

BAB II

TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Dasar Teori

2.1.1 Beton

Perkembangan dunia konstruksi di Indonesia saat ini sangat berdampak pada bertambahnya penggunaan beton sebagai material dalam perkuatan struktur. Selain itu teknologi pada beton juga selalu mengalami perkembangan yang lebih dinamis. Pengertian beton sendiri adalah merupakan campuran yang homogen antara semen, air dan agregat. Karakteristik beton adalah mempunyai tegangan hancur tekan yang tinggi serta tegangan hancur tarik yang rendah. Beton merupakan fungsi dari bahan penyusunannya yang terdiri dari bahan semen hidrolis (*Portland Cement*), agregat kasar, agregat halus, air, dan bahan tambah (*admixture atau additive*). Sampai saat ini beton masih menjadi pilihan utama dalam pembuatan struktur. Selain karena kemudahan dalam mendapatkan material penyusunannya, hal itu juga dapat disebabkan oleh penggunaan tenaga yang cukup besar sehingga dapat mengurangi masalah penyediaan lapangan kerja. Hal yang menjadi pertimbangan pada proses produksinya berupa kekuatan tekan yang tinggi dan kemudahan pengerjaannya, serta kelangsungan proses pengadaan beton (Mulyono, 2005).

Menurut SNI-03-2834-2000, pengertian beton adalah campuran antara semen portland atau semen hidraulik lainnya, agregat halus, agregat kasar, dan air, dengan atau tanpa bahan tambah membentuk massa padat. Beton disusun dari agregat kasar atau agregat halus. Agregat halus yang digunakan biasanya adalah pasir alam yang dihasilkan oleh industri pemecah batu, sedangkan agregat kasar yang dipakai biasanya berupa batu alam maupun batuan yang dihasilkan oleh industri pemecah batu.

Pengaplikasian material beton untuk konstruksi bangunan telah banyak dilakukan. Beton yang dihasilkan tersebut harus memenuhi syarat kekuatan sesuai yang ditentukan dalam perencanaan. Sifat-sifat dan karakteristik material

penyusun beton akan mempengaruhi kinerja dari beton yang dibuat. Kinerja beton ini harus disesuaikan dengan kategori bangunan yang dibuat, yang harus memenuhi kriteria konstruksi, kekuatan tekan dan keawetan atau durabilitas.

Disamping kualitas bahan penyusunnya, kualitas pelaksanaan pun menjadi penting dalam pembuatan beton. Kualitas pekerjaan suatu konstruksi sangat dipengaruhi oleh pelaksanaan pekerjaan beton. (Murdock dan Brook, 1991:6) mengatakan : "Kecakapan tenaga kerja adalah salah satu faktor penting dalam produksi suatu bangunan yang bermutu, dan kunci keberhasilan untuk mendapatkan tenaga kerja yang cakap adalah untuk pengetahuan dan daya Tarik pada pekerjaan yang sedang dikerjakan".

Menurut Paul Nugraha dan Antoni, keunggulan dari penggunaan beton:

1. Ketersediaan (*availability*) material dasar:
 - a) Biaya pembuatan relative lebih murah karena semua bahan mudah didapat. Bahan termahal adalah semen tetapi bisa diproduksi di Indonesia.
 - b) Pengangkutan/mobilisasi beton bisa dilakukan dengan mudah.
2. Kemudahan untuk digunakan (*versatility*)
 - a) Pengangkutan bahan mudah, karena masing-masing bisa diangkut secara terpisah.
 - b) Beton bisa dipakai untuk berbagai struktur, seperti bendungan, pondasi, jalan, landasan bandar udara, pipa, perlindungan dari radiasi, insulator panas. Beton ringan bisa dipakai untuk blok dan panel. Beton arsitektural bisa digunakan untuk keperluan dekoratif.
 - c) Beton bertulang bisa dipakai untuk berbagai struktur yang lebih berat.
3. Kemampuan beradaptasi
 - a) Beton bersifat *mololit* sehingga tidak memerlukan sambungan seperti baja.
 - b) Beton dapat dicetak dengan bentuk dan ukuran berapapun, misalnya pada struktur cangkang (*shell*) maupun bentuk-bentuk kubus 3 dimensi.

c) Beton dapat diproduksi dengan berbagai cara yang disesuaikan dengan situasi sekitar.

d) Konsumsi energy minimal per kapasitas jauh lebih rendah dari baja, bahkan lebih rendah dari proses pembuatan batu bata.

4. Kebutuhan pemeliharaan yang minimal

Secara umum ketahanan (*durability*) beton cukup tinggi, lebih tahan karat, sehingga tidak perlu dicat seperti struktur baja, dan lebih tahan terhadap bahaya kebakaran.

Berikut ini merupakan kelemahan dari penggunaan beton dan cara untuk mengatasi kelemahan tersebut:

Tabel 2.1 Kelemahan Beton Dan Cara Mengatasinya

No.	Kelemahan	Solusi
1.	Berat sendiri beton yang besar, sekitar 2400 kg/m ³ .	Untuk elemen struktural: membuat beton mutu tinggi, beton pratekan, atau keduanya, sedangkan unuk elemen non-struktural memakai beton ringan.
2.	Kekuatan tariknya rendah, meskipun kekuatan tekannya besar.	Memakai beton bertulang atau pratekan.
3.	Kualitasnya sangat bergantung cara pelaksanaan dilapangan. Beton yang baik maupun yang buruk dapat terbentuk dari rumus dan campuran yang sama.	Mempelajari teknologi beton dan melakukan pengawasan dan kontrol kualitas yang baik. Bila perlu bisa memakai beton jadi (<i>ready mix</i>) atau beton pracetak.
4.	Beton cenderung untuk retak, karena semennya hidraulis.	Melakukan perawatan (<i>curing</i>) yang baik untuk mencegah terjadinya retak, memakai beton pratekan, atau memakai bahan

		tambahan yang mengembang (<i>expansive admixture</i>).
5.	Struktur beton sulit untuk dipindahkan. Pemakaian kembali atau daur.	Melakukan perawatan (<i>curing</i>) yang baik untuk mencegah terjadinya retak, memakai beton pratekan, atau memakai bahan tambahan yang mengembang (<i>expansive admixture</i>)

(Sumber: Paul Nugraha dan Antoni, 2007)

2.1.2 Klasifikasi Beton

Klasifikasi beton dapat dikelompokkan menjadi beberapa kategori yaitu berdasarkan berat jenis, kelas, mutu, tingkat kekerasan, teknik pembuatan, dan berdasarkan tegangan.

a. Klasifikasi Berdasarkan Berat Jenis Beton (SNI 03-2847-2002)

- Beton ringan : berat satuan $< 1.900 \text{ kg/m}^3$
- Beton normal : berat satuan $2.200 \text{ kg/m}^3 - 2.500 \text{ kg/m}^3$
- Beton berat : berat satuan $> 2.500 \text{ kg/m}^3$

b. Klasifikasi Berdasarkan Tingkat Kekerasan Beton

- Beton segar : Masih dapat dikerjakan
- Beton hijau : Beton yang baru saja dituangkan dan segera harus dipadatkan.
- Beton muda : 3 hari < 28 hari
- Beton keras : Umur > 28 hari

c. Klasifikasi Berdasarkan Mutu Beton

Tabel 2.2 Mutu Beton dan Penggunaan

Jenis Beton	f_c' (MPa)	σ_{bk}' (kg/cm ²)	Uraian
Mutu Tinggi	35 – 65	K400 – K800	Umumnya digunakan untuk beton prategang seperti tiang pancang beton prategang, pekat beton, prategang dan sejenisnya.
Mutu Sedang	20 - < 35	K250 – < K400	Umumnya digunakan untuk beton bertulang seperti pelat lantai jembatan, gelagar, beton bertulang, diafragma, kerb beton pracetak, gorong-gorong beton bertulang, bangunan bawah jembatan.
Mutu Rendah	15 - < 20	K175 – < K250	Umumnya digunakan untuk struktur beton tanpa tulangan seperti siklop, trotoar dan pasangan batu kosong yang diisi adukan, pasangan batu.
	10 - < 15	K125 - < K175	Digunakan sebagai lantai kerja penimbunan kembali dengan beton.

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

d. Klasifikasi Berdasarkan Teknik Pembuatan Beton

- Beton *cast in-situ*, yaitu beton yang dicor di tempat, dengan cetakan atau acuan yang dipasang di lokasi elemen struktur pada bangunan atau gedung atau infrastruktur.
- Beton *pre-cast*, yaitu beton yang dicor di lokasi pabrikasi khusus, dan kemudian diangkut dan dirangkai untuk dipasang di lokasi elemen struktur pada bangunan atau gedung atau infrastruktur.

e. Klasifikasi Berdasarkan Tegangan Beton (Beton Pra-tegang)

- Beton konvensional, adalah beton normal yang tidak mengalami pemberian tegangan.
- Beton *pre-stressed*, disebut juga metode pra-tarik. Pemberian tegangan dilakukan ketika beton belum dicor dan mengeras.
- Beton *post-tensioned*, disebut juga metode pasca tarik. Pemberian tegangan dilakukan ketika beton sudah mengeras.

2.2 Material Penyusun Beton

2.2.1 Semen

Semen merupakan bahan campuran yang secara kimiawi aktif setelah berhubungan dengan air. Agregat tidak memainkan peranan yang penting dalam reaksi kimia tersebut, tetapi berfungsi sebagai bahan pengisi mineral yang dapat mencegah perubahan-perubahan volume beton setelah pengadukan selesai dan memperbaiki keawetan beton yang dihasilkan (Mulyono, 2005).

Semen merupakan hasil industri yang sangat kompleks, dengan campuran serta susunan yang berbeda-beda. Semen dapat dibedakan menjadi dua kelompok, yaitu (Mulyono, 2005):

1. Semen non-hidrolik

Semen non-hidrolik tidak dapat mengikat dan mengeras di dalam air, akan tetapi dapat mengeras di udara. Contoh utama dari semen non-hidrolik adalah kapur.

2. Semen hidrolik

Semen hidrolik mempunyai kemampuan untuk mengikat dan mengeras di dalam air. Contoh semen hidrolik antara lain kapur hidrolik, semen pozzoland, semen terak, semen alam, semen portland, semen portland-pozzoland, semen portland terak tanur tinggi, semen alumina dan semen ekspansif. Contoh lainnya adalah semen portland putih, semen warna dan semen-semen untuk keperluan khusus.

Menurut SNI 15-2049-2004 semen *Portland* dibedakan menjadi 5 jenis/tipe yaitu:

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

2.2.2 Air

Air merupakan bahan dasar pembuatan beton yang penting namun harganya paling murah. Air diperlukan untuk bereaksi dengan semen, serta untuk menjadi bahan pelumas antara butir-butir agregat agar mudah dikerjakan dan dipadatkan. Untuk bereaksi dengan semen, air yang diperlukan sekitar 25% berat semen saja. Namun dalam kenyataannya nilai faktor air semen yang dipakai sulit kurang dari 0,35. Kelebihan air ini digunakan sebagai pelumas. Tetapi perlu dicatat bahwa tambahan air sebagai pelumas ini tidak boleh terlalu banyak karena dapat mengurangi kekuatan beton serta akan didapatkan beton yang porous. Selain itu kelebihan air pada beton akan bercampur dengan semen dan bersama-sama muncul ke permukaan adukan beton segar yang baru saja dituang (*bleeding*) yang kemudian menjadi buih dan merupakan suatu lapisan tipis yang disebut dengan laitance (selaput tipis). Selaput tipis ini akan mengurangi lekatan antara lapis lapis beton dan merupakan bidang sambung yang lemah. Apabila ada kebocoran

cetakan, air bersama-sama semen juga dapat ke luar, sehingga terjadilah sarang-sarang kecil.

Penggunaan air untuk beton sebaiknya air memenuhi syarat sebagai berikut ini (Tjokrodimulyo, K., 1992):

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

2.2.3 Agregat

Agregat menempati 70-75% dari total volume beton maka kualitas agregat sangat berpengaruh terhadap kualitas beton. Dengan agregat yang baik, beton dapat dikerjakan (*workable*), kuat tekan lama (*durable*), dan ekonomis (Paul Nugraha dan Antoni, 2007). Berdasarkan gradasinya agregat terbagi menjadi dua macam yaitu agregat halus dan agregat kasar.

A. Agregat Halus

Agregat halus atau pasir adalah butiran - butiran mineral yang bentuknya mendekati bulat, tajam, dan bersifat kekal dengan ukuran butir sebagian besar terletak antara 0,07 - 5 mm (SNI 03 - 1750 -1990).

1) Syarat mutu agregat

Syarat mutu menurut SK SNI S - 04 - 1989 - F a. Agregat halus (pasir):

- a. Butirannya tajam, kuat dan keras
- b. Bersifat kekal, tidak pecah atau hancur karena pengaruh cuaca.
- c. Sifat kekal, apabila diuji dengan larutan jenuh garam sulfat sebagai berikut:
 - Jika dipakai natrium sulfat, bagian yang hancur maksimum 12%

- Jika dipakai Magnesium Sulfat, bagian yang hancur maksimum 10%
- d. Agregat halus tidak boleh mengandung lumpur (bagian yang dapat melewati ayakan 0,060 mm) lebih dari 5 %. Apabila lebih dari 5 % maka pasir harus dicuci.
- e. Tidak boleh mengandung zat organik, karena akan mempengaruhi mutu beton. Bila direndam dalam larutan 3 % NaOH, cairan di atas endapan tidak boleh lebih gelap dari warna larutan pembanding.
- f. Harus mempunyai variasi besar butir (gradasi) yang baik, sehingga rongganya sedikit. Mempunyai modulus kehalusan antara 1,5-3,8. Apabila diayak dengan susunan ayakan yang ditentukan, harus masuk salah satu daerah susunan butir menurut zone 1, 2, 3 atau 4 dan harus memenuhi syarat sebagai berikut :
 - sisa di atas ayakan 4,8 mm, mak 2 % dari berat
 - sisa di atas ayakan 1,2 mm, mak 10 % dari berat
 - sisa di atas ayakan 0,30 mm, mak 15 % dari berat
- g. Tidak bolch mengandung garam

2) Syarat mutu agregat menurut SII 0052

- a. Susunan besar butir mempunyai modulus kehalusan antara 1,50 -3,80.
- b. Kadar lumpur atau bagian yang lebih kecil dari 70 mikron (0,074 mm) maksimum 5 %.
- c. Kadar zat organik yang terkandung ditentukan dengan agregat halus dengan larutan natrium sulfat (NaSO_4) 3 %, jika mencampur dibandingkan warna standar/pembanding tidak lebih tua dari pada warna standar.
- d. Kekerasan butiran jika dibandingkan dengan kekerasan butir pasir pembanding yang berasal dari pasir kwarsa bangka memberikan angka hasil bagi tidak lebih dari 2,20.
- e. Kekekalan (jika diuji dengan Na-Sulfat bagian yang hancur maksimum 10%, dan jika dipakai magnesium sulfat maksimum 15%).

3) Cara-cara memeriksa sifat-sifat pasir :

- a. Untuk mengetahui kandungan tanah liat/lumpur pada pasir dilakukan dengan cara meremas atau menggenggam pasir dengan tangan. Bila pasir masih terlihat bergumpal dan kotoran tertempel di tangan, berarti pasir banyak mengandung lumpur.
- b. Kandungan lumpur dapat pula dilakukan dengan mengisi gelas dengan air, kemudian masukkan sedikit pasir ke dalam gelas. Setelah diaduk dan didiamkan beberapa saat maka bila pasir mengandung lumpur, lumpur akan terlihat mengendap di atasnya.
- c. Pemeriksaan kandungan zat organik dilakukan dengan cara memasukkan pasir ke dalam larutan Natrium Hidroksida (NaOH) 3 %. Setelah diaduk dan didiamkan selama 24 jam, warnanya dibandingkan dengan warna pembanding.
- d. Sifat kekal diuji dengan larutan jenuh garam Na-Sulfat/Magnesium Sulfat.

Bentuk agregat halus akan mempengaruhi kualitas mutu beton yang dibuat. Agregat berbentuk bulat mempunyai rongga udara minimum 33% lebih kecil dari rongga udara yang dipunyai oleh agregat berbentuk lainnya. Dengan semakin berkurangnya rongga udara yang berbentuk, beton yang dihasilkan akan mempunyai rongga udara yang lebih sedikit.

Gradasi yang baik dan teratur dari agregat halus, besar kemungkinan akan menghasilkan beton yang mempunyai kekuatan tinggi dibandingkan dengan agregat yang bergradasi gap atau seragam. Gradasi yang baik adalah gradasi yang memenuhi syarat zona tertentu dan agregat halus tidak boleh mengandung bagian yang lolos pada satu set ayakan lebih besar dari 45% dan tertahan pada ayakan berikutnya.

Kebersihan agregat juga akan sangat mempengaruhi dari mutu beton yang akan dibuat terutama dari zat-zat yang dapat merusak baik pada saat beton muda maupun beton sudah mengeras.

Menurut SNI 03-2834-2000 tentang tata cara pembuatan rencana campuran beton normal, kekerasan pasir dibagi menjadi empat kelompok menurut gradasinya yaitu pasir halus, agak halus, sedang, dan kasar.

Tabel 2.3 Gradasi Agregat Halus Menurut SNI 03-2834-2000

Ukuran Saringan (mm)	SNI 03-2834-2000			
	Pasir Kasar	Pasir Sedang	Pasir Agak Halus	Pasir Halus
	Gradasi 1	Gradasi 2	Gradasi 3	Gradasi 4
9,6	100-100	100-100	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)

B. Agregat Kasar

Agregat kasar ialah agregat yang semua butirnya tertinggal di atas ayakan 4.8 mm (SII.0052,1980) atau 4.75 mm (ASTM C33,1982) atau 5.0 mm (BS.812,1976). Bentuk fisik dari agregat kasar yang bersudut. Agregat ini mempunyai sudut-sudut yang tampak jelas yang berbentuk di tempat-tempat perpotongan bidang-bidang dengan permukaan kasar. Rongga udara pada agregat ini berkisar antara 38% - 40%, dengan demikian membutuhkan lebih banyak lagi pasta semen agar mudah dikerjakan untuk mengurangi rongga ini dikombinasikan dengan butiran agregat halus yang berbentuk bulat.

Kebersihan agregat juga akan sangat mempengaruhi dari mutu beton yang akan dibuat terutama dari zat-zat yang dapat merusak baik pada saat beton muda maupun beton sudah mengeras. Syarat mutu agregat kasar menurut SII.0052 sebagai berikut:

- a. Modulus halus butir 6.0 sampai 7.1.
- b. Kadar lumpur atau bagian yang lebih kecil dari 70 mikron (0.074 mm) maksimum 1%.
- c. Kadar bagian yang lemah jika diuji dengan goresan batang tembaga maksimum 5%.
- d. Kekalan jika diuji dengan natrium sulfat bagian yang hancur maksimum 12% dan jika dipakai magnesium sulfat bagian yang hancur maksimum 18%.
- e. Tidak bersifat reaktif terhadap alkali jika kadar alkali dalam semen sebagai Na_2O lebih besar dari 0.6%.
- f. Tidak mengandung butiran yang panjang dan pipih lebih dari 20%.

Kekerasan atau kekuatan dari butir-butir agregat bergantung pada bahannya dan tidak dipengaruhi oleh lekatan antara butir satu dengan lainnya. Ukuran butir maksimum agregat juga akan mempengaruhi mutu beton yang akan dibuat. Kebersihan agregat juga akan sangat mempengaruhi dari mutu beton yang akan dibuat terutama dari zat-zat yang dapat merusak baik pada saat beton muda maupun beton sudah mengeras.

Tabel 2.4 Gradasi Agregat Kasar

Lubang Ayakan (mm)	% Berat Butir yang Lewat Ayakan		
	Ukuran Maks 10mm	Ukuran Maks 20mm	Ukuran Maks 40mm
76	-	-	100-100
38	-	100-100	95-100
19,6	100-100	95-100	35-70
9,6	50-85	30-60	10-40
4,8	0-10	0-10	0-5

(Sumber: SNI-03-2834-2000)

2.2.4 Bahan Tambah (*Fly Ash*)

Abu terbang (*Fly Ash*) adalah material yang berasal dari sisa pembakaran batu bara yang tidak terpakai. Pembakaran batu bara kebanyakan digunakan pada pembangkit listrik tenaga uap. Material ini mempunyai kadar bahan semen yang tinggi dan mempunyai sifat pozzolanik. Kandungan *fly ash* sebagian besar terdiri dari silikat dioksida (SiO_2), Aluminium (Al_2O_3), besi (Fe_2O_3), dan kalsium (CaO) serta magnesium, potasium, sodium, titanium, dan sulfur dalam jumlah yang lebih sedikit.

Menurut *ACI Committee 226* dijelaskan bahwa, *fly ash* mempunyai butiran yang cukup halus, yaitu lolos ayakan N0. 325 (45 mili mikron) 5-27%, dengan *specific gravity* antara 2,15-2,8 dan berwarna abu-abu kehitaman. Sifat proses *pozzolanik* dari *fly ash* mirip dengan bahan *pozzolan* lainnya. Menurut ASTM C.618 (ASTM, 1995:304) abu terbang (*fly ash*) didefinisikan sebagai butiran halus residu pembakaran batubara atau bubuk batubara.

Abu terbang atau *fly ash* dapat dibedakan menjadi 3 jenis (*ACI Manual of Concrete Practice 1993 parts 1 226.3R-3*), yaitu:

1. Kelas C

Fly Ash yang mengandung CaO lebih dari 10% yang dihasilkan dari pembakaran lignite atau sub-bitumen batu bara (batu bara muda). Senyawa lain yang terkandung didalamnya : SiO_2 (30-50%), Al_2O_3 (17-20%), Fe_2O_3 , MgO , Na_2O dan sedikit K_2O . mempunyai *specific gravity* 2,31-2,86. Mempunyai sifat *pozzolan*, tetapi juga langsung bereaksi dengan air untuk membentuk CSH ($\text{CaO} \cdot \text{SiO}_2 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$). Kalsium Hidroksida dan Ettringite yang mengeras seperti semen.

2. Kelas F

Fly Ash yang mengandung CaO kurang dari 10% yang dihasilkan dari pembakaran anthracite atau bitumen batu bara. Senyawa lain yang terkandung didalamnya : SiO_2 (30- 50%), Al_2O_3 (45-60%), MgO , K_2O dan sedikit Na_2O . Mempunyai *specific gravity* 2,15-2,45. bersifat seperti *pozzolan*, tidak bisa mengendap karena kandungan CaO yang kecil.

3. Kelas N

Pozzolan alam atau hasil pembakaran yang dapat digolongkan antara lain tanah *diatomic*, *opaline chertz* dan *shales*, *tuff* dan abu vulkanik yang mana biasa diproses melalui pembakaran atau tidak melalui proses pembakaran. selain itu, juga mempunyai sifat *pozzolan* yang baik.

2.3 Sifat dan Karakteristik Campuran Beton

Sifat dan karakteristik campuran beton segar secara tidak langsung akan mempengaruhi beton yang telah mengeras. Pasta semen tidak bersifat elastis sempurna, tetapi merupakan *viscoelastic-solid*. Gaya gesek dalam, susut dan tegangan yang terjadi biasanya tergantung dari energi pemadatan dan tindakan preventif terhadap perhatiannya pada tegangan dalam beton. Hal ini tergantung dari jumlah distribusi air, kekentalan aliran gel (pasta semen) dan penanganan pada saat sebelum terjadi tegangan serta kristalin yang terjadi untuk pembentukan porinya. Beberapa sifat dan karakteristik beton yang perlu diperhatikan antara lain adalah elastisitas beton, kekuatan tekan, permeabilitas dan sifat panas.

Selain kekuatan pasta semen, hal ini yang perlu diperhatikan adalah agregat. Seperti yang telah dijelaskan, proporsi campuran agregat dalam beton adalah sekitar 70% - 80%, sehingga pengaruh agregat akan menjadi besar, baik dari sisi ekonomi maupun dari sisi tekniknya. Semakin baik mutu agregat yang digunakan, secara langsung dan tidak langsung akan menyebabkan mutu beton menjadi baik, begitu juga sebaliknya.

Agregat yang digunakan dalam beton berfungsi sebagai bahan pengisi, namun karena presentase agregat yang besar dalam volume campuran, maka agregat memberikan kontribusi terhadap kekuatan beton. Faktor-faktor yang mempengaruhi kekuatan beton terhadap agregat adalah sebagai berikut:

1. Perbandingan agregat dengan semen campuran
2. Kekuatan agregat
3. Bentuk dan ukuran
4. Tekstur permukaan

5. Gradasi
6. Reaksi kimia
7. Ketahanan terhadap panas

2.4 Kuat Tekan Beton

Kekuatan beton merupakan salah satu kinerja utama beton. Kekuatan tekan adalah kemampuan beton untuk dapat menerima gaya per satuan luas (Tri Mulyono, 2005). Kekuatan tekan beton dapat mencapai 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 kg/cm² sampai 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 15cm x 30 cm. Selanjutnya benda uji ditekan dengan tekan (*compression testing machine*) sampai pecah. Beban maksimum pada saat benda uji pecah dibagi luas penampang benda uji merupakan nilai kuat tekan beton yang dinyatakan dalam MPa atau kg/cm².

Menurut SNI 03-6468-2000, untuk mencapai kuat tekan yang diisyaratkan untuk menentukan proporsi campuran beton kekuatan tinggi dapat dipilih untuk umur 28 hari atau 56 hari. Campuran harus diproporsikan sedemikian rupa sehingga kuat tekan rata-rata dari hasil pengujian di lapangan lebih tinggi dari pada kuat tekan diisyaratkan f_c' .

Rumus yang digunakan untuk perhitungan kuat tekan beton adalah sebagai berikut:

$$\sigma = P/A$$

Keterangan:

σ = Kuat tekan beton (N/mm²)

P = Beban maksimum (N)

$A =$ Luas penampang benda uji (mm^2)

Beton akan mempunyai kuat tekan yang tinggi jika tersusun dari bahan lokal yang berkualitas baik. Bahan penyusun beton yang perlu mendapatkan perhatian adalah agregat, karena agregat mencapai 70% - 75% volume beton (Dipohusodo, 1996). Oleh karena kekuatan agregat sangat berpengaruh terhadap kekuatan beton, maka hal-hal lain yang perlu diperhatikan pada agregat adalah permukaan dan bentuk agregat, gradasi agregat dan ukuran maksimum agregat.

2.5 *Workability*

Salah satu sifat beton sebelum mengeras (beton segar) adalah kemudahan pengerjaan (*workability*). *Workability* adalah tingkat kemudahan pengerjaan beton dalam mencampur, mengaduk, menuang dalam cetakan dan pemadatan tanpa homogenitas beton berkurang dan beton tidak mengalami bleeding (pemisahan) yang berlebihan untuk mencapai kekuatan beton yang diinginkan.

Workability akan lebih jelas pengertiannya dengan adanya sifat-sifat berikut:

- a. *Mobility* adalah kemudahan adukan beton untuk mengalir dalam cetakan.
- b. *Stability* adalah kemampuan adukan beton untuk selalu tetap homogen, selalu mengikat (koheren), dan tidak mengalami pemisahan butiran (segregasi dan bleeding).
- c. *Compactibility* adalah kemudahan adukan beton untuk dipadatkan sehingga rongga-rongga udara dapat berkurang.
- d. *Finishibility* adalah kemudahan adukan beton untuk mencapai tahap akhir yaitu mengeras dengan kondisi yang baik.

Unsur-unsur yang mempengaruhi sifat *workability* antara lain:

- a. Jumlah air yang digunakan dalam campuran adukan beton. Semakin banyak air yang digunakan, maka beton segar semakin mudah dikerjakan.
- b. Penambahan semen ke dalam campuran juga akan memudahkan cara pengerjaan adukan betonnya, karena pasti diikuti dengan bertambahnya air campuran untuk memperoleh nilai fas tetap.

- c. Gradasi campuran pasir dan kerikil. Bila campuran pasir dan kerikil mengikuti gradasi yang telah disarankan oleh peraturan, maka adukan beton akan mudah dikerjakan.
- d. Pemakaian butir-butir batuan yang bulat mempermudah cara pengerjaan beton.
- e. Pemakaian butir maksimum kerikil yang dipakai juga berpengaruh terhadap tingkat kemudahan dikerjakan.
- f. Cara pemadatan adukan beton menentukan sifat pengerjaan yang berbeda. Bila cara pemadatan dilakukan dengan alat getar maka diperlukan tingkat kelecakan yang berbeda, sehingga diperlukan jumlah air yang lebih sedikit daripada jika dipadatkan dengan tangan (Tjokrodimulyo, K., 2007).

2.6 Faktor Air Semen

Menurut SNI 03-2834-2000, faktor air semen adalah angka perbandingan antara berat air dan berat semen dalam beton. Secara umum diketahui bahwa semakin tinggi nilai FAS, semakin rendah mutu kekuatan beton. Namun demikian, nilai FAS yang semakin rendah tidak selalu berarti bahwa kekuatan beton semakin tinggi, ada batas batas dalam hal ini. Nilai FAS rendah akan menyebabkan kesulitan dalam pengerjaan, yaitu kesulitan dalam pelaksanaan pemadatan yang pada akhirnya akan menyebabkan mutu beton menurun. Umumnya nilai FAS minimum diberikan sekitar 0,4 dan maksimum 0,65.

2.7 Bobot Isi beton

Bobot isi beton adalah gabungan antara semen, agregat (halus dan kasar), dan air yang saling mengikat dan belum mengeras, yakni bersifat lunak serta dapat dibentuk dengan mudah. Bobot isi beton adalah berat beton segar per satuan isi, atau perbandingan antara berat adukan beton segar dengan volume adukan beton segar.

Rumus bobot isi beton segar adalah sebagai berikut :

$$\text{Bobot Isi Beton Segar} = \frac{A - B}{V}$$

Keterangan :

- A : Berat Mold (bejana) + Beton Segar (gram)
- B : Berat Mold (bejana) (gram)
- V : Volume Adukan Beton Segar (cm³)

Tujuan pengujian bobot isi beton ini adalah untuk mengetahui apakah nilai bobot isi beton sebenarnya sudah memenuhi nilai bobot isi beton rencana atau campuran beton segar yang dianggap mewakili diisikan kedalam tekanan tertentu sambil digetarkan, untuk menghilangkan udara yang terjebak diantara campuran.

2.8 Perawatan Beton

Tujuan dari perawatan beton sendiri untuk mencegah adanya keretakan yang mungkin terjadi dimasa depan. Beton juga perlu dirawat untuk menjaga perbedaan suhu beton dengan sekitarnya yang terlalu besar. Perawatan beton juga diperlukan untuk stabilitas dan mencegah kehilangan air pada hari pertama. Perawatan beton bisa berlangsung hingga 2 minggu untuk melihat kondisi kelembapan pada beton.

Hal ini sangatlah penting untuk proses hidrasi semen diawal-awal pemakaiannya. Tingkat kelembapan beton yang baik ialah diatas 80% untuk mencegah terjadinya keretakan. Perawatan beton baik dilakukan selama 2 minggu lamanya.

Perawatan ini tidak hanya dimaksudkan untuk mendapatkan kekuatan tekan beton yang tinggi tapi juga dimaksudkan untuk memperbaiki mutu dari keawetan beton, kedekatan terhadap air, ketahanan terhadap aus, serta stabilitas dari dimensi struktur (Mulyono, 2005).

2.9 Jurnal-Jurnal

Pada penelitian sebelumnya pernah dilakukan oleh Mufti Amir Sultan, Imran dan Muhammad Faujan dari Univeristas Khairun tahun 2019 yang berjudul “Pengaruh Penambahan Limbah Pembakaran Batubara (*Fly Ash*) EX PLTU RUM Pada Campuran Beton”. Komposisi *fly ash* yang dicampurkan pada beton dengan variasi kadar 10% sampai 30% dengan kenaikan 5% terhadap berat semen. Beton tanpa penambahan *fly ash* sebagai benda uji kontrol. Benda uji berukuran tinggi 30 cm dan diameter 15 cm berbentuk silinder, berjumlah 90 buah. Hasil penelitian menunjukkan nilai kuat tekan optimum terjadi pada variasi *fly ash* 20% sebesar 29,43 MPa yang meningkatkan kuat tekan sebesar 26,45% dari beton tanpa bahan tambah *fly ash*.

(Sumber : Mufti, Imran dan Faujan, 2019)

Hasil penelitian (Mira Setiawati dan Masri A Rivai, 2017), “Pemanfaatan *Fly Ash* Pada Kuat Tekan Beton K-300”. Persentase *fly ash* yang digunakan bervariasi, mulai dari 0%, 7.5%, 10%, 12.5%, 15%. Mutu beton yang direncanakan adalah K300. Beton akan diuji pada umur 3, 7, 14 dan 28 hari setelah terlebih dahulu dilakukan *curing*. Dari hasil penelitian didapati bahwa penggunaan *fly ash* sebesar 7,5% memberikan nilai optimum yaitu sebesar 334,47 Kg/cm² pada umur beton 28 hari. Penggunaan *fly ash* sebesar 15% menghasilkan beton dengan kekuatan terendah. Dapat disimpulkan bahwa semakin besar persentase penggunaan *fly ash* pada campuran beton, akan menghasilkan beton dengan kekuatan yang semakin menurun.

(Sumber : Mira dan Masri, 2017)

Hasil penelitian (Masyita Dewi Koraia, 2013), “Pengaruh Penambahan *Fly Ash* Dalam Campuran Beton Sebagai Substitusi Semen Ditinjau Dari Umur Dan Kuat Tekan”. Variasi campuran beton yang digunakan pada penelitian pada penelitian ini adalah 0%, 5%, 10% dan 15% dengan waktu pengamatan 7, 14, 28, 35, 42 dan 56 hari. Dalam penelitian ini kuat tekan beton dihitung dengan menggunakan rumus P/A (kg/cm²). Hasil penelitian menunjukkan bahwa beton normal (0%) kuat tekannya 34,889 MPa > 25 MPa. Berdasarkan hasil kuat tekan yang diperoleh, *fly ash* bisa digunakan sebagai substitusi semen dalam campuran

beton tetapi waktu untuk mencapai kuat tekan maksimum lebih lambat dibanding dengan beton normal (> 56 hari).

(Sumber : Masyita Dewi K, 2013)

Hasil penelitian (Alfian Hendri Umboh, Marthin D.J.Sumajouw dan Reky S.Windah, 2014), “Pengaruh Pemanfaatan Abu Terbang (*Fly Ash*) Dari PLTU II Sulawesi Utara Sebagai Substitusi Parsial Semen Terhadap Kuat Tekan Beton”. Untuk tipe abu terbang yang digunakan yaitu abu terbang kelas C. Komposisi variasi penambahan abu terbang (*fly ash*) sebanyak 0%, 30%, 40%, 50%, 60% dan 70% dari berat semen. Benda uji yang digunakan adalah berbentuk silinder, yang diuji pada umur 7, 14, 21 dan 28 hari. Penelitian ini menguji beton dengan benda uji silinder (diameter 100 mm dan tinggi 200 mm) sebanyak 96 sampel dan terdiri dari 6 variasi konsentrasi abu terbang pada pengujian 7, 14, 21, 28 hari dan masing-masing variasi sebanyak 16 sampel. Berdasarkan hasil pengujian, penambahan persentase abu terbang (*fly ash*) sebesar 30%, 40%, 50%, 60%, 70% memiliki nilai kuat tekan tertinggi pada presentase abu terbang (*fly ash*) 30% yaitu sebesar 24,18 MPa untuk umur beton 28 hari. Dan nilai kuat tekan terendah pada presentase abu terbang (*fly ash*) 70% yaitu sebesar 3,645 MPa untuk umur beton 7 hari.

(Sumber : Alfian, Marthin dan Reky, 2014)