

BAB II

LANDASAN TEORI

2.1 Tinjauan Pustaka

Konstruksi lantai dermaga merupakan suatu lapisan yang pertama menerima beban saat melakukan aktivitas bongkar muat sebelum diteruskan ke struktur bawah dermaga yaitu pondasi. Karakteristik perkerasan kaku (*rigid pavement*) dibutuhkan dalam lapisan ini sehingga dapat memberi kenyamanan bagi penggunaannya.

Adapun penelitian tentang beton dengan menggunakan batu karang sebagai pengganti agregat kasar menghasilkan nilai varian paling tinggi untuk uji kuat tekan sebesar 263,561 kg/cm² dari agregat batu karang sebesar 25% dari beton normal sebesar 302,555 kg/cm². Jumlah variasi dengan kelipatan 25% berturut - turut yaitu variasi 50% sebesar 238,346 kg/cm² menurun 21,22%, variasi 75% sebesar 228,495 kg/cm² menurun 24,48%, variasi 100% sebesar 218,791 kg/cm² menurun 27,68%. (Rizali, Muhammad Rif'at and Afrizal, Yuzuar and Elhusna, Elhusna, 2017)

Untuk penambahan *fly ash* pada kuat tekan beton normal meningkat berturut – turut untuk variasi 0%, 10%, 15%, 20% sebesar 39,51 Mpa; 45,96 Mpa; 52,44 Mpa; 55,95 Mpa dan mengalami penurunan pada variasi 25% sebesar 50,04 Mpa. (Ariyana N. dan Laia P.)

Untuk mendapatkan kuat desak beton mutu tinggi dan untuk mengetahui sejauh mana pengaruh penggantian abu terbang dan penambahan *superplasticizer* terhadap mutu kuat desak beton. Komposisi campuran *superplasticizer* yang digunakan dalam penelitian ini adalah 0,6% untuk semua variasi dan penggantian abu terbang sebanyak 0%, 20%, 25%, 30% dan 35% dari berat semen. Dari penelitian diperoleh bahwa kuat desak beton yang tertinggi terdapat pada campuran beton penggantian *fly ash* 20% yaitu sebesar 59,095 MPa dan kuat desak beton yang terendah terdapat pada campuran beton penggantian *fly ash* 30% yaitu sebesar 42,927 MPa. Bahwa dengan penggantian 20% *fly ash* mempunyai kuat desak lebih tinggi dibandingkan

dengan beton variasi campuran *fly ash* lainnya. (Fandhi Hernando, Universitas Islam Indonesia, Yogyakarta)

Pada penelitian untuk mengetahui pengaruh bahan tambah Superplasticizer manakah yang memiliki kuat tekan beton yang paling tinggi dengan variasi pengujian dengan kadar 1%, 1,5%, dan 2% pada umur 3 hari, 7 hari, dan 28 hari. Perancangan pencampuran beton normal ini mengacu pada SNI 03-2834-2002 dan benda uji yang dibuat untuk penelitian ini menggunakan cetakan silinder dengan diameter 15 cm dan tinggi 30 cm. Hasil penelitian nilai kuat tekan beton pada umur 3 hari, 7 hari dan 28 hari ini berturut-turut untuk kadar Superplasticizer 1% adalah 47,85 MPa, 67,43 MPa, 71,01 MPa, untuk kadar Superplasticizer 1,5% adalah 36,63 MPa, 53,06 MPa, 76,74 MPa, dan untuk kadar Superplasticizer 2% adalah 27,66 MPa, 50,66 MPa, 59,54 MPa. Dalam penelitian kuat tekan beton dengan bahan tambah Superplasticizer didapatkan kuat tekan yang baik dengan kadar 1% dan 1,5%. (Syafri Jafar, UMY, 2017)

Maka dengan landasan penelitian yang sudah diperoleh di atas, penulis akan meneliti tentang perbandingan material batu karang, *superplasticizer* dan *fly ash*. Dengan pemakaian variasi batu karang sebesar 0%, 5%, 10%, 15%, 20% dari berat kerikil, *fly ash* 20% dari berat semen, dan *superplasticizer* sebesar 1,5% dari kebutuhan air yang dipakai. Adapun yang ditinjau tentang perbandingan kuat tekan, nilai *slump test*, dan *absorpsi* beton.

2.2 Landasan Teori

2.2.1 Beton

Beton adalah bahan gabungan terdiri dari agregat kasar dan halus yang dicampur dengan air dan semen sebagai pengikat serta pengisi antara agregat kasar dan halus, seringkali ditambahkan *admixture* atau *additive* bila diperlukan. (Ida Bagus Dhama Giri, I Ketut Sudarsana, No Made Tutarani : 2008).

Beton merupakan salah satu bahan gabungan dari suatu material-material pembentuknya. Bahan pembentuk beton secara garis besar dibagi menjadi dua macam yaitu bahan dasar dan bahan tambah. Bahan dasar

pembentuk beton adalah semen yang diperlukan sebagai bahan pengikat, agregat halus dapat berupa pasir alam atau berupa abu batu sebagai hasil sampingan dari batu pecah dan agregat kasar dapat berupa batu yang ukurannya bervariasi sesuai dengan standar atau berupa batu pecah (*split*) serta air yang apabila dicampur dengan semen akan mengalami ikatan dan pengerasan dengan diikuti pelepasan panas. Sedangkan bahan tambah (*admixture*) yang dicampur pada saat pembuatan adukan beton untuk mencapai tujuan tertentu.

Salah satu keunggulan dari beton yaitu mempunyai nilai kuat tekan yang besar dan berlaku pada saat kondisi adonan beton sudah mengeras. Pada saat pencampuran bahan-bahan dasar sering disebut sebagai beton segar. Kemudian beton segar tersebut akan mengalami proses pengikatan hingga beton menjadi keras yang sering disebut sebagai *hardened concrete*. Sedangkan pada pekerjaan dan material beton kita sering mengenal istilah beton normal (*plain concrete*). Beton normal adalah beton yang hanya menggunakan bahan dasar agregat, semen dan air. Sedangkan beton yang menggunakan *admixture* dan bahan tambah diberi nama yang lebih spesifik sesuai dengan spesifikasinya, misalkan beton mutu tinggi, beton serat dan lain sebagainya.

2.2.1.1 Kelebihan dan Kekurangan Beton

a. Kelebihan beton antara lain :

- Mudah dibentuk sesuai kebutuhan konstruksi.
- Bahan dasar yang dipakai mudah didapat.
- Mempunyai kuat tekan yang sangat tinggi.
- Mampu memikul beban yang berat.
- Tahan terhadap temperatur tinggi.
- Minim biaya pemeliharaan.

b. Kekurangan beton antara lain :

- Beton yang sudah dicetak dan mengeras hampir tidak bisa diubah.
- Tidak dapat menyerap bunyi.

- Mempunyai kuat tarik yang rendah sehingga mudah retak.
- Pelaksanaan pekerjaan membutuhkan ketelitian tinggi.
- Mempunyai bobot yang berat.
- Panas saat proses hidrasi sangat tinggi dapat menimbulkan retak.

2.2.1.2 Karakteristik Beton

Beton adalah material konstruksi yang kuat, yang dihasilkan dengan mencampur bahan dasar semen, agregat kasar, agregat halus dan air serta juga dapat menambahkannya dengan bahan tambah (*admixture*). Beton terkenal dengan kuat tekannya, keawetan dan kemudahan dalam pengerjaannya serta dapat dibentuk sesuai dengan kebutuhan konstruksi.

Beton memiliki sifat-sifat tertentu yaitu :

- a. Sifat dalam keadaan beton antara lain :
 - Kelecakan beton (*workability*)
- b. Sifat dalam keadaan beton keras antara lain :
 - Kekuatan
 - Modulus elastisitas
 - Penyusutan
 - Sifat fisik (keawetan, kedap air, tidak mudah terkikis)
 - Waktu ikat
 - Ketahanan terhadap lingkungan dan cuaca (*durability*)

Dalam prakteknya, kita tidak membutuhkan semua sifat dari beton bernilai maksimal. Semua tergantung dari fungsi beton itu sendiri, bangunan dan korelasinya terhadap biaya. Karena itu sifat-sifat yang dimiliki beton inilah yang merupakan hal-hal yang membuat beton masih menjadi material yang paling sering digunakan dalam pekerjaan konstruksi.

2.2.1.3 Kelecakan (*workability*)

Kelecekan atau *workability* digunakan untuk menggambarkan kemudahan beton untuk dapat dikerjakan dalam hal pembentukan, pemadatan dan transportasi.

Ada beberapa hal yang mempengaruhi nilai kelecekan yaitu :

a. Kompakbilitas

Kemudahan beton untuk dapat dipadatkan sehingga rongga-rongga udara dapat dihilangkan.

b. Stabilitas

Kemampuan beton untuk tetap stabil agar material dalam beton tidak terjadi segregasi.

c. Mobilitas

Kemudahan beton dalam mengalir ke dalam cetakan disekitar tulangan.

Pengetesan yang dilakukan dalam mengukur kelecekan antara lain *slump test* dan *compacting test*. Namun yang paling sering digunakan adalah *slump test*.

2.2.1.4 Material Penyusun beton

Berikut ini bahan-bahan penyusun yang digunakan untuk membuat beton:

1. Semen

Semen *portland* atau biasa disebut semen adalah bahan pengikat hidrolis berupa bubuk halus yang dihasilkan dengan cara menghaluskan klinker (bahan yang berupa silikat-silikat kalsium yang bersifat hidrolis), dengan batu gips sebagai bahan tambahan. Bahan baku pembuat semen adalah bahan-bahan yang mengandung kapur, silikat, alumina, oksida, besi dan oksida lainnya. Jika bubuk halus tersebut dicampur dengan air, dalam beberapa waktu dapat menjadi keras. Campuran semen dengan air tersebut dinamakan pasta semen.

Semen *portland* memiliki beberapa sifat yang diantaranya dijelaskan sebagai berikut :

a. Kehalusan butir

Pada umumnya semen mempunyai kehalusan sekitar 80% butirannya lolos saringan 44 mikron. Makin halus butiran semen makin cepat persenyawaannya. Makin halus butirannya, maka luas permukaan butir untuk suatu jumlah berat semen akan menjadi lebih besar. Makin besar luasannya makin banyak air yang dibutuhkan bagi persenyawaannya.

b. Berat jenis

Berat jenis dari bubuk semen pada umumnya berkisar antara $3,1 \text{ ton/m}^3$ – $3,3 \text{ ton/m}^3$. Berat jenis semen perlu untuk diketahui karena semen *portland* tidak sempurna pembakarannya dan dicampur dengan bubuk batuan lain, sehingga berat jenisnya akan terlihat lebih rendah dibanding angka tersebut, maka untuk itu biasanya dipakai angka $3,15 \text{ ton/m}^3$.

c. Kekekalan bentuk

Kekekalan bentuk adalah sifat dari pasta semen yang telah mengeras, dimana bila adukan semen dibuat suatu bentuk tertentu, bentuk itu tidak berubah. Apabila semen yang mengeras menunjukkan adanya cacat (retak, melengkung, membesar, atau menyusut), berarti semen tersebut tidak baik karena tidak mempunyai sifat bentuk tetap.

d. Kekuatan semen

Kekuatan semen dari semen yang mengeras merupakan sifat yang perlu diketahui di dalam pemakaian. Kekuatan semen ini merupakan gambaran mengenai daya rekatnya sebagai bahan perekat (pengikat). Pada umumnya pengukuran kekuatan daya rekat ini dilakukan dengan melakukan pengujian kuat tekan, kuat tarik atau kuat lentur.

e. Pengaruh suhu

Proses pengerasan semen sangat dipengaruhi oleh suhu udara disekitarnya. Pada suhu kurang dari 15°C , pengerasan semen akan berjalan sangat lambat. Semakin tinggi suhu udara disekitarnya, maka semakin cepat pula semen mengeras.

f. Waktu pengikatan

Waktu ikat adalah waktu yang diperlukan semen untuk mengeras, terhitung dari mulai bereaksi dengan air dan menjadi pasta semen hingga pasta semen menjadi kaku untuk menahan tekan.

Sesuai dengan kebutuhan konstruksi beton, adukan mortar tentang semen portland dan semen campuran, mengacu pada Standar Nasional Indonesia 15-2049-2004 (Semen *Portland*).

Berdasarkan jenis dan fungsinya, terdapat 5 tipe semen yang berbeda diantaranya yaitu :

a. Jenis semen portland tipe I

Jenis ini biasa digunakan untuk konstruksi bangunan umum yang tidak memerlukan persyaratan khusus untuk hidrasi panas dan kekuatan tekan awal. Karakteristik semen portland tipe I ini cocok digunakan di lokasi pembangunan di kawasan yang jauh dari pantai dan memiliki kadar sulfat rendah.

b. Semen portland tipe II

Kegunaan semen portland tipe II pada umumnya sebagai material bangunan yang letaknya dipinggir laut, tanah rawa, dermaga, saluran irigasi, dan bendungan. Karakteristik semen portland tipe II yaitu tahan terhadap asam sulfat antara 0,10 hingga 0,20 persen dan hidrasi panas yang bersifat sedang.

c. Semen portland tipe III

Kegunaan semen portland tipe III memenuhi syarat konstruksi bangunan dengan persyaratan khusus, diantaranya adalah memiliki daya tekan awal yang tinggi pada permulaan setelah proses pengikatan terjadi, kemudian segera dilakukan penyelesaian secepatnya.

d. Semen portland tipe IV

Karakteristik semen portland IV adalah jenis semen yang dalam penggunaannya membutuhkan panas hidrasi rendah. Jenis semen ini diminimalkan pada fase pengerasan sehingga tidak terjadi keretakan. Kegunaan portland tipe IV digunakan untuk dam hingga lapangan udara.

e. Semen portland tipe V

Jenis semen ini digunakan untuk konstruksi bangunan yang membutuhkan daya tahan tinggi terhadap kadar asam sulfat tingkat tinggi lebih dari 0,20 persen. Kegunaan semen portland tipe V dirancang

untuk memenuhi kebutuhan di wilayah dengan kadar asam sulfat tinggi seperti misalnya rawa-rawa, air laut atau pantai, serta kawasan tambang.

2. Air

Dalam pembuatan beton, air merupakan faktor yang sangat penting karena air dapat bereaksi dengan semen yang akan menjadi pasta pengikat agregat. Air juga berpengaruh terhadap kuat desak beton, karena jika kelebihan penggunaan air akan berakibat pada penurunan kekuatan beton tersebut. Sebaliknya jika kelebihan penggunaan air akan mengakibatkan beton menjadi *bleeding*, yaitu air bersama sama dengan semen akan naik ke atas permukaan adukan segar yang baru dituang.

Berdasarkan SNI 2847 - 2013 air yang digunakan pada campuran beton harus memenuhi ASTM C1602M (Standar Spesifikasi untuk Air Campuran yang Digunakan dalam Produksi Beton Semen Hidrolis).

Air untuk pembuatan beton minimal memenuhi syarat sebagai air minum yaitu tawar, tidak berbau, bila dihembuskan dengan udara tidak keruh dan lain-lain, tetapi tidak berarti air yang digunakan untuk pembuatan beton harus memenuhi syarat sebagai air minum. Penggunaan air untuk beton sebaiknya memenuhi persyaratan sebagai berikut ini (Tjokrodimuljo, 2007) :

1. Tidak mengandung lumpur atau benda melayang lainnya lebih dari 2 gr/ltr.
2. Tidak mengandung garam-garam yang dapat merusak beton (asam, zat organik) lebih dari 15 gr/ltr.
3. Tidak mengandung Klorida (Cl) lebih dari 0,5 gr/ltr.

Tabel 2.1 Perkiraan Kebutuhan Air Per Meter Kubik Beton

Besarnya maks. Agregat (mm)	Jenis Agregat	Kebutuhan air per meter kubik beton (liter)			
		Slump (mm)			
		0-10	10-30	30-60	60-180
10	Alami	150	180	205	225
	Batu pecah	180	205	230	250
20	Alami	135	160	180	195

	Batu pecah	170	190	210	225
40	Alami	115	140	160	175
	Batu pecah	155	175	190	205

Sumber : SNI 03-2834-2002

Di dalam proses pembuatan bangunan kontak dengan air laut kadang tidak dapat terhindarkan termasuk ketika beton masih dalam proses perawatan (*curing*). Air laut sendiri mengandung 3,5% garam-garaman yang dapat menggerogoti kekuatan dan keawetan beton. Garam-garaman utama yang terdapat dalam air laut adalah klorida (55%), natrium (31%), sulfat (8%), magnesium (4%), kalsium (1%), potasium (1%) dan sisanya (kurang dari 1%) terdiri dari bikarbonat, bromida, asam borak, strontium dan florida (Hidayat, 2011:3).

Kandungan klorida (Cl) yang begitu tinggi pada air laut merupakan garam yang bersifat agresif terhadap bahan lain, termasuk beton. Kerusakan dapat terjadi pada beton akibat reaksi antara air laut yang agresif yang terpenetrasi ke dalam beton dengan senyawa-senyawa di dalam beton yang mengakibatkan beton kehilangan sebagian massa, kehilangan kekuatan dan kekakuannya serta mempercepat proses pelapukan.

Garam-garam Sodium yang terkandung dalam air laut dapat menjadi unsur yang berbahaya bila berkombinasi dengan agregat alkali yang reaktif, sama seperti dengan kombinasidengan semen alkali. Karena itu air laut tidak boleh dipakai untuk beton yang diketahui mempunyai potensi agregat alkali reaktif, bahkan bila kadar alkalinya rendah (Nugraha, 2007:78). Garam-garam seperti Kalsium Klorida dan Magnesium klorida akan bereaksi secara kimiawi dengan semen segingga mengurangi *setting time*, kekuatan dini meningkat tetapi untuk kekuatan akhirnya menurun dan konsentrasi sulfat pada air laut juga bisa menyebabkan kerusakan pada pasta. Selain reaksi kimia, kristalisasi garam dalam rongga beton dapat mengakibatkan kehancuran akibat tekanan akibat kristalisasi tersebut. Karena kristalisasi terjadi pada titik penguapan air, bentuk serangan terjadi di dalam beton di atas permukaan air. Garam naik di dalam beton dengan aksi kapiler, jadi serangan terjadi hanya jika air dapat terserap dalam beton (Nugraha, 2007:76,169).

Porositas pada beton sangat penting diteliti terutama pada bangunan tepi pantai dan bangunan yang bersinggungan dengan tanah. Pada bangunan tepi pantai, beton akan bersinggungan dengan air garam yang mengandung NaCl yang dapat meresap ke dalam beton sehingga dapat merusak dan bahkan menghancurkan beton. Kerusakan beton terjadi ketika NaCl tersebut menguap sehingga di dalam pori-pori beton timbul kristal - kristal yang akan mendesak pori-pori dinding beton. Akibatnya beton pecah menjadi serpihan-serpihan lepas.

3. Agregat

Agregat merupakan butiran mineral yang merupakan hasil disintegrasi alami batu-batuan atau juga berupa hasil mesin pemecah batu dengan memecah batu alam. Agregat merupakan salah satu bahan pengisi pada beton, namun demikian peranan agregat pada beton sangat penting. Kandungan agregat dalam beton kira-kira mencapai 60% - 80% dari volume total beton. Agregat sangat berpengaruh terhadap sifat-sifat beton, sehingga pemilihan agregat merupakan suatu bagian penting dalam pembuatan beton. Agregat dibedakan menjadi dua macam yaitu agregat kasar dan agregat halus, agregat kasar dapat didapat secara alami dan buatan.

a. Agregat halus

Agregat halus adalah pasir alam sebagai hasil disintegrasi secara alami dari batu atau pasir yang dihasilkan oleh industri pemecah batu dan mempunyai ukuran butir terbesar 5,0 mm (SNI 03-2834-2002). Untuk menghasilkan beton yang baik, diperlukan gradasi agregat yang baik. Gradasi agregat adalah distribusi ukuran kekerasan butiran agregat. Untuk pasir lubang ayakan 9,5 mm, 4,75 mm, 2,36 mm, 1,18 mm, 0,6 mm, 0,3 mm, 0,15 mm, 0,075mm, pan.

Tabel 2.2 Syarat Gradasi Agregat Halus

Ukuran Lubang Aayakan (mm)	% Berat Butir Lewat Ayakan			
	Kasar (Zona I)	Agak Kasar (Zona II)	Agak Halus (Zona III)	Halus (Zona IV)

9,6	100	100	100	100
4,8	90 – 100	95 – 100	90 – 100	95 – 100
2,4	60 – 95	80 – 100	85 – 100	95 – 100
1,2	30 – 70	50 – 85	75 – 100	90 – 100
0,6	15 – 34	25 – 60	60 – 79	80 – 100
0,3	5 – 20	10 – 30	12 – 40	15 – 50
0,15	0 – 10	2 – 10	0 – 10	0 – 15

Sumber : SNI 03-2834-2002

b. Agregat kasar

Agregat kasar adalah kerikil sebagai hasil disintegrasi alami dari batu atau berupa batu pecah yang diperoleh dari industri pemecah batu dan mempunyai ukuran butir antara 5 mm – 40 mm (SNI 03-2834-2002). Agregat kasar berupa pecahan batu, pecahan kerikil atau kerikil alami dengan ukuran butiran minimal 5 mm dan ukuran butiran maksimal 40 mm. Gradasi diambil dari hasil pengayakan dengan lubang ayakan 37,5 mm, 25 mm, 19 mm, 12,5 mm, 9,5 mm, 4,75 mm, pan untuk agregat kasar.

Berdasarkan berat jenisnya, agregat kasar dibedakan menjadi 3 (tiga) golongan (Kardiyono Tjokrodimulyo, 2007), yaitu :

1. Agregat normal

Agregat normal adalah agregat yang berat jenisnya antara 2.5-2.7 gram/cm³. Agregat ini biasanya berasal dari agregat basalt, granit, kuarsa dan sebagainya. Beton yang dihasilkan mempunyai berat jenis sekitar 2.3 gram/cm³

2. Agregat berat

Agregat berat adalah agregat yang mempunyai berat jenis lebih dari 2.8 gram/cm³, misalnya magnetik (FeO₄) atau serbuk besi. Beton yang dihasilkan mempunyai berat jenis tinggi sampai 5 gram/cm³. Penggunaannya sebagai pelindung dari radiasi.

3. Agregat ringan

Agregat ringan adalah agregat yang mempunyai berat jenis

kurang dari 2.3 gram/cm^3 , yang biasanya dibuat untuk beton non struktural atau dinding beton. Kebaikannya adalah berat sendiri yang rendah sehingga struktural ringan dan pondasinya lebih ringan.

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

- a. Ukuran maksimum butir agregat tidak boleh lebih dari $3/4$ kali jarak bersih antara baja tulangan atau antara tulangan dan cetakan.
- b. Ukuran maksimum butiran agregat tidak boleh lebih besar dari $1/3$ kali tebal plat.
- c. Ukuran maksimum butir agregat tidak boleh lebih besar dari $1/5$ kali jarak terkecil antara bidang samping cetakan.

Agregat yang dapat dipakai harus memenuhi syarat-syarat (Tjokrodimulyo, 2007) :

1. Kerikil harus merupakan butir yang keras dan tidak berpori. Kerikil tidak boleh hancur adanya pengaruh cuaca. Sifat keras diperlukan agar diperoleh beton yang keras juga. Sifat tidak berpori, untuk menghasilkan beton yang tidak mudah tembu sair.
2. Agregat harus bersih dari unsur organik.
3. Kerikil tidak boleh mengandung lumpur lebih dari 10% berat kering, lumpur yang dimaksud adalah agregat yang melalui ayakan diameter 0,063 mm, bila lumpur melebihi 1% berat kering maka kerikil harus dicuci terlebih dahulu.
4. Kerikil mempunyai bentuk yang tajam. Dengan bentuk yang tajam maka timbul gesekan yang lebih besar pula yang menyebabkan ikatan yang lebih baik, selain itu dengan bentuk tajam akan membuat pasta semen mengikat agregat dengan baik.

Besar ukuran maksimum agregat mempengaruhi kuat tekan betonya. Pada pemakaian ukuran butir agregat maksimum lebih besar memerlukan jumlah pasta semen lebih sedikit untuk mengisi rongga-

rongga antar butirannya, berarti sedikit pula pori-pori betonnya (karena pori-pori beton sebagian besar berada dalam pasta, tidak dalam agregat) sehingga kuat tekannya lebih tinggi. Namun sebaliknya, karena butir-butir agregatnya besar maka luas permukaannya menjadi lebih sempit sehingga lekatan antara permukaan agregat dan pastanya kurang kuat. (Tjokrodimulyo,2007).

Tabel 2.3 Syarat Gradasi Agregat Kasar

Ukuran Lubang Ayakan (mm)	Persentase Berat Bagian Yang Lewat Ayakan		
	Ukuran Nominal Agregat (mm)		
	40	20	10
38,1	95 – 100	100	-
19,0	37 – 70	95– 100	100
9,52	10 – 40	30 – 60	50 – 85
4,76	0 – 5	0 - 10	0 – 10

Sumber : SNI 03-2834-2000

2.2.2 Batu Karang

Batu karang merupakan struktur batuan sedimen dari kapur (kalsium karbonat) di dalam laut, atau disebut singkat dengan terumbu. Batu karang yang terbentuk dari suatu ekosistem tersebut didominasi oleh komunitas koral. Dalam istilah terumbu karang atau batu karang adalah koral, yaitu sekelompok hewan dari *ordo scleractinia* yang menghasilkan kapur sebagai pembentuk utama terumbu. Jadi batu karang adalah batuan sedimen kapur di laut, yang juga meliputi karang hidup dan karang mati yang menempel pada batuan kapur tersebut.

Dari penjelasan di atas, diperlukan pengecekan sebelum persiapan pencampuran ke dalam adukan beton agar beton terhindar dari sifat korosi air laut yang menempel pada batu karang. Hal ini bertujuan agar beton mampu merekat lebih baik sehingga hasil uji sesuai dengan perencanaan.

Kelebihan batu karang selain sifatnya yang kuat dan padat dengan sejumlah ruang atau pori, yakni material penyusunnya terdapat zat kapur,

dimana bahan utama pembuatan semen *portland* juga membutuhkan zat kapur tersebut. Karena sedikitnya masyarakat yang mendaur ulang material tersebut, penggunaan batu karang sebagai pengganti agregat kasar pada beton untuk mengurangi jumlah limbah sisa pengerukan akibat aktivitas pembangunan di tepi pantai.

2.2.3 Abu Terbang (*Fly Ash*)

Fly ash adalah istilah umum untuk abu terbang yang ringan dan abu relatif berat yang timbul dari suatu proses pembakaran suatu bahan yang lazimnya menghasilkan abu. *Fly ash* dalam konteks ini adalah abu yang dihasilkan untuk pembakaran batu bara. Abu terbang (*fly ash*) umumnya diperoleh dari sisa pembakaran Pusat Listrik Tenaga Uap (PLTU) atau sisa pembakaran dari *boiler* kayu yang menggunakan batu bara sebagai sumber energi. Sisa pembakaran berupa partikel halus dan berkisar 75% - 90% limbah batu bara akan keluar melalui cerobong asap, serta hanya tersisa sebagian kecil di tungku api. Limbah batu bara sebelum keluar ditangkap dengan *electrostatic precipitator* sehingga limbah batu bara berupa butiran padat. Komponen utama pada kandungan abu terbang adalah Oksida Silika (SiO_2).

Menurut *ACI Committee 226* dijelaskan bahwa, *fly ash* mempunyai butiran yang cukup halus, yaitu lolos ayakan No. 325 (45 milimikron) 5-27%, dengan *specific gravity* antara 2,15 - 2,8 dan berwarna abu-abu kehitaman. Sifat proses *pozzolanic* dari *fly ash* mirip dengan bahan *pozzolan* lainnya. Menurut ASTM C618 (ASTM, 1995:304) abu terbang (*fly ash*) didefinisikan sebagai butiran halus residu pembakaran batubara atau bubuk batubara.

SNI 03-2460-1991 (Spesifikasi Abu Terbang Sebagai Bahan Tambahan untuk Campuran Beton) Menurut klasifikasinya abu terbang (*fly ash*) dapat dibedakan menjadi 3 jenis, yaitu :

a. Kelas C

- Abu terbang (*Fly ash*) yang mengandung CaO di atas 10%, dan abu terbang (*Fly ash*) yang dihasilkan melalui pembakaran *lignit* atau batu bara dengan kadar karbon $\pm 60\%$ atau sub *bitumen*.
- Kadar ($\text{SiO}_2 + \text{Al}_2\text{O}_3 + \text{Fe}_2\text{O}_3$) $> 50\%$.
- Kadar Na₂O mencapai 10%.
- Memiliki sifat *pozzolanik* dan hidrolis.

b. Kelas F

- Abu terbang (*Fly ash*) yang mengandung CaO yang lebih kecil 10%, dan abu terbang (*Fly ash*) yang dihasilkan dari pembakaran batu bara jenis *anthracite* pada suhu 1560°C Abu terbang (*Fly ash*) ini mempunyai sifat *pozzolan*.
- Kadar ($\text{SiO}_2 + \text{Al}_2\text{O}_3 + \text{Fe}_2\text{O}_3$) $> 70\%$.
- Kadar Na₂O $< 5\%$.
- Memiliki sifat *pozzolanik* dan hidrolis yang lebih tinggi dari abu terbang (*Fly ash*) C.

c. Kelas N

- *Pozzolan* alam atau hasil pembakaran yang dapat digolongkan antara lain tanah *diatomic*, *opalinechertz* dan *shales*, *tuff* dan abu vulkanik, dimana biasa diproses melalui pembakaran atau tidak melalui proses pembakaran. Selain itu juga mempunyai sifat *pozzolan* yang baik.

Berikut ini adalah kelebihan dan kelemahan dari *fly ash* (abu terbang) :

1. Kelebihan

Pada beton segar :

- a. Memperbaiki sifat pengerjaan.
- b. Mengurangi terjadinya *bleeding* dan segregasi.
- c. Mengurangi jumlah panas hidrasi yang terjadi
- d. Mengurangi jumlah air campuran.

Pada beton keras :

- a. Meningkatkan kerapatan pada beton.
- b. Menambah daya tahan beton terhadap serangan agresif (sulfat).
- c. Meningkatkan kekuatan beton pada jangka panjang

2. Kelemahan

- a. Pemakaian abu terbang kurang baik untuk pengerjaan beton yang memerlukan waktu pengerasan dan kekuatan awal yang tinggi karena proses pengerasan dan penambahan kekuatan betonnya agak lambat yang disebabkan karena terjadinya reaksi *pozzolan*.
- b. Pengendalian mutu harus sering dilakukan karena mutu abu terbang sangat tergantung pada proses (suhu pembakaran) serta jenis abu batubaranya.

2.2.4 **Superplasticizer**

Superplasticizer (*Sika Viscocrete-3115N*) adalah generasi ketiga untuk beton dan mortar. Hal ini terutama dikembangkan untuk produksi beton mutu tinggi dengan sifat retensi aliran luar biasa. *Superplasticizer* memfasilitasi pengurangan air yang ekstrim, dengan kohesi optimal dan kompaksi yang kuat.

Superplasticizer 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. *Superplasticizer* digunakan untuk tipe-tipe beton sebagai berikut :

1. Beton dengan kebutuhan pengurangan air yang sangat tinggi (hingga 30%).
2. Beton berkekuatan tinggi.
3. Beton kedap air (*Watertight Concrete*).
4. Beton pracetak (*Precast Concrete*).

Kombinasi pengurangan air dalam jumlah besar, kemampuan mengalir yang tinggi dan kuat awal yang tinggi menghasilkan keuntungan-keuntungan yang jelas seperti tersebut dalam aplikasi di atas.

Superplasticizer bekerja melalui penyerapan permukaan partikel-partikel semen. Beton yang dihasilkan dengan *superplasticizer* memperlihatkan sifat-sifat sebagai berikut:

1. Pengurangan air yang sangat ekstrim (ditunjukkan pada tingginya berat jenis dan kuat beton).
2. Mengurangi penyusutan dan keretakan.
3. Meningkatkan hasil akhir.

Superplasticizer tidak mengandung klorin atau bahan-bahan lain yang dapat menyebabkan karat / bersifat korosif pada tulangan baja. Sehingga cocok digunakan untuk beton dengan tulangan atau pra-tekan.

Superplasticizer memberikan beton dengan kelecakan yang panjang dan tergantung pada desain pencampuran dan kualitas material yang digunakan, partikel-partikel *self-compacting* dapat dipertahankan lebih dari 1 jam pada suhu 30°C.

2.2.5 Kuat Tekan

Perlu catatan bahwa nilai f_c' berarti kuat tekan beton dengan benda uji silinder jika diketahui nilai K, maka kuat tekan perlu dikonversi. Berdasarkan SNI 03-1974-2011 dicantumkan sebagai bahan pertimbangan dan perbandingan.

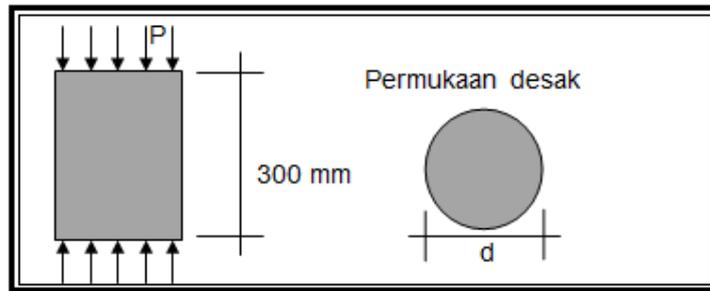
Tabel 2.4 Daftar Konversi

Notasi	Bentuk benda uji	Ukuran	Perbandingan
K	Kubus	15x15x15 cm	1
		20x20x20 cm	0,95
F'c	Silinder	Diameter 15 cm, Tinggi 30 cm	0,83

Sumber : SNI 03-1974-2011

Nilai kuat tekan beton didapat dari pengujian standar dengan benda uji yang lazim digunakan berbentuk silinder. Dimensi benda uji standar adalah tinggi 300 mm, diameter 150 mm. kuat tekan beton untuk benda uji dimensi

yang berbeda dapat diperoleh dengan mengkonversikan hasil kali yang telah tersedia pada SNI 03-1974-2011.



Referensi : Lauw Tjun Nji – Kuat Tekan Beton Silinder

Gambar 2.1 Pengetesan Kuat Tekan Benda Uji Beton

Persamaan yang digunakan dalam menentukan nilai kuat tekan beton adalah :

$$K = \frac{P}{A} \dots \dots \dots (2.1)$$

Dimana :

K = kuat tekan beton (MPa)

P = Beban hancur (N)

A = Luas silinder (mm²)

Beton akan mempunyai kuat tekan yang tinggi jika tersusun dari bahan lokal yang berkualitas baik. Bahan penyusun beton yang perlu mendapat perhatian adalah agregat, karena agregat mencapai 70-75% volume beton. Oleh karena kekuatan agregat sangat berpengaruh terhadap kekuatan beton, maka hal-hal yang perlu diperhatikan pada agregat adalah:

- a. permukaan dan bentuk agregat,
- b. gradasi agregat, dan
- c. ukuran maksimum agregat.

2.2.6 Absorpsi

Penyerapan merupakan kemampuan air untuk bergerak melalui rongga-rongga kapiler melalui permukaan hingga lapisan dalam pada beton ketika benda tersebut bersentuhan dengan air. Biasanya penelitian *absorpsi*

diukur dengan menghitung prosentase antara perbedaan massa dari kondisi kering dengan kondisi SSD (*saturated surface dry*).

Pengujian ini dilakukan berdasarkan SNI 03-6433-2000, tentang tata cara perhitungan pengujian penyerapan air (*absorpsi*) digunakan persamaan sebagai berikut :

$$\text{Absorpsi} = \frac{B-A}{A} \times 100\% \dots \dots \dots (2.2)$$

Dimana :

A = Berat Benda Uji Kering (kg)

B = Berat Benda Uji Setelah Direndam (kg)

2.2.7 Slump Test

Nilai *slump* digunakan untuk pengukuran terhadap tingkat kelecakan suatu adukan beton, yang berpengaruh pada tingkat pengerjaan beton (*workability*). Semakin besar nilai *slump* maka beton semakin encer dan semakin mudah untuk dikerjakan, sebaliknya semakin kecil nilai *slump*, maka beton akan semakin kental dan semakin sulit untuk dikerjakan.

Slump pada dasarnya salah satu pengetesan sederhana untuk mengetahui *workability* beton segar sebelum diterima dan diaplikasikan dalam pekerjaan pengecoran. *Workability* beton segar pada umumnya diasosiasikan dengan :

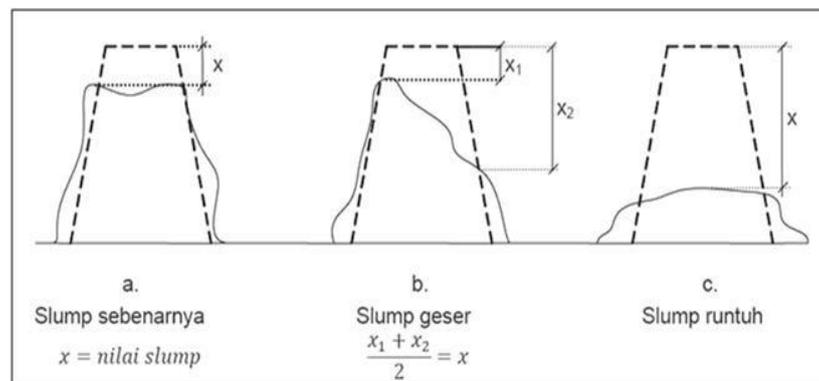
- a. Homogenitas atau kerataan campuran adukan beton segar (*homogeneity*).
- b. Kelekatan adukan pasta semen (*cohesiveness*).
- c. Kemampuan alir beton segar (*flowability*).
- b. Kemampuan beton segar dalam mempertahankan kerataan dan kelekatan jika dipindah dengan alat angkut (*mobility*).
- c. Mengindikasikan apakah beton segar masih dalam kondisi plastis (*plasticity*).

Tingkat kemudahan pengerjaan 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.
- b. *Slump* geser, terjadi bila separuh puncaknya bergeser dan tergelincir ke bawah pada bidang miring.
- c. *Slump* runtuh, terjadi bila kerucut runtuh semuanya.

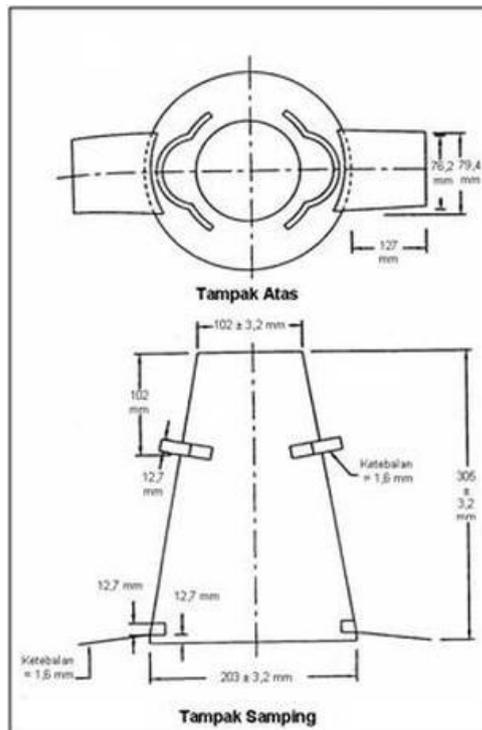


Referensi : PBI 1971 N.I.-2 Dan SNI 1972:2008

Gambar 2.2 Tipe-tipe Keruntuhan *Slump*

Pengukuran *slump test* mengacu pada aturan yang ditetapkan dalam SNI 1972-2008 (Cara Uji *Slump* Beton). Pengukuran *Slump* berdasarkan peraturan ini dilakukan dengan alat sebagai berikut :

- a. Kerucut Abrams :
 - Kerucut terpancung, dengan bagian atas dan di bawah terbuka.
 - Diameter atas 102 mm.
 - Diameter bawah 203 mm.
 - Tebal plat minimal 1,5 mm.
- b. Bentang besi penusuk :
 - Diameter 16 mm.
 - Panjang 60 cm.
 - Memiliki salah satu atau kedua ujung berbentuk bulat setengah bola dengan diameter 16mm.
- c. Alas : datar, dalam kondisi lembab tidak menyerap air dan kaku.



Referensi : SNI 1972-2008

Gambar 2.3 Tampak Atas dan Samping Kerucut Abrams

Tabel 2.5 Kategori Nilai *Slump Test*

Keterangan	Nilai <i>Slump</i> (mm)	Air Yang Diperlukan (%)
Sangat Kering	-	78
Sangat Keras	-	83
Keras	0-30	88
Agak Plastis	30-80	92
Plastis	80-130	100
Encer	130-180	106

Sumber : buku referensi "Properties of Concrete" oleh AM Neville

2.2.8 Mutu Beton dan Penggunaan

Kelas beton yang digunakan K-250 sesuai dengan Seksi 7.1. (Spesifikasi Umum Bina Marga). Seperti yang tercantum dalam tabel di bawah tentang mutu beton dan penggunaan. Beton K-250 termasuk dalam kategori untuk perkerasan beton semen.

Tabel 2.6 Mutu Beton dan Penggunaan

Jenis Beton	F_c' (MPa)	$\Delta bk'$ (Kg/cm ²)	Uraian
Mutu Tinggi	≥ 45	$\geq K500$	Umumnya digunakan untuk beton prategang seperti tiang pancang beton prategang, pelat beton prategang, gelagar beton prategang dan sejenisnya.
Mutu Sedang	$20 \leq x < 45$	$K250 \leq x < K500$	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	$15 \leq x \leq 20$	$K175 \leq x < K250$	Umumnya digunakan untuk struktur beton tanpa tulangan seperti beton siklop, trotoar dan pasangan batu kosong yang diisi adukan, pasangan batu.
	$10 \leq x < 15$	$K125 \leq x < K175$	Digunakan sebagai lantai kerja, penimbunan kembali dengan beton.

Sumber : Spesifikasi Umum Binamarga Seksi 7