

BAB II

LANDASAN TEORI

2.1 Definisi Beton

Nawy,(1985) menjelaskan beton merupakan sesuatu yang dihasilkan dari sekumpulan interaksi mekanis dan kimia sejumlah material pembentuknya. Beton didefinisikan sebagai campuran antara semen portland atau semen hidrolik yang lainnya, agregat halus, agregat kasar dan air, dengan atau tanpa bahan tambahan (*admixture*) (SNI 2847- 2013).

Dipohusodo, (1993) Menyatakan bahwa beton didapat dari pencampuran bahan-baan agregat halus dan agregat kasar yaitu, pasir, batu, batu pecah atau bahan-bahan agregat halus lainnya, dengan menambahkan secukupnya bahan perekat semen dan air sebagai bahan pembantu guna keperluan reaksi kimia selama proses pengerasan dan perawatan beton berlangsung.

Menurut SNI (2847:2013) Beton adalah campuran semen portland atau semen hidrolis lainnya, agregat halus, agregat kasar, dan air, dengan atau tanpa bahan tambahan (*admixture*). Seiring dengan penambahan umur, beton akan semakin mengeras dan akan mencapai kekuatan rencana ($f'c$) pada usia 28 hari. Beton memiliki daya kuat tekan yang baik oleh karena itu beton banyak dipakai atau dipergunakan untuk pemilihan jenis struktur terutama struktur bangunan, jembatan dan jalan.

Wuryati,(2011) menjelaskan bahwa beton terdiri dari $\pm 15\%$ semen, $\pm 8\%$ air, $\pm 3\%$ udara, selebihnya pasir dan kerikil. Campuran tersebut setelah mengeras mempunyai sifat yang berbeda-beda, tergantung pada cara pembuatannya. Perbandingan campuran, cara pencampuran, cara mengangkut, cara mencetak, cara memadatkan, dan sebagainya akan mempengaruhi sifat-sifat beton.

Beton didefinisikan sebagai campuran dari bahan penyusunnya yang terdiri dari bahan semen hidrolik (Portland cement), agregat kasar, agregat halus, dan air

2.1.1 Kelebihan dan Kekurangan Beton

Disamping beton memiliki pengelompokkan, beton memiliki kelebihan dan kekurangan. Berikut ini kelebihan dan kekurangan dari beton, yaitu :

a) Kelebihan Beton

Dalam keadaan yang mengeras, Beton bagaikan batu karang dengan kekuatan tinggi. Dalam keadaan segar, beton dapat diberi bermacam bentuk, sehingga dapat digunakan untuk membentuk seni arsitektur atau semata-mata untuk tujuan dekoratif, berikut kelebihan beton (Tjokrodimuljo, 2007).

1. Harga yang relatif lebih murah karena menggunakan bahan-bahan dasar yang umumnya mudah didapat.
2. Termasuk bahan yang awet, tahan aus, tahan panas, tahan terhadap pengkaratan atau pembusukan oleh kondisi lingkungan, sehingga biaya perawatan menjadi lebih murah.
3. Mempunyai kuat tekan yang cukup tinggi sehingga jika dikombinasikan dengan baja tulangan yang mempunyai kuat tarik tinggi sehingga dapat

menjadi satu kesatuan struktur yang tahan tarik dan tahan tekan, untuk itu struktur beton bertulang dapat diaplikasikan atau dipakai untuk pondasi, kolom, balok, dinding, perkerasan jalan, landasan pesawat udara, penampung air, pelabuhan, bendungan, jembatan dan sebagainya.

4. Pengerjaan atau workability mudah karena beton mudah untuk dicetak dalam bentuk dan ukuran sesuai keinginan. Cetakan beton dapat dipakai beberapa kali sehingga secara ekonomi menjadi lebih murah.
5. Mampu memikul beban yang berat.

b) Kekurangan Beton

Selain tahan terhadap api, beton juga tahan terhadap serangan korosi. Secara umum kekurangan beton adalah sebagai berikut (Tjokrodinuljo, 2007) :

1. Bahan dasar penyusun beton agregat halus maupun agregat kasar bermacam-macam sesuai dengan lokasi pengambilannya, sehingga cara perencanaan dan cara pembuatannya bermacam-macam.
2. Beton mempunyai beberapa kelas kekuatannya sehingga harus direncanakan sesuai dengan bagian bangunan yang akan dibuat, sehingga cara perencanaan dan cara pelaksanaan bermacam-macam pula.
3. Beton mempunyai kuat tarik yang rendah, sehingga getas atau rapuh dan mudah retak. Oleh karena itu perlu diberikan cara-cara untuk mengatasinya, misalnya dengan memberikan baja tulangan, serat baja dan sebagainya agar memiliki kuat tarik yang tinggi.
4. Berat beton yang besar sekitar 2400 kg/m^3 .

Struktur beton sulit untuk dipindahkan, pemakaian kembali atau daur ulang sulit dan tidak ekonomis. Dalam hal ini struktur baja lebih unggul, misalnya tinggal melepas sambungannya saja.

2.1.2 Sifat-Sifat Beton

(Tjokrodinuljo,2007), Menyatakan beton memiliki sifat yang dimiliki beton dan sering dipergunakan untuk acuan adalah sebagai berikut :

1. Kekuatan Tekan (*Strenght*)

Beton bersifat getas sehingga mempunyai kuat tekan tinggi namun kuat tariknya rendah. Oleh karena itu kuat tekan beton sangat berpengaruh pada sifat yang lain.

Tabel 2.1 Beton menurut kuat tekannya

Jenis Beton	Kuat Tekan (Mpa)
Beton sederhana	Sampai 10 Mpa
Beton normal	15-30 Mpa
Beton pra tegang	30-40 Mpa
Beton kuat tekan tinggi	40-80 Mpa
Beton kuat tekan sangat tinggi	> 80 Mpa

Sumber (Tjokrodinuljo,2007)

2. Berat Jenis

Tabel 2.2 Berat Jenis Beton

Jenis Beton	Berat Jenis	Pemakaian
Beton sangat ringan	< 1,00	Non struktur
Beton ringan	1,00 - 2,00	Struktur
Beton normal	2,30 - 2,40	Struktur Ringan
Beton berat	> 3,00	Perisai sinar x

Sumber (Tjokrodimuljo,2007)

3. Keawetan dan Ketahanan (*Durability*)

Sebenarnya *durability* (= ketahanan) beton sama pentingnya dengan persyaratan-persyaratan kekuatan (= *strength*) dan kemudahan pengerjaan beton (*workability*). Walaupun demikian pentingnya masalah *durability* atau keawetan beton ini sangat sukar untuk diukur, selain itu penyelidikan keawetan atau ketahanan beton ini memerlukan waktu penyelidikan yang cukup lama, sebab penyelidikan ketahanan dalam waktu yang pendek tak akan menghasilkan pekerjaan yang teliti yang bisa menunjukkan ukuran ketahanan konstruksi beton.

4. *Workability*

Workability adalah salah satu sifat beton yang dikehendaki pada setiap perencanaan adukan beton. Arti *workability* ialah kemudahan pengerjaan beton untuk dicampur, dicor dan diangkut serta didapatkan tanpa mengurangi homogenitas beton dan beton tak terurai, *bleeding* berlebihan untuk mencapai kekuatan yang direncanakan *workability* ini tergantung pada konsistensi beton, dan konsistensi beton tergantung pada:

- 1) Proporsi campuran.
- 2) Sifat-sifat dari individu material beton (pasir, kerikil), misalnya permukaan aggregate, bentuk aggregate dan dan lain sebagainya.
- 3) Diameter maksimum aggregate kasar.
- 4) Jenis konstruksi yang akan dibangun.
- 5) Temperatur.

5. Creep Beton

Creep beton sukar diamati sebab kejadian creep beton ini bersamaan dengan kejadian susut beton. *Creep* ialah perubahan bentuk tambahan (yang berbentuk plastis) di samping perubahan bentuk elastis akibat pembebanan tetap. Bila pembebanan tetap cukup lama di samping perubahan elastis yang terjadi, maka dapat dicatat bahwa perubahan bentuk masih terus berlangsung. Sebab dari perubahan bentuk tersebut belakangan ini adalah karena sifat creep dan susut beton.

Faktor-faktor yang mempengaruhi besarnya creep :

- 1) Kelembaban sekitarnya.
- 2) Volume yang ditinjau/ukuran, dan bentuk penampang.
- 3) Susunan campuran beton terutama pemakaian semen.
- 4) Umur beton pada saat dibebani.
- 5) Lamanya pembebanan.
- 6) Kualitas beton.
- 7) Macam pembebanan.

6) Kekedapan Beton (*Watertightness*)

Yang diartikan kekedapan beton ialah ketahanan beton terhadap merembesnya atau meresapnya air masuk (penetrasi) ke dalam celah-celah yang terdapat dalam spesi beton. Untuk membuat beton yang kedap air ini sangatlah sulit sebab material-material dari beton sendiri (semen, pasir, kerikil, batu pecah) bukan merupakan bahan yang tak dapat ditembus air (*impermeable material*). Jadi yang dimaksud beton kedap air adalah beton yang mempunyai angka permeability tertentu sehingga untuk menembus lapisan beton tersebut memerlukan waktu yang panjang. Permeability (cm/sc) sangat tergantung dari porisitas material yang dipakai untuk membuat beton, selain itu cacat-cacat beton seperti retak-retak, beton kurang pepadatan, spesi beton yang bleeding, regregation, kekurangan lekatan antara aggregate dan pasta semen, semuanya ini bisa mempengaruhi sifat kekedapan beton.

7) Bleeding

Bleeding adalah pemisahan air dari campuran beton, hal terjadi dengan merembesnya air ke permukaan beton, selama beton diangkat, digetar dalam pepadatan atau setelah beton sudah selesai pada pengecoran. Bleeding biasanya terjadi pada campuran spesi beton yang berkadar semen rendah atau campuran beton yang basah (kelebihan air), atau campuran beton yang mempunyai slump tinggi. Pada campuran beton $A/C > 0,6$, sering kedapatan kejadian bleeding ini.

2.1.3 Mutu Beton

Mutu dalam beton adalah pertanda dari kualitas atau kekuatan karakteristik beton yang biasanya ditunjukkan dengan satuan angka dan huruf seperti K,FC dan lain-lainnya. Di Indonesia satuan yang sering digunakan adalah satuan K. Mutu beton K merupakan kuat tekan karakteristik beton untuk per cm² nya.

Kualitas dan mutu beton ini sendiri dibagi menjadi beberapa tingkatan yang dimulai dengan K-100 hingga K-500, menunjukkan berat yaitu kilogram. Maka diartikan jika mutu beton K-100 adalah memiliki minimum kekuatan beton 100kg/cm². Menurut SNI atau badan Standarisasi nasional Indonesia, mutu beton dibagi menjadi 3 kelas, seperti berikut ini :

a. Beton kelas I

Ini adalah beton yang berguna untuk pekerjaan-pekerjaan non struktural. Untuk pelaksanaannya sendiri tidak diperlukan keahlian yang khusus. Jadi pengawasan mutu hanya dibatasi pada pengawasan ringan pada mutu bahan-bahan saja, sedangkan pada kekuatan tekan tidak disyaratkan pemeriksaan. Mutu kelas I ini terdiri dari K-100, K-125, K-150, K-175 dan K-200.

b. Beton Kelas II

Beton kelas II adalah beton yang berfungsi untuk pekerjaan-pekerjaan struktural secara umum. Dalam pelaksanaannya membutuhkan keahlian yang cukup dan harus dilakukan di bawah pimpinan dari tenaga-tenaga ahli. Mutu kelas II ini terdiri dari K-225, K-250, dan K275.

c. Beton Kelas III

Ini adalah jenis beton untuk pekerjaan-pekerjaan structural yang lebih tinggi daripada K-225. Dalam pelaksanaannya sendiri membutuhkan keahlian khusus dan tentunya harus dilakukan dibawah pimpinan tenaga-tenaga ahli. Disyaratkan adanya sebuah laboratorium beton dengan peralatan yang sangat lengkap dan dilayani oleh para tenaga ahli yang bisa melakukan pengawasan mutu beton secara kontinyu. Mutu kelas III sendiri terdiri dari K-325, K-350, K-375, K-450 dan K-500.

Beton Kelas I digunakan pekerjaan non struktur seperti jalan, pondasi kolom dll. Beton Kelas II beton khusus digunakan untuk menahan beban lebih berat. Beton kelas III digunakan parkir truck tronton, saluran air, dan landasan pesawat

2.2 Material Penyusun Beton

Bahan penyusun beton meliputi air, semen portland, agregat kasar dan halus serta bahan tambah, di mana setiap bahan penyusun mempunyai fungsi dan pengaruh yang berbeda-beda. Sifat yang penting pada beton adalah kuat tekan, bila kuat tekan tinggi maka sifat-sifat yang lain pada umumnya juga baik. Faktor-faktor yang mempengaruhi kuat tekan beton terdiri dari kualitas bahan penyusun, nilai faktor air semen, gradasi agregat, ukuran maksimum agregat, cara pengerjaan (pencampuran, pengangkutan, pemadatan dan perawatan) serta umur beton (Tjokrodimuljo, 2007). Berikut adalah bahan penyusun beton yang digunakan adalah sebagai berikut :

1. Semen Portland (PC)

Semen, secara umum adalah zat perekat dari semua jenis, tetapi dalam arti yang lebih sempit, bahan pengikat ini digunakan dalam konstruksi bangunan dan teknik sipil. Semen jenis ini adalah bubuk halus yang bila dicampur dengan air akan berubah menjadi massa atau bahan yang lebih keras. Pengaturan dan pengerasan dihasilkan dari hidrasi, yang merupakan kombinasi kimiawi dari senyawa semen dengan air yang menghasilkan kristal submikroskopik atau bahan seperti gel dengan luas permukaan tinggi. Fungsi utama semen adalah sebagai bahan perekat. Bahan-bahan semen terdiri dari batu kapur (gamping) yang mengandung senyawa.

Semen jenis ini adalah bubuk halus yang bila dicampur dengan air akan berubah menjadi massa atau bahan yang lebih keras. Pengaturan dan pengerasan dihasilkan dari hidrasi, yang merupakan kombinasi kimiawi dari senyawa semen dengan air yang menghasilkan kristal submikroskopik atau bahan seperti gel dengan luas permukaan tinggi.

Semen Portland tipe I merupakan jenis semen yang paling banyak dibutuhkan oleh masyarakat luas dan dapat digunakan untuk seluruh aplikasi yang tidak membutuhkan persyaratan khusus. Contohnya, ketika pemilik rumah atau tukang batu yang sedang mengerjakan proyek atau merenovasi rumah tinggal akan membeli semen di toko bangunan, mereka hanya menyebut semen, tanpa menyebut jenis semen apa yang seharusnya digunakan atau cocok dengan lingkungan pemukiman mereka berada. antara lain bangunan, perumahan, gedung – gedung bertingkat, jembatan, landasan pacu dan jalan raya. Calcium Oksida (CaO),

Lempung atau tanah liat (clay) adalah bahan alam yang mengandung senyawa : Silika Oksida (SiO_2), Aluminium Oksida (Al_2O_3) , Besi Oksida (Fe_2O_3) dan Magnesium Oksida (MgO). Untuk menghasilkan semen, bahan baku tersebut dibakar sampai meleleh. (Tjokrodimuljo, 2007).

Ordinary Portland Cement adalah Semen Portland yang dipakai untuk segala macam konstruksi apabila tidak diperlukan sifat-sifat khusus, misalnya ketahanan terhadap sulfat, panas hidrasi, dan sebagainya Standarisasi mutu OPC diatur dalam standar Indonesia (SNI 15-2049-2004) standar Amerika (ASTM C 150-04).

Sifat-sifat kimia dari bahan pembentuk ini mempengaruhi kualitas semen yang dihasilkan, sebagaimana hasil susunan kimia yang terjadi diperoleh senyawa dari semen Portland menurut (SNI 15-2049-2004) untuk susunan oxide semen Portland, sebagai berikut :

Tabel 2.3 Susunan Oksida Semen Portland Secara Umum

Oksida	Notasi Pendek	Nama Umum	Kandungan %
(CaO)	C	Kapur	60-70
(SiO_2)	S	Silika	17-25
(Al_2O_3)	A	Alumina	3,0-8,0
(Fe_2O_3)	F	Besi	0,5-0,6
(MgO)	M	Magnesia	0,1-5,5
(SO_3)	S	Sulfur	1,0-3,0
(K_2O)	K	Alkalis	0,6
(CO_2)	C	Karbondioksida	-
(H_2O)	H	Water	-

Sumber (Tjokrodimuljo, 2007)

Unsur-unsur oxide pada **Table 2.3** bila direaksikan akan menghasilkan senyawa-senyawa utama yang terdapat di dalam semen portland antara lain: C₃S (tricalcium silicate – 3CaO.SiO₂), C₂S (dicalcium silicate – 2CaO.SiO₂), C₃A (tricalcium aluminate – 3CaO.Al₂O₃), dan C₄AF (tetracalcium aluminoferrite – 4CaO.Al₂O₃.Fe₂O₃). Komposisi senyawa-senyawa ini dapat dilihat pada **Table 2.4** di bawah ini:

Table 2.4 Empat Senyawa Utama Semen Portland

Nama Senyawa	Rumus Empiris	Rumus Oksida	Notasi	Kadar Rata-rata
Trikalsium Silikat	Ca ₃ SiO ₃	3CaO.SiO ₂	C ₃ S	50
Dicalcium Silikat	Ca ₂ SiO ₄	2CaO.SiO ₂	C ₂ S	25
Tricalcium Alumnat	Ca ₃ Al ₂ O ₃	3CaO.Al ₂ O ₃	C ₃ A	12
Tetracalsium Aluminoferrit	2Ca ₂ AlFeO ₅	4CaO.Al ₂ O ₃ FeO ₃	C ₄ AF	8
Calcium sulfate dyhydrae		CaSO ₄ .2h ₂	CSH ₂	3,5

Sumber (SNI 15-2049-2004)

Table 2.5 Sifat Masing-Masing Komposisi Utama Semen

Bahan	Kecepatan Hidrasi	Panas Hidrasi (J/g)	Andil Terhadap Kekuatan	Susut
C ₃ S	Cepat	503-tinggi	>>setelah 28 hari	Sedang
C ₂ S	Lambat	260-Rendah	>>setelah 28 hari	Sedang
C ₃ S	Sangat Cepat	867-Sangat Tinggi	>>dalam 1 hari	Besar
C ₄ AF	Cepat	419-Sedang	Sedikit	Kecil

Sumber (Warta,2006)

Senyawa-senyawa kimia dari semen Portland adalah stabil secara termodinamis, sehingga sangat cenderung untuk bereaksi dengan air. Untuk membentuk produk hidrasi dan kecepatan bereaksi dengan air dari setiap komponen adalah berbeda-beda maka sifat-sifat hidrasi masing-masing komponen dipelajari.

1. ***Tricalcium Silikat* (C₃S) = 3CaO.SiO₂**

Senyawa ini mengalami hidrasi yang sangat cepat yang menyebabkan pengerasan awal, menunjukkan desintegrasi (perpecahan) oleh sulfat air tanah, oleh perubahan volume.

2. ***Dicalcium Silikat* (C₂S) = 2CaO.SiO₂**

Senyawa ini mengeras dalam beberapa jam dan dapat mengeluarkan panas, kualitas yang terbentuk dalam ikatan menentukan pengaruh terhadap kekuatan beton awal umurnya, terutama 14 hari pertama.

3. ***Tricalcium Alumnat* (C₃A)=3CaO.Al₂O₃**

Formasi senyawa ini berlangsung perlahan dengan pelepasan panas yang lambat, senyawa ini berpengaruh terhadap proses peningkatan kekuatan yang terjadi 14 hari sampai 28 hari, memiliki ketahanan kimia agresi yang relatif tinggi, penyusutan yang relative rendah.

4. ***Tetracalcium Aluminoforit* (C₄AF)=4CaO.Al₂O₃FeO₃**

Adanya senyawa *aluminoforit* kurang penting karena tidak tampak banyak pengaruh kekuatan dan sifat semen. (Murdock.,dkk,1999)

Berdasarkan Peraturan Beton (SNI 15-2049-2004) membagi semen Portland menjadi 5 jenis yaitu :

1. Tipe I (*Normal portland cement*), semen portland yang dalam penggunaannya tidak memerlukan persyaratan khusus seperti jenis-jenis lainnya. Digunakan untuk bangunan-bangunan umum yang tidak memerlukan persyaratan khusus.

2. Tipe II (*high – early – strength portland cement*), semen portland yang dalam penggunaannya memerlukan ketahanan terhadap sulfat dan panas hidrasi sedang. Digunakan untuk konstruksi bangunan dan beton yang terus-menerus berhubungan dengan air kotor atau air tanah atau untuk pondasi yang tertahan di dalam tanah yang mengandung air agresif (garam-garam sulfat) dan saluran air buangan atau bangunan yang berhubungan langsung dengan rawa.
3. Tipe III (*modified portland cement*), semen portland yang dalam penggunaannya memerlukan kekuatan awal yang tinggi dalam fase permulaan setelah pengikatan terjadi. Semen jenis ini digunakan pada daerah yang bertemperatur rendah, terutama pada daerah yang mempunyai musim dingin (winter season).
4. Tipe IV (*low heat portland cement*), semen portland yang dalam penggunaannya memerlukan panas hidrasi yang rendah. Digunakan untuk pekerjaan-pekerjaan yang besar dan masif, umpamanya untuk pekerjaan bendung, pondasi berukuran besar atau pekerjaan besar lainnya.
5. Tipe V (*Sulfate resisting portland cement*), semen portland yang dalam penggunaannya memerlukan ketahanan yang tinggi terhadap sulfat. Digunakan untuk bangunan yang berhubungan dengan air laut, air buangan industri, bangunan yang terkena pengaruh gas atau uap kimia yang agresif serta untuk bangunan yang berhubungan dengan air tanah yang mengandung sulfat dalam persentase yang tinggi.

2.3 Air

Kualitas air sangat mempengaruhi kekuatan beton. Kualitas air erat kaitannya dengan bahan-bahan yang terkandung dalam air tersebut. Air diusahakan agar tidak

membuat rongga pada beton, tidak membuat retak pada beton dan tidak membuat korosi pada tulangan yang mengakibatkan beton menjadi rapuh (**SNI 03-2847-2002**).

Pada pengecoran beton pembuatan rumah sederhana atau tidak bertingkat kebanyakan tukang mengira semakin encer beton semakin bagus pada permukaan yang dihasilkan semakin mulus, tanpa ada rongga, padahal dengan kelebihan air mutu beton akan anjlok sangat jauh. Ini disebabkan faktor air semen yang tinggi dalam beton menyebabkan banyak rongga setelah airnya mengering.

Banyak hal-hal lain yang bisa berdampak karena pemakaian air, berikut ini uraiannya (Kardiyono Tjokrodinuljo, 1992) :

1. Air tidak mengandung lumpur lebih dari 2 gram/liter karena dapat mengurangi daya lekat atau bisa juga mengembang (pada saat pengecoran karena bercampur dengan air) dan menyusut (pada saat beton mengeras karena air yang terserap lumpur menjadi berkurang.
2. Air tidak mengandung garam lebih dari 15 gram karena beresiko terhadap korosi semakin besar.
3. Air tidak mengandung klorida lebih dari 0,5 gram/liter karena bisa menyebabkan korosi pada tulangan.
4. Air tidak mengandung senyawa sulfat lebih dari 1 gram/liter karena dapat menurunkan mutu beton sehingga akan rapuh dan lemah.
5. Air tidak mengandung minyak lebih dari 2% dari berat semen karena akan mengurangi kuat tekan beton sebesar 20%.

6. Air tidak mengandung gula lebih dari 2% dari berat semen karena akan mengurangi kuat tekan beton pada umur 28 hari.
7. Air tidak mengandung bahan organik seperti rumput/lumut yang terkadang terbawa air karena akan mengakibatkan berkurangnya daya lekat dan menimbulkan rongga pada beton.

Syarat air menurut (SK SNI 03-2847-2002) air yang dapat digunakan dalam proses pencampuran beton adalah sebagai berikut :

1. Harus bersih, tidak mengandung lumpur, minyak dan benda terapung lainnya yang dapat dilihat secara visual.
2. Tidak mengandung benda-benda tersuspensi lebih dari 2 gram/liter.
3. Tidak mengandung garam-garam yang dapat larut dan merusak beton (asam-asam, zat organik, dan lain-lain).
4. Kandungan klorida (Cl) < 0.50 gram/liter, dan senyawa sulfat < 1 gram/liter sebagai SO₃.
5. Bila dibandingkan dengan kekuatan tekan adukan beton yang menggunakan air suling, maka penurunan kekuatan beton yang menggunakan air yang diperiksa tidak lebih dari 10%.
6. khusus untuk beton pratekan, kecuali syarat-syarat diatas air mengandung klorida lebih dari 0.05 gram/liter.

Untuk air yang digunakan sebagai perawatan beton, dapat digunakan air yang digunakan pada saat pengadukan. Namun air tersebut adalah air yang tidak

menimbulkan noda atau endapan yang merusak warna permukaan agar permukaan beton tetap sedap dipandang.

2.4 Agregat

Agregat adalah (Nawy,1998) butiran mineral yang merupakan bahan pengisi dalam campuran beton. Agregat ini berfungsi sebagai bahan pengisi dalam campuran mortar atau beton. Volume agregat pada campuran beton adalah $\pm 70\%$ volume beton, oleh karena itu agregat sangat berpengaruh terhadap sifat-sifat beton, serta memberi pengaruh terhadap kekuatan pada beton. Umumnya agregat dipisahkan menurut ukuran butirannya, yaitu:

1. Ukuran butir > 40 mm, disebut batu.
2. Ukuran butir $4.80 - 5.00$ mm, disebut agregat kasar atau kerikil.
3. Ukuran butir ≤ 4.8 mm, disebut agregat halus atau pasir.

Berdasarkan ukuran butir-butirnya, agregat dibedakan menjadi dua jenis, yaitu agregat kasar dan agregat halus. Agregat yang memiliki butiran yang besar (lebih besar dari 4,8 mm) disebut agregat kasar dan agregat yang memiliki butiran kecil (lebih kecil dari 4,8 mm) disebut agregat halus. Agregat yang digunakan sebagai bahan pengisi beton harus mempunyai bentuk yang baik (bulat atau mendekati kubus), bersih, kuat, keras, ulet, dan gradasinya baik.

2.4.1 Agregat Halus (Pasir Alami dan Buatan)

Agregat halus yang digunakan dalam campuran beton dapat berupa pasir alami yang diperoleh langsung dari sungai maupun dari tanah galian, atau pasir yang dihasilkan dari proses pemecahan batu. Agregat halus adalah agregat dengan

ukuran butiran lebih kecil dari 4,8 mm. Agregat yang memiliki butiran lebih kecil dari 1,2 mm disebut pasir halus, jika lebih kecil dari 0,075 mm disebut silt, dan jika lebih kecil dari 0,002 mm disebut clay (ASTM C128, 1991).

Dalam penggunaannya agregat halus harus memenuhi syarat-syarat sebagai berikut (SK SNI S-04-1989) :

1. Agregat halus terdiri dari butir-butir yang tajam dan keras.
2. Bersifat kekal, yaitu tidak mudah hancur atau pecah oleh pengaruh cuaca, seperti terik matahari dan hujan.
3. Agregat halus tidak boleh mengandung lumpur lebih dari 5% (terhadap berat kering).
4. Tidak boleh menggunakan pasir laut (kecuali petunjuk staf ahli), karena kandungan garam dari pasir laut dapat merusak beton atau baja tulangan,
5. Gradasi agregat halus harus memenuhi syarat seperti **tabel 2.6** dibawah ini.

Tabel 2.6 Batas Gradasi Agregat Halus

Lubang Ayakan (mm)	Persen Berat Butir Yang Lewat Ayakan			
	Daerah I	Daerah II	Daerah III	Daerah IV
10	100	100	100	100
4,8	90-100	90-100	90-100	95-100
2,4	60-95	75-100	85-100	95-100
1,2	30-70	55-90	75-100	90-100
0,3	15-34	35-59	60-79	80-100
0,6	5-20	8--30	12--40	15-50
0,15	0-10	0-10	0-10	0-15

Sumber (Mulyono,2003)

Keterangan:

Daerah Gradasi I : pasir kasar

Daerah Gradasi II : pasir agak kasar

Daerah Gradasi III : pasir agak halus

Daerah Gradasi IV : pasir halus

2.4.2 Agregat Kasar

Agregat kasar yang digunakan dalam campuran beton dapat berupa kerikil hasil desintergrasi alam dari batuan atau dapat berupa batu pecah yang diperoleh dari pemecahan batu dengan ukuran butiran lebih dari 4,8 mm. Kerikil atau batu pecah dengan ukuran lebih dari 40 mm tidak baik digunakan untuk campuran beton. (ASTM C128, 1988).

Syarat-syarat Agregat Kasar yang digunakan untuk campuran beton adalah sebagai berikut (SK SNI S-04-1989) :

1. bersifat padat, keras, dan tidak berpori.
2. Tidak boleh mengandung lumpur lebih dari 1%.
3. Tidak boleh mengandung garam.
4. Tidak boleh mengandung zat yang dapat merusak, seperti zat-zat yang reaktif terhadap alkali.
5. Keadaan terpaksa dapat digunakan agregat berbentuk bulat atau pipih.

Menurut British Standard, gradasi agregat kasar yang baik sebaiknya masuk dalam batas gradasi yang ditunjukkan pada **Tabel 2.7** dibawah ini.

Tabel 2.7 Batas Gradasi Agregat Kasar

Lubang	Persen Butir Lewat Ayakan, Besar Butir Maks		
	Ayakan (mm)	40mm	20 mm
40	95-100	100	100
20	30-70	95-100	100
12,5	-	-	90-100
10	10-35	25-55	40-85
4,8	0-5	0-10	0-10

Sumber (Mulyono,2003)

2.5 Bahan Tambah Beton (*Admixtures*)

Fungsi dari bahan tambah (SNI 2847:2013) adalah memodifikasi perilaku beton. Pemakaian bahan tambah ini harus dengan *trial mix*, agar terpenuhi syarat-syarat yang diinginkan sehubungan dengan pemakaian bahan tambah ini dan tidak ada efek yang merugikan (mempengaruhi kewanatan). Ada 2 jenis bahan tambah, antara lain :

2.5.1 Bahan Tambah Kimia (*Chemical Admixture*)

Bahan tambah yang dapat larut dalam air digolongkan *chemical admixtures*, biasanya digunakan dalam jumlah sedikit pada campuran beton. Tujuan penggunaan bahan tambahan kimia ini adalah untuk memperbaiki sifat-sifat tertentu dari campuran. Penggunaan *admixture* harus mengikuti spesifikasi yang ditetapkan produsennya.

Menurut standar ASTM C494-82 (1982) , terdapat 6 jenis bahan tambah kimia, yaitu:

1. Type A : *Water Reducing Admixture*

Bahan tambah ini pada umumnya mengurangi pemakaian air sebanyak 5% - 12% dari pemakaian pada desain mix beton normal.

Penggunaan bahan tambah ini harus memperhatikan pengaruhnya pada waktu ikat (*setting*) beton segar yang pada umumnya akan menjadi lebih cepat dari beton normal — pelaksanaan finishing harus dipersiapkan dengan baik supaya tidak terlambat dimulai dan diselesaikan.

2. Type B : *Retarding Admixture*

Bahan tambah dengan fungsi *retarding* digunakan dengan tujuan utama menunda waktu initial dan final *setting* dari adukan beton segar, dan mempertahankan *workability* beton pada cuaca panas. Penggunaan bahan tambah ini harus memperhatikan waktu penutupan permukaan beton (*sealing* dan *troweling*) tidak boleh terburu-buru karena proses initial *setting* dan *bleeding* yang lebih lambat dari beton normal, supaya memastikan proses *bleeding* sudah sepenuhnya selesai sebelum dilakukan penutupan permukaan beton (*sealing* dan *trowelling*).

3. Type C : *Accelerating Admixture*

Bahan tambah dengan fungsi accelerating digunakan dengan tujuan utama mendapatkan kekuatan awal yang lebih tinggi pada beton yang dikerjakan, misalkan jika elemen struktur beton yang diperlukan untuk segera dibebani oleh pekerjaan berikutnya dalam kaitan dengan waktu pelaksanaan yang ketat. Penggunaan bahan tambah ini harus memperhatikan kadar ion klorida terlarut dalam beton keras yang disyaratkan, tidak boleh terlewati — karena beresiko menimbulkan korosi pada besi atau baja tulangan. Penggunaan bahan tambah ini harus memperhatikan dengan seksama waktu setting yang lebih cepat dan curing yang dilakukan harus sesempurna mungkin untuk mencapai kekuatan awal yang diinginkan lebih tinggi.

4. Type D : *Water Reducing + Retarding Admixture*

Bahan tambah dengan fungsi water reducing + retarding digunakan dengan tujuan utama untuk menambah kekuatan beton karakteristik jangka panjang. Penggunaan bahan tambah ini pada umumnya tidak mengubah kadar semen dan komposisi agregat yang digunakan pada desain mix untuk beton normal yang direncanakan.

5. Type E : *Water Reducing + Accelerating Admixture*

Bahan tambah dengan fungsi water reducing + accelerating digunakan dengan tujuan mendapatkan efek kekuatan awal yang lebih tinggi dari bahan tambah accelerating saja. Penggunaan bahan tambah ini pada umumnya tidak mengubah kadar semen dan komposisi agregat yang digunakan pada desain mix untuk beton normal yang direncanakan.

6. Type F : *High Range Water Reducting*

Bahan tambah dengan fungsi water reducing + accelerating digunakan dengan tujuan mendapatkan efek kekuatan awal yang lebih tinggi dari bahan tambah accelerating saja. Penggunaan bahan tambah ini pada umumnya tidak mengubah kadar semen dan komposisi agregat yang digunakan pada desain mix untuk beton normal yang direncanakan.

2.5.2 Bahan Tambah Mineral (*Mineral Admixture*)

Mineral Admixture dapat bersifat semen, *pozzolanik* atau kedua-duanya. Bahan ini dapat sebagai pengganti sebagaia berat semen dalam camlurab beton. Contohnya : *silica fume*, abu terbang (*fly ash*), bahan-bahan *pozzoland* dan bahan –bahan bersifat semen. Keuntungan menggunakan bahan tambah mineral adalah (Ikhsan,2016):

1. Memperbaiki kinerja *workability*
2. Mengurangi panas hidrasi

3. Mempertinggi kekuatan tekan beton
4. Mengurangi penyusutan
5. Mempertinggi keawetan beton
6. Mengurangi porositas dan daya serap dalam air beton
7. Mempertinggi daya tahan terhadap serangan sulfat
8. Mempertinggi daya tahan terhadap serangan reaksi alkali – silika
9. Mempertinggi usia beton
10. Mengurangi biaya pekerjaan beton

2.6 Workability

Workability sering diartikan sebagai tingkat kemudahan pengerjaan campuran beton untuk diaduk, dituang, diangkut dan dipadatkan. Semakin cair adukan beton, maka makin mudah untuk dikerjakan. Unsur-unsur yang mempengaruhi sifat kemudahan dikerjakan antara lain (**Mulyono,2003**) :

1. Jumlah air yang dipakai dalam campuran adukan beton. Makin banyak air yang dipakai, makin mudah beton segar itu dikerjakan tetapi pemakaian air juga tidak boleh berlebihan.
2. Penambahan semen kedalam campuran juga memudahkan cara pengerjaan betonnya, karena diikuti dengan penambahan air campuran untuk memperoleh nilai faktor air semen tetap.
3. Gradasi campuran pasir dan kerikil, jika campuran pasir dan kerikil mengikuti gradasi yang telah disarankan oleh peraturan maka adukan beton akan mudah dikerjakan.

4. Pemakaian butir maksimum kerikil yang dipakai berpengaruh terhadap pengerjaan.
5. Pemakaian butiran yang bulat akan memudahkan cara pengerjaannya.
6. Cara pemadatan beton menentukan sifat pekerjaan yang berbeda.
7. Ada beberapa aspek juga yang perlu dipertimbangkan adalah jumlah kadar udara yang terdapat didalam beton dan penggunaan bahan tambah dalam campuran beton.

2.7 Faktor Air Semen

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, maka kuat tekan beton semakin tinggi. Namun demikian, nilai faktor air semen yang semakin rendah tidak selalu berarti, nilai kuat tekan beton semakin tinggi. Nilai faktor air semen yang rendah akan mempengaruhi dalam pengerjaan, yaitu kesulitan dalam pelaksanaan pemadatan yang akhirnya akan menyebabkan mutu beton menurun. Oleh sebab itu ada faktor air semen optimum untuk menghasilkan kuat tekan maksimum. Umumnya nilai faktor air semen minimum untuk beton normal sekitar 0,4 dan maksimum 0,65 (Mulyono, 2003).

Perbandingan Faktor Air Semen (*fas*) dengan kondisi lingkungan terdapat pada **table 2.8**

Tabel 2.8 Faktor Air Semen Untuk Setiap Kondisi Lingkungan

JENIS KONSTRUKSI	KONDISI LINGKUNGAN		
	Kondisi Normal	Basah kering berganti-ganti	Dibawah
Koreksi langsung atau yang hanya mempunyai penutup tulangan kurang dari 25 mm	0,53	0,49	0,4
Struktur dinding penahan tanah,pilar,balk,abutmen	*	0,53	0,44
Beton yang tertanam dalam pilar,balok,kolom		0,44	0,44
Struktur lantai beton diatas tanah	*	-	-
Beton yang terlindung dari perubahan udara (Konstruksi interior bangunan)	*	-	-

*Rasio air semen ditentukan berdasarkan persyaratan kekuatan tekan rencana

Sumber (Mulyono,2003)

2.8 Slump

Slump merupakan perbedaan tinggi dari adukan dalam suatu cetakan berbentuk kerucut terpancung terhadap tinggi adukan setelah cetakan diambil. Slump merupakan pedoman yang digunakan untuk mengetahui tingkat kecelakaan suatu adukan beton, Semakin tinggi tingkat kekenyalan maka semakin mudah pengerjaanya (*Nilai Workability Tinggi*). Nilai slump sebagai macam struktur, diperlihatkan pada table **2.10**

Tabel 2.9 Nilai Slump Untuk Berbagai Macam Struktur

Jenis Konstruksi	Nilai Slump (mm)	
	Maksimum	Minimum
Dinding pelat dan Pondasi	75	25

TABEL LANJUTAN		
Balok dan dinding beton	100	25
Kolom	100	25
Perkerasan jalan dan lantai beton	75	25
Beton massa	50	25

Sumber (SNI 7656:2012)

2.9 Kuat Tekan Beton

Kuat tekan beton adalah kemampuan beton untuk menerima gaya desak persatuan luas. Kuat tekan beton biasanya berhubungan dengan sifat-sifat lain, maksudnya apabila kuat tekan beton tinggi, sifat-sifat lainnya juga baik. Kekuatan tekan beton dapat dicapai sampai 1000 kg/cm² bahkan lebih, tergantung pada jenis campuran, sifat-sifat agregat, serta kualitas perawatan.

Kekuatan tekan beton yang paling umum digunakan adalah sekitar 200-500 kg/cm². Nilai kuat tekan beton didapatkan melalui tata cara pengujian standar, menggunakan mesin uji dengan cara memberikan beban tekan bertingkat dengan kecepatan peningkatan beban tertentu dengan benda uji berupa kubus 150 x 150 mm. Selanjutnya benda uji ditekan dengan mesin tekan sampai pecah. Beban tekan maksimum sampai benda uji pecah dibagi dengan luas penampang benda uji merupakan nilai kuat tekan beton yang dinyatakan dalam MPa atau kg/cm². Tahap pengujian yang umum dipakai adalah standar (ASTM C39-86, 2002)

Kuat tekan sangat dipengaruhi oleh beberapa faktor antara lain (Kardiyono Tjorodimulyo, 1995) :

1. Pengaruh mutu semen Portland.
2. Pengaruh agregat yang digunakan.
3. Pengaruh dari perbandingan adukan beton.

4. Pengaruh air untuk membuat adukan.
5. Pengaruh umur beton.
6. Pengaruh waktu pencampuran
7. Pengaruh perawatan.

2.10 Kaca

Kaca adalah material padat yang bening dan transparan (tembus pandang), biasanya rapuh. Jenis yang paling banyak digunakan selama berabad-abad adalah jendela dan gelas minum. Kaca dibuat 75% silicon dioksida (SiO_2), plus Na_2O , CaO dan beberapa zat tambahan. Bubuk kaca mempunyai kelebihan dibandingkan dengan bahan pengisi pori yang lainnya (Dian, 2011), yaitu:

1. Mempunyai sifat tidak menyerap air (*zero water absorption*) dapat mengisi rongga-rongga pada beton secara maksimal
2. Serbuk kaca memperbaiki kandungan dari beton segar sehingga kekuatan yang tinggi dapat dicapai tanpa penggunaan superplasticizer.
3. Kaca tidak mengandung bahan berbahaya, sehingga pada saat pengerjaan beton aman bagi manusia.
4. Serbuk kaca yang baik mempunyai sifat pozzoland sehingga dapat berfungsi sebagai pengganti semen dan filler yang dapat meningkatkan kuat tekan beton.

Ada beberapa kandungan kimia dalam kaca seperti **Tabel 2.10** di bawah ini:

Tabel 2.10 Kandungan Kimia Serbuk Kaca

Unsur	Serbuk Kaca
SiO ₂	61,72%
Al ₂ O ₃	3,45%
Fe ₂ O ₃	0,18%
CaO	2,59%

Sumber Hanifah, 2011

2.11 Penelitian Terdahulu

- 1) Penelitian yang dilakukan oleh Refi Judea Tampenawas, dkk. Dengan judul “Optimalisasi Konsentrasi Tailing Sebagai Substitusi Parsial Semen Terhadap Kuat Tekan Beton Beragregat Halus Pecahan Kaca Dan Pasir” yang telah diterbitkan oleh Jurnal Sipil Statik Vol.1 No.2, Januari 2013 (70-76), Fakultas Teknik , Jurusan Teknik Sipil, Universitas Sam Ratulangi. Telah menemukan bahwa pemanfaatan limbah tailing dan kaca pada campuran beton menggunakan metode ACI 211.1-91 yang dimodifikasi dengan variasi konsentrasi campuran tailing sebesar 5%, 10%, 15%, 20%, dan 25%, dengan pecahan kaca sebesar 10% dari pasir. Pengujianya dilakukan pada umur 3,14 dan 28 hari, dan mendapatkan hasil penelitian menunjukkan berat volume beton berkisar antara 2144 kg/m³ sampai 2185 kg/m³ dan termasuk dalam kategori beton normal. Kuat tekan yang paling optimum terjadi pada konsentrasi tailing sebesar 5% sebesar 32,35 MPa.
- 2) Penelitian yang dilakukan oleh Hendra purnomo dan Endang setyawati hisyam dengan judul “Pemanfaatan Serbuk Kaca Sebagai Substitusi Parsial Semen Pada Campuran Beton Ditinjau Dari Kekuatan Tekan Dan Kekuatan

Tarik Belah Beton” yang telah diterbitkan oleh Jurnal Fropil, Vol. 2 Nomor 1. Januari-Juni 2014, Jurusan Teknik Sipil Universitas Bangka Belitung. Telah melakukan penelitian tentang pemakaian serbuk kaca sebagai substitusi parsial semen menggunakan beberapa persentase yaitu 0%, 2.5%, 5%, 7.5%, 10%, 12.5% dan 15%, dengan umur beton 28 hari dan dengan pengujian kuat tekan serta kuat Tarik belah beton. Dari hasil penelitian diperoleh, kuat tekan beton dengan penambahan serbuk kaca 0% sebesar 23,20 MPa, 2,5% sebesar 20,28 MPa, 5% sebesar 20,37 MPa, 7,5% sebesar 20,56 MPa, 10% sebesar 21,41 MPa, 12,5% sebesar 18,49 MPa dan 15% sebesar 16,69 MPa. Sedangkan Kuat tarik belah beton penambahan serbuk kaca pada persentase 0% didapat hasil sebesar 2,55 MPa, 2,5% sebesar 2,69 MPa, 5% sebesar 2,62 MPa, 7,5% sebesar 2,45 MPa, 10% sebesar 2,78 MPa, 12,5% sebesar 2,43 MPa dan 15% sebesar 2,19 MPa.

- 3) Penelitian yang dilakukan oleh Muhammad Nur Ikhsan, dkk. Dengan judul “Pengaruh Penambahan Pecahan Kaca Sebagai Bahan Pengganti Agregat Halus dan Penambahan Fiber Optik Terhadap Kuat Tekan Beton Serat” yang telah diterbitkan oleh Jurnal Ilmiah Semesta Teknik Vol. 19, No. 2, 148-156, November 2016. Telah melakukan penelitian menggunakan pecahan kaca dan fiber optik Dalam penelitian ini digunakan pecahan kaca tambahan dengan variasi 15%, 20%, 25% terhadap berat halus agregat serta penambahan serat optik sebesar 0,15% dari berat beton. Kuat tekan mereka diperiksa pada umur 28 hari. Hasilnya diperoleh dengan menambahkan 15% fraktur kaca 24,94 MPa dengan modulus elastisitas 23471,8 MPa,

Penambahan 20% diperoleh hasil kuat tekan sebesar 25,48 MPa dengan modulus elastisitas 23724,5 MPa, sedangkan dengan penambahan patahan kaca diperoleh 25% hasil kuat tekan 25,77 MPa dengan modulus elastisitas 23859,2 Mpa.

- 4) Penelitian yang dilakukan oleh Banu D Handono, dkk. Dengan judul “Uji Eksperimental Kuat Tekan Beton Daur Ulang Dengan Bahan Tambah Abu Terbang (Fly Ash) Dan Serbuk Kaca Sebagai Substitusi Parsial Semen” yang telah diterbitkan oleh Jurnal Sipil Statik Vol.7 No.1 Januari 2019 (57-66) ISSN: 2337-6732. Universitas Sam Ratulangi Fakultas Teknik Jurusan Sipil Manado. Telah melakukan penelitian bahwa variasi untuk Fly ash terdiri dari 0%, 5%, 10%, 15%, dan 20% dan variasi untuk serbuk kaca yaitu 0%, 2.5%, 5%, 7.5%, 10.5%, 12.5%, dan 15% yang menggunakan metode ACI 211.1-91 yang dimodifikasi, dan untuk pengujian kuat tekan pada umur 28 hari, lalu Hasil pemeriksaan agregat dari pecahan limbah beton didapat keausan agregat kasar 34.4% dengan absorsi sebesar 8.52% dan 12.74% untuk agregat halus. Beton dengan menggunakan agregat buatan dari pecahan limbah beton tergolong beton normal dengan berat volume beton berkisar 2021.23 kg/m³ - 2061.57 kg/m³ . Kuat tekan optimum pada fly ash 20% sebesar 18.61 MPa. Variasi C dengan proporsi 20% fly ash dan 5% serbuk kaca menghasilkan nilai kuat tekan optimum sebesar 16.93 MPa. Dengan adanya penambahan serbuk kaca 2.5%, 5%, 7.5%, 10%, 12.5% dan 15% kuat tekan beton meningkat sampai penambahan 5% serbuk kaca.

Namun kuat tekan menurun seiring dengan penambahan serbuk kaca 7.5%, 10%, dan 12.5% kemudian naik pada 15% serbuk kaca.

- 5) Penelitian yang dilakukan oleh Herbudiman, Januar dengan judul “Pemanfaatan Serbuk Kaca Sebagai Powder Pada Self-Compacting Concrete” yang telah diterbitkan oleh Department of Civil Engineering – Parahyangan Catholic University 2011. Telah melakukan penelitian . Masalah lingkungan juga disebabkan oleh emisi CO₂ dari industri semen. Salah satu usaha untuk mengatasi masalah tersebut adalah memanfaatkan limbah serbuk kaca sebagai *powder* dan sekaligus mereduksi penggunaan semen pada beton *self-compacting*. Metoda SNI yang dikombinasikan dengan metoda Simple Mix Design Okamura digunakan untuk merancang komposisi campuran beton self compacting. Parameter yang divariasikan sebagai berikut 1) kadar serbuk kaca 0%, 10%, 20%, 30% dari berat powder-nya; 2) ukuran serbuk kaca adalah lolos no.50 tertahan no.100, lolos no.100 tertahan no.200, lolos no 200 serta gabungan dari ketiga ukuran kaca tersebut; 3) pemakaian kadar air bebas sebesar 190 l/m³ , 200 l/m³ , dan 210 l/m³ ; serta 4) kadar silica fume 0%, 5% dan 10% dari berat powder-nya. Benda uji yang digunakan pada penelitian ini adalah silinder 10x20cm.. Flowability tertinggi dengan diameter sebaran beton segar sebesar 63 cm dicapai oleh beton dengan komposisi kadar serbuk kaca 10%, kadar air 210 l/m³ , tanpa silica fume. Beton dengan kuat tekan tertinggi 51,72 MPa dicapai oleh beton dengan komposisi kadar serbuk kaca 10% gradasi menerus, kadar semen 403 kg/m³ , kadar air 190 l/m³ , dan kadar silica fume

5%. Substitusi serbuk kaca terhadap semen hingga 30% masih menghasilkan beton struktural hingga 32,23 MPa. Serbuk kaca dengan gradasi menerus menghasilkan kekuatan yang relatif lebih tinggi dibandingkan serbuk kaca dengan gradasi seragam.

- 6) Penelitian yang dilakukan oleh Widarto Sutrisno, dengan judul “Pengaruh Bahan Tambah Serbuk Kaca Pada Mortar” yang telah diterbitkan oleh Program Studi Teknik Sipil, Universitas Sarjanawiyata Tamansiswa, Yogyakarta 2007. Dalam penelitian ini, pemakaian serbuk kaca dijadikan pilihan sebagai tambahan adukan mortar. Mortar kaca kemudian dibakar sampai 700°C dimana bubuk kaca mulai bermetamorfosis dan terjadi proses sintering (ikatan partikel pada suhu tinggi atau proses untuk membentuk massa padat dengan pemanasan) yang diharapkan dapat menutup pori-pori mortar. Pada aplikasinya jika air hujan turun mengenai permukaan dinding secara langsung, diharapkan air tidak akan menyusup ke sisi dinding yang lain, sehingga dinding tidak akan menjadi berjamur dan lembab. Hasilnya dibandingkan dengan cat dasar Sika Top 144 sebagai produk yang telah beredar di pasaran. Hasilnya membuktikan bahwa dengan penambahan serbuk kaca ke dalam mortar kemudian dibakar sampai 700°C menunjukkan kinerja mortar yang lebih baik untuk menghindari infiltrasi air ke dalam mortar. Dengan penambahan serbuk kaca akan memberikan nilai ekonomis sekaligus lebih menguntungkan dibanding menggunakan Sika Top 144.

- 7) Penelitian ini dilakukan oleh Indah Handayasari, dkk. Dengan judul “Studi Penggunaan Limbah Serbuk Kaca Sebagai Bahan Substitusi Semen Pada Pembuatan Bata Beton Pejal” yang diterbitkan oleh Jurnal Forum Mekanika Vol.5 ISSN :2356-1491. Jurusan Teknik Sipil, Sekolah Tinggi Teknik, Jakarta. Dalam penelitian ini bertujuan untuk mengetahui seberapa besar pengaruh penambahan limbah serbuk kaca terhadap kuat tekan bata beton pejal. Pembuatan bata beton pejal dibuat dari limbah agregat halus, semen PC type I, dan serbuk kaca yang berasal dari limbah botol kaca. Benda uji penelitian dibuat dengan perbandingan komposisi semen, agregat halus dan air dengan 4 perlakuan substitusi serbuk kaca yaitu 0%, 10%, 20%, dan 30% dari berat semen. Pengujian kuat tekan dilakukan pada hari ke-7,14, 21 dan 28. Dari hasil pengujian didapatkan nilai kuat tekan optimum terdapat pada variasi perbandingan serbuk kaca 10% terhadap semen dengan nilai kuat tekan yang diperoleh sebesar 73,33 Kg/cm² dan termasuk kedalam tingkatan mutu II. Hal ini menunjukkan serbuk kaca dapat dimanfaatkan sebagai bahan tambah pada pembuatan bata beton pejal sehingga dapat dijadikan sebagai alternatif bahan konstruksi yang ramah lingkungan.
- 8) Penelitian ini dilakukan oleh MP Aji dengan judul “Komparasi Kuat Tekan Komposit Berbahan Dasar Serbuk Limbah Kaca Dengan Perekat Polimer Polyurethane Dan Polyvinyl Acetate” yang diterbitkan oleh Jurnal MIPA 35 (2) : 140-144 (2012). Jurusan Fisika, FMIPA UNNES, Indonesia. Dalam penelitian ini menjelaskan bahwa komposit berbahan dasar serbuk limbah kaca telah dihasilkan dengan perekat polimer polyurethane (PU) dan

polyvinyl acetate (PVAc). Komposit dengan perekat polimer PU memiliki kuat tekan 36 MPa dengan fraksi optimum perekat adalah 30% berat. Komposit dengan perekat polimer PVAc memiliki kuat tekan yang lebih rendah dari perekat polimer PU, yaitu 10 MPa pada fraksi perekat 10 persen berat. Gugus fungsi urethane yang terbentuk dari gugus fungsi isosianat yang reaktif dan hidroksil menjadi perekat yang baik untuk limbah kaca yang didominasi oleh bahan silika SiO₂.

- 9) Penelitian ini dilakukan oleh Andilo, Dian pranata, dengan judul “Karakterisasi Serbuk Kaca Sebagai Substitusi Parsial Semen Terhadap Sifat Fisis-Mekanis Campuran Beton”, yang diterbitkan oleh Jilid IV, No.2. Tahun 2019, Program Studi Teknik Sipil Universitas Kristen Indonesia, Toraja. Penelitian ini bertujuan untuk mengidentifikasi sifat serbuk kaca sebagai substitusi parsial semen pada campuran beton dengan variasi komposisi serbuk kaca 0%, 10%, 15% dan 20%. Limbah kaca dari berbagai jenis botol minuman bekas dihancurkan untuk mendapatkan serbuk kaca yang ukuran butirannya halus. Benda uji dibuat berbentuk kubus. Pengujian sifat fisis-mekanis benda uji dilakukan setelah masa perawatan 7 hari, 14 hari dan 28 hari, dengan benda uji harus dalam keadaan kering. Dari masing-masing campuran beton tersebut dibuat tiga benda uji. Pengujian yang dilakukan pada campuran beton adalah pengujian kuat tekan menggunakan alat uji tekan beton. Dari hasil penelitian diperoleh, kuat tekan pada umur 28 hari dengan penambahan serbuk kaca 0% sebesar 175.2 kg/cm², 10% sebesar 147.2 kg/cm², 15% sebesar 116.3 kg/cm², dan 20% sebesar 108.7

kg/cm² . Nilai slump terendah terdapat pada campuran beton normal, sehingga penambahan serbuk kaca dalam campuran beton dapat mempermudah pengerjaan beton.

- 10) Penelitian ini dilakukan oleh Sumatri Sri Sejati, Luky Indra Gunawan, yang berjudul “Serbuk Kaca Sebagai Bahan Tambah Pembuatan Beton Normal Berdasarkan Gradasi Pasir Zona 3” yang diterbitkan oleh Jurnal Media Komunikasi Dunia Ilmu Sipil (MoDuluS) Volume 1, No 1, Juni 2019. Fakultas Teknik, Program Studi Teknik Sipil, Universitas Veteran Bangun Nusantara, Sukoharjo. Penelitian ini untuk mengetahui komposisi optimum penambahan serbuk kaca berdasarkan gradasi pasir zona 3 terhadap kuat tekan beton, dengan penambahan serbuk kaca sebesar 15%, 20%, 25%, dan 30% menggunakan benda uji silinder diameter 15 cm dan tinggi 30 cm sebanyak 15 buah sampel benda uji. Pengujian dilakukan pada umur 28 hari untuk mengetahui kuat tekan pada umur maksimal. Dari hasil uji kuat tekan beton serbuk kaca mengalami peningkatan pada variasi 15% dan 30% sebesar 27 MPa dan 24,99 MPa dibandingkan beton normal 22,54 MPa. Maka kesimpulannya penambahan serbuk kaca dapat meningkatkan kuat tekan beton.
- 11) Penelitian ini dilakukan oleh Faiz Mudhofir, Sulhadi, Mahardika Prasetya Aji, dengan judul “Kualitas Genteng Tanah Liat Dengan Campuran Serbuk Kaca” yang diterbitkan oleh Prosiding Seminar Nasional Fisika (E-Journal) SNF2017, Volume VI, Oktober 2017, p-ISSN : 2339-0654 e-

ISSN: 2476-9398, Kampus Pascasarjana UNNES Jl. Kelud Utara III, Semarang. pada penelitian ini memanfaatkan limbah botol kaca sebagai campuran genteng dengan komposisi campuran 0%, 5%, 10%, 15 %, dan 20% dari massa keseluruhan genteng tanah liat. Mutu genteng dibandingkan antara keadaan normal dan campuran dilihat dari variabel daya serap air dan kuat tekan genteng. Pada penelitian ini diperoleh hasil bahwa semakin banyak campuran serbuk kaca maka genteng memiliki porositas yang semakin kecil/memiliki daya serap air lebih rendah. Keadaan campuran terbaik diperoleh pada campuran 15% yaitu sebesar 8,57%. Penambahan serbuk kaca mempengaruhi gaya tarik partikel tanah liat pada genteng sehingga pada komposisi tertentu dapat menambah kuat daya tekan tetapi pada komposisi yang berlebih justru mengurangi kuat daya tekan.

- 12) Penelitian ini dilakukan oleh Desi Putri, Mekar Ageng Kinasti, dkk, dengan judul “Pemanfaatan Limbah Bottom Ash Dan Limbah Kaca Pada Campuran Batako” yang diterbitkan oleh Construction And Material Jurnal, Vol.1 No.3 November 2019. e-ISSN 2655-9625. Jurusan Teknik Sipil, Sekolah Tinggi Teknik PLN, Cengkareng, Jawa Barat. Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui kekuatan tekan batako bila pasirnya digantikan dengan limbah bottom ash dan semen digantikan dengan limbah kaca menggunakan prosentase tertentu. Penelitian dilakukan secara eksperimental di laboratorium dengan dua tahap pengujian. Pada tahap awal penelitian dilakukan pengujian pendahuluan meliputi pengujian sifat

fisik bahan. Tahap kedua dilakukan pembuatan benda uji dengan dengan empat variasi campuran yaitu 0%, 10 % LK + 10 % BA, 10 % LK + 20 % BA dan 10% LK + 30 % BA kemudian dilakukan uji tekan pada umur 7, 14 dan 28 hari. Dari hasil pengujian, didapat hasil kuat tekan batako menggunakan limbah bottom ash dan limbah kaca masing-masing adalah 4,13 MPa, 4,31 MPa, 7,14 MPa dan 5,21 MPa. Berdasarkan hasil penelitian dapat disimpulkan bahwa kenaikan kuat tekan terbesar batako terdapat pada variasi 10 % LK + 20 % BA dan terjadi penurunan kuat tekan batako pada variasi 10 % LK + 30 % BA.

- 13) Penelitian ini dilakukan oleh Johannes Januar Sudjati, Aphrodita Emawati Atmaja, dkk. Dengan judul “Pengaruh Substitusi Sebagian Agregat Halus Dengan Serbuk Kaca Dan Silica Fume Terhadap Sifat Mekanik Beton” yang diterbitkan oleh Jurnal Volume 13, No. 2, April 2015: 94-103, Program Studi Teknik Sipil, Fakultas Teknik Universitas Atma Jaya Yogyakarta. Penelitian ini menggunakan Campuran beton dibuat tanpa menggunakan bahan tambah dan dengan bahan tambah silica fume sebanyak 5% dari berat semen. Serbuk kaca digunakan untuk menggantikan sebagian pasir dalam campuran beton dengan variasi 0%, 10%, 20%, 30% dan 40% terhadap volume pasir. Pengujian yang dilakukan meliputi: uji kuat tekan beton dan modulus elastisitas, uji kuat tarik belah dan uji serapan air yang dilakukan saat benda uji berumur 28 hari. Dari hasil pengujian diperoleh kuat tekan beton dengan silica fume meningkat rata-rata 21,16% dibanding kuat tekan beton tanpa silica fume.

Benda uji yang diberi silica fume mengalami kenaikan modulus elastisitas sebesar rata-rata 23,79%. Kuat tarik belah pada benda uji yang diberi silica fume meningkat sebesar rata-rata 18,91%. Benda uji yang diberi silica fume memiliki penurunan serapan air sebesar rata-rata 9,90%.

- 14) Penelitian ini dilakukan oleh Johaness Januar Sudjati, Tri Yuliyanti, dkk. Dengan judul “Pengaruh Penggunaan Serbuk Kaca Sebagai Bahan Substitusi Agregat Halus Terhadap Sifat Mekanik Beton” yang diterbitkan oleh Jurnal teknik sipil Volume 13, No. 1, Oktober 2014, 1–11, Program Studi Teknik Sipil, Fakultas Teknik, Universitas Atma Jaya, Yogyakarta. Dalam penelitian ini digunakan benda uji berbentuk silinder dengan ukuran tinggi 300 mm dan diameter 150 mm untuk uji kuat tekan, modulus elastisitas dan kuat tarik belah, dan balok dengan ukuran lebar 100 mm, tinggi 100 mm dan panjang 500 mm untuk uji kuat lentur. Campuran beton dibuat dengan dua nilai faktor air semen yaitu 0,57 dan 0,46. Pengujian yang dilakukan meliputi: uji kuat tekan beton dan modulus elastisitas, uji kuat tarik belah dan uji kuat lentur yang dilakukan saat benda uji berumur 28 hari. Dari hasil pengujian diperoleh hasil beton dengan faktor air semen 0,46 memperlihatkan kenaikan kuat tekan sebesar rata-rata 21,13%, kenaikan modulus elastisitas sebesar rata-rata 9,09%, kenaikan kuat tarik belah sebesar rata-rata 14,02% dan kenaikan kuat lentur sebesar rata-rata 19,35% dibanding beton dengan faktor air semen 0,57. Beton dengan serbuk kaca 10% dan 20% dan faktor air semen 0,46 masih memiliki kuat

tekan di atas 20 MPa sehingga masih dapat digunakan untuk struktur bangunan.

- 15) Penelitian ini dilakukan oleh Azwar, dengan judul “Analisa Pemanfaatan Limbah Battom ASH dan Serbuk Pecahan Kaca Terhadap Konstruksi Paving Block” yang diterbitkan oleh Jurnal Ilmiah Tekno Global Volume 8 No. 2 Desember 2019, ISSN Print : 2338-6762 ISSN Online : 2477-6955, Jurusan Teknik Sipil Universitas Baturaja Jalan Ki Ratu Penghulu Karang Sari No.02031, Baturaja. Tujuan dari penelitian ini adalah untuk mengetahui sejauh mana pengaruh campuran semen dan pasir dengan limbah battom ash serta serbuk pecahan kaca terhadap kuat tekan. Komposisi penggantian semen dan pasir dengan limbah battom ash dan serbuk pecahan kaca sebanyak 5% , 10% dan 20 %. Sampel yang digunakan adalah bentuk segi enam atau hexagon dengan sisi 10 cm dan tinggi 7 cm. Jumlah sampel sebanyak 18 sampel dengan campuran battom ash dan serbuk pecahan kaca dan 2 sample normal, sample diuji pada umur 7 hari.
- 16) Penelitian ini dilakukan oleh Fahmi Hidayat, Gunawan Tanzil, dengan judul “Pengaruh Sulfat Terhadap Kuat Tekan Beton Dengan Variasi Bubuk Kaca Substitusi Semen Dengan W/C 0,4 Dan 0,5” yang telah diterbitkan oleh Jurnal Teknik Sipil dan Lingkungan Vol. 1, No. 1, Desember 2013, ISSN: 2355-374X, Jurusan Teknik Sipil Fakultas Teknik Universitas Sriwijaya. Pada penelitian ini beton sampel berbentuk silinder

dengan diameter 15 cm dan tinggi 30 cm yang terdiri dari beton normal. Serbuk kaca 5%, 10%, 15% dan 20% dalam campuran beton dengan w / c 0,4 dan 0,5. Perendaman dilakukan dengan dua cara, yaitu direndam dalam air dan air yang mengandung sulfat. Pengujian kuat tekan beton dilakukan pada hari ke 7,21 dan 28. Hasil penelitian menunjukkan beton yang direndam dalam air dan air yang mengandung sulfat memiliki kuat tekan yang paling tinggi pada serbuk kaca 5% dengan w / c 0,4 sebesar 44,92 MPa dan 43,78 MPa selama 28 hari dan serbuk kaca 5% dengan w / c 0,5 sebesar 35,86 MPa dan 34,54 MPa selama 28 hari. Selain itu, serangan sulfat dapat menurunkan kuat tekan beton yang telah direndam dalam air yang mengandung sulfat. Penurunan kuat tekan terkecil terjadi pada serbuk kaca 20% dengan w / c 0,4 sebesar 1,70% 28 hari dan 20% serbuk kaca dengan w / c 0,5 sebesar 2,99% selama 28 hari. Dapat disimpulkan, meskipun bubuk kaca meningkat besar Campuran beton dapat menurunkan kuat tekan beton, namun pengaruh sulfat terhadap kuat tekan beton semakin besar lebih kecil.

- 17) Penelitian ini dilakukan oleh Sustika Pratiwi, Hakas Prayuda, yang berjudul “Kuat Tekan Beton Serat Menggunakan Variasi Fibre Optic dan Pecahan Kaca” yang diterbitkan oleh Jurnal Ilmiah Semesta Teknik 55 Vol. 19, No. 1, 55-67, Mei 2016. Penelitian ini bertujuan untuk mencegah retaknya loading, panas hidrasi serta penyusutan dan untuk meningkatkan gaya tekan lentur gaya, dan gaya tarik. Penelitian ini menggunakan serat optik yang merupakan serat sintetis diperoleh dari

bagian dalam kabel optik. Kaca merupakan bahan yang mudah ditemukan dan memiliki nilai ekonomis, selain itu kaca juga memiliki ketahanan abrasi yang sangat baik, cuaca dan serangan kimia. Tiga variasi kandungan serat digunakan untuk ini penelitian yang 0,1%; 0,15%; 0,2% dengan panjang 10 cm. Sedangkan pecahan kaca yang digunakan adalah 20% dari berat pasir. Kekuatan tekan meningkat seiring dengan peningkatan jumlah serat. Kuat tekan rata-rata diperoleh secara berurutan 22,43 MPa; 24,31 MPa dan 29,63 MPa.

- 18) Penelitian ini dilakukan oleh Teguh Marhendi,dkk, dengan judul “Pemanfaatan Limbah Kaca Dan Abu Sekam Padi Sebagai Powder Pada Self Compacting Concrete (Beton Memadat Sendiri), yang diterbitkan oleh Techno, ISSN 1410 - 8607 Volume 17 No. 2, Oktober 2016, Proram Studi Teknik Sipil, Fakultas Teknik, Universitas Muhammadiyah Purwokerto. Penelitian ini untuk untuk memanfaatkan kedua limbah tadi menjadi bahan pengganti sebagian semen untuk beton SCC. Metode SNI dikombinasikan dengan metode trial sehingga didapat proporsi material untuk 1 m³ beton adalah agregat kasar sebanyak 885 kg, agregat halus yang terdiri dari pasir sebanyak 612,75 kg dan abu batu sebanyak 204,25 kg, semen sebanyak 543 kg dan penggunaan limbah kaca serta abu sekam mengurangi penggunaan semen sebanyak 10 %. Faktor air semen yang digunakan adalah 0,375. Master glenium yang digunakan sebanyak 1,5% jumlah semen. Hasil pengujian slump flow didapat angka 770 mm dan masuk kriteria beton SCC menurut EFNARC yaitu antara 650-800 mm.

Dan kuat tekan beton rata-rata umur satu hari didapat 15,02 MPa dikonversi menjadi 28 hari 44,2 Mpa. Pemanfaatan limbah kaca dan abu sekam menjadi solusi permasalahan limbah sehingga berdampak positif pada aspek lingkungan, sosial serta ekonomi yaitu mengurangi biaya pembuatan beton.

- 19) Penelitian ini dilakukan oleh Rahmat, Irna Hendriyani, dkk. Dengan judul “Analisis Batako Dengan Campuran Serbuk Kaca Sebagai Pengganti Pasir” yang telah diterbitkan oleh Jurnal Teknik Sipil Volume 8 Nomor 2 Juni 2020, Media Ilmiah Teknik Prodi Teknik Sipil Universitas Balikpapan. Penelitian ini bertujuan untuk menganalisis penggunaan serbuk kaca sebagai pengganti pasir pada campuran batako berdasarkan SNI 03-0349-1989 Kuat tekan batako dengan penambahan serbuk kaca sebagai pengganti pasir pada campuran batako kuat tekan batako 25% serbuk kaca lebih baik 11,11% dari batako 0% serbuk kaca dan kuat tekan batako 50% serbuk kaca lebih baik 33,33% dari batako 0% serbuk kaca. Berdasarkan SNI 03-0349-1989, daya serap air dan kuat tekan pada batako dengan penambahan serbuk kaca sebagai pengganti pasir masih memenuhi persyaratan. Penelitian ini dilakukan oleh Sri Hastutiningrum, yang berjudul “Proses Pembuatan Batu Bata Berpori Dari Tanah Liat Dan Kaca” yang diterbitkan oleh Jurnal Teknologi
- 20) Technoscintia, Vol. 5 No. 2 Februari 2013, SSN: 1979-8415. urusan Teknik Lingkungan, Institut Sains & Teknologi AKPRIND Yogyakarta.

Tujuan penelitian ini adalah untuk mengetahui pengaruh kaca terhadap kuat tekan batu bata berpori. Secara garis besar pembuatan batu bata berpori adalah dengan mencampurkan bubuk kertas, tanah liat, kaca dan sedikit air dan kemudian dibuat adonan.

2.12 Posisi Penelitian

Penelitian ini bersesuaian dengan penelitian Hendra 2014, Muhammad 2016, Banu 2019, Indah 2016, Andilo 2019, dalam hal tautan dasar dan bahan campuran yang digunakan, namun berbeda dengan adanya bahan tambahan lain dan uji eksperimennya, dan juga berbeda pula serta tidak bersesuaian dengan teori dasar penelitian oleh Refi 2013, Widarto 2007, MP Aji 2012, Sumatri 2019, Faiz 2017, Desi 2019, Sustika 2016. Teori utama yang digunakan adalah menggunakan bahan campuran pecahan kaca dan dicampur dengan bahan tambah lain serta uji bahannya pun berbeda-beda.

Dalam sisi penggunaan metode penelitian, maka terdapat kesesuaian metode penelitian yang digunakan dalam penelitian ini dengan penelitian Refi 2013, Hendra 2014, Banu 2019, Indah 2016. Namun sangat berbeda dengan metode penelitian yang digunakan dalam penelitian Muhammad 2016, Herbudiman 2011, Sumatri 2019, Desi 2019, Azwar 2019, Fahmi 2013, Sri 2013. Metode penelitian yang digunakan dalam penelitian ini menggunakan limbah pecahan kaca dan variasi tambahan lain dengan berbagai macam pengujian serta pemanfatannya berbeda juga. Secara ringkas, **Tabel 2.11** memberikan penjelasan tentang Persamaan, Perbedaan dan Posisi Strategis penelitian ini terhadap penelitian terdahulu.

Tabel 2.11 Persamaan, Perbedaan & Posisi Strategis Penelitian

Verifikasi	Teori Utama	Metode Penelitian	Capaian yang dihasilkan	Novelty (kebaruan)
Persamaan	Teori utama : Kekuatan tekan dan Tarik belah beton ; Kuat tekan beton serat ; Uji Eksperimen kuat tekan beton ; Kuat tekan beton ; Sifat fisis mekanis beton. Hendra 2014, Muhammad 2016, Banu 2019, Indah 2016, Andilo 2019	Uji Lab : Hendra 2014, Muhammad 2016, Indah 2016, Andilo 2019. Eksperimen : Banu 2019.	Kebanyakan penelitian tersebut fokus terhadap beberapa kuat tekan beton saja dan tidak menjelaskan sesuai standart yang berlaku.	Penelitian terdahulu umumnya membahas tentang beberapa kuat tekan beton metode lainnya saja. Penelitian ini memberikan pengetahuan dan ilmu berbagai macam bahan campuran beton serta metode nya.
Perbedaan	Teori utama : Kuat tekan beton beragregat halus pecahan kaca dan pasir ; Peleburan bahan tambah ; Komparasi kuat tekan komposit ; Kuat tekan beton menggunakan pasir zona 3 ; Pencampuran dan pembakaran ; Uji tekan batako ; Kuat tekan beton serat. Refi 2013, Widarto 2007, MP Aji 2012, Sumatri 2019, Faiz 2017, Desi 2019, Sustika 2016.	Uji Lab : Refi 2013, MP Aji 2012, Sumatri 2019, Faiz 2017, Desi 2019, Sustika 2016. Eksperimen : Widarto 2007	Penelitian ini menggunakan campuran bahan tambah yang berbeda serta kegunaannya dan penelitian ini juga mengarah ke berbagai macam uji beton.	Penelitian ini mencoba untuk membuat sesuatu percobaan yang baru dan bisa bermanfaat pada lingkungan sekitar .
Posisi Penelitian	Terdapat perbedaan yang cukup nyata terhadap teori utama dan teori pendukung yang digunakan dalam penelitian ini dibandingkan dengan penelitian terdahulu mulai dari bahan tambah serta cara pencampurannya.	Metode penelitian ini menggabungkan dengan model Uji lab dan Eksperimen serta menggunakan uji coba di laboratorium untuk mengetahui hasil fisik dan kuat tekan	Penelitian ini berusaha untuk mendapatkan hasil bagus dan sempurna serta bentuk fisik kuat tekan beton yang memadai.	Menemukan uji coba terbaru sehingga bisa memanfaatkan limbah-limbah dilingkungan sekitar sehingga menjadi lebih ekonomis.

Sumber Hasil Analisa, 2021