

BAB II

LANDASAN TEORI

2.1 Pengertian Beton

Beton merupakan bahan struktur yang paling banyak digunakan dalam pembangunan khususnya bangunan gedung, dikarenakan beton termasuk bahan yang mempunyai kuat tekan tinggi, tahan terhadap kebakaran dan keausan, tahan cuaca, dan harganya relatif murah, karena menggunakan bahan-bahan dasar dari lokal, dapat diangkut maupun dicetak sesuai keinginan, biaya perawatan relatif murah, serta dapat direncanakan kualitas mutu betonnya sesuai dengan kebutuhan. Santosa, (2019).

Beton merupakan salah satu bahan struktur dalam konstruksi bangunan digunakan karena banyak memiliki kelebihan dibandingkan dengan bahan lainnya, antara lain harganya relatif murah, material beton mudah didapat dan tahan terhadap api, namun beton juga mempunyai kekurangan yaitu lemah terhadap gaya tarik. Riwayati & Habibi, (2021).

Menurut SNI-2847-2013, beton (*Concrete*) merupakan campuran antara semen portland atau semen hidrolis lainnya, agregat halus, agregat kasar dan air dengan atau tanpa bahan campuran tambahan (*Admixture*). Seiring dengan penambahan umur, beton akan semakin mengeras dan akan mencapai kekuatan rencana ($f'c$) pada usia 28 hari.

Menurut Peraturan Beton Bertulang Indonesia (PBBI 1971), beton didefinisikan sebagai bahan yang diperoleh dengan mencampurkan agregat halus, agregat kasar, semen Portland dan air tanpa atau dengan menambahkan *zat additive*. Menurut Persyaratan Umum Bahan Bangunan Indonesia (PUBI) 1982, beton didefinisikan sebagai bahan yang diperoleh dengan mencampurkan agregat halus (pasir), agregat kasar (kerikil), air dan semen Portland atau bahan pengikat hidrolis lain yang sejenis, dengan atau tanpa bahan tambahan lain. Campuran dari agregat halus, air dan semen saja disebut adukan (*mortar*).

Beton dapat diklasifikasikan berdasarkan berat jenisnya (SNI 03-2847-2002), yaitu :

1. Beton ringan dengan Berat jenis $< 1900 \text{ kg/m}^3$
2. Beton normal dengan Berat jenis $2200 \text{ kg/m}^3 - 2500 \text{ kg/m}^3$
3. Beton berat dengan Berat jenis $> 2500 \text{ kg/m}^3$

Campuran bahan-bahan pembentuk beton harus ditetapkan sedemikian rupa, sehingga menghasilkan beton basah yang mudah dikerjakan, memenuhi kekuatan tekan rencana setelah mengeras dan cukup ekonomis. Komposisi unsur pembentuk beton adalah:

- a. Portland Cement : 7% - 15%
- b. Agregat Halus : 24% -30%
- c. Agregat Kasar : 31% - 50%
- d. Air : 14% - 21%
- e. Udara : 0.5% - 8%
- f. Chemical : 0%, 2,5%, 3%, 3,5%, 4%

2.1.1 Sifat-Sifat Beton

Sifat-sifat beton perlu diketahui untuk mendapatkan mutu beton yang diharapkan sesuai tuntutan konstruksi dan umur bangunan yang bersangkutan. Pada saat segar atau sesaat setelah dicetak, beton bersifat plastis dan mudah dibentuk. Sedang pada saat keras beton memiliki kekuatan yang cukup untuk menerima beban. Adapun sifat-sifat beton segar adalah :

1. Kemudahan Pengerjaan (*workability*)

Sifat ini merupakan ukuran dari tingkat kemudahan campuran untuk diaduk, diangkut, dituang dan dipadatkan tanpa menimbulkan pemisahan bahan susunan pembentuk beton. Menurut (SNI 1972:2008) *workability* beton merupakan kemudahan pengerjaan beton segar.

2. *Bleeding*

Bleeding adalah peristiwa keluarnya air dalam beton segar ke permukaan akibat proses pengendapan bahan-bahan padat dari beton (SNI 4156:2008).

3. *Segregasi*

Segregasi adalah peristiwa terpisahnya antara pasta semen dan agregat dalam satu adukan (SNI 03-3976-1995).

2.1.2 Kelebihan dan Kekurangan Beton

Dibawah ini adalah kelebihan beton sebagai berikut:

1. Dapat dengan mudah dibentuk sesuai dengan kebutuhan konstruksi.
2. Beton mampu menahan gaya tekan dengan baik, serta mempunyai sifat tahan korosidan pembusukan oleh kondisi sekitar.
3. Mampu memikul beban yang berat.
4. Tahan terhadap temperatur yang tinggi.
5. Memiliki energi yang efisien.
6. Tahan terhadap api.
7. Biaya pemeliharaan rendah.

Dibawah ini adalah kekurangan beton sebagai berikut:

1. Bentuk yang telah dibuat sulit diubah jika sudah mengeras.
2. Pelaksanaan pekerjaan membutuhkan ketelitian yang tinggi.
3. Memiliki berat sendiri yang berat.
4. Memiliki daya pantul suara yang besar.
5. Mempunyai kuat tarik yang rendah, sehingga mudah retak. Oleh karena itu perlu diberi baja tulangan.
6. Memiliki volume yang tidak stabil.

2.2 Bahan Penyusun Beton

Material yang digunakan pada campuran beton terdiri dari semen, agregat halus, agregat kasar, air dan bahan tambah bila diperlukan. Dalam pembuatan campuran beton, material yang digunakan harus mempunyai kualitas yang baik dan memenuhi syarat yang telah ditentukan sehingga menghasilkan beton yang mempunyai kuat tekan yang tinggi. Material-material yang akan digunakan antara lain. Beton et al., (2021).

2.2.1 Semen

Semen portland merupakan semen hidrolis yang dihasilkan dengan cara menggiling terak semen portland 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). SNI 15-2049-2004 membagi semen portland menjadi 5 jenis:

1. Semen Portland untuk penggunaan umum yang tidak memerlukan persyaratan-persyaratan khusus seperti yang disyaratkan pada jenis-jenis lain.
2. Semen Portland yang dalam penggunaannya memerlukan ketahanan terhadap sulfat dan panas hidrasi sedang.
3. Semen Portland yang dalam penggunaannya memerlukan kekuatan tinggi pada tahap permulaan setelah pengikatan terjadi.
4. Semen Portland yang dalam penggunaannya memerlukan kalor hidrasi yang rendah.
5. Semen Portland yang dalam penggunaannya memerlukan ketahanan yang tinggi terhadap sulfat.

2.2.2 Agregat

Agregat adalah bahan-bahan campuran beton yang saling diikat oleh perekat semen. Agregat ini harus bergradasi sedemikian rupa sehingga seluruh massa beton dapat berfungsi sebagai benda yang utuh, homogen, dan rapat, dimana agregat yang berukuran kecil berfungsi sebagai pengisi celah yang ada diantara agregat berukuran besar. Alkhamuddin & Adiguna, (2019).

Agregat adalah butiran mineral alami yang berfungsi sebagai bahan pengisi dalam campuran beton. Agregat ini kira-kira menempati 60% - 75% volume beton. Sifat yang paling penting dalam agregat adalah kekuatan hancur dan ketahanan terhadap benturan, sehingga dapat mempengaruhi ikatannya dengan pasta semen. Agregat ini harus bergradasi sedemikian rupa sehingga masa beton dapat berfungsi sebagai beton yang utuh, homogen dan rapat. Dimana agregat yang berukuran kecil sebagai pengisi celah yang ada diantara agregat yang berukuran besar. Sifat ini mempunyai pengaruh terhadap perilaku dari beton yang sudah mengeras. Amahoru et al., (2022).

Berdasarkan ukurannya, agregat dibedakan menjadi dua, yaitu: agregat halus dan agregat kasar (SNI 03-2847-2002):

1. Agregat halus

Agregat halus menurut SNI 03-2847-2002 adalah pasir alam sebagai hasil disintegrasi alami dari batuan atau pasir yang dihasilkan oleh industri pemecah batu dan mempunyai ukuran butir sebesar $\leq 5,0$ mm. Agregat halus

yang digunakan dalam campuran beton dapat berupa pasir alami yang diperoleh langsung dari sungai maupun dari tanah galian, atau pasir yang dihasilkan dari proses pemecahan batu. Agregat halus adalah agregat dengan ukuran butiran lebih kecil dari 4,8 mm. Agregat yang memiliki butiran lebih kecil dari 1,2 mm disebut pasir halus, jika lebih kecil dari 0,075 mm disebut silt, dan jika lebih kecil dari 0,002 mm disebut clay. Amahoru et al., 2022). Distribusi butiran agregat halus (pasir) dapat dibagi menjadi empat jenis menurut gradasinya, dapat dilihat pada Tabel 2.1.

Tabel 2. 1 Batas Gradasi Agregat Halus

Ukuran Saringan	Persentase Kumulatif Lolos Saringan			
	Zona 1	Zona 2	Zona 3	Zona 4
	Pasir Kasar	Pasir Agak Kasar	Pasir Halus	Pasir Sangat Halus
1.5" = 38 mm				
3/4" = 19 mm				
3/8" = 9.6 mm	100	100	100	100
No.4 = 4.8 mm	90 – 100	90 – 100	90 – 100	95 – 100
No.8 = 2.4 mm	60 – 95	75 - 100	85 - 100	95 – 100
No.16 =1.2 mm	30 – 70	55 – 90	75 – 100	90 - 100
No.30 = 0.6 mm	15 – 34	35 – 59	60 – 79	80 – 100
No.50 = 0.3 mm	5 – 20	8 – 30	12 – 40	15 - 50
No.100 = 0.15 mm	0 – 15	0 - 10	0 – 10	0 – 15
No.200 = 0.074 mm				

(Sumber : SNI-2834-2000 hal-12)

2. Agregat Kasar

Agregat kasar menurut SNI 03-2847-2002 adalah kerikil sebagai hasil disintegrasi “alami” dari butiran atau berupa batu pecah yang diperoleh dari industri pemecah batu dan mempunyai ukuran butiran antara 5 mm sampai 40 mm. Adapun pengecekan untuk batas-batas butiran ukuran maksimum dari agregat kasar dapat dilihat pada Tabel 2.2.

Tabel 2. 2 Batas Gradasi Agregat Kasar

Ukuran Saringan	Persentase Lolos Saringan		
	Ukuran Maks. 10 mm	Ukuran Maks. 20 mm	Ukuran Maks. 40 mm
1.5" = 38 mm		100	95 – 100
3/4" = 19 mm	100	95 – 100	35 – 70
3/8" = 9.6 mm	50 – 85	30 – 60	10 – 40
No.4 = 4.8 mm	0 – 10	0 – 10	0 – 5

(Sumber : SNI-2834-2000 hal-12)

2.2.3 Air

Air Dalam pembuatan beton, air menjadi sangat penting, karena air dapat bereaksi dengan semen, yang akan menjadi pasta pengikat agregat. Air juga berpengaruh terhadap kuat tekan beton, karena kelebihan air akan mengakibatkan beton menjadi bleeding, yaitu air bersama-sama semen akan naik ke atas permukaan adukan beton segar yang baru saja dituang.

Menurut (SNI 03-2847-2002):Persyaratan air sebagai bahan bangunan untuk campuran beton harus memenuhi syarat- syarat sebagai berikut :

1. Air yang digunakan pada campuran beton harus bersih dan bebas dari bahan-bahan merusak mengandung oli, asam, bahan organik, atau bahan-bahan lainnya yang merugikan beton atau tulangan.
2. Air pencampur yang digunakan pada beton prategang atau pada beton yang didalamnya tertanam logam aluminium, termasuk air bebas yang terkandung dalam agregat tidak boleh mengandung ion klorida dalam jumlah yang membahayakan.
3. Air yang tidak dapat diminum tidak boleh digunakan pada beton, kecuali ketentuan berikut terpenuhi:
4. Pemilihan proporsi campuran beton harus didasarkan pada campuran beton yang menggunakan air dari sumber yang sama
5. Hasil pengujian pada umur 7 dan 28 hari pada kubus uji mortar yang dibuat dari adukan dengan air yang tidak dapat diminum harus mempunyai kekuatan sekurang-kurangnya sama dengan 90% dari kekuatan benda uji yang dibuat dengan air yang dapat diminum. Perbandingan uji kekuatan tersebut harus dilakukan pada adukan serupa.

2.3 Bahan tambah

(SNI 03-2847-2002) Suatu bahan berupa bubuk atau cairan, yang ditambah kedalam campuran beton selama pengadukan dalam jumlah tertentu untuk merubah beberapa sifat.

Bahan tambah diberikan dalam jumlah yang relatif sedikit, dan harus dengan pengawasan yang ketat agar tidak berlebihan dan memperburuk sifat beton. Secara umum bahan tambah yang digunakan beton dapat dibedakan menjadi dua yaitu bahan tambah yang bersifat kimiawi (*chemical admixture*) dan bahan tambah yang bersifat mineral (*additive*). Menurut standar ASTM. C.494 (1995: .254) dan Pedoman Beton 1989 SKBI.1.4.53.1989 (Ulasan Pedoman Beton 1989: 29), jenis bahan tambah bersifat kimiawi (*chemical admixture*) dibedakan menjadi tujuh tipe bahan tambah, yaitu :

1. Kimiawi (*chemical admixture*)
 - a) Tipe A “*Water-Reducing Admixtures*” *Water-Reducing Admixtures* adalah bahan tambah yang mengurangi air pencampur yang diperlukan untuk menghasilkan beton dengan konsistensi tertentu. *Water Reducing Admixtures* digunakan antara lain untuk dengan tidak mengurangi kadar air semen dan nilai *slump* untuk memproduksi beton dengan nilai perbandingan atau rasio faktor air semen yang rendah. Selain itu bahan tambah ini dapat digunakan untuk memodifikasi waktu pengikatan beton atau mortar sebagai dampak perubahan faktor air semen. *Zat additive* tipe A terdiri dari:
 - 1) *Mapeplast PT1*

Merupakan zat *additive* tipe *Water Reducing Admixture*, yang berfungsi untuk mrngurangi kebutuhan air pada beton, dan meningkatkan *workability* pada beton. *Zat additive Mapeplast PT1* Cocok digunakan untuk beton ready mix dan pracetak ringan. *Zat additive Mapeplast PT1* dapat dilihat pada Gambar 2.1.



Gambar 2. 1 Mapeplast PT1

- 2) *Additon H.E.* Merupakan zat *additive* tipe *Water Reducing Admixture*, yang berfungsi untuk mengurangi kebutuhan air pada beton, sehingga dapat mempercepat perkerasan beton. Zat *additive Additon H.E.*

Cocok digunakan untuk proyek yang memerlukan beton cepat keras dan tahan air. Zat *additive Addition H.E.* dapat dilihat pada Gambar 2.2.



Gambar 2. 2 Additon H.E.

- 3) *GROLEN® HP9+*

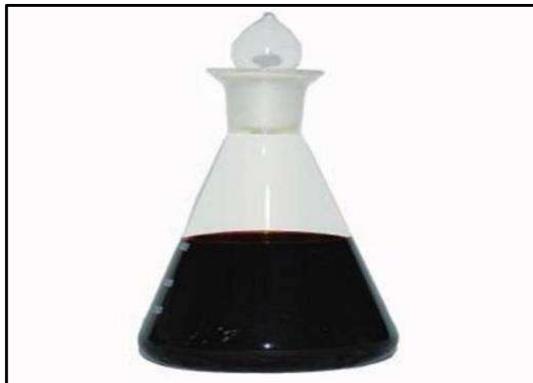
Merupakan zat *additive* tipe *Water Reducing Admixture*, yang berfungsi untuk mrngurangi kebutuhan air pada beton, dan meningkatkan *workability* pada beton. Zat *additive GROLEN HP9+* cocok digunakan untuk beton pracetak dan proyek yang memerlukan beton berkualitas tinggi. Zat *additive GROLEN HP9+* dapat dilihat pada Gambar 2.3.



Gambar 2. 3 *GROLEN HP9+*

4) *HK-3 High Range Water Reducing Admixture*

Merupakan zat *additive* tipe *Water Reducing Admixture*, yang berfungsi untuk mrngurangi kebutuhan air pada beton, dan meningkatkan *workability* pada beton. Zat *additive* *HK-3 High Range Water Reducing Admixture* cocok digunakan untuk beton pracetak dan proyek yang memerlukan berkualitas tinggi. Zat *additive* *HK-3 High Range Water Reducing Admixture* dapat dilihat pada Gambar 2.4.



Gambar 2. 4 *HK-3 High Range Water Reducing Admixture*

- b) Tipe B “*Retarding Admixtures*” *Retarding Admixtures* adalah bahan tambah yang berfungsi untuk menghambat waktu pengikatan beton. Penggunaanya untuk menunda waktu pengikatan beton (*setting time*) misalnya karena kondisi cuaca yang panas, atau memperpanjang waktu untuk pemadatan untuk menghindari (*cold joints*). Zat *additive* tipe B terdiri dari:

1. *GROLEN GN*

Merupakan zat *additive* tipe *Retarding Admixtures*, yang berfungsi untuk mrngurangi kebutuhan air pada beton, memperlambat waktu pengikatan beton, serta dapat meningkatkan *workability* beton. Zat *additive GROLEN GN* cocok digunakan untuk beton pracetak dan proyek yang memerlukan beton berkualitas tinggi. Zat *additive GROLEN GN* dapat dilihat pada Gambar 2.5.



Gambar 2. 5 GROLEN® GN

2. *Sika Retarder*

Merupakan zat *additive* tipe *Retarding Admixtures*, yang berfungsi untuk mrngurangi kebutuhan air pada beton, Meningkatkan *workability* beton dalam kondisi cuaca panas. Zat *additive Sika Retarder* cocok digunakan untuk beton *ready mix* dan proyek dengan waktu pengecoran yang panjang. Zat *additive Sika Retarder* dapat dilihat pada Gambar 2.6.



Gambar 2. 6 *Sika Retarder*

3. Fosroc Conplast RP264

Merupakan Zat additive tipe *Lignosulfonat retarder* yang berfungsi untuk beton massa dan struktur besar. Zat *additive* cocok digunakan untuk struktur tinggi, seperti Gedung pencakar langit, menara, dan silo. Zat *additive Fosroc Conplast RP264* dapat dilihat pada Gambar 2.7.



Gambar 2. 7 Fosroc Conplast RP264

4. GROLEN DP

Merupakan Zat *additive* tipe *Retarder + water reducer*, Zat *additive GROLEN DP* ini berfungsi untuk pengecoran jembatan, bendungan, plat besar. Zat *additive GROLEN DP* cocok digunakan untuk beton *readymix* Meningkatkan *fleksibilitas* waktu kerja dan *finishing*. Zat *additive GROLEN DP* dapat dilihat pada Gambar 2.8.



Gambar 2. 8 GOLDEN DP

- c) Tipe C “*Accelerating Admixtures*” adalah bahan tambah yang berfungsi untuk mempercepat pengikatan dan pengembangan kekuatan awal beton. Bahan ini digunakan untuk mengurangi lamanya waktu

pengeringan (hidrasi) dan mempercepat pencapaian kekuatan beton. Zat *additive* tipe C terdiri dari:

1. *Sika Rapid-1*

Merupakan Zat additive yang berfungsi untuk mempercepat pengikatan dan pengembangan kekuatan awal beton, serta dapat meningkatkan Kekuatan awal tanpa menurunkan workability. Zat additive Sika Rapid-1 cocok digunakan untuk Beton pracetak (precast) Mempercepat proses pembongkaran cetakan dan rotasi cetakan. Zat additive Sika Rapid-1 dapat dilihat pada Gambar 2.9.



Gambar 2. 9 Sika Rapid-1

2. *TMasterSet AC 534 (BASF / MBCC)*

Merupakan Zat additive yang berfungsi untuk mempercepat pengikatan dan pengembangan kekuatan awal beton, serta mempercepat perkerasan beton.. Zat additive MasterSet AC 534 (BASF / MBCC) dapat dilihat pada Gambar 2.10.



Gambar 2.10 Master AC 534 (BASF / MBCC)

3. *Fosroc Conplast NC*

Merupakan Zat additive tipe *Kalsium nitrat (non-klorida)*, berfungsi untuk menurunkan waktu ikat beton. Serta dapat meningkatkan kekuatan awal awal dalam cuaca dingin. Zat additive *Fosroc Conplast NC* cocok digunakan untuk mempercepat proses pembongkaran cetakan dan rotasi cetakan, membantu pencapaian kekuatan yang cukup meskipun pada suhu lingkungan rendah. Zat additive *Fosroc Conplast NC* dapat dilihat pada Gambar 2.11



Gambar 2.11 *Fosroc Conplast NC*

- d) Tipe D “*Water Reducing and Retarding Admixtures*” *Water Reducing and Retarding Admixtures* adalah bahan tambah yang berfungsi ganda yaitu mengurangi jumlah air pencampur yang diperlukan untuk menghasilkan beton dengan konsistensi tertentu dan menghambat pengikatan awal.

Zat additive tipe D terdiri dari:

1. Sika Plastiment BV40

Merupakan Zat additive tipe Water reducer + retarder berbasis lignosulfonat yang berfungsi untuk menunda waktu ikat, Mengurangi air hingga 10%. Zat additive Sika Plastiment BV40 cocok digunakan untuk memperbaiki aliran dan *workability* beton tanpa menambah air. Zat additive *Sika Plastiment BV40* dapat dilihat pada Gambar 2.12.



Gambar 2. 12 Sika Plasriment BV40

2. *MasterPozzolith 400N*

Merupakan Zat *additive* tipe Kombinasi *water-reducing* dan *retarder*, Zat *additive* ini berfungsi untuk memperpanjang waktu kerja, dan meningkatkan hasil akhir beton. Zat *Additive MasterPozzolith 400N* cocok digunakan untuk memudahkan pengecoran pada elemen struktural yang kompleks. Zat *additive MasterPozzolith 400N* dapat dilihat pada Gambar 2.13.



Gambar 2. 13 MasterPozzolith 400N

e) Tipe E “*Water Reducing and Accelerating Admixtures*” *Water Reducing and Accelerating Admixtures* adalah bahan tambah yang berfungsi ganda yaitu mengurangi jumlah air pencampur yang diperlukan untuk menghasilkan beton dengan konsistensi tertentu dan mempercepat pengikatan awal.

1. *Grolen CA*

Merupakan Zat *additive* tipe Kombinasi *akselerator* + *water reducer*, Zat *additive Grolen CA* berfungsi untuk pekerjaan cepat

dan cuaca dingin. *Zat additive Grolen CA* cocok digunakan untuk mempertahankan kemampuan alir beton dalam waktu yang lebih lama, memudahkan pengecoran pada elemen struktural yang kompleks.

f) Tipe F “*Water Reducing, High Range Admixtures*” *Water Reducing, High Range Admixtures* adalah bahan tambah yang berfungsi untuk mengurangi jumlah air pencampur yang diperlukan untuk menghasilkan beton dengan konsistensi tertentu, sebanyak 12% atau lebih. *Zat additive tipe F* terdiri dari:

1. *Sikament-LN*

Merupakan Zat additive tipe Lignosulfonat-Based yang berfungsi untuk Mengurangi kebutuhan air pencampur hingga $\pm 10\%$, dan memperlambat waktu pengikatan awal beton, cocok untuk pengecoran massal. Zat additive Sikament-LN cocok digunakan untuk pengecoran massal, pekerjaan beton didaerah panas, struktur bertulang yang membutuhkan waktu kerja lama dapat dilihat pada Gambar 2.14.



Gambar 2. 14 *Sikament-LN*

2. *SikaCimConcrete Additive*

*Merupakan Zat additive tipe Plasticizer berbasis lignosulfonat yang berfungsi untuk mengurangi kebutuhan air pencampuran hingga hingga $\pm 10\%$ tanpa menurunkan *workability* beton, Karena rasio air/semen lebih rendah, beton jadi lebih padat dan kuat. *Zat additive SikaCim Concrete* cocok digunakan untuk proyek perumahan,*

pengecoran manual, pekerjaan kolom sloof, balok, lantai dapat dilihat pada Gambar 2.15.



Gambar 2. 15 *SikaCim Concrete Additive*

3. *MasterGlenium SKY 8233*

Merupakan Zat additive tipe *PCE-based HRWR*, Zat additive ini berfungsi untuk mendapatkan nilai slump tinggi dan tahan lama. Zat additive *MasterGlenium SKY 8233* cocok digunakan untuk proyek high-rise dan pracetak. Zat additive *MasterGlenium® SKY 8233* dapat dilihat pada Gambar 2.16



Gambar 2. 16 *Master Glenium SKY 8233*

4. *FosrocAuramix 300*

Merupakan Zat additive Tipe Polikarboksilat eter (PCE), Zat additive ini berfungsi untuk SCC & high strength concrete. Zat additive *FosrocAuramix 300* cocok digunakan untuk memperbaiki aliran dan workability beton tanpa menambah air, meningkatkan kohesi dan mengurangi segregasi.

g) Tipe G " *Water Reducing, High Range Retarding Admixtures*" *Water Reducing, High Range Retarding Admixtures* adalah bahan tambah yang berfungsi untuk mengurangi jumlah air pencampur yang diperlukan untuk menghasilkan beton dengan konsistensi tertentu, sebanyak 12% atau lebih dan juga untuk menghambat pengikatan beton.

Zat *additive* tipe G terdiri dari:

1. *Sika Viscocrete 20 HE*

Merupakan Zat *additive* tipe *Retarder* yang berfungsi untuk Pengurangan air yang tinggi, dan meningkatkan kekuatan awal beton. Zat *additive Sika Viscocrete 20 HE* cocok digunakan untuk mempercepat proses produksi elemen beton pracetak, digunakan dalam proyek yang memerlukan waktu pengerjaan singkat. Zat *additive Sika Viscocrete 20 HE* dapat dilihat pada Gambar 2.17.



Gambar 2. 17 *Sika Viscocrete 20 HE*

Bahan tambah yang bersifat kimiawi yang digunakan dalam penelitian ini menggunakan *Sikament-LN* sesuai dengan *ASTM C 494-92 Type F*. *Sikament-LN* digunakan sebagai bahan tambah beton dengan mempercepat waktu pengikatan beton dan lebih mudah dalam pengerjaan. *Sikament-LN* ini juga dapat mengurangi air sampai 20% untuk memperoleh beton yang mudah dikerjakan dengan kuat tekan yang lebih tinggi. Dosis yang digunakan pada *Sikament-LN* dapat digunakan pada batas pemakaian dosis 0,30% - 2,0% dari total berat semen tergantung pada persyaratan mengenai *workability* dan kekuatan. Disarankan untuk melakukan trial mix untuk menetapkan tingkat dosis yang tepat untuk kebutuhan. *Sikament-LN*

harus dituangkan langsung ke dalam air pencampur sebelum ditambahkan ke agregat. Selama umur beton belum mencapai waktu yang ditentukan, beton harus dijaga kelembabannya agar tidak terjadi pengeringan awal. Berat jenis dari *Sikament-LN* ini 1.18 – 1.20 kg/L.

2. mineral (*additive*)

Bahan tambah mineral ini merupakan bahan tambah yang dimaksudkan untuk memperbaiki kinerja beton. Bahan tambah mineral ini cenderung bersifat penyemenan. Beberapa bahan tambah mineral ini adalah pozzolan, *fly ash*, *slag*, dan *silica fume*. Beberapa keuntungan penggunaan bahan tambah mineral ini antara lain memperbaiki kinerja *workability*, mengurangi panas hidrasi, mengurangi biaya pekerjaan beton, mempertinggi daya tahan terhadap serangan sulfat, mempertinggi daya tahan terhadap serangan reaksi alkali-silika, mempertinggi usia beton, mempertinggi kekuatan tekan beton dan mempertinggi keawetan beton, mengurangi penyusutan dan mengurangi porositas dan daya serap air dalam beton.

2.4 Pengujian Agregat Halus dan Agregat Kasar

Berdasarkan SNI 03-4804-1998, berat isi agregat adalah berat agregat persatuan isi. Berat isi atau disebut juga sebagai berat satuan agregat merupakan rasio antara berat agregat dan isi/volume.

2.4.1 Pengujian Berat Volume Agregat

Pengujian ini bertujuan untuk menentukan berat isi agregat halus, kasar, ataupun campuran. Berat volume agregat didefinisikan sebagai perbandingan antara berat material kering dengan volumenya. Nilai berat volume adalah 1,40 kg/ltr – 1,90 kg/ltr. Berat volume agregat dapat dihitung dengan persamaan berikut

$$\text{Berat Volume Agregat} = W/V \text{ (kg/m}^3\text{)} \dots\dots\dots(2.4)$$

Keterangan :

A = Berat benda uji (g)

B = Volume mould (cm³)

2.4.2 Analisa Saringan Agregat

Analisa saringan agregat bertujuan untuk menentukan gradasi agregat halus dan agregat kasar yang digunakan untuk campuran beton dengan menggunakan analisis saringan.

2.4.3 Pengujian Kadar Lumpur

Dalam prakteknya dilapangan, khususnya pada agregat halus diketahui bahwa kebersihan agregat terhadap kadar lumpur melebihi dari syarat-syarat yang telah ditentukan yaitu sebesar 3% dari berat agregat halus (ASTM C-33 2003). Jika dalam agregat mengandung banyak lumpur akan menambah permukaan agregat sehingga keperluan air untuk membasahi semua permukaan butiran dalam campuran meningkat. Ini mengakibatkan kekuatan dan ketahanan dapat menurun. Karena pengaruh buruk tersebut, maka jumlahnya dalam agregat dibatasi yaitu tidak boleh lebih dari 3% menurut ASTM C-33-2003. Adapun berdasarkan SK SNI S-04-1989-F Kadar lumpur pada agregat halus yaitu maksimum 5%. Rumus yang digunakan untuk mencari persentase kadar lumpur sebagai berikut.

Pemeriksaan kadar lumpur bertujuan untuk menentukan persentase kandungan lumpur pada agregat halus. Berdasarkan ASTM C-142, standar kandungan lumpur pada agregat halus adalah <5%. Kadar lumpur yang tinggi dapat menyebabkan retak dan susut yang disebabkan sifat kembang susut dari lumpur. Kadar lumpur agregat halus dapat dihitung dengan persamaan berikut :

$$\text{Kadar Lumpur} = \frac{v_2}{v_1+v_2} \times 100\% \dots\dots\dots(2.5)$$

Keterangan:

V1 = volume pasir (ml).

V2 = volume lumpur (ml)

2.4.4 Pengujian Kadar Zat Organik

Pemeriksaan kadar zat organik ini bertujuan untuk menentukan kandungan zat organik pada agregat halus. Standar kandungan zat organik pada agregat halus menurut ASTM C-40 adalah nomor 3 pada *organic plate*.

2.4.5 Pengujian Kadar Air

Kadar air agregat adalah perbandingan antara berat air yang terkandung dalam agregat dengan berat agregat halus dalam keadaan kering. Nilai kadar air ini digunakan untuk koreksi takaran air dalam adukan beton yang disesuaikan dengan

kondisi agregat dilapangan. Menurut SNI 03-1971-1990, kadar air agregat adalah 3%-5%. Kadar air agregat dapat dihitung dengan persamaan berikut :

$$\text{Kadar Air (\%)} = \frac{w_1 \times w_2}{w_2} \times 100\% \dots \dots \dots (2.6)$$

Keterangan :

W1 = Berat awal sampel (g)

W2 = Berat sampel kering (g)

2.4.6 Analisa Specific Gravity dan Penyerapan Agregat Kasar

Tujuan dari pengujian ini adalah untuk menentukan Bulk dan Apparent specific gravity dan penyerapan dari agregat kasar menurut prosedur ASTM C 127. Nilai ini diperlukan untuk menentukan besarnya komposisi volume agregat dalam adukan beton. Analisa specific gravity dan penyerapan agregat kasar dapat dihitung dengan persamaan berikut :

$$\text{Apparent Specific Gravity} = \frac{C}{C-B} \dots \dots \dots (2.7)$$

$$\text{Bulk Specific Gravity Kondisi Kering} = \frac{C}{A-B} \dots \dots \dots (2.8)$$

$$\text{Bulk Specific Gravity Kondisi SSD} = \frac{A}{A-B} \dots \dots \dots (2.9)$$

$$\text{Persentase (\%)} \text{ Penyerapan} = \frac{A-C}{C} \times 100\% \dots \dots \dots (2.10)$$

2.4.7 Analisa Specific Gravity dan Penyerapan Agregat Halus

Tujuan dari pengujian ini adalah untuk menentukan Bulk dan Apparent specific gravity dan penyerapan dari agregat halus menurut prosedur ASTM C 128. Nilai ini diperlukan untuk menentukan besarnya komposisi volume agregat dalam adukan beton.

Analisa specific gravity dan penyerapan agregat halus dapat dihitung dengan persamaan berikut :

$$\text{Apparent Specific Gravity} = \frac{E}{(E+D-C)} \dots \dots \dots (2.11)$$

$$\text{Bulk Specific Gravity Kondisi Kering} = \frac{E}{(E+D-C)} \dots \dots \dots (2.12)$$

$$\text{Bulk Specific Gravity Kondisi SSD} = \frac{E}{(E+D-C)} \dots \dots \dots (2.13)$$

$$\text{Persentase (\%)} \text{ Penyerapan} = \left[\frac{B-E}{E} \right] \times 100\% \dots \dots \dots (2.14)$$

2.4.8 Pemeriksaan Keausan Agregat

Pemeriksaan keausan agregat ini bertujuan untuk menentukan ketahanan agregat kasar terhadap keausan dengan menggunakan mesin Los Angeles. 19 Keausan adalah perbandingan antara berat bahan aus lewat saringan #12 terhadap berat semula yang dinyatakan dalam persen. Berdasarkan SNI 03-2417-1991 keausan agregat kasar kurang dan sama dengan 40 %, dan dapat dihitung dengan persamaan berikut :

$$\text{Keausan} = \frac{A-B}{A} \times 100\% \dots\dots\dots(2.15)$$

Dimana :

A = Berat benda uji semula (gram)

B = Berat benda uji tertahan saringan #12 (gram)

2.5 Pengertian Job Mix Formula

Job Mix Formula dapat didefinisikan sebagai proses merancang dan memilih bahan yang cocok dan menentukan proporsi relatif dengan tujuan memproduksi beton dengan kekuatan tertentu, daya tahan tertentu dan seekonomis mungkin. Mulyati & Adman, (2019)

Rancangan campuran beton bukanlah tugas sederhana karena sifat yang sangat beragam dari material penyusunnya, kondisi yang ada di tempat kerja, khususnya kondisi eksposur, dan kondisi yang dituntut untuk pekerjaan tertentu.

Desain campuran beton membutuhkan pengetahuan lengkap dari berbagai *property* bahan bahan penyusunnya, ini membuat tugas perencanaan campuran yang lebih kompleks dan sulit. Desain campuran beton tidak hanya membutuhkan pengetahuan tentang sifat material dan sifat beton dalam kondisi plastik tetapi juga membutuhkan pengetahuan yang lebih luas dan pengalaman dari perkerasan. Bahkan proporsi bahan beton di laboratorium memerlukan penyesuaian modifikasi dan kembali disesuaikan dengan kondisi lapangan. Riwayati & Habibi, (2021).

2.6 Kekuatan Tekan Beton

Kuat tekan beton didapat melalui pengujian kuat tekan dengan memakai alat uji tekan (*Compressive Strength Machine*). Pemberian beban tekan dilakukan bertahap dengan kecepatan beban tertentu atas uji beton. Besarnya kuat tekan beton

dapat dihitung dengan rumus (perpaduan pratikum teknologi bahan konstruksi, Universitas Dharma Andalas,2019):

1. Kekuatan Tekan Beton (f_c')

$$\text{Kekuatan tekan beton} = \frac{P}{A} \dots\dots\dots(2.16)$$

Keterangan:

f_c' = Kuat tekan benda uji (Mpa)

P = Beban maksimum (N)

A = Luas penampang benda uji (mm^2)

2. Kuat Tekan Rata-rata Benda Uji ($f_c'r$)

Kuat tekan rata-rata benda uji adalah kuat tekan beton yang dicapai dari beberapa sampel benda uji dibagi dengan jumlah benda uji, dihitung dengan rumus sebagai berikut :

Kuat tekan rata-rata benda uji =

Keterangan:

f_c' = Kuat tekan benda uji (Mpa)

$f_c'r$ = Kuat tekan beton rata-rata jumlah benda uji (Mpa)

3. Standar Deviasi (S)

Keterangan:

S = Standar Deviasi

f_c' = Kuat tekan beton umur 28 hari (Mpa)

$f_c'r$ = Kuat tekan beton rata-rata (Mpa)

n = Jumlah benda uji

4. Kuat Tekan Karakteristik ($f_c'k$)

$$f_c'k = f_c'r - (1,64s)$$

Keterangan:

$f_c'k$ = Kuat tekan karakteristik beton (Mpa)

$f_c'r$ = Kuat tekan beton rata-rata (Mpa)

S = Standar Deviasi

2.7 Faktor Air Semen

Adapun nilai faktor air semen menurut ACI (*American Concrete Institute*) dapat dilihat sepertipada Tabel 2.3 dibawah ini:

Tabel 2. 3 Nilai Faktor Air Semen Menurut ACI

Kuat Tekan Beton Umur 28 hari (Mpa)	<i>Water Cement Ratio</i>	
	Beton Tanpa Kandungan Udara (<i>Non Air-Entraîne</i>)	Beton Dengan Kandungan Udara (<i>Air-Entraîne</i>)
	40	0,42
35	0,47	0,39

Sumber : ACI Tabel A1.5.3.4(a) *Relationship between water cement (SI)*

2.8 Kadar Air Bebas

Kadar air bebas ditentukan sebagai berikut:

$$= W_h + W_k \dots\dots\dots(2.17)$$

Dimana:

W_h = perkiraan jumlah air untuk agregat halus.

W_k = perkiraan jumlah air untuk agregat kasar.

Tabel 2. 4 Perkiraan kadar air bebas (Kg/m³) yang dibutuhkan untuk beberapa tingkat kemudahan pengerjaan adukan beton

Ukuran besar butir agregat maksimum	Jenis agregat	<i>Slump (mm)</i>			
		0 – 10	10 – 30	30 – 60	60 – 180
10 mm	Batu tak dipecah	150	180	205	225
	Batu pecah	180	205	230	250
20 mm	Batu tak dipecah	135	160	180	195
	Batu pecah	170	190	210	225
40 mm	Batu tak dipecah	115	140	160	175
	Batu pecah	155	175	190	205

2.9 Workabilitas

Slump test adalah salah satu cara untuk mengukur kecairan atau kepadatan dalam adukan beton. Tujuan *slump test* adalah untuk mengecek adanya perubahan kadar air yang ada di dalam adukan beton, sedangkan pemeriksaan nilai *slump* dimaksud untuk mengetahui konsistensi beton dan sifatnya *workability*

(kemudahan dalam pengerjaannya) beton sesuai dengan syarat-syarat yang ditetapkan, semakin rendah nilai *slump* menunjukkan bahwa beton semakin kental dan nilai *slump* yang tertinggi menunjukkan bahwa beton semakin encer.

Pengujian *slump* dilakukan untuk mengetahui tingkat kekecekan beton segar yang dihasilkan. Pengujian dilakukan dengan menggunakan kerucut abrams, Pelaksanaan pengujian yang dilakukan dengan cara kerucut *abrams* diletakkan diatas talem baja yang rata dan tidak menyerap air. Adukan beton dituang dalam 3 (tiga) tahap, volume berturut-turut 1/3, 2/3 dan hingga penuh. Tiap lapisan ditumbuk dengan menggunakan batang baja diameter 16 mm dengan panjang 600 mm sebanyak 25 kali, penusukan dilakukan secara merata keseluruh bidang dan dijaga agar tidak mengenai lapisan bawahnya. Kemudian kerucut *abrams* diangkat tegak lurus keatas, maka lapisan beton akan turun dari posisi semula, penurunan ini diukur dengan cara meletakkan kerucut abrams disampingnya, kemudian diukur selisih beda tingginya penurunan dari posisi semula ini disebut dengan *slump* (ASTM C-143).

Untuk itu dianjurkan penggunaan nilai-nilai *slump* yang terletak didalam batasan yang telah ditentukan dalam Tabel 2.5 berikut ini:

Tabel 2. 5 Penetapan Nilai *Slump*

Pemakaian Beton	Slump	
	Maksimum	Minimum
Dinding, pelat pondasi dan pondasi telapak bertulang	12,5	5,0
Pondasi telapak tidak bertulang koisin, struktur dibawah tanah	9,0	2,5
Pelat balok, balok, kolom dan dinding	15,0	7,5
Pengerasan jalan	7,5	5,0
Pembetonan massal	7,7	2,5

Sumber: PBI-1971 (hal : 38)

2.10 Perawatan Beton (*Curing*)

Curing beton adalah suatu prosedur yang dilakukan untuk mempertahankan fleksibilitas beton. Hal ini dilakukan mengingat sifat dasar beton yang cenderung

mudah mengeras. Dengan begitu, struktur yang menggunakan beton dapat bertahan lebih lama.

Curing beton dilakukan saat permukaan beton sudah melalui fase pengerasan (*hardening*). Dimana tujuannya adalah untuk memastikan agar senyawa kimia yang dikandung beton sudah stabil. Jika terlalu cepat (sebelum *hardening*), dikhawatirkan senyawa kimia masih belum stabil dan *curing* justru akan merusak struktur beton. Begitu pula jika terlalu lama (jauh setelah *hardening*), maka *curing* justru tidak memberi efek pada struktur beton karena sudah mengeras.