

BAB II

TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Kajian Penelitian Terdahulu

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

Adapun beberapa penelitian terdahulu yang sudah membahas topik yang relevan dengan penelitian ini seperti penelitian yang dilakukan oleh :

1. Yoppi Juli Priyono dan Nadia (2014) dengan judul “Pengaruh Penggunaan *Styrofoam* Sebagai Pengganti Agregat Kasar Terhadap Kuat Tekan Beton”. Tujuan penelitian ini adalah untuk mengetahui seberapa besar pengaruh *styrofoam* sebagai pengganti agregat kasar pada Beton Normal dengan persentase penambahan *Styrofoam* sebesar 1%, 2% dan 3% dari berat campuran Beton Normal. penelitian ini menunjukkan bahwa penambahan 1% *styrofoam* berat beton turun 13%, 2% *styrofoam* turun 22%, 3% *styrofoam* turun 32%. Selain itu, penambahan *stryofoam* juga mengakibatkan kuat tekan beton menurun. Untuk penambahan *styrofoam* sebesar 1% terjadi penurunan 54%, 2% sebesar 57% dan 3% sebesar 87%.
2. Ardi Fatahillah Nasution (2021) dengan judul “Daya Serap Dan Kuat Tekan Beton Ringan Menggunakan *Styrofoam*”. Pembuatan beton ringan membutuhkan material campuran yang mempunyai berat jenis yang rendah. Salah satu bahan alternatif yang bisa digunakan adalah *styrofoam*. Penelitian ini menggunakan butiran *styrofoam* yang berasal dari Kota Medan dengan ukuran butiran *styrofoam* yaitu 2 sampai 5mm dan akan disubstitusikan dengan agregat halus. Adapun komposisi *substitusi* campuran *styrofoam* adalah 0%, 1%, 2% dan 2,5% dari berat agregat halus. Dalam penelitian ini terbagi menjadi 2 pengujian

kuat tekan yaitu untuk kuat tekan setelah perendaman 14 hari dan 28 hari. Berdasarkan hasil pengujian berat jenis basah dan berat jenis kering beton ringan *styrofoam* yang telah diuji tersebut memenuhi persyaratan dimana kisaran beton ringan sesuai referensi adalah kurang dari 1900 kg/m^3 . Adapun berdasarkan pengujian kuat tekan 14 hari dan 28 hari berkisar antara 1,5 - 7,5 MPa dimana penggunaannya pada daerah non struktur seperti dinding partisi, kanopi, dan lain-lain.

3. Khairul Miswar (2018) yang berjudul “Beton Ringan Dengan Menggunakan *Styrofoam*”. Dalam Penelitiannya komposisi substitusi campuran *styrofoam* adalah 0%, 60%, 80% dan 100% dari volume pasir. Adapun hasil dari penelitian ini yaitu diperoleh kuat tekan sebesar 22,08 Mpa (0% *styrofoam*), 10,54Mpa (60% *styrofoam*), 7,57 Mpa (80% *styrofoam*) dan 5,27 Mpa (100% *styrofoam*). Sehingga dapat disimpulkan hasil eksperimen dengan batasan referensi dari berat jenis beton ringan maka sampel beton substitusi *styrofoam* 60%, 80% dan 100% yang telah diuji tersebut memenuhi persyaratan sebagai beton ringan untuk struktur ringan dimana kisaran beton ringan sesuai referensi adalah $800 - 1400 \text{ kg/m}^3$. Dari segi kekuatan tekan, beton substitusi *styrofoam* 60% dan 80% yang telah diuji memenuhi batasan minimal kuat tekan beton ringan untuk struktur ringan, dimana penggunaannya sebagai dinding pemikul beban.
4. Arusmalem Ginting (2007) yang berjudul “Pengaruh Penambahan *Styrofoam* Terhadap Kuat Tekan dan Kuat Lentur Beton”. Beton merupakan bahan bangunan yang cukup berat, dengan berat volume sekitar 2400 kg/m^3 . Untuk mengurangi beban mati yang berasal dari berat sendiri struktur digunakan beton ringan. Beton ringan adalah beton yang beratnya kurang dari 1800 kg/m^3 . Beton ringan yang digunakan pada penelitian ini adalah beton yang menggunakan bahan susun pasir dan polimer yang berupa butir-butir *styrofoam* tanpa menggunakan agregat kasar. Penelitian dilakukan untuk mengkaji pengaruh penambahan *styrofoam* terhadap kuat tekan dan kuat lentur beton, dengan perbandingan campuran 350 kg semen : 200 kg pasir : 157,5 lt air : 2 kg *styrofoam* dengan f.a.s 0,45 . Benda uji berupa selinder beton 15 cm x 30 cm sejumlah 2 buah tanpa *styrofoam* dan 3 buah dengan penambahan *styrofoam*.

Benda uji balok berupa balok beton persegi 15 cm x 15 cm x 60 cm sejumlah 2 buah tanpa *styrofoam* dan 3 buah dengan penambahan *styrofoam*. Balok beton menggunakan tulangan longitudinal sejumlah 4 buah dengan diameter pengenal 8 mm yang ditempatkan 2 buah di atas dan 2 buah di bawah. Tulangan transversal dipasang dengan jarak 40 mm dengan diameter pengenal 4 mm. Hasil penelitian menunjukkan bahwa penambahan 2 kg *styrofoam* mengakibatkan penurunan berat volume dari 2113,18 kg/m³ menjadi 1682,86 kg/m³ atau turun 20,36 %, kuat tekan beton turun dari 12,50 MPa menjadi 9,59 MPa atau turun 23,28 %, kuat lentur beton turun dari 30 kN menjadi 24 kN atau turun 20 %.

2.2 Beton

Beton merupakan salah satu bahan bangunan yang sering digunakan di bidang konstruksi karena mudah dibuat dan dibentuk serta harganya relatif lebih murah daripada bahan konstruksi lainnya. beton adalah benda padat yang terbuat dari campuran agregat kasar, agregat halus, dan bahan tambah (*admixture*) dengan pasta yang terbuat dari air dan semen. Kekuatan konstruksi beton dipengaruhi oleh kualitas semen, jenis material yang digunakan, ikatan antar material, pemadatan serta perawatannya.

Beton adalah campuran antara semen portland atau semen hidraulik, agregat halus, agregat kasar dan air, dengan atau tanah bahan tambahan yang membentuk massa padat. Proses pengerasan pada beton terjadi karena adanya reaksi kimiawi antara air dengan semen yang terus berlangsung dari waktu ke waktu. Penambahan umur beton akan membuat beton semakin mengeras dan akan mencapai kekuatan rencana (f_c') pada usia 28 hari (SNI-03-2847-2002)

Menurut (M.S.Shetty, 2019), Beton terbentuk oleh pengerasan campuran semen, air, agregat halus, agregat kasar, udara dan campuran tambahan lainnya. Campuran yang masih plastis ini dicor kedalam perancah dan dirawat untuk mempercepat reaksi hidrasi campuran semen dan air, yang menyebabkan

pengerasan beton. Bahan yang terbentuk ini mempunyai kuat tekan yang tinggi dan ketahanan terhadap tarik rendah.

Nilai kuat tekan beton didapat dari pengujian standar dengan benda uji yang lazim digunakan berbentuk silinder. Dimensi benda uji silinder adalah tinggi 300 mm dan diameter 150 mm. Pada umumnya tata cara pengujian memakai standar ASTM C39 – 86. Kuat tekan masing – masing benda uji ditentukan oleh tegangan tekan tertinggi (f'_c) yang dicapai benda uji umur 28 hari akibat beban tekan selama percobaan. (Dipohusodo : 1996)

Menurut (Zongjin, 2011), beton memiliki kelebihan dan kekurangan. Berikut ini kelebihan dan kekurangan beton, yaitu :

1. Kelebihan Beton

- a. Mudah dicetak artinya beton segar dapat mudah diangkut maupun dicetak dalam bentuk apapun dan ukuran berapa pun tergantung dari keinginan.
- b. Ekonomis artinya bahan dasar dari bahan lokal kecuali *Portland cement*, hanya daerah-daerah tertentu sulit mendapatkan pasir maupun kerikil. Dan cetakkan dapat digunakan berulang-ulang sehingga secara ekonomis menjadi murah.
- c. Awet dan tahan lama artinya beton termasuk berkekuatan tinggi, serta mempunyai sifat tahan terhadap perkaratan dan pembusukkan oleh kondisi lingkungan. Bila dibuat secara baik kuat tekannya sama dengan batu alam.
- d. Energi efisien artinya beton kuat tekannya tinggi mengakibatkan jika dikombinasikan dengan baja tulangan dapat dikatakan mampu dibuat struktur berat. Beton dan baja boleh dikatakan mempunyai koefisien muai hampir sama.
- e. Tahan api artinya tahan terhadap kebakaran, sehingga biaya perawatan termasuk rendah.
- f. Dapat dicor ditempat artinya beton segar dapat dipompakan sehingga memungkinkan untuk dituang pada tempat-tempat yang posisinya sangat

sulit. Juga dapat disemprotkan pada permukaan beton yang lama untuk menyambungkan beton yang baru (*digrouting*)

2. Kekurangan Beton

- a. Untuk mendapatkan beton dengan mutu yang bagus, diperlukan waktu pengeringan yang cukup lama.
- b. Beton mempunyai beberapa kelas kekuatannya sehingga harus direncanakan sesuai dengan bagian bangunan yang akan di buat.
- c. Beton segar mengerut pada saat pengeringan dan beton keras mengembang jika basah, sehingga perlu diadakan dilatasi pada beton yang Panjang untuk memberi tempat untuk kembang susut beton.
- d. Beton sulit untuk kedap air secara sempurna, sehingga selalu dapat dimasuki oleh air dan air membawa kandungan garam yang dapat merusak beton.
- e. Beton bersifat getas (rapuh) sehingga harus dihitung dengan teliti agar setelah digabungkan dengan baja tulangan dapat bersifat kokoh terutama pada perhitungan bangunan tahan gempa.
- f. Beton dianggap tidak mampu menahan gaya tarik, sehingga mudah retak, oleh karena itu perlu diberikan baja tulangan sebagai penahan gaya tariknya.

Beton dapat dibedakan menjadi tiga jenis berdasarkan berat volumenya yaitu:

- a. Beton ringan, adalah beton yang mempunyai berat volume tidak lebih dari 1900 kg/m^3
- b. Beton normal, adalah beton yang mempunyai berat volume antara 2200 kg/m^3 sampai dengan 2500 kg/m^3 .
- c. Beton berat, adalah beton yang mempunyai berat volume lebih dari 2500 kg/m^3

Faktor-faktor yang mempengaruhi beton bermutu baik adalah sebagai berikut:

1. Karakteristik semen dan jumlahnya
2. *w/c (water per cement)* rasio

3. Kualitas agregat dan interaksinya dengan pasta semen
4. Tambahan bahan kimia yang digunakan
5. Tambahan material yang digunakan
6. Pemilihan prosedur dan waktu pencampuran bahan susun beton
7. *Quality control*

2.3 Material Penyusun

2.3.1 Semen

Semen adalah bahan perekat kimia yang memberikan pengerasan terhadap material campuran lainnya sehingga menjadi suatu bentuk yang kaku dan tahan lama. Secara umum semen merupakan bubuk berwarna abu-abu gelap yang terbuat dari Alkali, Magnesium Oksida, Alumina, Kapur, Sulfir Trioxide, Iron Oxide dan Silika.

Semen dapat dibedakan menjadi dua kelompok, yaitu:

1. Semen non-hidrolik adalah semen yang tidak dapat mengeras di dalam air, akan tetapi dapat mengeras di udara. Contoh utama dari semen non-hidrolik adalah kapur
2. Semen hidrolik adalah semen yang mempunyai kemampuan untuk mengikat dan mengeras di dalam air. Contoh semen hidrolik antara lain kapur hidrolik, semen pozzolan, semen terak, semen alam, semen organik, semen organik-pozzolan, semen organik terak tanur tinggi, semen alumina, dan semen ekspansif.

Semen *portland* didefinisikan sebagai 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 (SNI 15-2049:2004)

Menurut (SNI 152049, 2004), semen *portland* dibagi menjadi lima jenis kategori berdasarkan tujuan pemakaiannya, yaitu:

2.1 Tipe I

Semen tipe I merupakan semen dalam penggunaan konstruksi umum, yang tidak memerlukan persyaratan-persyaratan khusus seperti yang disyaratkan pada jenis-jenis lain.

2.2 Tipe II

Semen tipe II merupakan semen dalam penggunaannya memerlukan ketahanan terhadap sulfat dan panas hidrasi sedang. Jenis ini digunakan untuk bangunan-bangunan tebal, seperti pilar dengan ukuran besar, tumpuan dan dinding penahan tanah yang tebal. Panas hidrasi yang agak rendah dapat mengurangi terjadinya retak-retak pengerasan. Jenis ini juga digunakan untuk bangunan-bangunan drainase di tempat yang memiliki konsentrasi sulfat agak tinggi.

2.3 Tipe III

Semen tipe III merupakan semen dalam penggunaannya memerlukan kekuatan tinggi pada tahap permulaan setelah pengikatan terjadi, sehingga dapat digunakan untuk perbaikan bangunan beton yang perlu segera digunakan atau yang acuannya perlu segera dilepas. Selain itu juga dapat dipergunakan pada daerah yang memiliki temperature rendah, terutama pada daerah yang mempunyai musim dingin.

2.4 Tipe IV

Semen tipe IV merupakan semen dalam penggunaannya memerlukan kalor hidrasi rendah, hampir sama dengan tipe II.

2.5 Tipe V

Semen tipe V merupakan semen dalam penggunaannya memerlukan ketahanan tinggi terhadap sulfat. Biasanya pada tanah atau air tanah yang memiliki kadar sulfat yang cukup tinggi.

2.3.2 Agregat Halus

Agregat halus pada umumnya terdiri dari pasir atau partikel yang lewat saringan no.4, sedangkan agregat kasar tertahan pada saringan tersebut. Pasir sebagai agregat halus dalam pembuatan beton jika ditinjau dari asalnya dapat berupa pasir alam sebagai hasil disintegrasi alami dari batuan atau berupa pasir buatan yang dihasilkan oleh pemecah-pemecah batuan. (Neville & Brooks, 2010)

Menurut (Falliano et al., 2018), pasir yang digunakan untuk membuat mortar harus dalam keadaan SSD atau jenuh kering muka. Hal ini disebabkan karena air yang diserap oleh agregat akan tetap berada dalam agregat, dan air bebas akan bercampur dengan semen sebagai pembentuk pasta. Dengan kata lain pasir SSD adalah pasir yang sudah tidak akan menyerap air. Fungsi agregat dalam mortar adalah untuk:

1. Menghemat penggunaan semen
2. Menghasilkan kekuatan yang besar pada beton, karena agregat halus dan kasar mengisi Sebagian besar volume beton antara 50% sampai 80%.
3. Mengurangi susut pengerasan beton, hal ini dikarenakan bahan batuan tidak susut dan hanya pasta semen saja yang mengalami susut.
4. Mencapai susunan yang padat pada beton, dengan gradasi baik maka akan dihasilkan beton yang padat.
5. Mengontol *workability*, dengan gradasi baik maka beton akan mudah dikerjakan.

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, agak kasar, dan kasar.

Tabel 2.1 Gradasi Agregat Halus Menurut SNI 03-2834-2000

Ukuran Saringan	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	92-100	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)

Menurut (ASTM C 136, 2005), pasir yang baik harus memenuhi persyaratan sebagai berikut :

1. Modulus Kehalusan butiran pasir 2,2 sampai 3,2 yaitu :
 - a. Pasir halus : $2,2 < FM < 2,6$
 - b. Pasir sedang : $2,6 < FM < 2,9$
 - c. Pasir kasar : $2,9 < FM < 3,2$

2. Susunan gradasi harus memenuhi syarat seperti label berikut :

Tabel 2.2 Susunan Gradasi Untuk Agregat

Ukuran lubang ayakan	Persen lolos kumulatif
3/8 in (9,5 mm)	100
No.4 (4,75 mm)	90 – 100
No.8 (2,36 mm)	75 – 100
No.16 (1,19 mm)	55 – 90
No.30 (0,6 mm)	35 – 59
No.50 (0,3 mm)	8 – 30
No.100 (0,15 mm)	0 – 10

Sumber : (ASTM C 136, 2005)

3. Kadar lumpur atau bagian yang lebih kecil dari 75 mikron (ayakan No. 200), tidak boleh 5% (terhadap berat kering). Jika kadar lumpur melebihi 5% maka agregat harus dicuci.
4. Kadar liat tidak boleh melebihi 1% (terhadap berat kering).
5. Agregat halus tidak boleh mengandung zat organik karena dapat menimbulkan reaksi dengan senyawa-senyawa semen oleh karena itu mengurangi kualitas adukan betonnya. Kadar zat organik ditentukan dengan mencampurkan agregat halus dengan NaOH 3% yang dicampurkan dengan 388 ml aquades, tidak menghasilkan warna yang lebih tua jika dibandingkan warna standard. Apabila warna lebih tua maka ditolak kecuali :
 - a. Warna lebih tua timbul karena sedikit adanya arang lignit atau yang sejenisnya.
 - b. Ketika diuji dengan uji perbandingan kuat tekan beton yang dibuat dengan pasir standard silika hasilnya menunjukkan nilai yang lebih besar dari 95%

2.3.3 Agregat Kasar

Menurut SNI 1970-2008, agregat kasar adalah kerikil sebagai hasil disintegrasi alami dari batuan atau berupa batu pecah yang diperoleh dari pemecah batu dan mempunyai ukuran butir antara 4,75 mm (No.4) sampai 40 mm (1½ inci).

Menurut PBI (1971), Pasal 3,4 syarat-syarat agregat kasar (kerikil) adalah sebagai berikut :

1. Disebut agregat kasar karena tidak memiliki pori-pori yang lebih besar dari 20% dari berat agregat seluruhnya. Agregat kasar harus memiliki ketahanan yang baik dalam keadaan cuaca panas ataupun dingin.
2. Tidak boleh mengandung lumpur lebih dari 1% yang ditentukan terhadap berat kering. Jika melebihi 1% maka agregat kasar yang akan digunakan dicuci terlebih dahulu.
3. Agregat kasar tidak boleh mengandung zat-zat yang bisa merusak beton, seperti zat-zat yang reaktif alkali.
4. Berdasarkan SNI 2847-2013 (Persyaratan beton struktural untuk bangunan gedung) ukuran maksimum agregat kasar harus tidak melebihi :
 - a. $\frac{1}{5}$ jarak terkecil antara sisi cetakan
 - b. $\frac{1}{3}$ ketebalan slab
 - c. $\frac{3}{4}$ jarak bersih minimum antara tulangan atau kawat, 10rgani tulangan, atau tendon prategang, atau selongsong.

Pemeriksaan material agregat kasar ini sesuai dengan standar ASTM C33 (1986), agregat kasar diteliti :

- 1) Modulus kehalusan
- 2) Berat jenis
- 3) Penyerapan
- 4) Kadar air
- 5) Kadar lumpur
- 6) Berat isi
- 7) Keausan agregat

2.3.4 Air

Air yang digunakan untuk campuran beton harus bersih bebas dari asam, alkali dan minyak atau dapat dikonsumsi (diminum). Air sangatlah berpengaruh

terhadap komposisi beton, hal ini dapat terlihat bahwa w/c sangat mempengaruhi kekuatan tekan terhadap beton. Air yang digunakan sebagai pereaksi terhadap semen, serta untuk menjadi bahan pelumas antara butir-butir agregat supaya mudah dikerjakan dan dipadatkan.

Fungsi dari air pencampur adalah sebagai berikut:

1. Membasahi agregat dan melindungi dari 10rganic dari reaksi kimia.
2. Menjadi formulasi terhadap semen untuk menjadikan pasta yang gabungan antara keduanya menjadi reaksi kimia yang berubah menjadi panas hidrasi.
3. Menjadi *flux* material semen untuk melewati ke seluruh permukaan agregat.
4. Membuat adukan beton mudah dikerjakan.
5. Melumasi campuran beton agar mudah ditempatkan dan seragam pada pengecoran disudut manapun pada kolom dan balok.

Menurut (Departemen Pekerjaan Umum, 1982), pemakaian air yang memenuhi syarat sebagai berikut :

1. Air harus bersih, tidak mengandung lumpur lebih dari 2 gr/lt, minyak dan benda terapung lainnya yang dapat dilihat secara visual.
2. Tidak mengandung benda-benda tersuspensi lebih dari 2gr/lt.
3. Tidak mengandung garam-garam yang dapat merusak beton lebih dari 15 gr/lt.
4. Tidak mengandung senyawa sulfat lebih dari 1 gr/lt.
5. Tidak mengandung klorida (Cl) lebih dari 0.5 gr/lt.

2.4 Bahan Tambah

Dalam standar *Definitions of Terminology Relating to Concrete and Concrete Aggregates* (ASTM C. 125-1995:61) dan dalam *Cement and Concrete Terminology* (ACI SP-19), bahan tambah didefinisikan sebagai material selain air,

agregat dan semen hidrolis yang dicampurkan dalam beton atau mortar yang ditambahkan sebelum ataupun selama pengadukan berlangsung.

Tujuannya untuk mengubah satu atau lebih sifat-sifat beton sewaktu masih dalam keadaan segar atau mengeras. Bahan tambah dibagi menjadi dua yaitu bahan tambah yang dapat larut dalam air (*Admiral Admixture*) dan bahan yang tidak dapat larut dalam air (*Mineral Admixture*).

2.4.1 Styrofoam

Styrofoam berasal dari kata *styrene* (zat kimia bahan dasar), dan *foam* (busa/buih). *Styrofoam* atau *expanded polystyrene* terdiri dari *polystyrene*, *polystyrene* sendiri dihasilkan dari *styrene* ($C_6H_5CH=CH_2$), yang mempunyai gugus *phenyl* (enam cincin karbon) yang tersusun secara tidak teratur di sepanjang garis karbon. Penggabungan acak dari benzeno mencegah molekul membentuk garis yang sangat lurus sehingga hasilnya merupakan *polyester* yang mempunyai bentuk tidak tetap, transparan dan dalam berbagai bentuk plastik. *Polystyrene* merupakan bahan yang baik jika meninjau dari segi suhu, namun bersifat agak rapuh dan lunak pada suhu dibawah $100^{\circ}C$ (Wibowo & Setiawan, 2019).

Styrofoam atau *expanded polystyrene* memiliki berat satuan antara 13-22 kg/m^3 . *Styrofoam* sangat ringan, karena kandungan di dalamnya 95% udara dan 5% *styrene*. Selain ringan *styrofoam* juga memiliki kemampuan menyerap air yang sangat kecil (kedap air). Penggunaan *styrofoam* dapat dianggap sebagai rongga udara. Namun keuntungan jika menggunakan *styrofoam* dibandingkan menggunakan rongga udara dalam beton berongga adalah *styrofoam* mempunyai kekuatan tarik (Steffani et al., 2019)

Selain ringan *styrofoam* dapat juga bekerja sebagai serat yang dapat meningkatkan kemampuan kekuatan dan khususnya daktilitas beton. Kerapatan atau berat satuan beton dengan campuran *styrofoam* dapat diatur dengan mengatur jumlah *styrofoam* yang digunakan dalam beton untuk mendapatkan beton dengan

berat satuan yang lebih kecil. Namun kuat tekan yang akan diperoleh tentunya akan lebih rendah. (Miswar, 2018)

2.5 Perencanaan Campuran Beton Standar Menurut SNI 03-2834-2000

Langkah-langkah pokok cara perancangan menurut standar ini yaitu :

1. Menentukan kuat tekan beton yang disyaratkan (f_c') pada umur tertentu.
2. Perhitungan nilai deviasi standar (S)

Faktor pengali untuk standar deviasi dengan hasil uji < 30 dapat dilihat pada tabel 2.3. Pada tabel ini dapat langsung mengambil nilai standar deviasi berdasarkan jumlah benda uji yang akan dicetak.

Tabel 2.3 Faktor Pengali Untuk Standar Deviasi Berdasarkan Jumlah Benda Uji Yang Tersedia (SNI 03-2834-2000)

Jumlah Pengujian	Faktor Pengali Deviasi Standar
< 15	$F_c' + 12$ Mpa
15	1,16
20	1,08
25	1,03
30 atau lebih	1,00

Tabel 2.4 Nilai Deviasi Standar Untuk Berbagai Tingkat Pengendalian Mutu Pekerjaan (SNI 03-2834-2000)

Tingkat Pengendalian Mutu Pekerjaan	Sd (MPa)
Memuaskan	2,8
Sangat Baik	3,5
Baik	4,2
Cukup	5,6
Jelek	7,0
Tanpa Kendali	8,4

3. Perhitungan nilai tambah atau margin

Nilai tambah (M) untuk kuat tekan rencana dapat dihitung dengan menggunakan persamaan berikut.

$$M = 1,64 \times Sd$$

Keterangan :

M = Nilai tambah (MPa)

1,64 = Tetapan statistik yang nilainya tergantung pada persentase kegagalan hasil uji sebesar 5%

Sd = Deviasi standar rencana (MPa)

4. Kuat tekan rata-rata perlu (f'_{cr})

Kuat tekan rata-rata perlu diperoleh dengan rumus :

$$f'_{cr} = f'_c + M$$

Keterangan :

f'_{cr} = Kuat tekan rata-rata perlu (Mpa)

f'_c = Kuat tekan yang disyaratkan (Mpa)

M = Nilai tambah (Mpa)

5. Menentukan jenis semen yang digunakan

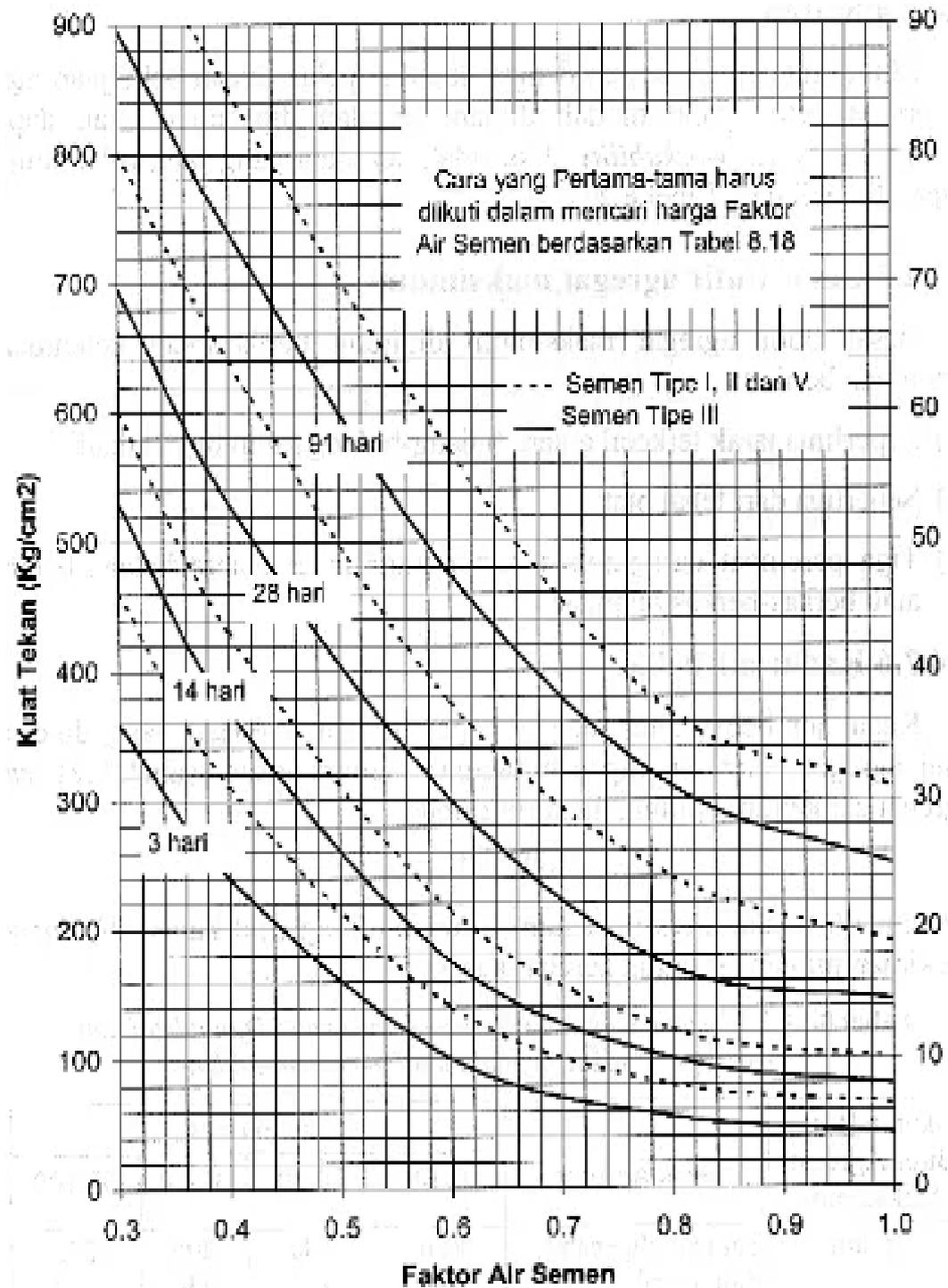
6. Penetapan jenis agregat

7. Penetapan nilai faktor air semen (FAS)

Tabel 2.5 Perkiraan Kuat Tekan Beton Dengan FAS

Jenis semen	Jenis agregat Kasar	Kekuatan tekan (MPa)				Bentuk
		Pada umur (hari)				
		3	7	28	29	Bentuk uji
Semen Portland Tipe 1	Batu tak dipecahkan	17	23	33	40	Silinder
	Batu pecah	19	27	37	45	
Semen tahan sulfat Tipe II, V	Batu tak dipecahkan	20	28	40	48	Kubus
	Batu pecah	25	32	45	54	
Semen Portland tipe III	Batu tak dipecahkan	21	28	38	44	Silinder
	Batu pecah	25	33	44	48	
	Batu tak dipecahkan	25	31	46	53	Kubus
	Batu pecah	30	40	53	60	

Grafik Hubungan Antara Kuat Desak Dan Faktor Air Semen Untuk Benda Uji Silinder di halaman selanjutnya



Gambar 2.1 Grafik Hubungan Antara Kuat Desak Dan Faktor Air Semen Untuk Benda Uji Silinder

8. Menentukan air semen maksimum dan jumlah semen minimum

Tabel 2.6 Persyaratan Jumlah Semen Minimum Dan Faktor Air Semen Maksimum

Lokasi Pembetonan	Jumlah Semen Minimum Per-m ³ Beton (Kg)	Nilai FAS Maksimum
Beton di dalam ruang bangunan :		
a. Keadaan keliling non- korosif	275	0,60
b. Keadaan keliling korosif disebabkan oleh kondensasi atau uap korosif	325	0,52
Beton diluar ruangan bangunan		
a. Tidak terlindungi dari hujan dan terik matahari langsung	325	0,60
b. Terlindung dari hujan dan terik matahari langsung	275	0,60
Beton masuk kedalam tanah :		
a. Mengalami keadaan basah dan kering beganti-ganti	325	0,55
b. Mendapat pengaruh sulfat dan alkali dari tanah		Lihat tabel 5 (SNI 03-2834-2000)
Beton kontinu berhubungan :		Lihat tabel 6 (SNI 03-2834-2000)
a. Air laut		
b. Air tawar		

9. Penetapan nilai slump

Penetapan nilai slump ditentukan, berupa 0-10 mm, 10-30 mm, 30-60 mm atau 60-180 mm.

10. Penetapan besar butir agregat maksimum

Penetapan besar butir maksimum agregat beton standar ada 3, yaitu 10 mm, 20 mm, 40 mm.

11. Menentukan jumlah kadar air bebas

Tabel 2.7 Perkiraan Kadar Air Bebas (Kg/m^3) Yang Dibutuhkan Beberapa Tingkat Kemudahan Pengerjaan Adukan Beton (SNI 03-2834-2000)

Ukuran Besar Butiran Agregat Maksimum (mm)	Jenis Agregat	Slump (mm)			
		0-10	10-30	30-60	60 -180
10	Batu tak pecah	150	180	205	225
	Batu Pecah	180	205	230	250
20	Batu tak pecah	137	160	180	195
	Batu Pecah	170	190	210	225
40	Batu tak pecah	115	140	160	175
	Batu Pecah	155	175	190	205

12. Agregat campuran (tak pecah dan pecah)

13. Berat semen yang diperlukan per meter kubik beton

14. Jumlah semen maksimum jika tidak ditetapkan, dan diabaikan

15. Menentukan jumlah semen semimumum mungkin. Dapat dilihat 2.6 dari tabel tersebut kita dapat mengambil jumlah semen minimum nilai faktor air semen maksimum menurut kondisi beton yang akan dicetak nantinya.

16. Menentukan faktor air semen yang disesuaikan jika jumlah semen berubah karena lebih kecil dari jumlah semen minimum yang ditetapkan (atau lebih besar dari jumlah semen maksimum yang disyaratkan), maka faktor air semen harus diperhitungkan Kembali.

17. Penetapan jenis agregat halus :

Agregat halus diklasifikasikan menjadi 4 jenis, yaitu pasir kasar, agak kasar, agak halus dan pasir halus

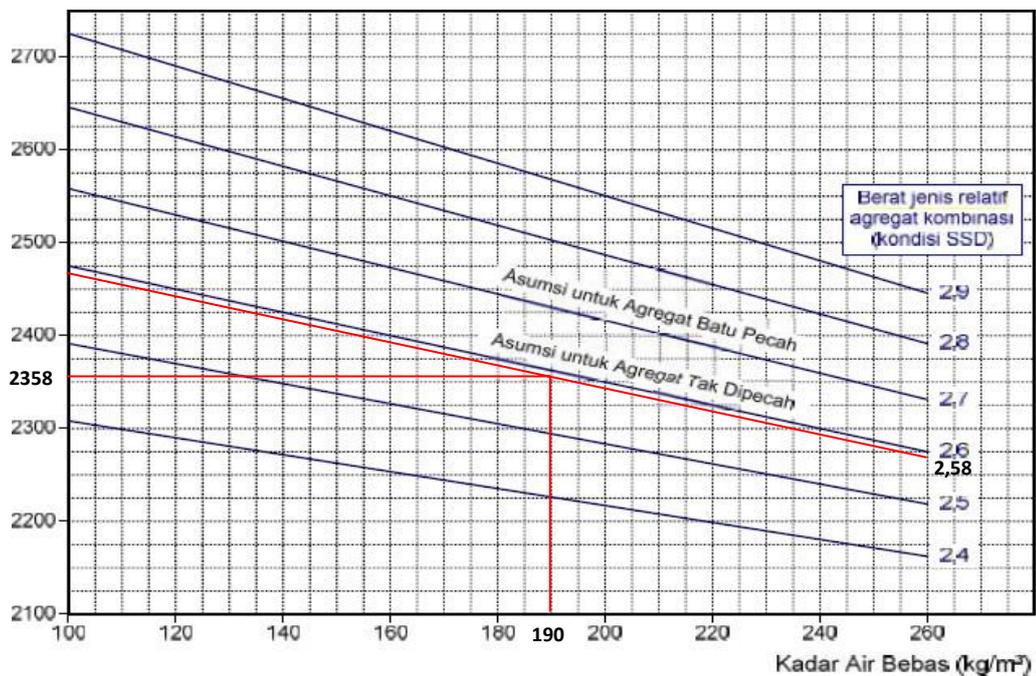
18. Penetapan jenis agregat kasar

19. Proporsi berat agregat halus terhadap agregat campuran

Proporsi berat agregat halus ditetapkan dengan cara menghubungkan kuat tekan rencana dengan faktor air semen menurut slump yang digunakan tegak lurus berpotongan.

20. Berat jenis agregat campuran

21. Perkiraan berat isi beton



Gambar 2.2 Hubungan Kandungan Air, Berat Jenis Agregat Campuran Dan Berat Isi Beton (SNI 03-2834-2000)

22. Menghitung kebutuhan berat agregat campuran.

23. Menghitung berat agregat halus yang diperlukan kebutuhan agregat halus dihitung dengan rumus :

$$W_{\text{agregat halus}} = K_h \times W_{\text{agregat campuran}}$$

Keterangan :

K_h = persentase berat agregat halus terhadap agregat campuran (%)

$W_{\text{agregat campuran}}$ = kebutuhan agregat campuran per meter kubik beton (kg/m^3)

24. Hitung berat agregat kasar yang diperlukan

Kebutuhan agregat kasar dihitung dengan rumus:

Wagregat kasar = Kk x Wagregat campuran

Keterangan :

Kk = persentase berat agregat kasar terhadap campuran (%)

Wagregat campuran = kebutuhan agregat campuran per meter kubik beton (kg/m^3)

25. Menghitung proporsi campuran, kondisi agregat dalam kejadian jenuh kering permukaan semen, air agregat halus dan agregat kasar harus dihitung dalam per m^3 adukan.

26. Koreksi proporsi campuran menurut perhitungan

Apabila agregat tidak dalam keadaan jenuh kering permukaan proporsi campuran harus dikoreksi terhadap kandungan air dalam agregat. Koreksi proporsi campuran harus dilakukan terhadap kadar air dalam agregat paling sedikit satu kali dalam sehari dan harus dihitung menurut rumus sebagai berikut :

$$\text{a. Air} = B - (\text{Ck} - \text{Ca}) \times \frac{\text{C}}{100} - (\text{Dk} - \text{Da}) \times \frac{\text{D}}{100}$$

$$\text{b. Agregat halus} = \text{C} + (\text{Ck} - \text{Ca}) \times \frac{\text{C}}{100}$$

$$\text{c. Agregat kasar} = \text{D} + (\text{Dk} - \text{Da}) \times \frac{\text{D}}{100}$$

Keterangan :

B = jumlah air (kg/m^3)

C = agregat halus (kg/m^3)

D = jumlah agregat kasar (kg/m^3)

Ca = penyerapan air pada agregat halus (%)

Da = penyerapan agregat kasar (%)

Ck = kandungan air dalam agregat halus (%)

Dk = kandungan air dalam agregat kasar (%)

2.6 Slump Test

Slump test beton adalah pengujian yang dilakukan untuk mengetahui seberapa besar adukan beton yang akan di produksi. Untuk menentukan kualitas sebuah *mix design* beton, perlu dilakukan pengujian kadar kekentalan beton untuk mencapai kuat tekan beton rencana.

Pengambilan nilai *slump* dilakukan untuk setiap campuran baik pada beton standar maupun beton yang menggunakan zat adiktif dan bahan tambahan. Pengujian *slump* dilakukan pada beton segar yang dituangkan kedalam kerucut abrams. Pengisian beton segar dilakukan dalam tiga lapisan 1/3 dari tinggi kerucut abrams. Setiap lapisan harus dipadatkan dengan ditusuk-tusuk sebanyak 25 kali menggunakan tongkat besi anti karat. Setelah penuh sampai permukaan atasnya diratakan. Kemudian kerucut abrams diangkat secara vertikal dan *slump* dapat diukur dengan cara mengukur perbedaan tinggi antara kerucut abrams dengan tinggi beton.

Pada pengujian nilai *slump* menggunakan kerucut abrams merupakan pengetesan tertua di Indonesia. Penggunaan cara ini didasarkan atas standar ASTM C-143. Terdapat beberapa alat yang dibutuhkan dalam proses pengujian diantaranya :

1. Penggunaan kerucut abrams dengan diameter sekitar 20 cm di bagian bawah. Diameter bagian atas berkisar 10 cm dan tingginya mencapai 30 cm. Kedua sisi pada kerucut tersebut saling berhadapan dan memiliki pengangan untuk mempermudah saat proses pengangkatan kerucut pada tes *slump*
2. Penumbuk dengan diameter 16 mm dan panjangnya mencapai 60 cm terbuat dari bahan baja. Memiliki ujung yang tumpul dan berfungsi untuk memadatkan campuran beton yang telah diisikan ke dalam kerucut abrams.

Ada tiga macam tipe *slump* yaitu :

1. *Slump* sebenarnya, terjadi apabila penurunannya seragam tanpa ada yang runtuh.
2. *Slump* geser, terjadi bila separuh puncaknya bergeser dan tergelincir kebawah pada bidang miring.

3. *Slump* runtuh, terjadi bila kerucut runtuh semuanya.

2.7 Perawatan Beton (*Curing*)

Perawatan beton dilakukan saat beton sudah mulai mengeras bertujuan untuk menjaga agar beton tidak cepat kehilangan udara dan sebagai Tindakan menjaga kelembaban atau suhu sehingga beton dapat mencapai mutu beton yang diinginkan. Proses perawatan ini meliputi pemeliharaan kelembaban dan kondisi suhu, baik dalam maupun di permukaan beton dalam periode waktu tertentu.

Perawatan beton sangat berpengaruh terhadap sifat-sifat beton keras seperti keawetan, kekuatan, sifat rapat air, ketahanan abrasi, stabilitas volume dan ketahanan terhadap pembekuan. Tujuan perawatan beton :

1. Menjaga beton dari kehilangan air semen yang banyak pada saat-saat *setting time concrete*
2. Menjaga perbedaan suhu beton dengan lingkungan yang terlalu besar
3. Stabilitas dari dimensi struktur
4. Mendapatkan kekuatan beton yang tinggi
5. Menjaga beton dari kehilangan air akibat penguapan pada hari pertama
6. Menjaga supaya tidak terjadi keretakan pada beton

Menurut SNI 03-2837-2002 curing disyaratkan selama :

- 2.1 Semen tipe I, waktu minimum *curing* 7 hari
- 2.2 Semen tipe II, waktu minimum *curing* 10 hari
- 2.3 Semen tipe III, waktu minimum *curing* 3 hari
- 2.4 Semen tipe IV atau V minimum *curing* 14 hari

Temperatur maksimum perawatan beton terletak diantara 40-100°C. Akan tetapi, temperatur optimum terletak diantara 65-80°C. Lebih tinggi temperatur maka semakin rendah batas kekuatan. Sedangkan jika temperaturnya lebih rendah maka membutuhkan perawatan yang lebih lama tetapi memberikan kekuatan batas yang lebih baik (Angjaya et al., 2013).

2.8 Pengujian Kuat Tekan Beton

Uji kuat tekan beton adalah upaya mendapatkan nilai estimasi kuat tekan beton pada struktur eksisting, dengan cara melakukan tekanan pada sampel beton dari struktur yang dilaksanakan. Uji kuat tekan beton pada umumnya dilakukan pada usia 3 hari, 7 hari dan 28 hari. Kemudian hasil uji diambil dari nilai rata-rata paling tidak 2 beton yang diuji. Dengan cara ini, dapat diperoleh hasil yang akurat.

$$\Sigma = \frac{P}{A}$$

Keterangan :

σ = Kuat tekan benda uji (Kg/cm²)

P = Besar beban maksimum (Kg)

A = Luas penampang benda uji (cm²)

Kuat tekan beton dipengaruhi oleh hal-hal sebagai berikut ini :

1. *Water cement ratio*

Water cement ratio berpengaruh pada porositas dari pasta semen padat pada setiap proses hidrasi semen. Proses pemadatan juga memberikan efek terhadap porositas. Semakin rendah w/c semakin rendah porositas yang terjadi. Jika beton sedikit porositas (padat) maka kinerja beton semakin tinggi. Dalam pelaksanaan dilapangan w/c rendah tentunya workabilitynya semakin sulit sehingga diperlukan zat *admixture* (terhadap air). Ratio w/c menjadi berubah setelah masuknya bahan tambahan. Proses ini disebut sebagai *water to cementitious ratio*.

2. Kualitas agregat halus

Pada kualitas yang ditinjau dipengaruhi oleh bentuk butiran, tekstur, modulus kehalusan, bersih dari bahan organik, gradasinya.

3. Kualitas agregat kasar

Segi kualitasnya dipengaruhi oleh tingkat porositas, bentuk dan ukurannya, bersih dari bahan organik kuat tekan hancur dan gradasinya.

4. Kadar bahan tambah yang dicampurkan harus dengan dosis yang tepat

5. Prosedur yang benar dan tepat dalam pelaksanaan proses pembuatan beton, yang meliputi uji material, pemilihan material yang baik, penimbangan dan pencampuran material, pengadukan pengangkutan, pengecoran, perawatan dan pengawasan pengendalian (Saifullah, 2011)