

2 TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Penelitian Terdahulu

Pada penelitian ini digunakan zeolite sebesar 4 %, 8%, 12 sebagai bahan tambah semen. penambahan ini bertujuan untuk meningkatkan kuat tekan beton. Penambahan variasi 4%, 8%, dan 12% dipilih berdasarkan pendekatan bertahap untuk melihat efek bahan tambah tanpa perubahan yang terlalu drastis. Standar internasional seperti ACI dan SNI mendukung rentang 5 % - 15 % untuk material pozzolanik, sehingga 4%, 8%, dan 12% adalah pilihan yang logis. Penelitian sebelumnya menggunakan persentase 5 %, 10 %, 15 %, dan didapatkan optimal di 10 % dan terdapat penurunan kuat tekan di 15 %. Penelitian ini menggunakan 4%, 8%, dan 12% bertujuan untuk melihat apakah kuat masih bisa bertambah di rentang 10 % - 15 %, dan melihat perbandingan kuat tekan yang dihasilkan. Perbedaan penggunaan zeolite di penelitian ini digunakan sebagai bahan tambah semen, sedangkan penelitian terdahulu digunakan sebagai pengganti sebagian semen.

2.1.1 Ahmad Soiful Iqbal (2018)

Ahmad Soiful Iqbal melakukan penelitian dengan judul “Pengaruh Zeolit Sebagai Material Pengganti Semen Pada Campuran Beton *Self Compacting Concrete* (SCC) Terhadap Kuat Tekan Dan Porositas Beton”. Penelitian ini dilakukan dengan material *zeolite* sebagai pengganti semen dengan kadar variasi penggunaan 0%, 5%, 10%, dan 15 % dari berat semen pada campuran beton. Pada pengujian Kuat Tekan Beton digunakan benda uji beton silinder ukuran 30 x 15 cm yang dilakukan pada umur 28 hari dengan variasi *zeolite* 0%, 5%, 10%, dan 15 % .

Hasil penelitian yang didapatkan menunjukkan penurunan nilai *flowability*, *filling ability* dan *passing ability* campuran beton seiring penambahan kadar penggunaan *zeolite*. Hasil pengujian kuat tekan menunjukkan kadar optimum variasi penggunaan *zeolite* sebesar 10% dengan hasil kuat tekan rata-rata 37,87 MPa dan pada pengujian kadar porositas mengalami kenaikan persentase porositas seiring penambahan penggunaan kadar *zeolite*. Hasil dari

pengujian pada variasi 0% mendapatkan kuat tekan rata-rata sebesar 34,13 MPa, untuk variasi 5% naik menjadi 34,32 MPa, kenaikan terbesar terdapat pada variasi 10% dengan nilai kuat tekan rata-rata sebesar 37,87 MPa, pada variasi 15% nilai kuat tekan rata-rata menurun menjadi 32,15 MPa. Ini menunjukkan bahwa penambahan zeolite paling efektif berada pada kisaran 10% dari berat semen yang digunakan.

Adapun persamaan dan perbedaan dari penelitian yang akan dilakukan dengan penelitian ini adalah sebagai berikut :

Tabel 2.1 Tabel Persamaan dan Perbedaan

No.	Persamaan	Perbedaan	
		Penelitian Terdahulu	Penelitian yang Dilakukan
1.	Menggunakan bahan tambah yang sama (<i>zeolite</i>)	Menggunakan beton <i>Self Compacting Concrete</i> (SCC).	Beton yang digunakan Jenis Beton Normal
2.	Tinjauan analisis (Kuat Tekan)	Persentase tambahan <i>zeolite</i> (0%, 5%, 10%, 15%).	Persentase tambahan <i>zeolite</i> sebesar (0%, 4%, 8%, dan 12 %)
3.	Ukuran benda uji yang digunakan Sebesar 150 mm x 300 mm	Umur Pengujian kuat tekan hanya dilakukan di 28 hari	Pengujian kuat tekan dilakukan pada umur 7, 14, 21, 28 hari

2.1.2 Putri Shinta Permatasari (2020)

Putri Shinta Permatasari melakukan penelitian dengan judul “Penggunaan Limbah Zeolite dan Bentonite pada Campuran Beton Ditinjau Terhadap Sifat

Mekanik Beton”. Penelitian ini bertujuan untuk mencari alternatif dari ketersediaan semen sebagai campuran beton. Maka dilakukan penelitian untuk perbandingan antara limbah *zeolite* dan *bentonite* sebagai tambahan semen pada campuran beton. Pengujian dilakukan pada benda uji silinder berdiameter 10 cm, dan tinggi 20 cm. Pengujian yang dilakukan adalah kuat tekan dan porositas pada usia beton 28 hari.

Hasil penelitian didapatkan kesimpulan bahwa campuran beton dengan limbah *zeolite* sebesar 5% dari berat semen menghasilkan nilai kuat tekan sebesar 23,12 Mpa lebih tinggi dari kuat tekan beton normal yang menghasilkan nilai kuat tekan sebesar 21,89 Mpa. Kuat tekan beton dengan limbah *bentonite* sebesar 5% dari berat semen menghasilkan nilai kuat tekan sebesar 22,93 Mpa, lebih tinggi dari beton normal sebesar 21,89 Mpa. Dapat disimpulkan bahwa dengan adanya substitusi *zeolite* dan *bentonite* pada variasi 5% pada beton dapat meningkatkan kuat tekan beton. Akan tetapi dengan substitusi *zeolite* dan *bentonite* 20% pada beton mengalami penurunan. Hal ini disebabkan komposisi beton terutama pada semen yang memiliki pengaruh utama pada kuat tekan tergantikan dengan *zeolite* dan *bentonite* akibat substitusi yang terlalu banyak sehingga daya ikat yang dimiliki oleh beton berkurang.

Adapun persamaan dan perbedaan dari penelitian yang akan dilakukan dengan penelitian ini adalah sebagai berikut :

Tabel 2.2 Tabel Persamaan dan Perbedaan

No.	Persamaan	Perbedaan	
		Penelitian Terdahulu	Penelitian yang Dilakukan
1.	Menggunakan bahan tambah yang sama (<i>zeolite</i>)	Menggunakan beton <i>Self Compacting Concrete</i> (SCC).	Beton yang digunakan Jenis Beton Normal
2.	Tinjauan analisis (Kuat Tekan)	Persentase tambahan <i>zeolite</i>	Persentase tambahan <i>zeolite</i>

No.	Persamaan	Perbedaan	
		Penelitian Terdahulu	Penelitian yang Dilakukan
		(0%, 5%, 10%, 15%).	sebesar (0%, 4%, 8%, dan 12 %)
3.	Ukuran benda uji yang digunakan Sebesar 150 mm x 300 mm	Umur Pengujian kuat tekan hanya dilakukan di 28 hari	Pengujian kuat tekan dilakukan pada umur 7, 14, 21, 28 hari

2.1.3 Mahmud Rekarifin Poerwadi (2017)

Mahmud Rekarifin Poerwadi melakukan penelitian dengan judul “Karakteristik Beton Memadat Mandiri dengan *Zeolite* sebagai Pengganti Sebagian Semen”. Penelitian ini menggunakan material alternatif *zeolite* sebagai substitusi semen pada campuran beton. Variasi kadar *zeolite* yang di pakai pada campuran beton adalah 0%, 5%, 10%, dan 15% dari berat semen. Semua campuran benda uji menggunakan Faktor Air Semen (FAS) sebesar 0,49 dan bahan tambah *superplasticizer* sebesar 1,5% dari berat semen untuk mencapai kekentalan khusus yang memungkinkannya mengalir sendiri. Benda uji yang digunakan silinder berdiameter 10 cm, dan tinggi 20 cm. Pengujian dilakukan untuk mendapatkan nilai waktu ikat (*setting time*), kemampuan mengisi (*fillingability*), kemampuan melewati (*passingability*), dan kuat tekan SCC dengan kadar *zeolite* yang berbeda.

Hasil penelitian menunjukkan bahwa beton dengan campuran *zeolite* sebagai pengganti sebagian dari semen, menunjukkan bahwa penggunaan *zeolite* dengan kadar 10 % mempunyai nilai kuat tekan paling tinggi sebesar 28,06 Mpa dibandingkan dengan variasi yang lainnya. Kuat tekan optimum diambil pada umur 28 hari sesuai dengan umur dan kuat tekan rencana pada *mix design* yang dibuat yaitu 25 MPa.

Tabel 2.3 Tabel Persamaan dan Perbedaan

No.	Persamaan	Perbedaan	
		Penelitian Terdahulu	Penelitian yang Dilakukan
1.	Menggunakan bahan tambah yang sama (<i>zeolite</i>)	Menggunakan beton <i>Self Compacting Concrete</i> (SCC).	Beton yang digunakan Jenis Beton Normal
2.	Tinjauan analisis (Kuat Tekan)	Persentase tambahan <i>zeolite</i> (0%, 5%, 10%, 15%).	Persentase tambahan <i>zeolite</i> sebesar (0%, 4%, 8%, dan 12 %)
3.		Benda uji yang digunakan berukuran 100 mm x 200 mm	Benda uji yang digunakan berukuran 150 mm x 300 mm

2.2 Beton

Beton merupakan campuran semen portland atau semen hidrolis lainnya, agregat halus, agregat kasar, dan air, dengan atau tanpa bahan campuran tambahan. Pembuatan beton diawali dengan mencampurkan semen dan air sehingga membentuk pasta semen. Pasta tersebut kemudian ditambahkan agregat halus hingga menjadi mortar. Akhirnya, mortar dicampurkan dengan agregat kasar agar menjadi beton. Agregat adalah butiran mineral alami pengisi campuran beton, yaitu pasir (agregat halus) dan kerikil atau split (agregat kasar) (Putra, 2021).

Beton merupakan suatu konstruksi yang umumnya tersusun dari air semen dan agregat. Penggunaan beton saat ini tidak hanya pada ruang lingkup struktur

saja, akan tetapi bisa juga digunakan untuk non struktur. Banyak komponen non struktur bangunan yang terbuat dari beton misalnya, dinding, kolom praktis, perabot rumah, maupun berbagai macam hiasan. Penggunaan beton pada komponen non struktur tentulah berbeda dengan struktur dimana komposisi di desain sedemikian rupa untuk menghasilkan beton dengan nilai estetika maupun dari segi ekonomi yang lebih (Widodo & Basith, 2017).

Secara umum, Beton merupakan suatu massa padat yang dihasilkan melalui pencampuran yang terdiri dari air, semen serta agregat yang tidak akan berubah bentuk apabila sudah mengeras. Keunggulan dari beton adalah sangat kuat terhadap beban tekan, akan tetapi beton sangat lemah terhadap beban tarik karena beton memiliki sifat yang sangat getas. Untuk mengatasi beberapa kekurangan dari beton, seringkali konstruksi dibangun dengan menggunakan sistem beton komposit, dimana beton dikombinasikan dengan baja tulangan untuk menahan gaya tarik yang terjadi pada sebuah konstruksi serta mengurangi tingkat kegetasannya (Prayuda & Pujiyanto, 2018).

2.3 Karakteristik Beton

Beton yang terbentuk dari pencampuran semen, agregat kasar, agregat halus dan air memiliki sifat khusus. Dalam keadaan segar, beton harus mudah dikerjakan dan dalam keadaan keras beton harus mampu menerima beban tekan serta awet dalam menghadapi serangan kondisi lingkungan. Selain itu, beton juga dapat dirancang sesuai dengan peruntukannya dan kualitas yang diinginkan. Beton yang baik harus memenuhi tiga syarat yaitu :

1. Memiliki bahan pengisi yang baik, yaitu dengan kekerasan butiran agregat yang baik dan gradasi agregat yang beragam.
2. Memiliki bahan perekat yang baik, yaitu dengan kualitas dan kuantitas semen yang baik serta jumlah air yang digunakan sesuai dengan kebutuhan semen.
3. Memiliki lekatan antara matriks dan agregat yang baik. Hal ini dipengaruhi oleh kekasaran permukaan dan kebersihan permukaan material alam.

Secara detail diuraikan sifat beton terbagi atas dua, yaitu sifat beton dalam keadaan segar atau sesaat setelah dicampur dan sifat beton dalam keadaan keras.

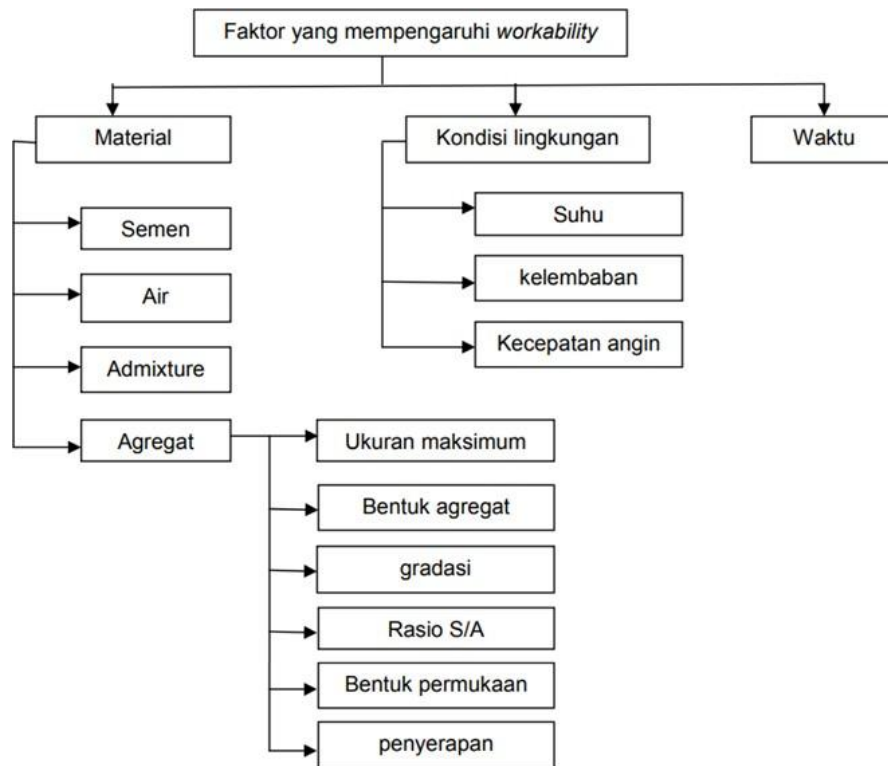
2.3.1 Sifat Beton Segar

Sifat beton dalam keadaan segar atau sesaat setelah dicampur, tiga sifat yang penting yang harus selalu diperhatikan adalah kemudahan pengerjaan (*workability*), Pemisahan Agregat (*segregasi*), dan pemisahan air (*bleeding*).

1. Kemudahan pengerjaan (*workability*)

Sifat ini merupakan ukuran dari tingkat kemudahan adukan untuk dikerjakan, diangkut, dituang dan dipadatkan. Perbandingan bahan maupun sifatnya secara bersama-sama mempengaruhi sifat kemudahan pengerjaan beton segar. Unsur-unsur yang mempengaruhi sifat kemudahan pengerjaan antara lain :

- a. Jumlah air, makin banyak air yang dipakai makin mudah beton segar untuk dikerjakan.
- b. Kandungan semen, makin banyak semen berarti semakin banyak kebutuhan air, untuk memperoleh nilai FAS tetap.
- c. Gradasi campuran pasir dan kerikil, Jika campuran pasir dan kerikil memenuhi syarat yang sesuai dengan standar, maka akan lebih mudah dikerjakan.
- d. Bentuk butiran agregat kasar, agregat berbentuk bulat lebih mudah untuk dikerjakan.
- e. Butir maksimum, kerikil yang dipakai juga berpengaruh terhadap tingkat kemudahan pengerjaan, makin besar kerikil makin sulit untuk dikerjakan.
- f. Cara pemadatan dan alat pemadat, menentukan sifat pengerjaan yang berbeda. Bila cara pemadatan dilakukan dengan alat getar maka diperlukan jumlah air yang lebih sedikit dibandingkan dengan dipadatkan menggunakan tangan



Gambar 2.1 Faktor yang mempengaruhi workability beton segar

Workability juga mengandung makna bahwa adukan mudah untuk dipadatkan sehingga rongga-rongga udara dapat dihilangkan. Meski demikian, adukan tersebut harus merupakan suatu massa yang homogen dan tidak terjadi pemisahan antara bahan penyusun. Selain itu, beton juga harus memiliki sifat mobilitas yang baik atau mudah mengalir dalam cetakan. Tingkat kemudahan pengerjaan berkaitan erat dengan tingkat kelecakan (keenceran) adukan beton. Makin cair adukan makin mudah cara pengerjaannya. Untuk mengetahui tingkat kelecakan adukan beton biasanya dilakukan dengan percobaan slump. Percobaan dilakukan dengan alat berbentuk kerucut terpancung, yang diameter atasnya 10 cm dan diameter bawahnya 20 cm dengan tinggi 30 cm, dilengkapi dengan kuping untuk mengangkat beton segar dan tongkat pemadat diameter 16 mm sepanjang minimal 60 cm. makin besar nilai *slump* berarti adukan semakin encer dan mudah untuk dikerjakan. Pada umumnya nilai *slump* berkisar antara 5-12,5 cm.

2. Segrasi

Segregasi adalah kecenderungan butir-butir kasar untuk lepas dari campuran beton. Segregasi dapat terjadi karena turunnya butiran ke bagian bawah dari beton segar, atau terpisahnya agregat kasar dari campuran, akibat cara penuangan dan pemadatan yang salah. Segregasi tidak bisa diujikan sebelumnya, hanya dapat dilihat setelah semuanya terjadi. Secara nyata, kejadian segregasi beton dapat dilihat ketika pencampuran bahan yaitu nampak pemisahan antara agregat dan pasta semen. Segregasi pada beton disebabkan oleh :

- a. Campuran yang kurus atau kurang semen.
- b. Penggunaan air yang terlalu banyak.
- c. Gradasi agregat yang tidak sesuai standar.
- d. Campuran yang kasar atau kurangnya agregat halus.
- e. Tinggi jatuh pengecoran beton yang tertinggi.

Pemisahan kerikil dari adukan beton berakibat kurang baik terhadap sifat beton keras. Jika tingkat segregasi beton sangat tinggi, maka ke tidak sempurnaan konstruksi beton juga tinggi. Hal ini dapat berupa keropos, terdapat lapisan yang lemah dan berpori, permukaan nampak bersisik dan tidak rata. Untuk mengurangi kecenderungan tersebut, dapat dicegah dengan hal-hal berikut :

- a. Jumlah air dan semen yang tepat.
- b. Gradasi agregat yang memenuhi syarat.
- c. Cara pengangkutan, penuangan maupun pemadatan harus mengikuti tata cara yang benar.

3. Pemisahan air (*bleeding*)

Bleeding adalah pengeluaran air dari adukan beton yang disebabkan oleh pelepasan air dari pasta semen. Sesaat setelah dicetak, air yang terkandung didalam beton segar cenderung untuk naik ke permukaan membawa semen dan butir-butir halus, naiknya air bersamaan dengan turunnya bahan ke dasar disebabkan oleh pengaruh gravitasi akibat berat sendiri. Pada saat beton mengeras nantinya akan membentuk selaput (*laitance*). *Bleeding* dipengaruhi oleh :

- a. Susunan butir agregat, jika komposisinya sesuai kemungkinan untuk terjadi *bleeding* kecil.
- b. Banyaknya air, makin banyak air berarti makin besar pula kemungkinan terjadinya *bleeding*.
- c. Kecepatan hidrasi, makin cepat beton mengeras makin kecil kemungkinan terjadinya *bleeding*.
- d. Proses pemadatan yang berlebihan akan menyebabkan terjadinya *bleeding*

Bleeding terjadi akibat ketidakmampuan bahan padat campuran untuk menangkap air pencampur. Ketika *bleeding* sedang berlangsung, air campuran terjebak di dalam kantong-kantong yang terbentuk antara agregat dan pasta semen (matriks). Sesudah *bleeding* selesai dan beton mengeras, kantong-kantong menjadi kering ketika berlangsung perawatan dalam keadaan kering. Akibatnya, apabila ada tekanan, kantong-kantong tersebut menjadi penyebab mudahnya retak pada beton dan bahan lembut semacam debu halus. Untuk mengurangi terjadinya *bleeding* maka dilakukan cara berikut :

- a. Memberi lebih banyak semen dalam campuran.
- b. Menggunakan air sesedikit mungkin.
- c. Menggunakan butir halus (pasir) lebih banyak.
- d. Menyesuaikan intensitas dan durasi penggetar sesuai dengan nilai
- e. *slump* campuran.

2.3.2 Sifat Beton Keras

Sifat beton dalam keadaan keras yaitu kekuatan beton, rangkai & susut, kekedapan air dan tahan lama.

1. Kekuatan Beton

Beton baik dalam menahan tegangan tekan daripada jenis tegangan yang lain, dan umumnya pada perencanaan struktur beton memanfaatkan sifat ini. Karena kekuatan tekan dari beton dianggap sifat yang paling penting dalam kebanyakan kasus. Sifat kekuatan tekan merupakan sifat

utama yang umum harus dimiliki oleh beton, sebab beton yang tidak cukup kekuatan tekannya menurut kebutuhannya menjadi tidak berguna. Secara umum kekuatan beton dipengaruhi oleh dua hal yaitu faktor air semen dan kepadatannya. Beton dengan faktor air semen kecil sampai dengan jumlah air semen cukup untuk hidrasi semen secara sempurna akan memiliki kekuatan yang optimal. Selain itu, memang untuk keadaan yang berada kuat desak beton dipengaruhi oleh banyak hal, misalnya sifat semen, sifat agregat, kepadatan, perbandingan antara bahan batuan dan semen dan sebagainya. Kuat tarik beton berkisar $1/18$ kuat tekan beton saat umurnya masih muda dan menjadi $1/20$ sesudahnya. Kuat tarik berperan penting dalam menahan retak-retak akibat perubahan kadar air dan suhu. Di dalam prakteknya, kuat tekan dan tarik selalu diikuti oleh kuat geser. Berdasarkan kuat tekan nya beton di bagi beberapa jenis seperti table di bawah.

Tabel 2.4 Kekuatan Beton Menurut Kuat Tekanya

No	Jenis beton	Kuat Tekan (MPa)
1	Beton sederhana	10
2	Beton normal	15 - 30
3	Beton prategang	30 - 40
4	Beton kuat tekan tinggi	40 - 80
5	Beton kuat tekan sangat tinggi	> 80

2. Rangkak dan Susut

Setelah beton mulai mengeras, beton akan mengalami pembebanan. Pada beton yang menahan beban akan terbentuk suatu hubungan tegangan dan regangan yang merupakan fungsi dari waktu pembebanan. Beton menunjukkan sifat elastisitas murni pada waktu

pembebanan singkat, sedangkan pada pembebanan yang tidak singkat beton akan mengalami regangan dan tegangan sesuai dengan lama pembebanannya.

Rangkak adalah peningkatan deformasi (regangan) secara bertahap terhadap waktu akibat beban yang bekerja secara konstan. Deformasi awal akibat pembebanan disebut sebagai regangan elastis, sedangkan regangan tambahan akibat beban yang sama disebut regangan rangkak. Rangkak timbul dengan intensitas yang semakin berkurang setelah selang waktu tertentu dan kemungkinan berakhir setelah beberapa tahun. Besarnya rangkak berbanding terbalik dengan kekuatan beton. Rangkak akan lebih besar bila faktor air semen semakin besar. Agregat memberi pengaruh menghambat penyusutan. Susut adalah perubahan volume yang tidak berhubungan dengan beban, jika terjadi kehilangan kandungan uap air akibat penguapan. Jika dihalangi secara merata, proses susut dalam beton akan menimbulkan deformasi yang umumnya bersifat menambah deformasi rangkak.

Proses rangkak selalu dihubungkan dengan susut karena keduanya terjadi bersamaan dan sering kali memberikan pengaruh yang sama terhadap deformasi. Pada umumnya, beton yang semakin tahan terhadap susut akan mempunyai kecenderungan rangkak yang rendah, sebab kedua fenomena ini berhubungan dengan proses hidrasi pasta semen. Rangkak dipengaruhi oleh komposisi beton, kondisi lingkungan, ukuran benda uji atau elemen struktur. Pada prinsipnya rangkak merupakan fenomena bergantung pada beban sebagai fungsi waktu. Faktor-faktor yang mempengaruhi rangkak dan susut adalah sebagai berikut :

- a. Sifat bahan dasar beton (komposisi dan kehalusan semen, kualitas adukan, dan kandungan mineral dalam agregat).
- b. Rasio air terhadap jumlah semen (*water cement rasio*).
- c. Suhu pada saat pengerasan (*temperature*).
- d. Kelembaban nisbi pada saat proses penggunaan (*humidity*).
- e. Umur beton pada saat beban bekerja.
- f. Nilai slump (*slump test*).

- g. Lama pembebanan.
- h. Nilai tegangan.
- i. Nilai rasio permukaan komponen struktur.

3. Kekedapan air

Proses pengeringan beton, jumlah air yang dipakai tidak seluruhnya digunakan dalam proses hidrasi. Dimana hidrasi adalah reaksi kimia antara partikel semen dan air yang menghasilkan pasta semen atau bahan pengikat. Sebagian air terlepas sebagai *bleeding* dan menyebabkan terjadinya rongga akibat adanya gelembung-gelembung udara yang terbentuk selama atau sesudah pencetakan.

4. Tahan lama

Durabilitas adalah kemampuan beton untuk menahan cuaca, serangan kimia, abrasi, atau proses kerusakan lain, dengan demikian durabilitas beton akan mempertahankan bentuk asli, kualitas dan kemampuan layan saat terepose di lingkungan. Sifat ini terkait dengan kerusakan yang terjadi akibat kondisi lingkungan. Kerusakan tersebut dapat berupa kerusakan visual seperti perubahan warna dan tekstur atau dapat pula berupa kerusakan mekanis seperti penurunan kekuatan tekannya.

2.4 Material Penyusun Beton

2.4.1 Semen

Semen portland adalah semen hidrolis yang dihasilkan dengan cara menggiling terak semen portland terutama yang terdiri atas kalsium silikat yang bersifat hidrolis dan digiling bersama-sama dengan bahan tambahan berupa satu atau lebih bentuk kristal senyawa kalsium sulfat dan boleh ditambah dengan bahan tambahan lain (Badan Standarisasi Nasional, 2015). Semen berfungsi merekatkan butir-butir agregat agar membentuk suatu massa padat dan juga untuk mengisi rongga udara diantara butir agregat. Semen merupakan bahan ikat yang penting dan banyak digunakan dalam pembangunan fisik di sektor konstruksi sipil. Jika semen ditambah air akan menjadi pasta semen. Jika pasta semen ditambah agregat halus akan menjadi mortar dan jika semen ditambah air

ditambah agregat halus dan agregat kasar akan menjadi campuran beton segar yang setelah mengeras akan menjadi beton keras (*concrete*).

Menurut Peraturan Beton 1989 (SKBI. 1.4.53.1989) dalam ulasannya di halaman 1, membagi semen portland menjadi lima jenis (SK.SNI T– 15–1990– 03:2) yaitu :

1. Jenis I : Semen Portland yang dalam penggunaannya tidak memerlukan persyaratan khusus seperti jenis-jenis lainnya. Biasanya digunakan dalam konstruksi beton secara umum.
2. Jenis II : Semen Portland yang dalam penggunaannya memerlukan ketahanan terhadap sulfat dan panas hidrasi sedang. Digunakan dalam struktur bangunan air / drainase dengan kadar konsentrasi sulfat tinggi di dalam air tanah.
3. Jenis III : Semen Portland untuk konstruksi yang menuntut persyaratan kekuatan awal yang tinggi. Biasanya digunakan pada struktur-struktur bangunan yang bekistingnya harus cepat dibuka dan akan segera dipakai kembali.
4. Jenis IV : Semen Portland yang dalam penggunaannya memerlukan panas hidrasi yang rendah. Biasanya digunakan pada konstruksi dam / bendungan, dengan tujuan panas yang terjadi sewaktu hidrasi merupakan faktor penentu bagi keutuhan beton.

2.4.2 Air

Air adalah bahan dasar pembuatan beton yang paling murah. Fungsi air dalam beton adalah untuk membuat semen bereaksi dan sebagai bahan pelumas antara butir-butir agregat. Untuk membuat semen bereaksi hanya dibutuhkan air sekitar 25-30 persen dari berat semen. Tetapi pada kenyataan dilapangan apabila faktor air semen (berat air dibagi berat semen) kurang dari 0,35 maka adukan sulit dikerjakan, sehingga umumnya faktor air semen lebih dari 0,40 yang mana terdapat kelebihan air yang tidak bereaksi dengan semen. Kelebihan air inilah yang berfungsi sebagai pelumas agregat, sehingga membuat adukan mudah dikerjakan. Tetapi seiring dengan semakin mudahnya pengerjaan, maka akan menyebabkan beton menjadi porous atau terdapat banyak rongga, maka kuat tekan beton itu sendiri akan menurun..

Air pada campuran beton akan berpengaruh terhadap :

1. Sifat *workability* adukan beton.
2. Besar kecilnya nilai susut beton.
3. Kelangsungan reaksi dengan semen portland, sehingga dihasilkan kekuatan selang beberapa waktu.
4. Perawatan terhadap adukan beton guna menjamin pengerasan yang baik.

Air digunakan sebagai bahan pencampur dan pengaduk beton untuk mempermudah pekerjaan. Menurut PBBI 1971 N.I.– 2, pemakaian air untuk beton tersebut sebaiknya memenuhi persyaratan sebagai berikut :

1. Air harus bersih
2. Tidak mengandung lumpur
3. Tidak mengandung garam-garam yang dapat merusak beton seperti asam, zat organik
4. Tidak mengandung minyak dan alkali.
5. Tidak mengandung senyawa asam.

2.4.3 Agregat

Agregat merupakan material yang ditambahkan ke dalam pasta semen dalam proses pembuatan beton untuk mengurangi pemakaian semen. Hal ini dilakukan karena agregat lebih murah dibandingkan dengan semen serta penambahan agregat akan membentuk beton dengan volume yang lebih stabil dan durabilitas yang lebih baik (Mardani et al., n.d.). Agregat adalah bahan-bahan campuran beton yang saling diikat oleh perekat semen. Agregat ini harus bergradasi sedemikian rupa sehingga seluruh massa beton dapat berfungsi sebagai benda yang utuh, homogen, dan rapat, dimana agregat yang berukuran kecil berfungsi sebagai pengisi celah yang ada diantara agregat berukuran besar. Dua jenis agregat adalah :

1. Agregat kasar (kerikil, batu pecah)
2. Agregat halus (pasir)

Menurut SNI 03-2847-2002 agregat adalah material granular, misalnya pasir, kerikil, batu pecah, dan kerak tungku pijar, yang di pakai bersama - sama dengan suatu media pengikat untuk membentuk suatu beton atau adukan semen

hidraulik. Kualitas agregat sendiri sangat menentukan kuat beton mengingat agregat menempati 70 – 75% dari total volume keseluruhan beton.

Ditinjau dari berat jenisnya agregat dibedakan menjadi tiga macam:

1. Agregat Ringan.

Agregat ini adalah agregat yang memiliki berat jenis kurang dari 2,0, dan biasanya digunakan untuk beton non struktural.

2. Agregat Normal.

Agregat normal adalah agregat yang memiliki berat jenis antara 2,5 sampai 2,7. Beton yang dihasilkan memiliki berat jenis sekitar 2,3 dengan kuat tekan antara 15 MPa sampai 40 MPa.

3. Agregat Berat.

Agregat ini memiliki berat jenis lebih dari 2,8. Beton yang dihasilkan juga memiliki berat jenis tinggi (sampai 5,0), yang efektif sebagai pelindung sinar radiasi sinar X.

Ukuran antara agregat halus dengan agregat kasar yaitu 4.75 mm (Berdasarkan Standar ASTM), dimana agregat kasar adalah batuan yang ukuran butirnya lebih besar dari 4.80 mm (4.75 mm) dan agregat halus adalah batuan yang lebih kecil dari 4.80 mm (4.75 mm). Agregat dengan ukuran lebih besar dari 4.80 mm dibagi lagi menjadi dua : yang berdiameter antara 4.80 - 40 mm disebut kerikil beton dan yang lebih dari 40 mm disebut kerikil kasar.

2.4.3.1 Agregat Halus

Agregat yang berupa pasir sebagai hasil desintegrasi alami dari batuan-batuan atau berupa pasir buatan yang dihasilkan oleh alat-alat pemecah batu (PBBI 1971,N.I.– 2). Syarat agregat halus :

1. Agregat halus terdiri dari butir-butir yang tajam dan keras. Butir agregat halus harus bersifat kekal, artinya tidak pecah atau hancur oleh pengaruh cuaca seperti terik matahari dan hujan.
2. Kandungan lumpur tidak boleh lebih dari 5% (ditentukan terhadap berat kering). Yang diartikan dengan lumpur adalah bagian-bagian yang dapat melalui ayakan 0,063 mm. Apabila kadar lumpur lebih dari 5%, maka agregat harus dicuci.

3. Pasir laut tidak boleh dipakai sebagai agregat halus untuk semua mutu beton, kecuali dengan petunjuk dari lembaga pemeriksaan bahan yang diakui.

Menurut asalnya agregat halus dapat digolongkan menjadi 3 jenis (Samekto, 2001) :

1. Pasir Galian.

Pasir galian dapat diperoleh langsung dari permukaan tanah atau dengan cara menggali dari dalam tanah. Pada umumnya pasir jenis ini tajam, bersudut, berpori, dan bebas dari kandungan garam yang membahayakan.

2. Pasir Sungai

Pasir sungai diperoleh langsung dari dasar sungai. Pasir sungai pada umumnya berbutir halus dan berbentuk bulat, karena akibat proses gesekan yang terjadi sehingga daya lekat antar butir menjadi agak kurang baik.

3. Pasir Laut

Pasir laut adalah pasir yang diperoleh dari pantai. Bentuk butiran halus dan bulat, karena proses gesekan. Pasir jenis ini banyak mengandung garam, oleh karena itu kurang baik untuk bahan bangunan. Garam yang ada dalam pasir ini menyerap kandungan air dalam udara, sehingga mengakibatkan pasir selalu agak basah, dan juga menyebabkan pengembangan setelah bangunan selesai dibangun.

Menurut (Tjahjono, 1994), agregat halus dapat diklasifikasikan menjadi empat jenis berdasarkan gradasinya, yaitu pasir halus, agak halus, agak ppkasar, dan kasar. Batas gradasi dari masing-masing jenis tersebut dapat dilihat pada tabel 2.5.

Tabel 2.5 Batas Gradasi Agregat Halus (Mulyono, 2003)

Lubang (mm)	Persen Berat Butir Yang Lewat Ayakan Jenis Agregat Halus			
	I	II	III	IV
10,00	100	100	100	100
4,80	90 – 100	90 – 100	90 – 100	95 – 100
2,40	60 – 95	75 – 100	85 – 100	95 – 100
1,20	30 – 70	55 – 90	75 – 100	90 – 100
0,60	15 – 34	35 – 59	60 – 79	80 – 100
0,30	5 – 20	8 – 30	12 – 40	25 – 50
0,15	0 – 10	0 -10	0 - 10	0 – 15

2.4.3.2 Agregat Kasar

Agregat kasar adalah agregat dengan besar butir lebih dari 5 mm. (PBBI 1971, NI-2). Syarat-syarat agregat kasar :

1. Harus terdiri dari butir-butir yang keras dan tidak berpori
2. Butir-butir agregat kasar harus bersifat kekal, artinya tidak pecah atau hancur oleh pengaruh-pengaruh cuaca, seperti terik matahari dan hujan.
3. Agregat kasar tidak boleh mengandung zat-zat yang dapat merusak beton, seperti zat-zat yang reaktif alkali.
4. Agregat kasar tidak boleh mengandung Lumpur lebih dari 1 %. Apabila kadar Lumpur melampaui 1 % maka agregat kasar harus dicuci

Tabel 2.6 Batas Gradasi Agregat Kasar

Lubang (mm)	Ayakan (Besar butir maksimum)		
	40 mm	20 mm	12,5 mm
40,0	95 - 100	100	100
20,0	30 - 70	95 - 100	100
12,5	-	-	90 - 100
10,0	10 - 35	25 - 55	40 - 85
4.8	0 - 5	0 - 10	0 - 10

2.4.4 Pengaruh Bahan Tambah

Bahan tambah adalah bahan selain unsur pokok beton (air, semen, dan agregat) yang ditambahkan pada adukan beton. Tujuannya adalah untuk

mengubah satu atau lebih sifat-sifat beton sewaktu masih dalam keadaan segar atau setelah mengeras. Bahan tambah seharusnya hanya berguna kalau sudah ada evaluasi yang teliti tentang pengaruhnya pada beton, khususnya dalam kondisi dimana beton diharapkan akan digunakan. Bahan tambah ini biasanya diberikan dalam jumlah yang relatif sedikit, dan pengawasan yang ketat harus diberikan agar tidak berlebihan yang justru akan dapat memperburuk sifat beton. Sifat-sifat beton yang diperbaiki itu antara lain kecepatan hidrasi atau waktu pengikatan, kemudahan pengerjaan, dan kedekatan terhadap air. Menurut (Departemen Pekerjaan Umum, 1991), Bahan tambah kimia dapat dibedakan menjadi 5 (lima) jenis yaitu:

1. Bahan tambah kimia untuk mengurangi jumlah air yang dipakai. Pemakaian bahan tambah ini diperoleh adukan dengan faktor air semen lebih rendah pada nilai kekentalan yang sama, atau diperoleh kekentalan adukan lebih encer pada faktor air semen yang sama.
2. Bahan tambah kimia untuk memperlambat proses ikatan beton. Bahan ini digunakan misalnya pada satu kasus dimana jarak antara tempat pengadukan beton dan tempat penuangan adukan cukup jauh, sehingga selisih waktu antara mulai pencampuran dan pemadatan lebih dari 1 jam.
3. Bahan tambah kimia untuk mempercepat proses ikatan dan pengerasan beton. Bahan ini digunakan jika penuangan adukan dilakukan dibawah permukaan air, atau pada struktur beton yang memerlukan waktu penyelesaian segera, misalnya perbaikan landasan pacu pesawat udara, balok prategang, jembatan dan sebagainya.
4. Bahan tambah kimia berfungsi ganda, yaitu untuk mengurangi air dan memperlambat proses ikatan.
5. Bahan kimia berfungsi ganda, yaitu untuk mengurangi air dan mempercepat proses ikatan dan pengerasan beton.

(Mulyono, 2003) menyebutkan dalam bukunya bahwa bahan tambah dibagi menjadi tujuh tipe yaitu :

1. Tipe A "*Water-Reducing Admixture*" *Water-Reducing Admixture* adalah bahan tambah yang mengurangi air pencampur yang diperlukan untuk menghasilkan beton dengan konsistensi tertentu.

2. Tipe B “*Retarding Admixtures*” *Retarding Admixtures* adalah bahan tambah yang berfungsi untuk menghambat waktu pengikatan beton. Penggunaannya untuk menunda waktu pengikatan beton (*setting time*) misalnya karena kondisi cuaca yang panas, atau memperpanjang waktu untuk pemadatan untuk menghindari *cold joints* dan menghindari dampak penurunan saat beton segar pada saat pengecoran dilaksanakan.
3. Tipe C “*Accelerating admixture*” *Accelerating admixture* adalah bahan tambah yang berfungsi untuk mempercepat pengikatan dan pengembangan kekuatan awal beton.
4. Tipe D “*Water Reducing and Retarding Admixture*” *Water Reducing and Retarding Admixture* adalah bahan tambah yang berfungsi ganda yaitu mengurangi jumlah air pencampur yang diperlukan untuk menghasilkan beton dengan konsistensi tertentu dan menghambat pengikatan awal.
5. Tipe E “*Water Reducing and Accelerating Admixture*” *Water Reducing and Accelerating Admixture* adalah bahan tambah yang berfungsi ganda yaitu mengurangi jumlah air pencampur yang diperlukan untuk menghasilkan beton yang konsistensinya tertentu dan mempercepat pengikatan awal bahan ini digunakan untuk menambah kekuatan beton.
6. Tipe F “*Water Reducing, High Range Admixture*” *Water Reducing, High Range Admixture* adalah bahan tambah yang berfungsi untuk mengurangi jumlah air pencampur yang diperlukan untuk menghasilkan beton dengan konsistensi tertentu, sebanyak 12% atau lebih. Fungsinya untuk mengurangi jumlah air pencampur yang diperlukan untuk menghasilkan beton dengan konsistensi tertentu, sebanyak 12% atau lebih. Kadar pengurangan air dalam bahan tambah ini lebih tinggi sehingga diharapkan kekuatan beton yang dihasilkan lebih tinggi. Jenis bahan tambah ini dapat berupa *superplasticizer*. Bahan jenis ini pun termasuk dalam bahan kimia tambahan yang baru dan disebut sebagai bahan tambah kimia pengurang air. Dosis yang disarankan adalah 1% sampai 2% dari berat semen. Dosis yang berlebihan akan menyebabkan menurunnya kekuatan tekan beton.
7. Tipe G “*Water Reducing, High Range Retarding Admixture*” *Water Reducing, High Range Retarding Admixture* adalah bahan tambah yang

berfungsi untuk mengurangi jumlah air pencampur yang diperlukan untuk menghasilkan beton dengan konsistensi tertentu, sebanyak 12% atau lebih dan juga untuk menghambat pengikatan beton. Jenis bahan tambah ini merupakan gabungan *superplasticizer* dengan menunda waktu pengikatan beton. Biasanya digunakan untuk kondisi pekerjaan yang sempit karena sedikitnya sumber daya yang mengelola beton yang disebabkan oleh keterbatasan ruang kerja.

2.4.4.1 Zeolite

Zeolite adalah mineral aluminosilikat yang memiliki struktur berpori dan dapat berfungsi sebagai penyerap, penukar ion, serta katalis dalam berbagai proses kimia. *Zeolite* terdiri dari atom aluminium (Al), silikon (Si), dan oksigen (O) yang membentuk kerangka tiga dimensi dengan rongga dan saluran kecil. Struktur ini memungkinkan *zeolite* untuk menangkap dan melepaskan molekul tertentu, seperti air, gas, dan ion logam. *Zeolite* merupakan suatu senyawa *alumina silika* terhidrasi yang mengandung kation atau alkali tanah (Poerwadi et al., 2014). Unsur utama pembentuk *zeolite* adalah SiO_2 yang merupakan salah satu unsur pembentuk semen. Semen memiliki komposisi utama kalsium oksida (CaO) sebanyak 60%-65 %, silika oksida (SiO_2) 20-24% (Marzuki, 2012). Komposisi Kimia zeolit alam dapat dilihat dalam table berikut ini :

Tabel 2.7 Komposisi Kimia Kandungan Zeolite

Komposisi kimia	Persentase (%)
Silikon Dioksida (SiO_2)	53,23
Alumunium Oksida (Al_2O_3)	10,28
Ferri Oksida (Fe_2O_3)	4,84
Kalsium Oksida (CaO)	27,69
Magnesium Oksida (MgO)	1,59

Zeolite adalah salah satu item mineral dari penggalian modern di Indonesia. Terdiri dari batu vulkanik yang merupakan sumber mineral zeolit sebagai permata yang agak halus dan ringan, memiliki warna biru pucat, putih dan bersahaja, dari hasil pengujian pusat penelitian bubuk *zeolite* ini mengandung

komponen dasar natrium (Na_2O), magnesium (MgO), kalsium (CaO), Mangan (Mn) dan silika (SiO_2) yang merupakan salah satu komponen pembentuk beton. Perluasan mineral *zeolite* diandalkan untuk membangun kekuatan yang substansial dan mengurangi perkembangan semen karena respons senyawa antara beton dan air. Penambahan *zeolite* dan silika pada beton memang sama-sama bertujuan untuk meningkatkan performa beton, tapi pengaruh dan mekanismenya tidak persis sama. Pengaruh yang diakibatkan oleh *zeolite* biasanya lebih lambat bereaksi sehingga dapat menurunkan kekuatan awal, mempunyai sifat fisik Menyerap air, bantu curing internal, Pengaruh pada *workability* Bisa meningkatkan *workability* jika halus, harga yang lebih murah dari silika. Pengaruh Silika pada beton terkesan lebih cepat sehingga dapat meningkat kekuatan awal, mempunyai sifat fisik tidak dapat menyerap air sehingga perlu pengendalian air, dan memerlukan *superplasticizer* karena dapat menurunkan *workability*, dan harga juga lebih mahal dari *zeolite*. Perbedaan semen adalah bahan pengikat utama dalam beton yang mengalami reaksi hidrasi untuk membentuk struktur keras (C-S-H), sedangkan *zeolite* dan silika adalah bahan tambahan (*aditif pozzolan*) yang tidak memiliki sifat mengikat sendiri, namun bereaksi dengan hasil samping hidrasi semen (yaitu Ca(OH)_2) untuk membentuk lebih banyak C-S-H dan memperbaiki kualitas beton. Jadi, semen membentuk beton, sedangkan zeolit dan silika meningkatkan performa beton yang dibentuk oleh semen.

Zeolite di Kabupaten Tasikmalaya, Jawa Barat, merupakan sumber daya mineral yang signifikan dengan potensi besar. Endapan *zeolite* ditemukan di beberapa kecamatan, antara lain Cikalong, Cipatujah, dan Karangnunggal. Total sumber daya terunjuk *zeolite* di daerah Cikalong diperkirakan mencapai 2.766.160 ton. Berikut merupakan *Zeolite* di Tasikmalaya:

1. Kecamatan Karangnunggal: Endapan *zeolite* ditemukan di Desa Karangmekar (Dusun Cipatani) dan Desa Cibatuireng (Dusun Cijambe). Dengan cadangan sekitar 6.000.000 ton.
2. Kecamatan Cipatujah: Zeolit terdapat di Desa Sindangkerta, khususnya di wilayah Lebaksaat. Dengan cadangan Sekitar 4.158.000 ton.
3. Kecamatan Cikalong: Endapan *zeolite* ditemukan di Desa Cikancra. Dengan cadangan Sekitar 2.766.160 ton.

2.5 Pengujian Bahan Penyusun Beton

Pengujian terhadap bahan-bahan penyusun beton bertujuan untuk memahami sifat dan karakteristik bahan penyusun beton, selain itu pengujian bahan juga berfungsi untuk menganalisis dampak dari sifat dan karakteristik beton yang dihasilkan, baik pada kondisi beton segar maupun pada beton yang telah mengeras.

2.5.1 Pengujian Analisis Saringan Agregat

Menurut (Badan Standarisasi Nasional, 1990) Analisis saringan agregat ialah penentuan persentase berat butiran agregat yang lolos dari satu set saringan kemudian angka-angka persentase digambarkan pada grafik pembagian butir.

Peralatan yang digunakan dalam analisis saringan adalah sebagai berikut :

1. Timbangan dan neraca
2. Satu set saringan : 76,2 mm (3"); 63,5 mm (2 ½"); 50,8 mm (2"); 37,5 mm (1 ½"); 25,4 mm (1"); 19,1 mm (¾"); 12,5 mm (½"); 9,5 mm (3/8"); No 4 (4,75 mm); No 8 (2,36 mm); No 16 (1,18 mm); No 30 (0,600 mm); No 50 (0,300 mm); No 100 (0,150 mm); No 200 (0,075 mm).
3. Oven
4. Alat pemisah contoh.
5. Mesin mengguncang saringan
6. Talam-talam
7. Kuas, sikat kuningan, sendok, dan alat-alat lainnya.

Langkah-langkah pengujian analisa saringan sebagai berikut.

1. Peralatan dan benda uji dipersiapkan terlebih dahulu.
2. Benda uji dikeringkan menggunakan oven dengan suhu (110 ± 5)°C selama 24 jam.
3. Setelah benda uji dikeringkan, lalu ditimbang kembali.
4. Siapkan satu set saringan yang telah disusun dari ukuran yang besar ke ukuran yang kecil.
5. Pasang satu set saringan yang telah diisi benda uji pada mesin pengguncang selama 15 menit.

6. Setelah dikeluarkan dari mesin pengguncang, timbang berat benda uji yang tertahan pada setiap nomor saringan.
7. Keluarkan benda uji dari air dan guling-gulingkan pada suatu lembaran penyerap air sampai semua lapisan air tersebut hilang.

2.5.2 Pengujian Berat Jenis dan Penyerapan Agregat Kasar

Menurut (Badan Standarisasi Nasional, 2008a) Berat jenis curah ialah perbandingan antara berat agregat kering dan berat air suling yang isinya sama dengan isi agregat dalam keadaan jenuh pada suhu 25°C. Berat jenis kering permukaan jenuh yaitu perbandingan antara berat agregat kering permukaan jenuh dan berat air suling yang isinya sama dengan isi agregat dalam keadaan jenuh pada suhu 25°C. Berat jenis semu ialah perbandingan antara berat agregat kering dan berat air suling yang isinya sama dengan isi agregat dalam keadaan kering pada suhu 25°C. Pengujian ini untuk menentukan berat jenis curah kering, berat jenis curah pada kondisi jenuh kering permukaan, berat jenis semu dan penyerapan air.

- 1 Peralatan yang digunakan antara lain :
 - a. Keranjang kawat
 - b. Tempat air
 - c. Timbangan
 - d. Oven
 - e. Alat pemisah contoh
 - f. Saringan no 4 (4,75 mm)
2. Pelaksanaan pengujian berat jenis dan penyerapan agregat kasar adalah sebagai berikut:
 - a. Cuci benda uji untuk menghilangkan debu.
 - b. Keringkan benda uji dengan oven pada suhu $(110 \pm 5)^{\circ}\text{C}$ sampai berat tetap.
 - c. Dinginkan benda uji pada suhu kamar selama 1-3 jam sampai agregat cukup dingin pada temperatur yang dapat dikerjakan (kira-kira 50°C) kemudian timbang benda uji dalam keadaan kering oven (A).
 - d. Benda uji direndam dalam air pada suhu kamar selama 24 ± 4 jam.
 - e. Timbang benda uji pada kondisi jenuh kering permukaan. Catat beratnya sampai nilai 1,0 gram atau 0,1 persen dari berat contoh (B).

f. Letakkan benda uji pada kondisi jenuh kering permukaan di dalam wadah lalu tentukan beratnya di dalam air (C) yang mempunyai kerapatan (997 ± 2) kg/m³ pada temperatur $(23 \pm 2)^{\circ}\text{C}$.

g. Kemudian dihitung

i. Berat jenis curah
$$= \frac{A}{(B-C)}$$

ii. Berat jenis jenuh kering permukaan

$$= \frac{B}{(B-C)}$$

iii. Berat jenis semu
$$= \frac{A}{(A-C)}$$

iv. Penyerapan

$$= \frac{(B-A)}{A} \times 100\%$$

v. Keterangan :

vi. A = berat benda uji kering oven (gram)

vii. B = berat benda uji kondisi jenuh kering permukaan (gram)

viii. C = berat benda uji di dalam air (gram)

2.5.3 Pengujian Berat Jenis dan Penyerapan Agregat Halus

Pengujian ini untuk menentukan berat jenis curah kering, berat jenis curah dalam kondisi jenuh kering permukaan, berat jenis semu, serta penyerapan air pada agregat halus.

Peralatan yang digunakan sebagai berikut :

1. Timbangan
2. Piknometer
3. Kerucut perpancung
4. Batang penumbuk
5. Saringan no 4 (4,75 mm)
6. Oven
7. Pengukur suhu
8. Talam
9. Bejana tempat air

10. Pompa hampa udara

11. Desikator

Pelaksanaan pengujian berat jenis dan penyerapan agregat kasar adalah sebagai berikut:

1. Keringkan benda uji dalam oven pada suhu $(110 \pm 5)^{\circ}\text{C}$ sampai berat tetap. Kemudian basahi dengan air baik dengan cara melembabkan sampai 6 % atau merendam dalam air selama (24 ± 4) jam.
2. Buang air perendam dengan hati-hati, lalu tebarkan agregat diatas talam, keringkan pada aliran udara yang hangat, dengan cara membalik-balikan benda uji, lakukan pengeringan sampai keadaan jenuh kering permukaan.
3. Periksa keadaan jenuh kering permukaan dengan mengisikan benda uji ke dalam kerucut terpancung, padatkan dengan batang penumbuk sebanyak 25 kali, angkat kerucut terpancung, keadaan kering permukaan jenuh tercapai bila benda uji runtuh akan tetapi masih dalam keadaan tercetak.
4. Isi piknometer dengan air sebagian saja, setelah itu masukan benda uji jenuh kering permukaan (500 ± 10) gram. Tambahkan kembali air sampai 90 % kapasitas piknometer. Putar dan guncangkan piknometer sampai tidak terlihat gelembung udara di dalamnya.
5. Tambahkan air sampai mencapai tanda batas.
6. Timbang piknometer berisi air dan benda uji sampai ketelitian 0,1 gram (C).
7. Keluarkan benda uji, keringkan dalam oven dengan suhu $(110 \pm 5)^{\circ}\text{C}$ sampai berat tetap, kemudian dinginkan benda uji dalam desikator.
8. Setelah benda uji dingin kemudian ditimbang (A).
9. Tentukan berat piknometer berisi air penuh dan ukur suhu air gunakan penyesuaian dengan suhu standar $(23 \pm 2)^{\circ}\text{C}$ (B).

10. Kemudian hitung:

- | | |
|--|----------------------------------|
| i. Berat jenis curah kering | $= \frac{A}{(B+S-C)}$ |
| ii. Berat jenis jenuh permukaan kering | $= \frac{S}{(B+S-C)}$ |
| iii. Berat jenis semu | $= \frac{A}{(B+A-C)}$ |
| iv. Penyerapan | $= \frac{(S-A)}{A} \times 100\%$ |

- v. Keterangan :
- vi. A = berat benda uji kering oven (gram)
- vii. B = berat piknometer berisi air (gram)
- viii. C = berat piknometer berisi benda uji dan air (gram)
- ix. S = berat benda uji jenuh kering permukaan (gram)

2.5.4 Pengujian Kadar Air Agregat

Menurut (Badan Standarisasi Nasional, 1990) Kadar air agregat adalah perbandingan antara berat air yang terkandung dalam agregat dengan berat agregat dalam keadaan kering yang dinyatakan dalam persen. Pengujian kadar air agregat adalah sebagai berikut:

Peralatan yang digunakan adalah.

1. Timbangan dengan ketelitian 0,1 % berat contoh.
2. Oven dengan suhu sampai $110 \pm 5^\circ\text{C}$.
3. Talam logam tahan karat untuk mengeringkan benda uji

Langkah Pengujian yang dilakukan kadar air agregat sebagai berikut.

1. Berat talam ditimbang dan dicatat (W_1)
2. Benda uji dimasukkan ke dalam talam, kemudian ditimbang dan dicatat beratnya (W_2).
3. Berat benda uji dihitung ($W_3 = W_2 - W_1$).
4. Contoh benda uji dikeringkan beserta talam dalam oven dengan suhu $(110 \pm 5)^\circ\text{C}$.
5. Setelah kering, contoh benda uji beserta talam ditimbang dan dicatat (W_4).
6. Berat benda uji kering dihitung ($W_5 = W_4 - W_1$).
7. Kemudian dihitung :
8. Kadar air agregat $= \frac{(W_3 - W_5)}{W_5} \times 100\%$

Keterangan :

W_3 = berat benda uji semula (gram)

W_5 = berat benda uji kering (gram)

2.5.5 Pengujian Berat Isi dan Rongga Udara dalam Agregat

Menurut (Badan Standarisasi Nasional, 1998) Berat isi agregat adalah berat agregat persatuan isi. Berat adalah gaya gravitasi yang mendesak agregat. Agregat adalah material granular misalnya pasir, batu pecah dan kerak tungku besi, yang dipakai bersama-sama dengan suatu beton semen hidrolik atau adukan. Pengujian berat isi dan rongga udara dalam agregat yang meliputi perhitungan berat isi dalam kondisi padat atau gembur dan rongga udara dalam agregat.

Peralatan yang digunakan adalah sebagai berikut:

1. Timbangan
2. Batang penusuk
3. Alat penakar berbentuk silinder
4. Sekop atau sendok

Langkah yang dilakukan dalam pengujian adalah sebagai berikut :

1. Kondisi Padat
 - a. cara tusuk
 - 1) Isi penakar sepertiga dari volume penuh dan ratakan dengan batang perata.
 - 2) Tusuk lapisan agregat dengan 25 kali tusukan batang penusuk.
 - 3) Isi lagi sampai volume menjadi dua per tiga penuh kemudian ratakan dan tusuk seperti langkah diatas.
 - 4) Isi penakar sampai berlebih dan tusuk lagi.
 - 5) Ratakan permukaan agregat dengan batang perata.
 - 6) Tentukan berat penakar dan isinya dan berat penakar itu sendiri.
 - 7) Catat beratnya sampai ketelitian 0,05 kg.
 - 8) Hitung berat isi agregat.

$$M = \frac{(G - T)}{V}$$

- 9) Hitung kadar rongga udara.

$$M_{SSD} = M \left[1 + \left(\frac{A}{100} \right) \right]$$

Keterangan :

M = berat isi agregat kondisi kering oven (kg/m^3)

- G = berat agregat dalam penakar (kg)
- T = berat penakar (kg)
- V = volume penakar (m³)
- M_{SSD} = berat isi jenuh kering permukaan (kg/m³)
- A = absorpsi (%)

b. cara ketuk

- 1) Isi agregat dalam penakar dalam tiga tahap sesuai ketentuan.
- 2) Padatkan untuk setiap lapisan dengan cara mengetuk-ngetukkan alas penakar secara bergantian di atas lantai yang rata sebanyak 50 kali.
- 3) Ratakan permukaan agregat dengan batang Perata.
- 4) Tentukan berat penakar dan isinya sama seperti langkah pada a 6).
- 5) Hitung berat isi dan kadar rongga udara dalam agregat seperti langkah a 8) dan a 9).

2. Kondisi gembur

- a. Isi penakar dengan agregat memakai sekop atau sendok secara berlebihan dan hindarkan terjadinya pemisahan dari butir agregat.
- b. Ratakan permukaan dengan batang perata.
- c. Tentukan berat penakar dan isinya, dan berat penakar sendiri.
- d. Catat beratnya sampai ketelitian 0,05 kg
- e. Hitung berat isi dan kadar rongga udara dalam agregat seperti langkah pada butir b (5)

2.5.6 Pengujian Kadar Lumpur

Menurut (Badan Standarisasi Nasional, 1997) Tujuan pengujian ini adalah untuk menghasilkan mutu beton yang baik (kuat tekan tinggi), maka bahan penyusun beton harus memenuhi syarat teknis.

Peralatan yang dibutuhkan sebagai berikut :

- a. Gelas ukur.
- b. Alat Pengaduk

Benda Uji yang digunakan adalah Sampel pasir secukupnya dalam kondisi lapangan dengan bahan pelarut air. Pengujian Kadar Lumpur dilakukan dengan Langkah sebagai berikut:

- a. Sampel benda uji dimasukkan ke dalam gelas ukur
- b. Air ditambahkan pada gelas ukur guna melarutkan lumpur.
- c. Gelas dikocok untuk mencuci pasir dari lumpur.
- d. Gelas disimpan pada tempat yang datar dan biarkan lumpur mengendap setelah 24 jam.
- e. Tinggi pasir (v_1) dan tinggi lumpur (v_2) diukur.
- f. Perhitungan

$$\text{Kadar lumpur} = \frac{v_2}{(v_1 - v_2)} \times 100\%$$

Keterangan :

v_1 = tinggi pasir (mm)

v_2 = tinggi lumpur (mm)

2.5.7 Pengujian Keausan Agregat Kasar

Menurut (Badan Standarisasi Nasional, 2008) Pengujian ini bertujuan untuk menentukan ketahanan agregat kasar terhadap keausan dengan menggunakan mesin Los Angeles. Keausan agregat tersebut dinyatakan dengan perbandingan antara berat bahan aus lewat saringan no.12 terhadap berat semula dalam persen.

Peralatan yang digunakan antara lain :

- a. Mesin abrasi Los Angeles.
- b. Saringan no 12 (1,7 mm) saringan saringan lainnya.
- c. Timbangan dengan ketelitian 5 gram.
- d. Bola bola baja.
- e. Oven yang dilengkapi dengan pengatur suhu (110 ± 5)°.
- f. Alat bantu pan dan kuas.

Benda Uji :

1. Gradasi B : material agregat kasar yang terdiri dari ukuran butir maksimum 19,0 mm sampai dengan agregat ukuran butiran 9,5 mm. Jumlah bola 11 buah dengan 500 putaran.

Langkah pengujian sebagai berikut :

1. Benda uji dibersihkan dan dikeringkan dalam oven sampai berat tetap.

2. Benda uji dan bola bola baja dimasukkan ke dalam mesin Los Angeles
3. Mesin diputar dengan kecepatan 30 sampai dengan 33 RPM dengan jumlah putaran gradasi 500 putaran.
4. Setelah selesai pemutaran, benda uji dikeluarkan dari mesin kemudian disaring menggunakan saringan no. 12 (1,7 mm) dan butiran yang tertahan diatasnya dicuci hingga bersih, selanjutnya dikeringkan dalam oven sampai berat tetap.
5. Jika material contoh uji homogen, pengujian cukup dilakukan dengan 100 putaran, dan setelah selesai pengujian disaring dengan saringan No 12 (1,70 mm) tanpa pencucian. Perbandingan hasil pengujian antara 100 putaran dan 500 putaran agregat tertahan di atas saringan No 12 (1,70 mm) tanpa pencucian tidak boleh lebih besar dari 0,20.
6. Kemudian hitung :

$$\text{Keausan} = \frac{a-b}{a} \times 100\%$$

Dengan :

a = berat benda uji semula (gram)

b = berat benda uji tertahan saringan No.12 (gram).