



2.1.1 Beton.....	8
2.1.2 Agregat.....	8
2.1.3 Semen Portland.....	15
2.1.4 Air.....	18
2.1.5 Beton Serat.....	19
2.1.6 Material Campuran.....	20
2.2 Pengujian Sampe.....	21
2.2.1 Uji Kuat Tekan.....	21
<b>BAB III METODE PENELITIAN.....</b>	<b>23</b>
3.1 Alur Penelitian.....	23
3.2 Tempat Penelitian.....	23
3.3 Standar Penelitian.....	23
3.4 Alat Penelitian.....	24
3.5 Bahan Penelitian.....	27
3.6 Prosedur Penelitian.....	28
3.6.1 Persiapan.....	28
3.6.2 Pengujian Agregat Kasar.....	28
3.6.3 Pengujian Agregat Halus.....	39
3.6.4 Pembuatan Benda Uji Beton.....	56
3.6.5 Penyimpanan dan Perawatan Benda Uji Beton.....	57
3.6.6 Pengujian Kuat Tekan Beton.....	58
<b>BAB IV PENYAJIAN DATA, ANALISIS DATA, DAN PEMBAHASAN.....</b>	<b>60</b>
4.1 Hasil Pengujian Material.....	60
4.1.1 Hasil Pemeriksaan Agregat Halus.....	60
4.1.2 Pemeriksaan Kandungan Lumpur.....	61
4.1.3 Pemeriksaan Zat Organik dalam Pasir.....	61
4.1.4 Berat Satuan Pasir.....	62



4.1.5	Modulus Halus Butiran Pasir .....	62
4.1.6	Pemeriksaan SSD ( <i>Saturated Surface Dry</i> ) Agregat Halus .....	63
4.1.7	Pemeriksaan Berat Jenis Pasir .....	64
4.1.8	Pengujian Agregat Kasar .....	65
4.1.9	Pemeriksaan Berat Satuan Kerikil .....	65
4.1.10	Pemeriksaan Berat Jenis .....	66
4.1.11	Modulus Halus Butiran Kerikil.....	67
4.1.12	Pemeriksaan Kandungan Lumpur.....	69
4.1.13	Pemeriksaan Keausan Agregat dengan Mesin Los Angeles.....	69
4.2	Hasil Pengujian Benda Uji.....	70
4.2.1	Perencanaan Mix Design .....	70
4.2.2	Pembuatan Benda Uji .....	73
4.2.3	Pengujian Keleccakan Beton .....	73
4.2.4	Pengujian Kuat Tekan.....	74
BAB V	KESIMPULAN DAN SARAN .....	84
5.1	Kesimpulan .....	84
5.2	Saran .....	84
LAMPIRAN	.....	86
DAFTAR PUSTAKA	.....	88

## DAFTAR GAMBAR

Gambar 1. 1 Beton Struktur .....	1
Gambar 1. 2 Serbuk Kaca .....	2
Gambar 2. 1 Beton Silinder .....	8
Gambar 2. 2 Agregat Kasar dan Halus .....	9
Gambar 2. 3 Kerikil Sungai .....	9
Gambar 2. 4 Kerikil Laut .....	10
Gambar 2. 5 Batuan Pecah.....	10
Gambar 2. 6 Terak Timur Tinggi.....	11
Gambar 2. 7 Agregat Daur Ulang .....	11
Gambar 2. 8 Agregat Halus .....	13
Gambar 2. 9 Semen Portland .....	15
Gambar 2. 10 Semen PCC .....	16
Gambar 2. 11 Semen PPC.....	17
Gambar 2. 12 Semen OPC .....	18
Gambar 2. 13 Nilai Faktor Air Semen .....	19
Gambar 2. 14 Reaksi <i>Pozzolanic</i> .....	20
Gambar 2. 15 Serbuk Kaca .....	20
Gambar 2. 16 Kuat Tekan Beton .....	21
Gambar 3. 1 Timbangan .....	24
Gambar 3. 2 Cetakan Silinder Beton .....	25
Gambar 3. 3 Ember .....	25
Gambar 3. 4 Sekop.....	25
Gambar 3. 5 Gelas Ukur .....	26
Gambar 3. 6 Alat Uji Slump .....	26
Gambar 3. 7 Gerobok Sorong .....	26
Gambar 3. 8 <i>Mixer</i> .....	26
Gambar 3. 9 ATK .....	27
Gambar 3. 10 Kamera atau Gawai.....	27
Gambar 3. 11 <i>Compression Testing Machine</i> .....	27
Gambar 3. 12 Timbangan .....	28
Gambar 3. 13 Wadah .....	29
Gambar 3. 14 Ember.....	29



Gambar 3. 15 Kain.....	29
Gambar 3. 16 Keranjang Jaring .....	30
Gambar 3. 17 Oven.....	30
Gambar 3. 18 Kaliper/Jangka Sorong.....	31
Gambar 3. 19 Bejana Besi .....	31
Gambar 3. 20 Tongkat Penusuk.....	32
Gambar 3. 21 Timbangan Duduk.....	32
Gambar 3. 22 1 Set Ayakan .....	33
Gambar 3. 23 Ember .....	34
Gambar 3. 24 Timbangan .....	34
Gambar 3. 25 Ember .....	35
Gambar 3. 26 Ayakan No. 4 .....	35
Gambar 3. 27 Ayakan No. 200 .....	36
Gambar 3. 28 Timbangan .....	36
Gambar 3. 29 Oven.....	36
Gambar 3. 30 Bola Baja.....	37
Gambar 3. 31 Ayakan No. 12 .....	38
Gambar 3. 32 Timbangan .....	38
Gambar 3. 33 Mesin <i>Los Angeles</i> .....	38
Gambar 3. 34 Kaliper/Jangka Sorong.....	40
Gambar 3. 35 Corong SSD .....	40
Gambar 3. 36 Penumbuk/Talam. ....	40
Gambar 3. 37 Cawan.....	40
Gambar 3. 38 Ayakan No. 4. ....	41
Gambar 3. 39 Timbangan. ....	42
Gambar 3. 40 Volumetric Flask.....	42
Gambar 3. 41 Ayakan No. 4. ....	42
Gambar 3. 42 Cawan.....	43
Gambar 3. 43 Pipet .....	43
Gambar 3. 44 Desikator. ....	43
Gambar 3. 45 Oven.....	44
Gambar 3. 46 Corong.....	44
Gambar 3. 47 Kaliper.....	45
Gambar 3. 48 Bejana Besi. ....	46



Gambar 3. 49 Batang Penusuk.....	46
Gambar 3. 50 Ayakan No. 4. ....	46
Gambar 3. 51 Sekop.....	47
Gambar 3. 52 Timbangan. ....	47
Gambar 3. 53 Ember. ....	47
Gambar 3. 54 Timbangan. ....	48
Gambar 3. 55 Cawan.....	49
Gambar 3. 56 1 Set Ayakan. ....	49
Gambar 3. 57 Kuas. ....	49
Gambar 3. 58 <i>Sieve Shaker</i> . ....	50
Gambar 3. 59 Timbangan. ....	51
Gambar 3. 60 Cawan.....	51
Gambar 3. 61 Ayakan No. 4. ....	52
Gambar 3. 62 Ayakan No. 200. ....	52
Gambar 3. 63 Desikator. ....	52
Gambar 3. 64 Tintometer.....	53
Gambar 3. 65 Gelas Ukur. ....	54
Gambar 3. 66 Ayakan No. 4. ....	54
Gambar 3. 67 Corong.....	54
Gambar 3. 68 Cawan.....	55
Gambar 3. 69 Plastik.....	55
Gambar 3. 70 Karet Gelang. ....	55
Gambar 4. 1 Pemeriksaan SSD Pasir.....	64
Gambar 4. 2 Nilai Slump Beton Segar.....	74
Gambar 4. 3 Hasil Kuat Tekan Beton Umur 3 Hari .....	76
Gambar 4. 4 Hasil Kuat Tekan Beton Umur 3 Hari .....	76
Gambar 4. 5 Hasil Kuat Tekan Beton Umur 7 Hari .....	78
Gambar 4. 6 Hasil Kuat Tekan Beton Umur 14 Hari .....	80
Gambar 4. 7 Hasil Kuat Tekan Beton Umur 28 Hari .....	82



## DAFTAR TABEL

Tabel 2. 1 Agregat Kasar yang Lolos Saringan .....	13
Tabel 2. 2 Agregat Halus yang Lolos Saringan .....	14
Tabel 3. 1 SNI Pengujian Material dan <i>Mix Design</i> .....	24
Tabel 3. 2 Persyaratan Pemasakan .....	57
Tabel 3. 3 Persyaratan Pencetakan.....	57
Tabel 4. 1 Rekapitulasi Hasil Pemeriksaan.....	60
Tabel 4. 2 Hasil Berat Satuan Pasir .....	62
Tabel 4. 3 Hasil Modulus Halus Butiran Pasir .....	63
Tabel 4. 4 Hasil Pengujian Agregat Kasar.....	65
Tabel 4. 5 Hasil Modulus Halus Butiran Kerikil .....	68
Tabel 4. 6 Hasil Keausan Agregat dengan Mesin Los Angeles.....	69
Tabel 4. 7 <i>Mix Design</i> Beton 22,5 MPa.....	72
Tabel 4. 8 Hasil Kuat Tekan Beton Umur 3 Hari .....	75
Tabel 4. 9 Hasil Kuat Tekan Beton Umur 7 Hari .....	77
Tabel 4. 10 Hasil Kuat Tekan Beton Umur 14 Hari .....	79
Tabel 4. 11 Hasil Kuat Tekan Beton Umur 28 Hari .....	81

## INTISARI

### ANALISIS PENAMBAHAN SERBUK KACA SEBAGAI MATERIAL SUBSTITUSI PARSIAL SEMEN DENGAN VARIASI JUMLAH SEMEN TERHADAP NILAI KUAT TEKAN BETON

Beton merupakan material utama dalam konstruksi yang banyak digunakan karena memiliki kekuatan tekan tinggi dan daya tahan yang baik. Namun, tingginya penggunaan semen sebagai bahan baku utama menimbulkan dampak lingkungan, khususnya dalam hal emisi karbon dan eksploitasi sumber daya alam. Penelitian ini bertujuan untuk mengevaluasi pengaruh penambahan serbuk kaca sebagai substitusi parsial semen terhadap kuat tekan beton.

Serbuk kaca, yang merupakan limbah anorganik dengan kandungan silika tinggi, berpotensi berperan sebagai bahan pozzolan dan filler dalam campuran beton. Variasi penambahan serbuk kaca sebesar 0%, 5%, 10%, 15%, dan 20% dari berat semen diuji pada beton silinder berukuran 15×30 cm, dengan pengujian kuat tekan dilakukan pada umur 3, 7, 14, dan 28 hari.

Hasil pengujian menunjukkan bahwa penambahan serbuk kaca sebesar 10% memberikan nilai kuat tekan tertinggi secara konsisten pada seluruh umur pengujian, dengan nilai maksimum mencapai 26,61 MPa pada usia 28 hari. Sebaliknya, penambahan di atas 10% cenderung menurunkan kekuatan tekan beton akibat peningkatan porositas dan gangguan terhadap reaksi hidrasi. Dengan demikian, penggunaan serbuk kaca sebanyak 10% dari berat semen dinilai sebagai proporsi optimal untuk meningkatkan performa beton sekaligus mendukung konstruksi ramah lingkungan.

**Kata Kunci:** beton, serbuk kaca, substitusi semen, kuat tekan, beton ramah lingkungan

## **ABSTRACT**

### ***ANALYSIS OF THE ADDITION OF GLASS POWDER AS A PARTIAL CEMENT SUBSTITUTION WITH VARIOUS CEMENT AMOUNT ON CONCRETE COMPRESSIVE STRENGTH***

*Concrete is a widely used primary construction material due to its high compressive strength and durability. However, the high use of cement as a primary raw material has environmental impacts, particularly in terms of carbon emissions and the exploitation of natural resources. This study aims to evaluate the effect of adding glass powder as a partial cement substitute on concrete compressive strength.*

*Glass powder, an inorganic waste with a high silica content, has the potential to act as a pozzolanic and filler material in concrete mixes. Variations in glass powder addition of 0%, 5%, 10%, 15%, and 20% of the cement weight were tested on 15x30 cm concrete cylinders, with compressive strength tests conducted at 3, 7, 14, and 28 days.*

*Test results show that the addition of 10% glass powder consistently provides the highest compressive strength throughout the test period, with a maximum value reaching 26.61 MPa at 28 days. Conversely, additions above 10% tend to decrease the concrete's compressive strength due to increased porosity and disruption of the hydration reaction. Therefore, the use of 10% glass powder by weight of cement is considered the optimal proportion for improving concrete performance while supporting environmentally friendly construction.*

*Keywords: concrete, glass powder, cement substitution, compressive strength, environmentally friendly concrete*

## BAB I

### PENDAHULUAN

#### 1.1 Latar Belakang

Beton merupakan salah satu material utama dalam bidang konstruksi yang banyak dimanfaatkan karena memiliki kekuatan tekan yang tinggi, ketahanan yang baik terhadap beban, serta kemudahan dalam pembentukannya sesuai dengan desain yang diinginkan. Namun, tingginya produksi beton berdampak pada meningkatnya penggunaan sumber daya alam, terutama agregat dan semen. Oleh karena itu, dibutuhkan terobosan baru dalam pembuatan beton yang tidak hanya memperbaiki kualitasnya, tetapi juga lebih berorientasi pada kelestarian lingkungan.



Gambar 1. 1 Beton Struktur

Serbuk kaca dapat menjadi salah satu opsi sebagai bahan tambahan dalam pembuatan beton. Limbah kaca termasuk jenis sampah yang sulit terdegradasi secara alami dan sering kali hanya dibuang ke tempat pembuangan akhir tanpa pengolahan lebih lanjut. Penggunaan serbuk kaca dalam campuran beton diharapkan mampu menekan jumlah limbah kaca yang menumpuk sekaligus meningkatkan karakteristik mekanis beton, terutama dalam hal kekuatan tekan.



Gambar 1. 2 Serbuk Kaca

Sejumlah studi sebelumnya menunjukkan bahwa serbuk kaca dapat berfungsi sebagai material pengisi (filler) sekaligus sebagai pozzolan, yang membantu meningkatkan struktur beton melalui proses reaksi pozzolanik. Namun, kajian lebih mendalam masih dibutuhkan untuk memahami dampak dari variasi proporsi serta teknik pencampuran serbuk kaca dalam beton guna memperoleh campuran yang paling efektif.

Dengan latar belakang tersebut, penelitian ini bertujuan untuk mengevaluasi kekuatan tekan beton yang diberi tambahan serbuk kaca. Diharapkan hasil dari studi ini dapat memberikan sumbangsih terhadap pengembangan material konstruksi yang lebih ramah lingkungan, sekaligus meningkatkan efisiensi serta mutu beton yang diaplikasikan dalam berbagai pekerjaan konstruksi.

## **1.2 Rumusan Masalah**

Studi ini difokuskan pada pengujian kekuatan tekan beton berbentuk balok dengan penambahan serbuk kaca dalam campurannya. Penelitian ini akan menjawab sejumlah pertanyaan utama yang berkaitan dengan topik tersebut :

1. Sejauh mana pengaruh penggunaan serbuk kaca terhadap kekuatan tekan beton berbentuk balok?
2. Apakah penambahan serbuk kaca mampu meningkatkan atau justru menurunkan kekuatan tekan beton jika dibandingkan dengan beton biasa?
3. Pada proporsi dan umur beton tertentu, kapankah campuran serbuk kaca memberikan hasil kekuatan tekan yang paling optimal?

## **1.3 Tujuan Penelitian**

1. Mengetahui pengaruh penambahan serbuk kaca sebagai substitusi sebagian semen terhadap kuat tekan beton silinder, baik secara positif maupun negatif, berdasarkan variasi persentase yang digunakan.
2. Mengidentifikasi proporsi optimal penambahan serbuk kaca dalam campuran beton yang mampu memberikan peningkatan kuat tekan secara signifikan.
3. Menganalisis mekanisme reaksi pozzolanik serbuk kaca terhadap proses hidrasi semen, serta dampaknya terhadap struktur mikro beton dan kekuatan tekan pada umur 28 hari.

## **1.4 Batasan Masalah**

1. Fokus utama dalam penelitian ini adalah pengujian kekuatan tekan pada beton.
2. Jenis kaca yang digunakan dalam penelitian ini adalah segala macam kaca yang telah diolah menjadi bentuk serbuk.
3. Studi ini hanya menggunakan beton konvensional dengan komposisi standar berupa semen, pasir, kerikil, dan air, tanpa melibatkan jenis beton khusus seperti beton ringan atau beton bertulang.
4. Variasi persentase serbuk kaca yang digunakan dalam campuran beton meliputi 0%, 5%, 10%, 15%, dan 20%.

5. Pengujian dilakukan menggunakan metode standar untuk mengukur kuat tekan, tanpa mencakup jenis pengujian lain seperti kuat tarik, kuat geser, maupun ketahanan terhadap bahan kimia.
6. Pengujian beton dilakukan pada usia 3, 7, 14, dan 28 hari, tanpa memperluas cakupan umur pengujian di luar rentang waktu tersebut.
7. Penelitian ini difokuskan pada pengaruh penggunaan serbuk kaca, tanpa memperhitungkan perubahan pada komponen campuran lainnya seperti jenis semen, variasi pasir, atau penambahan bahan aditif.

### **1.5 Manfaat Penelitian**

1. Mengurangi jumlah limbah dengan memanfaatkan kaca bekas sebagai bahan tambahan dalam pembuatan beton.
2. Penelitian ini berpotensi mengurangi ketergantungan terhadap penggunaan material alam seperti kerikil dan pasir, sehingga turut mendukung upaya pelestarian lingkungan.
3. Memberikan kontribusi informasi yang dapat dimanfaatkan dalam praktik konstruksi.
4. Memperluas pengetahuan mengenai penggunaan material hasil daur ulang dalam beton, yang berperan dalam mendorong pengembangan teknologi konstruksi yang lebih efisien dan berorientasi keberlanjutan.
5. Mendukung penerapan konstruksi yang lebih ramah lingkungan melalui pemanfaatan limbah sebagai bahan bangunan, selaras dengan arah pembangunan berkelanjutan secara global.

### **1.6 Sistematika Penulisan**

Sistematika penulisan penelitian yang digunakan yaitu sebagai berikut:

#### **1. BAB I PENDAHULUAN**

Latar belakang, serbuk kaca, rumusan masalah, tujuan penelitian, batasan masalah, manfaat penelitian, dan sistematika penulisan.

## 2. BAB II KAJIAN PUSTAKA

Teori dan tinjauan yang akan mendasari penulisan proyek akhir. Teori-teori tersebut diperoleh dari berbagai sumber, seperti situs web, jurnal, skripsi/tesis, serta referensi lainnya yang mendukung dalam penyusunan proyek akhir.

## 3. BAB III METODOLOGI

Gambaran besar metode penelitian yang dilaksanakan dijelaskan pada bab ini. Pada bab ini akan dijelaskan tentang lokasi penelitian, waktu penelitian, metode pengumpulan data, alat yang akan digunakan dan tahapan pelaksanaannya, serta diagram alir penelitian.

## 4. BAB IV PEMBAHASAN

Hasil pengujian yang telah dilakukan akan dijabarkan pada bab ini. Perhitungan, analisis, beserta pembahasan hasil diperoleh dari hasil data pengujian yang telah dilaksanakan.

## 5. BAB V KESIMPULAN

Bab ini berisi kesimpulan dari jawaban rumusan masalah yang diperoleh berdasarkan bab sebelumnya. Cakupan Kesimpulan meliputi pada proses dan hasil berupa data secara singkat. Pada bab ini juga diberikan rekomendasi bagi penelitian sejenis di masa mendatang terkait dengan permasalahan yang terjadi saat penelitian dilaksanakan

### **1.7 Keaslian Penelitian**

Keaslian penelitian yang akan dilakukan dapat dilihat dan secara singkat di bawah ini.:

#### 1. Hendra Purnomo dan Endang Setyawati Hisyam.

Dalam penelitian ini, serbuk kaca digunakan sebagai pengganti sebagian semen dengan persentase 0%, 2,5%, 5%, 7,5%, 10%, 12,5%, dan 15% pada campuran beton. Bentuk beton yang diuji adalah silinder dengan diameter 150 mm dan tinggi 300 mm. Setiap variasi campuran diuji pada umur beton 28 hari menggunakan mesin Universal Testing Machine untuk mengukur kekuatan tekan dan tarik belah. Untuk setiap variasi, dilakukan pengujian terhadap tiga sampel, sehingga total sampel yang diuji mencapai 42 buah.

Hasil pengujian menunjukkan bahwa penambahan serbuk kaca memberikan dampak signifikan pada kinerja beton. Beton dengan 10% serbuk kaca menunjukkan performa terbaik, dengan nilai kuat tekan maksimum sebesar 21,41 MPa.

2. Faris Arsasunta dan Nurul Rochmah.

Penelitian ini bertujuan untuk mengevaluasi pemanfaatan serbuk kaca sebagai pengganti sebagian semen dalam pembuatan beton alir serta efeknya terhadap kekuatan tekan beton. Kandungan serbuk kaca sekitar 75% silika ( $\text{SiO}_2$ ) diyakini dapat meningkatkan performa beton. Variasi penambahan serbuk kaca dalam penelitian ini adalah 0%, 6%, 8%, 10%, dan 12% dengan penambahan *superplasticizer* sebesar 1,5% untuk meningkatkan kelenturan campuran.

Pengujian kekuatan tekan dilakukan pada beton yang berumur 7, 21, dan 28 hari menggunakan benda uji silinder dengan diameter 15 cm dan tinggi 30 cm. Hasil pengujian menunjukkan bahwa campuran dengan 8% serbuk kaca memberikan hasil optimal dengan kekuatan tekan sebesar 25,61 MPa pada umur 28 hari.

3. H. Mushtofa ST. MT dan Much. Juli Purnomo.

Penelitian ini mengkaji dampak penggunaan limbah serbuk kaca sebagai pengganti sebagian agregat galus terhadap kekuatan tekan beton. Mengingat besarnya volume limbah kaca yang berasal dari industry, pembongkaran bangunan, dan rumah tangga, studi ini bertujuan untuk menemukan cara pemanfaatan limbah tersebut sebagai bahan tambahan dalam campuran beton. Serbuk kaca dipilih karena memiliki potensi sebagai bahan pozzolan yang dapat meningkatkan performa beton.

Pengujian dilakukan dengan menggunakan lima variasi campuran serbuk kaca, yaitu 0%, 5%, 7,5%, 10%, dan 12,5% dari berat semen. Perencanaan campuran beton dilakukan berdasarkan standar SNI 7656-2012 yang telah dimodifikasi. Benda uji berbentuk silinder dengan target kuat tekan 25 MPa diuji setelah perawatan 28 hari. Hasil terbaik diperoleh pada campuran dengan 5% serbuk

kaca yang mencapai kuat tekan 13,49 MPa, sedangkan campuran 12,5% menghasilkan kekuatan tekan terendah yaitu 12,18 MPa.

#### 4. Kesimpulan penelitian :

Dalam penelitian ini, digunakan benda uji beton berbentuk silinder dengan dimensi 15x30 cm, Total sampel yang diuji sebanyak 60 buah, dimana tiap varian umur beton terdiri dari 4 sampel. Variasi umur beton yang diuji meliputi 3, 7, 14, dan 28 hari untuk menentukan kekuatan beton terbaik. Campuran beton menggunakan serbuk kaca tanpa penambahan fly ash, dengan ukuran partikel serbuk kaca 200 mesh atau lebih halus (74 mikron ke bawah). Persentase serbuk kaca yang diterapkan sebagai substitusi parsial pada beton silinder adalah 0%, 5%, 10%, 15%, 20%. Pengujian dilakukan dengan metode uji kuat tekan dengan target kekuatan minimum sebesar 22,5 MPa.

## BAB II

### KAJIAN PUSTAKA

#### 2.1 Pengertian Umum

##### 2.1.1 Beton

Beton adalah campuran antara semen Portland, agregat seperti pasir, kerikil, dan bahan tambahan lain sesuai kebutuhan. Tujuan perencanaan campuran beton (mix design) yaitu menghasilkan beton yang berkualitas tinggi, nilai kuat tekan optimal, kemudahan pengerjaan, daya tahan lama, efisiensi biaya, serta ketahanan terhadap keausan. Setelah proses pencampuran, beton akan mengeras seperti batu melalui reaksi kimia antara semen dan air. (Hadi, 2022).



Gambar 2. 1 Beton Silinder

Beton serat menawarkan keunggulan berupa peningkatan kekuatan dan modulus elastisitas yang tinggi, sehingga mampu memperbaiki kekuatan tarik beton. Namun, serat tersebut juga memiliki kelemahan, yakni rentan terhadap korosi, terutama pada bagian yang tidak tertutupi oleh beton. Maka, penting untuk memastikan bahwa serat kawat terlapisi sempurna dalam campuran beton guna mencegah korosi, karena hal ini dapat berdampak negatif terhadap kualitas dan daya tahan beton dalam jangka panjang. (Hadi, 2022).

##### 2.1.2 Agregat

Agregat merupakan gabungan partikel dari kerikil, batu pecah, pasir, atau mineral lainnya yang bisa terbentuk secara alami maupun buatan (SNI No: 1737-1989-F). Material mineral berbentuk partikel ini digunakan dalam campuran

beton, biasanya terdiri dari pasir sebagai agregat halus dan kerikil atau batu pecah sebagai agregat kasar. Fungsi agregat dalam beton meliputi pengurangan penyusutan, peningkatan kekuatan tekan, serta peningkatan ketahanan beton terhadap berbagai kondisi lingkungan.



Gambar 2. 2 Agregat Kasar dan Halus

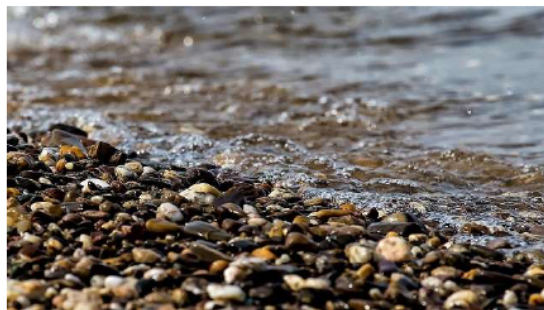
#### **2.1.2.1 Agregat kasar**

Agregat kasar merupakan kerikil yang berasal dari proses alami pelapukan batuan atau dari pecahan batu yang dihasilkan oleh industri pemecah batu, dengan ukuran butir berkisar antara 4,75 mm (No. 4) hingga 40 mm (No. 1 1/2 inci) sesuai standar SNI 1969:2008. Berdasarkan jenisnya, agregat kasar dapat diklasifikasikan menjadi tiga kategori, yaitu:

##### **1) Batuan alami (kerikil)**

###### **a. Kerikil Sungai**

Kerikil sungai, yang terbentuk dari endapan di dasar aliran air, umumnya memiliki bentuk yang bulat dan halus serta bersih, berkat proses pengikisan alami yang terjadi.



Gambar 2. 3 Kerikil Sungai

b. Kerikil Laut

Mirip dengan kerikil sungai, material ini ditemukan di area pantai atau laut, dan penting untuk memperhatikan kadar garam yang dapat memengaruhi kualitas beton.



Gambar 2. 4 Kerikil Laut

2) Batuan pecah

Batu pecah merupakan material hasil pemecahan batuan hingga berukuran tertentu. Memiliki sudut tajam dan tekstur permukaan yang kasar, batu ini mampu menciptakan ikatan antar partikel (interlocking) yang lebih baik dalam campuran beton, sehingga berkontribusi terhadap peningkatan kekuatan tekan beton secara keseluruhan.



Gambar 2. 5 Batuan Pecah

3) Agregat kasar buatan

a. Terak Timur Tinggi

Material ini merupakan hasil samping dari proses produksi baja yang dimanfaatkan sebagai pengganti agregat kasar dalam campuran beton.



Gambar 2. 6 Terak Timur Tinggi

b. Agregat Daur Ulang

Material ini diperoleh dari sisa hasil proses pembuatan baja dan dimanfaatkan sebagai bahan pengganti agregat kasar dalam pembuatan beton.



Gambar 2. 7 Agregat Daur Ulang

syarat-syarat penggunaan agregat kasar menurut (SK SNI S-04-1989-F) dalam campuran beton yang sudah dijelaskan, sebagai berikut:

1. Agregat kasar idealnya memiliki bentuk butiran yang tajam, serta bersifat kuat dan tahan lama.
2. Agregat kasar harus memiliki ketahanan tinggi dan tidak mudah rusak atau pecah akibat kondisi cuaca yang berubah-ubah.
3. Uji ketahanan agregat kasar dapat dilakukan menggunakan larutan garam sulfat jenuh, dengan persyaratan sebagai berikut:

- a. Pada pengujian menggunakan natrium sulfat, tingkat kerusakan maksimum yang diperbolehkan adalah 12%.
- b. Pada pengujian menggunakan magnesium sulfat, batas minimal kerusakan yang diperkenankan adalah 10%.
4. Kandungan partikel halus (lumpur) yang lolos dari saringan berukuran 0,06 mm dalam agregat kasar tidak boleh melebihi 1%. Jika melebihi nilai tersebut, agregat harus dibersihkan terlebih dahulu.
5. Agregat kasar harus terbebas dari kontaminan organik serta unsur alkali yang berpotensi merusak struktur beton.
6. Kandungan garam dalam agregat kasar tidak diperbolehkan.
7. Agregat kasar wajib memiliki distribusi ukuran (gradasi) yang baik guna meminimalkan rongga dalam campuran beton, dengan agregat halus memiliki modulus kehalusan antara 6,0 hingga 7,1, serta memenuhi kriteria berikut:
  - a. Tidak diperkenankan adanya partikel yang tertahan di atas saringan berukuran 38 mm.
  - b. Partikel yang tertahan pada saringan 4,8 mm harus berkisar antara 90% hingga 98% dari berat total.
  - c. Perbedaan akumulasi sisa pada dua saringan berurutan harus berada dalam rentang 10% hingga 60% dari total berat.
8. Agregat kasar perlu memiliki butiran dengan ukuran yang beragam (bergradasi), dan harus memenuhi standar gradasi agregat kasar sebagaimana ditetapkan dalam SNI 03-2834-2000 yang tercantum dalam tabel.

Tabel 2. 1 Agregat Kasar yang Lolos Saringan

Ukuran Saringan (mm)	Persentase Lolos Saringan (%)		
	Ukuran Maksimum	Ukuran Maksimum	Ukuran Maksimum
	10 mm	20 mm	40 mm
76	-	-	100 – 100
38	-	100 – 100	95 – 100
19	100 – 100	95 – 100	35 – 70
9,6	50 – 85	30 – 60	10 – 40
4,8	0 – 10	0 – 10	0 – 5

#### 2.1.2.2 Agregat Halus

Pasir atau agregat halus merupakan bahan pengisi yang berasal dari proses pelapukan alami batuan, dengan butiran yang tertahan pada saringan No. 200 (0,075 mm) sesuai ketentuan dalam SNI 1970:2008.



Gambar 2. 8 Agregat Halus

Untuk memastikan fungsinya secara maksimal dalam campuran beton, agregat halus harus memenuhi kriteria teknis yang tercantum dalam SK SNI S-04-1989-F. Adapun kriteria tersebut mencakup beberapa aspek sebagai berikut:

1. Agregat halus perlu memiliki karakteristik butiran yang keras, tajam, dan kuat, sehingga mampu bertahan terhadap cuaca ekstrem maupun perubahan suhu, seperti hujan dan paparan sinar matahari secara langsung tanpa mudah mengalami kerusakan.
2. Kadar lumpur yang terdapat dalam agregat halus tidak boleh melebihi 5% dari berat kering total. Apabila melebihi ambang batas tersebut, agregat wajib dibersihkan terlebih dahulu sebelum dicampurkan ke dalam beton.
3. Agregat halus tidak boleh mengandung bahan organik dalam kadar yang berlebihan.
4. Nilai modulus kehalusan (fineness modulus) dari agregat halus harus berada dalam rentang antara 1,5 hingga 3,5.
5. Ukuran butiran agregat halus harus bervariasi dan sesuai dengan ketentuan spesifikasi yang tercantum dalam tabel.

Tabel 2. 2 Agregat Halus yang Lolos Saringan

Ukuran Saringan		SNI 03-2843-2000				ASTM C-33
(Ayakan) Pasir Kasar		Pasir Kasar	Pasir Sedang	Pasir Agak Halus	Pasir Halus	<i>Fine Aggregate</i>
SNI (cm)	ASTM	Gradasi No. 1	Gradasi No. 2	Gradasi No. 3	Gradasi No. 4	Gradasi No. 5
9.6	3/8 in	100 - 100	100 - 100	100 - 100	100 - 100	100 - 100
4.8	No. 4	90 - 100	90 - 100	90 - 100	95 - 100	95 - 100
2.4	No. 8	60 - 95	75 - 100	85 - 100	95 - 100	80 - 100
1.2	No. 16	30 - 70	55 - 90	75 - 100	90 - 100	50 - 80
0.6	No. 30	15 - 34	35 - 59	60 - 79	15 - 50	5 - 30
0.3	No. 50	5 - 20	8 - 30	12 - 40	15 - 50	5 - 30
0.15	No. 100	0 - 10	0 - 10	0 - 10	0 - 15	0 - 10

### 2.1.3 Semen Portland

Semen portland merupakan jenis semen hidrolik yang dibuat melalui proses penggilingan terak semen portland yang kaya akan kalsium silikat dengan sifat hidrolik, serta ditambahkan senyawa kalsium sulfat, sebagaimana diatur dalam SNI 7656:2012. Jenis semen ini lazim digunakan untuk pembuatan beton, mortar, dan plesteran.



Gambar 2. 9 Semen Portland

Dalam dunia konstruksi, semen portland menjadi komponen utama dalam berbagai jenis struktur, termasuk gedung, jembatan, jalan raya, dan bendungan. Semen ini memiliki sejumlah keunggulan dan kelemahan, antara lain:

Kelebihan:

1. Meningkatkan kekuatan beton dan berbagai jenis struktur lainnya secara signifikan.
2. Mudah diperoleh dan tersedia secara luas di berbagai wilayah di dunia.
3. Cocok digunakan untuk beragam proyek konstruksi dengan berbagai skala dan jenis.

Kekurangan:

1. Proses pembuatan semen ini menghasilkan emisi karbon dioksida yang cukup tinggi, sehingga berkontribusi terhadap isu perubahan iklim.