

BAB II

TINJAUAN PUSTAKA DAN LANDASAN TEORI

2.1 Tinjauan Pustaka

2.1.1 Pemeriksaan Agregat Kasar

Alluhri (2016) dalam penelitiannya menyebutkan bahwa perbedaan pada properties dan nilai kuat tekan beton disebabkan oleh perbedaan pada material pembentuk beton dan cara pembuatan beton. Kadang kala penggunaan agregat kasar batu pecah bergradasi seragam tidak dapat dihindari. Penggunaan batu pecah bergradasi seragam dapat berpengaruh pada properties beton dan kuat tekan beton. Penelitian ini bertujuan untuk mendapatkan pengaruh penggunaan batu pecah bergradasi seragam pada beton terhadap properties beton dan kuat tekan beton. Dalam penelitian ini, digunakan ukuran agregat batu pecah dari 3 ukuran, yaitu 5 – 20 mm, 5 – 25 mm, 10 – 20 mm dan 20 – 25 mm, dengan nilai factor air semen (w/c) ditetapkan 0,50 untuk 4 variasi campuran dan 0,45 untuk 2 variasi campuran tambahan. Hasil pengujian kuat tekan beton pada penggunaan agregat batu pecah bergradasi seragam dapat mengurangi kuat tekan beton sebesar 12,35 % terhadap penggunaan agregat kasar batu pecah bergradasi menerus. Penurunan penggunaan w/c dari 0,50 menjadi 0,45 dapat meningkatkan kuat tekan beton sebesar 20,15%. Penggunaan agregat kasar batu pecah bergradasi seragam pada campuran beton berpengaruh terhadap sifat mudah dikerjakan (*workability*) dan pemadatan pada beton.

Widodo dan Basith (2017) melakukan penelitian yang bertujuan untuk mengetahui pengaruh penambahan serat roving pada beton non pasir terhadap kuat tekan dan kuat tarik belahnya. Benda uji yang digunakan dalam penelitian ini, untuk masing-masing jenis variable berupa 3 silinder uji tekan. Perbandingan volume adukan adalah 1:5 (semen:kerikil) sedang serat roving yang digunakan panjangnya 3cm. Penambahan serat roving masing-masing adukan sebanyak 0% , 2.5% ,5% , 7.5% , 10 % diambil dari berat semen. Dari hasil penelitian didapat bahwa penambahan serat roving dapat meningkatkan kuat tekan beton non pasir. Dengan penambahan serat roving kuat tekan beton dengan perbandingan agregat 1:5 , optimal pada persentase penambahan serat roving sebesar 5%.

Najib (2014) melakukan kajian untuk mencari besarnya kuat tekan beton dengan penambahan potongan ban bekas sebagai pengganti sebagian dari agregat kasar pada beton. Benda uji berupa silinder berdiameter 15 x 30 cm dengan variasi penambahan ban sebesar 5% , 10%, dan 15% dari volume agregat kasar. Mutu beton rencana yaitu K-225 (18,68 MPa) dengan uji tekan pada umur 28 hari. Hasil pengujian untuk 5% ban menghasilkan 139,11 kg/cm², untuk 10% ban menghasilkan 109,55 kg/cm², dan untuk 15% ban menghasilkan 83,47 kg/cm². Untuk penurunan berat beton yaitu untuk 5% = 33,77% dari berat normal, untuk 10%=47,85% dari berat normal dan untuk 15% = 60,26 % dari berat normal.

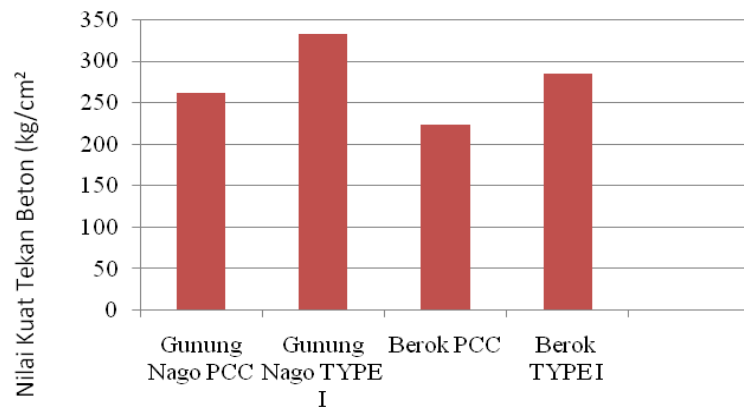
2.1.2 Pemeriksaan Agregat Halus

Resi dkk. (2017) melakukan penelitian untuk mengetahui kuat tekan beton dan mortar menggunakan pasir Kali Mas dibandingkan dengan pasir Takari. Benda uji beton yang dipakai berbentuk silinder 15 x 30 cm dengan mutu rencana 15 MPa dan 25 MPa dengan durasi *curing* 7, 14 dan 28 hari. Sedangkan mortar berbentuk kubus berukuran 5 x 5 x 5 cm dengan komposisi campuran 1Pcc : 2Psr, 1Pcc : 4Psr, 1Pcc : 6Psr dan 1Pcc : 8Psr dengan durasi *curing* 3,7, 21 dan 28 hari. Berdasarkan hasil pengujian kuat tekan beton dan mortar yang menggunakan pasir Kali Mas lebih besar dari pada menggunakan pasir Takari. Sebelum digunakan, dilakukan pemeriksaan terhadap bahan-bahan pembentuk mortar dan beton. Pemeriksaan terhadap semen adalah pemeriksaan berat volume semen dan pemeriksaan kehalusan semen secara visual. Pemeriksaan terhadap agregat halus meliputi pemeriksaan berat jenis dan penyerapan agregat, berat volume, analisa saringan, kadar air dan kadar lumpur. Pemeriksaan terhadap agregat kasar meliputi pemeriksaan berat jenis dan penyerapan agregat, berat volume, analisa saringan dan kadar air.

Tabel 2. 1. Rekapitulasi kuat tekan beton (*Resi dkk. 2017*)

Rencana (fc') MPa	Agregat Halus Pasir Kali Mas			Agregat Halus Pasir Takari		
	7 Hari	12 Hari	28 Hari	7 Hari	12 Hari	28 Hari
15	12,56	16,61	17,27	11,13	15,66	15,85
25	19,44	26,33	27,46	18,21	25,57	25,86

Virnando (2015), melakukan penelitian tentang pengaruh jenis semen dan agregat halus dari beberapa quarry terhadap kuat tekan neton normal. Dalam penelitian bahan utama yang digunakan dalam penelitian ini adalah agregat halus berupa pasir sungai, yang berasal dari *quarry* Gunung Nago dan Berok, serta semen Type I dan *Portland Composite Cement* (PCC) produksi PT. Semen Padang. Agregat kasar digunakan batu pecah (*split*) yang berasal dari PT. Jaya Sentrikon Indonesia (JSI) dan air yang digunakan adalah air dari sumur bor. Peralatan penelitian yang digunakan berupa seperangkat alat pengujian agregat, alat-alat pembuatan benda uji, alat pengujian *slump* berupa kerucut *abrams*, dan alat-alat pengujian kuat tekan beton *Universal Testing Machine* (UTM). Cetakan beda uji yang digunakan adalah kubus dengan ukuran 15 cm x 15 cm x 15 cm. Benda uji masing-masing dibuat 3 (tiga) sampel untuk setiap jenis campuran dan umur pengujian, sehingga digunakan sebanyak 36 buah kubus yang terdiri dari empat variasi yaitu campuran pasir Gunung Nago dengan semen Type I, pasir Gunung Nago dengan semen PCC, pasir Berok dengan semen type I, dan pasir Berok dengan semen PCC, dan seluruh variasi dibuat untuk umur 3 hari, 14 hari, dan 28 hari. Untuk mengetahui mutu beton yang dihasilkan dari pemakaian jenis semen dan jenis pasir, maka dilakukan kombinasi pencampuran dari jenis semen dan pasir untuk kuat tekan beton rencana 250 kg/cm^2 . Hasil penelitian menunjukkan bahwa pasir Gunung Nago memiliki kualitas yang lebih baik dari pasir Berok. Nilai kuat tekan beton rata-rata pada umur 28 hari dari campuran semen type I dengan pasir Gunung Nago lebih tinggi 14,23% dari pasir Berok, sedangkan dari campuran semen PCC dengan pasir Gunung Nago lebih tinggi 13,64% dari pasir Berok. Nilai kuat tekan beton rata-rata pada umur 28 hari dari campuran pasir Gunung Nago dengan semen Type I lebih tinggi 21,21% dari semen Type I lebih tinggi 21,78% dari semen PC



Gambar 2. 1 Diagram hubungan jenis pasir dan semen dengan kuat tekan beton umur 28 hari (*Virnando, 2015*)

Aditnya (2015) melakukan penelitian yang bertujuan untuk mengetahui pemakaian pasir gunung (ex Lubuk Alung) sebagai pengganti agregat halus pada adukan beton terhadap kuat tekan karakteristik beton normal yaitu K-225. Beton yang dihasilkan diuji pada umur 3, 7 hari, 14 hari, 21 hari dan 28 hari, yang masing-masing dibuat tiga buah benda uji berbentuk persegi dengan ukuran 150 x 150 x 150 mm. Dari hasil pengujian benda uji diperoleh bahawa campuran dengan kadar tanah terhadap pasir sebesar 2,5% , 5% dan 10% penurunan nilai kekuatan tekan beton berturut –turut sebesar 15,28% , 17,38% dan 19,94% terhadap kuat tekan beton standar. Dari hasil kuat tekan pada umur 28 hari dapat disimpulkan bahwa kadar penggunaan pasir gunung tidak boleh lebih dari 2,239 %. Berdasarkan hasil tersebut dapat diperoleh persentase kuat tekan beton normal umur 3, 7, 14,21 dan 28 terhadap kuat tekan beton umur 28 hari seperti yang tercantum pada tabel berikut.

Tabel 2. 2 Persentase nilai kuat tekan beton normal pada setiap umur pengujian (*Aditnya, 2015*).

Umur Pengujian	3 Hari	7 Hari	14 Hari	21 Hari	28 Hari
Kuat tekan beton (kg/cm ²)	73,83	119,896	148,923	156,207	215,381
Presentase nilai kuat tekan terhadap kuat beton umur 28 hari	37,300	60,574	75,239	78,919	100

2.1.3 Beton Dengan Variasi Agregat

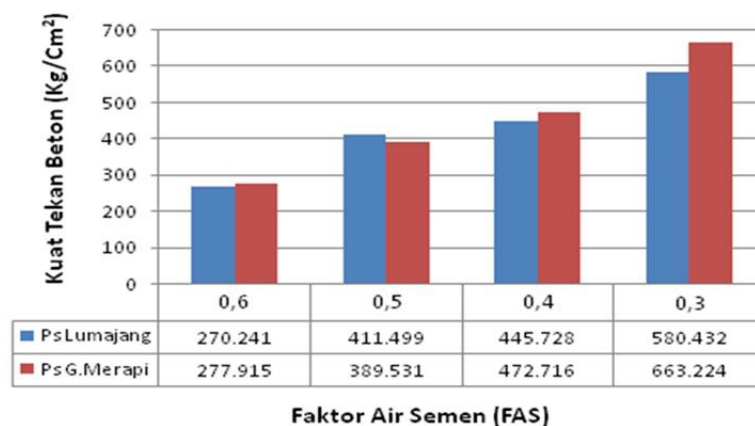
Penggunaan agregat di Sulawesi Utara sebagai beton normal telah dikaji oleh Polii dkk. (2015). Metode penelitian yang digunakan secara garis besar meliputi pemeriksaan bahan-bahan penyusun beton agregat halus dan agregat kasar, pemeriksaan kadar air dari agregat kasar dan agregat halus, pemeriksaan kadar lumpur dari agregat halus, pemeriksaan absorpsi dan berat jenis dari agregat kasar dan agregat halus, pemeriksaan berat volume agregat halus dan agregat kasar, pemeriksaan keausan dari agregat kasar, rancang campuran (*mix design*), pembuatan benda uji, dan analisis data hasil uji kuat tekan beton. Agregat kasar yang digunakan pada penelitian ini adalah kerikil sungai dan kerikil pecah. Sedangkan agregat halus, pasir ranoyapo, pasir Girian, pasir Sawangan dan pasir Klabat. Benda uji yang dibuat adalah silinder yang berukuran 100 / 200 mm. Perencanaan komposisi campuran memakai metode BSN (2000a), dan pengujian kuat tekan beton dilakukan pada umur beton 3, 7, 14 dan 28 hari. Berdasarkan hasil penelitian ini ternyata beton yang menggunakan kerikil pecah dan pasir klabatlah yang mendapatkan nilai kuat tekan tertinggi dari semua kombinasi agregat pada umur 28 hari yaitu sebesar 30,74 MPa. Hasil penelitian juga menunjukkan terjadi penurunan kuat tekan sebesar 3,33 MPa sampai 6,47 MPa akibat penggunaan kerikil sungai sebagai agregat kasar pada beton.

Tabel 2. 3 Hasil pemeriksaan kuat tekan rata-rata pada umur beton 28 hari untuk delapan variasi (Polli dkk. 2015).

Kerikil	Kuat Tekan Beton Rata-Rata (MPa)				Keausan Agregat Kasar (^{a/} _b)
	Pasir				
	Ranoyapo	Girian	Sawangan	Klabat	
Kerikil Alami (lelema)	24.52	23.95	23.53	24.60	39.36
Kerikil Buatan (Tateh)	27.85	30.42	27.84	30.74	32.94

Pertiwi dkk. (2011) menggunakan pasir Lumajang dan pasir Gunung Merapi untuk penelitiannya. Pasir gunung Merapi merupakan pasir dengan kualitas baik, dikarenakan partikelnya yang memiliki sudut. Pola partikel yang memiliki sudut itulah yang membuat ikatan pasir gunung merapi dengan semen menjadi lebih kuat. Berdasarkan hal tersebut penelitian ini mencoba untuk

melakukan perbandingan pasir lumajang dengan pasir gunung merapi terhadap kuat tekan beton. Metode pembuatan benda uji menggunakan beton silinder ($\varnothing 15$ cm, tinggi 30 cm) dengan kuat tekan rencana 30 Mpa, menggunakan variasi Faktor Air Semen (FAS) 0,6, 0,5, 0,4 dan 0,3 serta dicampurkan dengan Fly Ash 20%. Dari hasil penelitian didapatkan hasil pada FAS 0,6 kuat tekan beton untuk pasir Lumajang sebesar 273,964 dan pasir Gunung Merapi 270,094 ini semua tidak memenuhi kuat tekan rencana ,yang memenuhi kuat tekan beton rencana yakni pada FAS 0,5 pasir Lumajang mengalami peningkatan sebesar 27% yakni 411,499 kg/cm^2 , sedangkan pasir Gunung Merapi mengalami peningkatan sebesar 22,9% yakni 389,351 kg/cm^2 . Pada FAS 0,4 pasir Lumajang mengalami peningkatan sebesar 32,6% yakni 445,728 kg/cm^2 , sedangkan pasir Gunung Merapi mengalami peningkatan sebesar 36,5% yakni 472,716 kg/cm^2 . Pada FAS 0,3 pasir Lumajang mengalami peningkatan sebesar 48,3% yakni 580,432 kg/cm^2 , sedangkan Pasir Gunung Merapi mengalami peningkatan sebesar 54,7% yakni 663,224 kg/cm^2 .



Gambar 2. 2 Perbandingan konversi kuat tekan beton antara pasir lumajang dengan pasir gunung merapi pada umur 28 hari (*Pertiwi dkk., 2011*)

Mulyati dan Herman. (2015) membuat beton dengan pasir dan kerikil sungai dari beberapa quarry di Kota Padang. Perbandingan campuran beton yang umum digunakan untuk mutu sedang adalah 1 semen : 2 pasir : 3 kerikil (1:2:3), yang lazim digunakan masyarakat untuk pembangunan konstruksi beton di Kota Padang. Namun hal ini menimbulkan permasalahan, bahwa belum tentu semua jenis campuran dapat menghasilkan kuat tekan beton yang baik, karena kondisi material dasar penyusun beton akan mempengaruhi kuat tekan yang dihasilkan.

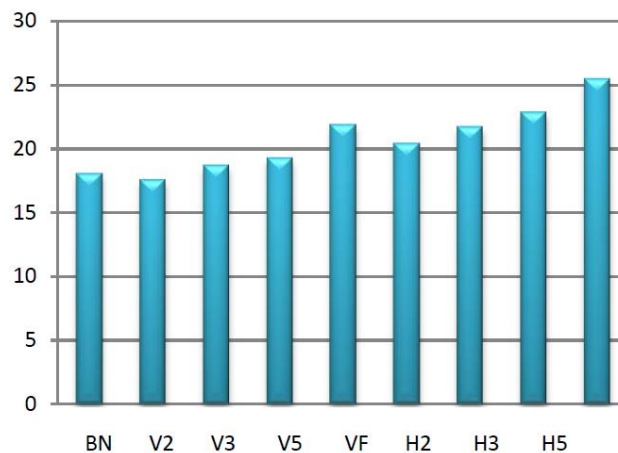
Permasalahan ini dapat diatasi dengan melakukan suatu variasi pemakaian agregat halus dan agregat kasar dari beberapa tempat penambangan. Pada penelitian ini, digunakan semen jenis Portland Composite Cement (PCC) produksi PT. Semen Padang, pasir dan kerikil sungai dari 3 (tiga) quarry di Kota Padang; yaitu Gunung Nago, Malfinas, dan Lubuk Minturun. Campuran adukan beton menggunakan perbandingan satu bagian semen, dua bagian pasir, dan tiga bagian kerikil (1:2:3), dengan rancangan dasar perlakuan rancangan Acak Lengkap. Hasil penelitian diperoleh bahwa nilai kuat tekan beton berkisar antara 131,97 kg/cm² – 238,2 kg/cm², dengan demikian dapat mencapai mutu beton K225 yang dapat digunakan pada pekerjaan pembangunan rumah tinggal, rumah toko, dan jalan rabat beton.

Tabel 2. 4 Kuat tekan beton pada campuran *portland composite cement*, pasir dan kerikil sungai dari beberapa *quarry* di kota padang (*Mulyati dan Herman, 2015*)

Semen	Pasir	Kerikil	Kuat tekan (kg/cm ²)
PCC	Gunung Nago	Gunung Nago	229,76 (K225)
PCC	Gunung Nago	Malfinas	35,16
PCC	Gunung Nago	LB. Minturun	216,89 (K175)
PCC	Malfinas	Gunung Nago	174,29
PCC	Malfinas	Malfinas	31,87
PCC	Malfinas	LB. Minturun	193,30 (K175)
PCC	LB. Minturun	Gunung Nago	238,20 (K225)
PCC	LB. Minturun	Malfinas	158,43
PCC	LB. Minturun	LB. Minturun	209,08 (K175)

Respati dan Achmad (2017), dalam penelitian beton normal menggunakan material lokal pasir Samboja di Kalimantan Timur. Penelitian ini bertujuan untuk mendapatkan kuat tekan beton material local pasir Samboja dengan perkuatan eksternal CFRP variasi tebal dan arah serat. Ada 3 kelompok benda uji dengan 6 variasi dan 27 benda uji yang digunakan dalam penelitian ini. Dari hasil pengujian diperoleh pengaruh tebal CFRP pada masing-masing arah serat terhadap kuat tekan beton normal berturut-turut adalah -2,57%, 3,71%, 6,86%, 13,14%, 20,48%,

26,76%, dan masing-masing untuk benda uji V2, V3, V5, H2, H3, dan H5. Untuk lebih jelas bisa dilihat pada gambar 2.3 dibawah ini.



Gambar 2. 3 Grafik nilai kuat tekan beton umur 28 hari

(Respati dan Achmad, (2017))

2.2 Landasan Teori

2.2.1 Pengertian Beton

Beton adalah salah satu bahan konstruksi bangunan yang sering dipakai di Indonesia. Selain murah, proses pengerjaannya juga mudah serta awet untuk penggunaan dalam jangka waktu yang lama. Menurut Mulyono (2004), “beton merupakan fungsi dari bahan penyusunnya yang terdiri dari bahan semen hidrolis (*portland cement*), agregat kasar, agregat halus, air, dan bahan tambah”. Saat ini banyak inovasi yang telah dibuat pada beton guna memperoleh beton bermutu tinggi tetapi bisa dibuat dengan biaya yang minim.

Menurut BSN (2002a), beton adalah campuran antara semen *Portland* atau semen hidraulik yang lain, agregat halus, agregat kasar dan air, dengan atau tanpa bahan tambahan yang membentuk masa padat. pasir alam sebagai hasil disintegrasi 'alami' batuan atau pasir yang dihasilkan oleh industri pemecah batu dan mempunyai ukuran butir terbesar 5,0 mm, sedangkan kerikil sebagai hasil disintegrasi batuan atau berupa batu pecah yang diperoleh dari industri pemecah batu dan mempunyai ukuran butir antara 5 mm sampai 40 mm.

Kuat tekan beton merupakan parameter utama yang harus diketahui dan dapat memberikan gambaran tentang hampir semua sifat-sifat mekanisnya yang

lain dari beton. Faktor-faktor yang mempengaruhi kekuatan beton adalah sebagai berikut ini.

- a) Nilai faktor air semen. Jika terlalu banyak air yang digunakan, maka kuat tekan beton yang dihasilkan akan menurun.
- b) Rasio agregat dan semen.
- c) Umur beton. Semakin bertambah umur beton, maka semakin besar kuat tekan yang dihasilkan.
- d) Perawatan beton (*curing*).
- e) Jenis semen.
- f) Penggunaan jumlah semen.
- g) Kualitas agregat.

2.2.2 Bahan Penyusun Beton

Bahan penyusun beton terdiri dari semen, agregat halus (pasir), agregat kasar (kerikil), dan air

1. Semen

Semen adalah bahan perekat yang memiliki sifat mampu mengikat bahan-bahan padat menjadi satu kesatuan yang kompak dan kuat. Semen sendiri dapat dibedakan menjadi dua jenis, yaitu semen non hidrolis dan semen hidrolis.

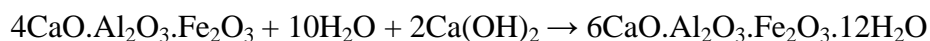
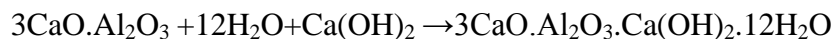
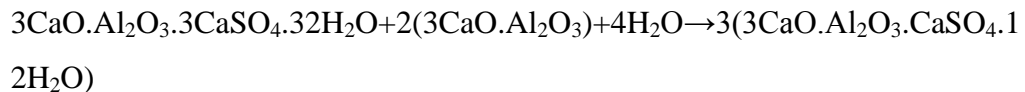
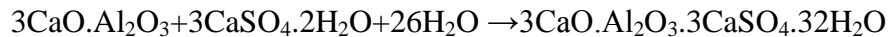
Semen non hidrolis adalah semen yang tidak dapat mengeras dengan air, akan tetapi perlu udara untuk dapat mengeras, contoh utama dari jenis semen non-hidrolis adalah kapur. Sedangkan untuk semen hidrolis mempunyai kemampuan untuk mengikat dan mengeras didalam air, semen hidrolis antara lain meliputi, tetapi tidak terbatas pada bahan-bahan sebagai berikut : Kapur hidrolis, semen teras, semen terak, semen alam, semen portland.

Berdasarkan BSN (2004), semen *Portland* adalah semen hidrolis yang dihasilkan dengan cara menggiling terak semen, 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. Semen *Portland* dibagi menjadi

5 (lima jenis) berdasarkan jenis dan penggunaannya, antara lain sebagai berikut ini.

- a. Jenis I yaitu semen *portland* untuk penggunaan umum yang tidak memerlukan persyaratan-persyaratan khusus seperti yang disyaratkan pada jenis-jenis lain.
- b. Jenis II yaitu semen *portland* yang dalam penggunaannya memerlukan ketahanan terhadap sulfat atau kalor hidrasi sedang.
- c. Jenis III semen *portland* yang dalam penggunaannya memerlukan kekuatan tinggi pada tahap permulaan setelah pengikatan terjadi.
- d. Jenis IV yaitu semen *portland* yang dalam penggunaannya memerlukan kalor hidrasi rendah.
- e. Jenis V yaitu semen *portland* yang dalam penggunaannya memerlukan ketahanan tinggi terhadap sulfat.

Proses hidrasi yang terjadi pada semen *portland* dapat dinyatakan dalam persamaan kimia sebagai berikut :



Pada reaksi hidrasi semen, C_3S dan C_2S bereaksi dengan air membentuk Trikalsium silikat hidrat yang di sebut dengan gel tobermorite atau gel kalsium silikat hidrat (CSH *gel*) dan $\text{Ca}(\text{OH})_2$. Reaksi hidrasi C_3A dengan adanya kalsium sulfat membentuk kalsium trisulfoaluminat hidrat (disebut dengan Aft atau *ettringite*), atau kalsium monosulfoaluminat hidrat (disebut dengan AFm atau *monosulfate*). Tanpa adanya kalsium sulfat, C_3A bereaksi dengan air dan kalsium hidrosida membentuk tetrakalsium aluminat hidrat dan C_4AF bereaksi dengan air membentuk kalsium aluminoferrit hidrat.

a. Semen Holcim

Sebagai bagian dari Lafarge Holcim Group yang beroperasi di lebih dari 90 negara di seluruh dunia dengan pengalaman lebih dari 180 tahun, Holcim Indonesia memiliki komitmen untuk menjadi perusahaan yang terdepan dengan kinerja terbaik dalam industri bahan bangunan di Indonesia. Holcim Indonesia melangkah untuk memenuhi kebutuhan pembangunan di Indonesia dengan kapasitas produksi 15 juta ton semen per tahun.

Kehadiran Holcim di Indonesia ditandai dengan beroperasinya empat pabrik di Lhoknga–Aceh, Narogong–Jawa Barat, Cilacap–Jawa Tengah dan Tuban–Jawa Timur. Kegiatan produksi Holcim juga ditunjang dengan adanya fasilitas penggilingan & terminal distribusi yang tersebar hingga ke Kalimantan dan Sumatra, serta sistem manajemen penjualan yang prima dan inovasi produk yang selalu dapat menjadi solusi kebutuhan.

2. Agregat

Agregat adalah butiran mineral yang berfungsi sebagai bahan pengisi dalam campuran beton. Agregat sendiri menempati 70% volume beton. Dari ukuran butiran agregat dibedakan menjadi dua yaitu ukuran butir besar atau disebut agregat kasar dan ukuran butir kecil atau disebut agregat halus (Tjokrodinuljo, 2010). Berikut adalah persyaratan untuk agregat halus dan agregat kasar sebagai bahan bangunan.

a. Agregat Halus

Agregat halus adalah agregat dengan besar butir maksimum 4,75 mm. Agregat halus juga disebut dengan pasir. Adapun syarat-syarat halus yang baik digunakan untuk bahan campuran beton, antara lain sebagai berikut :

- 1) agregat halus tidak boleh mengandung kadar lumpur lebih dari 5%,
- 2) agregat halus tidak mengandung zat organik terlalu banyak, yang dibuktikan dengan percobaan warna dengan larutan 3% NaOH, yaitu warna cairan diatas endapan tidak boleh gelap dari warna standar atau pembanding,
- 3) agregat halus memiliki modulus butir halus antara 1,50-3,80,
- 4) agregat halus tidak boleh reaktif terhadap alkali,

b. Kekekalan jika diuji dengan natrium sulfat bagian yang hancur maksimum 10% dan jika di pakai magnesium sulfat bagian yang hancur maksimum 10%.

c. Agregat Kasar

Agregat kasar adalah agregat dengan besar butir lebih dari 4,75 mm. Agregat kasar juga disebut kerikil, batu pecah, ataupun *split*. Adapun syarat-syarat halus yang baik digunakan untuk bahan campuran beton antara lain, sebagai berikut :

- 1) agregat kasar tidak boleh mengandung kadar lumpur maksimum 1%,
- 2) agregat kasar tidak boleh mengandung zat-zat yang reaktif terhadap alkali,
- 3) agregat kasar memiliki ukuran butir maksimum tidak boleh melebihi dari $\frac{1}{5}$ jarak terkecil antara bidang-bidang samping cetakan, $\frac{1}{3}$ tebal pelat beton, $\frac{3}{4}$ jarak bersih antar tulangan atau berkas tulangan,
- 4) agregat kasar tidak mengandung butiran yang panjang dan pipih lebih dari 20%,
- 5) agregat kasar memiliki kekekalan maksimum 12% bagian yang hancur jika diuji dengan natrium sulfat dan jika diuji dengan magnesium sulfat bagian yang hancur maksimum 18%.

d. Pemeriksaan Sifat Agregat

Pada pengujian ini dilakukan pemeriksaan sifat agregat yang bertujuan mengetahui sifat atau karakteristik agregat yang diperoleh. Pengujian yang dilakukan adalah sebagai berikut.

1) Analisis gradasi butiran

Gradasi agregat adalah distribusi ukuran butir dari suatu agregat. Bila butir-butir agregat mempunyai ukuran butir yang sama (seragam) maka volume porinya besar dan kemampatannya rendah. Sebaliknya, apabila ukuran butirnya bervariasi maka volume porinya rendah dan kemampatannya tinggi. Sehingga, hal tersebut perlu diadakan pemeriksaan gradasi agregat dalam pembuatan beton. Pasir dikelompokkan berdasarkan gradasi kekasaran butirannya menjadi beberapa daerah seperti Tabel 2.5 berikut.

Tabel 2. 5 Gradasi kekasaran pasir (*Mulyono, 2004*)

Lubang (mm)	% Berat Butir Lolos Saringan			
	Daerah 1	Daerah 2	Daerah 3	Daerah 4
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	70-79	80-100
0,3	5-20	8-30	12-40	15-50
0,15	0-10	0-10	0-10	0-15

dengan :

Daerah gradasi 1 = Pasir kasar

Daerah gradasi 2 = Pasir agak kasar

Daerah gradasi 3 = Pasir agak halus

Daerah gradasi 4 = Pasir halus

Modulus halus butir adalah suatu indeks yang dipakai untuk menjadi ukuran kehalusan atau kekasaran butir-butir agregat. Semakin besar nilai modulus halus menunjukkan bahwa makin besar butir-butir agregatnya. Secara matematis nilai modulus halus butir dan modulus butir campuran dapat dinyatakan sebagai berikut.

$$MHB = \frac{\Sigma \% \text{ berat tertahan kumulatif}}{\Sigma \% \text{ berat tertahan}}$$

$$W = \frac{K-C}{C-P} \times 100\% \dots \dots \dots (2.1)$$

dengan :

MHB = modulus halus butir

W = persentase berat agregat halus terhadap berat agregat kasar

K = modulus halus butir agregat kasar

P = modulus halus butir agregat halus

C = modulus halus butir agregat campuran

2) Berat jenis dan penyerapan air

Berat jenis adalah perbandingan berat tersebut terhadap volume benda itu sendiri. Sedangkan penyerapan berarti tingkat atau kemampuan

untuk menyerap air. Nilai yang disarankan untuk berat jenis lebih dari 2,50 dan penyerapan kurang dari 3%. Berat jenis agregat dikelompokkan berdasarkan klasifikasi seperti Tabel 2.6 berikut.

Tabel 2. 6 Klasifikasi berat jenis agregat (Tjokrodimuljo,2010)

Agregat Halus (Pasir)	Agregat kasar (Kerikil)
Ringan (<2,0)	Ringan (<2,0)
Normal (2,5-2,7)	Normal (2,5-2,7)
Berat(>2,8)	Berat(>2,8)

Secara matematis nilai berat jenis dapat dinyatakan dalam persamaan berikut ini.

$$B_j = \frac{w_b}{w_a} \dots\dots\dots(2.2)$$

dengan :

B_j = berat jenis

W_a = berat air dengan volume air sama dengan volume butir agregat (gram)

W_b = berat butir agregat (gram)

3) Pengujian Kadar Air

Kadar air agregat adalah perbandingan antara berat air yang tergantung dalam agregat dengan agregat dalam keadaan kering. Jumlah air yang terkandung di dalam agregat perlu diketahui, karena akan mempengaruhi jumlah air yang diperlukan didalam campuran beton. Agregat yang banyak mengandung air, akan membuat FAS yang ada didalam campuran beton semakin banyak. Kadar air dapat dihitung dengan persamaan berikut.

$$KA = \frac{w_1 - w_2}{w_2} \dots\dots\dots(2. 3)$$

dengan : KA = kadar air (%)

W₁ = berat basah (gram)

W₂ = berat kering oven (gram)

4) Pengujian Berat Satuan

Berat satuan agregat adalah rasio antara berat agregat dan isi/volume. Berat isi agregat diperlukan dalam perhitungan bahan campuran beton. Perhitungan berat satuan dapat dihitung dengan persamaan berikut.

$$B_{sat} = \frac{W_b}{V_t} \dots \dots \dots (2.4)$$

dengan :

B_{sat} = berat satuan (kg/cm^3)

W_b = berat butir-butir agregat dalam bejana (kg)

$V_t = V_b + V_p$

V_t = volume total bejana (m^3)

V_b = volume butiran agregat dalam bejana (m^3)

V_p = Volume pori terbuka antar butir-butir agregat dalam bejana

5) Pemeriksaan kadar lumpur

Lumpur adalah gumpalan atau lapisan yang menutupi permukaan agregat dan lolos ayakan No.200. Kandungan lumpur pada permukaan butiran agregat akan mempengaruhi kekuatan ikatan antara pasta semen dan agregat sehingga mengurangi kekuatan dan ketahanan beton. Klasifikasi kadar lumpur agregat halus dan kasar dapat dilihat pada Tabel 2.7 berikut.

Tabel 2.7 Klasifikasi kadar lumpur pada agregat (BSN, 1989)

Agregat Halus (Pasir)	Agregat kasar (Kerikil)
Bersih (0%-3%)	
Sedang (3%-5%)	Bersih (<1%)
Kotor (5%-7%)	

6) Pengujian keausan

Pemeriksaan keausan agregat adalah untuk mengetahui angka keausan suatu agregat, yang dinyatakan dengan perbandingan antara berat bahan yang aus lolos saringan No. 12 terhadap berat mula-mula dalam persen (%) dan juga sebagai acuan untuk menentukan ketahanan agregat

kasar terhadap keausan dengan menggunakan mesin abrasi Los Angeles. Persyaratan untuk kekuatan agregat normal dapat dilihat pada Tabel 2.8 sebagai berikut.

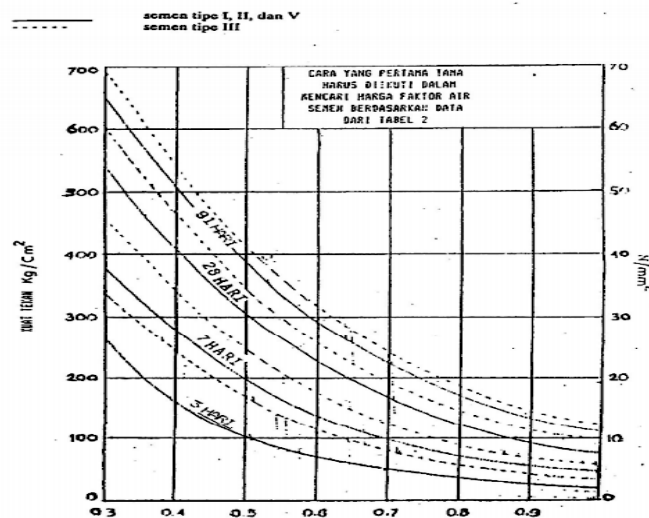
Tabel 2. 8 Persyaratan kekuatan agregat kasar untuk beton normal (*Tjokrodimuljo, 2010*)

Kelas dan Mutu Beton	Bejana Rudeloff maksimum bagian yang hancur, menembus ayakan 2mm (%)		Mesin Los Angeles maksimum bagian yang hancur, menembus ayakan 1,7 mm (%)
	Ukuran butir 19-30 (mm)	Ukuran butir 9,5-19 (mm)	
Kelas I mutu B0 dan B1	30	32	50
Kelas II mutu K-125 ($F_c' = 10$ MPa) sampai ($F_c' = 20$ MPa)	22	24	40
Kelas III mutu di atas K-225 ($F_c' = 20$ MPa)	14	16	27

3. Air

Air merupakan salah satu bahan dasar dalam pembuatan beton yang memiliki harga paling murah diantara bahan yang lain. Penggunaan air digunakan untuk mereaksikan semen sehingga menghasilkan pasta semen yang berfungsi untuk mengikat agregat. Selain itu, fungsi air untuk membasahi agregat dan memberi kemudahan dalam pengerjaan. Menurut Mulyono (2004), penggunaan air juga sangat berpengaruh pada kuat tekan beton. Penggunaan fas yang terlalu tinggi mengakibatkan bertambahnya kebutuhan air sehingga mengakibatkan pada saat kering beton mengandung banyak pori yang nantinya berdampak pada kuat tekan beton yang rendah.

Seperti pada Gambar 2.4 dapat dijelaskan bahwa penggunaan fas yang terlalu tinggi menurunkan kuat tekan beton, sebaliknya penggunaan fas yang rendah justru meningkatkan kuat tekan beton namun kemudahan pekejaan akan semakin sulit sehingga dibutuhkan bahan tambah kimia.



Gambar 2. 4 Hubungan faktor air semen dengan kuat tekan (Mulyono, 2004)

2.2.3 Perancangan Campuran Beton Normal

Perancangan campuran beton (*Concrete mixed design*) dimaksudkan untuk mengetahui komposisi atau proporsi bahan-bahan penyusun beton. Pada dasarnya perancangan campuran dimaksudkan untuk menghasilkan suatu proporsi campuran bahan yang optimal dengan kekuatan yang maksimum. Pengertian optimal adalah penggunaan bahan yang minimum dengan tetap mempertimbangkan kriteria standar ekonomis dilihat dari biaya keseluruhan untuk membuat struktur beton tersebut (Mulyono, 2004). Hal-hal yang perlu diperhatikan dalam perancangan beton adalah kuat tekan yang direncanakan pada umur 28 hari, sifat mudah dikerjakan (*workability*), sifat awet, dan ekonomis.

Dalam perancangan campuran beton (*Concrete mixed design*) konvensional menggunakan SNI 03-2834-2002 (BSN, 2002a). Langkah-langkah pokok perancangan campuran beton (*Concrete mixed design*) menurut standar ini ialah :

1. Menghitung nilai deviasi standar (S),
2. Menghitung nilai tambah atau margin (m),
3. Menetapkan kuat tekan beton yang disyaratkan ($f'c$) pada umur tertentu,
4. Menetapkan kuat tekan rata-rata (fcr),
5. Menetapkan jenis semen portland,
6. Menetapkan jenis agregat,

7. Menetapkan nilai faktor air semen,
8. Menetapkan nilai *slump*,
9. Menetapkan besar butir agregat maksimum,
10. Menetapkan air yang diperlukan per meter kubik beton,
11. Menghitung berat semen yang diperlukan,
12. Menetapkan jenis agregat halus,
13. Menetapkan proporsi berat agregat halus terhadap agregat campuran,
14. Menghitung berat jenis campuran,
15. Memperkirakan berat beton,
16. Menghitung kebutuhan berat agregat campuran,
17. Menghitung berat agregat halus yang diperlukan, berdasarkan hasil langkah 13 dan 16
18. Menghitung berat agregat kasar yang diperlukan, berdasarkan hasil langkah 13-16.

2.2.4 Karakteristik Beton

Karakteristik beton sendiri akan mempengaruhi besarnya kuat tekan yang akan dihasilkan. Di dalam penelitian ini, pengujian karakteristik beton meliputi penyerapan dan kuat tekan.

1. Penyerapan

Penyerapan air pada beton merupakan salah satu pengaruh dalam menghasilkan kuat tekan beton yang baik. Semakin banyak penyerapan yang dihasilkan, maka kuat tekan beton yang dihasilkan akan menurun. Penyerapan dapat dihitung dengan Persamaan 2.5 berikut.

$$P_A = \frac{B_b - B_a}{B_a} \times 100 \dots\dots\dots(2.5)$$

dengan:

P_A = Penyerapan air (%)

B_a = Berat awal beton (kg)

B_b = Berat setelah perendaman (kg)

2. Kuat Tekan

Beton dengan kinerja baik dapat dilihat dari kuat tekan yang dihasilkan. Semakin tinggi kuat tekan yang dihasilkan, maka beton tersebut memiliki mutu beton yang baik. Faktor yang mempengaruhi kekuatan beton adalah proporsi campuran, pengadukan pada saat pembuatan, pembuatan, pemadatan dan perawatan beton itu sendiri. Kuat tekan silinder beton dapat dihitung dengan Persamaan 2.6 berikut.

$$f_c' = \frac{P}{A} \dots\dots\dots(2.6)$$

dengan :

f_c' = kuat tekan silinder beton (MPa)

P = Beban tekan maksimum (N)

A = luas bidang tekan (mm^2)

2.2.5 Pasir Gunung Gamalam

Pasir merupakan salah satu bahan campuran pada beton. Pasir dapat diperoleh dari dalam tanah, pada dasar sungai maupun dari laut. Adapun pasir yang terdapat di daerah Ternate berasal dari Gunung Gamalama. Pasir Gunung Gamalama Ternate memang sudah tidak asing lagi dalam dunia konstruksi khususnya di daerah Maluku Utara maupun Ternate. Pasir Gunung Gamalama merupakan pasir yang terdapat di lereng Gunung Gamalama dan di sepanjang sungai-sungai (kali) yang berhulu di lereng Gunung Gamalama. Pasir ini berasal hasil dari aktifitas erupsi Gunung Gamalama yang terjadi beberapa tahun lalu. Pasir vulkanik sisa erupsi Gunung Gamalama memiliki nilai ekonomi yang tinggi. Pasir vulkanik Gamalama merupakan pasir yang memiliki kualitas bagus. Kandungan silika pada pasir tersebut dapat dijadikan sebagai bahan adsorben khususnya untuk penjernihan air serta dapat digunakan sebagai pasir beton.