

BAB I

PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Perancangan campuran beton merupakan suatu kesatuan unsur bahan penyusunnya yang dapat menyebabkan produksi beton yang dihasilkan cukup bervariasi jika dilihat dari perbedaan sifat dan karakteristik bahan penyusunnya itu sendiri. Tujuan perancangan campuran beton yaitu untuk menentukan proporsi bahan baku beton yaitu semen, agregat halus, agregat kasar, dan air yang memenuhi kriteria workabilitas, kekuatan, durabilitas, dan penyelesaian akhir yang sesuai dengan spesifikasi. Proporsi yang dihasilkan oleh rancangan pun harus optimal, dalam arti penggunaan bahan yang minimum dengan tetap mempertimbangkan kriteria teknis.

Beton merupakan suatu struktur yang sangat sering digunakan dalam konstruksi teknik sipil. Yang digunakan untuk bangunan pondasi, kolom, balok, pelat ataupun pelat cangkang. Dalam teknik sipil hidro juga beton sering digunakan seperti pembuatan bendungan dan saluran drainase perkotaan. Beton juga digunakan dalam teknik sipil transportasi untuk pekerjaan *rigid pavement* (lapis keras permukaan yang kaku) dan pekerjaan gorong – gorong.

Struktur beton sangat dipengaruhi oleh komposisi dan kualitas bahan pencampur beton, yang dibatasi oleh kemampuan daya tekan beton yang tercantum dalam perencanaannya. Karena pentingnya peranan beton dalam suatu konstruksi maka kita dituntut untuk menciptakan kualitas beton yang sesuai dengan SNI 063- 6468 – 2000 dimana mutu beton memiliki kuat tekan lebih besar atau sama dengan 41,1 Mpa.

Penggunaan beton sendiri sudah dimulai sejak zaman Yunani dimana mereka menggunakan bahan abu vulkanik seperti abu pozzolan. Seiring dengan perkembangan konstruksi di Indonesia, maka Indonesia sendiri membentuk suatu Departement Pekerjaan Umum yang selalu mengikuti perkembangan beton melalui Lembaga Penyelidikan Masalah Bangunan (LPMB). Dimana melalui

lembaga ini pemerintah menerbitkan peraturan standar beton yang mengadopsi dari peraturan internasional yang disesuaikan dengan kondisi bahan dan jenis bangunan di Indonesia.

Beton merupakan campuran dari bahan penyusun yang terdiri dari bahan semen hidrolik (*Portland cement*), agregat kasar, agregat halus, air dan bahan tambah (*admixture atau additive*) lainnya dengan perbandingan tertentu. Bahan tambahan adalah bahan halus yang tidak termasuk unsur pokok campuran beton yang ditambahkan pada adukan. Berbagai macam bahan dapat digunakan sebagai bahan tambahan, tentu saja setelah melalui beberapa proses penelitian.

Bahan-bahan buangan di sekitar lingkungan dapat dimanfaatkan sebagai bahan tambahan dalam campuran beton, misalnya potongan batu bata sisa dari proses pembangunan yang tidak digunakan lagi. Batu bata merupakan bahan lokal yang mudah di dapatkan . Banyak potongan batu bata yang tidak dapat digunakan di buang begitu saja tanpa ada pemanfaatan yang lebih lanjut atau yang bernilai ekonomis kembali. Sisa pecahan batu bata dapat di gunakan kembali dalam pembuatan beton sebagai bahan pengisi pada campuran beton. Berdasarkan latar belakang tersebut maka saya melakukan penelitian dengan **“ANALISIS KUAT TEKAN BETON DENGAN SERBUK BATU BATA SEBAGAI PENGGANTI SEBAGIAN PASIR “**

1.2. Rumusan Masalah

Berdasarkan latar belakang diatas, maka rumusan masalah yang diambil sebagai berikut :

1. Bagaimana pengaruh penggantian serbuk batu bata sebagian pada pasir terhadap kuat tekan mortar ?
2. Bagaimana pengaruh penggantian serbuk batu bata sebagian pada pasir terhadap nilai slump?
3. Bagaimana pengaruh penggantian serbuk batu bata sebagian pada pasir terhadap kuat tekan beton?
4. Berapa proporsi yang pas pada serbuk batu bata untuk campuran beton yang menghasilkan nilai kuat tekan mortar yang optimum ?

5. Berapa proporsi yang pas pada serbuk batu bata untuk campuran beton yang menghasilkan nilai kuat tekan beton yang optimum ?

1.3. Tujuan Penelitian

Berdasarkan rumusan masalah diatas, maka tujuan penelitian yang diambil sebagai berikut :

1. Untuk mengetahui pengaruh penggantian sebagian serbuk batu bata merah terhadap pasir untuk kuat tekan mortar.
2. Untuk mengetahui pengaruh penggantian sebagian serbuk batu bata merah terhadap pasir untuk nilai slump.
3. Untuk mengetahui pengaruh penggantian sebagian serbuk batu bata merah terhadap pasir untuk kuat tekan beton.
4. Untuk menguraikan nilai kuat tekan mortar terhadap proporsi 0%,15% , 25%, 50%, dan 75% serbuk batu bata sebagai penggantian sebagian pasir.
5. Untuk menguraikan nilai kuat tekan beton terhadap proporsi 0%,15% , 25%, 50%, dan 75% serbuk batu bata sebagai penggantian sebagian pasir.

1.4. Manfaat Penelitian

Diharapkan penelitian ini dapat bermanfaat untuk:

1. Dapat dijadikan sebagai informasi para peneliti dalam mengembangkan penelitian yang berhubungan dengan pencampuran beton menggunakan limbah serbuk batu bata merah.
2. Untuk mengetahui apakah limbah serbuk batu bata merah dapat digunakan sebagai bahan penggantian sebagian pada agregat halus (pasir) pada campuran beton.

1.5 Batasan Masalah

1. Presentase serbuk batu bata merah : 0%,15%, 25%, 50%, 75%.
2. Pengujian bahan yang dilakukan menurut standar yang telah ditentukan.
3. Pengujian nilai slump dengan nilai 10 ± 2 mm.
4. Pengujian kuat tekan mortar dilakukan pada umur 28 hari.
5. Pengujian kuat tekan beton dilakukan pada umur : 7, 14 , 21 dan 28 hari.

BAB II

TINJAUAN PUSTAKA

2.1. Pengertian Umum Beton

Beton adalah campuran dari semen sebagai bahan pengikat, agregat halus (pasir) dan agregat kasar (krikil) sebagai bahan pengisi dan air sebagai bahan pencampur/pelumas. Agregat merupakan kandungan yang paling banyak dalam pembentukan beton sekitar (60 % - 70 %) sedangkan semen dan air akan membentuk pasta yang akan mengikat agregat dan untuk bahan tambah sendiri digunakan ke dalam campuran beton pada saat atau selama pencampuran berlangsung sehingga dapat mengubah sifat-sifat dari beton agar lebih cocok dalam suatu pekerjaan tertentu dan dapat juga untuk menghemat biaya dalam perancangan beton itu sendiri.



Gambar 2.1 : Bahan Campuran Beton

Bahan-bahan tersebut bila dituang dalam cetakan kemudian dibiarkan maka akan mengeras. Proses terjadinya pengerasan tersebut disebabkan oleh reaksi kimia antara air dan semen, dan dalam hal ini tingkat kekerasan beton sesuai dengan SNI 063- 6468 – 2000. Nilai kekuatan dan daya tahan (*durability*) beton dipengaruhi dari berbagai faktor diantaranya adalah nilai banding campuran dan mutu bahan susun, metode pelaksanaan pengecoran, pelaksanaan finishing, temperatur dan kondisi perawatan pengerasan.

2.2. Pengertian Umum Batu Bata

Batu bata sendiri telah dikenal sejak lama dan diaplikasikan oleh masyarakat baik di perkotaan atau pedesaan untuk bahan konstruksi. Hal tersebut bisa dinilai dari banyaknya pabrik batu bata yang dibangun masyarakat guna memproduksi batu bata berkualitas. Batu bata banyak diaplikasikan dalam bidang teknik sipil untuk pondasi, bendungan, bangunan dinding pada gedung, saluran, dan masih banyak lainnya.

Batu bata yang mempunyai kualitas tinggi, biasanya tidak mudah remuk walau terendam di dalam air dalam waktu yang lama. Kualitas ini penting diperhatikan, karena semakin baik kualitas batu bata yang dipakai akan semakin kuat struktur dinding yang dibangun.

Spesi atau perekat antar batu bata merupakan hal penting untuk menjaga mutu dari dinding suatu bangunan. Hasil campuran perekat batu bata yang baik akan menyebabkan dinding kita dapat bertahan terhadap resapan air dari air hujan maupun tanah dan dapat bertahan dalam jangka waktu yang lama atau awet. Semakin baik kualitas spesi yang dipakai untuk merekatkan batu bata, akan semakin berkualitas pula dinding yang kita buat.

2.3. Kelebihan dan Kekurangan Beton

Dalam keadaan mengeras beton seperti batu yang memiliki kekuatan tekan yang tinggi dan dalam keadaan segar beton dapat dibentuk hingga dapat membentuk seni arsitektur yang dapat digunakan untuk dekoratif. Beton tahan terhadap serangan api dan tahan juga terhadap serangan korosi namun secara umum beton memiliki kelebihan dan kekurangan sebagai berikut:

2.3.1. Kelebihan Beton

- a. Mudah dibentuk sesuai dengan kebutuhan konstruksi
- b. Biaya pemeliharaan yang kecil
- c. Tahan terhadap temperatur/suhu yang tinggi
- d. Mampu memikul beban yang berat

- e. Biaya pembuatan beton yang cukup murah karena menggunakan bahan-bahan penyusun yang dapat diperoleh dari daerah lokal, kecuali untuk semen portland yang harus didatangkan dari luar daerah.

2.3.2. Kekurangan Beton

- a. Setelah mengeras bentuk beton sulit untuk di bentuk
- b. Membutuhkan ketelitian yang tinggi dalam pelaksanaan pekerjaannya
- c. Memiliki daya kuat tarik yang lemah sehingga dibutuhkan penulangan menggunakan baja ke dalam beton.
- d. Selama proses pengeringan, beton yang masih basah bisa mengalami penyusutan akibat strukturnya mengerut.
- e. Ketika beton dalam keadaan basah, maka struktur beton tersebut bisa mengembang sehingga kekuatannya menurun.
- f. Beton bisa mengalami keretakan rambut dan keretakan struktur akibat perubahan suhu yang drastis dalam waktu relatif singkat.
- g. Sifat alamiah beton yakni dapat menyerap air melalui pori-porinya, di mana air justru bisa merusak beton secara perlahan, terutama yang mengandung kadar garam yang tinggi.

2.4 Jenis - Jenis Beton

2.4.1 Beton Ringan

Beton ringan dibuat dengan menggunakan agregat yang berbobot ringan dan sering ditambahkan zat aditif yang mampu membentuk gelembung-gelembung udara di dalam adonan beton. Banyaknya gelembung udara yang terjadi di dalam adonan beton yang menyebabkan volume adonan juga semakin besar sedangkan bobotnya akan lebih ringan dibandingkan beton lain dengan memiliki volume yang sama. Beton ringan biasanya digunakan untuk dinding non-struktural.

2.4.2 Beton Non Pasir

Beton non-pasir merupakan beton yang sama sekali tidak menggunakan pasir. Hanya kerikil, semen, dan air. Sehingga membentuk rongga-rongga yang berisi udara di celah-celah kerikil sehingga total berat jenisnya pun lebih rendah.

Karena tanpa pasir, persentase semen pada beton ini juga lebih sedikit. Beton non-pasir biasanya digunakan pada pembuatan struktur ringan, kolom dan dinding sederhana, bata beton, serta buis beton.

2.4.3 Beton Non Hampa

Beton non hampa banyak digunakan untuk pembangunan gedung-gedung tinggi, karena memiliki kekuatan yang cukup tinggi. Hal ini disebabkan karena proses penyedotan air pengencer adonan beton dengan alat vakum sehingga adonan hanya mengandung air yang sudah bercampur dengan semen saja.

2.4.4 Beton Non Serat

Beton serat dibuat dengan menambahkan serat-serat tertentu ke dalam adonan beton, seperti: asbestos, plastik, kawat baja, dan sebagainya. Dengan penambahan serat ini beton yang dihasilkan memiliki nilai keuletan tinggi (*ductility*) sehingga tidak mudah retak.

2.4.5 Mortar

Beton mortar terdiri atas semen, pasir, dan air. Ada tiga jenis mortar yang sering digunakan antara lain semen, kapur, dan lumpur.

2.4.6 Beton Massa

Beton massa adalah penuangan beton yang sangat besar di atas kebutuhan rata-rata. Pada umumnya beton massa memiliki dimensi yang berukuran lebih dari 60 cm dan perbandingan antara volume dan luas permukaannya pun sangat tinggi. Beton ini sering digunakan dalam pembuatan pilar-pilar bangunan, pondasi berukuran besar, dan juga bendungan.

2.4.7 Beton Bertulang

Beton bertulang adalah campuran beton yang diberi tulangan dari baja. Penambahan tulangan baja ini akan meningkatkan kekuatan terhadap gaya tarik dan juga ductility struktur bangunan. Beton bertulang cocok digunakan dalam

struktur dengan bentangan yang lebar, seperti jalan raya, jembatan, pelat lantai dan sebagainya.

2.4.8 Beton Prategang

Beton prategang adalah beton bertulang yang tulangan bajanya diberi tegangan lebih dulu sebelum dicor, sehingga kuat untuk menyangga struktur dengan bentangan lebar.

2.4.9 Beton Pracetak

Beton pracetak adalah beton yang dicetak terpisah di luar area pekerjaan. Hal ini biasanya dilakukan karena terbatasnya lahan area pekerjaan dan juga karena alasan kepraktisan. Pengerjaan bangunan dapat dipersingkat sehingga lebih efektif dan efisien.

2.4.10 Beton Siklop

Beton jenis ini menggunakan bahan tambahan agregat yang berukuran besar (sekitar 15 sampai 20 cm) dalam adonan beton. Hal ini untuk meningkatkan daya tahan beton untuk digunakan dalam pengerjaan bangunan yang bersinggungan dengan air, seperti jembatan dan bendungan.

2.5 Bahan Penyusun Beton

Beton adalah campuran dari semen sebagai bahan pengikat, agregat halus (pasir) dan agregat kasar (krikil) sebagai bahan pengisi dan air sebagai bahan pencampur/pelumas. Bahan-bahan tersebut bila dicampur dan dituang dalam cetakan kemudian dibiarkan maka akan mengeras membentuk beton sesuai bentuk cetakkannya. Bahan penyusun campuran beton adalah sebagai berikut ini:

2.5.1 Semen

Semen *portland* (*Portland cement*) 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. Bahan-bahan kimia yang terkandung di dalam semen data dilihat ada tabel 2.1.

Tjokrodimuljo (1996) mengemukakan semen *portland* berfungsi sebagai pengikat bahan-bahan bangunan yang lain (batu bata, batu kali, pasir). Selain itu juga untuk mengisi rongga-rongga di antara butiran agregat.

Tabel 2.1 Kandungan bahan-bahan kimia dalam bahan baku semen

Oksida	%
Kapur, CaO	60 – 65
Silica, SiO ₂	17 – 25
Alumina, Al ₂ O ₃	3 – 8
Besi, Fe ₂ O ₃	0,5 – 6
Magnesia, MgO	0,5 – 4
Sulfur, SO ₃	1 – 2
Soda/Potash, Na ₂ O + K ₂ O	0,5 – 1

Sumber : Teknologi Beton, Tjokrodimuljo 1996

SNI 15-2049-2004 mengemukakan jenis dan penggunaan semen *portland* sebagai berikut ini :

Jenis I : yaitu semen *portland* untuk penggunaan umum yang tidak memerlukan persyaratan khusus seperti yang disyaratkan pada jenis -jenis lain.

Jenis II : yaitu semen *portland* yang dalam penggunaannya memerlukan ketahanan terhadap sulfat atau kalor hidrasi sedang.

Jenis III : yaitu semen *portland* yang dalam penggunaannya memerlukan kekuatan tinggi pada tahap permulaan setelah pengikatan terjadi.

Jenis IV : yaitu semen *portland* yang dalam penggunaannya memerlukan kalor hidrasi rendah.

Jenis V : yaitu semen *portland* yang dalam penggunaannya memerlukan ketahanan tinggi terhadap sulfat.

2.5.2 Air

Kualitas air sangat mempengaruhi kekuatan beton. Kualitas air erat kaitannya dengan bahan-bahan yang terkandung dalam air tersebut. Air diusahakan agar tidak membuat rongga pada beton, tidak membuat retak pada beton dan tidak membuat korosi pada tulangan yang mengakibatkan beton menjadi rapuh.

Fungsi air dalam beton yaitu sebagai bahan penghidrasi semen, agar semen bisa berfungsi sebagai bahan pengikat, serta air berfungsi sebagai bahan pelumas, yaitu mempermudah proses pencampuran agregat dan semen serta mempermudah pelaksanaan pengecoran beton (*workability*). 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.

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. Air yang mengandung banyak kotoran akan mengganggu proses pengerasan atau kekuatan beton. Hal yang dapat disebabkan apabila terdapat kotoran dalam air:

1. Gangguan pada kekuatan dan ketahanan
2. Gangguan pada hidrasi dan pengikatan
3. Korosi pada tulangan baja maupun kehancuran beton
4. Perubahan volume yang dapat menyebabkan keretakan
5. Bercak-bercak pada permukaan beton.

2.5.3 Agregat

Agregat adalah sekumpulan butir-butir batu pecah, kerikil, pasir, atau mineral lainnya baik berupa hasil alam maupun buatan. Agregat adalah material granular, misalnya pasir, kerikil, batu pecah yang dipakai bersama-sama dengan suatu media pengikat untuk membentuk suatu beton semen hidraulik atau adukan. Agregat menurut asalnya dapat dibagi dua yaitu agregat alami yang diperoleh dari sungai dan agregat buatan yang diperoleh dari batu pecah. Dalam campuran beton, agregat merupakan bahan penguat (*strengter*) dan pengisi (*filler*), dan menempati 60%—75% dari volume total beton.

a. Jenis Agregat berdasarkan proses pengolahannya

Agregat Alam. Agregat yang dapat dipergunakan sebagaimana bentuknya di alam atau dengan sedikit proses pengolahan. Agregat ini terbentuk melalui proses erosi dan degradasi. Bentuk partikel dari agregat alam ditentukan proses pembentukannya.

Agregat melalui proses pengolahan. Digunung-gunung atau di lembah sungai dan sungai-sungai ditemui agregat yang masih berbentuk batu gundung, dari ukuran yang besar-besar sehingga diperlukan proses pengolahan terlebih dahulu sebelum dapat digunakan sebagai agregat konstruksi jalan.

Agregat Buatan. Agregat yang merupakan mineral filler/pengisi (partikel dengan ukuran $< 0,075$ mm), diperoleh dari hasil sampingan pabrik-pabrik semen atau mesin pemecah batu.

b. Keutamaan agregat dalam peranannya di dalam campuran beton :

Menghemat penggunaan semen Portland

Menghasilkan kekuatan besar pada beton

Mengurangi penyusutan pada pengerasan beton

Dengan gradasi agregat yang baik dapat tercapai beton yang padat.

2.5.3.1 Agregat Kasar

Agregat kasar yang biasa dipakai dalam konstruksi ada yang bersumber dari gunung dan dari sungai.

a. Agregat kasar yang bersumber dari gunung

Batu belah berasal dari batu bulat yang berukuran besar kemudian di pecah menjadi bongkahan-bongkahan lebih kecil. Jenis batu belah ini, umumnya berwarna kehitaman, coklat keputihan tergantung daerah bukit atau gunung asalnya. Batu belah kebanyakan berada di daerah perbukitan dan gunung aktif. Namun, tidak memungkinkan terdapat pada aliran sungai yang perlu masih butuh bantuan alat berat untuk mengangkut batu besar ini. Batu belah ini sangat baik untuk pondasi menerus dan pondasi umpak (tua) karena batu ini biasanya berasal dari letusan batu dan sering juga dipakai sebagai bahan agregat kasar dalam pembuatan campuran beton. Keunggulan lain penggunaan batu belah sebagai bahan pondasi bangunan bisa mengikuti lebar diinginkan secara rapih sehingga porsi beban yang akan diterapkan pada pondasi lebih maksimal. Batu belah yang bagus digunakan untuk pondasi rumah keras, bersih dan tidak lapuk.

Cara menentukan tidak lapuk atau batu tua yang siap digunakan untuk bangunan dengan cara membelahnya menggunakan palu. Apabila pecah, yang dihasilkan tajam, atau mampu menyayat maka batu tersebut sangat baik digunakan untuk bangunan.

b. Agregat kasar yang bersumber dari sungai

Batu kali adalah bongkahan batu yang umumnya ukurannya tidak beraturan yang didapatkan dari sungai yang digunakan sebagai bahan pondasi bangunan rumah, gedung, dan lain-lain. Batu kali merupakan salah satu material yang penting untuk pembuatan rumah/bangunan yaitu sebagai pembuatan pondasi rumah/bangunan. Batu kali dipasang bersama mortar (Semen + Pasir + air) sebagai konstruksi awal pembuatan dinding rumah. Batu kali juga material alami yang tahan terhadap kondisi lingkungan seperti hujan dan panas, sehingga sampai

saat ini penggunaannya sebagai pondasi rumah masih belum tergantikan dengan material buatan. Jenis jenis batu kali adalah sebagai berikut:

Batu Kali Bulat

Batu Kali Bulat adalah batuan alami yang bentuknya bulat tidak beraturan yang biasanya didapat kan dari sungai, material ini cukup keras dan tahan terhadap cuaca namun mortar (Semen + Pasir + air) kurang mengikat/menempel kuat karena tekstur permukaanya halus.

Batu Kali Belah

Batu kali belah adalah batuan alami yang bentuk nya besar lalu dihancurkan menjadi ukuran sekitar 30- 40 cm yang biasanya didapatkan dari gunung atau perbukitan, namun terkadang ada jg yang didapat kan dari sungai. Batu kali jenis ini merupakan material yang paling baik untuk pembuatan pondasi karena selain material ini keras tekstur permukaan nya pun cukup kasar karena hasil pemecahan sehingga mortar (Semen + Pasir + air) mengikat/menempel dengan kuat. 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 beton bertulang diatur berdasarkan kebutuhan agregat tersebut harus dengan mudah dapat mengisi cetakan dan lolos dari celah-celah yang terdapat diantara batang-batang baja tulangan.

Agregat kasar (*Coarse Aggregate*) biasa juga disebut kerikil sebagai hasil desintegrasi alami dari batuan atau berupa batu pecah yang diperoleh dari industri pemecah batu, dengan butirannya berukuran antara 4,76 mm—150 mm.

a) Ketentuan agregat kasar antara lain:

Agregat kasar harus terdiri dari butiran yang keras dan tidak berpori.

Agregat kasar yang butirannya pipih hanya dapat dipakai jika jumlah butir-butir pipihnya tidak melampaui 20% berat agregat seluruhnya.

Agregat kasar tidak boleh mengandung lumpur lebih dari 1% dalam berat keringnya. Bila melampaui harus dicuci.

Agregat kasar tidak boleh mengandung zat yang dapat merusak beton, seperti zat yang relatif alkali.

Agregat kasar untuk beton dapat berupa kerikil alam dari batu pecah.

Agregat kasar harus lewat tes kekerasan dengan bejana penguji *Rudeloff* dengan beban uji 20 ton.

Kadar bagian yang lemah jika diuji dengan goresan batang tembaga maksimum 5%.

Angka kehalusan (*Fineness Modulus*) untuk *Coarse Aggregate* antara 6–7,5.

b) Jenis Agregat berdasarkan proses pengolahannya :

1. Agregat Alam

Agregat yang dapat dipergunakan sebagaimana bentuknya di alam atau dengan sedikit proses pengolahan. Agregat ini terbentuk melalui proses erosi dan penurunan. Bentuk partikel dari agregat alam ditentukan proses pembentukannya.

2. Agregat melalui proses pengolahan

Digunung-gunung atau dibukit-bukit, dan sungai-sungai sering ditemui agregat yang masih berbentuk batu gunung, dan ukuran yang besar-besar sehingga diperlukan proses pengolahan terlebih dahulu sebelum dapat digunakan sebagai agregat konstruksi jalan.

3. Agregat Buatan

Agregat yang merupakan mineral *filler*/pengisi (partikel dengan ukuran < 0,075 mm), diperoleh dari hasil sampingan pabrik-pabrik semen atau mesin pemecah batu.

c) Jenis Gradasi

Gradasi agregat adalah distribusi ukuran butiran agregat. Dapat juga disebut pengelompokkan agregat dengan ukuran yang berbeda sebagai persentase dari total agregat atau persentase kumulatif butiran yang lebih kecil atau lebih besar dari masing masing seri bukan saringan. Gradasi agregat juga berguna untuk menentukan proporsi agregat halus terhadap total agregat.

1. Gradasi Baik

Gradasi baik, adalah campuran agregat dengan ukuran butiran yang terdistribusi merata dalam rentang ukuran butiran. Agregat bergradasi baik disebut juga dengan agregat bergradasi rapat.

Agregat bergradasi baik dapat dikelompokkan menjadi :

- a. Agregat bergradasi kasar, adalah agregat bergradasi baik yang didominasi oleh agregat ukuran butiran kasar
- b. Agregat bergradasi halus, adalah agregat bergradasi baik yang didominasi oleh agregat ukuran butiran halus.

2. Gradasi Buruk

Gradasi Buruk, adalah distribusi ukuran agregat yang tidak memenuhi persyaratan agregat bergradasi baik.

Agregat bergradasi buruk dapat dikelompokkan menjadi:

- a. Gradasi Seragam, adalah campuran agregat yang tersusun dari agregat dengan ukuran butirannya sama atau hampir sama.
- b. Gradasi Terbuka, adalah campuran agregat dengan distribusi ukuran butiran sedemikian rupa sehingga pori-pori antar agregat tidak terisi dengan baik.
- c. Gradasi Senjang, adalah campuran agregat yang ukuran butirannya terdistribusi tidak menerus, atau ada bagian yang hilang.

Agregat kasar untuk beton dapat berupa kerikil sebagai hasil desintegrasi alami dari batuan-batuan atau berupa batu pecah yang diperoleh dari pemecahan batu. Adapun syarat-syarat dari agregat kasar yang digunakan dapat dilihat ada tabel

2.2.

Tabel 2.2 Syarat- Syarat dari Agregat Kasar

No.	Pengujian	Satuan	Nilai Standart (krikil)
1	Berat jenis, SSD	gr/cm ³	2.5 - 2.8
2	Berat isi	gr/cm ³	1.4 -1.9
3	Penyerapan air	%	< 3%
5	Kadar air	%	3% - 5%
7	Keausan	%	<27 %

Sumber : SNI -03-2834-2000

2.5.3.2 Agregat Halus

Agregat halus untuk beton dapat berupa pasir alam sebagai hasil desintegrasi alami dari batuan-batuan atau berupa pasir buatan yang dihasil oleh alat-alat pemecah batu. Agregat ini berukuran 0,063 mm—4,76 mm yang meliputi pasir kasar (*Coarse Sand*) dan pasir halus (*Fine Sand*). Adapun syarat-syarat dari agregat halus yang digunakan menurut PBI 1971 daat dilihat ada tabel 2.3. Pasir terdiri dari butir- butir tajam dan keras. Bersifat kekal artinya tidak mudah lapuk oleh pengaruh cuaca, seperti terik matahari dan hujan.

1. Tidak mengandung lumpur lebih dari 5%. Lumpur adalah bagian- bagian yang bisa melewati ayakan 0,063 mm. Apabila kadar lumpur lebih dari 5%, maka harus dicuci. Khususnya pasir untuk bahan pembuat beton.
2. Tidak mengandung bahan-bahan organik terlalu banyak yang dibuktikan dengan percobaan warna dari *Abrams-Harder*. Agregat yang tidak memenuhi syarat percobaan ini bisa dipakai apabila kekuatan tekan adukan agregat tersebut pada umur 7 dan 28 hari tidak kurang dari 95% dari kekuatan adukan beton dengan agregat yang sama tapi dicuci dalam larutan 3% NaOH yang kemudian dicuci dengan air hingga bersih pada umur yang sama.

Tabel 2.3 Syarat-Syarat dari Agregat Halus

No.	Pengujian	Satuan	Nilai Standart (Pasir)
1	Zat Organik	-	No 3 Kuning Tua
2	Berat jenis, SSD	gr/cm ³	2.5 - 2.8
3	Berat isi	gr/cm ³	1.4 -1.9
4	Penyerapan air	%	2% - 7%
5	Kadar air	%	3% - 5%
6	Kadar Lumpur	%	< 5 %

Sumber : SK SNI T-15-1991-03

2.5.3.3 Serbuk Batu Bata

Serbuk batu bata adalah hasil dari penumbukan batu bata sehingga mendapatkan butiran- butiran halus. Alumina dan silika merupakan unsur utama pada serbuk batu bata yang didapatkan dari hasil perpaduan antara tanah liat dengan pasir yang merupakan bahan utama pembuatan batu bata. Penumbukan Serbuk batu bata ini juga dilakukan untuk mendapatkan serbuk batu bata yang menyerupai agregat halus (Pasir).Adapun syarat-syarat dari agregat halus yang digunakan juga untuk syarat serbuk batu bata sebagi pengganti sebagian pasir dapat dilihat ada tabel 2.4.

Tabel 2.4 Syarat- Syarat dari Agregat Kasar

No.	Pengujian	Satuan	Nilai Standart (krikil)
1	Berat jenis, SSD	gr/cm ³	2.5 - 2.8
2	Berat isi	gr/cm ³	1.4 -1.9
3	Penyerapan air	%	< 3%
5	Kadar air	%	3% - 5%
7	Keausan	%	<27 %

Sumber : SNI -03-2834-2000

2.7 Mortar

Mortar adalah bahan bangunan yang terbuat dari semen, pasir, dan air. Mortar biasa di pakai untuk perekat antara bata beton pada pembuatan dinding tembok, perekat antara batu pada pemasangan batu dan pembuatan bata beton, genteng beton, buis beton dan sebagainya. Adukan mortar dibuat kelecakannya cukup baik sehingga mudah dikerjakan. Ada tiga jenis mortar yang sering digunakan antara lain semen, kapur, dan lumpur sebagai berikut:

a. Mortar Lumpur

Mortar lumpur dibuat dari campuran air, tanah liat/lumpur, dan agregat halus. Perbandingan campuran bahan mortar harus tepat untuk mendapatkan campuran mortar yang baik setelah mengeras. Dengan sedikitnya agregat halus (terlalu banyak tanah liat) menghasilkan mortar yang cenderung retak- retak setelah mengeras hal ini di sebabkan oleh penyusutan saat pengeringannya terlalu besar. Terlalu banyak agregat halus (sedikit tanah liat) maka menyebabkan adukan mortar yang kurang plastis. Mortar lumpur biasanya digunakan pada bahan dinding tembok atau bahan tungku api dipedesaan.

b. Mortar Kapur

Mortar kapur dibuat dari campuran air, kapur dan agregat halus (ditambahkan serbuk bata merah sebagai pozzolan). Kapur dan agregat halus mula-mula dicampur dalam keadaan kering, kemudian ditambahkan air yang secukupnya agar mendapatkan adukan yang kelecakannya baik. Selama proses pengerasan, kapur mengalami susutan, sehingga jumlah agregat halus umumnya dipakai 2 atau 3 kali volume kapur. Mortar kapur ini biasanya dipakai untuk perekat bata merah pada dinding tembok bata ataupun sebagai perekat antara batu pada pasangan batu.

c. Mortar Semen

Mortar semen terbuat dari campuran air, semen Portland, dan agregat halus dalam perbandingan campuran yang tepat. Perbandingan antara volume semen dan volume agregat halus berkisaran antara 1:2 dan 1:8. Mortar ini kekuatannya lebih besar dari pada mortar lumpur ataupun mortar kapur, maka dari itu mortar semen ini dapat digunakan untuk Tembok, pilar, kolom ataupun bagian bangunan lain yang berfungsi untuk menahan beban. Karena mortar semen ini lebih rapat air dibandingkan dengan mortar lumpur dan mortar kapur. Mortar semen ini juga dipakai untuk bagian luar bangunan atau bagian bangunan yang berada di bawah tanah.

2.7.1 Sifat- Sifat Mortar

Mortar yang baik harus memiliki sifat-sifat sebagai berikut:

- a) Tahan lama (awet)
- b) Murah
- c) Mudah dikerjakan (diaduk, diangkut, dipasang, diratakan)
- d) Cepat kering / keras
- e) Merekat dengan baik pada bata merah, bata beton, batu dan sebagainya
- f) Tidak timbul retak-retak setelah mengeras
- g) Tidak timbul retak-retak setelah mengeras

Mortar mempunyai kuat tekan yang bervariasi sesuai dengan bahan penyusunnya dan perbandingan antara bahan-bahan penyusunnya. Pada umumnya kuat tekan mortar semen berkisar antara 3-17 Mpa. Sedangkan mortar kapur antara 0.4 – 1.7 Mpa. Mortar memiliki berat jenis lebih besar dari 1800 .

2.8 Pengujian Slump

Slump pada dasarnya merupakan salah satu pengujian sederhana untuk mengetahui proses pengerjaan beton segar sebelum diterima dan diaplikasikan dalam pekerjaan pengecoran. Slump beton segar harus dilakukan sebelum beton dituangkan dan jika terlihat perubahan beton segar telah menurun cukup banyak, untuk melihat apakah beton segar masih layak dipakai atau tidak.

Slump ditetapkan sesuai dengan kondisi pelaksanaan pekerjaan (tabel 2.5) agar diperoleh beton yang mudah dituangkan/dicor, dipadatkan dan diratakan.

Tabel 2.5 Penetapan nilai slump

Pemakaian Beton	Nilai Slump (mm)	
	maksimum	Minimum
Dinding, pelat pondasi dan pondasi telapak bertulang	125	50
Pondasi telapak tidak bertulang, kaisan, dan struktur di bawah tanah	90	25
P elat, balok, kolom dan dinding	150	75
Pengerasan jalan	75	50
Pembetonan masal	75	25

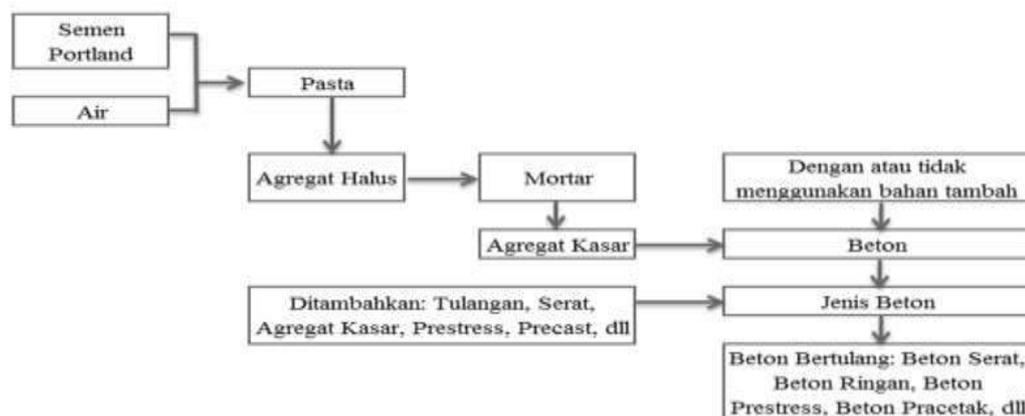
(Sumber : SNI 03-2834-1993)

Tingkat kemudahan pengerjaan beton berkaitan erat dengan tingkat kelecakan atau keenceran adukan beton. Makin cair adukan maka makin mudah cara pengerjaannya. Untuk mengetahui kelecakan suatu adukan beton biasanya dengan dilakukan pengujian slump. Semakin tinggi nilai slump berarti adukan beton makin mudah untuk dikerjakan. Dalam praktek, ada tiga macam tipe slump yang terjadi yaitu :

- a. Slump sebenarnya, terjadi apabila penurunannya seragam tanpa ada yang runtuh. Cara menentukan nilai dari slump sebenarnya dapat dilakukan dengan melakukan pengukuran penurunan minimum yang berasal dari puncak kerucut.
- b. Slump geser, terjadi bila separuh puncaknya bergeser dan tergelincir ke bawah pada bidang miring. Cara penentuan nilai dari slump geser dilakukan dengan dua cara. Cara pertama adalah dengan melakukan pengukuran penurunan minimum dan cara kedua berasal dari penurunan rata-rata yang berasal dari puncak kerucut.
- c. Slump runtuh, terjadi bila kerucut runtuh semuanya. Hal ini dikarenakan pengadukan beton menghasilkan adukan beton sangat cair. Cara mengambil nilai slump dilakukan dengan melakukan pengukuran pada penurunan minimal berasal dari puncak kerucut.

2.9 Proses Terjadinya Beton

Proses terjadinya beton yaitu pasta semen yang melepaskan panas (berhidrasi) antara air dan semen. Apabila ditambahkan dengan agregat halus akan menjadi mortar dan jika ditambahkan dengan agregat kasar menjadi akan menjadi beton. Namun sekarang dalam proses pencampuran material beton sudah ditambahkan juga bahan additive untuk mempercepat proses pengerasan beton.



Sumber: *Teknologi Beton, Mulyono 2003*

Gambar 2.2 Proses terjadinya beton

2.10 Pemilihan Faktor Air Semen

Faktor air semen merupakan hal terpenting didalam pembentukan beton. Beton adalah bahan bangunan yang paling banyak digunakan pada konstruksi, karena konstruksi beton mempunyai beberapa kelebihan antara lain: bahan dasar mudah diperoleh, tahan terhadap berbagai cuaca, lebih mudah dan murah dalam pelaksanaan, serta perawatannya cukup mudah. Semakin tinggi nilai Fas (faktor air semen) pada campuran beton maka nilai kuat tekan dan modulus elastisitas akan semakin rendah. Faktor air semen yang diperlukan untuk mencapai kuat tekan rata-rata yang diinginkan didasarkan pada:

1. Hubungan kuat tekan dan faktor air semen yang diperoleh dari penelitian lapangan sesuai dengan bahan dan kondisi pekerjaan yang diusulkan. Bila tidak tersedia data hasil penelitian sebagai pedoman dapat dipergunakan tabel 2.8 dan gambar grafik 2.4 atau 2.5;

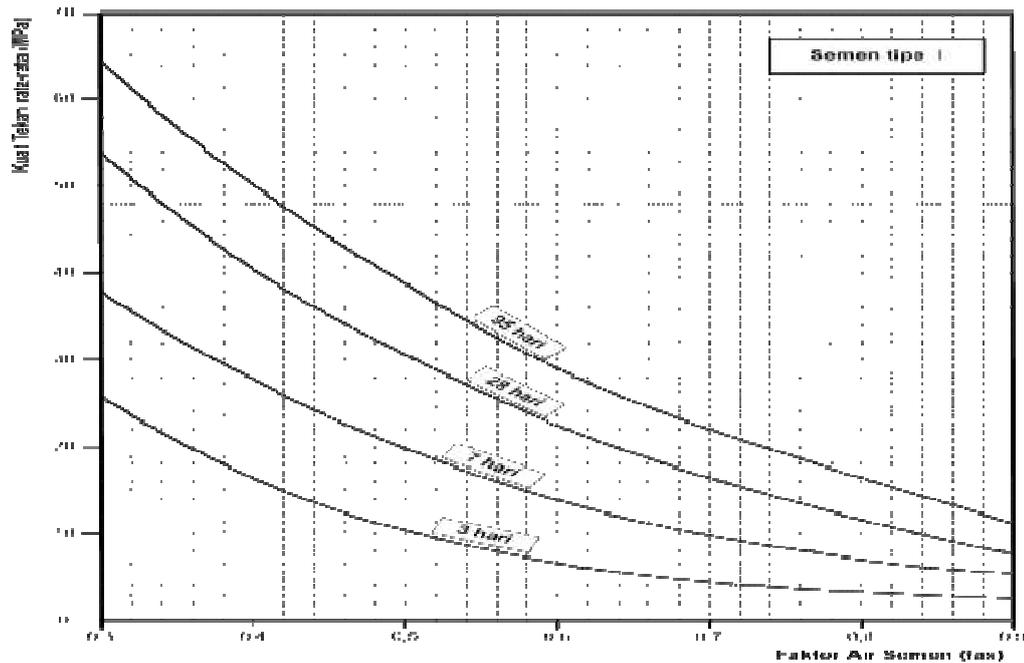
Cara 1 : digunakan jika data agregat kasar tidak diketahui dengan lengkap, yaitu nilai fas dicari dengan menggunakan Grafik 2.4.

Cara 2 : digunakan jika data agregat kasar diketahui lengkap, disini nilai fas dicari dengan menggunakan Tabel 2.8 dan Grafik 2.5.

2. Untuk lingkungan khusus, faktor air semen maksimum harus memenuhi SNI 03-1915-1992 tentang spesifikasi beton tahan sulfat dan SNI 03-2914-1994 tentang spesifikasi beton bertulang kedap air. Fas yang digunakan adalah nilai terkecil dari nilai fas :

Persyaratan lingkungan khusus dan cara 1

Persyaratan lingkungan khusus dan cara 2.



Sumber : SNI 03-2834-1993

Gambar 2.3 Grafik Hubungan antara Kuat Tekan dan Faktor Air Semen (benda uji berbentuk silinder diameter 150 mm, tinggi 300 mm)

Tabel 2.6 Perkiraan kekuatan tekan (MPa) beton dengan Faktor air semen, dan agregat kasar yang biasa dipakai di Indonesia.

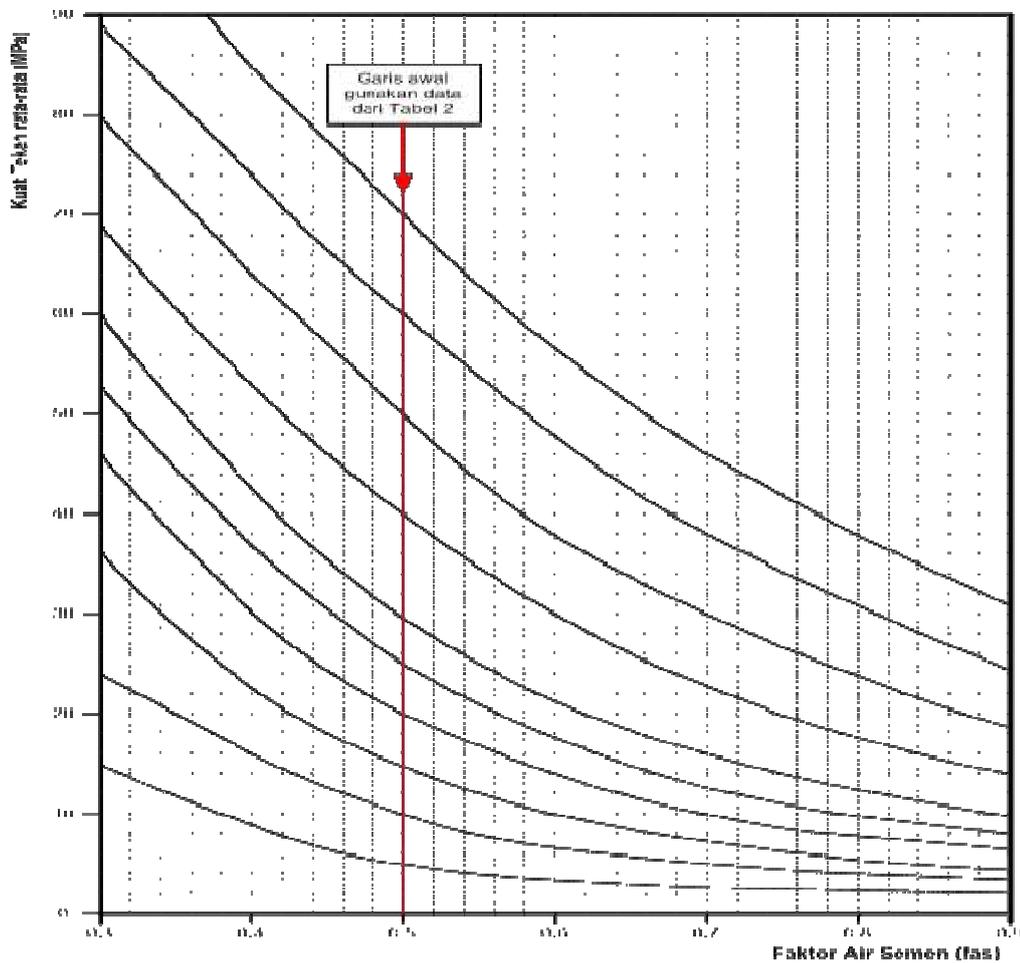
Jenis semen	Jens agregat kasar	Kekuatan tekan (MPa)				Bentuk uji
		Pac a umur (hari)				
		3	7	28	29	
Semen Portland Tipe 1	Batu tak dipecahkan	17	23	33	40	Silinder
	Batu pecah	19	27	37	45	
Semen tahan sulfat Tipe II, V	Batu tak dipecahkan	20	28	40	48	Kubus
	Batu pecah	25	32	45	54	
Semen Portland Tipe III	Batu tak dipecahkan	21	28	38	44	Silinder
		25	33	44	48	
	Batu tak dipecahkan	25	31	46	53	Kubus
		30	40	53	60	

Sumber : SNI 03-2834-1993

Tabel 2.7 Perkiraan kebutuhan air per-meter kubik beton

Ukuran maksimum Agregat (mm)	Jenis Batuan	Slump (mm)			
		0 - 10	10 - 30	30 - 60	60 - 180
10	Batu tak dipecahkan	150	180	205	225
	Batu pecah	180	205	230	250
20	Batu tak dipecahkan	135	160	180	195
	Batu pecah	170	190	210	225
40	Batu tak dipecahkan	115	140	160	175
	Batu pecah	155	175	190	205

Sumber : SNI 03-2834-1993



Sumber : SNI 03-2834-1993

Gambar 2.4 Grafik Hubungan antara Kuat Tekan dan Faktor Air Semen (benda uji berbentuk silinder diameter 150 mm, tinggi 300 mm).

2.11 Koreksi Proporsi Campuran

Perencanaan campuran beton didasarkan pada agregat dalam kondisi SSD, sedangkan umumnya kondisi agregat tidak dalam keadaan SSD. Kandungan air agregat di lapangan dapat lebih kecil dari kondisi SSD (agregat lebih kering) yang menyebabkan air yang diberikan untuk campuran sebagian terserap agregat dan fas menjadi lebih kecil, atau dapat juga lebih besar dari kondisi SSD (agregat lebih basah) sehingga menambah air campuran dan fas menjadi lebih besar.

Karena itu untuk menjaga agar nilai fas tetap, harus dilakukan koreksi proporsi campuran yang disebabkan kandungan air pada agregat, dan koreksi paling sedikit dilaksanakan satu kali dalam sehari, dengan menggunakan rumus :

$$\text{Air } A = \frac{A_h \cdot A_1}{100} \cdot B + \frac{A_k \cdot A_2}{100} \cdot C \quad (2.1)$$

$$\text{Agregat halus } B = \frac{A_h \cdot A_1}{100} \cdot B \quad (2.2)$$

$$\text{Agregat kasar } B = \frac{A_k \cdot A_2}{100} \cdot C \quad (2.3)$$

dengan:

A : jumlah kebutuhan air (liter/m³)

B : jumlah kebutuhan agregat halus (kg/m³)

C : jumlah kebutuhan agregat kasar (kg/m³)

A_h : kadar air sesungguhnya dalam agregat halus (%)

A_k : kadar air sesungguhnya dalam agregat kasar (%)

A₁ : kadar air dalam agregat halus kondisi SSD (%)

A₂ : kadar air dalam agregat kasar kondisi SSD (%)

2.12 Pemeriksaan Sifat Fisik Material di Laboratorium

Pemeriksaan sifat fisik material berguna dalam merencanakan campuran beton. Adapaun pemeriksaan yang dilakukan yaitu:

a. Analisa Saringan

Penguraian susunan butiran agregat (gradasi) bertujuan untuk menilai agregat yang digunakan pada produksi beton. Pada pelaksanaannya perlu ditentukan batas maksimum dan minimum butiran sehubungan pengaruh terhadap sifat perkerjaan, penyusutan, kepadatan, kekuatan dan juga faktor ekonomi dari beton. Tujuan dari analisa saringan ialah untuk mendapatkan nilai modulus halus butir agregat dan gradasi perbutiran agregat.

$$\text{Modulus Halus Butir (MHB)} = \frac{\sum_{i=1}^n \frac{P_i}{100} \cdot \frac{100}{P_i}}{\sum_{i=1}^n \frac{100}{P_i}} \quad (2.4)$$

b. Pemeriksaan Kehalusan Semen

Kehalusan semen sangat mempengaruhi proses hidrasi. Waktu pengikatan menentukan pada proses pengikatan agregat dalam campuran beton. Semakin halus beton, pengikatannya menjadi lebih sempurna dan juga mempercepat proses pengerasan beton. Pemeriksaan kehalusan semen dimaksudkan untuk mendapatkan semen standar sebagai bahan pengikat dalam campuran beton.

$$F = \frac{W_1}{W_2} \cdot 100\% \quad (2.5)$$

dengan :

W1 = berat benda uji yang tertahan diatas saringan

W2 = berat benda uji semula

c. Pemeriksaan Berat Jenis Semen

Berat jenis adalah perbandingan antara berat isi kering semen pada suhu kamar dengan berat isi air suling sama dengan isi semen bertujuan untuk menentukan berat persatuan volume dari smen yang akan dipergunakan dalam perencanaan campuran beton.

$$\text{Berat Jenis Semen} = \frac{W_1}{(V_1 - V_2) \cdot d} \quad (2.6)$$

dengan: BS = Berat semen (gr)

V1 = Pembacaan skala ke-1 (ml)

V2 = Pembacaan skala ke-2 (ml)

d = Berat isi air (1)

d. Berat Jenis dan Penyerapan

Berat jenis agregat adalah perbandingan berat sejumlah volume agregat tanpa mengandung rongga udara terhadap berat air yang terserap agregat pada kondisi jenuh permukaan dengan berat agregat dalam keadaan kering oven.

$$\mathbf{Bj\ Kering} = \frac{W_1}{(W_1 + W_2 - W_3)} \quad (2.7)$$

$$\mathbf{Bj\ jenuh\ (SSD)} = \frac{W_1}{(W_1 + W_2 - W_3)} \quad (2.8)$$

$$\mathbf{Penyerapan} = \frac{W_1 - W_2}{W_1} \times 100\%$$

(2.9)

- dengan:
- Bj = Berat kering permukaan jenuh (gr)
 - Bk = Berat kering oven (gr)
 - W1 = Berat bejana + benda uji + air (gr)
 - W2 = Berat bejana + air (gr)

e. Kadar Air

Kadar air agregat adalah banyaknya air yang terdapat dalam agregat dalam satuan berat dibandingkan dengan berat keseluruhan agregat. Pemeriksaan kadar air bertujuan untuk mengetahui banyaknya air yang terdapat dalam agregat kasar saat akan diaduk menjadi campuran beton. Dengan diketahuinya kandungan air, maka air campuran beton dapat disesuaikan agar faktor air semen yang diambil konstan.

$$\mathbf{Kadar\ Air\ Agregat} = \frac{W_1 - W_2}{W_1} \times 100\%$$

(2.10)

- dengan:
- w1 = Berat agregat (gr)
 - w2 = Berat kering oven sebelum dicuci (gr)

f. Berat Isi

Berat isi adalah perbandingan berat sampel dengan volume sampel. Pemeriksaan berat isi dibagi menjadi tiga cara yaitu :

- 1) Cara Lepas
- 2) Cara Penggoyangan
- 3) Cara Perojokan

$$\gamma = \frac{W_3}{V} \quad (2.11)$$

dengan: γ = berat isi agregat
 W_3 = berat benda uji
 V = volume wadah

g. Pemeriksaan Keausan Agregat Kasar

Mesin Los Angeles merupakan salah satu mesin untuk pengujian keausan / abrasi agregat kasar, fungsinya adalah kemampuan agregat untuk menahan gesekan, dihitung berdasarkan kehancuran agregat tersebut. Uji keausan dengan menggunakan mesin Los Angeles dapat dilakukan dengan 500 atau 1000 putaran dengan kecepatan 30-33 rpm. Pemeriksaan Keausan agregat kasar bertujuan untuk mengetahui ketahanan agregat kasar dengan menggunakan mesin Los Angeles. Persyaratan keausan agregat kasar adalah harus lebih kecil dari 27%.

$$\text{Nilai Keausan Los Angeles} = \frac{A - B}{A} \times 100\% \quad (2.12)$$

Dengan : A = Berat sampel semula (gram)

B = Berat sampel yang tertahan / lebih besar dari 1,7 mm (gram)

h. Pemeriksaan Kadar Lumpur Agregat

Pemeriksaan Kadar Lumpur Agregat bertujuan untuk menentukan persentasi kadar lumpur dalam agregat.

$$\text{Kadar Lumpur Agregat} = \frac{w_1 - w_2}{w_1} \times 100\% \quad (2.13)$$

dengan: w_1 = Berat agregat mula-mula (gr)

w_2 = Berat sampel setelah dikeringkan selama 24 jam (gr)

2.13 Sifat dan Karakteristik yang Dibutuhkan dalam Perancangan Beton

Ada beberapa sifat dan karakteristik yang dibutuhkan dalam erancangan beton, yaitu:

2.13.1 Kuat Tekan Beton

Kuat tekan beton adalah kemampuan beton untuk menerima gaya tekan persatuan luas. Kekuatan tekan beton merupakan sifat utama yang dibutuhkan dalam kinerja beton. Penentuan kekuatan tekan beton dapat dilakukan dengan menggunakan alat uji tekan dan benda uji silinder dengan prosedur uji ASTM C-39 atau kubus dengan prosedur BS – 1889 Part 115 ; Part 166 pada umur 28 hari.

Kekuatan tekan beton antara benda uji silinder dan kubus dapat ditunjukkan pada table 2.8 dan table 2.9.

Tabel 2.8 Rasio Kuat Tekan Silinder - Kubus

Kuat Tekan (Mpa)	7.00	15.20	20.00	24.10	26.20	34.50	36.50	40.70	44.10	50.30
Kuat Rasio Silinder/Kubus	0.76	0.77	0.81	0.87	0.91	0.94	0.87	0.92	0.91	0.96

(sumber : Neville, "properties of concrete", 3 Edition, Pitman Publishing, London, 1981, p.544)

Tabel 2.9 Perbandingan Kuat Tekan Antara Silinder dan Kubus

Kuat Tekan (Mpa)	2	4	6	8	10	12	16	20	25	30	35	40	45	50
Kuat Tekan Kubus	2.5	5	7.5	10	12.5	15	20	25	30	35	40	45	50	55

(sumber : ISO Standard 3893 - 1977)

Menurut BS.1881, rasio kubus terhadap silinder untuk semua kelas adalah 1.25. Kuat tekan beton adalah perbandingan antara tingkatan beban yang diberikan dengan luas penampang. Kuat tekan beton biasanya berhubungan dengan sifat-sifat lain, maksudnya apabila kuat tekan beton tinggi, sifat-sifat lainnya juga baik. Kekuatan tekan beton dapat dicapai sampai 1000 kg/cm^2 atau lebih, tergantung pada jenis campuran, sifat-sifat agregat, serta kualitas perawatan. Kekuatan tekan beton yang paling umum digunakan adalah sekitar $200 - 500 \text{ kg/cm}^2$. Nilai kuat tekan beton didapatkan melalui tata cara pengujian standar, menggunakan mesin uji dengan cara memberikan beban tekan bertingkat dengan kecepatan peningkatan beban tertentu dengan benda uji berupa silinder berukuran diameter 15 cm dan tinggi 30 cm. Selanjutnya benda uji ditekan dengan mesin tekan sampai pecah. Beban tekan maksimum sampai benda uji pecah di

bagi dengan luas penampang benda uji merupakan nilai kuat tekan beton yang dinyatakan dalam MPa atau kg/cm² .

$$f'_c = \frac{P}{A} \times \frac{1}{Fu} \quad (2.14)$$

dengan: f'_c = kuat tekan (MPa)

P = beban maksimum (kg)

A = luas penampang benda uji (mm²)

Fu = faktor umur

Tabel 2.10 Konversi umur uji kuat tekan beton

U	3	7	14	21	28	90	365
Fu	0,46	0,66	0,88	0,95	1	1,2	1,3

Sumber SNI 03-2834-1993

Kuat tekan sangat dipengaruhi oleh beberapa faktor antara lain (Kardiyono

Tjokrodimulyo, 1992) :

1. Pengaruh mutu semen Portland.
2. Pengaruh dari perbandingan adukan beton.
3. Pengaruh air untuk membuat adukan.
4. Pengaruh umur beton.
5. Pengaruh waktu pencampuran.
6. Pengaruh perawatan.
7. Pengaruh bahan campuran tambah.

2.13.2 Deviasi Standar

Deviasi Standar yang didapat dari pengalaman di lapangan selama produksi beton menurut rumus:

$$sd = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n f'c_i - f'cr^2}{n-1}} \quad (2.15)$$

dengan: sd = deviasi standar

$f'c_i$ = kuat tekan beton yang didapat dari masing-masing benda uji

$$f'cr = \text{kuat tekan beton rata-rata} \left(f'cr = \frac{\sum_{i=1}^n f'c_i}{n} \right) \quad (2.16)$$

n = jumlah data/nilai hasil uji.

Deviasi standar ditentukan berdasarkan tingkat mutu pengendalian pelaksanaan pencampuran beton dan volume adukan beton yang dibuat (Tabel 2.4), makin baik mutu pelaksanaan maka makin kecil nilai deviasi standar.

2.13.3 Menetapkan Kuat Tekan Rata-rata yang ditargetkan

Nilai tambah dihitung dengan rumus:

$$M = 1,64 \times Sr \quad (2.17)$$

dengan : M = nilai tambah

1,64 = tetapan statistic yang nilainya tergantung pada persentase kegagalan hasil uji sebesar maksimum 5 %

Sr = deviasi standar rencana

Apabila dalam suatu produksi beton, hanya terdapat 15 sampai 29 hasil uji yang berurutan, maka nilai deviasi standar adalah perkalian deviasi standar yang dihitung berdasarkan data uji tersebut dengan faktor pengali (k) seperti Tabel 2.5. Sedang bila jumlah data hasil uji kurang dari 15, maka nilai tambah (M) diambil tidak kurang dari 12 MPa.

2.13.4 Menetapkan Kuat Tekan Rata-rata yang ditargetkan

Dihitung menurut rumus berikut:

$$f'_{cr} = f'_{ci} + M \quad (2.18)$$

$$f'_{cr} = f'_{ci} + 1,64 \cdot Sr \quad (2.19)$$

Tabel 2.11 Faktor pengali (k) deviasi standar

Jumlah Data	30	25	20	15	< 15
Faktor Pengali	1,00	1,03	1,08	1,15	-

Sumber : SNI 03-2834-1993

Tabel 2.12 Mutu pelaksanaan, volume adukan dan deviasi standar

Volume Pekerjaan		Deviasi Standar sd (MPa)		
Sebutan	Volume Beton (m ³)	Mutu Pekerjaan		
		Baik Sekali	Baik	Dapat Diterima
Kecil	< 1000	4,5 < s ≤ 5,5	5,5 < s ≤ 6,5	6,5 < s ≤ 8,5
Sedang	1000 – 3000	3,5 < s ≤ 4,5	4,5 < s ≤ 5,5	5,5 < s ≤ 7,5
Besar	> 3000	2,5 < s ≤ 3,5	3,5 < s ≤ 4,5	4,5 < s ≤ 6,5

Sumber : SNI 03-2834-1993

Tabel 2.13 Nilai deviasi standar untuk berbagai tingkat pengendalian mutu pekerjaan

Tingkat Pengendalian Mutu Pekerjaan	Sd (MPa)
Memuaskan	2,8
Sangat Baik	3,5
Baik	4,2
Cukup	5,6
Jelek	7,0
Tanpa Kendali	8,4

Sumber : SNI 03-2834-1993

2.13.5 Rangkak dan Susut

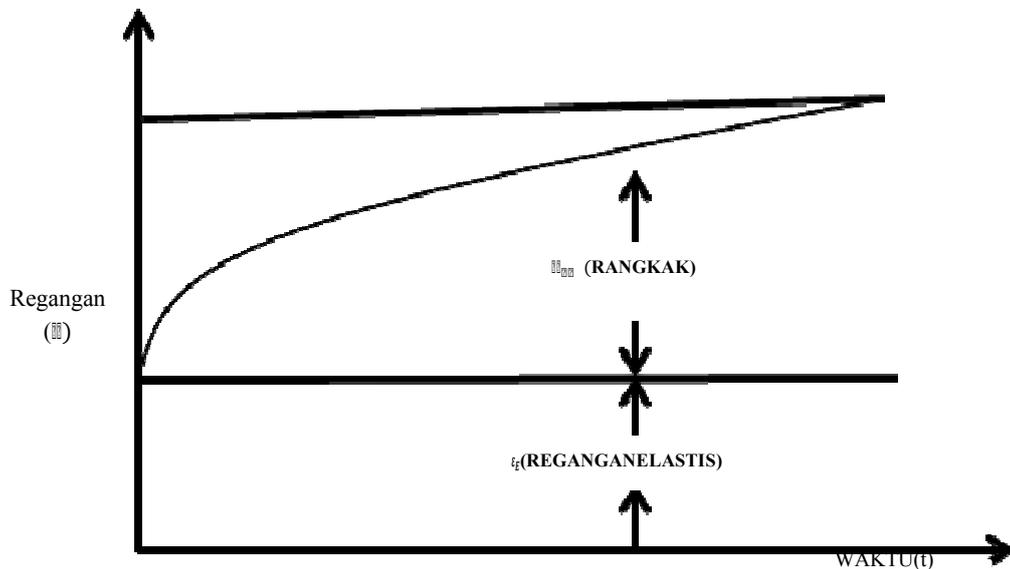
Setelah beton mengeras, maka beton akan mengalami pembebanan. Ketika pembebanan terjadi beton membentuk suatu hubungan tegangan dan regangan. Beton akan menunjukkan sifat elastisitas murni pada waktu pembebanan singkat, sedangkan pada pembebanan yang tidak singkat beton akan mengalami regangan dan tegangan sesuai dengan pembebanan.

Rangkak (*creep*) atau lateral material flow merupakan penambahan regangan akibat adanya beban yang bekerja pada suatu waktu. Deformasi awal yang disebabkan oleh pembebanan disebut sebagai regangan elastis, sedangkan regangan tambahan yang disebabkan oleh beban yang sama disebut regangan

rangkak. Rangkak timbul dengan durasi yang semakin berkurang setelah selang beberapa waktu tertentu dan berakhir setelah beberapa tahun kemudian.

Untuk beton mutu tinggi memiliki nilai rangkak yang lebih kecil dibandingkan dengan beton bermutu rendah. Rangkak tidak mengakibatkan dampak langsung terhadap kekuatan struktur namun akan mengakibatkan timbulnya redistribusi tegangan pada beban yang bekerja pada beton dan kemudian akan mengakibatkan terjadinya peningkatan lendutan (*deflection*).

Rangkak tidak dapat dilihat langsung. Rangka hanya dapat diketahui apabila regangan elastis, susut dan deformasi totalnya diketahui. Kurva hubungan antara waktu dan regangan pada beton ditunjukkan pada gambar 2.2.



Gambar 2.5 Kurva Waktu Regangan
Sumber: Teknologi Beton, Mulyono 2003

Susut didefinisikan sebagai perubahan volume yang tidak berhubungan dengan beban. Jika dihalangi secara merata, proses susut dalam beton akan menimbulkan deformasi yang secara umum bersifat menambah deformasi rangkak.

Proses rangkai selalu dihubungkan dengan susut karena keduanya terjadi bersamaan dan sering memberikan pengaruh yang sama terhadap deformasi. Beton yang semakin tahan terhadap susut cenderung memiliki rangkai yang rendah, karena adanya proses hidrasi pasta semen. Rangkai dipengaruhi oleh komposisi beton, kondisi lingkungan, ukuran benda uji atau elemen struktur. Rangkai juga bergantung pada beban sebagai fungsi waktu.

Rangkai akan semakin besar jika factor air semennya meningkat. Komposisi beton dapat didefinisikan dengan Faktor Air Semen (FAS), jenis semen, jenis agregat serta kandungan semen dan agregat. Demikian dengan susut, semakin banyak agregat yang digunakan semakin sedikit susutnya terjadi. Faktor – factor yang mempengaruhi besarnya rangkai dan susut sebagai berikut :

- a. Lama waktu pembebanan
- b. Nilai tegangan
- c. Nilai rasio permukaan komponen struktur
- d. Nilai slump (*slump test*)
- e. Umur beton pada saat bekerja
- f. Kelembapan nisbi pada saat proses penggunaan (*humidity*)
- g. Suhu pada saat pengerasan (*temperature*)
- h. Rasio air terhadap jumlah semen (*water cement ratio*)
- i. Sifat bahan dasar beton (komposisi dan kehalusan semen, kualitas adukan, dan kandungan mineral dalam agregat).

2.14 Penelitian Terdahulu

Tabel 2.14 Penelitian Terdahulu

No	Nama Penelitian	Judul	Tujuan	Hasil Penelitian
1	Haris, Suratnan Tahir 2020.	Studi Eksperimental kuat Tekan Beton Dengan Mensubtitusikan Limbah Batu Bata pada Semen.	Untuk mengetahui pengaruh substitusi serbuk limbah batu bata pada semen terhadap kuat tekan beton dan Untuk mengetahui presentase substitusi serbuk batu bata agar diperoleh kuat tekan beton.	Hasil penelitian ini menunjukkan bahwa pada presentase 25% campuran serbuk batu bata mencapai kuat tekan beton terendah dengan mengalami penurunan 19.55 Mpa dari beton normal yang kuat tekannya mencapai 26.27 Mpa.
2	Ahmad Syarif, Chandra Setyawan, Ida Farida, 2016	Analisa Uji Kuat Tekan Beton Dengan Bahan Tambahan Batu Bata Merah	Untuk menilai seberapa jauh kuat tekan limbah batu bata yang digunakan untuk pengganti bahan utama pasir pada	Hasil uji kuat tekan limbah batu bata merah 50% campurannya tidak lebih dari 10% dan 25%. sehingga beton untuk campuran 10% dan 25 %



			campuran beton yang dilakukan di laboratorium.	menjadi acuan kedepannya sebagai campuran limbah tambahan yang baik untuk pembuatan beton.
3	Sylvina Permatasari,2019	Pengaruh Bahan Tambah Batu Bata Merah Terhadap Kuat Tekan Beton FC'21 Menggunakan Agregat Kasar PT. AMR DAN Agregat Halus Desa Sunggup Kota Baru	Untuk Mengetahui pengaruh komposisi batu bata merah sebagai bahan pengganti agregat halus campuran beton mutu fc' 21 dan untuk mengetahui hasil pengujian kuat tekan beton dengan komposisi batu bata merah sebagai pengganti agregat halus untuk mutu beton fc' 21.	Kuat tekan tanpa penambahan bata merah umur 28 hari sebesar 21,40 MPa, sementara kuat tekan beton yang ditambahkan bata merah mengalami peningkatan pada campuran 15% sebesar 21,57 MPa, 20% sebesar 21,02 MPa, dan 25% sebesar 20,44 MPa. Dengan kuat tekan beton rencana 21,00 MPa. Artinya pada penambahan bata merah sebesar 15% beton mengalami peningkatan sedangkan pada





				penambahan bata merah 20% mengalami pengurangan tetapi tetap mencapai dari kuat tekan rencana, dan 25% bata merah terhadap campuran beton tidak dapat menambah kuat tekan beton melainkan menurunkan kuat tekan beton terhadap kuat tekan rencana.
--	--	--	--	--

BAB III

METODOLOGI PENELITIAN

3.1 Umum

Metode yang digunakan pada penelitian ini adalah kajian eksperimental yang dilakukan di Laboratorium Beton Fakultas Teknik Sipil Universitas HKBP Nommensen Medan. Penelitian ini dilakukan dari tanggal 7 Agustus 2022 sampai tanggal 10 September 2022. Penelitian ini dilakukan untuk mengetahui pengaruh kuat tekan mortar, nilai slump dan kuat tekan beton yang menggunakan serbuk batu bata dari sisa potongan batu bata pembangunan rumah di jalan Jahe 10 no 6 Perumnas Simalingkar kemudian dilakukan penumbukan pada sisa potongan batu bata hingga menjadi serbuk.

3.2 Bahan

Benda uji dibuat dengan menggunakan material yang umumnya sering digunakan untuk membuat beton normal seperti semen, air, pasir, agregat kasar dan agregat halus, namun dengan penggunaan sebagian serbuk batu bata sebagai pengganti sebagian pada agregat halus (pasir).

1. Agregat kasar berupa batu krikil dengan ukuran maksimum agregat 40 mm yang berasal dari binjai
2. Agregat halus berupa pasir yang berasal dari binjai
3. Serbuk batu bata dari sisa potongan batu bata yang tidak digunakan pada pembangunan rumah di jalan Jahe 10 no 6 P. Simalingkar.
4. Air yang berasal dari Laboratorium beton Fakultas Teknik Sipil Universitas HKBP Nommensen Medan.
5. Semen *Ordinari Portland Cement* (OPC) atau semen tipe 1.

3.3 Alat yang Digunakan

Dalam proses pengujian bahan, pembuatan benda uji serta pengujian benda uji digunakan beberapa alat yang telah disediakan oleh Laboratorium beton

Fakultas Teknik Sipil Universitas HKBP Nommensen Medan untuk mempermudah dalam pembuatan benda uji. Alat-alat tersebut antara lain :

1. Cetakan kubus dengan ukuran 5 x 5 x 5 cm untuk pembuatan sampel mortar yang akan diuji kuat tekan.
2. Cetakan silinder dengan diameter 15 cm dan tinggi 30 cm untuk pembuatan sampel beton yang akan diuji kuat tekan.
3. Kerucut *Abrams* untuk mengetahui nilai *slump* beton.
4. *Compression Testing Machine* untuk pengujian kuat tekan beton.
5. Ayakan atau saringan digunakan untuk memperoleh ukuran butiran agregat tertahan.
6. Timbangan digunakan untuk menimbang atau mengukur berat suatu benda. Dalam penelitian ini timbangan digunakan untuk menimbang berat bahan penyusun beton yang akan digunakan agar sesuai dengan kebutuhan.
7. Piknometer dalam penelitian ini digunakan untuk pengujian berat jenis dan penyerapan air agregat halus.
8. Oven adalah suatu alat yang berfungsi untuk mengeringkan suatu benda dengan suhu tertentu. Dalam penelitian ini oven digunakan untuk pengujian berat jenis dan penyerapan air agregat halus dan agregat kasar, serta untuk pengujian kandungan lumpur agregat halus.
9. Sekop dalam penelitian ini digunakan untuk mengambil atau mengangkat kerikil dan pasir yang kemudian diletakan ke dalam ember
10. Cetok adalah alat berupa sendok adukan yang terbuat dari lempengan logam dan kayu sebagai pegangannya. Dalam penelitian ini cetok digunakan untuk mengambil pasir dan semen yang akan ditimbang bersama ember.

11. Ember dalam penelitian ini digunakan sebagai tempat untuk meletakkan bahan penyusun beton yang akan ditimbang. Setelah ditimbang, kemudian bahan tersebut dibawa ke tempat pengadukan beton.
12. Molen adalah alat pengaduk yang digunakan untuk mencampurkan bahan penyusun beton hingga merata seperti yang diinginkan dalam waktu tertentu.
13. Tongkat Penumbuk yang dimaksud adalah sebatang besi dengan diameter 16 mm dan panjang 600 mm yang memiliki ujung bulat. Tongkat penumbuk digunakan untuk memadatkan beton segar yang berada di dalam cetakan sebanyak 25 kali setiap pengisian sepertiga bagian cetakan agar beton tersebut merata dan padat.
14. Jangka sorong adalah alat yang digunakan untuk mengukur panjang suatu benda dengan ukuran tertentu. Dalam penelitian ini jangka sorong digunakan untuk mengukur diameter dan tinggi sampel. Jangka sorong memiliki ketelitian 0,01 mm.
15. Mesin tekan dalam penelitian ini digunakan untuk mendapatkan beban maksimum yang dapat ditahan oleh mortar dan beton. Mesin ini memberi beban dengan gaya tekan secara konstan sampai sampel mortar dan beton tersebut hancur.

3.4 Pengujian Bahan

Sebelum membuat benda uji, bahan-bahan yang akan digunakan diuji terlebih dahulu untuk memastikan bahwa bahan tersebut telah memenuhi syarat yang telah ditentukan. Bahan-bahan yang akan diuji adalah agregat halus, dan agregat kasar.

3.4.1 Semen

3.4.1.1 Kehalusan Semen

a. Peralatan

1. Saringan no. 100 dan no. 200
Digunakan untuk mendistribusikan besaran butiran benda uji dengan baik.
2. Mesin penggetar
Digunakan untuk menggetarkan saringan
3. Kuas
Digunakan untuk membersihkan saringan
4. Neraca
Digunakan untuk menentukan berat benda uji

b. Prosedur Pelaksanaan

1. Persiapan benda uji
Benda uji semen portland sebanyak 50 gram
2. Benda uji semen dimasukkan kedalam saringan no.100 yang terletak diatas saringan no.200 dan dipasang pan dibawahnya.
3. Saringan digoyangkan perlahan - lahan, sehingga bagian benda uji yang tertahan kelihatan bebas dari partikel - partikel halus (pekerjaan ini dilakukan antara 3-4 menit).
4. Kemudian saringan ditutup pan dilepaskan, saringan dipukul perlahan dengan tangkai kuas sampai abu yang menempel terlepas dari saringan.
5. Sisi bagian bawah pan dibersihkan dengan kuas, pan dikosongkan dan dibersihkan dengan kain kemudian dipasang kembali.
6. Kemudian saringan ditutup dengan hati - hati, bila ada partikel kasar yang menempel pada tutup maka dikembalikan kesaringan.
7. Dilanjutkan penyaringan dengan menggoyang - goyangkan saringan perlahan - lahan selama 9 menit.
8. Saringan ditutup, penyaringan dilanjutkan selama 1 menit dengan cara menggerakkan saringan kedepan dan kebelakang dengan

posisi sedikit dimiringkan. Kecepatan kira-kira 150 kali permenit, setiap 25 kali gerakan putar saringan kira-kira 60°. Pekerjaan ini dilakukan diatas kertas putih, bila ada partikel yang keluar dari saringan atau pan maka akan tertampung diatas kertas, kembalikan kedalam saringan. Pekerjaan dihentikan setelah benda uji tidak lebih dari 0,05 gram lewat saringan dalam waktu penyaringan selama 1 menit.

9. Timbang benda uji yang tertahan diatas masing - masing saringan no.100 dan no.200 kemudian hitung dan nyatakan dalam persentase berat terhadap berat benda uji semula.

3.4.1.2 Berat Jenis Semen

a. Peralatan

1. Botol Le Chatelier
Digunakan untuk menentukan isi/ volume semen portland.
2. Bejana/ bak air
Untuk merendam botol Le Chatelier yang berisi benda uji.
3. Termometer (2 buah)
Untuk menentukan suhu kerosin + semen portland dalam botol Le Chatelier dan suhu air dalam bejana.
4. Timbangan
Untuk menentukan berat benda uji.

b. Prosedur Pelaksanaan

1. Botol *Le – Chateiler* dibersihkan terlebih dahulu.
2. Mengisi botol *Le Chatelier* dengan minyak tanah dengan skala antara 0 – 1.
3. Memasukkan botol *Le Chateiler* yang berisi tanah kedalam wadah yang terlebih dahulu telah diisi air. Dan memasukkan pula termometer sebagai pengukur suhu.
4. Menambahkan es batu kedalam wadah tersebut sehingga suhu air mencapai 4°C.

5. Pada saat suhu air sama dengan suhu cairan dalam botol *Le Chateiler* maka selanjutnya membaca pada skala (V_1).
6. Menyaring semen portland dengan menggunakan saringan no.40 kemudian menimbang sebanyak 64 gram.
7. Mengeluarkan botol dari wadah dan memasukkan semen portland sedikit demi sedikit kedalam botol yang berisi minyak tanah dengan menggunakan corong kaca dengan menjaga agar semen tidak menempel pada dinding atas bagian dalam botol *Le Chateiler*.
8. Memasukkan kembali botol *Le Chateiler* yang berisi minyak tanah dan semen kedalam wadah dengan tetap menjaga agar suhu air mencapai 4°C.
9. Pada saat suhu air sama dengan suhu cairan dalam botol *Le Chateiler*, skala pada botol *Le Chateiler* dibaca (V_2).
10. Lakukan percobaan ini sebanyak 2 kali.

3.4.1.3 Konsistensi Normal Semen

a) Peralatan

1. Timbangan
Untuk menentukan berat dari benda uji dengan tepat.
2. Gelas ukur
Untuk menentukan banyaknya air
3. Stopwatch
Untuk menentukan waktu pengadukan pembuatan pasta semen dan waktu penurunan yang terjadi pada pasta.
4. 1 set alat vicat (cincin konik, plat, jarum vicat diameter 10 mm)
Untuk menentukan besarnya penurunan yang terjadi pada pasta semen dengan kadar air dan waktu tertentu.
5. Mixer
Untuk mengaduk didalam pembuatan pasta semen.
6. Sendok perata
Untuk meratakan pembuatan pasta semen pada cincin konik.

b) Prosedur Pelaksanaan

1. Semen portland diambil lebih 300 gram untuk disaring dengan saringan No.200, dimana penyaringan ini dilakukan dengan tujuan untuk menghindari terjadi gumpalan-gumpalan semen.
2. Semen yang lolos pada saringan itu diambil sebanyak 300 gram.
3. Untuk mendapatkan konsistensi normal semen dilakukan beberapa kali percobaan dengan kadar air yang berbeda yaitu : 26 % - 28 % dari berat benda uji.
4. Masukkan air sebanyak persentase yang ditentukan kedalam mangkok pengaduk.
5. Masukkan benda uji kedalam mangkok dan diamkan selama 30 menit.
6. Jalankan mesin pengaduk dengan kecepatan (140 lebih kurang 5) rpm selama 30 detik.
7. Hentikan mesin pengaduk selama 15 detik untuk / sambil membersihkan pasta semen yang menempel dipinggir mangkok.
8. Kemudian jalankan mesin pengaduk dengan kecepatan (285 lebih kurang 10) rpm, selama 60 detik.
9. Buatlah pasta berbentuk bola dengan mempergunakan sarung tangan plastik, kemudian dilemparkan 6x dari satu tangan ketangan yang lain dengan jarak lebih kurang 15 cm.
10. Kemudian masukkan/tekan pasta kedalam cincin konik yang telah dialaskan dengan plat. Kelebihan pasta pada permukaan cincin konik diratakan dalam posisi miring terhadap permukaan cincin.
11. Letakkan plat kaca diatas lubang besar cincin konik, balikkan, ratakan, dan licinkan. Kelebihan pada pasta lubang kecil cincin konik dengan sendok perata.
12. Setelah selesai letakkan cincin konik dibawah harum vikat dan letakkan jarum dengan bagian tengah permukaan pasta kemudian jatuhkan jarum besar vikat dan catat penurunan yang berlangsung selama 30 detik.

3.4.1.4 Pengikatan Awal Semen

a. Peralatan

1. Timbangan dengan ketelitian 0,1 gram
Untuk menentukan berat benda uji
2. 1 set alat vicat terdiri dari :
 - Jarum vicat (1 mm)
 - Cincin konik dengan atas 8,5 cm serta bagian bawah 7,5 cm
3. Stop watch
Untuk menentukan waktu pengadukan pembuatan pasta semen dan waktu penurunan yang terjadi pada pasta.
4. Alat Pengaduk (mixer)
Untuk mengaduk dalam pembuatan pasta semen.
5. Sendok perata
Untuk meratakan permukaan pasta pada cincin konik.
6. Alas (2 buah) plastik
Sebagai alas sampel pada cetakan.
7. Dua sarung tangan
Untuk membuat sampel menjadi bola (bulatan).
8. Saringan No.100
Untuk mendistribusikan semen.

b. Prosedur pelaksanaan

1. Distribusikan semen pada saringan No.100, dengan berat 300 gram.
2. Masukkan air suling (23%) yang banyak nya sesuai dengan jumlah air mencapai kadar air konsistensi normal kedalam mangkok mixer.
3. Masukkan benda uji kedalam mangkok mixer, kemudian diamkan selama 30 detik.
4. Jalankan mixer selama 15 detik, sementara itu bersihkan pasta yang menempel pada dinding mangkok.
5. Jalankan mixer dengan kecepatan 285 ± 10 rpm selama 60 detik.

6. Setelah 60 detik buat lah bola-bola pasta dengan tangan, kemudian lemparkan 6 kali dari satu tangan ketangan yang lain dengan jarak 15 cm.
7. Pegang bola pasta dan masukkan kedalam cincin konik, ratakan permukaan atas dan bawah cincin konik tersebut.
8. Letakkan plastik diatas lubang besar cincin konik, balikkan, ratakan dan licinkan kelebihan pasta pada lubang yang kecil dengan sendok perata.
9. Letakkan cincin konik dibawah jarum vicat.
10. Jatuhkan jarum vicat setiap 15 menit sampai mencapai penurunan 25 mm, setiap menjatuhkan jarum, catatlah penurunan yang berlangsung selama 30 detik.
11. Jarak antara titik-titik menjatuhkan jarum adalah tidak boleh kurang dari 0,5 cm dan jarak titik penusukan ke pinggir cincin konik tidak boleh kurang 1 cm.

3.4.2 Air

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. Air yang mengandung banyak kotoran akan mengganggu proses pengerasan atau kekuatan beton.

3.4.3 Agregat Kasar

Untuk agregat kasar berupa batu krikil. Pengujian dilakukan terdiri dari berat jenis dan pemeriksaan keausan dengan mesin Los Angeles.

1. Berat Jenis

- a. Pilih sampel krikil yang akan diuji dengan kriteria permukaan rata, lalu timbang berat batu tersebut.

- b. Siapkan alat-alat seperti cawan petri, mangkok dan air raksa.
- c. Timbang cawan petri, lalu catat hasilnya.
- d. Tuang air raksa ke dalam mangkok hingga penuh, kemudian ditimbang.
- e. Letakkan mangkok berisi air raksa tersebut di atas cawan petri dengan berhati-hati, jangan sampai air raksa tumpah.
- f. Masukkan sampel batuan tersebut ke dalam air raksa.
- g. Hitung volume air raksa yang tumpah diatas cawan petri.
- h. Hitung berat jenis batuan tersebut.

2. Pemeriksaan Penyerapan Agregat Kasar

- a. Agregat yang tertahan di saringan $\frac{1}{2}$ ' diambil dan ditimbang sebanyak 1000 gram..
- b. Rendam agregat selama 24 jam kemudian dicuci sampai bersih.
- c. Agregat dikeringkan dengan menggunakan kain lap sampai keadaan SSD (*Saturated Surface Dry*) dan kemudian agregat ditimbang.
- d. Agregat dikeringkan dalam oven sampai dengan suhu 110 derajat celcius sampai kering.
- e. Agregat didinginkan kemudian ditimbang beratnya.

3. Pemeriksaan Keausan dengan Mesin Los Angeles

- a. Agregat diambil sebanyak 2500 gram yang lolos saringan 3/4" dan tertahan saringan 1/2". Agregat diambil sebanyak 2500 gram yang lolos saringan 1/2" dan tertahan saringan 3/8".
- b. Buka mesin *Los Angeles Abrasion*, masukkan agregat tersebut dan bola baja sebanyak 8 butir dimasukkan ke dalamnya, lalu ditutup kembali.
- c. Mesin *Los Angeles Abrasion* dihidupkan kembali.

- d. Putaran yang dibutuhkan sebanyak 500 putaran, dengan kecepatan mesin 33 putaran/menit. Untuk kekurangan putaran, hidupkan mesin *Los Angeles Abrasion* kembali, dan hitung jumlah kekurangan putaran dengan *counter*.
- e. Kemudian didiamkan selama 5 menit, agar debunya mengendap.
- f. Debu yang jatuh ditampung dengan penampung, penutupnya dibuka. Lalu bola baja dan agregat yang ada di dalamnya dikeluarkan lalu ditampung dalam penampung.
- g. Agregat yang ada di penampung disaring dengan saringan No. 12.
- h. Agregat yang tertahan saringan No. 12 ditimbang dan dihitung keausan yang dimiliki.

4.Kadar air

Metode ini sebagai acuan untuk menentukan besarnya kadar air agregat. Kadar air agregat adalah besarnya perbandingan antara berat air yang dikandung agregat dengan agregat dalam keadaan kering, yang dinyatakan dalam persen. Peralatan yang digunakan, antara lain, timbangan, oven, dan talam logam tahan karat.

Prosedur pengujian melalui tahapan sebagai berikut:

- a) Menimbang dan mencatat berat talam (W1).
- b) Memasukkan benda uji ke dalam talam, kemudian ditimbang dan dicatat beratnya (W2).
- c) Menghitung berat benda uji ($W3 = W2 - W1$).
- d) Mengeringkan benda uji beserta talam di dalam oven.
- e) Setelah kering, menimbang dan mencatat berat benda uji beserta talam (W4).
- f) Menghitung berat benda uji kering ($W5 = W4 - W1$).
- g) Hitung kadar air agregat dengan menggunakan rumus sebagai berikut:

$$\text{Kadar air agregat} = 100 \times (W3 - W5) / W5$$

Dengan $W3 =$ berat benda uji semula berat;

$W5 =$ benda uji kering

5. Analisa Saringan Agregat Kasar.

Metode ini dimaksudkan sebagai pegangan dalam pengujian untuk menentukan pembagian butir (gradasi) agregat kasar dengan saringan.

Prosedur pengujian melalui tahapan sebagai berikut:

- a) Keringkan benda uji dalam oven pada suhu $(110 \pm 5)^{\circ} \text{C}$ sampai berat tetap. Sebaiknya untuk mendapatkan hasil dengan ketelitian tinggi, dilakukan minimal 2 kali pengujian
- b) Keluarkan benda uji, lalu dinginkan pada suhu kamar selama 1-3 jam, kemudian timbang dengan ketelitian 0,5 gram
- c) Susun saring dari yang lubangnya paling besar dari atas kebawah (jangan terbalik), masukkan benda uji dan langsung di ayak. Bila tidak tersedia saringan dan mesin pengguncang dengan kapasitas besar, maka pengayakan dilakukan dengan cara manual
- d) Keluarkan benda uji dari masing-masing saringan dan letakkan masing-masing pada talam.
- e) Timbang dan catat berat benda uji yang tertahan di masing-masing saringan. Dalam pembersihan saringan, gunakan sikat kawat untuk saringan dengan lubang besar, dan kuas untuk lubang yang halus.

6. Berat isi

Prosedur pengujian melalui tahapan sebagai berikut:

- a) Keringkan benda uji dalam oven pada suhu $(110 \pm 5)^{\circ} \text{C}$ sampai berat tetap
- b) Keluarkan benda uji dari oven lantas dinginkan pada suhu kamar selama 1-3 jam, kemudian timbang dengan ketelitian 0,5 gram
- c) Letakkan silinder ukur pada tempat yang datar. Untuk pengujian berat volume padat, masukkan benda uji per 1/3 bagian dan tiap bagian di tumbuk 25 kali merata, lalu diratakan, dikerjakan sampai volume penuh.

Sedang untuk pengujian berat volume gembur, benda uji dimasukkan dalam silinder sampai penuh (tanpa pemadatan) lalu diratakan.

- d) Timbang berat silinder berisi benda uji dan dicatat beratnya Hitung volume silinder.

3.4.4 Agregat Halus

3.4.4.1 Pasir

Yang termasuk dalam pengujian bahan agregat halus adalah pemeriksaan kandungan zat organik, pemeriksaan kandungan lumpur, pemeriksaan gradasi agregat halus, dan berat jenis agregat halus.

a. Pemeriksaan kandungan zat organik

1. Mengambil pasir kira – kira $\pm 130 \text{ cm}^3$
2. Mengeringkan pasir tersebut didalam tungku pada suhu 105 derajat selama 36 jam.
3. Megeluarkan pasir dari tungku, kemudian mendingkan dengan *exicator* .
4. Memasukkan pasir 130 cm^3 tersebut kedalam tabung gelas ukur 250 cc
5. Menuangkan NaOH 3% ke dalam gelas ukur sampai batas 200 cc
6. Mengocok gelas ukur yang berisi pasir dengan NaOH 3% selama 10 menit dan membiarkannya selama 24 jam.
7. Mengamati dan mencatat warna larutan yang terdapat di atas pasir dan membandingkannya dengan *Gardner Standart Colour*.

b. Pemeriksaan kandungan lumpur

1. Menimbang pasir kering sebanyak 100 gr dan memasukkannya ke dalam gelas ukur 250 cc.

2. Mengisi air ke dalam gelas ukur sampai setinggi 12 cm di atas permukaan pasir dan mengocoknya selama 1 menit, kemudian biarkan selama 1 menit, lalu buang airnya.
3. Mengulang langkah a dan b sampai airnya jernih.
4. Menghitung kandungan lumpur

c. Pemeriksaan Gradasi Agregat Halus

1. Mengeringkan pasir dalam tungku pada suhu 105°C selama kurang lebih 24 jam.
2. Mengeluarkan pasir dari tungku dan mendinginkannya ke dalam *exicator*
3. Menimbang pasir (B gram)
4. Timbang berat awal masing-masing ayakan
5. Susun ayakan dengan susunan ayakan sebagai berikut $\text{Ø } 9,5 \text{ mm}$; $\text{Ø } 4,75 \text{ mm}$; $\text{Ø } 2,36 \text{ mm}$; $\text{Ø } 1,18 \text{ mm}$; $\text{Ø } 0,60 \text{ mm}$; $\text{Ø } 0,30 \text{ mm}$; $\text{Ø } 0,15$; Pan.
6. Timbang 500 gr pasir kering oven kemudian masukkan ke dalam ayakan yang telah disusun
7. Saringan diletakkan di mesin pengayak lalu nyalakan mesin pengayak selama 10 menit dan kemudian diamkan mesin pengayak selama 5 menit.
8. Timbang berat setiap ayakan + pasir yang tertahan di ayakan tersebut, kemudian hitung % lolos agregat halus tersebut.
9. Dari pemeriksaan tersebut, didapatkan nilai modulus halus butir (MHB), yaitu nilai yang digunakan untuk menjadi ukuran kehalusan atau kekasaran butiran agregat. Semakin besar nilai

MHB-nya, maka butir-butir agregat tersebut juga akan semakin besar.

d. Pemeriksaan Berat Jenis

1. Agregat yang tertahan saringan $\frac{1}{2}$ ' diambil dan ditimbang sebanyak 1000 gr.
2. Rendam agregat selama 24 jam kemudian dicuci sampai bersih
3. Agregat yang sudah bersih ditimbang dalam air dengan menggunakan keranjang yang telah ditimbang terlebih dahulu di dalam air.
4. Agregat dikeringkan dengan menggunakan kain lap sampai keadaan SSD (*Saturated Surface Dry*) dan kemudian agregat ditimbang.
5. Agregat dikeringkan dalam *oven* dengan suhu 110o C sampai kering.
6. Agregat di dinginkan dan kemudian timbang beratnya.

3.4.4.2 Serbuk Batu Bata

Serbuk batu bata adalah hasil dari penumbukan batu bata dimana batu bata yang digunakan dalam penelitian ini didapat dari sisa pembangunan rumah di jalan Jahe 10 no 6 Perumnas Simalingkar kemudian ditumbuk hingga halus menyerupai pasir kemudian batu bata yang telah menjadi serbuk diuji sama seperti pengujian bahan agregat halus(pasir) seperti pemeriksaan kandungan zat organik, pemeriksaan kandungan lumpur, pemeriksian gradasi agregat halus, dan berat jenis agregat halus.

a) Pemeriksaan kandungan zat organik

- 1) Mengambil serbuk batu bata kira – kira ± 130 cm³
- 2) Mengeringkan serbuk batu bata tersebut didalam tungku pada suhu 105 derajat selama 36 jam.
- 3) Megeluarkan serbuk batu bata dari tungku, kemudian mendingkan dengan *exicator* .

- 4) Memasukkan serbuk batu bata 130 cm³ tersebut kedalam tabung gelas ukur 250 cc
- 5) Menuangkan NaOH 3% ke dalam gelas ukur sampai batas 200 cc
- 6) Mengocok gelas ukur yang berisi serbuk batu bata dengan NaOH 3% selama 10 menit dan membiarkannya selama 24 jam.
- 7) Mengamati dan mencatat warna larutan yang terdapat di atas serbuk batu bata dan membandingkannya dengan *Gardner Standart Colour*.

b) Pemeriksaan kandungan lumpur

1. Menimbang serbuk batu bata kering sebanyak 100 gr dan memasukkannya ke dalam gelas ukur 250 cc.
2. Mengisi air ke dalam gelas ukur sampai setinggi 12 cm di atas permukaan serbuk batu bata dan mengocoknya selama 1 menit, kemudian biarkan selama 1 menit, lalu buang airnya.
3. Mengulang langkah a dan b sampai airnya jernih.
4. Menghitung kandungan lumpur

c) Pemeriksaan Gradasi

1. Mengeringkan serbuk batu bata dalam tungku pada suhu 105 ° C selama kurang lebih 24 jam.
2. Mengeluarkan serbuk batu bata dari tungku dan mendinginkannya ke dalam *exicator*
3. Menimbang serbuk batu bata (B gram)
4. Timbang berat awal masing-masing ayakan
5. Susun ayakan dengan susunan ayakan sebagai berikut Ø 9,5 mm; Ø 4,75 mm; Ø 2,36 mm; Ø 1,18 mm; Ø 0,60 mm; Ø 0,30 mm; Ø 0,15; Pan.

6. Timbang 500 gr serbuk batu bata kering oven kemudian masukkan ke dalam ayakan yang telah disusun
7. Saringan diletakkan di mesin pengayak lalu nyalakan mesin pengayak selama 10 menit dan kemudian diamkan mesin pengayak selama 5 menit.
8. Timbang berat setiap ayakan + serbuk batu bata yang tertahan di ayakan tersebut, kemudian hitung % lolos agregat halus tersebut.
9. Dari pemeriksaan tersebut, didapatkan nilai modulus halus butir (MHB), yaitu nilai yang digunakan untuk menjadi ukuran kehalusan atau kekasaran butiran agregat. Semakin besar nilai MHB-nya, maka butir-butir agregat tersebut juga akan semakin besar.

d) Pemeriksaan Berat Jenis

- 1) Serbuk batu bata yang tertahan saringan $\frac{1}{2}$ ' diambil dan ditimbang sebanyak 1000 gr.
- 2) Rendam serbuk batu bata selama 24 jam kemudian dicuci sampai bersih
- 3) Serbuk batu bata yang sudah bersih ditimbang dalam air dengan menggunakan keranjang yang telah ditimbang terlebih dahulu di dalam air.
- 4) Serbuk batu bata dikeringkan dengan menggunakan kain lap sampai keadaan SSD (*Saturated Surface Dry*) dan kemudian agregat ditimbang.
- 5) Serbuk batu bata dikeringkan dalam oven dengan suhu 110o C sampai kering.
- 6) Serbuk batu bata di dinginkan dan kemudian timbang beratnya.

3.5 Pembuatan Benda Uji

Pengujian mortar dan beton bertujuan untuk mengetahui apakah serbuk limbah batu bata dapat memiliki kadar beton yang memiliki kuat tekan yang optimal. Dalam proses pengujian beton, haruslah melewati beberapa tahap. Tahap yang paling mendasar adalah pembuatan benda uji beton. Tahap pembuatan benda uji dimulai dengan menghitung campuran 1:2 (rencana adukan mortar) dan campuran 1:2:3 (rencana adukan beton). Jumlah benda uji dapat dilihat dari tabel berikut ini:

Tabel 3.1 Jumlah Benda Uji Beton Silinder (D= 30 cm dan H=15 cm)

P_{20}/H_{15}	7 Hari	14 hari	21 hari	28 Hari
0%	3	3	3	3
15%	3	3	3	3
25%	3	3	3	3
50%	3	3	3	3
75%	3	3	3	3

Untuk jumlah benda uji mortar ada pada tabel berikut ini:

Tabel 3.2 Jumlah Benda Uji Mortar Kubus (5x5x5 cm)

P_{20}/H_{15}	28 hari
0%	3
15%	3
25%	3
50%	3
75%	3

Pembuatan beton dilakukan seperti pembuatan beton secara konvensional. Kemudian campuran beton dimasukkan ke dalam cetakan berbentuk silinder. Setelah mortar dan beton mengering, benda uji dirawat dengan cara direndam di dalam bak berisi air selama 7,14,21 dan 28 hari untuk beton dan 28 hari untuk mortar. Setelah 7, 14,21 dan 28 hari benda uji dikeluarkan dari dalam bak dan dikeringkan terlebih dahulu selama 24 jam sebelum diuji.

3.6 Pengujian Slump

Uji Slump adalah suatu uji empiris/metode yang digunakan untuk menentukan konsistensi/kekakuan (dapat dikerjakan atau tidak) dari campuran mortar dan beton segar (*fresh concrete*) untuk menentukan tingkat *workability*-nya. Kekakuan dalam suatu campuran beton menunjukkan berapa banyak air yang digunakan. Untuk itu uji slump menunjukkan apakah campuran beton kekurangan, kelebihan, atau cukup air. Dalam suatu adukan/campuran beton, kadar air sangat diperhatikan karena menentukan tingkat *workability* nya atau tidak. Campuran beton yang terlalu cair akan menyebabkan mutu beton rendah, dan lama mengering. Sedangkan campuran beton yang terlalu kering menyebabkan adukan tidak merata dan sulit untuk dicetak.

Tujuan dilakukan pengujian ini adalah untuk mengukur kelecakan dari adukan beton yang berkaitan dengan tingkat kemudahan pengerjaan (*Workability*). Pada pengujian ini, yang dimaksudkan dengan nilai *slump* beton adalah hasil penurunan adukan campuran beton saat kerucut *Abrams* diangkat.

Tahapan pengujian slump sebagai berikut :

- a) Basahi cetakan kerucut dan plat dengan kain basah
- b) Letakkan cetakan di atas plat
- c) Isi 1/3 cetakan dengan beton segar, padatkan dengan batang logam sebanyak merata dengan menyusukannya. Lapisan ini penusukan bagian tepi dilakukan dengan besi dimiringkan sesuai dengan dinding cetakan. Pastikan besi menyentuh dasar. Lakukan 25-30 x tusukan.

- d) Isi 1/3 bagian berikutnya (menjadi terisi 2/3) dengan hal yang sama sebanyak 25-30 x tusukan. Pastikan besi menyentuh lapisan pertama.
- e) Isi 1/3 akhir seperti tahapan nomor 4
- f) Setelah selesai dipadatkan, ratakan permukaan benda uji, tunggu kira-kira 1/2 menit. Sambil menunggu bersihkan kelebihan beton di luar cetakan dan di plat.
- g) Cetakan diangkat perlahan TEGAK LURUS ke atas
- h) Ukur nilai slump dengan membalikkan kerucut di sebelahnya menggunakan perbedaan tinggi rata-rata dari benda uji.
- i) Toleransi nilai slump dari beton segar 10 ± 2 cm
- j) Jika nilai slump sesuai dengan standar, maka beton dapat digunakan dan siap untuk di cetak.

3.7 Perawatan Benda Uji

Perawatan beton adalah suatu metode pekerjaan yang bertujuan untuk menjaga permukaan beton segar selalu lembab dan jangan sampai terkena panas dari matahari secara langsung, sejak adukan beton dipadatkan hingga beton dianggap cukup keras. Perawatan beton dilakukandengan cara memasukkan mortar dan beton ke dalam bak berisi air selama 14, 21, dan 28 hari untuk beton dan 28 hari untuk mortar. Setelah 14,21, dan 28 hari, benda uji dikeluarkan dari dalam bak dan dikeringkan terlebih dahulu sebelum diuji.

Perawatan benda uji dilakukan sebagai berikut :

- a) Dalam waktu 30 menit sesudah dilepas dari cetakan, rendam kedalam bak berisi air hingga semua permukaan benda uji terendam air.
- b) Penyimpangan dalam keadaan basah, yaitu dengan perendaman dalam air jenuh.
- c) Benda uji silinder harus dirawat sekurang kurangnya 20 jam sebelum pengujian pada umur 14, 21, dan 28 hari, beton silinder dan kubus harus disimpan dalam air.

3.8 Pengujian Kuat Tekan Mortar

Kuat tekan mortar dilakukan dengan membuat kubus mortar ukuran 5 x 5 x 5 cm yang setelah keras dengan umur 28 hari di uji menggunakan mesin kuat tekan

Kuat tekan mortar diperoleh dari perbandingan antara beban tekan (KN) yang diberikan kepada benda uji dengan satuan luas benda uji (cm^2) menggunakan mesin tekan.

3.9 Pengujian Kuat Tekan Beton

Kuat tekan beton adalah perbandingan antara beban tekan yang diberikan kepada benda uji dengan satuan luas menggunakan mesin tekan. Kuat tekan beton biasanya berhubungan dengan sifat-sifat lain, maksudnya apabila kuat tekan beton tinggi, sifat-sifat lainnya juga baik. Kekuatan tekan beton dapat dicapai sampai 1000 kg/cm² atau lebih, tergantung pada jenis campuran, sifat-sifat agregat, serta kualitas perawatan. Kekuatan tekan beton yang paling umum digunakan adalah sekitar 200 - 500 kg/cm². Nilai kuat tekan beton didapatkan melalui tata cara pengujian standar, menggunakan mesin uji dengan cara memberikan beban tekan bertingkat dengan kecepatan peningkatan beban tertentu dengan benda uji berupa silinder dengan ukuran 15 x 30 cm. Selanjutnya benda uji ditekan dengan mesin tekan sampai pecah. Beban tekan maksimum sampai benda uji pecah di bagi dengan luas penampang benda uji merupakan nilai kuat tekan beton yang dinyatakan dalam Mpa atau kg/cm².

3.10 BAGAN ALUR PENELITIAN

