

BAB II

TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Kajian Penelitian Terdahulu

Penelitian terdahulu merupakan salah satu referensi dasar untuk melakukan penelitian dan dapat dijadikan sumber inspirasi baru untuk penelitian selanjutnya. Penelitian terdahulu berguna untuk memperluas dan memperdalam teori dan metode yang akan dipakai dalam melaksanakan penelitian. Hasil akhir penelitian terdahulu bisa dijadikan perbandingan sehingga dapat diketahui kelebihan dan kekurangan yang bisa dikembangkan.

Hasil penelitian Abdullah Afif, dkk (2019). Peneliti menggunakan campuran beton dengan agregat halus dari Merapi, agregat kasar dari Clereng, Abu Batu dari Watu Telu dan jenis superplasticizer dari *sika viscocrete 3115N*. *Mix planning* menggunakan metode SNI 03-6368-2000 dengan rencana kuat tekan sebesar 42 MPa. Percobaan dilakukan setelah umur beton mencapai 28 hari. Penelitian ini menggunakan Abu Batu sebagai substitusi agregat halus 0%, 20%, 25%, 30%, 35%, dan 40%. Setiap variasi bercampur dengan jenisnya *sika viscocrete 3115N* konsisten dengan 0,6% dari berat semen. Hasilnya menunjukkan bahwa kuat tekan beton yang optimum ditemukan pada campuran beton dengan Pergantian 20% Abu Batu yaitu sebesar 45,44 MPa dan untuk beton optimum kuat tarik yang terdapat pada campuran beton dengan penggantian 20% abu batu sebesar 3,21MPa.

Hasil penelitian Fitria Handaiyani (2019) Penelitian ini dilakukan untuk mengetahui kadar optimum pemakaian abu batu dan mengetahui sejauh mana dapat dimanfaatkan untuk solusi masalah pencemaran lingkungan dan serta meningkatkan ekonomi masyarakat luas. Penelitian difokuskan pada Penggunaan abu batu pada percampuran pembuatan *paving block*, campuran *filler* pada aspal, pembuatan beton $f_c' 20$ MPa dan beton K-350, serta penggunaan abu batu sebagai *filler* dalam produksi SCC. Penggunaan abu batu sebagai campuran *paving block* mampu menekan kebutuhan biaya bahan baku hingga sebesar 22% dan memberikan efisiensi biaya produksi hingga 13%. Abu batu sebagai campuran filler pada aspal menghasilkan stabilitas lebih tinggi daripada campuran *filler*

Portland semen. Penggunaan abu batu sebagai agregat halus pengganti pasir pada campuran pembuatan beton dengan mutu $f_c' = 20\text{MPa}$ komposisi abu batu harus kurang dari 20%. Penggunaan abu batu sebagai agregat halus pengganti pasir pada campuran pembuatan beton K-350 untuk mendapatkan hasil kuat tekan optimum yaitu dengan komposisi abu batu sebesar 40% , sedangkan komposisi pasir 60%. Penggunaan abu batu sebagai filler dalam produksi SCC dapat meningkatkan kuat tekan beton sebesar 3,5%, pada penambahan abu batu dengan takaran 25% berat semen.

Hasil penelitian Supriadi, dkk (2020). Penelitian ini menggunakan Abu batu pada benda uji AB-2 (25%) dan AB-3 (50%) dapat digunakan sebagai pengganti pasir karena secara kuat tekan dan *workability* sesuai dengan yang direncanakan. Pada penelitian ini diketahui bahwa presentase abu batu yang optimum sebagai pengganti sebagian pasir antara 25 % s.d 50%, dengan kuat tekan umur 28 hari adalah 69.68 N/mm² dan 69.16 N/mm² . Sementara pada benda uji AB-1 (0%) kuat tekan sebesar 71.36 N/mm² dan AB-4 (75%) sebesar 67.99 N/mm² dengan catatan bahwa benda uji AB-4 terlihat bahwa saat pengecoran, adonan sulit untuk dikerjakan.

Hasil penelitian Budiman, dkk (2022). Tujuan penelitian ini menentukan pengaruh dan nilai kuat tekan karakteristik beton dengan penggunaan abu batu dengan variasi campuran (10% abu batu, 90% pasir), (20% abu batu, 80% pasir) dan (30% abu batu, 70% pasir) dengan target mutu beton $F_c' 17,5\text{ Mpa}$. Metode yang digunakan yaitu metode eksperimen laboratorium mengacu standar SNI. Hasil penelitian menunjukkan penggunaan abu batu (AB) sebagai campuran beton normal mempengaruhi nilai kuat tekan beton. Semakin tinggi persentase abu batu (AB), maka nilai kuat tekan beton semakin meningkat. Nilai kuat tekan beton dari abu batu (AB) pada komposisi AB 10%, AB 20% dan AB 30% diperoleh sebesar 173.50 kg/cm, 235.11 kg/cm dan 239.88 kg/cm sedangkan beton normal 18.59 MPa pada umur 28 hari.

Hasil penelitian Bayu Zamzam, dkk (2021). Peneliti meneliti pengaruh dari penggunaan abu batu sebagai agregat buatan pada campuran beton yang dikombinasikan dengan agregat alami (Pasir Ex. Cilopang). Proses dalam penelitian

ini di Uji Laboratorium. Agregat halus buatan abu batu hasil produksi pemecahan batu (Ex. Gunung Wayu). Penggunaan abu batu pada campuran beton yang divariasikan menjadi 25%, 50%, 75% dan 100% digunakan rancangan *mix design* SNI 7833-2012. Pengujian kekuatan tekan pada umur 14 hari, berdasarkan nilai kuat tekan yang dianalisis menggunakan trendline dan pembatasan $\pm 5\%$ untuk mendapat hasil nilai relevan menunjukan adanya peningkatan 24.63% pada campuran variasi 25%, 11.37% pada variasi 50%, 8,72% pada 75% dan 3.4% pada variasi 100%.

Hasil penelitian Triaswati M.N, dkk (2019). Penelitian ini dilakukan untuk mengetahui kuat tekan beton dengan variasi campuran (20% abu batu, 80% pasir) dan (30% abu batu, 70% pasir). Dengan mutu beton $F_c' 20$ Mpa $F_c' 25$ Mpa, $F_c' 40$ Mpa dan penambahan zat *additive type D*. (*water reducing and retarding*), fungsi dari abu batu tersebut untuk mengurangi substitusi agregat pasir alami pada campuran beton, dan fungsi dari zat *additive type D* tersebut yaitu untuk memperlambat waktu pengikatan dari semen. Penelitian menghasilkan kuat tekan beton dengan penggunaan abu batu 20% dan 30%, hasil dari semua rencana mutu beton yang direncanakan pada umur 28 hari. Kuat tekan beton dengan menggunakan abu batu 20%, pada $F_c' 20$ Mpa mencapai 27,7 Mpa, untuk abu batu 30%, pada $F_c' 20$ Mpa mencapai 25,5 Mpa, untuk abu batu 20%, dengan $F_c' 25$ Mpa mencapai 31,3 Mpa, untuk abu batu 30%, dengan $F_c' 25$ Mpa mencapai 34 Mpa, untuk abu batu 20%, dengan $F_c' 40$ Mpa mencapai 47,4 Mpa, untuk abu batu 30%, dengan $F_c' 40$ Mpa mencapai 47 Mpa. Pada semua variasi komposisi abu batu dengan semen penelitian ini, substitusi agregat halus (pasir) dengan abu batu sangat baik digunakan untuk material campuran pada beton.

Hasil penelitian A. Haris HA, dkk (2017). Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui kadar optimum pemakaian abu batu untuk mencapai kuat tekan beton k-350. Variasi persentase abu batu pada komposisi campuran beton sebesar 0%, 20%, 40%, 60%, 80% dan 100%. Disain komposisi campuran beton menggunakan tata cara pembuatan rencana campuran beton normal, SNI 03-2834-1993. Benda uji silinder yang digunakan dengan ukuran diameter 15 cm, dan tinggi 30 cm. Hasil penelitian ini menunjukkan bahwa campuran menggunakan abu batu dapat

mempengaruhi kuat tekan beton. Semakin banyak abu batu yang digunakan, kuat tekan semakin menurun, meskipun batas kuat tekan 350 kg/cm² masih bisa dipenuhi. Kuat tekan rata-rata tertinggi didapat pada campuran 40% abu batu, yaitu sebesar 587,77 kg/cm².

Hasil penelitian Muhamad Malik Ibrahim, dkk (2019). Peneliti menggunakan abu batu sebagai campuran beton. Abu batu merupakan limbah dari proses pemecahan bongkahan batu. Ditinjau dari ukuran butirannya maka abu batu merupakan agregat halus. Namun hal ini akan menyebabkan faktor air-semen bertambah. Sehingga hasil kuat tekan akan menurun. Hal ini sesuai dengan hubungan antara kuat tekan beton dengan faktor air-semen. Perekayasa yang dilakukan adalah dengan menaikkan faktor granular (G) dan menaikkan kuat tekan rencana berdasarlan teori Dreux. Abu batu pada penelitian ini digunakan sebagai substitusi pasir alami dengan proporsi 0%, 20%, 40%, 60%, 80%, dan 100%. Hasil penelitan ini memperlihatkan penggunaan abu batu sebagai agregat halus lebih dari 40% akan sangat drastis menurunkan kuat tekan beton.

Hasil penelitian Ditya Rudiana, dkk (2018). Penelitian ini meneliti perbandingan antara pasir dan abu batu sebagai agregat halus pada beton. Karena beton merupakan komposit, maka kualitas beton sangat tergantung dari kualitas masing-masing material pembentuknya. Tujuan penelitian ini adalah untuk membandingkan kekuatan tekan beton yang menggunakan agregat halus abu batu dengan pasir alam. Kuat tekan rencana adalah 25 MPa, dengan menggunakan benda uji berbentuk silinder berukuran diameter 15 cm dengan tinggi 30 cm. Pengujian kuat tekan dilakukan pada umur beton 7, 14 dan 28 hari. Hasil pengujian benda uji dengan agregat halus abu batu pada umur beton 7, 14 dan 28 hari berturut-turut adalah 17,71 MPa, 20,62 MPa dan 22,94 MPa. Sedangkan hasil pengujian benda uji dengan agregat halus pasir alam adalah 21,42 MPa, 20,33 MPa, dan 21,83 MPa. Setelah dilakukan pengolahan data menggunakan standar deviasi, maka diperoleh kuat tekan benda uji dengan menggunakan abu batu sebesar 32,07 MPa, dan benda uji dengan menggunakan pasir alam sebesar 25,01 MPa. Terlihat bahwa penggunaan abu batu

sebagai pengganti pasir alam akan meningkatkan kekuatan tekan beton 28% dan juga didapat kekuatan tekan lebih besar dari kuat tekan rencana.

Hasil penelitian Heronimus Lumenta, dkk (2019). Peneliti ini meneliti pengaruh substitusi sebagian agregat halus dengan abu batu dan penambahan fly ash terhadap kuat tekan beton. Tujuan dari penelitian ini adalah untuk mengetahui kuat tekan beton dengan variasi penapisan 0%, 25%, 50%, dan 75% dengan penambahan berat agregat halus (pasir) dan fly ash 15% dari berat semen. Pada penelitian ini penulis menggunakan empat variasi beton dengan perbandingan skrining 0% : 100% pasir, skrining 25% : 75% pasir, skrining 50% : 50% pasir, skrining 75% : 25% pasir. Setiap varian ditambahkan fly ash sebanyak 15% dari berat semen. Hasil penelitian menunjukkan bahwa variasi screening 25%, 75% pasir ditambah fly ash dari berat semen yang memiliki mutu beton paling tinggi diantara variasi lainnya adalah sebanyak 298,95 kg/cm pada umur 28 hari; dan 456,53 kg/cm² pada umur 7 hari; 403,23 kg/cm² pada umur 42 hari. Hal ini dikarenakan sarana ventilasi udara pada beton diisi butiran-butiran screening sehingga beton menjadi lebih padat dan membuat kuat tekan beton meningkat

2.2 Beton

2.2.1 Pengertian Beton

Sejak zaman dahulu beton sangat dikenal sebagai material dengan kekuatan yang sangat baik, mudah di produksi dan di bentuk, serta ekonomis. Pengertian beton sendiri merupakan material pembentuk struktur bangunan yang tersusun dari campuran antara air, semen, agregat halus, agregat kasar serta bahan tambah. Beton memiliki banyak kelebihan diantaranya memiliki kuat tekan yang tinggi, bahan penyusunnya mudah di dapatkan, serta lebih tahan terhadap korosi dan temperatur yang tinggi.

Menurut SNI-03-2834-2000, pengertian beton merupakan campuran antara semen Portland atau semen hidrolis lainnya, agregat halus, agregat kasar dan air dengan atau tanpa adanya bahan tambah pembentuk massa padat. Pada dasarnya agregat yang umum digunakan pada campuran beton adalah agregat alam, yaitu pasir sebagai agregat halus dan kerikil atau batu pecah sebagai agregat kasar.

Komponen penyusun beton harus memiliki kualitas yang baik karena sangat berpengaruh terhadap karakteristik beton. Beton yang dihasilkan harus memenuhi syarat – syarat yang telah di tentukan sehingga dalam perencanaannya harus memperhatikan parameter – parameter berikut :

1. Faktor air semen
2. Proporsi campuran material pembentuk beton
3. Kebersihan, kekuatan dan gradasi agregat
4. Interaksi antara pasta semen dengan agregat
5. Proses pengecoran dan pemadatan beton
6. Perawatan beton

2.2.2 Klasifikasi Beton

Klasifikasi beton dapat dikelompokkan menjadi beberapa kategori yaitu :

- a. Klasifikasi beton berdasarkan berat jenis

Menurut SNI 03-2847 2002, klasifikasi beton berdasarkan berat jenisnya adalah sebagai berikut :

1. Beton ringan : berat jenis $< 1.900 \text{ kg/m}^3$
2. Beton normal : berat jenis antara $2.200 \text{ kg/m}^3 - 2.500 \text{ kg/m}^3$
3. Beton berat : berat jenis 4.000 kg/m^3

- b. Klasifikasi beton berdasarkan mutu beton dan penggunaannya menurut Puslitbang Prasarana Transportasi, Divisi 7-2005 dapat dilihat pada tabel 2.1 sebagai berikut.

Tabel 2.1 Klasifikasi beton berdasarkan mutu beton dan penggunaannya

Jenis Beton	fc' (MPa)	Uraian
Mutu Tinggi	$x \geq 45$	Umumnya digunakan untuk beton prategang seperti tiang pancang beton prategang, gelagar beton prategang, pelat beton prategang dan sejenisnya.
Mutu Sedang	$20 \leq x < 45$	Umumnya digunakan untuk beton bertulang seperti pelat lantai jembatan, gelagar beton bertulang, diafragma, kereb beton pracetak, gorong-gorong beton bertulang, bangunan bawah jembatan, perkerasan beton semen.
Mutu rendah	$15 \leq x < 20$	Umumnya digunakan untuk struktur beton tanpa tulangan seperti beton siklop, trotoar dan pasangan batu kosong yang diisi adukan, pasangan batu.
	$10 \leq x < 15$	Digunakan sebagai lantai kerja, penimbunan kembali dengan beton.

(Sumber : Puslitbang Prasarana Transportasi, Divisi 7-2005)

- c. Klasifikasi beton berdasarkan teknik pembuatan beton.
1. Beton *cast in-situ*, yaitu pembuatan beton yang dilakukan dengan cara di cor di tempat dengan cetakan acuan yang dipasang di lokasi elemen struktur pada bangunan gedung atau infrastruktur lainnya.
 2. Beton *pre-cast*, yaitu pembuatan beton yang di cor di pabrik khusus kemudian diangkut dan dirangkai untuk dipasang di lokasi elemen struktur pada bangunan gedung atau infrastruktur lainnya.
- d. Klasifikasi beton berdasarkan bahan tambahannya
1. Beton serat (*fiber concrete*) merupakan bagian komposit yang terdiri dari beton biasa dan bahan lain yang berupa serat. Bahan serat dapat berupa serat asbestos, serat tumbuh-tumbuhan (rami, bamboo, ijuk), serat plastic (*polypropylene*) atau potongan kawat baja. Jika serat yang dipakai mempunyai modulus elastis yang lebih tinggi daripada beton, maka beton serat akan mempunyai kuat tekan, kuat tarik, maupun modulus elastis yang sedikit lebih tinggi daripada beton biasa (Tjokrodimuljo, 1996)

2. Beton foam adalah campuran antara semen, air, agregat dengan bahan tambah (*admixture*) tertentu yaitu dengan membuat gelembung – gelembung gas atau udara dalam adukan semen.

2.3 Material Penyusun Beton

2.3.1 Semen

Semen berasal dari bahasa latin *caementum* yang artinya bahan perekat. Secara sederhana, semen adalah bahan perekat atau lem yang bisa merekatkan bahan-bahan material lain seperti batu bata atau batu koral sehingga dapat membentuk sebuah bangunan. Sedangkan dalam pengertian secara umum semen diartikan sebagai bahan perekat yang memiliki sifat mengikat bahan-bahan padat menjadi satu kesatuan yang kompak dan kuat (Bonardo Pangaribuan,2013).

Defenisi semen Portland (*Portland cement*) merupakan bahan perekat *hidrolis* yang sangat penting dalam konstruksi beton. Bahan perekat *hidrolis* yaitu dihasilkan dengan cara menghaluskan klinker, terutama terdiri dari silikat-silikat kalsium yang bersifat *hidrolis* dengan gips sebagai bahan pembantu untuk membentuk pasta semen atau *grout* bila bersenyawa dengan air dapat mengeras dan jika bereaksi dengan agregat halus biasa disebut dengan mortar (Tjokrodinuljo,2007).

Secara umum sesuai dengan standar dari *American Society for Testing and Materials (ASTM)*, jenis-jenis semen dapat dikategorikan sebagai berikut :

1. *Portland Cement Type I (Ordinary Portland Cement)* merupakan jenis semen yang dapat digunakan pada pekerjaan konstruksi umum.
2. *Potland Cement Type II (Moderate sulfat resistance)* merupakan jenis semen yang memiliki panas hidrasi lebih rendah dan dapat tahan dari beberapa jenis sulfat yang rendah.
3. *Portland Cement Type III (High Early Strength Portland Cement)* merupakan tipe semen yang dapat menghasilkan kuat tekan beton awal yang tinggi. Setelah 24 jam pengecoran semen tipe ini akan menghasilkan kuat tekan dua kali lebih tinggi daripada semen tipe biasa, namun panas hidrasi yang dihasilkan semen jenis ini lebih tinggi daripada jenis *Portland Cement Type I*.

4. *Portland Cement Type IV (Low Heat Of Hydration)* merupakan jenis semen yang memiliki panas hidrasi yang rendah sehingga cocok digunakan pada proses pengecoran struktur beton yang massif.
5. *Portland Cement Type V (Sulfat Resistance Cement)* merupakan semen yang dalam penggunaannya memerlukan ketahanan tinggi terhadap sulfat.

2.3.2 Agregat

Agregat merupakan butiran mineral alami yang berfungsi sebagai bahan pengisi dalam campuran mortar atau beton untuk menjadikan satu komponen menjadi satu kesatuan. Elastisitas dan kekuatan agregat tergantung dari jenis batuan yang digunakan. Susunan agregat yang dapat diperiksa melalui analisa saringan (sieve analysis), dengan analisa saringan maka didapatkan kurva susunan butir dari agregat yang dipakai. Untuk kandungan agregat dalam beton kira-kira mencapai 70%-75% dari volume beton, sehingga pemilihan agregat dan gradasi pada agregat merupakan suatu bagian penting dalam pembuatan mortar atau beton. Dalam teknologi beton, agregat dalam campuran mortar atau beton dibagi dalam dua bagian susunan, antara lain :

A. Agregat Halus

Agregat halus adalah batuan yang butirannya mempunyai ukuran antara 0,15 mm sampai dengan 5 mm atau analisa saringannya lolos ayakan 4,75 mm. agregat halus ini dapat diperoleh dari dalam tanah ataupun dasar sungai dan tepi laut. Oleh karena itu pasir di golongan menjadi tiga macam, yaitu : pasir galian, pasir sungai, dan pasir laut. Sedangkan ukuran agregat halus (pasir) dibagi menjadi 4 zona yang diketahui dari uji gradasi yang ditunjukkan oleh tabel 2.2

Tabel 2.2 Batas Gradasi Agregat Halus

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

(Sumber SNI 03-2834-2000)

Keterangan :

Daerah Agregat Halus I: Pasir Kasar

Daerah Agregat Halus II : Pasir Agak Kasar

Daerah Agregat Halus III : Pasir Agak Halus

Daerah Agregat Halus IV : Pasir Halus

Menurut (PBI,1971) agregat halus (pasir) juga memiliki syarat-syarat tertentu agar dapat digunakan dalam campuran mortar atau beton sebagaimana dijelaskan di bawah ini :

1. Agregat halus berbentuk butiran-butiran yang kuat serta tajam, bersifat tidak mudah hancur karena cuaca,
2. Agregat halus tidak boleh mengandung bahan organik terlalu banyak,
3. Agregat halus tidak boleh mengandung lumpur lebih dari 5% (terhadap berat agregat kering). Apabila mengandung lumpur lebih dari 5%, agregat halus harus dicuci terlebih dahulu agar hasilnya lebih maksimal,
4. Agregat halus berupa pasir alam yang berasal dari sungai atau berupa pasir buatan yang dihasilkan dari alat pecah batu.
5. Agregat halus harus terdiri dari butiran-butiran yang beranekaragam besarnya dan apabila disaring dengan susunan ayakan yang ditentukan dalam pasal 3.5 ayat 1 (PBI,1971), harus memiliki syarat sebagai berikut :
 - a. Sisa di atas ayakan 4 mm, harus minimum 2% berat,
 - b. Sisa di atas ayakan 1 mm, harus minimum 10% berat,
 - c. Sisa di atas ayakan 0,25 mm, harus berkisar antara 80%-90% berat.

B. Agregat Kasar

Agregat kasar adalah batuan yang identik dengan sebutan kerikil ataupun batu pecah dimana butirannya memiliki ukuran lebih besar dari 4,80 (4,75 mm), sedangkan untuk syarat-syarat yang harus dipenuhi adalah berbutir keras, tidak berpori agar dapat menghasilkan beton yang keras dan bersifat tembus air, bersifat kekal (tidak mudah hancur dan pecah) , tidak mengandung lumpur lebih dari 1% dan tidak mengandung zat organik serta zat reaktif terhadap alkali.

Penggunaan agregat kasar atau bahan batuan dalam adukan beton berfungsi :

1. Menghemat penggunaan semen *portland*,
2. Mengurangi susutan pengerasan,
3. Menghasilkan kekuatan yang besar pada beton,
4. Mencapai susunan pampat beton dengan gradasi beton yang baik,
5. Mengontrol *workability* adukan beton dengan gradasi bahan batuan baik (A.Antono,1995).

Agregat kasar yang digunakan pada campuran beton harus memenuhi persyaratan sebagai berikut :

1. Susunan butiran (gradasi) agregat harus mempunyai gradasi yang baik, artinya harus terdiri dari butiran yang beragam besarnya, sehingga dapat mengisi rongga-rongga akibat ukuran yang besar, sehingga akan mengurangi penggunaan semen yang minimal, dimana ukuran maksimal agregat kasar dikelompokkan menjadi 3 golongan yang dapat diketahui melalui uji gradasi yang ditunjukkan pada tabel 2.3 di bawah ini :

Tabel 2.3 Batas Gradasi Agregat Kasar

Ukuran Saringan (mm)	Persentase Lolos (%)		
	Gradasi Agregat		
	40 mm	20 mm	10 mm
76	100	-	-
38	95-100	100	-
19	35-70	95-100	100
9,6	10-40	30-60	50-85
4,8	0-5	0-10	0-10

(Sumber : SNI 03-2834-2000)

2. Agregat kasar harus terdiri dari butiran-butiran keras yang tidak berpori atau tidak akan pecah atau hancur oleh pengaruh cuaca seperti terik matahari ataupun hujan.
3. Kadar lumpur atau bagian lebih kecil dari 75 mikron (ayakan no.200), tidak melebihi 1% (terhadap berat kering). Apabila kadar lumpur melebihi 1% maka agregat kasar harus dicuci terlebih dahulu.
4. Kekerasan butiran agregat kasar diperiksa dengan bejana rudolff dengan beban penguji 20 ton dimana harus memenuhi syarat sebagai berikut :
 - a. Tidak terjadi pembubukan sampai fraksi 9,5 – 19,1 mm lebih dari 24% berat.
 - b. Tidak terjadi pembubukan sampai fraksi 19,1 - 30 mm lebih dari 22% berat.
5. Kekerasan butiran agregat kasar jika diperiksa dengan mesin los angeles dimana tingkat kehilangan berat lebih kecil dari 50%.

2.3.3 Air

Air merupakan bahan dasar pembuatan beton yang penting namun harganya paling murah. Air diperlukan untuk bereaksi dengan semen, serta menjadi bahan pelumas antara butiran-butiran agregat agar dapat mudah dikerjakan dan dipadatkan. Untuk bereaksi dengan semen, air yang diperlukan hanya sekitar 30% dari berat semen saja, jika dalam penggunaannya terjadi kelebihan air, maka kekuatan beton yang dihasilkan juga akan rendah serta beton menjadi porous/berongga. Hal ini disebabkan karena adanya peristiwa *bleeding*, yaitu pergerakan air ke permukaan bersama dengan partikel semen pada adukan beton segar yang baru saja dituang, tempat yang ditinggalkan partikel semen ini akan menjadi ruang-ruang kosong pada beton.

Air yang dapat dipakai untuk bahan campuran beton ialah air yang apabila digunakan pada campuran beton akan menghasilkan beton dengan kekuatan 90% dari beton dengan menggunakan air suling.

Air memiliki beberapa pengaruh terhadap kekuatan beton, antara lain :

1. Air merupakan media pencampuran pada pembuatan pasta.
2. Kekuatan air dari pasta pengerasan semen ditentukan oleh perbandingan berat antara air dan faktor air semen.
3. Kandungan air yang tinggi menghalangi proses pengikatan, dan kandungan air yang rendah reaksi tidak selesai. Kandungan air yang tinggi dapat mengakibatkan :
 - a. Mudah mengerjakannya
 - b. Kekuatan rendah
 - c. Beton dapat menjadi berporos/berongga.

Dalam pemakaian air untuk pembuatan beton sebaiknya air memenuhi persyaratan sebagai berikut (Tjokrodimulyo, K. 1992) :

- a. Tidak mengandung lumpur (benda melayang atau yang lainnya) lebih dari 2 gram/liter.
- b. Tidak mengandung garam-garam yang dapat merusak beton (asam, zat organik dan sebagainya) lebih dari 15 gram/liter.
- c. Tidak mengandung klorida (Cl) lebih dari 0,5 gram/liter.
- d. Tidak mengandung senyawa sulfat lebih dari 1 gram/liter.

2.3.4 Bahan Tambah

1. Abu Batu

Abu batu adalah bahan bangunan yang merupakan hasil dari proses penghancuran bongkahan batu yang digunakan untuk campuran beton. Abu batu umumnya berwarna gelap (abu-abu kehitaman). Abu batu mempunyai kriteria lolos ayakan diameter 4,75 mm dan tertahan ayakan 0,075 sehingga abu batu menjadi limbah yang sangat berguna sebagai bahan campuran beton. Abu batu mengandung sejumlah senyawa SiO_2 , Al_2O_3 dan alkali, Besi dan Ca(OH)_2 , meskipun dengan komposisi yang sedikit komponen abu batu dapat dipakai pada campuran beton untuk meningkatkan kinerja beton. Pada penelitian ini, peneliti mengambil

persentase abu batu sebagai bahan pengganti agregat halus yang akan digunakan adalah sebesar 0%, 15%, 20%, 25% berdasarkan referensi dari jurnal penelitian-penelitian terdahulu yang digunakan peneliti sebagai acuan dalam melakukan penelitian ini.

2. *Superplasticizer*

Superplasticizer merupakan bahan tambah (*admixture*). Yang didefinisikan sebagai material selain air, agregat, semen dan fiber yang digunakan dalam campuran beton atau mortar yang ditambahkan dalam adukan sebelum atau selama pengadukan dilakukan. *Superplasticizer* yang digunakan adalah *Sika Viscocrete 3115N* berfungsi untuk memberikan pengurangan air dalam jumlah besar, kemudahan mengalir yang sangat baik dalam waktu bersamaan dengan kohesi yang optimal dan sifat beton yang memadat dengan sendirinya. Pemanfaatan *superplasticizer* bisa meningkatkan *slump* dan *workability* (*Slump* hingga 23 cm), mengurangi pemakaian air, dan mengurangi pemakaian semen. Secara umum penambahan *superplasticizer* adalah untuk menghasilkan beton mutu tinggi dengan mengurangi air sehingga faktor air semen yang merupakan faktor terpenting penentu mutu beton dapat diminimalkan sekecil mungkin, sehingga hanya air yang diperlukan untuk reaksi hidrasi semen yang digunakan.

Berdasarkan lembar data teknis panduan penggunaan *Superplasticizer* berjenis *Sika Viscocrete 3115N* dosis yang disarankan untuk beton adalah 0,3%-0,8% berdasarkan berat *binder* (pasta semen). Pada penelitian ini, peneliti menggunakan *Superplasticizer Sika Viscocrete 3115N* dengan kadar 0,6% sebagaimana yang telah ditentukan pada batasan masalah penelitian ini.