

BAB 2

LANDASAN TEORI

2.1 Tinjauan Pustaka

2.1.1 Penelitian Terdahulu

1. Menurut (Neville, 2011) "*properties of concrete*" teori bloem dan walker. Unsur pembentuk kekuatan beton ada tiga meliputi : 1) kekuatan dari mortar. 2) kekuatan antara mortar dengan agregat kasar 3) kekuatan dari agregat kasar.
2. (Aryaseta, 2022) dengan judul "**Studi Eksperimental Sifat Fisik dan Mekanik Batu Gamping**" hasil dari beberapa nilai parameter penting yang didapatkan antara lain Compressional Wave Modulus (M), Bulk Modulus (k), dan Shear Modulus (μ) adalah 58,72 GPa, 19,57 GPa, dan 29,36 GPa, berturut-turut.
3. (Zuraidah, 2006) dengan judul "**Penggunaan Pecahan Batu Kapur Puger Sebagai Alternatif Agregat Kasar Ditinjau Terhadap Kuat Tekan Beton**" hasil dari campuran menggunakan agregat kasar pecahan batu kapur 0%, 50%, 75% dan 100%. Pengujian menunjukkan bahwa penggunaan pecahan batu kapur dalam pembuatan beton menghasilkan kuat tekan rata – rata menurun sampai 5,46 % tidak berbeda jauh dibandingkan dengan beton yang menggunakan batu pecah sebagai agregat kasar.

2.2 Dasar Teori

2.2.1 Batuan

Batu adalah bahan alami yang terbuat dari mineral sejenis atau tidak sejenis yang terikat secara gembur ataupun padat (Tamanak, 2020). Batuan merupakan agregat keras alami yang terkumpul dan tersusun dari satu atau lebih mineral. Beberapa mineral yang membentuk suatu batuan disatukan oleh matriks mineral berupa semen. bahan baku utama yang ada di dalam bumi adalah batu. Batu yang terurai kemudian menjadi tanah dan tanah kemudian menjadi media utama dalam tempat tumbuhnya tanaman dan tempat tinggal dari berbagai jenis makhluk hidup di dunia ini. Secara umum batuan terbagi atas 3 bagian, yaitu : Batuan beku, batuan sedimen, batuan metamorf.

1. Batuan Beku

Batuan beku merupakan jenis batuan dimana proses pembentukannya terjadi dari magma yang telah mengalami pembekuan atau pendinginan. Batuan ini biasanya ada di dalam mantel atau kerak bumi. Berdasarkan cara terbentuknya sebagai berikut:

a. Morfologi Batuan Beku

Morfologi atau cara terbentuknya batuan beku sertidaknya dibagi menjadi tiga macam yaitu intrusif, ekstrusif dan hipabisal. Mengenai ketiga batuan tersebut sebagai berikut ini:

- Intrusif

Batuan beku jenis intrusif merupakan batuan beku dimana proses pembentukannya terjadi di dalam kerak bumi atau di bawah permukaan bumi. Batuan ini merupakan bentuk dari pendinginan magma yang ada di dalam kerak bumi sehingga tekstur batuan beku biasanya bersifat kasar. Batuan beku yang memiliki tekstur butir kasar yang terletak pada kedalaman cukup di dalam kerak disebut sebagai *abyssal* sedangkan batuan beku *intrusif* yang proses terbentuknya sudah hampir berada di permukaan disebut sebagai *hypabyssal*.

- Ekstrusif

Berbeda dengan batuan beku intrusif, batuan beku ekstrusif ini terjadi di atas permukaan kerak bumi karena adanya pencairan magma di dalam mantel atau kerak bumi. Proses pembekuan dari batuan beku ini lebih cepat dibandingkan dengan proses pencairan batuan beku intrusif karena proses pembekuannya terjadi di atas permukaan bumi. Magma yang keluar dari dalam mantel atau kerak bumi ini melalui gunung berapi yang terdapat lubang dipuncaknya sehingga magma bisa keluar dan membentuk batuan yang lebih cepat membeku. Oleh karena itu tekstur dari batuan ini bersifat halus berpasir. Jenis batuan beku ekstrusif yang paling sering ditemukan adalah batu basalt. Beberapa batuan basalt bahkan membentuk sebuah pola yang unik seperti di Antrim, Irlandia utara.

- Hipabissal

Untuk jenis batuan beku hipabissal merupakan jenis batuan yang terbentuk diantara batuan plutonik dan vulkanik. Batuan ini terbentuk karena adanya proses naik turunnya magma di dalam mantel dan kerak bumi. Batuan hipabissal seringkali membentuk sebuah batuan pakolit, dike, sill, lakolit, dan lopolit.

b. Struktur Batuan Beku

Struktur batuan merupakan penampakan dari batuan yang bisa dilihat dari kedudukan lapisannya. Pada batuan beku seringkali hanya dapat dilihat langsung dari lapangannya langsung. Diantaranya adalah sebagai berikut:

- *Pillow* lava atau lava bantal dimana terjadi karena adanya pembekuan magma pada gunung di bawah laut yang membentuk menyerupai bantal.
- *Joint* struktur merupakan aliran lava yang berbentuk kekar-kekar dan tegak lurus sesuai dengan arah alirannya sehingga menghasilkan penampakan yang sangat memukau.
- *Massif*, merupakan jejak aliran lava yang keluar dari perut bumi namun tidak menunjukkan adanya tanda-tanda lubang atau aliran gas di dalamnya.
- *Vesikuler*, merupakan aliran lava yang mengalir dan dibersamai dengan adanya aliran gas sehingga arah dan teksturnya tidak teratur.
- *Xenolitis*, merupakan aliran lava yang dibersamai dengan masuknya batuan lain di dalamnya sehingga menunjukkan sebuah fragmen yang membentuk pecahan-pecahan.

2. Batuan Metamorf

Jenis batuan ketiga adalah batuan metamorf atau yang juga sering disebut sebagai batuan malihan. Batuan metamorf merupakan sebuah batuan yang mengalami perubahan atau transformasi dari batuan lainnya yang sudah ada sebelumnya dan dibersamai dengan adanya proses metamorfosa sehingga membentuk bentuk baru yang berbeda dengan jenis batuan sebelumnya. jumlah dari batuan metamorf di dalam bumi ini cukup banyak dan

pembentukannya sangat mudah karena adanya kedalaman tempat yang sangat dalam, adanya tekanan udara yang sangat rendah atau tinggi dan tekanan dari batuan yang sudah ada di atasnya. Proses pembentukan batuan metamorf juga bisa terjadi karena adanya tabrakan lempeng benua yang bisa menyebabkan adanya tekanan horizontal, distorsi dan gesekan pada lempeng tersebut. Batuan metamorf juga bisa terbentuk karena adanya pemanasan dari magma yang ada di dalam perut bumi. Ada beberapa jenis batuan metamorf dan bisa dibedakan menjadi berikut ini:

a. Batuan Metamorfosis Kontak

Proses terjadinya batuan metamorf kontak adalah adanya suntikan magma yang mengenai pada batuan disekitarnya. Perubahan ini adalah perubahan besar dimana hampir batuan yang terkena suhu yang sangat tinggi akan melakukan proses metamorphosis. Karena adanya proses ini juga bisa merubah biji mineral yang ada di dalam batuan. Semakin dekat letak batu dengan magma akan semakin besar pula proses perubahannya dibandingkan dengan batuan yang letaknya jauh dari magma. Ketika batuan mengalami kontak dengan magma juga mengakibatkan permukaan mineralnya menjadi lebih keras. Istilah untuk menyebut batuan yang telah mengalami proses *metamorphosis* ini biasanya disebut dengan batu tanduk (*hornfless*).

b. Batuan Metamorf Regional

Batuan metamorf regional merupakan sebuah kumpulan batuan metamorf dalam ukuran yang cukup besar dan luas. Sebagian besar batuan di bawah kerak bumi merupakan batuan metamorf yang mengalami proses metamorphosis ketika terjadinya tabrakan lempeng benua ini. biasanya batuan metamorf ini akan ada disepanjang sabuk karena adanya tekanan suhu udara yang tinggi sehingga mengakibatkan batuannya mengalami perubahan struktur di dalamnya. untuk batuan metamorf regional ini contohnya adalah singkapan marmer yang sangat luas di Amerika Serikat.

c. Batuan Metamorf Katalakstik

Batuan ini terjadi karena adanya proses mekanisme deformasi mekanis.

Jadi, ketika ada dua lempeng yang saling bergesekan maka akan menghasilkan panas yang sangat tinggi, nah bagian yang masih mengalami gesekan tersebutlah yang akan mengalami perubahan struktur di dalamnya. batuan tersebut juga biasanya akan hancur terlebih dahulu karena adanya tumbukan atau gesekan tertentu yang sangat lama dan kuat. Pada proses ini tidak biasanya terjadi pada zona sempit dimana terjadi pergerakan sesar secara mendatar.

d. Batuan Metamorf Hidrotermal

Batuan ini terjadi karena adanya perubahan suhu dan tekanan udara yang sangat drastis karena adanya cairan hidrotermal. Contoh dari batuan ini adalah batuan basaltic dimana didalam batuan tersebut memang sangat kekurangan cairan hidrat. Hasil endapan dari batuan ini akan bercampur dengan unsur-unsur lainnya seperti *talk*, *klorit*, *tremolit*, *aktinolit* dan lainnya. biasanya jika endapan terdapat bijihnya berarti merupakan batuan metamorf hidrotermal.

e. Batuan Metamorf Tindihan

Seperti dengan namanya batuan metamorf tindihan ini merupakan hasil dari batuan yang tertimbun dalam kedalaman yang sangat dalam hingga mencapai perubahan suhu yang sangat drastis. Pada fase ini biasanya di dalam batu akan muncul sebuah mineral baru dan biasanya yang paling banyak dihasilkan adalah mineral zeolit. Batuan ini bisa berubah menjadi batuan metamorf regional jika terjadi perubahan suhu dan tekanan yang terjadi secara terus menerus.

f. Batuan Metamorf Dampak

Untuk batuan metamorf jenis ini terjadi karena adanya suatu kejadian seperti ketika meteor atau komet yang jatuh ke bumi hingga menyebabkan ledakan. Hal ini juga bisa terjadi karena adanya gempa bumi atau karena adanya letusan gunung api yang sangat besar. Karena adanya kejadian tersebut maka mengakibatkan tekanan yang sangat tinggi pada batuan-batuan yang terkena dampak dari kejadian tersebut. Tekanan ini mengakibatkan adanya perubahan mineral di batuan yang

sangat tinggi seperti koesit dan stishofit. Selain itu batuan juga bisa berubah bentuk menjadi kerucut yang terpecah-pecah.

3. Batuan Sedimen

Batuan sedimen adalah jenis batuan yang terjadi karena proses pengendapan materi hasil erosi atau pelarutan. Pada umumnya, batuan sedimen memiliki warna yang terang atau cerah, putih, kuning maupun abu-abu terang. Soal warna, hal ini sangat tergantung dari komposisi bahan yang membentuknya. Merujuk laman Museum Gunung Merapi Kabupaten Sleman, berikut jenis batuan sedimen menurut cara pembentukannya sebagai berikut:

a. Batuan sedimen dari medium pengendapannya

Menurut medium pengendapannya, batuan sedimen diklasifikasi menjadi; batuan sedimen aeris, glasial, aquatic, dan marine. Batuan sedimen aeris ialah batuan sedimen yang berasal dari pengendapan angin, contohnya tanah loss, tanah tuf, dan tanah pasir di gurun. Sedangkan batuan sedimen glasial berasal dari pengendapan es/gletser, misalnya moraine. Batuan sedimen aquatic merupakan batuan sedimen yang berasal dari pengendapan air. Contohnya yang banyak dikenal masyarakat mencakup breksi, konglomerat, batu pasir. Terakhir batuan sedimen marine, adalah batuan sedimen yang berasal dari pengendapan air laut misalnya batu gamping dan batu garam.

b. Batuan sedimen dari tempat pengendapannya

Berdasarkan tempat pengendapannya, batuan sedimen terbagi menjadi batuan sedimen teristis, limnis, continental, fluvial, dan glacial. Jenis batuan sedimen teristis adalah batuan yang tempat pengendapannya ada di darat. Sementara batuan sedimen limnis berasal dari hasil pengendapan di danau. Contohnya, tuff danau dan tanah liat danau. Jenis batuan sedimen continental yang diendapkan di laut, contohnya meliputi tanah loss, tanah merah, dan tanah gurun pasir. Jika sudah di darat, danau dan laut, maka batuan sedimen fluvial berasal dari hasil pengendapan di sungai. Kemudian batuan sedimen glacial adalah batuan sedimen yang diendapkan di tempat yang terdapat es atau salju.

c. Batuan sedimen dari cara pengendapannya

Selain klasifikasi berdasarkan medium dan tempat pengendapannya, batuan sedimen juga terbentuk dari cara pengendapan. Pertama ada batuan sedimen klastis, yakni batuan sedimen yang terbentuk dari pelapukan dan erosi dari jenis batuan lain yang kemudian molekulnya mengendap, bergabung dan mengeras menjadi satu. Contoh jenis batuan sedimen klastis adalah breksi dan batuan pasir. Adapula batuan sedimen kimia yang terbentuk dari proses pelapukan kimiawi yang kemudian mengalami pemisahan molekul zat. Molekul zat yang terpisah kemudian bersatu dengan molekul zat lainnya, dan akhirnya membentuk batuan. Kendati ada juga yang mengatakan bahwa batuan sedimen kimia adalah larutan di dalam air dan langsung diendapkan.

2.2.2 Sifat Fisik Batu

Sifat fisik batu dapat dilihat secara visual dari warna batu yang bervariasi yaitu putih susu, abu-abu muda hingga tua, coklat dan merah sampai kehitaman yang dipengaruhi oleh pengotor didalam batuan. Untuk mengetahui batu yang akan digunakan sebagai material perlu dilakukan pengujian sifat fisik sebagai awalan menentukan kekuatan maksimum dari sampel batu. Pengujian sifat fisik batu antara lain :

1. Berat Jenis

- *Apparent specific gravity* , yaitu *ratio* antara bobot isi kering batuan dengan bobot isi air.

$$\text{Berat jenis semu} = \frac{W_o}{W_o - W_a} \dots \dots \dots (1)$$

Dengan :

W_o adalah berat sampel kering (gram).

W_a adalah berat dalam air (gram)

- *True specific gravity* , yaitu *ratio* antara bobot isi basah batuan dengan bobot isi air.

$$\text{Berat jenis asli} = \frac{W_o}{W_s - W_a} \dots \dots \dots (2)$$

Dengan :

W_o adalah berat sampel kering (gram).

W_s adalah berat sampel kering permukaan (gram)

W_a adalah berat dalam air (gram)

- Berat Jenis Kering Permukaan

$$\text{Berat jenis ssd} = \frac{W_s}{W_s - W_a} \dots\dots\dots(3)$$

Dengan :

W_s adalah berat sampel kering permukaan (gram)

W_a adalah berat dalam air (gram)

2. Berat Volume

Berat volume merupakan berat benda uji dengan volume benda uji. Pengujian berat volume dapat ditentukan dengan menggunakan rumus berikut :

$$\text{Berat volume} = \frac{W_3}{V} \dots\dots\dots(4)$$

Dengan :

W_3 adalah berat benda uji (kg)

V adalah volume benda uji (cm^3)

3. Kadar Air

- Kadar air asli (*natural water content*), yaitu *ratio* antara berat air asli yang ada dalam batuan dengan berat butiran batuan itu sendiri dalam %.

$$\text{Kadar air asli} = \frac{W_n - W_o}{W_o} \times 100\% \dots\dots\dots(5)$$

Dengan :

W_n adalah berat sampel asli (gram)

W_o adalah berat sampel kering (gram)

- Kadar air jenuh (*saturated water content*), yaitu *ratio* antara berat air jenuh yang ada dalam batuan dengan berat butiran batuan itu sendiri

$$\text{Kadar air jenuh} = \frac{W_n - W}{W_o} \times 100\% \dots\dots\dots(6)$$

Dengan :

W_n adalah berat sampel asli (gram)

W_o adalah berat sampel kering (gram)

4. Penyerapan

Berdasarkan (SNI 1969 : 2008) penambahan berat dari suatu agregat akibat air yang meresap ke dalam pori-pori, tetapi belum termasuk air yang tertahan pada permukaan luar partikel, dinyatakan sebagai persentase dari berat keringnya. Agregat dinyatakan kering ketika telah dijaga pada suatu temperature (110 ± 5) °C dalam rentan waktu cukup untuk menghilangkan seluruh kandungan air yang ada (sampai beratnya tetap). Dengan rumus penyerapan sebagai berikut :

$$\text{Penyerapan} = \frac{B-A}{A} \times 100\% \dots\dots\dots (7)$$

Dengan :

A adalah berat benda uji kering oven (gram).

B adalah berat benda uji dalam air (gram).

5. Abrasi

Menurut (SNI 03-2417-1991), agregat yang akan diuji adalah agregat yang lolos saringan no.12 (ukuran 1,18). *Los Angeles* adalah alat/mesin pengujian keausan suatu material dan didalam mesin tersebut diberi bola baja dengan ukuran 4-6 cm. Kemudian agregat dimasukkan kedalam mesin dan diputar sebanyak 100 kali sampai agregat didalamnya hancur. keausan agregat dibagi menjadi dua golongan yaitu :

- Nilai keausan kurang dari 40%, agregat kasar sangat disarankan dalam pekerjaan.
- Nilai keausan lebih dari 40%, agregat kasar tidak disarankan dalam pekerjaan. Untuk menghitung hasil pengujian, menggunakan rumus sebagai berikut :

$$\text{Keausan} = \frac{A-B}{A} \times 100\% \dots\dots\dots (8)$$

Dengan :

A adalah berat benda uji semula (gram)

B adalah berat benda uji tertahan saringan No. 12 (1,70mm), (gram)

2.2.3 Sifat Mekanik Batu

Berdasarkan (SNI 2825 : 2008) cara uji benda uji *uniaxial* suatu contoh batu dan harga kuat tekan benda uji batu dengan diameter minimum 47 mm. Nilai kuat

tekan batu bisa digunakan untuk memperkirakan kekuatan besarnya beban yang akan ditempatkan diatas sebuah pondasi batu tanpa mengakibatkan longsor atau rusak. Hasil dari pengujian ini dapat digunakan untuk mengetahui atau merencanakan dimensi suatu pondasi yang kuat aman terhadap beban pikulnya. Selain untuk perencanaan pondasi dapat digunakan juga untuk menentukan kualitas batu sebagai bahan urugan, pengujian terhadap kekekalan baik terhadap erosi maupun terhadap proses pelapukan. Sedangkan pada penelitian ini benda uji dibuat dengan kubus yang mengacu pada standard SNI 7656 – 2012.

Dengan rumus pengujian sebagai berikut :

$$f^{\prime}c = \frac{P}{A} \dots\dots\dots(9)$$

Dengan :

$f^{\prime}c$ adalah kuat tekan benda uji (kg/cm^2)

P adalah besar beban maksimum (kg)

A adalah penampang benda uji (cm^2)

2.2.4 Pengertian Beton

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 ($f^{\prime}c$) pada usia 28 hari. Bahan penyusun beton seperti air, semen, agregat (Agregat kasar dan agregat halus) mempunyai fungsi dan pengaruh yang berbeda-beda. Kuat tekan adalah hal yang paling penting dari beton, bahan campuran yang baik akan menghasilkan mutu beton yang tinggi.

Proses pembuatan beton harus sesuai standard yang telah ditetapkan, perencanaan pembuatan beton harus dihitung dengan teliti dan benar supaya angka kuat tekan yang dihasilkan bernilai tinggi. Beton harus dapat diaduk, diangkut, dituangkan, dan dapat dipadatkan, tidak terjadi pemisahan material seperti kerikil, air maupun semen dari campuran beton. Beton keras yang bagus digunakan adalah beton yang kuat, kaku, tahan lama, kedap air, tahan aus, dan mengalami susut yang kecil (Tjokrodimulyo 1996 : 2).

2.2.5 Sifat-sifat Beton

Sifat beton tergantung dari sifat agregat, semen, air, dan juga perbandingan

bahan-bahan penyusunnya. Menurut pendapat dari (Surdia, 2005) cara yang tepat untuk membuat beton maksimal yang khas perlu dipilih material yang khas juga serta dicampur dengan benar. yaitu berupa semen, agregat dan air. Berdasarkan sifatnya, ragam beton dapat dibedakan menjadi dua macam yaitu beton segar dan beton keras.

1. Beton Segar

Beton Segar adalah beton dengan campuran semen, air, agregat (halus dan kasar) dan menambahkan atau tidaknya bahan tambah aditif (SNI 1972:2008). Syarat pembuatan beton segar adalah:

- a) Mampu mengeras dalam jangka waktu yang sangat lama. Seperti kestabilan, kekuatan maupun keawetan beton.
- b) Mampu berada dalam kondisi plastis. Seperti mampu dikerjakan tanpa perlu kondisi *bleeding* maupun *segregation*.

2. Beton Keras

Beton keras adalah beton yang cukup kaku untuk menahan tekanan. Mempunyai sifat-sifat yang meliputi kekuatan tekan, regangan dan tegangan, rangkai dan susut, keawetan yang tinggi, reaksi terhadap temperatur, serta kekedapan terhadap air. Kualitas dari sebuah beton tergantung pada hasil kuat tekannya dan mutu yang akan digunakan. Pengujian untuk memastikan kualitas beton baik atau buruknya maka perlu dilakukan test kuat tekan, kuat tarik belah, kelenturan, pengujian perekatan beton dengan pembesian serta modulus elastisitasnya.

2.2.6 Unsur penyusun beton

Pada dasarnya bahan utama penyusun beton adalah terdiri dari Air, Semen, agregat halus dan agregat kasar. Sedangkan menurut (Neville, 2011) unsur kekuatan penyusun beton terdiri dari 3, yaitu :

1. Kekuatan dari batunya
2. Kekuatan dari mortar
3. Kekuatan dari ikatan antara batu dengan mortar

2.3 Material Beton

2.3.1 Semen Portland

Semen Portland adalah semen yang paling banyak digunakan secara umum

diseluruh dunia sebagai bahan dasar pembuatan beton yang berasal dari serbuk halus dari hasil pemanasan batu gamping dan mineral tanah liat dalam oven besar agar menjadi klinker. Standar untuk memproduksi semen portland untuk pekerjaan konstruksi di Indonesia adalah standar SII 0013–81 atau standard uji bahan bangunan Indonesia 1986. Semen portland menjadi salah satu material berbiaya rendah dan paling serbaguna dalam pembangunan konstruksi di Indonesia.

Semen harus sesuai dengan rencana kuat tekan dan spesifikasi yang telah ditentukan. Semen harus memiliki fungsi mengikat agregat-agregat hingga bermassa padat dan dapat mengisi bagian yang kosong dalam campuran agregat. Oleh karena itu, fungsi semen sebagai bahan pengikat sangatlah penting.

Pembuatan semen portland diproses dengan cara sebagai berikut:

1. Penambangan.
2. Pemecahan di pabrik pengolahan semen.
3. Pengadukan material.
4. Mencampur material penyusun beton.
5. Setelah itu membakar material penyusun beton.
6. Setelah pembakaran dilakukan pengadukan material kembali.
7. Kemudian menambahkan *gypsum*.
8. Pengemasan.

Semen portland diproduksi dengan cara mengoven karbonat (batu gamping) yang memiliki kandungan alumunia dengan komposisi yang direncanakan dan dioven dengan menggunakan tanur (oven besar dalam ruangan) dengan suhu diatas 1400°C hingga menjadi klinker, penggilingan klinker dan menambahkan sejumlah kecil bahan lainnya. Jenis semen portland yang umum digunakan adalah semen portland biasa (OPC). Semen khusus yang diproduksi agar semen cepat mengeras akan ditambahkan kalsium klorida.

Oksida	Notasi Pendek	Nama Umum	Berat (%)
Ca O ₄	C	Kapur	63
SiO ₂	S	Silika	22
Al ₂ O ₃	A	Alumina	6
Fe ₂ O ₃	F	Ferrit Oksida	2,5
MgO	M	Magnesia	2,6
K ₂ O	K	Potassium Oksida	0,6
Na ₂ O	N	Sodium Oksida	0,3
SO ₂	S	Sulfur Oksida	2

Gambar 2.1 Penelitian Semen

Sumber : Sudrajat (2022)

Jenis semen portland menurut standard SII 0031-81, yaitu :

1. Tipe I : Digunakan pada pekerjaan bangunan biasa pada umumnya dan bangunan yang tidak memungkinkan adanya kandungan sulfat dan munculnya panas hidrasi. Contohnya: jalan, gedung jembatan dan lain-lain.
2. Tipe II : Digunakan pada pekerjaan konstruksi bangunan yang mengandung sulfat dan panas hidrasi dalam kondisi sedang. Contohnya: Mercusuar, Dam, irigasi, dan bangunan yang berada diposisi dengan banyak mengandung sulfat dan panas hidrasi rendah.
3. Tipe III : Digunakan untuk pekerjaan konstruksi bangunan yang membutuhkan kuat tekan yang tinggi pada fase awal dimulainya waktu pengikatan beton. Contohnya: jembatan – jembatan, pondasi-pondasi berat, gedung pencakar langit dan lain-lain.
4. Tipe IV : Digunakan untuk pekerjaan konstruksi yang tidak menimbulkan panas, Contohnya: pengecoran dengan penyemprotan (*Setting Time Lama*)
5. Tipe V : Digunakan untuk pekerjaan konstruksi bangunan dengan kandungan sulfat yang tinggi. Contohnya: pabrik pengolahan limbah, konstruksi, ring pertambangan migas, jembatan, terowongan, dermaga, pembangkit tenaga nuklir dan lain-lain.

2.3.2 Air

Air berfungsi sebagai bahan untuk mencampur dan mengaduk material penyusun beton. Air yang baik untuk pembuatan beton adalah air yang dapat

diminum karena memenuhi syarat sebagai bahan penyusun beton. Air yang dimaksud adalah air yang bebas dari zat-zat organik yang terlarut dan terlalu banyak (Mindess, 2003).

Menurut SNI 03-6861.1-2002 persyaratan air untuk campuran beton adalah.

1. Air yang bersih.
2. Tidak berlumpur, berminyak maupun terdapat zat-zat asing terlarut yang dapat terlihat secara kasat mata.
3. Terdapat zat-zat tersuspensi kurang dari 0.02 kg/ltr.
4. Mengandung garam kurang dari 15 gr/l, terdapat klorida (Cl) tidak lebih dari 0,5 gram dan sulfat tidak lebih dari 1 gram sebagai SO₃.
5. Penurunan kuat tekan beton yang menggunakan air yang diperiksa <10%, dan
6. Khusus untuk beton pratekan, kecuali syarat-syarat diatas air mengandung klorida >0,05 gram/liter.
7. Semua air yang tidak sesuai persyaratan harus diuji secara kimia.

Pencampuran semen dan air biasa disebut FAS adalah hal penting dalam pembuatan pasta semen. Campuran air dalam pembuatan beton secara berlebihan akan menyebabkan gelembung air menjadi banyak setelah proses hidrasi selesai sedangkan apabila air terlalu sedikit maka akan mempengaruhi kuat tekan beton. Kebutuhan air dalam campuran pembuatan beton harus berkaitan dengan penjelasan dibawah ini:

1. Bentuk agregat minimum : ukuran agregat apabila berbentuk kecil maka perlu dilakukan penambahan jumlah air.
2. Bentuk butiran agregat : kebutuhan air menurun apabila agregat berbentuk bulat dan lebih banyak air untuk batu pecah.
3. Gradasi agregat : apabila gradasi baik maka kebutuhan air akan menurun untuk kelecakan yang sama.
4. Kebersihan agregat : dalam hal ini yang umum adalah lumpur. Kadar air meningkat apabila jumlah kotoran pada agregat makin banyak.
5. Jumlah agregat : jumlah agregat terlalu banyak maka air yang digunakan meningkat begitupun sebaliknya.

2.3.3 Agregat Kasar

Kerikil pecah yang batuaannya lebih dari 0,5 cm atau yang tertahan diayakan

0,475 cm adalah agregat kasar. Agregat kasar pada beton adalah kerikil pecah yang berasal dari batu-batuan atau batu pecah yang didapat secara manual ataupun mesin. Kerikil pecah yang baik digunakan dalam pembuatan beton adalah batuan yang keras, tidak mudah pecah, dan bentuk yang kasar, tidak mengandung lumpur diatas 1 % dan tidak mengandung zat-zat yang dapat merusak beton.

Menurut SNI 03–1970–1990 agregat kasar yaitu kerikil sebagai hasil disintegrasi alami dari batuan atau berupa batu pecah yang diperoleh dari industri pemecah batu secara manual ataupun dengan menggunakan mesin dengan ukuran butir 4,75 mm – 40 mm (Saringan No.4 – No 1 1/2 inch).

Agregat terbagi dari 3 macam apabila dilihat dari berat jenisnya, yaitu:

1. Batu Ringan
Berat jenis $< 2,5 \text{ gr/cm}^3$.
2. Batu Normal
Berat jenis $2,5 \text{ gr/cm}^3 - 2,7 \text{ gr/cm}^3$.
3. Batu Berat
Berat jenis $> 2,7 \text{ gr/cm}^3$.

Tabel 2.1 Gradasi Saringan Ideal Kasar

Persen Butir Lewat Ayakan, Besar Butir Maksimal			
Lubang Ayakan (mm)	40 mm	20 mm	12,5 mm
38,10	95 – 100	100	-
19,00	35 – 70	95 – 100	100
9,52	10 – 40	30 – 60	50 – 85
4,76	0 – 5	0 – 10	0 – 10

Sumber : Penelitian (2023)

2.3.4 Agregat Halus

Bahan penyusun beton terdiri dari 70%-80% agregat dari total volume beton, sehingga menjadi material penting dalam pembuatan beton (Mindess, 2003). Menurut (Nawy, 1998) Agregat halus harus bergradasi agar massa beton dapat berguna sebagai kesatuan yang utuh, rapat, homogen dan bervariasi dalam berperilaku.

Agregat halus disini adalah pasir, baik berupa pasir alami, atau dari hasil pembuatan secara manual maupun menggunakan mesin. Agregat halus memiliki

ukuran <4,75 mm (ASTM C 125–06). Menurut standar SK SNI T-15-1991-03 ada beberapa jenis pasir tergantung ukurannya seperti:

1. Pasir halus : < 1,2 mm
2. Silt : < 0,075 mm
3. Clay : < 0,002 mm

Berikut adalah pengertian lain dari agregat halus, yaitu :

- Agregat dengan butiran halus antara 0,2 cm – 0,5 cm.
- Berdasarkan standar SNI 02-6820-2002, agregat yang butiran maksimumnya sebesar 0,475 cm.
- Menurut Neville (2011), agregat dengan ukuran <0,05 cm adalah pasir alam maupun pasir hasil proses secara manual ataupun menggunakan mesin.

Berdasarkan Standar SNI 02-6820-2002 persyaratan agregat halus harus sesuai dengan penjelasan berikut ini:

- Pasir yang bagus adalah pasir dengan bentuk yang keras dan tajam
- Pasir tidak gampang pecah atau hancur terkena cuaca panas ataupun dingin dan dapat dibuktikan dengan menggunakan natrium sulfat dengan kehancuran pasir tidak lebih dari 10% berat total agregat halus.
- Mengandung kadar lumpur dibawah 5% (terhadap berat kering), jika melebihi 5% maka pasir wajib dicuci.

Tabel 2. 2 Batas-batas Gradasi Agregat Halus

Diameter Saringan (mm)	Persen butir lolos ayakan			
	Zona 1 (Kasar)	Zona 2 (Agak Kasar)	Zona 3 (Agak Halus)	Zona 4 (Halus)
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
0,6	15-34	35-59	60-79	80-100
0,3	5-20	8-30	12-40	15-50
0,15	0-10	0-10	0-10	0-15

Sumber : Penelitian (2023)

Pasir alam terbagi menjadi 3, yaitu :

1. Pasir gunung

Pasir yang didapat dengan cara menambang di kuari, galian bukit atau letusan gunung berapi, memiliki ciri berbentuk runcing dan berstruktur halus.

2. Pasir sungai

Pasir yang berasal penggalian dan penambangan di sungai, memiliki bentuk dan ukuran berbeda-beda karena tergantung asal batuan dan besar kecilnya aliran sungai.

3. Pasir laut

Pasir laut berasal dari pesisir pantai dengan ukuran antara 0,55 - 2,5 mm.