yang mempengaruhi kuat tekan beton adalah:

a. Workabilitas *(Workability)*

Workabilitas diartikan sebagai tingkat kemudahan suatu campuran beton untuk dikerjakan. Baik pada saat dicampur, diangkut, dipadatkan, maupun dicetak. Faktor utama yang berpengaruh dalam workabilitas ini yaitu (Taylor, 2002):

1) Kadar air
2) Tipe dan ukuran agregat
3) Segregasi dan Bleeding

Pengertian segregasi adalah peristiwa pemisahan komponen material dalam campuran beton segar sebagai akibat dari campuran yang tidak seragam (Mindess et al., 1996).

Peristiwa pemisahan ini dapat terjadi dua macam: pengendapan agregat yang lebih berat di dasar campuran beton segar, atau pemisahan agregat kasar dari kesatuan campuran beton akibat pemadatan yang berlebihan. Sedangkan bleeding adalah suatu jenis segregasi khusus.

Pengertian bleeding adalah peristiwa naiknya air ke atas permukaan pada saat adukan beton telah mengalami konsolidasi, namun belum mengalami pengikatan (Mindess et al., 1996). Hal ini dikarenakan air menjadi material yang memiliki berat jenis terkecil dibanding komponen yang lain (agregat dan semen). Gradasi Agregat Gradasi adalah distribusi proporsi ukuran butiran agregat dalam suatu campuran beton (Mindess et al., 1996).

Ada 3 macam gradasi yang dikenal, yaitu:

1. Gradasi seragam
2. Gradasi menerus

3. Gradasi sela semen

b. Semen

Semen dapat didefiniskan sebagai material yang memiliki sifat adesif dan kohesif, sehingga memungkinkannya untuk menyatukan bagian-bagian dari mineral menjadi suatu kesatuan. Dalam lingkup konstruksi, pengertian dari semen ini terbatas pada material penyatu yang digunakan bersamaan dengan batu, pasir, bata, dan lainnya. Material utama dari semen ini adalah campuran dari kapur. Semen, dalam hubungannya dengan beton, memiliki sifat akan setting dan hardening di dalam air akibat adanya reaksi-reaksi kimia, dan oleh karena itu disebut sebagai semen hidraulis. Semen hidraulis pada umumnya terdiri dari silicate dan alluminate yang berasal dari kapur, dan dapat diklasifikasikan atas semen alam, semen Portland, dan high alumina cement. Pada bagian ini, akan lebih difokuskan pada pembahasan semen Portland, mengingat semen yang umum digunakan dalam pembuatan beton merupakan jenis semen Portland. Nama semen Portland berasal dari gabungan antara warna dan kualitas dari semen yang berasal dari batu Portland– batu kapur yang ditambang di Dorset. Pada saat ini, nama semen Portland telah mendunia sebagai semen yang diperoleh dengan cara mencampur calcareous dan argillaceous, atau -silika, - alumina dan material yang teroksidasi oleh besi, kemudian dibakar pada temperatur yang sangat tinggi, dan abunya diperhalus lagi.

Tabel 2. 5 Komposisi Limit Semen Portland (*Sumber : AM. Neville, Concrete Technology, 1987)*

OKSIDA	Komposisi (% berat)
CaO	60-67
SiO_2	17-25
Al_1O_3	3,0-8,0
Fe_2O_3	0,5-6,0
MgO	0,1-5,5
Alkali	0,1-1,3
SO_3	1,0-3,0

c. Agregat Halus (Pasir)

Untuk menghasilkan beton dengan kekompakan yang baik, diperlukan gradasi agregat yang baik. Gradasi agregat adalah distribusi ukuran kekasaran butiran agregat. Gradasi diambil dari hasil pengayakan dengan lubang ayakan 4,8 mm, 2,4 mm, 1,2 mm, 0,6 mm, 0,3 mm dan 0,15 mm. Penggunaan bahan batuan dalam adukan beton berfungsi:

1. Menghemat Penggunaan semen portland.
2. Menghasilkan kekuatan yang besar pada betonnya.
3. Mengurangi susut pengerasan.
4. Mencapai susunan pampat beton dengan gradasi beton yang baik.
5. Mengontrol *workability* adukan beton dengan gradasi bahan batuan baik (A. Antono, 1995)

Butir agregat yang kecil disebut agregat halus yang memiliki ukuran lebih kecil dari 4,8 mm. Menurut peraturan SK-SNI (T-15-1990-03) kekasaran pasir dibagi menjadi empat kelompok menurut gradasinya, yaitu pasir halus, agak halus, agak kasar dan kasar.

Pasir yang digunakan dalam adukan beton harus memenuhi syarat sebagai berikut:

a) Pasir harus terdiri dari butir-butir tajam dan keras. Hal ini dikarenakan dengan adanya bentuk pasir yang tajam, maka kaitan antar agregat akan lebih baik, sedangkan sifat keras untuk menghasilkan beton yang keras pula.
b) Butirnya harus bersifat kekal. Sifat kekal ini berarti pasir tidak mudah hancur oleh pengaruh cuaca, sehingga beton yang dihasilkan juga tahan terhadap pengaruh cuaca. l
c) Pasir tidak boleh mengandung lumpur lebih dari 5% dari berat kering pasir, lumpur yang ada akan menghalangi ikatan antara pasir dan pasta semen, jikakonsentrasi lumpur tinggi maka beton yang dihasilkan akan berkualitas rendah.
d) Pasir tidak boleh mengandung bahan organik terlalu banyak.

Gradasinya harus memenuhi syarat seperti tabel berikut ini:

Tabel 2. 6 Agregat halus (*Sumber :* ASTM C33-92a)

UKURAN SARIGAN (mm)	**Prosentase Lolos Saringan**
4,5	100
2,36	95-100
1,18	80-100
0,6	50-85
0,3	25-60
0,15	10-30
0,075	2-15
Pan	0-5

d. Agregat Kasar (Split)

Agregat disebut agregat kasar jika butiran ukurannya sudah melebihi 4,75 mm (No.4 ASTM C33). Karakteristik agregat kasar yang perlu diperhatikan diantaranya:

1) Gradasi Agregat Kasar, gradasi agregat adalah distribusi dari ukuran agregat atau proporsi dari macam-macam ukuran butir agregat berdasarkan analisa saringan. Syarat gadasi menurut ASTM dapat dilihat tabel.

Tabel 2. 7 Agregat kasar (*Sumber:* ASTM C33-92a)

Ukuran Saringan (mm)	**Prosentase Lolos Saringan**
25	100
19	90-100
9,5	20-55
4,75	0-10
2,36	0-5
Pan	0-2

2) Mudulus Halus Butir (HMB), modulus kehalusan butir (Fineness Modulus) atau MHB. Spesifikasi modulus halus butir agregat kasar menurut ASTM yaitu 5,5% – 8,5%.
3) Absorpsi dan Berat Jenis (Spesific Gravity) Agregat Kasar, spesifikasi agregat untuk beton normal menurut ASTM adalah berat jenis agregat kasar yaitu 1,60–3,20 kg/liter dan absorpsi pada nilai 0,2 – 4,0%. Untuk beton mutu tinggi akan baik dengan absopsi kurang dari 1%.

4) Berat Volume Agregat Kasar, spesifikasi berat volume agregat kasar menurut ASTM yaitu 1,6 – 1,9 kg/liter.
5) Kadar Air Agregat Kasar, spesifikasi kadar air agregat kasar menurut ASTM yaitu 0,5% - 2,0%.
6) Persentase Keausan, spesifikasi keausan agregat beton menurut ASTM yaitu 15%-50%.
7) Kadar Lumpur, kadar lumpur agregat beton menurut spesifikasi ASTM yaitu 0,2%-1,0%.

D. Sifat-Sifat Mekanis Beton

Sifat-sifat mekanis yang ada pada beton dibagi menjadi dua, yaitu sifat mekanis jangka pendek dan jangka panjang. Sifat mekanis jangka pendek, yaitu kuat tekan beton, kuat tarik beton, kuat geser beton, dan modulus elastisitas beton. Sedangkan untuk sifat mekanis jangka panjang, yaitu rangkak dan susut pada beton.

1. Kuat Tekan

Kuat tekan beton merupakan kemampuan beton untuk menerima tekanan yang berupa gaya tekan per satuan luasnya. Kuat tekan beton dapat diketahui dengan pengujian dengan menggunakan sampel beton berbentuk silinder dengan diameter 15 cm dan tinggi 30 cm. Kuat tekan beton dapat diketahui dalam umur 28 hari dan dinyatakan dalam satuan Mpa. Selama 28 hari, beton disimpan dan dirawat dengan suhu dan kelembaban yang tetap. Adapun kuat tekan beton dapat dirumuskan sebagai berikut:

$$f'c = \sigma = PA \quad \text{.....(3)}$$

Dimana :

f’c = σ= Kuat tekan Beton (Mpa)

P = Beban maksimum (kN)

A = Luas permukaan sampel (cm2) Menurut SNI 2847:2013, Untuk beton struktur, Kuat tekan f’c tidak boleh kurang dari 17 MPa. Nilai maksimum f’c tidak dibatasi kecuali bilamana dibatasi oleh ketentuan standar tertentu.

2. Tarik Belah

Dapat diketahui bahwa beton memiliki kelemahan secara struktural yaitu memiliki kuat tarik yang rendah dimana besar kuat Tarik belah memiliki perbandingan sekitar 9% - 15% dari kuat tekannya. nilai kuat tekan dan nilai kuat tarik bahan beton tidak berbanding lurus, setiap usaha perbaikan mutu kekuatan tekan hanya disertai peningkatan kecil nilai kuat tariknya.

Kecilnya nilai kuat tarik yang dihasilkan oleh beton yang menjadi kelemahan terbesar dari beton. Sehingga untuk menaikan kuat tarik belah pada beton dapat dilakukan dengan menambahkan tulangan agar beton dapat mampu menahan gaya tarik. Pengujian kuat tarik belah menggunakan benda uji yang berbentuk slinder yang berukuran diameter 15cm dan tinggi 30 cm diletakan secara mendatar di atas meja penguji tekan. Kemudian benda uji diberi beban dari atas merata sepanjang benda uji. Apabila benda uji sudah tidak dapat menahan beban lagi, maka benda uji akan terbelah menjadi dua.

Berdasarkan SNI 03-2491-2002, kuat tarik belah dapat dihitung dengan rumus:

$$Fct = \frac{2P}{LD} \quad \text{.....(4)}$$

Dimana :

Fct = kuat tarik belah (MPa)

P = beban uji maksimum dalam newton (N) yang didapat dari mesin penguji tekan

L = panjang benda uji

D = diameter benda uji

E. Penelitian Terdahulu

1. Hendra Purnomo, (2018) Pemanfaatan Serbuk Kaca Sebagai Subtitusi Parsial Semen Pada Campuran Beton Ditinjau Dari Kekuatan Tekan Dan Kekuatan Tarik Belah Beton" . Berdasarkan Hasil Penelitian dapat ditarik kesimpulan Sebagai Berikut: Hasil Penelitian Menunjukkan Bahwa,
   a) Kadar optimum penambahan serbuk kaca terhadap kuat tekan beton berada pada persentase 10% yaitu sebesar 21,41 MPa namun hasil tersebut tidak mencapai kuat tekan rencana sebesar 22,5 MPa tetapi masih masuk kedalam kategori beton sedang yang dapat digunakan untuk beton bertulang. Kadar optimum penambahan serbuk kaca terhadap kuat tarik belah beton berada pada perentase 10% yaitu sebesar 2,78 MPa atau mengalami kenaikan sebesar 9,02% dibandingkan dengan beton normal.
   b) Dari pengujian yang telah dilakukan nilai slump tertinggi didapat pada penambahan serbuk kaca 10% dari berat semen yaitu sebesar 9,8 cm dan nilai slump terendah pada penambahan serbuk kaca 5% dari berat semen yaitu sebesar 6,8 cm. Jadi penambahan serbuk kaca dalam campuran beton normal dapat mempermudah pengerjaan beton.

2. Nadia,Anwar Fauzi, (2022) “Pengaruh Kadar Silika Pada Agregat Halus Campuran Beton Terhadap Peningkatan Kuat Tekan” Berdasarkan Hasil Penelitian dapat ditarik kesimpulan Sebagai Berikut: Dari data-data yang diperoleh dari hasil penelitian dan analisa kuat tekan beton, didapatkan suatu kesimpulan yang menyatakan pembenaran pada hipotesa sebelumnya yaitu:
   a) Makin tinggi kandungan SiO_2 dalam pasir > 40%, didapatkan nilai kuat tekan beton lebih tinggi daripada kuat tekan beton pada campuran beton dengan pasir kandungan silicanya yang lebih rendah.
   b) Persentase kandungan SiO_2 dalam Pasir, tidak banyak pengaruhnya terhadap Kuat Tekan Beton
   c) Persentase kandungan SiO_2 dalam Pasir, tidak banyak pengaruhnya terhadap Kuat Tekan Beton.
3. Elro Agel Paglo, (2021) “Pengaruh Kuat Tekan Beton Akibat Penambahan Agregat Halus Dari Tumbukan Limbah Kaca” Berdasarkan Hasil Penelitian dapat ditarik kesimpulan Sebagai Berikut:
   a) Menentukan Hasil Kuat Tekan Beton Dari hasil eksplorasi menyebabkan dampak penambahan jumlah halus dari kaca dalam kombinasi yang cukup besar dengan volume 0% kaca (semen khas) didapat dari pengujian kuat tekan contoh berbentuk tabung, yaitu 20,099 Mpa pada umur 28 tahun, sedangkan pilihan kaca sebanyak 7,5% yang ditemui Kenaikannya adalah 20,655 MPa pada umur semen 28 tahun.
   b) Hasil Nilai Optimum dan Nilai Test Slump Dari hasil penelitian didapatkan nilai optimum dari penambahan agregat halus kaca pada

persentase 2,5% dengan nilai kuat tekan beton 21,704 Mpa Dan nilai test slump mengalami penurunan dari 0%, 2,5%, 5,% 7,5%, 10%kaca yaitu dengan tinggi 12,72cm, 12,22cm, 11,60cm, 11,05cm, 10,61cm.

4. H. Mushtofa, (2020) “Pengaruh Penambahan Limbah Serbuk Kaca Sebagai Pengganti Sebagian Agregat Halus Terhadap Kuat Tekan Beton” Berdasarkan Hasil Penelitian dapat ditarik kesimpulan Sebagai Berikut:
   a) Diketahui dari hasil yang diperoleh bahwa nilai kuat tekan beton normal yang di rencanakan sebesar f’c = 20 MPa pada umur 28 hari. Dan hasil yang diperoleh dari uji kuat tekan pada umur 28 hari yaitu sebesar 12,8859 MPa. Pada penelitian ini kuat tekan yang dihasilkan tidak memenuhi dari kuat tekan rencana dikarenakan
   b) Sedangkan nilai kuat tekan beton yang dihasilkan dengan campuran serbuk kaca dengan persentase serbuk kaca 5%, 7,5%, 10% dan 12,5% yaitu sebesar persentase 5% = 13,4915 MPa; 7,5% = 12,8585 MPa; 10% = 12,2191 MPa; dan 12,5% = 12,175 MPa. Dari penelitian yang telah dilakukan diketahui bahwa penambahan serbuk kaca mempunyai pengaruh dalam meningkatkan kuat tekan beton. Variasi yang optimal adalah variasi 5% sebesar 13,4915 Mpa. Namun kekuatan tersebut tidak memenuhi target kekuatan rencana umur 25 hari yaitu sebesar 20 MPa.
   c) Dari hasil analisa regresi menggunakan aplikasi SPSS. Untuk mengetahui pengaruh dari penambahan limbah serbuk kaca terhadap kuat tekan beton adalah berpengaruh karena hasil signifikansi output spss (tabel coefficients) sebesar 0,021 < 0,05 & nilai T hitung 2,630 > T tabel yang

menunjukan nilai sebesar 2,16037. Artinya ada pengaruh dari variasi penambahan ini sehingga variasi ini tidak bisa digunakan dalam jumlah banyak, dan variasi maksimal sebesar 5%.

BAB III

METODE PENELITIAN

A. Jenis Penelitian

Jenis penelitian yang digunakan dalam penelitian ini adalah penelitian kuantitatif yang merupakan metode penelitian yang banyak menuntut penggunaan angka, mulai dari pengumpulan data, penafsiran terhadap data tersebut, serta penampilandari hasilnya disertai gambar, tabel, atau grafik. Kemudian data hasil penelitian dianalisis sesuai dengan prosedur pengujian laboratorium. Metode penelitian ini menggunakan metode penelitian eksperimental yaitu dengan membandingkan antara 3 variasi campuran untuk mengetahui bagaimana kuat tekan beton.

B. Lokasi Dan Waktu Penelitian

Pengujian dilaksanakan di laboratorium Teknik Sipil Universitas Muhammadiyah Parepare. Penelitian dilakukan selama 3 bulan mulai bulan Juli sampai Oktober 2023.

Adapun rencana alokasi waktu dengan tahapan penelitian pada tabel sebagai berikut.

Tabel 3.1 Jadwal Pelaksanaan Penelitian

No	Jenis Kegiatan	Juli				September			
		1	2	3	4	5	6	7	8
1	Persiapan Dan Studi literatur								
2	Pengujian bahan								
3	Mix Design Dan Pembuatan Benda Uji								
4	Pengujian Benda Uji								
5	Analisis Data Dan Penelitian								
6	Kesimpulan								

C. Teknik Pengumpulan Data

1. Data Primer

Data yang diperoleh melalui eksperimen di Laboratorium Struktur dan Bahan Teknik Sipil Universitas Muhammadiyah Parepare. Penelitian ini berfokus pada variasi campuran dari limbah kaca yang akan dijadikan sebagai pengganti sebagian agregat Halus dan pasir silica pada campuran beton. Jumlah sampel yang dibutuhkan pada setiap variasi adalah:

Tabel 3. 1 Variasi campuran serbuk kaca dan pasir silika untuk kuat tekan

Variasi campuran beton	Umur beton (hari)			Jumlah
	7	14	28	
Beton Normal	3	3	3	9
LK20%+PS5%	3	3	3	9
LK30%+PS5%	3	3	3	9
Total				27

Tabel 3. 2 Variasi campuran serbuk kaca dan pasir silika untuk tarik belah

Variasi campuran beton	Umur beton (hari)			Jumlah
	7	14	28	
Beton	3	3	3	9
Beton dengan subtitusi serbuk kaca 20% dan penambahan pasir silika 5%	3	3	3	9
Beton dengan subtitusi serbuk kaca 30% dan penambahan pasir silika 5%	3	3	3	9
Total				27

2. Data sekunder

Data sekunder sebagai pendukung merupakan gambaran pada daerah studi. Pengumpulan data sekunder merupakan pengumpulan data secara tidak langsung dari sumber/objek. Data-data diperoleh dari tulisan seperti buku-buku teori, buku laporan, peraturan-peraturan, dan dokumen baik yang berasal dari instansi terkait maupun hasil kajian literature.

D. Alat dan Bahan Penelitian

Adapun bahan yang diperlukan dalam penelitian ini adalah sebagai berikut

a. Agregat

Agregat yang digunakan dalam penelitian ini adalah agregat kasar danagregat halus.





Gambar 3. 1 Agregat halus dan Agregat Kasar

b. Semen

Semen yang digunakan dalam penelitian ini adalah Semen Portland



Gambar 3. 2 Semen Bosowa

c. Air

Air yang digunakan dalam penelitian ini air dari Laboratorium Strukturdan Bahan Universitas Muhammadiyah Parepare

d. Limbah Kaca

Limbah kaca yang digunakan di dalam penelitian ini diambil dari dari limbah botol bekas



Gambar 3. 3 Serbuk Kaca

e. Pasir Silika

Silika atau Pasir kuarsa berasal dari tanah aluvial yang dihasilkan oleh erosi batuan yang mengandung sejumlah besar mineral kuarsa (SiO_2) yang kemudian mengalami transpor alami, diangkut dengan alat transportasi (air / es) yang kemudian diendapkan dan terakumulasi di cekungan (danau, pantai, dan lain-lain). Bagi kehidupan manusia, pasir silika merupakan salah satu jenis pasir yang memiliki banyak kegunaan. Misalnya, pasir silika dapat digunakan sebagai bahan baku kaca, keramik, bahkan filter air



Gambar 3. 4 Pasir Silika

Adapun alat yang digunakan dalam penelitian ini adalah sebagai berikut :

f. Saringan

Saringan yang dipakai dalam menentukan gradasi agregat yaitu saringan dengan lubang saringan sebesar 25 mm, 19.5 mm, 9.5 mm, 4.75 mm, 2.36 mm, 1.18 mm, 0.60 mm, 0.30 mm, dan 0.15 mm.



Gambar 3. 5 Sieve Shaker

g. Oven

Oven digunakan untuk mengeringkan agregat pada pengujian kadar air dan berat jenis.



Gambar 3. 6 Oven

h. Gelas Ukur

Gelas ukur berfungsi untuk mengukur banyaknya air yang digunakan pada pembuatan beton.



Gambar 3. 7 Gelas Ukur

i. Timbangan

Timbangan difungsikan untuk menimbang bahan-bahan benda uji



Gambar 3. 8 Timbangan

j. Cetakan Beton

Cetakan beton yang digunakan adalah cetakan silinder ukuran 15 cm x 30 cm



Gambar 3. 9 Cetakan Silinder

k. Universal Testing Machine

Digunakan untuk menguji kuat tekan benda uji beton



Gambar 3. 10 Alat Uji Kuat Tekan Beton

l. *Concrete mixer* / mesin pencampur

Digunakan untuk mencampur semua bahan-bahan benda uji



Gambar 3. 11 Concrete Mixer

E. Pemeriksaan Berat Jenis Agregat

Pengujian ini dilakukan guna mengetahui berat jenis agregat serta tingkat penyerapan air. Jumlah berat jenis yang diperiksa adalah untuk agregat dalam keadaan kering, berat kering permukaan *(Saturated Surface Dry)*, berat jenis semu *(Apparent)*. Adapun keterangan dari berat jenis yang diperiksa adalah sebagai berikut :

a. Berat jenis kering permukaan (*Bulk Specific Grafity*) yaitu perbandingan antara berat agregat kering dan berat air yang isinya sama dengan isi agregat dalam keadaan jenuh pada suhu tertentu
b. Berat jenis permukaan (*SSD*) yaitu perbandingan antara berat agregat kering permukaan jenuh dan berat air yang isinya sama dengan isi agregat dalam keadaan jenuh pada suhu tertentu
c. Berat jenis semu (*Apparent Specific Grafity*) yaitu perbandingan antara berat agregat kering permukaan jenuh dan berat air yang isinya sama dengan isi agregat dalam keadaan jenuh pada suhu tertentu

d. Penyerapan adalah persentase berat air yang dapat diserap pori terhadap berat agregat kering.

Adapun prosedur percobaan adalah sebagai berikut :

1) Cuci benda uji untuk menghilangkan debu atau bahan-bahan lain yang melekat pada permukaan
2) Keringkan benda uji dalam oven pada suhu 105° C sampai berat tetap
3) Dinginkan benda uji pada suhu kamar selama satu jam, kemudian menimbang dengan ketelitian 0,5 gram *(Bk)*
4) Rendam benda uji dalam air pada suhu kamar
5) Keluarkan benda uji dari dalam air, lap dengan kain penyerap sampai selaput air pada permukaan hilang *(SSD)*, untuk butiran yang besar pengering harus satu persatu
6) Timbang benda uji kering permukaan jenuh *(Bj)*
7) Letakkan benda uji dalam keranjang, goncangkan batunya untuk mengeluarkan udara yang tersekapdan menentukan beratnya dalam air *(Ba)* Ukur suhu air untuk penyesuaian perhitungan ke suhu standar (25° C)

Berikut adalah perhitungan yang digunakan dalam menentukan berat jenis agregat :

a. Berat jenis (*Bulk Specify Gravity*) $= \frac{Bk}{(Bj-Ba)}$ ..... (5)

b. Berat jenis SSD $= \frac{Bk}{(Bj-Ba)}$ ..... (6)

c. Berat jenis semu $= \frac{Bk}{(Bk-Ba)}$ ..... (7)

Penyerapan (Arbsorbsi)= $\frac{(Bj-Bk)}{Bk}\ x\ 100\ \%$ .....(8)

Dimana :

Bk = Berat benda uji kering oven (gram)

Bj = Berat benda uji kering permukaan jenuh (gram)

Ba = Berat benda uji kering permukaan jenuh di dalam air (gram)

F. Perkiraan Kadar Agregat

1. Perkiraan kadar agregat kasar

Agregat dengan ukuran nominal maksimum dan gradasi yang sama akan menghasilkan beton dengan sifat pengerjaan yang memuaskan bila sejumlah tertentu volume agregat(kondisi kering oven) dipakai untuk tiap satuan volumebeton. Volume agregat kasar persatuan volume beton dapat dilihat pada Tabel 3.4 atau dilakukan perhitungan secara analitis atau grafis .

Untuk beton dengan tingkat kemudahan pengerjaan yang lebih baik bila pengecoran dilakukan memakai pompa, atau bila beton harus ditempatkan ke dalam cetakandengan rapatnya tulangan baja, dapat mengurangi kadar agregat kasar sebesar 10% dari nilai yang ada dalam Tabel. Namun demikian tetap harus berhati-hati untuk meyakinkan agar hasil-hasil uji slump, rasio air-semen atau rasio air-(semen+bahan bersifat semen), dan sifat-sifat kekuatan dari beton tetap memenuhi rekomendasi serta memenuhi persyaratan spesifikasi proyek yang bersangkutan.

Tabel 3. 3 Volume agregat kasar per satuan volume beton (*Sumber: SNI 7656:2012*)

Ukuran nominal agregat maksimum (mm)	Volume agregat kasar kering oven (SSD) per satuan volume beton untuk berbagai modulus kehalusan dari agregat halus			
	2,40	2,60	2,80	3,00
9,5	0,50	0,48	0,46	0,44
12,5	0,59	0,57	0,55	0,53
19	0,66	0,64	0,62	0,60
25	0,71	0,69	0,67	0,65
37,5	0,75	0,73	0,71	0,69
50	0,78	0,76	0,74	0,72
75	0,82	0,80	0,78	0,76
150	0,87	0,85	0,83	0,81

Volume ini dipilih dari hubungan empiris untuk menghasilkan beton dengan sifat pengerjaanuntuk pekerjaan konstruksi secara umum. Untuk beton yang lebih kental (kelecakan rendah), seperti untuk konstruksi lapis lantai (pavement), nilainya dapat ditambah sekitar 10%.

Untuk menentukan berat agregat kasar yang digunakan dapat menggunakan rumus sebagai berikut :

$W = V \; x \; SSD$ .....(9)

Dimana :

W = Berat agregat kasar

V = Volume agregat kasar

SSD = Berat jenis permukaan agregat kasar

2. Perkiraan kadar agregat halus

Prosedur yang dapat digunakan untuk menentukanagregat halus adalah metoda berdasarkan berat atau metodaberdasarkanvolume absolut.Bila berat per

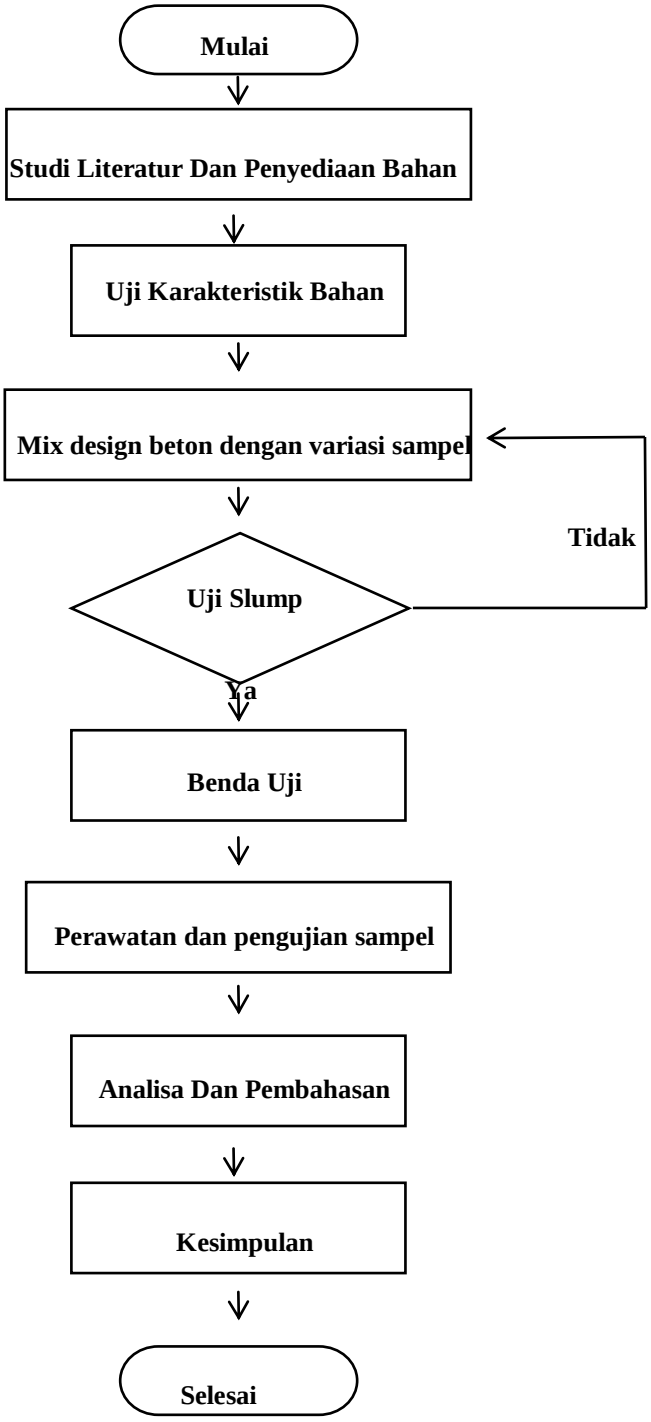
satuan volume beton dapat dianggap atau diperkirakan daripengalaman, maka berat agregat halus yang dibutuhkan adalah perbedaan dari berat betonsegar dan berat total dari bahan-bahan lainnya. Umumnya, berat satuan dari beton telahdiketahui dengan ketelitian cukup dari pengalaman sebelumnya yang memakai bahan-bahanyang sama.Dalam hal informasi semacam ini tidak diperoleh, Tabel 6 dapat digunakanuntuk perkiraanawal. Sekalipun bila perkiraan berat beton per m^3tadi adalah perkiraan cukup kasar, proporsicampuran akan cukup tepat untuk memungkinkan penyesuaian secara mudah berdasarkancampuran percobaan.

Tabel 3. 4 Perkiraan awal berat beton segar (*Sumber: SNI 7656:2012*)

Ukuran nominal maksimum agregat (mm)	Perkiraan awal berat beton, kg/m3	
	Beton tanpa tambahan Udara	Beton dengan tambahan Udara
9,5	2280	2200
12,5	2310	2230
19	2345	2275
25	2380	2290
37,5	2410	2350
50	2445	2345
75	2490	2405
150	2530	2435

Untuk mendapatkan volume agregat halus yang disyaratkan, satuan volume betondikurangi jumlah seluruh volume dari bahan-bahan yang diketahui, yaitu air, udara, bahanyang bersifat semen, dan agregat kasar. Volume betonadalah sama dengan berat betondibagi densitas bahan.

G. Diagram Alur Penelitian



Gambar 3. 12 Bagan Alur Penelitian

BAB IV

HASIL DAN PEMBAHASAN

A. Hasil Pengujian Agregat

Pengujian agregat berdasarkan pada SNI (Standar Nasional Indonesia) dilakukan terhadap agregat kasar, agregat halus dan agregat. Hasil pengujian agregat ditunjukkan pada rekapitulasi dari percobaan-percobaan yang dilakukan di Laboratorium, yaitu sebagai berikut:

1. Agregat Halus

Tabel 4. 1 Rekapitulasi pengujian agregat halus

NO.	KARAKTERISTIK AGREGAT	INTERVAL	HASIL PENGAMATAN		NILAI RATA-RATA	KETERANGAN
			I	II		
1	Kadar lumpur	Maks 5%	4.6%	4.4%	4.47%	Memenuhi
2	Kadar organik	< No. 3	No. 2	No. 2	No. 2	Memenuhi
3	Kadar air	2% - 5%	3.52 %	4.17 %	3.84%	Memenuhi
4	Berat volume					
	a. Kondisi lepas	1,4 - 1,9 kg/liter	1.46	1.50	1.48	Memenuhi
	b. Kondisi padat	1,4 - 1,9 kg/liter	1.45	1.47	1.46	Memenuhi
5	Absorpsi	0,2% - 2%	1.87 %	1.56 %	1.72%	Memenuhi
6	Berat jenis spesifik					
	a. Bj. nyata	1,6 - 3,3	2.64	2.56	2.60	Memenuhi
	b. Bj. dasar kering	1,6 - 3,3	2.52	2.46	2.49	Memenuhi
	c. Bj. kering permukaan	1,6 - 3,3	2.56	2.50	2.53	Memenuhi
7	Modulus kehalusan	1,50 - 3,80	2.95	2.94	2.95	Memenuhi

Dari pengujian agregat halus diatas didapatkan hasil sebagai berikut.

a. Kadar lumpur agregat

Hasil yang didapatkan dari pengujian kadar lumpur agregat halus diatas yaitu 4,47%, hasil tersebut sesuai dengan spesifikasi yaitu lebih kecil dari 5% yang menunjukkan bahwa material agregat halus tersebut dapat digunakan untuk campuran beton tanpa melalui proses pencucian terlebih dahulu.

b. Kadar organik agregat

Hasil yang didapatkan dari pengujian kadar organik agregat halus diatas sampel menunjukkan warna kekeruhan di angka No.1 pada standar warna yang menunjukkan bahwa material agregat halus tersebut memiliki tingkat kadar organik terbilang rendah sehingga dapat digunakan dalam campuran beton tanpa perlu dicuci terlebih dahulu.

c. Kadar air agregat

Hasil yang didapatkan dari pengujian kadar air agregat halus di atas yaitu 3,84%, hasil tersebut sesuai dengan spesifikasi yaitu berada diantara interval 2,00%-5,00% yang menandakan bahwa material agregat halus (pasir) tersebut dapat digunakan untuk campuran beton.

d. Berat volume agregat

Hasil yang didapatkan dari pengujian berat volume agregat halus kondisi lepas diatas yaitu 1,48 sedangkan pengujian berat volume agregat halus kondisi padat yaitu 1,46 dari ke 2 (dua) hasil tersebut sesuai dengan spesifikasi yaitu berada diantara interval 1,4-1,9 kg/liter yang menandakan bahwa material agregat halus (pasir) tersebut dapat digunakan untuk campuran beton.

e. Penyerapan air agregat

Hasil yang didapatkan dari pengujian penyerapan air agregat halus di atas yaitu 1,72%, hasil tersebut sesuai dengan spesifikasi yaitu berada diantara interval dari 0,2%-2% yang menandakan bahwa material agregat halus (pasir) tersebut dapat digunakan untuk campuran beton.

f. Berat jenis agregat

Hasil yang didapatkan dari pengujian berat jenis nyata diatas yaitu 2,60 berat jenis kering yaitu 2,49 dan berat jenis kering permukaan yaitu 2,53 dari ke 3 (tiga) hasil tersebut sesuai dengan spesifikasi yaitu berada diantara interval 1,6-3,3 kg/liter yang menandakan bahwa material agregat halus (pasir) tersebut dapat digunakan untuk campuran beton.

g. Modulus kehalusan agregat

Hasil yang didapatkan dari pengujian modulus kehalusan agregat halus diatas yaitu 2,95 hasil tersebut sesuai dengan spesifikasi yaitu berada diantara interval 1,50-3,80 yang menandakan bahwa material agregat halus (pasir) tersebut dapat digunakan untuk campuran beton.

2. Agregat Kasar

Tabel 4. 2 Rekapitulasi hasil pengujian agregat kasar

NO.	KARAKTERISTIK AGREGAT	INTERVAL	HASIL PENGAMATAN		NILAI RATA-RATA	KETERANGAN
			I	II		
1	Kadar lumpur	Maks 1%	0.6%	0.77 %	0.68%	Memenuhi
2	Keausan	Maks 50%	23.0 %	28.0 %	25.5%	Memenuhi
3	Kadar air	0,5% - 2%	1.32 %	1.11 %	1.21%	Memenuhi
4	Berat volume					
	a. Kondisi lepas	1,6 - 1,9 kg/liter	1.64	1.64	1.64	Memenuhi
	b. Kondisi padat	1,6 - 1,9 kg/liter	1.77	1.80	1.79	Memenuhi
5	Absorpsi	Maks 4 %	5.41 %	1.56 %	3.48%	Memenuhi
6	Berat jenis spesifik					
	a. Bj. nyata	1,6 - 3,3	2.57	2.46	2.51	Memenuhi
	b. Bj. dasar kering	1,6 - 3,3	2.25	2.37	2.31	Memenuhi
	c. Bj. kering permukaan	1,6 - 3,3	2.38	2.41	2.39	Memenuhi
7	Modulus kehalusan	6,0 - 8,0	6.72	6.72	6.72	Memenuhi

Dari pengujian agregat kasar diatas didapatkan hasil sebagai berikut.

a. Kadar Lumpur

Hasil yang didapatkan dari pengujian kadar lumpur agregat kasar diatas didapatkan hasil 0,68%, hasil tersebut sesuai dengan spesifikasi yaitu lebih kecil dari 1% yang menunjukkan bahwa material agregat kasar tersebut dapat digunakan untuk campuran beton tanpa melalui proses pencucian terlebih dahulu.

b. Keausan Agregat

Dari pengujian tingkat keausan agregat kasar menggunakan mesin *Los Angeless* diatas didapatkan hasil 25,5% yang nilainya lebih kecil dari 50% sehingga agregat kasar dapat dijadikan bahan campuran beton.

c. Kadar Air

Dari pengujian kadar air diatas didapatkan hasil 1,21% yang nilainya lebih kecil dari 2 % sehingga agregat kasar dapat digunakan pada campuran beton.

d. Berat Volume

Dari pengujian berat volume rongga agregat kasar didapatkan hasil 1,64 sedangkan pada pengujian berat volume padat didapatkan hasil 1,79 yang keseluruhan nilainya masih dalam interval 1,6 – 1,9 kg/liter sehingga agregat kasar dapat dijadikan bahan campuran beton.

e. Penyerapan Air

Dari pengujian penyerapan air agregat kasar diatas didapatkan hasil 3,48% yang nilainya masih dalam interval maksimum 4 % sehingga agregat kasar dapat dijadikan bahan campuran beton.

f. Berat Jenis

Dari pengujian berat jenis nyata didapatkan hasil 2,51 Berat jenis kering didapatkan nilai sebesar 2,31 Dan untuk berat jenis kering permukaan didapatkan hasil pengujian sebesar 2,39 yang keseluruhan nilainya masih dalam interval 1,6–3,3 sehingga agregat kasar dapat dijadikan bahan campuran beton.

g. Modulus Kehalusan

Berdasarkan spesifikasi karakteristik agregat kasar SNI, interval untuk modulus kehalusan yaitu berada antara 6,0-8,0. Sedangkan hasil yang diperoleh

dari penelitian yaitu 6,72 adalah sesuai dengan spesifikasi. Jadi agregat tersebut dapat digunakan dalam campuran beton.

B. Perencanaan Campuran Beton (Mix Design)

Perencanaan campuran beton dihitung menggunakan metode SNI 7656:2012 dengan hasil data sebagai berikut :

Diketahui data material:

Mutu beton	= 25 Mpa
Slump	= 75 – 100 mm
Ukuran agregat maksimum	= 20
Berat kering oven agregat kasar	= 1.786
Berat jenis semen tanpa tambahan udara	= 3.08
Modulus kehalusan agregat halus	= 2.95
Berat jenis (SSD) agregat halus	= 2.53
Berat jenis (SSD) agregat kasar	= 2.39
Penyerapan air agregat halus	= 1.72%
Penyerapan air agregat kasar	= 3.48%
Kadar Air agregat halus	= 3.84%
Kadar Air agregat kasar	= 1.21%
Berat Jenis SSD kaca	= 0,46

Perhitungan

1. Deviasi Standart

Fc’ = 25 Mpa

2. Deviasi Standart

Tabel 4. 3 Tabel nilai deviasi (kg/cm^2) untuk berbagai volume pekerjaan dan mutu pelaksanaan di lapangan *(Sumber: SNI 03-2834-2000)*

Tingkat Pengendalian Mutu Pekerjaan	Sd (Mpa)
Memuaskan	2,8
Sangat Baik	3,5
Baik	4,2
Cukup Baik	5,6
Jelek	7
Tanpa Kendali	8,4

Digunakan mutu pengendalian dengan tingkat baik dikarenakan peneliti sebelumnya pernah melakukan penelitian atau ada pengalaman sama sekali.

3. Nilai tambah (margin)

M = 1,64 x SR
= 1,64 x 4,2
= 6.88 Mpa ≅ 7 Mpa

4. Kuat tekan rata-rata yang ditargetkan

$$fc\ target = f'c + m$$
$$= 25 + 7$$
= 32 Mpa

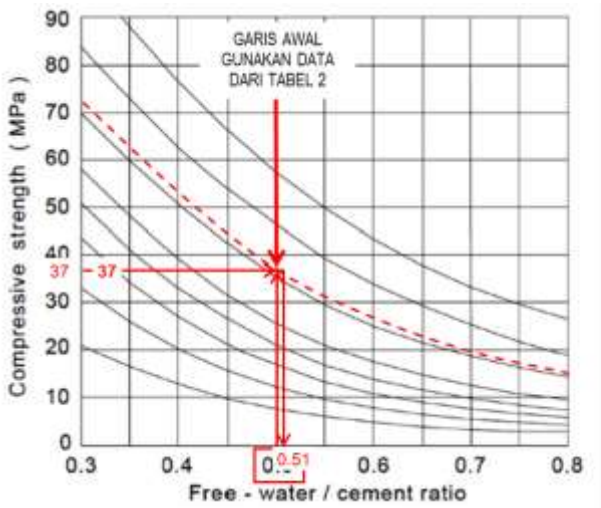
5. Jenis Semen

Semen Portland Tipe 1

Tabel 2
Perkiraan kekuatan tekan (MPa) beton dengan
Faktor air semen, dan agregat kasar yang biasa dipakai di Indonesia

Jenis semen	Jenis agregat Kasar	Kekuatan tekan (MPa)				
		Pada umur (hari)				Bentuk
		3	7	28	29	Bentuk uji
Semen Portland Tipe 1	Batu tak dipecahkan	17	23	33	40	Silinder
	Batu pecah	19	27	37	45	
Semen tahan sulfat Tipe II, V	Batu tak dipecahkan	20	28	40	48	Kubus
	Batu pecah	25	32	45	54	
Semen Portland tipe III	Batu tak dipecahkan	21	28	38	44	Silinder
	Batu pecah	25	33	44	48	
	Batu tak dipecahkan	25	31	46	53	Kubus
	Batu pecah	30	40	53	60	

Jenis Semen	Jenis Agregat Kasar	Kekuatan Tekan (Mpa)				
		Umur (hari)				Bentuk
		3	7	28	29	Uji
Semen Portland Tipe 1	Batu tidak dipecahkan	17	23	33	40	Silinder
	Batu pecah	19	27	37	45	
Semen tahan sulvat	Batu tidak dipecahkan	20	28	40	48	Kubus
Tipe II,V	Batu pecah	25	32	45	54	
Semen Portlan Tipe III	Batu tidak dipecahkan	21	28	38	44	Silinder
	Batu pecah	25	33	44	48	
	Batu tidak dipecahkan	25	31	46	53	Kubus
	Batu pecah	30	40	53	60	



Gambar 4. 1 Grafik perkiraan faktor air semen (Sumber: SNI 03-2834:2000).

f'c rencana = 25 Mpa

f'c target = 36,48 Mpa

fas pakai = 0,51

8. Faktor Air Semen Maksimum

= 0,60

Tabel 4. 4 Persyaratan jumlah semen minimum dan faktor air semen maksimum untuk berbagai macam pembetonan dalam lingkungan khusus (*Sumber: SNI 03-2834:2000)*

Lokasi	Jumlah Semen minimum Per m^3 beton (kg)	Nilai Faktor Air-Semen Maksimum
Beton di dalam ruang bangunan:		
a. keadaan keliling non-korosif	275	0,60
b. keadaan keliling korosif disebabkan oleh kondensasi atau uap korosif	325	0,52
Beton di luar ruangan bangunan:		
a. tidak terlindung dari hujan dan terik matahari langsung	325	0,60
b. terlindung dari hujan dan terik matahari langsung	275	0,60
Beton masuk ke dalam tanah:		
a. mengalami keadaan basah dan kering berganti-ganti	325	0,55
b. mendapat pengaruh sulfat dan alkali dari tanah		Lihat Tabel 5
Beton yang kontinu berhubungan:		
a. air tawar		
b. air laut		Lihat Tabel 6

9. Slump

Biasanya untuk pengecoran di dalam indor slump yang mudah dikerjakan adala 10 ± 2, atau setara dengan 8 cm – 12 cm, yang dimana didalam grafik slump pada SNI dikategorikan pada wilayah : = 60 – 180

10. Ukuran Agregat Maksimum

= 20 mm

Tabel 4. 5 Perkiraan kadar air bebas (Kg/m^3) yang dibutuhkan untuk beberapa tingkat kemudahan pengerjaan adukan beton (Sumber: SNI 03-2834:2000)

Slump (mm)		0-10	10-30	30-60	60-180
Ukuran besar butir agregat maksimum	Jenis agregat	---	---	---	---
10	Batu tak dipecahkan	150	180	205	225
	Batu pecah	180	205	230	250
20	Batu tak dipecahkan	135	160	180	195
	Batu pecah	170	190	210	225
40	Batu tak dipecahkan	115	140	160	175
	Batu pecah	155	175	190	205

11. Kadar Air Bebas

Wh = 195

Wk = 225

Wh adalah perkiraan jumlah air untuk agregat halus, sedangkan wk adalah perkiraan jumlah air untuk agregat kasar

$W = \frac{2}{3} \text{ x } Wh + \frac{1}{3} \text{ x } Wk$

$W = \frac{2}{3} \text{ x } 195 + \frac{1}{3} \text{ x } 225$

$W = 205{,}00 \text{ kg/m}^3$

12. Kadar Semen

Jika FAS max lebih besar dari FAS bebas maka digunakan :

C = W / FAS Max

Jika FAS Max lebih kecil dari FAS bebas maka digunakan :

C = W / FAS Bebas

Karena FAS max yang diperoleh lebih besar dari FAS bebas, maka :

C = W / FAS Max

$C = 445{,}65 \text{ Kg/m}^3$

13. Kadar Semen Minimum

$= 325 \text{ Kg/m}^3$

14. Faktor Air Semen Yang di Sesuaikan

$= 445{,}65 \text{ Kg/m}^3$

15. Susunan Besar Butir Agregat Halus

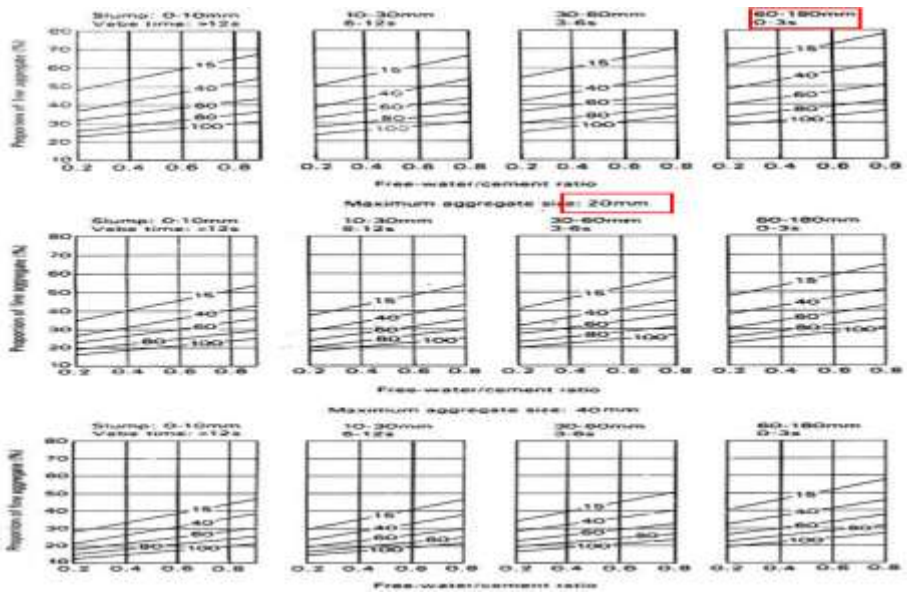
Jenis pasir = Sedang

16. Berat Jenis Agregat

Berat Jenis Agregat Halus = 2,61

Berat Jenis Agregat Kasar = 2,64

17. Persen Agregat Halus



Gambar 4. 2 Perkiraan Persen Agregat (Sumber: SNI 03-2834:2000).

Persen Agregat Halus = 59 % + 25 % / 2

= 41 %

Persen Agregat Kasar = 100 % - Persen Agregat Halus

= 100 % - 41 %

= 59 %

18. Berat Jenis Relatif Agregat Gabungan

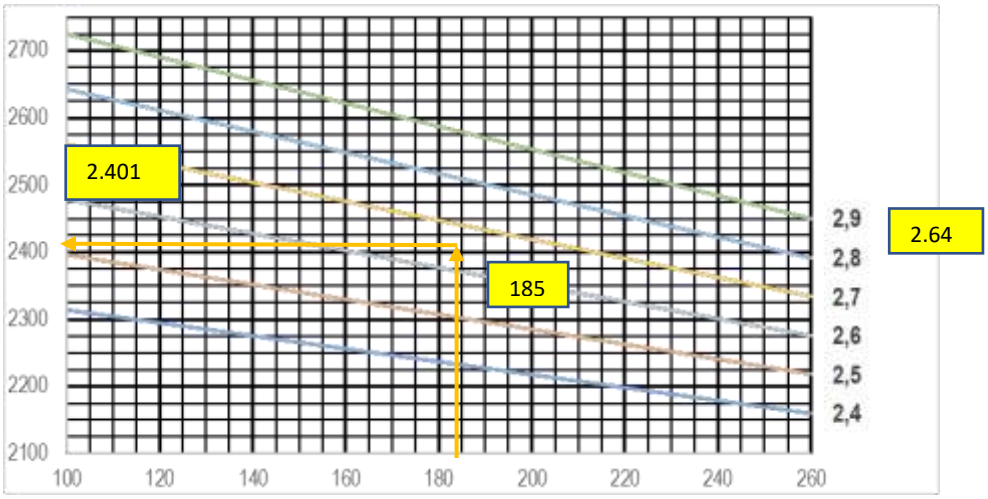
Berat jenis agregat gabungan dihitung dengan persamaan

Bj Ag.Gab = (Persesn Ag.Halus x Bj.Ag.Halus) + (Persen Ag.Kasar x Bj.Ag.Kasar)

= 261%

= 2,61

19. Berat Isi Beton



Gambar 4. 2 Grafik perkiraan berat isi beton (Sumber: SNI 03-2834:2000).

Berat isi beton = 2.401 kg/m^3

20. Kadar Agregat Gabungan

    Kadar agregat gabungan dihitung menggunakan persamaan :

    Kadar Ag.gab = Berat isi beton – Kadar semen + Kadari air bebas

    =2,401 – (445,68 + 205)

    Kadar Ag.gab = 1750,35 kg/m^3

21. Kadar Agregat Halus

    Kadar Ag.halus = Persen agregat halus x Kadar Ag.gabungan

    = 32% x 1750,35

    = 560,11 kg/m^3

22. Kadar Agregat Kasar

    Kadar Ag.Kasar = Kadar agregat gabungan – Kadar agregat halus

    = 1190,24 kg/m^3

23. Koreksi Terhadap Kadar Air

Pengujian kadar air terhadap material dilakukan sebelum hendak melakukan proses pencampuran untuk pengujian kadar air bisa dilihat pada SNI 03-1971-19990

Misal, kadar air yang didapat

Ag.Kasar = 2.63%

Ag.Halus = 2,45%

Sehingga berat massa penyesuaian berdasarkan kadar air adalah

Ag.Kasar (Basah) = 2,63 % x 1085 = 21,042 kg

Ag.Halus (Basah) = 2,45 % x 753,717 = 25,928 kg

Air yang diserap tidak menjadi bagian dari air pencampur dan harus dikeluarkan dari penyesuaian dalam air yang ditambahkan, maka :

Air yang diberikan Ag.kasar = 3,04% x 1084,62 = 32,972 kg

Air ang diberikan Ag.halus = 1,45% x 735,717 = 10,929 kg

Dengan demikian kebutuhan air adalah sebagai berikut

205,0 – 46,969 + 43,901 = 201,932 kg

Maka perkiraan 1 m^3 beton adalah sebagi berikut

Air (yang ditambahkan) = 205,00 kg

Semen = 445,68 kg

Ag.Kasar = 1990,24 kg

Ag.Halus = 560,11 kg

24. Kebutuhan campuran bahan untuk 1 m^3 beton

Tabel 4. 6 Rekapitulasi Kebutuhan Campuran Bahan Untuk 1 m^3 Beton (Sumber : Hasil olah data)

	kebutuhan persatu kubik beton	kebutuhan persatu selinder beton	kebutuhan selinder
W semen	445.65 kg	2.72 kg	24.45 kg
W pasir	547.79 kg	3.34 kg	30.06 kg
W kerikil	1193.2 kg	7.27 kg	65.47 kg
W air	214.35 kg	1.31 kg	11.76 kg

25. Kebutuhan Bahan Pembuatan Benda Uji Silinder Beton :

Dibutuhkan beton berbentuk silinder = 9 silinder beton

Diameter (d) = 0.15 m

Tinggi (h) = 0.3 m

Volume 1 silinder $= \frac{1}{4}\pi d^2 h$

$= \frac{1}{4} 3{,}14 \times 0{,}15^2 \times 0{,}30$

= 0.0053 m^3

Volume total silinder = Vo1ume 1 silinder × Jumlah beton silinder

= 0,0053 m^3 × 9

= 0,04771 m^3

Agar tidak terjadi kekurangan bahan maka diperlukan penambahan volume silinder sebesar 15 %

Volume tambahan = vol. 9 silinder x 15%

=0,04771 m^3 x 15%

= 0,00716 m^3

Vol. total = Vol. total silinder + Vol. Tambahan

= 0,04771 m^3 + 0,00716 m^3

= 0,05487 m^3

Tabel 4. 7 Rekapitulasi Kebutuhan Campuran Bahan Untuk 9 Silinder Beton *(Sumber : Hasil olah data)*

	kebutuhan persatu kubik beton	kebutuhan persatu selinder beton	kebutuhan selinder
W semen	445.65 kg	2.72 kg	24.45 kg
W pasir	547.79 kg	3.34 kg	30.06 kg
W kerikil	1193.2 kg	7.27 kg	65.47 kg
W air	214.35 kg	1.31 kg	11.76 kg

26. Kebutuhan variasi serbuk kaca 20%:

Vol. Kerikil	=	B. Pasir	/	BV. Pasir
	=	547.8	/	1,460.0
	=	0.659		
volume kaca 20%	=	V. Pasir	x	20%
	=	0.375 m3	x	20%
	=	0.0.0750 m3		
Berat kaca 20%	=	V. Kaca	x	BV. Kaca
	=	0.750 m3	x	460
	=	34.518 kg		
volume pasir 80%	=	V. pasir	x	80%
	=	0.375 m3	x	80%
	=	0.300 m3		
Berat pasir 80%	=	V. pasir	x	BV. pasir
	=	0.300 m3	x	1,460.00
	=	438.231 kg		

volume pasir silica 5%	=	V. Pasir	x	5%
	=	0.375 m3	x	5%
	=	0.0188 m3		
Berat pasir silica 20%	=	V. Kaca	x	BV. Pasir Silica
	=	0.019 m3	x	1,400.00
	=	26.264 kg		

Tabel 4. 8 Rekapitulasi Kebutuhan Campuran Bahan variasi limbah kaca 20%
(Sumber : Hasil olah data)

	kebutuhan persatu kubik beton		kebutuhan persatu selinder beton		Kebutuhan 9 Silinder	
W semen	445.65	kg	2.72	kg	24.45	kg
W pasir	438.23	kg	2.67	kg	24.05	kg
W kerikil	1193.21	kg	7.27	kg	65.47	kg
W limbah kaca 20%	34.52	kg	0.21	kg	1.89	kg
W pasir silica 50	26.26	kg	0.16	kg	1.44	kg
W air	214.35	kg	1.31	kg	11.76	kg

b. Untuk variasi kaca 30%

Vol. Pasir = B. Pasir / BV. Pasir

= 547.8 / 1,460.0

= 0.375

volume kain kaca 5% 30% = V. Pasir x 30%

= 0.375 m3 x 30%

= 0.1126 m3

Berat kaca 30% = V. Kaca x BV. Kaca

= 0.113 m3 x 460.00

= 51.777 kg

volume pasir 70% = V. Pasir x 70%

= 0.375 m3 x 70%

= 0.263 m3

Berat pasir 70% = V. Kaca x BV. Pasir

= 0.263 m3 x 1,460.00

= 383.452 kg

volume pasir silica 5% = V. Pasir x 5%

= 0.375 m3 x 5%

= 0.0188

		m3		
Berat pasir silica 20%	=	V. Kaca	x	BV. Pasir Silica
		0.019		
	=	m3	x	1,400.00
	=	26.264 kg		

Tabel 4. 9 Rekapitulasi Kebutuhan Campuran Bahan Untuk Variasi kaca 30%
(Sumber : Hasil olah data)

	kebutuhan persatu kubik beton	kebutuhan persatu selinder beton	Kebutuhan 9 Silinder
W semen	445.65 kg	2.72 kg	24.45 kg
W pasir	438.23 kg	2.67 kg	24.05 kg
W kerikil	1193.21 kg	7.27 kg	65.47 kg
W limbah kaca 30%	51.78 kg	0.32 kg	2.84 kg
W pasir silica 5%	26.26 kg	0.16 kg	1.44 kg
W air	214.35 kg	1.31 kg	11.76 kg

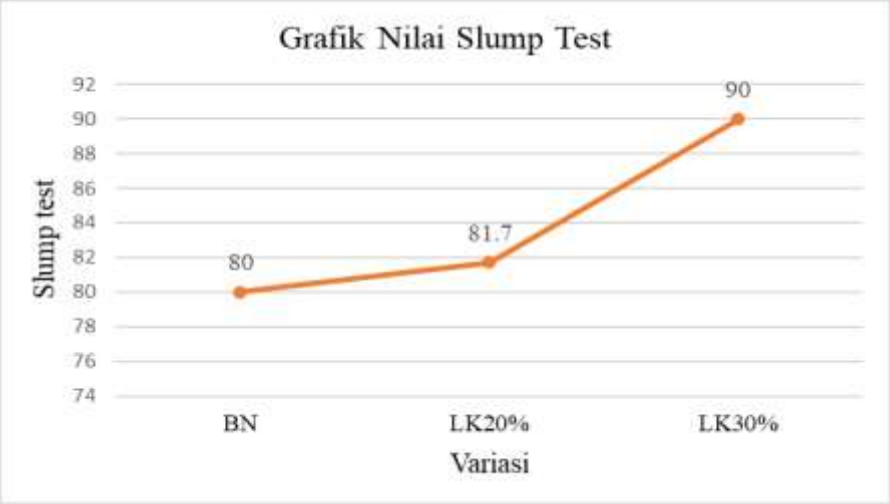
C. Nilai Slump

Pengujian nilai *Slump test* dilakukan dengan menggunakan kerucut *abrams,* dengan membasahi kerucut *abrams* terlebih dahulu kemudian menempatkannya ditempat yang rata. Kemudian diisi dengan beton segar sebanyak 3 lapis, setiap lapisan diisi 1/3 dari volume kerucut *abrams* dan ditusuk sebanyak 25 kali dan penusukan dilakukan hingga mencapai bagian bawah dari setiap lapisan setelah pengisian kerucut selesai bagian atasnya diratakan. Dalam waktu sekitar 30 detik kerucut diangkat lurus vertikal secara perlahan, kemudian tentukan nilai *slump* dengan cara mengukur tinggi campuran selisih dengan tinggi kerucut.

Tabel 4. 10 Hasil pengujian nilai *Slump test (Sumber: Hasil olah laboratorium 2024)*

NO	Variasi Campuran beton	Waktu campur (menit)	*Slump* rencana (mm)	*Slump* rata-rata lapangan (mm)
1	Beton normal	± 10	75 – 100	80,0
2	LK20%+PS5%			81,7
3	LK30%+PS5%			90,0

Berdasarkan tabel 4.10 diatas memberikan penjelasan tentang perbandingan nilai Slump test antara masing-masing variasi. Dimana pada kelima variasi beton yang didapatkan nilai Slump test yang memenuhi slump rencana.



Gambar 4. 3 Perbandingan nilai *slump* test pada setiap variasi

Dari gambar 4.3 tampak bahwa semakin banyak jumlah agregat halus yang di subtitusi dengan limbah kaca *workability* nya semakin baik tanpa penambahan air. sehingga pada saat dilakukan pencampuran, rongga pada limbah beton saling mengisi atau saling mengikat sehingga nilai *slump* atau workability campuran beton meningkat.

D. Kuat Tekan

Setelah melakukan pembuatan dan perawatan benda uji, selanjutnya dilakukan uji kuat tekan terhadap benda uji Pengujian kuat tekan dilakukan pada saat benda uji berumur 7,14 dan 28 hari dengan sebanyak 9 sampel yang terdiri dari 3 variasi campuran yaitu beton normal, Limbah kaca 20%, Limbah kaca 30% Untuk masing-masing variasi campuran disiapkan 3 sampel silinder dengan volume benda uji 0,0053 m^3. Sebelum melakukan uji kuat tekan beton maka terlebih dahulu melakukan penimbangan benda uji untuk setiap variasi yang akan dijadikan sampel uji.

Adapun hasil dari pengujian kuat tekan yang diperoleh sebagai berikut :

1. Beton normal

Berdasarkan hasil penelitian, kuat tekan rata-rata pada beton normal yang didapat pada pengujian 7, 14 dan 28 hari ialah sebagai berikut:

Tabel 4. 11 Rekap hasil kuat tekan beton normal

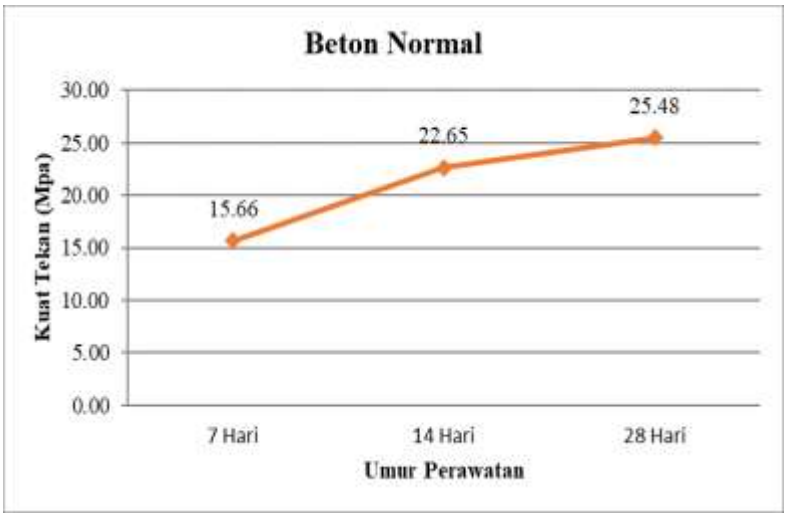
No.	Umur	Berat (Kg)	Beban (KN)	Kuat Tekan f'c (MPa)	Kuat Tekan (MPa)
1	7 Hari	12.230	250	14.154	15.66
2	14 Hari	12.250	280	20.666	
3	28 Hari	12.245	300	23.213	

$$\frac{250\ x\ 1000}{17662.50} = 14.154$$

Perhitungan diatas untuk mendapatkan nilai pada tabel 4.11 dan untuk tabel selanjutnya sama dengan perhitungan sebelumnya

Pada pengujian sampel uji dengan beton normal dengan ukuran 15 x 30 cm dengan jumlah sampel 3 buah didapat kuat tekan dengan sebesar 15,66 MPa

untuk umur 7 hari 22,65 MPa untuk umur 14 hari dan 25,48 MPa untuk umur 28 hari, memenuhi kuat tekan yang direncanakan dengan grafik sebagai berikut:



Gambar 4. 4 Grafik pengujian kuat tekan beton normal

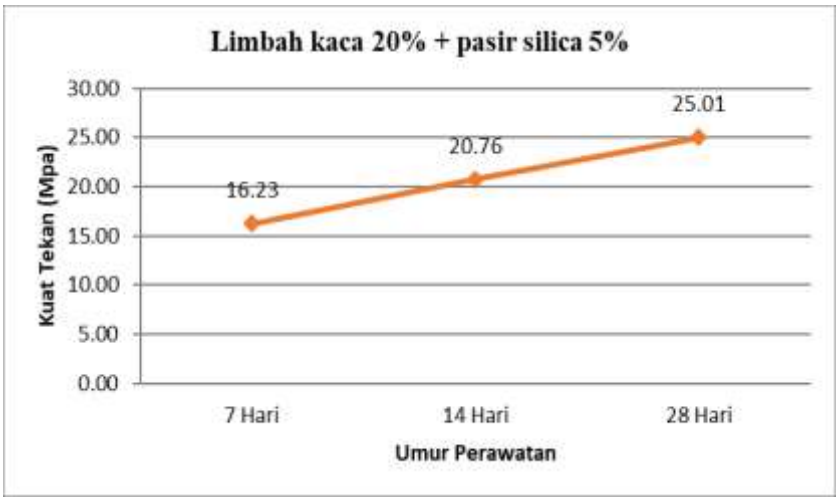
2. Limbah kaca 20%

Berdasarkan hasil penelitian, kuat tekan rata-rata pada beton limbah kaca 20% yang didapat pada pengujian 7, 14 dan 28 hari ialah sebagai berikut:

Tabel 4. 12 Rekap hasil kuat tekan beton variasi limbah kaca 20%+pasir silica 5% *(Sumber : pengelolahan data 2024)*

No.	Umur	Berat (Kg)	Beban (KN)	Kuat Tekan f'c (MPa)	Kuat Tekan (MPa)
1	7 Hari	12.250	240	13.588	16.23
2	14 Hari	11.880	270	16.985	
3	28 Hari	12.025	350	22.647	

Pada pengujian sampel uji dengan limbah kaca 20%+pasir silica 5% dengan silinder ukuran 15 x 30 cm dengan jumlah sampel 3 buah didapat kuat tekan dengan rata-rata 16,23 MPa untuk umur 7 hari, 20.76 MPa untuk umur 14 hari, dan 25.01 MPa untuk umur 28 hari, memenuhi kuat tekan yang di rencanakan dengan grafik sebagai berikut:



Gambar 4. 5 Grafik pengujian kuat tekan limbah kaca 20% + pasir silica 5%

Pada grafik diatas dapat dijelaskan bahwa beton normal mengalami peningkatan kuat tekan dari umur 7 hari ke umur 14 hari sebesar 4,53 Mpa sedangkan untuk umur 14 hari ke 28 hari mengalami peningkatan kuat tekan sebesar 4,25 Mpa.

3. Limbah kaca 30% + pasir silica 5%

Berdasarkan hasil penelitian, kuat tekan rata-rata pada limbah kaca 30% + pasir silica 5% yang didapat pada pengujian 7, 14 dan 28 hari ialah sebagai berikut:

Tabel 4. 13 Rekap hasil kuat tekan beton limbah kaca 30% + pasir silica 5%

No.	Umur	Berat (Kg)	Beban (KN)	Kuat Tekan f'c (MPa)	Kuat Tekan (MPa)
1	7 Hari	12.390	270	15.287	15.66
2	14 Hari	12.650	300	19.816	
3	28 Hari	12.650	260	19.816	

Pada pengujian sampel uji dengan limbah kaca 30% + pasir silica 5% dengan ukuran 15 x 30 cm dengan jumlah sampel 3 buah didapat kuat tekan dengan rata-rata 15,66 MPa untuk umur 7 hari, 19,63 MPa untuk umur 14 hari,

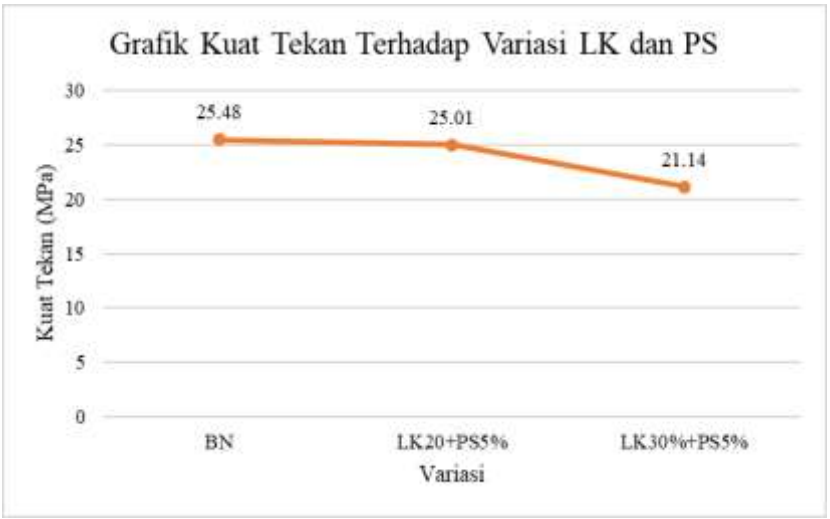
dan 21.14 MPa untuk umur 28 hari, tidak memenuhi kuat tekan yang direncanakan dengan grafik sebagai berikut:



Gambar 4. 6 Grafik pengujian kuat tekan beton limbah kaca 30% + pasir silica 5%

Pada grafik diatas dapat dijelaskan bahwa beton dengan limbah kaca 30% + pasir silica 5% mengalami peningkatan kuat tekan dari umur 7 hari ke umur 14 hari sebesar 3.97 Mpa sedangkan untuk umur 14 hari ke 28 hari mengalami peningkatan kuat tekan sebesar 1,51 Mpa.

Berikut adalah grafik gabungan penggunaan limbah kaca dan pasir silica:



Gambar 4. 7 Grafik kuat tekan karakteristik F'c terhadap LK dan PS

Dari grafik diatas didapatkan nilai rata-rata kuat tekan beton normal pada usia beton 28 hari sebesar 25,48 MPa yang telah melebihi nilai kuat tekan yang direncanakan. Pada variasi limbah kaca 20% + pasir silica sebesar 25,48 Mpa. Dan pada variasi limbah kaca 30% + pasir silica 5% sebesar 21,14 MPa dan merupakan variasi dengan nilai kuat tekan paling rendah. Tetapi masih masuk dalam kategori beton sedang yang dapat digunakan untuk pencampuran beton

Maka dapat dijelaskan bahwa pengguna limbah kaca 20% memenuhi spesifikasi kuat tekan beton dibanding limbah kaca 30% karena mengakibatkan penurunan kuat tekan seiring bertambahnya limbah kaca semakin banyak penggunaan limbah kaca semakin rendah kuat tekan beton di karena limbah kaca tidak menyerap air dan permukaan licin.

E. Kuat Tarik Belah Beton

Setelah melalui proses pembuatan dan perawatan benda uji, selanjutnya dilakukan pengujian kuat tarik belah terhadap benda uji tersebut. Pengujian kuat tarik belah dilakukan pada saat benda uji berumur 28 hari dengan menggunakan benda uji berupa silinder dengan ukuran panjang 30 cm dan diameter 15 cm sebanyak 8 buah sampel. Yang terdiri dari beton normal, limbah kaca 20%, limbah kaca 30%. Kemudian setiap benda uji yang akan dilakukan pengujian kuat tarik belah beton ditimbang terlebih dahulu.

Adapun hasil dari pengujian kuat tarik belah beton dengan umur perawatan 28 hari terhadap beton normal, limbah kaca 20%, limbah kaca 30% adalah sebagai berikut:

1. Beton normal

Dari hasil penelitian, pengujian terhadap beton normal dilakukan pada saat benda uji berumur 28 hari hasil kuat tarik belah yang di dapatkan yaitu sebagai berikut:

Tabel 4. 12 Rekapitulasi hasil pengujian kuat tarik belah beton normal *(Sumber: Hasil pengolahan data)*

No.	Umur (hari)	Berat (Kg)	Beban (KN)	L (mm)	D (mm	Kuat Tarik f'c (MPa)
1	28	12.348	1747.82	300	150	7,111

Pada pengujian kuat tarik belah beton untuk beton normal didapatkan nilai kuat tekan rata-rata 7,11 MPa. Berdasarkan sumber nilai kuat tarik belah berkisar antara 9-15%. Sehingga nilai pengujian kuat tarik belah sudah sesuai dengan nilai kuat tarik belah teoritis.

Dari hasil pengujian kuat tarik belah pada benda uji, tidak mengalami segregasi (penyebaran tidak merata agregat pada beton) karena agregat pada benda uji tersebar merata dalam campuran, dapat dilihat pada gambar berikut:



Gambar 4. 8 Gambar tarik belah normal

Dari gambar pengujian kuat tarik belah pada benda uji, penyebaran agregat pada beton dapat dirumuskan berdasarkan dari perhitungan berikut:

a. Sebaran agregat bagian atas

$$\% \text{ Sebaran agregat} = \frac{S.Agregat\ Atas}{Total\ agregat} \times 100$$

$$= \frac{9}{20} \times 100$$

$$= 45\ \%$$

b. Sebaran agregat bagian bawah

$$\% \text{ Sebaran agregat} = \frac{S.Agregat\ Bawah}{Total\ agregat} \times 100$$

$$= \frac{11}{20} \times 100$$

$$= 55\ \%$$

Dapat dilihat dari hasil perhitungan diatas, perbandingan penyebaran agregat bagian atas dan bagian bawah sebesar 45% : 55 %. Sehingga dapat disimpulkan bahwa penyebaran agregat pada beton merata.

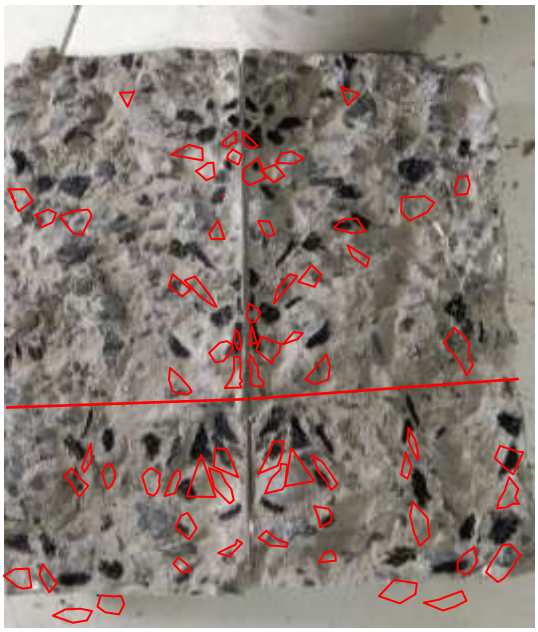
2. Beton Limbah Kaca 20%

Dari hasil penelitian, pengujian terhadap beton variasi limbah kaca 20% dilakukan pada saat benda uji berumur 28 hari hasil kuat tarik belah yang di dapatkan yaitu sebagai berikut:

Tabel 4. 14 Rekapitulasi hasil pengujian kuat tarik belah beton variasi LK20%
(Sumber: Hasil pengolahan data)

No.	Umur	Berat (Kg)	Beban (KN)	L (mm)	D (mm)	Kuat Tarik f'c (MPa)
1	28 Hari	12.465	1764.33	300	150	7,407

Pada pengujian kuat tarik belah beton untuk beton variasi limbah kaca didapatkan nilai kuat tekan rata-rata 7,40 MPa.



Gambar 4. 9 Gambar Tarik belah limbah beton 25%

Dari gambar pengujian kuat tarik belah pada benda uji, penyebaran agregat pada beton dapat dirumuskan berdasarkan dari perhitungan berikut:

a. Sebaran agregat bagian atas

$$\% \text{ Sebaran agregat} = \frac{S.Agregat\ Atas}{Total\ agregat} \times 100$$

$$= \frac{16}{34} \times 100$$

$$= 47{,}05\ \%$$

b. Sebaran agregat bagian bawah

$$\% \text{ Sebaran agregat} = \frac{S.Agregat\ Bawah}{Total\ agregat} \times 100$$

$$= \frac{18}{34} \times 100$$

$$= 52{,}94\ \%$$

Dapat dilihat dari hasil perhitungan diatas, perbandingan penyebaran agregat bagian atas dan bagian bawah sebesar 56,09% : 43,90 %. Sehingga dapat disimpulkan bahwa penyebaran agregat pada beton merata.

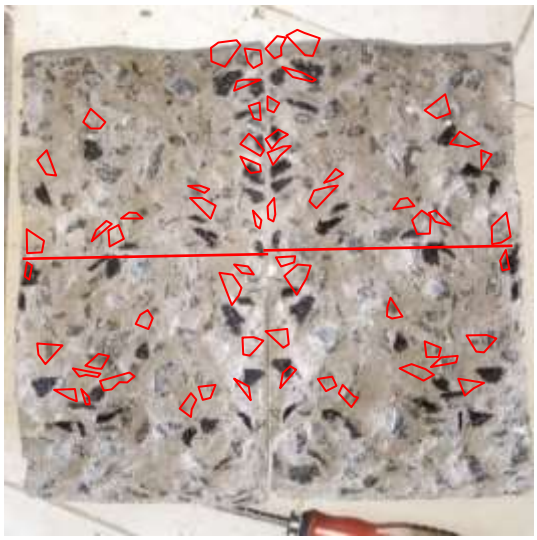
3. Variasi Limbah Kaca 30%

Dari hasil penelitian, pengujian terhadap beton variasi Variasi Limbah kaca 30% dilakukan pada saat benda uji berumur 28 hari hasil kuat tarik belah yang di dapatkan yaitu sebagai berikut:

Tabel 4. 15 Rekapitulasi hasil pengujian kuat tarik belah beton variasi Limbah Kaca 30% *(Sumber: Hasil pengolahan data)*

No.	Umur	Berat (Kg)	Beban (KN)	L (mm)	D (mm)	Kuat Tarik f'c (MPa)
1	28 Hari	12.328	1744.99	300	150	9,333

Pada pengujian kuat tarik belah beton untuk beton variasi Variasi Limbah Kaca 30% didapatkan nilai kuat tekan rata-rata 9,33 Mpa.



Gambar 4. 10 Gambar tarik belah Limbah Kaca 30%

Dari gambar pengujian kuat tarik belah pada benda uji, penyebaran agregat pada beton dapat dirumuskan berdasarkan dari perhitungan berikut:

a. Sebaran agregat bagian atas

$$\% \text{ Sebaran agregat} = \frac{S.Agregat\ Atas}{Total\ agregat} \times 100$$
$$= \frac{14}{29} \times 100$$
$$= 48{,}27\ \%$$

b. Sebaran agregat bagian bawah

% Sebaran agregat $= \frac{S.Agregat\ Bawah}{Total\ agregat} \times 100$

$= \frac{15}{29} \times 100$

= 51,72 %

Dapat dilihat dari hasil perhitungan diatas, perbandingan penyebaran agregat bagian atas dan bagian bawah sebesar 48,27% : 51,72 %. Sehingga dapat disimpulkan bahwa penyebaran agregat pada beton merata.

Berikut adalah grafik pengaruh penggunaan serbuk batu gamping dan serat steel fiber terhadap kuat tarik belah beton :



Gambar 4. 11 Grafik penggunaan limbah kaca dan pasir silica

Pada grafik diatas dapat dijelaskan bahwa pada beton mengalami peningkatan kuat tarik belah dari beton normal sebesar 0,59 Mpa pada beton variasi limbah kaca 20% dan mengalami peningkatan kuat tarik belah dari beton normal sebesar 1.93 Mpa pada beton variasi limbah kaca 30%. Maka dapat disimpulkan kuat Tarik belah beton LK20% lebih tinggi dari beton normal kemudian kuat Tarik belah beton LK20 lebih rendah dari LK30%.

BAB V

KESIMPULAN DAN SARAN

A. Kesimpulan

Dari hasil penelitian yang telah dibahas diatas, dapat ditarik kesimpulan, yaitu sebagai berikut:

1. Pengaruh subtitusi untuk hasil pengujian kuat tekan beton yang memperhatikan variasi campuran limbah kaca dan pasir silica dengan 3 variasi yaitu Beton Normal, LK20% dan LK30%, maka didapatkan hasil pengujian kuat tekan beton pada umur 28 hari pada beton normal dengan rata-rata 25,48Mpa. Untuk variasi LK20% sebesar 25.01 Mpa. Sedangkan untuk variasi LK30% dengan kuat tekan sebesar 21.14 Mpa. Maka dapat disimpulkan kedua variasi mencapai kuat tekan rencana dan layak digunakan dalam konstruksi
2. Pengaruh subtitusi untuk hasil pengujian tarik belah beton yang memperhatikan variasi campuran limbah kaca dan pasir silica dengan 3 variasi yaitu Beton Normal, LK20% dan LK30% maka didapatkan hasil pengujian uji kuat tarik belah didapatkan nilai sebesar 6,81 MPa. Untuk variasi LK20% didapatkan nilai sebesar 7,40 MPa. Sedangkan untuk variasi LK30% dengan nilai sebesar 9,33 MPa.

B. Saran

Adapun saran yang dapat disampaikan sebagai berikut :

1. Penambahan variasi limbah kaca sebaiknya memiliki perbandingan presentase yang lebih bervariasi agar nilai kuat tekan beton yang dihasilkan dapat terlihat perbedaannya.
2. Penggunaan limbah kaca hendaknya melebihi 20% dari berat agregat halus

Daftar Pustaka

Anonim. (1991). *Tata cara Rencana Pembuatan Beton Normal.*SK SNI T-15-1990-03.Bandung: Departemen Pekerjaan Umum

Ayu Suhartini, Anita Setyowati Srie Gunarti, Azharie Hasan., (2020). *Pengaruh Penambahan Tumbukan Limbah Botol Kaca Sebagai Bahan Subtitusi Agregat Halus Terhadap Kuat Tekan Dan Kuat Lentur Beton*, Jurnal BENTANG,2(1): 66-67

Badan Standardisasi Nasional. (2002). *Spesifikasi Agregatringan Untuk Batu Cetak Beton Pasangan Dinding.* SNI 03-6821-2002. Jakarta: Departemen Pekerjaan umum

Badan Standardisasi Nasional. (2008). *Cara Uji Slump Beton.* SNI 1972:2008.

Badan Standardisasi Nasional. (2011). *Cara Uji Kuat Tekan Beton Dengan Benda Uji Silinder.* SNI 1975:2011. Jakarta: Departemen Pekerjaan umum

Badan Standardisasi Nasional. (2012). *Tata cara pemilihan campuran untuk beton normal, beton berat dan beton massa.* SNI 7656:2012. Jakarta: Departemen Pekerjaan umum

Badan Standardisasi Nasional. 2002. *Spesifikasi Agregat ringan Untuk Batu Cetak Beton Pasangan Dinding.* SNI 03-6821-2002. Jakarta: Departemen Pekerjaan Umum

Badan Standardisasi Nasional. 2019. *Persyaratan beton struktural untuk bangunan Gedung dan penjelasannya.* SNI 2847-2019. Jakarta: Departemen Pekerjaan Umum

Dian Pranata Putra Ambali, M.L Paembonan., (2019) *Karakteristik Serbuk Kaca Sebagai Subtitusi Parsial Semen Terhadap Sifta Fisis-Mekanis Campuran Beton.* Universitas Kristen Indonesia Toraja:5(1).

Fakultas Teknik Universitas Muhammadiyah Parepare. (2020). *Panduan penulisan proposal & skripsi.* Parepare: Universitas Muhammadiyah Parepare

H. Mushtofa, ST.MT, Much. Juli Purnomo (2020) *Pengaruh Penambahan Limbah Serbuk Kaca Sebagai Pengganti Sebagian Agregat Halus Terhadap Kuat Tekan* Program Studi Teknik Sipil / Universitas Bojonegoro.

Ir. Nadia, MT, Anwar Fauzi, ST., (2018). *Pengaruh Kadar Silika Pada Agregat Halus Campuran Beton Terhadap Peningkatan Kuat Tekan* , Jurnal Konstruksia 3 (1):36.

Jakarta: Departemen Pekerjaan umum

Johanes Januar Sudjati, Tri Yuliyanti, Rikardus., (2019) P*engaruh Penggunaan Serbuk Kaca Sebagai Bahan Subtitusi Agregat Halus Terhadap Sifat Mekanik Beton.*(13)1, 9-10.

Masherni, Amran Y ., (2020). *Analisis Kuat Tekan Beton Menggunakan Bahan Lapangan Dengan Campuran Adiktif Dan Tanpa Adiktif Pada Beton Mutu K.300*, 10 (1):96-99.

SNI 03-2495-1991. (1991). SNI 03-2495-1991 tentang Spesifikasi bahan tambahan untuk beton. Yayasan LPMB Bandung.

SNI 2491. (2014). Metode uji kekuatan tarik belah spesimen beton silinder Standard Test Method for Splitting Tensile Strength of. Badan Standardisasi Nasional, 1–17.