

BAB II

LANDASAN TEORI

2.1 Penelitian Terdahulu

untuk mendukung permasalahan terhadap penelitian yang akan penulis lakukan, penulis mencari berbagai *literature* dan penelitian terdahulu (*prior research*) yang masih relevan terhadap masalah yang menjadi obyek penelitian saat ini. dipergunakan untuk pemilihan jenis struktur terutama struktur bangunan, jembatandan jalan.

Berdasarkan hasil eksplorasi terhadap penelitian-penelitian terdahulu, penulis menemukan beberapa penelitian terdahulu yang relevan dengan penelitian ini. Meskipun terdapat keterkaitan pembahasan, penelitian ini masih sangat berbeda dengan penelitian terdahulu. Adapun beberapa penelitian terdahulu tersebut yaitu:

1. Pada penelitian Kuat Tekan Beton yang Mengandung Abu Ampas Kopi dengan Bahan Tambah *Superplasticizer* yang dilakukan oleh Yulius Rief Alkhaly (Alkhaly, 2018)

Tujuan dari penelitian ini untuk mengetahui nilai kuat tekan dari beton yang mengandung abu ampas kopi (AAK) sebesar 5% dengan bahan tambah *superplasticizer* pada variasi 0,5%, 1% dan 2% dari berat semen. Abu ampas kopi didapat dengan cara dibakar pada suhu 700 OC, kemudian dihaluskan hingga lolos saringan no.200 (75 μ m). Benda uji yang digunakan berbentuk silinder dengan diameter 150 mm x 300 mm sebanyak 40 buah. Mutu beton yang direncanakan adalah 35 MPa dengan FAS 0,385. Hasil

pengujian kuat tekan beton normal pada umur 28 hari (BN) sebesar 35,98 MPa. Pada pengurangan air adukan 10% dan penambahan *superplasticizer* 0,5%, 1% dan 2% didapat nilai kuat tekan sebesar 42,32 MPa, 43,33 MPa, dan 47,83 MPa, meningkat sebesar 17% sampai 33% dari kuat tekan beton normal. Hasil penelitian juga menunjukkan bahwa substitusi abu ampas kopi 5% terhadap berat semen tanpa *superplasticizer* memberi peningkatan kuat tekan sebesar 3,78% dari beton normal. Pada substitusi AAK sebesar 5% dan dengan tambahan *superplasticizer* sebesar 0,5%, 1% dan 2%, dihasilkan kuat tekan masing-masing sebesar 44,71 MPa, 45,90 MPa dan 49,74 MPa. Ketiga mutu beton ini dapat dikategorikan dalam beton mutu tinggi.

2. Uji Kuat Tekan Beton Dengan Pemanfaatan Abu Ampas Kopi Sebagai Substitusi Parsial Semen yang dilaksanakan oleh Hartini. (Hartini, 2021)

Pada penelitian digunakan 4 variasi komposisi yaitu beton tanpa substitusi abu ampas kopi dan penambahan abu ampas kopi 2,5%, 5%, dan 7,5% terhadap berat semen. Pengujian ini meliputi uji karakteristik dan kuat tekan beton yang dilakukan pada umur perawatan 3, 7 dan 28 hari, dengan benda uji silinder dimensi 15 cm x 30 cm. Mutu beton rencana yaitu 20 MPa (200 Kg/cm²). Hasil dari nilai uji kuat tekan normal umur 3 hari sebesar 7,98 MPa, umur 7 hari sebesar 12,98 MPa, dan 28 hari sebesar 20,01 MPa, pada persentase 2,5% hasil uji kuat tekan umur 3 hari sebesar 8,27 MPa, umur 7 hari 13,66 MPa, dan umur 28 hari sebesar 20,97 MPa, pada persentase 5% hasil uji kuat tekan umur 3 hari 8,17 MPa, umur 7 hari 13,37 MPa, umur 28 hari 20,68 MPa, pada persentase 7,5% hasil uji kuat tekan umur 3 hari 8,08 MPa, umur 7 hari 13,18 MPa, dan 28 hari sebesar 20,39 MPa². dari hasil rata-rata uji kuat tekan umur

28 hari diperoleh bahwa persentase 2,5%, 5%, dan 7,5% mengalami peningkatan berkisar 1,54%-5,24% terhadap nilai kuat tekan beton normal.

3. Pengaruh Abu Ampas Kopi Terhadap Kuat Tekan, Porositas Sebagai Pengganti Semen Pada Pembuatan Beton yang dilakukan oleh Ataya Nabila Panjaitan. (Panjaitan, et al., 2021)

Pada penelitian ini, abu ampas kopi digunakan sebagai material pengganti sebagian semen sebesar 5%, 10%, 15% dan 20%. Ampas kopi yang digunakan berupa abu dan diayak dengan saringan No. 100. Benda uji berbentuk silinder dengan dimensi 30 cm x 15 cm dengan masing-masing variasi 5 buah benda uji untuk 2 pengujian yaitu kuat tekan dan porositas. Kuat tekan rencana beton adalah $f'c$ 25 (beton normal). Pengujian kuat tekan dan porositas dilakukan pada saat umur beton 28 hari. Nilai kuat tekan beton normal sebesar 25.10543 MPa. Nilai kuat tekan beton menggunakan abu ampas kopi dengan persentase 5 % sebesar 25.18956 MPa, persentase 10 % sebesar 20.79872 MPa, persentase 15 % sebesar 17.10117 MPa, dan persentase 20 % sebesar 13.28807 MPa. Nilai porositas beton normal sebesar 0.592212 %. Nilai porositas beton menggunakan abu ampas kopi dengan persentase 5 % sebesar 0.690914 %, persentase 10 % sebesar 0.736974 %, persentase 15 % sebesar 0.756715 %, dan persentase 20 % sebesar 0.789615 %.

Tabel 2.1 Penelitian Terdahulu

NO.	Nama	Judul	Penelitian
1.	Yulius Rief Alkhaly dan Ya'qub Fedriansyah (2018)	Kuat Tekan Beton yang Mengandung Abu Ampas Kopi Dengan Bahan Tambah <i>Superplasticizer</i>	Tujuannya untuk mengetahui nilai kuat tekan dari beton yang mengandung abu ampas kopi (AAK) sebesar 5% dengan bahan tambah <i>superplasticizer</i> pada variasi 0,5%, 1% dan 2% dari berat semen.
2.	Hartini (2021)	Uji Kuat Tekan Beton Dengan Pemanfaatan Abu Ampas Kopi Sebagai Substitusi Parsial Semen	Beton tanpa substitusi abu ampas kopi dan penambahan abu ampas kopi 2,5%, 5%, dan 7,5% terhadap berat semen. Kuat tekan beton yang dilakukan pada umur perawatan 3, 7 dan 28 hari. Mutu beton rencana yaitu 20 MPa (200 Kg/cm ²)
3.	Ataya Nabila Panjaitan, Rizky Suci Ramadhani, dan Ernie Shinta Y Sitanggang (2021)	Pengaruh Abu Ampas Kopi Terhadap Kuat Tekan, Porositas Sebagai Pengganti Semen Pada Pembuatan Beton	Abu ampas kopi digunakan sebagai material pengganti sebagian semen sebesar 5%, 10%, 15% dan 20%. Kuat tekan rencana beton adalah f'_c 25 (beton normal). Pengujian kuat tekan dan porositas dilakukan pada saat umur beton 28 hari.

Sumber: Alkhaly & Fedriansyah, 2018, Hartini, 2021, Panjaitan, et al., 2021

Tabel 2.2 Penelitian Sekarang

NO.	Nama	Judul	Penelitian
1.	Fajar Nurman Rizqullah	Pengaruh Penggunaan Ampas Kopi dan <i>Superplasticizer</i> Terhadap Kuat Tekan Beton	Perbandingan nilai kuat tekan beton normal dan beton yang menggunakan ampas kopi sebesar 0,5% ,1%, 2%, dan 2,5% dan <i>superplasticizer</i> sebesar 2,63% dari berat semen untuk mengganti Sebagian semen. Mutu beton f'_c 20 MPa pada umur 7, 14, 21, dan 28 hari.

Sumber: Penelitian Sekarang

2.2 Beton

Menurut (SNI-2847:2013, 2013), beton adalah campuran semen *portland* atau semen hidrolis lainnya, agregat halus, agregat kasar, dan air, dengan atau tanpa bahan tambahan (*admixture*). Seiring dengan penambahan umur, beton akan semakin mengeras dan akan mencapai kekuatan rencana ($f'c$) pada usia 28 hari. Beton memiliki daya kuat tekan yang baik oleh karena itu beton banyak dipakai atau dipergunakan untuk pemilihan jenis struktur terutama struktur bangunan, jembatandan jalan.

Tinggi rendahnya kinerja beton tergantung pada karakteristik material penyusunnya dan material substitusi yang digunakan. Semakin baik interaksi kimiawinya maka karakteristik beton akan semakin baik. Bentuk material substitusi bervariasi, antara lain : berbentuk serat, bubuk, serbuk, bahkan cairan dengan hasil bervariasi ditampilkan melalui uji karakteristik mekanik, kimiawi, dan termal.

Beton adalah suatu massa yang terjadi dengan mencampurkan bahan semen, air dan agregat dan bahan tambah (*admixture*) bila diperlukan. Beton dapat diklasifikasikan atas :

- a. Beton non struktural, yaitu beton yang hanya terdiri dari bahan campuran semen, air dan agregat serta bahan tambah (*admixture*) bila di perlukan.
- b. Beton struktural, yaitu beton yang menggunakan bahan campuran semen, air, agregat dan bahan tambah bila di perlukan serta baja tulangan (besi beton).

Perbaikan kualitas serta sifat beton dapat dilakukan dengan berbagai cara antara lain dengan mengganti maupun menambah material pokok semen dan

agregat, sehingga dihasilkan beton dengan sifat-sifat spesifik seperti beton ringan, beton berat, beton tahan bahan kimia tertentu dan sebagainya. Beton serat (*fibre reinforced concrete*) merupakan modifikasi beton konvensional dengan menambahkan serat pada adukannya. Serat yang digunakan dapat dibuat dari berbagai jenis bahan antara lain kawat, plastik, limbah kain, bambu, dan lain-lain.

2.3 Material Penyusun Beton

(Tjokrodimuljo & Kardiyono, 1992) menyatakan bahan-bahan campuran beton terdiri dari kelompok aktif dan kelompok pasif. Kelompok aktif adalah bahan perekat atau pengikat yang terdiri dari semen, air dan bahan tambah kimia (*admixture*) apabila diperlukan. Lalu kelompok pasif ialah bahan pengisi yang antara lain agregat halus (pasir) dan agregat kasar (kerikil).

2.3.1 Semen

Semen adalah suatu jenis bahan yang memiliki sifat adhesi dan kohesi yang memungkinkan melekatnya fragmen - fragmen mineral menjadi suatu massa yang padat. Berdasarkan sifatnya semen dapat dibagi menjadi dua bagian, yaitu :

1. Semen non hidrolis yaitu semen yang tidak dapat mengeras dan tidak stabil didalam air. Contohnya: gips dan kapur keras
2. Semen hidrolis, yaitu semen yang dapat mengeras bila dicampur dengan air.

Contohnya: semen *portland*

Fungsi semen adalah untuk melekatkan butir-butir agregat agar terjadi suatu massa yang kompak dan padat, selain itu juga untuk mengisi rongga-rongga diantara butiran agregat. Jika dilihat dari komposisi semen maka ada empat oksida senyawa utama yang membentuk bahan semen terhadap proses pengikatan dan pengerasan yang terdiri dari batu kapur (*lime stone*) CaO , *Silika* (SiO_2), *Alumina* (Al_2O_3), besi

oksida (Fe_2O_3). Keempat senyawa tersebut bereaksi satu sama lain didalam *klin* membentuk *klinker*. Total kandungan keempat oksida ini $\pm 90\%$ dari total berat semen, sedangkan sisanya terdiri dari oksida magnesium dan beberapa unsur lainnya (*impurities*) seperti alkali, titanium, sulfur dan fosfor (Mindess, et al., 2003). Keempat senyawakompleks tersebut tercantum pada tabel berikut:

Tabel 2.3 Komposisi Utama Semen

Nama Senyawa	Rumus Kimia	Singkatan	Kadar rata-rata (%)
Trikalium Silikat	$3\text{CaO}.\text{SiO}_2$	C_3S	37-60
Dikalsium Silikat	$2\text{CaO}.\text{SiO}_2$	C_2S	15-37
Trikalsium Aluminate	$3\text{CaO}.\text{Al}_2\text{O}_3$	C_3A	7-15
Tetrakalsium AluminaFerit	$4\text{CaO}.\text{Al}_2\text{O}_3.\text{Fe}_2\text{O}_3$	C_4AF	10-20

Sumber: Mindess, Young, & Darwin, 2003

2.3.2 Bahan Penyusun Campuran Beton

Kualitas beton dapat ditentukan dengan cara pemilihan bahan-bahan pembentuk beton yang baik, perhitungan proporsi yang tepat, cara pengerjaan dan perawatan beton dengan baik, serta pemilihan bahan tambah yang tepat dengan jumlah optimum yang diperlukan. Bahan pembentuk beton adalah semen, agregat, air, dan biasanya dengan bahan tambah atau pengisi.

2.3.3 Air

Air pada pembuatan beton digunakan untuk memicu proses kimiawi semen, membasahi agregat dan memberikan kemudahan pada pekerjaan beton. Air yang digunakan sebagai campuran beton umumnya air yang bersih, tidak mengandung senyawa-senyawa yang berbahaya, tercemar garam, minyak, dan bahan kimia lainnya. Hal ini dikarenakan kandungan kimiawi berlebih yang terkandung pada air dapat menurunkan kualitas beton, bahkan dapat mengubah

sifat-sifat beton yang dihasilkan.

SNI 03-2847-2002 menetapkan syarat-syarat mutu air yang digunakan untuk campuran beton, sebagai berikut:

- a. Air yang digunakan pada campuran beton harus bersih dan bebas dari bahan – bahan yang merusak beton, seperti mengandung oli, alkali, garam, dan bahan organik,
- b. Air yang tidak dapat diminum tidak boleh digunakan pada beton kecuali setelah melalui pengujian kualitas air,
- c. Pemilihan proporsi campuran beton harus didasarkan pada campuran beton yang menggunakan air dari sumber yang sama

Berdasarkan keterangan di atas, dapat diambil kesimpulan bahwa air yang dapat digunakan sebagai campuran beton ialah air hujan, air tanah, dan air limbah yang masih memenuhi syarat mutu yang telah ditetapkan. (SNI-03-2847-2002, 2002)

2.3.4 Agregat

Agregat merupakan komponen beton yang paling berperan dalam menentukan besarnya. Agregat untuk beton adalah butiran mineral keras yang bentuknya mendekati bulat dengan ukuran butiran antara 0,063 mm — 150 mm. Agregat menurut asalnya dapat dibagi dua yaitu agregat alami yang diperoleh dari sungai dan agregat buatan yang diperoleh dari batu pecah. Dalam hal ini, agregat yang digunakan adalah agregat alami yang berupa *Coarse Aggregate* (kerikil), *Coarse Sand* (pasir kasar), dan *Fine Sand* (pasir halus). Dalam campuran beton, agregat

merupakan bahan penguat (*strengter*) dan pengisi (*filler*), dan menempati 60% — 75% dari volume total beton.

Keutamaan agregat dalam peranannya di dalam beton :

- a. Menghemat penggunaan semen *Portland*
- b. Menghasilkan kekuatan besar pada beton
- c. Mengurangi penyusutan pada pengerasan beton
- d. Dengan gradasi agregat yang baik dapat tercapai beton yang padat.

2.3.4.1 Agregat Kasar

Agregat kasar (*Coarse Aggregate*) biasa juga disebut kerikil sebagai hasil desintegrasi alami dari batuan atau berupa batu pecah yang diperoleh dari industri pemecah batu, dengan butirannya berukuran antara 4,76 mm — 150 mm. Ketentuan agregat kasar antara lain:

Agregat kasar harus terdiri dari butiran yang keras dan tidak berpori. Agregat kasar yang butirannya pipih hanya dapat dipakai jika jumlah butir-butir pipihnya tidak melampaui 20% berat agregat seluruhnya.

- Agregat kasar tidak boleh mengandung lumpur lebih dari 6% dalam berat keringnya. Bila melampaui harus dicuci.
- Agregat kasar tidak boleh mengandung zat yang dapat merusak beton, seperti zat yang relatif alkali.
- Agregat kasar untuk beton dapat berupa kerikil alam dari batu pecah.
- Agregat kasar harus lewat tes kekerasan dengan bejana penguji Rudeloff dengan beban uji 20 ton.

- Kadar bagian yang lemah jika diuji dengan goresan batang tembaga maksimum 5%.
- Angka kehalusan (*Fineness Modulus*) untuk *Coarse Aggregate* antara 6–7,5. Jenis agregat kasar yang umum adalah:
- Batu pecah alami: Bahan ini didapat dari cadas atau batu pecah alami yang digali.
- Kerikil alami: Kerikil didapat dari proses alami, yaitu dari pengikisan tepi maupun dasar sungai oleh air sungai yang mengalir.
- Agregat kasar buatan: Terutama berupa slag atau shale yang biasa digunakan untuk beton berbobot ringan.
- Agregat untuk pelindung nuklir dan berbobot berat: Agregat kasar yang diklasifikasi disini misalnya baja pecah, barit, magnetit dan limonit.

2.3.4.2 Agregat Halus

Agregat halus untuk beton dapat berupa pasir alam sebagai hasil desintegrasi alami dari batuan-batuan atau berupa pasir buatan yang dihasilkan oleh alat pemecah batu. Agregat ini berukuran 0,063 mm — 4,76 mm yang meliputi pasir kasar (*Coarse Sand*) dan pasir halus (*Fine Sand*). Untuk beton penahan radiasi, serbuk baja halus dan serbuk besi pecah digunakan sebagai agregat halus. Menurut PBI, agregat halus memenuhi syarat:

- Agregat halus harus terdiri dari butiran-butiran tajam, keras, dan bersifat kekal artinya tidak hancur oleh pengaruh cuaca dan temperatur, seperti terik matahari hujan, dan lain-lain.
- Agregat halus tidak boleh mengandung lumpur lebih dari 5 % berat kering, apabila kadar lumpur lebih besar dari 5%, maka agregat halus harus dicuci

bila ingin dipakai untuk campuran beton atau bisa juga digunakan langsung tetapi kekuatan beton berkurang 5 %.

- Agregat halus tidak boleh mengandung bahan organik (zat hidup) terlalu banyak dan harus dibuktikan dengan percobaan warna dari ABRAMS-HARDER dengan larutan NaOH 3%.
- Angka kehalusan (*Fineness Modulus*) untuk *Fine Sand* antara 2,2–3,2.
- Angka kehalusan (*Fineness Modulus*) untuk *Coarse Sand* antara 3,2–4,5.
- Agregat halus harus terdiri dari butiran yang beranekaragam besarnya.

Agregat halus yang tidak memenuhi percobaan tersebut juga dapat dipakai, asal saja kekuatan tekan adukan agregat pada umur 7 dan 28 hari tidak kurang dari 95% dari kekuatan adukan agregat yang sama, tetapi dicuci terlebih dahulu dalam larutan NaOH 3% yang kemudian dicuci bersih dengan air pada umur yang sama.

Agregat halus harus terdiri dari butiran yang beranekaragam dan apabila diayak dengan ayakan susunan harus memenuhi syarat-syarat sebagai berikut:

- Sisa diatas ayakan 4 mm minimum beratnya 2%
- Sisa diatas ayakan 1 mm minimum beratnya 10%
- Sisa diatas ayakan 0,025 beratnya berkisar antara 80% sampai 95%.

2.3.5 Bahan Tambah

Bahan tambah (*admixture*) adalah bahan campuran beton selain semen, air, dan agregat yang dimasukkan pada saat sebelum atau selama proses pencampuran beton dilakukan. Bahan tambah hanya digunakan pada kondisi atau tujuan tertentu dengan jumlah yang relatif sedikit, namun membuat pengaruh yang cukup besar terhadap campuran beton. (Antoni dan Nugraha,

2007).

Standar ASTM C 494 membedakan bahan tambah kimia dalam pencampuran beton menjadi beberapa bagian, antara lain:

1. Tipe A "*Water Reducing Admixture*" merupakan bahan tambah yang digunakan untuk mengurangi air pencampur agar didapat beton dengan konsistensi tertentu.
2. Tipe B "*Retarding Admixture*" merupakan bahan tambah yang berfungsi untuk mengurangi waktu pengikatan beton agar memberikan waktu yang lebih lama dalam pengerjaan dan tetap mudah dikerjakan.
3. Tipe C "*Accelerating Admixture*" merupakan bahan tambah yang berguna untuk mempercepat waktu pengikatan dan pengembangan kekuatan awal beton.
4. Tipe D "*Water Reducing and Retarding Admixture*" merupakan bahan tambah yang berguna untuk mengurangi air pencampur dan memperlambat waktu pengikatan beton.
5. Tipe E "*Water Reducing and Accelerating Admixture*" merupakan bahan tambah yang berguna untuk mengurangi air pencampur dan mempercepat waktu pengikatan serta kekuatan awal beton.
6. Tipe F "*Water Reducing, High Range Admixture*" merupakan bahan yang berguna untuk mengurangi air pencampur sebanyak 12% atau lebih atau lebih dikenal dengan nama "*Superplasticizer*".
7. Tipe G "*Water Reducing, High Range Retarding Admixture*" merupakan bahan tambah yang berguna untuk mengurangi air pencampur dan memperlambat waktu pengikatan beton. Tipe ini

merupakan gabungan tipe B dan F. (ASTM.C.494, 1985)

Terdapat beberapa alasan utama digunakannya bahan tambah dalam campuran beton, diantaranya adalah:

1. Untuk mengurangi biaya konstruksi,
2. Untuk mencapai sifat atau karakteristik tertentu pada beton, dengan menggunakan bahan tambah dirasa lebih efektif dibandingkan dengan cara lain,
3. Untuk menjaga kualitas beton selama tahap pencampuran, pengangkutan, penempatan, dan perawatan dalam kondisi cuaca yang buruk,
4. Untuk mengatasi keadaan darurat tertentu yang terjadi selama proses pengecoran.

2.3.5.1 Ampas Kopi

Ampas kopi juga merupakan limbah industri pangan yang di hasilkan dari pengolahan biji kopi. dari 0,50 kg bubuk kopi yang siap di gunakan menghasilkan $\pm 0,34$ kg ampas kopi. Sebagaimana halnya limbah industri pangan yang lain, maka limbah ampas kopi mempunyai potensi di manfaatkan sebagai material substitusi sebagai semen. Ampas kopi merupakan pupuk organik yang ekonomis dan ramah lingkungan. Ampas kopi mengandung 2,28% nitrogen, fosfor 0,06% dan 0,6 kalium. pH ampas kopi sedikit asam, berkisar 6,2 pada skala pH. Selain itu, ampas kopi mengandung magnesium, sulfur, dan kalsium yang berguna untuk pertumbuhan tanaman. (Alkhaly & Syahfitri, 2016)

2.3.5.2 *Superplasticizer*

Dalam dunia konstruksi saat ini, penggunaan *superplasticizer* tidak lagi menjadi hal baru, terutama untuk konstruksi yang mensyaratkan mutu beton yang tinggi. Beton mutu tinggi pada dasarnya memiliki faktor air semen (*water/cement ratio*) yang rendah sehingga adukan menjadi kental dan proses pengisian campuran beton ke dalam cetakan atau bekisting menjadi sulit. *Superplasticizer* adalah bahan tambah yang dimasukkan kedalam beton segar yang berfungsi dapat meningkatkan nilai *slump* untuk memudahkan *workability*. *Superplasticizer* juga dapat meningkatkan mutu beton akibat pengurangan pemakaian air sehingga faktor air semen menjadi lebih rendah dengan *slump* yang meningkat. Faktor air semen yang merupakan faktor utama penentu mutu beton. *Superplasticizer* yang digunakan pada penelitian ini adalah Sikament LN.

Penggunaan Sikament LN dapat meminimalkan faktor air semen sekecil mungkin, hingga air yang diperlukan hanya untuk reaksi hidrasi semen saja. Sikament-LN adalah jenis bahan tambah kimia untuk pengurang kadar air (*water reducer*) dan mempercepat waktu ikat (*accelerator*). Sesuai dengan namanya (*water reducer*), admixture jenis ini berguna untuk mengurangi air campuran tanpa mengurangi *workability*. Admixture ini juga dapat mempercepat proses ikatan dan pengerasan beton yang memerlukan waktu penyelesaian segera atau sebagai *accelerator*. Sikament LN dapat digunakan pada batas pemakaian dosis 0,30% - 2,0% dari total berat semen tergantung pada persyaratan mengenai *workability* dan kekuatan. Sikament LN juga memiliki berat jenis atau *density* sebesar $1,2 \pm 0,1$ kg/L atau $1,2 \pm 0,1$ g/m³ pada suhu 20° C. (Sika, 2023)

2.3.6 Perancangan Campuran Beton

Pada penelitian ini akan menggunakan metode perencanaan campuran adukan beton yang mengacu pada standar SNI-03-2834-2000. Tata cara urutan perencanaan campuran beton adalah sebagai berikut.

- a) Menentukan kuat tekan beton dan menghitung nilai deviasi standar. Apabila jumlah data hasil uji kurang dari 30 buah maka dilakukan koreksi terhadap nilai deviasi standar dengan suatu faktor Faktor nilai deviasi standar untuk berbagai tingkat pengendalian mutu pekerjaan dapat dilihat pada Tabel 2.4 sebagai berikut:

Tabel 2.4 Faktor Pengali untuk Deviasi Standar

Jumlah Benda Uji	Faktor Pengali
<15	-
15	1,16
20	1,08
25	1,03
≥ 30	1,00

Sumber: SNI 03-2834-2000

Tabel 2.5 Nilai Deviasi Standar untuk Berbagai Tingkat Pengendalian Mutu Pekerjaan

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

Sumber: SNI 03-2834-2000

b) Menghitung nilai tambah dengan Persamaan berikut:

$$M = 1,64 \times S_d \quad (1)$$

dengan:

M = Nilai tambah

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

S_d = Deviasi standar rencana

c) Kuat tekan beton rata-rata yang ditargetkan dapat dihitung dengan menggunakan persamaan dibawah ini:

$$f_{cr} = f^c + M \quad (2)$$

dengan:

f_{cr} = Kuat tekan rata-rata yang direncanakan (MPa)

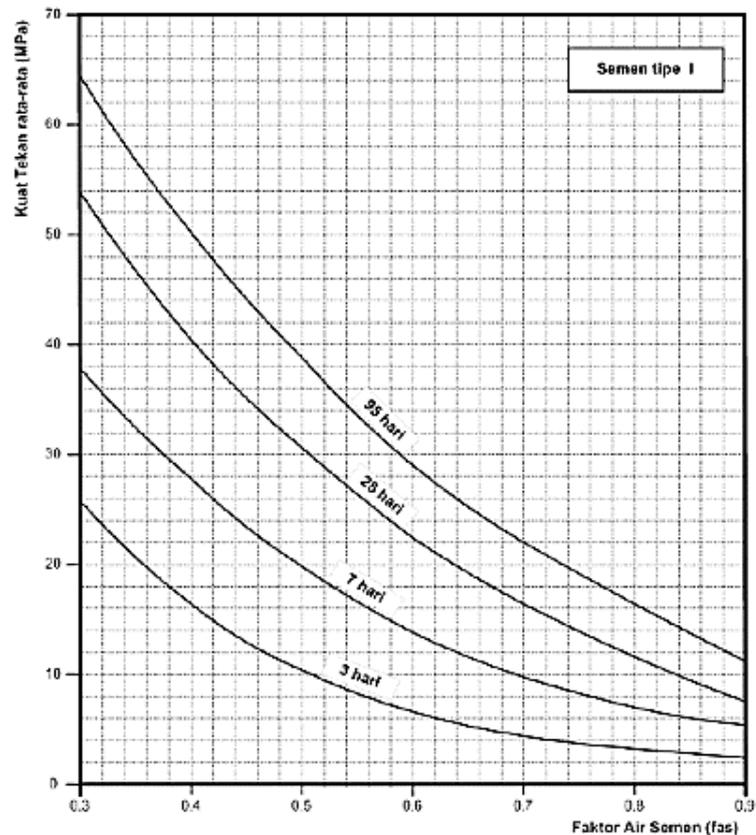
f^c = Kuat tekan yang disyaratkan (MPa)

M = Nilai tambah (MPa)

d) Menentukan jenis semen yang digunakan.

e) Menentukan jenis agregat yang digunakan.

f) Menentukan faktor air semen (FAS) dengan menggunakan Tabel 2.6 dan grafik pada Gambar 2.1 dari kedua nilai diambil FAS yang terkecil.



Gambar 2.1 Grafik Hubungan Faktor Air Semen dan Kuat Tekan Beton untuk Benda Uji Silinder

Sumber: SNI 03-2834-2000

Tabel 2.6 Perkiraan Kuat Tekan Beton (MPa) dengan FAS = 0,5

Jenis Semen	Jenis Agregat Kasar	Kuat Tekan (MPa)				Benda Uji
		Pada Umur (hari)				
		3	7	28	91	
Semen Portland Tipe I	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	23	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	

Sumber: SNI 03-2834-2000

Tabel 2.7 Persyaratan FAS Maksimum dan Jumlah Semen Minimum untuk Berbagai Pembetonan dan Lingkungan Khusus

Jenis Pembetonan	Jumlah Semen minimum per-m ³ beton (kg)	Nilai fas maksimum
Beton didalam ruangan 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	325 275	0,60 0,60
b. Terlindungi dari hujan dan Terik matahari langsung		
Beton masuk ke dalam tanah		
a. Mengalami keadaan basah dan kering berganti-ganti	325	0,55
b. Mendapatkan pengaruh sulfat dan alkali dari tanah		Tabel 5
Beton yang kontinu berhubungan dengan air tawar dan air laut		Tabel 6

Sumber: SNI 03-2834-2000

- g) Nilai *slump* yang merupakan parameter yang digunakan untuk mengetahui tingkat kelecakan suatu adukan beton ditentukan. Tingkat kelecakan berkaitan erat dengan tingkat kemudahan pekerjaan (*workability*). Penetapan nilai *slump* dengan memperhatikan pelaksanaan pembuatan, pengangkutan, penuangan, pemadatan maupun jenis strukturnya. *Slump* ditetapkan sesuai dengan kondisi pelaksanaan pekerjaan agar diperoleh beton yang mudah dituangkan, dipadatkan dan diratakan.

- h) Besar butir agregat maksimum dihitung berdasarkan ketentuan yaitu seperlima jarak terkecil antara bidang-bidang samping cetakan.
- i) Kadar air bebas agregat campuran (agregat tak dipecahkan dan agregat dipecahkan) dihitung dengan persamaan berikut.

$$\text{Kadar air bebas} = \frac{2}{3}Wh + \frac{1}{3}Wk \quad (3)$$

dengan:

Wh = perkiraan jumlah air untuk agregat halus, dan

Wk = perkiraan jumlah air untuk agregat kasar

Nilai Wh dan Wk diperoleh dari tabel berikut:

Tabel 2.8 Perkiraan Kadar Air Bebas Tiap Meter Kubik Beton

Ukuran Maksimum Agregat (mm)	Jenis Agregat	Slump (mm)			
		0-10	10-30	30-60	60-180
10	Batu tak dipecah	150	180	205	225
	Batu Pecah	180	205	230	250
20	Batu tak dipecah	135	160	180	195
	Batu Pecah	170	190	160	225
40	Batu tak dipecah	115	140	160	175
	Batu Pecah	155	175	190	205

Sumber: SNI 03-2834-2000

- j) Jumlah kadar semen yang dipakai per meter kubik beton dihitung

- a. Dengan menggunakan tabel

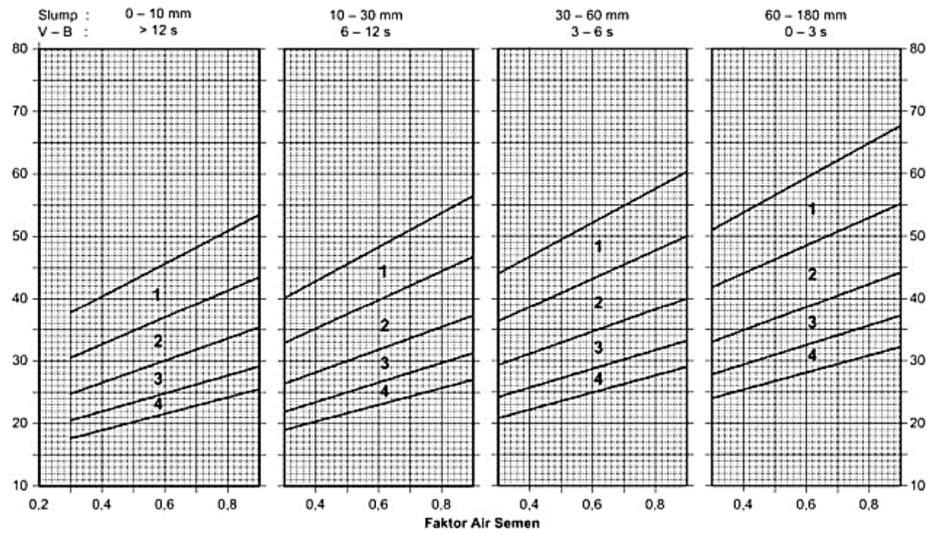
Tabel yang digunakan adalah Tabel 2.5 yang telah tertera dalam perhitungan nilai FAS dan kondisi lingkungan beton.

- b. Dengan menggunakan rumus

Jumlah kadar semen yang dipakai per m³ beton dapat dihitung dengan persamaan berikut:

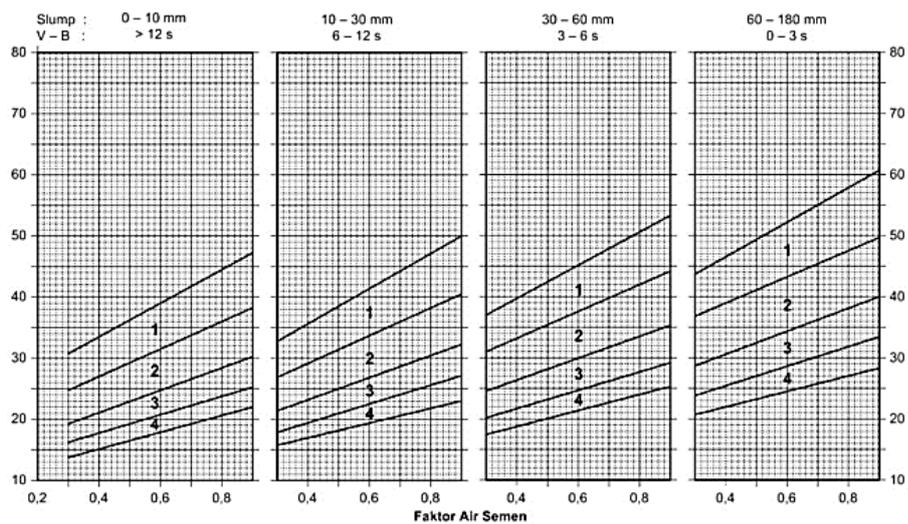
$$\text{Jumlah semen minimum per m}^3 \text{ beton} = \frac{\text{Kadar Air Bebas}}{\text{FAS}} \quad (4)$$

k) Persentase agregat halus dan agregat kasar ditentukan dengan menggunakan grafik pada Gambar 2.2 dan Gambar 2.3 berikut:



Gambar 2.2 Grafik Persen Pasir Terhadap Kadar Total Agregat yang Dianjurkan untuk Ukuran Maksimum 20 mm

Sumber SNI 03-2834-2000



Gambar 2.3 Grafik Persen Pasir Terhadap Kadar Total Agregat yang Dianjurkan untuk Ukuran Maksimum 40 mm

Sumber: SNI 03-2834-2000

Adapun untuk menentukan persentase agregat halus dan agregat kasar dengan menggunakan grafik tersebut adalah sebagai berikut.

- a) Pada Gambar 2.2 dan Gambar 2.3 diatas, grafik yang akan dipakai ditentukan berdasarkan ukuran maksimum agregat dan nilai *slump* yang direncanakan.
- b) Garis vertikal ke atas ditarik sampai ke kurva yang paling atas diantara 2 kurva yang menunjukkan daerah gradasi pasir.
- c) Kemudian, garis horizontal ditarik ke kanan, baik kurva batas atas maupun kurva batas bawah yang berada di daerah gradasi dan catat nilainya.
- d) Rata-rata dari kedua nilai tersebut diambil.

untuk nilai persentase agregat kasar dihitung dengan persamaan berikut:

Nilai persentase agregat kasar = (100% - Persentase agregat halus)

- l) Berat jenis relatif agregat yang diambil dihitung berdasarkan data hasil pengujian laboratorium. Berat jenis agregat gabungan dihitung berdasarkan persamaan dibawah:

$$BJ_{AG} = (\%AH \times BJ_{AH}) + (\%AK \times BJ_{AK}) \quad (5)$$

dengan :

BJ_{AG} = Berat jenis agregat gabungan,

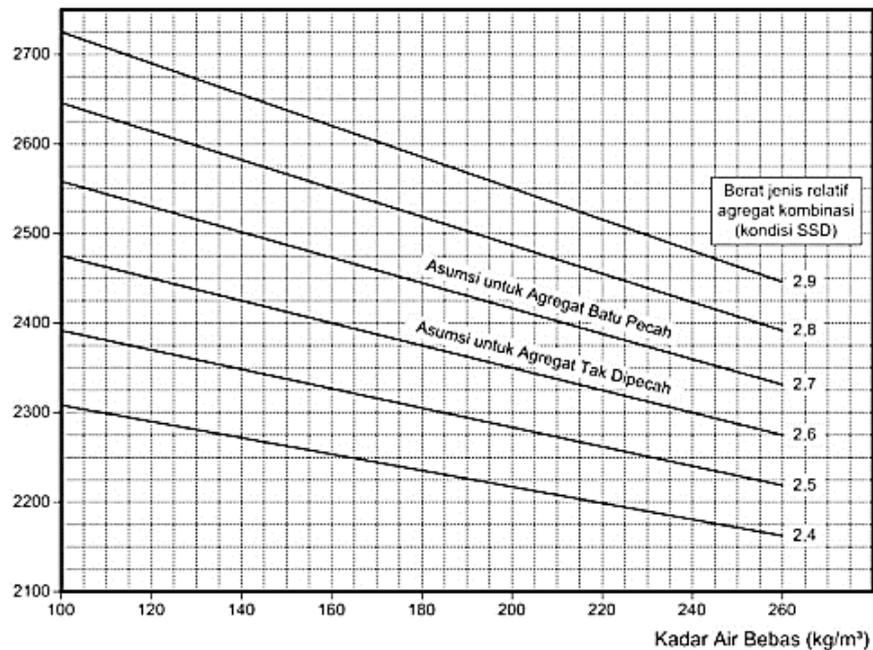
BJ_{AH} = Berat jenis agregat halus,

BJ_{AK} = Berat jenis agregat kasar,

$\%AH$ = Persentase agregat halus dan

$\%AK$ = Persentase agregat kasar

- m) Nilai berat isi beton ditentukan dengan menggunakan grafik pada Gambar 2.4 berikut:



Gambar 2.4 Grafik Perkiraan Berat Isi Beton Basah yang Telah Selesai Dipadatkan

Sumber: SNI 03-2834-2000

Adapun langkah-langkah untuk mencari nilai berat isi beton dengan menggunakan grafik tersebut adalah sebagai berikut:

- Pada Gambar 2.4 diatas, garis sesuai dengan nilai berat jenis agregat gabungan ditarik sejajar dengan garis linier yang telah ada pada grafik,
- Garis vertikal ditarik ke atas sampai memotong garis yang telah dibuat sesuai dengan nilai kadar air bebas. Kemudian garis horizontal ditarik ke kiri pada perpotongan kedua garis di atas dan dicatat nilainya.
- Kadar agregat halus dihitung dengan menggunakan persamaan berikut:
Kadar agregat gabungan = berat isi beton - kadar semen - kadar air bebas
- Kadar agregat halus dihitung dengan menggunakan persamaan berikut:

$$\text{Kadar agregat halus} = \frac{\% \text{ Agregat Halus}}{100} \times \text{kadar agregat gabungan} \quad (6)$$

- e) Kadar agregat kasar dihitung dengan menggunakan persamaan dibawah ini:

$$\text{Kadar agregat kasar} = \frac{\% \text{ Agregat Kasar}}{100} \times \text{kadar agregat gabungan} \quad (7)$$

- f) Proporsi campuran (agregat dalam kondisi SSD) dihitung dan kemudian didapatkan susunan campuran proporsi teoretis untuk setiap 1 m³ beton.
- g) Berat masing-masing dihitung setiap variasi campuran.
- h) Koreksi proporsi campuran beton

Setelah rancangan campuran beton selesai , perlu di ingat bahwa yang akan digunakan dalam campuran beton adalah kondisi apa adanya (keadaan jenuh kering-muka) , sehingga harus ada penyesuaian dengan rancangan yang sudah dibuat, maka dilakukan koreksi terhadap kebutuhan bahannya.

Hitungan koreksi dilakukan dengan rumus sebagai berikut:

$$1. \text{ Air: } A - \frac{Ah-A1}{100} \times B - \frac{Ak-A2}{100} \times C \quad (8)$$

$$2. \text{ Agregat Halus: } B - \frac{Ah-A1}{100} \times B \quad (9)$$

$$3. \text{ Agregat Kasar: } C - \frac{Ah-A1}{100} \quad (10)$$

Dengan:

A : jumlah kebutuhan air (liter/m³)

B : jumlah kebutuhan agregat halus (kg/m³)

C : jumlah kebutuhan agregat kasar (kg/m³)

A_h : kadar air sesungguhnya dalam agregat halus (%)

A_k : kadar air sesungguhnya dalam agregat kasar (%)

A₁ : kadar air pada agregat halus jenuh muka (%)

A₂: kadar air pada agregat kasar jenuh kering muka (%)

untuk mempermudah pelaksanaan, berikut ini (Tabel 2.9) formulir perencanaan campuran beton:

Tabel 2.9 Formulir Campuran Beton

No	Uraian	Keterangan	Nilai	Ket.
1	Kuat tekan yang disyaratkan	Ditetapkan		MPa
2	Deviasi standar	Tabel 2.4		MPa
3	Nilai tambah (Margin)	$M=k.S$		MPa
4	Kuat tekan rata-rata yang ditargetkan	(1)+(3)		MPa
5	Jenis semen	Ditetapkan		PCC
6	Jenis Agregat Kasar	Agregat pecah maks		Ex. Cinangsih Tasikmalaya
7	Jenis Agregat Halus	Pasir gradasi type		Ex. Galunggung
8	Faktor air semen bebas (ambil nilai terendah)	Tabel 2.7 & Gambar 2.1		
9	Faktor air semen maksimum	Tabel 2.8		
10	Nilai <i>Slump</i>	Ditetapkan		mm
11	Ukuran agregat maksimum	Ditetapkan		mm
12	Kadar air bebas	Tabel 2.12		Liter
13	Jumlah semen	(12):(8)		Kg
14	Jumlah semen maksimum	Ditetapkan		Kg
15	Jumlah semen minimum	Tabel 2.13		Kg
16	Faktor air semen yang disesuaikan	Ditetapkan		
17	Susunan berat butir agregat	Tabel 2.14		
18	Persen agregat kasar	100 - Persen halus		%
19	Persen agregat halus	Gambar 2.2 - Gambar 2.4		%
20	Berat jenis relatif agregat gabungan	Diketahui		
21	Berat isi beton (basah)	Gambar 2.5		Kg/m^3
22	Berat agregat Gabungan	(20)-(12)-(11)		Kg
23	Berat agregat halus	(19) x (22)		Kg
24	Berat agregat kasar	(22) - (23)		Kg

Sumber: SNI 03-2834-2000

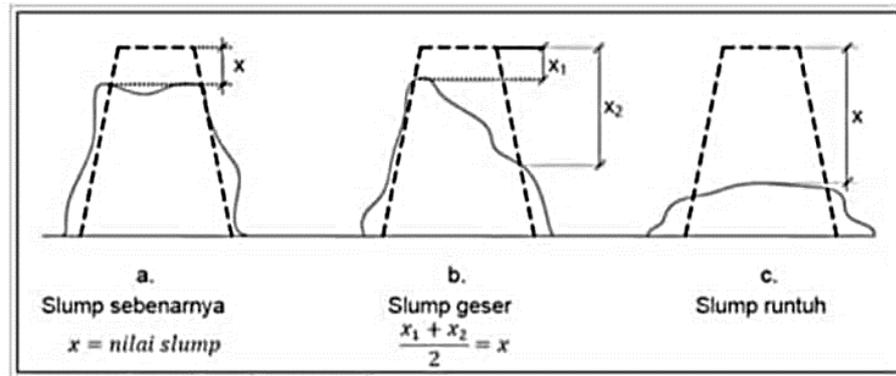
2.4 *Slump Test*

Nilai *slump* yang merupakan parameter yang digunakan untuk mengetahui tingkat kelecakan suatu adukan beton ditentukan. Tingkat kelecakan berkaitan erat dengan tingkat kemudahan pekerjaan (*workability*). Pengambilan nilai *slump* dilakukan untuk masing-masing campuran baik pada beton standar maupun beton yang menggunakan *additive* dan bahan penambah (*admixture*). Pengujian *slump* dilakukan terhadap beton segar yang dituangkan kedalam wadah kerucut terpancung. Pengisian dilakukan dalam tiga lapisan adalah 1/3 dari tinggi kerucut. Masing-masing lapisan harus dipadatkan dengan cara penusukan sebanyak 25 kali dengan menggunakan tongkat besi anti karat. Setelah penuh sampai permukaan atasnya diratakan dengan menggunakan sendok semen. Kemudian kerucut diangkat keatas secara vertikal dan *slump* dapat diukur dengan cara mengukur perbedaan tinggi antara wadah dengan tinggi beton setelah wadah diangkat. 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. (SNI-03-1972-1990, 1990)

Menguji nilai *slump* dalam pelaksanaannya terdapat tiga macam tipe *slump* yang terjadi yaitu:

- *Slump* sebenarnya, terjadi apabila penurunannya seragam tanpa ada yang runtuh.
- *Slump* geser, terjadi bila separuh puncaknya bergeser dan tergelincir ke bawah pada bidang miring.

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



Gambar 2.5 Macam-macam tipe *slump*

Sumber: lawtjunji.weebly.com

2.5 Pengujian Kuat Tekan Beton

Beton adalah campuran antara semen *portland* atau semen hidraulik yang lain, agregat halus, agregat kasar dan air, dengan atau tanpa bahan tambahan membentuk masa padat, sedangkan yang dimaksud beton normal adalah beton yang mempunyai berat isi (2200-2500) kg/m³. Terdapat juga agregat halus (pasir) alam sebagai hasil disintegrasi secara 'alami' dari batuan atau pasir yang dihasilkan oleh industri pemecah batu dan mempunyai ukuran butir terbesar 5,0 mm, sedangkan agregat kasar (kerikil) sebagai hasil disintegrasi dari batuan atau berupa batu pecah yang diperoleh dari industri pemecah batu dan mempunyai ukuran butir antara 5 mm sampai 40 mm.

Menurut Tjokrodinuljo (2007) beton dapat mempunyai kuat tekan yang sangat tinggi, tetapi kuat tariknya sangat rendah. Kondisi yang demikian, yaitu rendahnya kuat tarik, pada elemen struktur yang betonnya mengalami tegangan tarik diperkuat dengan batang baja tulangan sehingga terbentuk suatu struktur komposit, dan kemudian dikenal dengan sebutan beton bertulang. Khusus beton saja yang

tidak bertulang disebut beton tanpa tulang (*plain concrete*). Untuk struktur tertentu yang tidak menginginkan retak tarik pada beton misalnya, dilakukan manipulasi (strategis) dengan memberikan tegangan tekan awal sebelum struktur dibebani, yaitu pada struktur beton prategang (*prestressed concrete*).

Kuat tekan beton merupakan parameter utama yang harus diketahui dan dapat memberikan gambaran tentang hampir semua sifat-sifat mekanisnya yang lain dari beton. Walaupun dalam beton terdapat tegangan tarik yang kecil, diasumsikan bahwa semua tegangan tekan didukung oleh beton tersebut. Beton dengan kinerja baik dapat dilihat dari kuat tekan yang dihasilkan. Semakin tinggi kuat tekan yang dihasilkan, maka beton tersebut memiliki mutu beton yang baik. Faktor yang mempengaruhi kekuatan beton adalah proporsi campuran, pengadukan pada saat pembuatan, pembuatan, pemadatan dan perawatan beton itu sendiri. Kuat tekan silinder beton dapat dihitung dengan persamaan:

$$f'_c = \frac{P}{A} \quad (11)$$

dengan:

f'_c = kuat tekan silinder beton (MPa),

P = Beban tekan maksimum (N),

A = luas bidang tekan (mm²)

Kekuatan tekan adalah kemampuan beton untuk menerima gaya tekan persatuan luas. Kuat tekan beton mengidentifikasi mutu dari sebuah struktur. Semakin tinggi kekuatan struktur dikehendaki, semakin tinggi pula mutu beton yang dihasilkan. Nilai kuat tekan beton didapat dari pengujian standar dengan

benda uji yang digunakan berbentuk silinder. Dimensi benda uji standar adalah tinggi 300 mm dan diameter 150 mm. Tata cara pengujian yang umumnya dipakai adalah standar SNI 1974-2011. 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.

2.6 Faktor Air Semen (FAS)

Faktor air semen (FAS) atau *water cement (wc) ratio* adalah indikator yang penting dalam perancangan campuran beton karena FAS merupakan perbandingan jumlah air terhadap jumlah semen dalam suatu campuran beton. Jadi dapat dikatakan, fungsi FAS yaitu:

1. Untuk memungkinkan reaksi kimia yang menyebabkan pengikatan dan berlangsungnya pengerasan.
2. Memberikan kemudahan dalam pengerjaan beton.

Peningkatan jumlah air akan meningkatkan kemudahan pengerjaan dan pemadatan, tetapi akan mereduksi kekuatan beton, menimbulkan segregasi dan *bleeding* terhadap bahan campuran beton.

Menurut S. Mindess, Young dan D. Darwin, (2003), bila faktor air semen terlalu rendah, maka adukan beton sulit untuk dipadatkan. Dengan demikian ada suatu nilai faktor air semen optimum yang menghasilkan kuat tekan beton maksimum. Kepadatan adukan beton sangat mempengaruhi kuat tekan beton setelah mengeras.

Semakin tinggi nilai FAS, mengakibatkan penurunan mutu kekuatan beton. Namun nilai FAS yang semakin rendah tidak selalu berarti bahwa kekuatan beton semakin tinggi. Jika FAS semakin rendah, maka beton akan semakin sulit untuk

dipadatkan. Dengan demikian, ada suatu nilai FAS yang optimal yang dapat menghasilkan kuat tekan beton yang maksimal.

Faktor air semen (FAS) dan kepadatan Beton yang mempunyai faktor air semen minimal dan cukup untuk memberikan *workabilitas* tertentu yang dibutuhkan untuk pemadatan yang sempurna tanpa pekerjaan pemadatan yang berlebihan, merupakan beton yang terbaik. Menurut (Tjokrodimuljo, 2007) umumnya nilai FAS yang diberikan dalam praktik pembuatan beton min. 0,4 dan max. 0,65.