

BAB 2

TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Dasar Teori

2.1.1. Beton Normal

Beton normal (*normal concrete*) merupakan beton yang memiliki berat volume sekitar 2200-2500 kg/m³ dengan nilai kuat tekan 15-40 MPa dan dapat menghantar panas. Beton normal terbentuk dari hasil campuran agregat kasar, agregat halus, semen, dan air, dengan atau tanpa menggunakan bahan tambah dalam perbandingan tertentu. Bahan tambah pada campuran beton dapat berupa bahan kimia dan bahan buangan non kimia (SNI-03-2847, 2002).

Beton normal biasanya dipakai untuk konstruksi-konstruksi sederhana seperti perumahan dan bangunan-bangunan gedung yang relatif tidak terlalu tinggi, dimana kuat tekan yang dibutuhkan tidak terlalu besar. Kelemahan beton normal yaitu mempunyai kekuatan yang kecil serta sifat-sifat khusus yang terbatas. Sifat khusus yang dimaksud antara lain kedap air, lebih tahan terhadap agresi kimiawi, tahan terhadap pengaruh lingkungan dimana beton tersebut digunakan, dan lain sebagainya. (Sumanti Sri Sejati, 2019)

2.1.2. Karakteristik Agregat Kasar

Agregat kasar dapat berupa pecahan batu, pecahan kerikil atau kerikil alami dengan ukuran butiran minimal 5 mm dan ukuran butiran maksimal 40 mm. Ukuran maksimum dari beton diatur berdasarkan kebutuhan agregat tersebut harus dengan mudah dapat mengisi cetakan dan lolos dari celah-celah yang terdapat diantara batang-batang baja tulangan. (Dewi, 2023)

Agregat kasar yang akan digunakan untuk pembuatan beton yang akan mengalami basah dan lembab terus menerus atau yang akan berhubungan dengan tanah basah, tidak boleh mengandung bahan yang bersifat reaktif terhadap alkali, boleh dipakai untuk pembuatan beton dengan semen yang kadar alkalinya tidak lebih dari 0,60% atau dengan penambahan bahan yang dapat mencegah terjadinya pemuaihan oleh karena reaksi alkali agregat tersebut. (Sudirman Latjemma, 2020)

Menurut (Sudirman Latjemma, 2020) berdasarkan berat jenisnya, agregat kasar dibedakan menjadi 3 (tiga) golongan yaitu:

a) 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.

b) 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.

c) Agregat ringan. Agregat ringan adalah agregat yang mempunyai berat jenis kurang dari 2.3 gram/cm³, yang biasanya dibuat untuk beton non struktural atau dinding beton. kelebihanannya adalah berat sendiri yang rendah sehingga struktural ringan dan pondasinya lebih ringan. Pada pelaksanaan pekerjaan beton, besar butir agregat selalu dibatasi oleh ketentuan maksimal persyaratan agregat, ketentuan itu antara lain:

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

2.1.3. Karakteristik Terak Baja

Terak baja/slag adalah residu (limbah) pengecoran logam industri yang merupakan hasil dari endapan proses pembakaran baja yang dipanaskan pada suhu $\pm 1500^{\circ}\text{C}$. Terak memiliki bentuk menyudut, tajam, padat seperti batu, warnanya hitam mengkilap dan memiliki daya serap air yang kecil. (Alfaolis Suriarso Suryo, 2018) terak adalah bahan sisa dari pengecoran besi (*pig iron*), dimana prosesnya memakai dapur (*furnace*) yang bahan bakar. Berdasarkan penelitian yang dilakukan Herlangga (2014) kandungan senyawa pada terak baja adalah SiO₂ sebesar 35,19%, Fe₂O₃ 19,58%, Al₂O₃ 6,01%, MgO 2,95%, CaO 26,51%, Na₂O 3,21%.



Gambar 2. 1 Gambar Terak Baja

Keuntungan penggunaan terak baja dalam campuran menurut (Lewis, 1982) yaitu sebagai berikut:

- a) Mempertinggi kekuatan tekan beton karena kecenderungan melambatnya kenaikan kekuatan tekan.
- b) Menaikkan ratio antara kelenturan dan kuat tekan beton.
- c) Mengurangi variasi kekuatan tekan beton.
- d) Mempertinggi ketahanan terhadap sulfat dalam air laut.
- e) Mengurangi serangan alkalisilika.
- f) Mengurangi panas hidrasi dan menurunkan suhu.
- g) Memperbaiki penyelesaian akhir dan warna cerah pada beton.
- h) Mempertinggi keawetan karena pengaruh perumahan volume.

2.1.4. Perbedaan Agregat Kasar dan Terak Baja

Agregat kasar, pada umumnya, merupakan kerikil atau batu pecah yang berasal dari desintegrasi alami dari bebatuan atau hasil produksi industri pemecah batu. Ukuran agregat kasar berkisar antara 4,76 mm hingga 150 mm. Agregat kasar ini digunakan bersama media pengikat untuk membentuk beton semen hidraulik atau adukan. Dalam pembuatan beton, agregat kasar memiliki peran penting dalam menentukan kekuatan beton yang dihasilkan. Agregat dengan permukaan kasar dan berpori lebih diinginkan karena dapat meningkatkan rekatan antara agregat dan pasta semen, menghasilkan peningkatan kuat tekan beton hingga 20%.

Sementara itu, terak baja adalah limbah sisa dari proses pengecoran logam. Sebagian besar terak baja seringkali digunakan untuk urugan tanah atau dibiarkan begitu saja. Namun, terak baja juga memiliki potensi besar sebagai pengganti agregat kasar dalam campuran beton. Penggunaan terak baja sebagai agregat dapat membantu mengurangi dampak lingkungan dari penambangan agregat alami. Terak baja ini dapat menggantikan fungsi agregat kasar dalam campuran beton.

2.1.5. Bahan Penyusun Beton

Bahan-bahan tersebut meliputi semen sebagai bahan pengikat utama, lalu terdapat pasir dan kerikil sebagai agregat halus dan kasar.

2.1.5.1. Agregat Kasar

Agregat kasar adalah bahan pengisi yang digunakan dalam beton dan memiliki ukuran besar dibandingkan dengan agregat halus seperti Gambar 2.1. Agregat kasar memainkan peran penting dalam membentuk struktur dan memberikan daya tahan pada beton.



Gambar 2. 2 Agregat Kasar

Agregat kasar membantu memenuhi ruang dalam beton dan mempengaruhi sifat mekanik beton, seperti kekuatan, stabilitas, dan modulus elastisitas. Agregat kasar juga berperan dalam mengurangi kontraksi dan mempengaruhi sifat-sifat beton saat beton membeku dan mengeras.

(ASTM-C-33) dan juga (SNI-03-2461, 1991) menyatakan tentang syarat penggunaan agregat kasar pada campuran beton adalah :

1. Agregat kasar memiliki ukuran maksimum pada campuran beton yaitu 40 mm.
2. Agregat kasar harus memiliki kandungan air yang tepat karena berpengaruh terhadap kadar lumpur. Kadar lumpur maksimum pada agregat kasar adalah 1%.
3. Agregat kasar harus bebas dari bahan-bahan yang merusak, seperti bahan organik yang menyebabkan penurunan tingkat mutu beton.
4. Agregat kasar harus memiliki kepadatan yang tepat sesuai syarat gradasi butiran.

2.1.5.2. Agregat Halus

Agregat halus adalah bahan pengisi yang digunakan dalam beton dan memiliki ukuran yang lebih kecil dibandingkan dengan agregat kasar seperti Gambar 2.2. Agregat halus biasanya berupa pasir dan bertanggung jawab untuk mengisi ruang antara agregat kasar dan mengikat agregat kasar bersama-sama.



Gambar 2. 3 Agregat Halus

Sebagai bahan pengisi, agregat halus memiliki peran penting dalam menentukan sifat mekanik beton, seperti kekuatan, stabilitas, dan modulus elastisitas. Agregat halus juga berperan dalam mengatur pencampuran beton dan membantu memperbaiki sifat-sifat beton seperti daya serap air dan permeabilitas.

Syarat agregat halus untuk digunakan dalam beton juga di atur oleh Persyaratan Umum Bahan Bangunan di Indonesia (PUBI) 1982, yaitu :

1. Kadar lumpur pada agregat halus maksimal sebesar 5% dari volumenya. Jika melebihi 5%, maka agregat harus dicuci terlebih dahulu.

2. Agregat tidak mengandung zat organik dan reaktif alkali yang dapat mempengaruhi mutu beton.

3. Agregat harus memenuhi syarat gradasi butiran.

2.1.5.3. Semen Portland

Semen Portland berasal dari bahasa Latin “caementum,” yang berarti bahan perekat. Secara sederhana, definisi semen adalah bahan perekat yang mengikat bahan-bahan padat seperti batu bata dan batu koral untuk membentuk struktur bangunan. Semen Portland adalah jenis semen hidrolis yang dihasilkan dengan menggiling terak (clinker) yang terutama mengandung kalsium silikat ($x\text{CaO}, \text{SiO}_2$) dan kalsium sulfat ($\text{CaSO}_4 \cdot x\text{H}_2\text{O}$), yang bersifat hidrolis dan cepat bereaksi dengan air. Adapun jenis-jenis semen yang mempunyai perbedaan penggunaan menurut (SNI-15-2049, 2004).

1. *Portland Cement*: Jenis semen yang paling umum digunakan di seluruh dunia untuk beton dan plesteran.
2. *Super Masonry Cement*: Digunakan untuk konstruksi perumahan, jalan, dan irigasi dengan struktur beton maksimal K225.
3. *Oil Well Cement*: Khusus untuk pembuatan sumur minyak bumi dan gas alam.
4. *Portland Pozzolan Cement*: Mengandung bahan pozzolan dan cocok untuk bangunan umum serta ketahanan sulfat dan panas hidrasi sedang.
5. Semen Putih : Digunakan untuk penyelesaian (finishing) dan pengisi.
6. *Portland Composite Cement*: Digunakan seperti OPC dengan kuat tekan yang sama.



Gambar 2. 4 Semen Portland

Semen Portland memiliki sifat-sifat yang menjadikannya material yang sangat cocok untuk berbagai aplikasi konstruksi. Beberapa sifat utama semen Portland meliputi kemampuan untuk mengeras dan mengikat di bawah air (sifat hidrolis), kekuatan tekan yang tinggi, serta kemampuan untuk menghasilkan beton dengan durabilitas yang baik. Semen Portland diklasifikasikan menjadi beberapa tipe berdasarkan standar (ASTM-C150), yaitu:

Tipe I: Semen Portland biasa untuk penggunaan umum.

Tipe II: Semen Portland tahan sulfat sedang dan panas hidrasi sedang.

Tipe III: Semen Portland berkekuatan awal tinggi.

Tipe IV: Semen Portland panas hidrasi rendah.

Tipe V: Semen Portland tahan sulfat tinggi.

2.1.6. Metode *Water Curing* Beton

Pada tahap awal, beton yang baru dicor direndam dalam air setelah beton cukup kuat untuk dipindahkan, biasanya setelah 24 jam pertama. Perendaman dilakukan selama 7 hari pertama untuk memastikan hidrasi awal berjalan dengan baik. Dalam periode ini, beton direndam dalam kolam air atau bak besar yang mampu menampung seluruh permukaan beton. Metode ini membantu menjaga

kelembaban beton dan mencegah penguapan air yang bisa menyebabkan retak atau penyusutan.

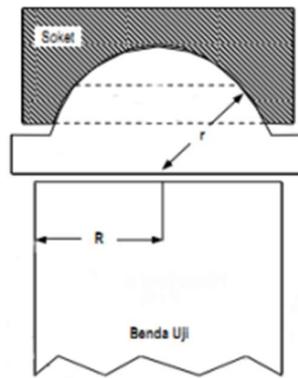
Setelah 7 hari, perendaman dilanjutkan hingga hari ke-14. Pada tahap ini, hidrasi semen terus berlangsung dan kekuatan beton semakin meningkat. Perendaman selama 14 hari ini penting untuk memastikan bahwa hidrasi terjadi secara merata di seluruh volume beton, sehingga tidak ada bagian yang mengalami kekurangan air yang bisa menghambat proses pengerasan.

Pada akhir periode 28 hari, beton dianggap telah mencapai kekuatan penuh yang dirancang. Selama 28 hari perendaman ini, beton direndam secara terus menerus dalam air. Metode perendaman ini sangat efektif dalam menjaga kelembaban dan suhu beton konstan, yang merupakan kondisi ideal untuk proses hidrasi semen. Dengan melakukan *water curing* selama 28 hari, beton diharapkan mencapai kekuatan maksimal dan memenuhi spesifikasi kekuatan tekan yang ditetapkan dalam desain struktur.

Dengan mengikuti metode *water curing* yang direndam dalam air selama 7, 14, dan 28 hari, beton dapat mencapai kualitas optimal, baik dari segi kekuatan maupun daya tahan. Hal ini sangat penting untuk memastikan bahwa struktur yang dibangun memiliki ketahanan yang tinggi dan sesuai dengan standar keamanan yang diharapkan. (Fernando, 2023)

2.1.7. Pengujian Kuat Tekan

Kekuatan tekan adalah kemampuan beton untuk menerima gaya tekan persatuan luas. Kuat tekan beton merupakan ukuran beban unit luas yang menyebabkan spesimen uji beton hancur ketika dimuat dengan gaya tekan tertentu yang dihasilkan oleh mesin press. Pengujian kekuatan tekan beton dilakukan dengan menggunakan mesin tekan. Benda uji diletakkan pada bidang tekan pada mesin secara sentris. Pembebanan dilakukan secara perlahan hingga beton mengalami kehancuran. Untuk standar pengujian kuat tekan digunakan (SNI-03-6805-2002) dan (ASTM-C-39/C-39M-04). (April Gunarto, 2020)



Gambar 2. 5 Gambar Uji Kuat Tekan

$$f'c = \frac{P}{A}$$

Keterangan:

$f'c$ = Kuat tekan beton (MPa)

P = Berat beban maksimum (N)

A = Luas permukaan benda uji (mm²)

2.2 Perancangan *Mix Design*

Mix design atau perencanaan campuran beton adalah proses menentukan proporsi bahan-bahan beton seperti semen, agregat, air, dan aditif lainnya untuk mencapai sifat-sifat mekanik dan fungsional yang diinginkan dari beton yang akan digunakan pada pengecoran. Tujuan dari perencanaan campuran beton adalah untuk menghasilkan beton dengan sifat fisik, kimia, dan mekanik yang diinginkan, serta dapat memenuhi persyaratan spesifikasi proyek.

Proses perencanaan campuran beton melibatkan beberapa faktor, seperti karakteristik bahan baku, properti beton yang diinginkan, dan persyaratan spesifikasi proyek. Perencanaan campuran beton harus memperhatikan faktor-faktor ini agar beton yang dihasilkan dapat memenuhi kebutuhan proyek dan memastikan kinerja beton yang baik selama umur betonnya.

SNI 7656-2012 menyatakan “Tata Cara Pemilihan Campuran Untuk Beton Normal, Beton Berat, dan Beton Massa”, dan SNI 03-2834-2000 tentang “Tata Cara Pembuatan Beton Campuran Beton Normal” mengikuti langkah-langkah perancangan campuran yang dijelaskan dalam standar tersebut.

2.2.1. Pemilihan Slump

Tabel 2. 1 Nilai slump yang dianjurkan untuk berbagai pekerjaan konstruksi

Tipe Konstruksi	Slump	
	Maksimum	Minimum
Pondasi beton bertulang (dinding dan pondasi telapak)	75	25
Pondasi telapak tanpa tulangan, pondasi tiang pancang, dinding bawah tanah	75	25
Balok dan dinding bertulang	100	25
Kolom bangunan	100	25
Perkerasan dan pelat lantai	75	25
Beton massa	50	25

Sumber : SNI 7656:2012

Berdasarkan tabel diatas, beton yang akan dibuat pada pengujian ini adalah beton untuk pembuatan konstruksi kolom bangunan, sehingga nilai slump pada beton yang akan di buat berada diantara 25-50 mm.

2.2.2. Pemilihan Ukuran Besar Butir Agregat Maksimum

Pemilihan ukuran agregat menggunakan metode analisis saringan.

2.2.3. Perkiraan Air Pencampur dan Kandungan Udara

Beton yang dibuat adalah beton tanpa penambahan udara, karena strukturnya tidak terkena beban berat. Jumlah air pencampur untuk beton tanpa penambahan udara ditentukan oleh nilai.

Tabel 2. 2 Perkiraan Kebutuhan Air Pencampur dan Kadar Udara untuk Berbagai Slump dan Ukuran Nominal Agregat Maksimum Batu Pecah

Slump (mm)	Air (Kg/m^3) untuk ukuran nominal agregat maksimum batu pecah							
	9,5 mm	12,7 mm	19 mm	25 mm	37,5 mm	50 mm	75 mm	150mm
Beton tanpa tambahan udara								
25-50	207	199	190	179	166	154	130	113
75-100	228	216	205	193	181	169	145	124
150-175	243	228	216	202	190	190	160	-
>175	-	-	-	-	-	-	-	-
Banyaknya udara dalam beton (%)	3	2,5	2	1,5	1	0,5	0,3	0,2

2.2.4. Pemilihan Rasio Air-Semen atau Rasio Air-Bahan Bersifat Semen

Tabel 2. 3 Hubungan antara rasio air-semen (w/c) atau rasio air-bahan bersifat semen $\{w/(c+p)\}$ dan kekuatan beton

Kekuatan Beton Umur 28 Hari (MPa)	Rasio Air-Semen (Berat)	
	Beton tanpa tambahan udara	Beton dengan tambahan udara
35	0,47	0,39
30	0,54	0,45
25	0,61	0,52
20	0,69	0,6
15	0,79	0,7

Sumber : SNI 7656:2012

Rasio air semen berfungsi untuk menentukan jenis beton dan kuat beton. Untuk pengujian ini menggunakan kekuatan beton 25 MPa yang berarti rasio air semen yang diteliti adalah 0,61.

2.2.5. Perhitungan Kadar Semen

Jumlah semen per satuan volume beton diperoleh dengan menentukan contoh pada langkah 3 dan 4 di atas. Kebutuhan semen sama dengan perkiraan kadar air campuran (Langkah 3) dibagi dengan rasio air terhadap semen (Langkah 4).

2.2.6. Perkiraan Persentase Agregat Kasar

Tahapan selanjutnya adalah mencari kadar agregat kasar yang ditentukan dengan melihat ukuran agregat dan modulus kehalusan agregat halus (FM). Kadar agregat kasar dapat dilihat pada Tabel 2.4 berikut.

Tabel 2. 4 Volume Agregat Kasar per Satuan Volume Beton

Ukuran Nominal Agregat Maksimum (mm)	Volume agregat kasar kering oven per satuan volume beton untuk berbagai modulus kehalusan dari agregat halus			
	2,4	2,6	2,8	3
9,5	0,5	0,48	0,46	0,44
12,5	0,59	0,57	0,55	0,53
19	0,66	0,64	0,62	0,6
25	0,71	0,69	0,67	0,65

Ukuran Nominal Agregat Maksimum (mm)	Volume agregat kasar kering oven per satuan volume beton untuk berbagai modulus kehalusan dari agregat halus			
	2,4	2,6	2,8	3
37,5	0,75	0,73	0,71	0,69
50	0,78	0,76	0,74	0,72
75	0,82	0,8	0,78	0,76
150	0,87	0,85	0,83	0,81

Sumber : SNI 7656:2012

2.2.7. Perkiraan Kadar Agregat

Setelah mengetahui jumlah air, semen dan agregat kasar, bahan lain yang digunakan untuk membuat 1 m³ beton adalah agregat halus dan udara yang terperangkap. Jumlah agregat halus dapat ditentukan dengan berat mutlak atau volume sebagai berikut.

Tabel 2. 5 Tabel Perkiraan Awal Berat Beton Segar

Ukuran nominal maksimum agregat (mm)	Perkiraan awal berat beton, kg/m ³	
	Beton tanpa tambahan udara	Beton dengan tambahan udara
9,5	2280	2200
12,5	2310	2230
19	2345	2275
25	2380	2290
37,5	2410	2350
50	2445	2345
75	2490	2405
150	2530	2435

Sumber : SNI 7656:2012

Dari Tabel 2.5, massa beton 1 m³ tanpa penambahan udara ditentukan oleh ukuran agregat maksimum. Setelah berat awal beton diketahui, permintaan agregat dapat dihitung dengan menggunakan selisih antara berat beton dan jumlah total semen dan kadar air dengan mengurangkan perkiraan awal berat beton dari kadar air dan semen. . Gunakan persentase dari langkah 6 untuk komposisi agregat

kasar.

2.2.8. Perkiraan Material Percetakan Dalam 1 Cetakan Uji

Untuk menghitung kebutuhan percetakan dilakukan dengan cara mengalikan semua kebutuhan dengan volume cetakan. Kebutuhan ini diketahui dalam 1m^3 dan cetakan adalah $0,00157\text{ m}^3$.

