

BAB 2

LANDASAN TEORI

2.1 Penelitian Sebelumnya

Sudah ada beberapa penelitian sebelumnya mengenai Sikagrout 215 New, namun terdapat perbedaan dengan penelitian yang saya lakukan. Saya menggunakan penelitian terdahulu sebagai acuan, antara lain sebagai berikut:

1. Wahyudi Mahendra (2022)

Wahyudi Mahendra melakukan penelitian dengan judul “Perencanaan Beton Mutu Tinggi Dengan Perbandingan Bahan Tambah Sikagrout 215 *New*”. Penelitian ini menggunakan Sikagrout 215 *New* sebagai bahan tambah pembanding semen dengan variasi campuran 0%, campuran 0,3%, campuran 0,6% dan campuran 0,9%. Penelitian ini bersifat eksperimental untuk mencari kuat tekan beton dengan menggunakan benda uji kubus 15 x 15 x 15 cm³.

Hasil penelitian pada umur 7 hari didapat kuat tekan beton pada variasi 0% sebesar 257,96 kg/cm², mengalami penurunan pada variasi 0,3 % sebesar 204,48 kg/cm², kenaikan pada variasi 0,6 % sebesar 263,58 kg/cm², kenaikan kuat tekan pada variasi 0,9 % sebesar 282,93 kg/cm². Sedangkan pada umur 14 hari didapat kuat tekan beton pada variasi 0 % sebesar 287,33 kg/cm², penurunan pada variasi 0,3 % sebesar 271,92 kg/cm², kenaikan pada variasi 0,6 % sebesar 287,42 kg/cm², dan kenaikan kuat tekan pada variasi 0,9 % sebesar 400,54 kg/cm².

2. Alief Abdan Syakur (2022)

Alief Abdan Syakur melakukan penelitian dengan judul “Penggunaan Kadar Sikagrout Sebagai Substitusi Parsial Terhadap Kuat Tekan, Kuat Tarik Belah Dan Kuat Lentur Beton”. Penelitian ini menggunakan Sikagrout sebagai substitusi parsial semen menggunakan komposisi campuran beton normal dengan kuat tekan $f^c = 20$ MPa.

Hasil penelitian menunjukkan nilai kuat tekan, kuat tarik dan kuat lentur yang paling optimum adalah beton variasi 10% dengan nilai kuat tekan 25,9 MPa, kuat tarik 3,19 MPa dan kuat lentur 4 MPa.

3. Roy Suganda, H. Lutfi, S.T., Jauhari Prasetiawan, M. Eng. (2023)

Jurnal yang ditulis berjudul “Pengaruh Variasi Campuran Sikagrout 215 *New* Terhadap Kuat Tekan Dan Kuat Tarik Belah Beton”. Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui pengaruh variasi campuran Sikagrout 215 *New* terhadap kuat tekan dan kuat tarik belah beton. Beton direncanakan $f'c = 20$ MPa dengan variasi campuran 0%, campuran 15%, campuran 25% dan campuran 35% dari berat sebagian semen dengan menggunakan benda uji berbentuk silinder pada umur 28 hari.

Berdasarkan hasil pengujian 28 hari nilai kuat tekan untuk variasi campuran 0% sebesar 28,69 MPa, campuran 15% sebesar 28,12 MPa, campuran 25% sebesar 29,06 MPa dan campuran 35% sebesar 30,76 MPa. Sedangkan nilai kuat tarik belah untuk variasi campuran 0% sebesar 3,44 MPa, campuran 15% sebesar 3,32 MPa, campuran 25% sebesar 3,65 MPa dan campuran 35% sebesar 3,89 MPa. Nilai optimum terdapat pada variasi campuran 35% dengan nilai kuat tekan 30,76 MPa dan kuat tarik belah 3,89 MPa.

4. Sugira Said, Rudy Djamaluddin, Rita Irmawaty (2023)

Jurnal yang ditulis berjudul “Pengaruh Penambahan Sikagrout Pada Balok Beton Bertulang Dengan Kondisi Spalling”. Dalam penelitian ini digunakan Sikagrout 215 sebagai bahan untuk mengisi bagian kecil pada beton dengan menggunakan benda uji berupa balok bertulang dengan dimensi 150 mm x 200 mm x 3300 mm dengan mutu beton 20 MPa. Benda uji yang dibuat dalam dua variasi yaitu balok beton bertulang tanpa grouting yang berfungsi sebagai balok kontrol diberi simbol BK sebanyak 3 buah. Variasi kedua balok beton bertulang dengan penambahan sika grout pada daerah tarik balok dan diberi simbol BGR sebanyak 3 buah balok.

Hasil penelitian menunjukkan beban maksimum balok BGR menurun 47,62% dibandingkan balok BK, hal ini menunjukkan bahwa penggunaan *grouting* pada balok yang mengalami kerusakan tidak mampu

meningkatkan kapasitas kekuatan beton tetapi hanya berfungsi sebagai perbaikan untuk menutupi beton yang mengalami *spalling* agar bentuknya seperti semula. Hasil uji balok BK menunjukkan bahwa semua balok mengalami kegagalan lentur sedangkan untuk balok variasi mengalami kegagalan *debonding*.

5. Royanna Sakura, Suhaimi, Fiqri Haiqal (2022)

Jurnal yang ditulis berjudul “Analisa Penggunaan Pasir Laut Pada Campuran Beton Dengan Penambahan SikagROUT Terhadap Kuat Tekan Dan Tarik Belah Beton”. Penelitian ini menggunakan pasir laut dan SikagROUT 215 dengan benda uji berbentuk silinder. Jumlah SikagROUT 215 yang digunakan adalah 30% dari berat semen. Jumlah benda uji adalah 30 buah dengan pembagian 10 buah untuk beton normal, 10 buah untuk pasir laut tanpa SikagROUT 215 dan 10 buah menggunakan campuran SikagROUT 215 yang di uji pada umur 28 hari.

Hasil penelitian menunjukkan bahwa nilai kuat tekan beton normal 21,39 MPa pada beton pasir laut dengan campuran sikagROUT 215 meningkat sebesar 25,19 MPa dan mengalami penurunan pada beton pasir laut tanpa sikagROUT 215 sebesar 17,98 MPa. Sedangkan untuk kuat tarik belah beton normal sebesar 2,90 MPa mengalami peningkatan pada beton pasir laut dengan campuran sikagROUT 215 sebesar 4,25 MPa dan mengalami penurunan pada beton pasir laut tanpa sikagROUT 215 sebesar 2,45 MPa.

2.2 Beton

Beton mutu tinggi adalah sebuah istilah untuk menggambarkan beton dengan ciri khusus dimana tidak dimiliki oleh beton normal. Beton mutu tinggi dapat diartikan sebagai beton yang memiliki satu atau lebih karakteristik seperti susut yang kecil, modulus elastisitas yang tinggi atau kuat tekan yang tinggi. Beton mutu tinggi adalah pilihan yang paling tepat dalam pembangunan gedung bertingkat tinggi. Jenis material dasar yang digunakan untuk menghasilkan beton mutu tinggi ini pada prinsipnya tidak banyak berbeda dengan jenis material dasar yang digunakan untuk memproduksi beton mutu normal. Pada dasarnya beton merupakan material komposit yang bersifat sangat heterogen yang terdiri atas unsur seperti pasta semen, agregat, zona kontak antara pasta semen-agregat, rongga

kosong. Oleh karena itu, perilaku mekanik beton, seperti kekuatan tekannya, tentunya akan dipengaruhi oleh karakteristik unsur-unsur penyusunnya (Tjokrodimuljo, Teknologi Beton, 1992)

Kualitas beton dapat dipengaruhi dari bahan semen (kualitas dan kecepatan pengerasan), agregat (gradasi mempengaruhi kemudahan pengerjaannya), kadar air (mempengaruhi perbandingan air-semen), kebersihannya (mempengaruhi kekuatan dan sifat awet beton), air (kualitas mempengaruhi pengerasan), dan bahan campuran (modifikasi dari sifat-sifat beton).

Menurut SNI-03-2847-2002, beton ialah campuran antara semen portland atau semen hidraulik yang lain, agregat halus, agregat kasar, dan air, dengan atau tanpa bahan tambahan yang membentuk masa padat (SNI 03-2847-2002, 2002). Karena beton merupakan komposit, maka kualitas beton sangat tergantung dari kualitas material pembentuk. Agar hasil kuat tekan beton sesuai dengan rencana, diperlukan *mix design* untuk menentukan jumlah masing-masing bahan susun yang dibutuhkan. Selain perbandingan bahan susunnya, kekuatan beton ditentukan oleh padat tidaknya campuran bahan penyusun beton tersebut. Semakin kecil rongga yang dihasilkan dalam campuran beton, maka semakin tinggi kuat desak beton yang dihasilkan.

Dalam pengerjaan beton segar, terdapat tiga sifat penting yang harus selalu diperhatikan adalah kemudahan pengerjaan (*workability*), segregasi, dan *bleeding* (Mulyono, 2004). Menurut SNI 03-2847-2002 beton dapat dibedakan menjadi 3 jenis berdasar berat satuan yaitu :

1. Beton ringan, adalah beton yang mengandung agregat ringan dan mempunyai berat satuan tidak lebih dari 1900 kg/m³.
2. Beton normal, adalah beton yang mempunyai berat satuan 2200 kg/m³ sampai 2500 kg/m³ dan dibuat menggunakan agregat alam yang dipecah atau tanpa dipecah.
3. Beton berat, adalah beton yang mempunyai berat satuan lebih dari 2500 kg/m³.

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

1. Beton berdasarkan kelas dan mutu beton. Kelas dan mutu beton ini, dibedakan menjadi 3 kelas, yaitu :
 - a. Beton kelas I adalah beton untuk pekerjaan non *structural*. Untuk pelaksanaannya tidak diperlukan keahlian khusus. Pengawasan mutu hanya dibatasi pada pengawasan ringan terhadap mutu bahan, sedangkan terhadap kekuatan tekan tidak diisyaratkan pemeriksaan. Mutu kelas I dinyatakan dengan B0.
 - b. Beton kelas II adalah beton untuk pekerjaan struktural secara umum. Pelaksanaannya memerlukan keahlian yang cukup dan harus dilakukan dibawah pimpinan tenaga ahli. Beton kelas II dibagi dalam mutu-mutu standar B1, K 125, K 175, dan K 225. Pada mutu B1, pengawasan mutu hanya dibatasi pada pengawasan terhadap mutu bahan-bahan tambahan sedangkan terhadap kekuatan tekan tidak diisyaratkan pemeriksaan. Pada mutu K 125 dan K 175 dengan keharusan untuk memeriksa kekuatan tekan beton secara menerus dari hasil pemeriksaan benda uji.
 - c. Beton kelas III adalah beton untuk pekerjaan struktural yang lebih tinggi dari K 225. Pelaksanaannya memerlukan keahlian khusus dan harus dilakukan dibawah pimpinan tenaga-tenaga ahli. Diisyaratkan adanya laboratorium beton dengan peralatan yang lengkap serta dilayani oleh tenaga ahli yang dapat melakukan pengawasan mutu beton secara menerus.
2. Berdasarkan jenisnya, beton dibagi menjadi 3 jenis, yaitu :
 - a. Beton ringan

Beton ringan merupakan beton yang dibuat dengan bobot yang lebih ringan dibandingkan dengan bobot beton normal. Agregat yang digunakan untuk memproduksi beton ringan pun merupakan agregat ringan juga. Agregat yang digunakan umumnya merupakan hasil dari pembakaran shale, lempung, slates, residu slag, residu batu bara dan banyak lagi hasil pembakaran vulkanik. Berat jenis agregat ringan sekitar 800-1800 kg/m³ atau berdasarkan kepentingan penggunaan strukturnya berkisar 1400 kg/m³, dengan kekuatan tekan umur 28 hari antara 6,89 MPa sampai 17,24 MPa menurut SNI 08-1991-03.

b. Beton normal

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

c. Beton berat

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

d. Beton massa (*mass concrete*)

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

e. *Ferro-Cement*

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

f. Beton serat (*fibre concrete*)

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

2.2.1 Kuat Tekan Beton

Kuat tekan beton merupakan salah satu kinerja utama beton. Kekuatan tekan adalah kemampuan beton untuk menerima gaya tekan persatuan luas. Kuat tekan beton adalah besarnya beban maksimum persatuan luas atau parameter yang menunjukkan besarnya beban yang dapat ditahan persatuan luas, yang menyebabkan benda uji beton hancur bila dibebani dengan gaya tekan tertentu yang dihasilkan oleh mesin kuat tekan, kuat tekan beton merupakan gambaran dari mutu beton yang berkaitan dengan struktur beton.

Kuat tekan beton silinder adalah ukuran kekuatan tekan maksimum yang dapat ditahan oleh beton ketika diberi tekanan dalam bentuk silinder. Ini merupakan

salah satu parameter penting yang digunakan dalam mengevaluasi kualitas beton dan kekuatan struktur beton yang dibangun.

Proses pengukuran kuat tekan beton silinder melibatkan pengujian sampel beton yang diambil dari proyek konstruksi atau *batch* beton tertentu. Sampel ini biasanya dicetak dalam bentuk silinder dengan dimensi standar dan kemudian diberi perlakuan tertentu untuk meniru kondisi lingkungan dan pemuatan yang mungkin dialami oleh beton di lapangan.

Setelah persiapan sampel, mereka ditempatkan di bawah tekanan bertahap hingga mencapai kegagalan atau pecah. Kuat tekan beton silinder diukur sebagai tekanan maksimum yang dapat ditahan oleh sampel beton sebelum pecah.

Kuat tekan beton silinder penting karena memberikan gambaran tentang kekuatan beton yang sebenarnya yang digunakan dalam konstruksi. Hasil pengujian ini memungkinkan insinyur sipil dan profesional konstruksi untuk menilai apakah beton yang digunakan memenuhi persyaratan kekuatan yang diperlukan untuk aplikasi tertentu.

Selain itu, kuat tekan beton silinder juga digunakan sebagai dasar dalam perencanaan struktur beton, seperti jembatan, gedung bertingkat, jalan raya, dan infrastruktur lainnya. Dengan mengetahui kekuatan tekan beton yang tepat, desain struktur dapat dioptimalkan untuk memastikan keamanan dan kinerja jangka panjang.

Kuat tekan beton merupakan parameter terpentingnya adalah lebih tahan terhadap tekan daripada tarik (Tjokrodimuljo, Teknologi Beton, 1996). Kuat tekan beton merupakan salah satu sifat penting untuk menentukan mutu beton, sedangkan kualitas beton itu sendiri yang ditentukan oleh perbandingan semen, agregat halus, agregat kasar, air dan berbagai jenis bahan tambahan. Beberapa faktor yang mempengaruhi kekuatan tekan beton yaitu proporsi bahan penyusunannya, metode perancangan, perawatan dan keadaan saat pengecoran dilaksanakan.

Adapun contoh perhitungan untuk mencari nilai kuat tekan beton, sebagai berikut :

$$\begin{aligned} A &= 0,25 \pi \times D^2 \\ &= 0,25 \pi \times (150 \text{ mm})^2 \\ &= 17662,5 \text{ mm}^2 \end{aligned}$$

$$P_{\max} = 310 \text{ kN} = 310000 \text{ N}$$

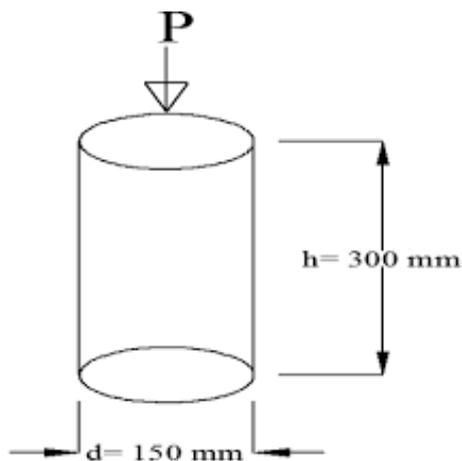
$$(f'c) = \frac{P}{A}$$

$$f'c = \frac{310000 \text{ N}}{17662,5 \text{ mm}^2} = 17,551 \frac{\text{N}}{\text{mm}^2} = 17,551 \text{ MPa}$$

$$1 \text{ MPa} = 1 \text{ Mega Pascal} = 10^6 \text{ Pa} = 10^6 \frac{\text{N}}{\text{m}^2} = \frac{10^6 \text{ N}}{(1000 \text{ mm})^2} = \frac{10^6 \text{ N}}{10^6 \text{ mm}^2} = 1 \frac{\text{N}}{\text{mm}^2}$$

$$1 \text{ Pa} = 1 \frac{\text{N}}{\text{m}^2}$$

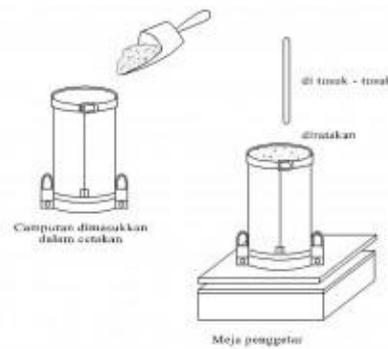
Benda uji pada penelitian tugas akhir ini berbentuk silinder seperti yang ditunjukkan pada Gambar 2.1.



Gambar 2.1 Benda Uji Silinder

Pembuatan benda uji untuk kuat tekan adalah dengan cara memasukan beton yang masih segar (*fresh concrete*) secara tiga lapis kedalam cetakan. Setiap lapis dipadatkan dengan cara menusuknya dengan sebatang besi tumpul berdiameter 1 cm kemudian ditumbuk sebanyak 25 kali tiap lapisnya.

Tahapan pembuatan benda uji silinder terdapat pada Gambar 2.2



Gambar 2.2 Pembuatan Benda Uji Silinder

Benda uji dirawat dengan cara direndam dalam air. Sebelum dilakukan pengujian, benda uji dikeluarkan dari bak perendam dan dianginkan selama kurang lebih dua hari agar kering. Pengujian dilakukan dengan memberikan gaya tekan pada beton sampai benda uji pecah. Benda uji diratakan pada sisi atas agar beban yang terjadi merata dan tidak terkonsentrasi.

Sikagrout 215 *new* adalah salah satu jenis semen *grouting* yang bisa digunakan untuk berbagai aplikasi konstruksi, termasuk dalam pembuatan beton. Analisis pengaruh penambahan Sikagrout 215 *new* terhadap kuat tekan beton, ada beberapa faktor perlu dipertimbangkan:

1. Komposisi Beton

Perubahan dalam komposisi beton, termasuk penggunaan sikagrout 215 *new*, dapat mempengaruhi sifat-sifat mekanik beton, termasuk kekuatan tekan.

2. Proporsi Campuran

Proporsi sikagrout 215 *new* dalam campuran beton akan mempengaruhi hasil akhir. Penambahan yang tepat dapat meningkatkan kekuatan tekan beton, namun penambahan berlebihan bisa berdampak negatif.

3. Sifat sikagrout 215 *new*

Sikagrout 215 *new* memiliki sifat tertentu yang dapat berkontribusi pada kekuatan beton, seperti kemampuan untuk mengisi celah dan retakan, serta meningkatkan adhesi antara komponen beton.

4. Pengaruh lingkungan

Lingkungan tempat beton ditempatkan juga dapat mempengaruhi kekuatan akhir beton. Sikagrout 215 *new* dapat memberikan perlindungan tambahan

terhadap faktor lingkungan tertentu seperti kelembaban, perubahan suhu, dan kimia agresif.

5. Konsistensi dan pekerjaan

Penggunaan Sikagrout 215 *new* dapat mempengaruhi konsistensi campuran beton dan kemudahan dalam proses pengecoran dan penyebaran.

Dalam menganalisis pengaruhnya terhadap kekuatan tekan beton, penting untuk melakukan uji coba dan pengamatan yang cermat untuk menentukan dosis yang optimal agar mendapatkan manfaat terbaik dari penambahan sikagrout 215 *new* tanpa mengorbankan sifat-sifat lain dari beton yang diinginkan.

Sikagrout 215 *new* adalah salah satu produk semen *grouting* dari Sika yang dirancang khusus untuk aplikasi yang membutuhkan kekuatan dan daya tahan yang tinggi. Berikut adalah perbedaan antara semen biasa dengan Sikagrout 215 *new*:

1. Fungsi utama:

- a) Semen biasa digunakan sebagai bahan perekat untuk menyatukan material konstruksi seperti batu bata, blok beton, atau agregat dalam pembuatan beton.
- b) Sikagrout 215 *new* adalah bahan *grouting* khusus yang dirancang untuk mengisi celah dan rongga di antara struktur beton atau batu. Fungsinya lebih khusus dalam mendukung perbaikan struktural atau instalasi perangkat seperti tiang pancang.

2. Komposisi dan formulasi

- a) Semen biasa umumnya terdiri dari campuran klinker semen, gipsum, dan bahan tambahan lainnya seperti *fly ash* atau slag.
- b) Sikagrout 215 *new* diformulasikan khusus untuk memberikan kekuatan tinggi, daya tahan terhadap air, dan penyesuaian volume yang baik. Biasanya mengandung agregat halus, aditif pengendali aliran, serta bahan pengikat yang khusus dirancang untuk aplikasi *grouting*.

3. Karakteristik fisik

- a) Semen biasa umumnya memiliki tekstur halus dalam bentuk serbuk yang dicampur dengan air untuk membentuk adukan yang kuat.

- b) Sikagrout 215 *new* biasanya tersedia dalam bentuk bubuk kering yang dicampur dengan air untuk membentuk adukan yang kental dan mudah dipompa ke dalam celah atau rongga.

4. Aplikasi dan penggunaan

- a) Semen biasa digunakan dalam berbagai aplikasi konstruksi umum, seperti pembuatan beton, pemasangan bata, dan plesteran.
- b) Sikagrout 215 *new* digunakan khususnya dalam aplikasi *grouting* untuk perbaikan struktural atau pengisian celah dan rongga di antara elemen struktural.

2.3 Bahan Penyusun Beton

2.3.1 Semen Portland

Menurut SNI 15-2049-2004, semen portland adalah semen hidrolis yang dihasilkan dengan cara menggiling terak semen portland 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 (SNI 15-2049-2004, 2004). Semen portland merupakan jenis semen yang paling umum digunakan sebagai bahan pembuatan beton. Kandungan bahan kimia dalam semen dapat dilihat pada Tabel 2.1.

Tabel 2.1 Kandungan Bahan Kimia Dalam Bahan Baku Semen

Oksida	% Berat
Kapur, CaO	60 - 67
Silika, SiO ₂	17 - 25
Alumina, Al ₂ O ₃	3 - 8
Besi, Fe ₂ O ₃	0,5 - 0,6
Magnesia, MgO	0,1 - 4
Sulfur, SO ₃	1,3
Soda/Potash, Na ₂ O + K ₂ O	0,2 - 1,3

Sumber : Neville and Brooks, 1987

Semen merupakan serbuk yang halus yang digunakan sebagai perekat antara agregat kasar dengan agregat halus. Apabila bubuk halus ini dicampur dengan air selang beberapa waktu akan menjadi keras dan dapat digunakan sebagai pengikat hidrolis. Semen jika dicampur dengan air akan membentuk adukan yang disebut pasta semen, jika dicampur dengan agregat halus (pasir) dan air, maka akan terbentuk adukan yang disebut yang biasa disebut mortar, jika ditambah lagi dengan

agregat kasar (kerikil) maka akan terbentuk adukan yang biasa disebut beton. Semen bersama air sebagai kelompok aktif sedangkan pasir dan kerikil sebagai kelompok pasif yang berfungsi sebagai pengisi. Sesuai dengan tujuan pemakaiannya semen portland dibagi menjadi 5 (lima) tipe yaitu :

1. Tipe I (*Ordinary Portland Cement*) : Semen Portland untuk penggunaan umum yang tidak memerlukan persyaratan khusus.
2. Tipe II (*Moderate Sulfat Resistance*) : Semen Portland yang dalam penggunaannya memerlukan ketahanan terhadap sulfat dan panas hidrasi sedang.
3. Tipe III (*High Early Strength*) : Semen Portland yang dalam penggunaannya menuntut kekuatan awal yang tinggi.
4. Tipe IV (*Low Heat of Hydration*) : Semen Portland yang dalam penggunaannya menuntut persyaratan panas hidrasi rendah.
5. Tipe V (*Sulfat Resistance Cement*) : Semen Portland yang dalam penggunaannya menuntut persyaratan sangat tahan terhadap sulfat.

2.3.2 Agregat Kasar

Agregat pada beton sangatlah penting. Kandungan agregat dalam beton kira kira mencapai 70% - 75% dari volume beton. Agregat sangat berpengaruh terhadap sifat beton, sehingga pemilihan agregat merupakan bagian penting dalam pembuatan beton. Agregat dibedakan menjadi dua macam yaitu agregat halus dan agregat kasar yang didapat secara alami atau buatan. Untuk menghasilkan beton yang baik, diperlukan gradiasi agregat yang baik. Gradiasi agregat adalah distribusi ukuran kekasaran butiran agregat. Gradiasi diambil dari hasil pengayakan dengan lubang ayakan 10 mm, 20 mm, 30 mm, dan 40 mm untuk kerikil. Untuk pasir lubang ayakan 4,8 mm, 2,4 mm, 0,6 mm, 0,3 mm dan 0,15 mm.

Penggunaan bahan batuan dalam adukan beton berfungsi :

1. Menghemat penggunaan semen.
2. Mengurangi susut pengerasan.
3. Mencapai susunan pampat beton dengan gradiasi beton yang baik.
4. Mengontrol *workability* adukan beton dengan gradiasi bahan batuan baik (Antono, 1988)

Cara membedakan jenis agregat yang paling banyak dilakukan adalah dengan berdasarkan pada ukuran butirnya. Agregat yang mempunyai butir yang besar disebut agregat kasar yang ukurannya lebih besar dari 4,8 mm. Sedangkan butir agregat yang kecil disebut agregat halus yang memiliki ukuran lebih kecil dari 4,8 mm.

Jenis agregat kasar pada umumnya adalah :

1. Batu pecah alami, didapat dari cadas atau batu pecah alami yang digali. Batu ini berasal dari gunung api, jenis sedimen atau jenis metamorf. Batu ini memberikan kekuatan yang tinggi tetapi kurang memberikan kemudahan pengerjaan dan pengecoran dibandingkan dengan agregat kasar lainnya.
2. Kerikil alami, didapat dari proses alami yaitu pengikisan tepi maupun dasar sungai oleh air sungai yang mengalir. Kerikil mempunyai kekuatan lekat lebih rendah dari batu pecah.
3. Agregat kasar buatan, terutama berupa slag atau shale yang biasa digunakan untuk beton berbobot ringan.
4. Agregat untuk pelindung nuklir dan berbobot berat, agregat jenis ini misalnya : baja pecah, magnetit, dan limonit.

Agregat kasar berupa pecahan batu, pecahan kerikil atau kerikil alami dengan ukuran butiran minimal 5 mm dan ukuran butiran maksimal 40 mm. Ukuran maksimum dari agregat kasar dalam beton bertulang diatur berdasarkan kebutuhan bahwa agregat tersebut harus dengan mudah dapat mengisi cetakan dan lolos dari celah yang terdapat diantara tulangan. Berdasarkan berat jenisnya, agregat kasar dibedakan menjadi 3 golongan (Tjokrodimuljo, Teknologi Beton, 2007), yaitu :

1. Agregat normal

Agregat normal adalah agregat yang berat jenisnya antara 2,5-2,7 gr/cm³. Agregat ini biasanya berasal dari agregat basalt, granit dan kuarsa. Beton yang dihasilkan mempunyai berat jenis sekitar 2,3 gr/cm³.

2. Agregat berat

Agregat berat adalah agregat yang mempunyai berat jenis lebih dari 2,8 gr/cm³, misalnya magnetic (FeO₄) atau serbuk besi. Beton yang dihasilkan

mempunyai berat jenis tinggi 5 gr/cm^3 . Penggunaannya dipakai sebagai pelindung dari radiasi.

3. Agregat ringan

Agregat ringan adalah agregat yang mempunyai berat jenis kurang dari $2,0 \text{ gr/cm}^3$ yang biasanya dibuat untuk beton non struktural atau dinding beton.

Dalam pelaksanaan pekerjaan beton, besar butir agregat selalu dibatasi oleh ketentuan maksimal persyaratan agregat, ketentuan itu antara lain :

1. Ukuran maksimum butir agregat tidak boleh dari $3/4$ kali jarak bersih antara baja tulangan atau antara tulangan dan cetakan.
2. Ukuran maksimum butir agregat tidak boleh besar dari $1/3$ kali tebal pelat.
3. Ukuran maksimum butir agregat tidak boleh lebih dari $1/5$ kali jarak terkecil antara bidang samping cetakan.

Menurut PBI 1971, ketentuan mengenai penggunaan agregat kasar untuk beton harus memenuhi syarat antara lain :

1. Agregat kasar untuk beton dapat berupa kerikil sebagai hasil desintegrasi alami dari batuan atau berupa batu pecah yang diperoleh dari pemecahan batu. Pada umumnya yang dimaksudkan dengan agregat kasar adalah agregat dengan besar butir lebih dari 5 mm.
2. Harus terdiri dari butiran yang keras dan tidak berpori. Agregat kasar yang mengandung butir pipih hanya dapat dipakai apabila jumlah butir pipih tersebut tidak melampaui 20% dari berat agregat seluruhnya. 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 lumpur lebih dari 1% (ditentukan terhadap berat kering). Lumpur adalah bagian yang dapat melalui ayakan 0,063 mm, apabila kadar lumpur melampaui 1%, maka agregat kasar harus dicuci.
4. Agregat kasar tidak boleh mengandung zat-zat yang dapat merusak beton, seperti zat-zat yang reaktif alkali.

5. Kekerasan dari butir agregat kasar diperiksa dengan bejana penguji dari Rudeloff dengan beban penguji 20 T, dengan mana harus dipenuhi syarat-syarat berikut :
 - a. Tidak terjadi pembubukan sampai fraksi 9,5-19 mm lebih dari 24% berat.
 - b. Tidak terjadi pembubukan sampai fraksi 19-30 mm lebih dari 22% berat.

Atau dengan mesin pengaus los angeles dengan mana tidak boleh terjadi kehilangan berat lebih dari 50%.
6. Besar butir agregat maksimum tidak boleh lebih daripada seperlima jarak terkecil antara bidang samping dari cetakan, sepertiga dari tebal pelat atau tigaperempat dari jarak bersih minimum diantara batang atau berkas-berkas tulangan. Penyimpangan dari pembatasan ini diijinkan, apabila menurut penilaian pengawas ahli, cara-cara pengecoran beton adalah sedemikian rupa hingga menjamin tidak terjadinya sarang-sarang kerikil.

Gradasi agregat adalah distribusi dari ukuran agregat. Sebagai pernyataan dipakai nilai presentasi berat butir yang tertahan atau lolos saringan standar. Gradasi agregat untuk campuran beton dipengaruhi oleh :

1. Jumlah semen yang dibutuhkan.
2. Jumlah air yang diperlukan.
3. Pengecoran, pemadatan beton (*workability* dan segregasi).
4. Penyelesaian akhir beton.
5. Sifat-sifat beton setelah mengeras

Gradasi saringan agregat dapat dilihat pada Tabel 2.2.

Tabel 2.2 Gradasi Kerikil

Besarnya Lubang Ayakan (Milimeter)	Persen (%) bahan butiran yang lewat ayakan	
	Berat butiran maksimum	
	40 mm	20 mm
40 mm	95 – 100 %	100 %
20 mm	30 – 70 %	95 – 100 %
10 mm	10 – 35 %	25 – 55 %

Sumber : Teknologi Beton, Ir. Kardiyono Tjokrodimulyo, 2007

Faktor-faktor yang mempengaruhi kekuatan beton terhadap kekuatan agregat (Tri Mulyono, 2004) :

1. Perbandingan agregat dan semen campuran.
2. Kekuatan agregat.
3. Bentuk dan ukuran agregat.
4. Tekstur permukaan.
5. Reaksi kimia.
6. Ketahanan terhadap panas.

2.3.3 Agregat Halus

Cara membedakan faktor yang paling banyak dilakukan adalah dengan berdasarkan pada ukuran butir-butirnya. Agregat yang mempunyai butir-butir yang besar disebut agregat kasar yang ukurannya lebih besar dari 4,8 mm, sedangkan butir agregat yang kecil disebut agregat halus yang memiliki ukuran lebih kecil dari 4,8 mm.

Menurut peraturan SK-SNI-T-15-1990-03 kekasaran pasir dibagi menjadi empat kelompok menurut gradasinya, yaitu pasir halus, agak halus, agak kasar, dan kasar. Pasir yang digunakan dalam adukan beton harus memenuhi syarat sebagai berikut :

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

Gradasi zona pasir dapat dilihat pada Tabel 2.3.

Tabel 2.3 Gradasi Pasir

Besarnya lubang ayakan (Milimeter)	Persen (%) bahan butiran yang lewat ayakan			
	Daerah I	Daerah II	Daerah III	Daerah IV
10 mm	100	100	100	100
4,8 mm	90 – 100	90 – 100	90 – 100	95 – 100
2,4 mm	60 – 95	75 – 100	85 – 100	95 – 100
1,2 mm	30 – 70	55 – 90	75 – 100	90 – 100
0,6 mm	15 – 34	35 – 59	60 – 79	80 – 100
0,3 mm	5 – 20	8 – 30	12 – 40	15 – 50

Sumber : Teknologi Beton, Ir. Kardiyono Tjokrodimulyo, 2007

Keterangan :

- Daerah I : Pasir kasar.
- Daerah II : Pasir agak kasar.
- Daerah III : Pasir agak halus.
- Daerah IV : Pasir halus.

Agregat halus adalah pasir alam sebagai disintegrasi alami dari batuan atau pasir yang dihasilkan oleh industri pemecah batu dan mempunyai ukuran terbesar 4,8 mm.

2.3.4 Air

Air merupakan salah satu bahan pembuat beton yang sangat penting namun harganya murah. Air diperlukan untuk bereaksi dengan semen sehingga menjadi reaksi kimia yang menyebabkan pengikatan dan berlangsungnya proses pengikatan juga berlangsungnya proses penguatan pada beton, serta untuk menjadi bahan pelumas antara butir-agregat agar mudah dikerjakan dan dipadatkan. Air yang digunakan dalam campuran beton agar semen dapat bereaksi hanya sekitar (25% - 30%) dari berat semen. Jika air yang digunakan kurang dari 25% dari berat semen, maka workability tidak akan tercapai. Sebaliknya, semakin banyak air yang

digunakan ke dalam campuran beton dapat mempermudah proses pengadukan, pengangkutan, dan pencetakan. Akan tetapi dapat mengakibatkan penurunan kekuatan beton, dikarenakan air yang terlalu banyak akan menyebabkan banyaknya gelembung udara setelah proses hidrasi selesai sehingga pasta semen berpori lebih banyak. Penggunaan air yang sedikit tidak menentukan kekuatan beton mutu tinggi, karena dengan jumlah air yang sedikit dapat mengakibatkan tidak selesainya proses hidrasi sehingga mutu beton dapat menurun. Oleh karena itu, air yang ditambahkan ke dalam campuran harus dilakukan sedikit demi sedikit sampai mencapai nilai maksimum.

Air untuk pembuatan beton minimal memenuhi syarat sebagai air minum yaitu tawar, tidak berbau dan bila dihembuskan dengan udara tidak keruh, tetapi tidak berarti air yang digunakan untuk pembuatan beton harus memenuhi syarat sebagai air minum. Penggunaan air untuk beton sebaiknya memenuhi syarat sebagai berikut, (SNI 03-2847-2002) :

1. Air yang digunakan pada campuran beton harus bersih dan bebas dari bahan-bahan merusak yang mengandung oli, asam, alkali, garam, bahan organik, atau bahan-bahan lainnya yang merugikan terhadap beton atau tulangan.
2. Air pencampur yang digunakan pada beton prategang atau pada beton yang didalamnya tertanam logam aluminium, termasuk air bebas yang terkandung dalam agregat, tidak boleh mengandung ion klorida dalam jumlah yang membahayakan.
3. Air yang tidak dapat diminum tidak boleh digunakan pada beton, kecuali ketentuan berikut terpenuhi :
 - a. Pemilihan proporsi campuran beton harus didasarkan pada campuran beton yang menggunakan air dari sumber yang sama.
 - b. Hasil pengujian pada umur 7 dan 28 hari pada kubus uji mortar yang dibuat dari adukan dengan air yang tidak dapat diminum harus mempunyai kekuatan sekurang-kurangnya sama dengan 90% dari kekuatan benda uji yang dibuat dengan air yang dapat diminum.
1. Tidak mengandung garam-garam yang dapat merusak beton (asam, zat organik) lebih dari 15 gr/ltr.

2. Tidak mengandung klorida (Cl) lebih dari 0.5 gr/ltr.
3. Tidak mengandung senyawa sulfat lebih dari 1 gr/ltr.

Adapun fungsi air didalam campuran beton adalah sebagai berikut :

1. Sebagai pelicin bagi agregat.
2. Bereaksi dengan semen untuk membentuk pasta semen.
3. Penting untuk mencairkan bahan atau material semen ke seluruh permukaan agregat.
4. Membasahi agregat untuk melindungi agregat dari penyerapan air vital yang diperlukan pada reaksi kimia.
5. Memungkinkan campuran beton mengalir ke dalam cetakan.

2.4 Sikagrout 215 New

Sikagrout 215 *New* adalah semen *grouting* siap pakai yang mempunyai karakteristik tidak menyusut dengan waktu kerja yang sesuai untuk temperatur lokal. Dapat mengalir sangat baik. Memenuhi persyaratan standar *Corps of Engineer CRD C-621* dan *ASTM C-1107*.

Sikagrout 215 *New* ini berbentuk bubuk dan berwarna abu-abu sama seperti semen biasa, namun memiliki kuat tekan yang cukup tinggi. Keuntungan lain dari Sikagrout 215 *New* adalah :

1. Mudah penggunaannya.
2. Karakteristik mudah mengalir.
3. Konsistensi dapat diatur.
4. Kekuatan awal sangat cepat.
5. Tahan terhadap penyusutan.
6. Kekuatan tekan tinggi.
7. Tidak korosi.
8. Tidak beracun.

Sikagrout 215 *new* dapat dilihat pada Gambar 2.3



Gambar 2.3 Sikagrout 215 *New*

Kekurangan dari Sikagrout 215 *New* adalah harga yang relatif mahal. Sikagrout 215 *New* merupakan semen grouting yang mengandung silica fume yang memiliki kemampuan mengalir yang sangat baik, dapat digunakan untuk memperbesar volume beton dan mengganti penyusutan plastis pada beton. Sikagrout 215 *New* dapat digolongkan ke dalam semen hidrolis karena dapat mengeras jika ditambahkan air.

Kandungan *silica fume* dalam Sikagrout 215 *New* ini merupakan bahan yang sangat efektif untuk memproduksi beton grouting dengan kualitas tinggi. Tersusun lebih dari 95% SiO_2 dengan ukuran partikel lebih kecil dari 1 *micron* (ACI, 1987).

Keuntungan yang dihasilkan dari pemakaian silica fume ini sebagai berikut :

1. Menambah daya lekat dan kestabilan dari campuran beton grouting.
2. Kepadatan bertambah tinggi.
3. Daya tembus gas menjadi sangat berkurang.
4. Sangat mengurangi infiltrasi dan klorid.
5. Mempercepat terbentuknya kekuatan beton.

Dengan ukuran butirnya yang sangat halus, silica fume akan mengisi pori-pori dalam campuran mortar beton sehingga akan menambah kepadatan beton.

Komposisi dari Sikagrout 215 *New*:

1. SiO_2 .

Silika (SiO_2) merupakan bahan kimia yang dapat meningkatkan Mutu Beton, akibat reaksi yang terjadi antara Silika dan Kapur bebas yang ada didalam campuran beton.

2. Semen Portland.

Semen Portland adalah semen hidraulis yang dihasilkan dengan cara menghaluskan klinker yang terdiri dari silikat-silikat kalsium yang bersifat hidraulis.

3. Silica fume.

Silica fume merupakan bahan pengisi (*filler*) dalam beton yang mengandung kadar silica yang tinggi mencapai lebih dari 90%. Dalam penggunaannya Silica fume dapat berfungsi sebagai pengganti sebagian semen yang akan dicampurkan menjadi beton, sebanyak 5% - 15% dari total berat semen yang akan digunakan

Menurut ASTM C-125, pozzolan adalah bahan yang mengandung senyawa silika atau silika alumina dan alumina, yang sifatnya sendiri memiliki sedikit atau tidak adanya sifat semen akan tetapi dalam bentuk yang halus dan dengan adanya uap air / kelembaban maka akan bereaksi secara kimia dengan kalsium hidroksida pada suhu normal untuk membentuk senyawa yang memiliki sifat semen.

Silica fume merupakan bahan tambah yang berfungsi untuk mempercepat proses ikatan dan pengerasan beton. Silica fume merupakan produk yang dihasilkan dari reduksi kwarsa murni dengan batu bara didalam suatu tungku listrik pada pembuatan silica dan ferro silicon. Silica fume mengandung kadar SiO_2 yang tinggi dan merupakan bahan yang sangat halus, berbentuk bulat dan berdiameter sangat kecil lebih kecil dari 1 *micron*.

Daerah transisi (*tranzien zona*) adalah daerah antara pasta semen dengan agregat. Pada hampir semua beton daerah tersebut merupakan daerah yang lemah karena terjadi *bleeding* dan segregasi pada daerah tersebut. Dengan adanya silica fume akan meningkatkan kepadatan pada daerah transisi sehingga meningkatkan kekuatan dari beton.

2.5 Hipotesa

1. Penggunaan bahan tambah Sikagrout 215 *New* dapat mempermudah pekerjaan.
2. Beton dengan bahan tambah Sikagrout 215 *New* daya tekannya akan menjadi lebih tinggi.