

BAB II

TINJAUAN PUSTAKA

2.1. Beton

Menurut Tjokrodimuljo (1996), beton merupakan hasil pencampuran portland cement, air, dan agregat. Terkadang ditambah menggunakan bahan tambah dengan perbandingan tertentu, mulai dari bahan kimia tambahan, fiber, sampai bahan buangan non kimia. Sifat-sifat beton pada umumnya dipengaruhi oleh kualitas bahan, cara pengerjaan dan cara perawatannya.

Berdasarkan SNI-03-2847-2002 definisi beton adalah campuran antara semen portland atau semen hidrolis yang lain, agregat halus, agregat kasar, dan air, dengan atau tanpa bahan tambahan yang membentuk massa padat. Seiring dengan penambahan umur, beton akan semakin mengeras dan akan mencapai kekuatan rencana (f'_c) pada usia 28 hari.

2.2. Bahan Tambah

Menurut Tjokrodimuljo (1996) bahan tambah adalah suatu bahan berupa bubuk atau cairan yang ditambahkan kedalam adukan beton, bertujuan untuk mengubah sifat adukan atau betonnya. Menurut Mulyono (2004) bahan tambah dalam beton dapat dibedakan menjadi dua, seperti dijelaskan dibawah ini.

2.2.1. Bahan Tambah Mineral (*Additive*)

Pemberian bahan tambah ini bertujuan untuk memperbaiki kinerja beton. Contoh bahan tambah mineral adalah abu terbang batu bara (*Fly Ash*), *slag* dan *silica fume*.

2.2.2. Bahan Tambah Kimia (*Chemical Admixture*)

Bahan tambah kimia atau yang biasa disebut *superplasticizer* merupakan bahan tambah yang digunakan dalam campuran beton bertujuan mengubah beberapa sifat beton seperti kekuatan beton, kemudahan pengerjaan adukan beton, keawetan beton, serta kinerja-kinerja lainnya dalam memenuhi kebutuhan teknologi konstruksi modern. Adapun macam-macam bahan tambah kimia menurut ASTM C494-82 adalah seperti dibawah ini.

a. Tipe A (*water reducing admixtures*)

Water reducing admixtures adalah bahan tambah yang mengurangi air pencampur yang diperlukan untuk menghasilkan beton dengan konsistensi tertentu.

b. Tipe B (*retarding admixture*)

Retarding admixture adalah bahan tambah yang berfungsi untuk menghambat waktu pengikatan beton. Misalnya karena kondisi cuaca panas dimana tingkat kehilangan sifat pengerjaan beton sangat tinggi.

c. Tipe C (*accelerating admixture*)

Accelerating admixtures adalah bahan tambah yang berfungsi untuk mempercepat pengikatan dan pengembangan kekuatan awal beton.

d. Tipe D (*water reducing and retarding admixture*)

Water reducing and retarding admixture adalah bahan tambah yang berfungsi ganda, yaitu mengurangi jumlah air yang diperlukan campuran beton dengan konsistensi tertentu dan menghambat pengikatan awal.

e. Tipe E (*water reducing and acceleratiing admixtures*)

Water reducing and acceleratiing admixtures adalah bahan tambah yang berfungsi ganda, yaitu mengurangi jumlah air untuk menghasilkan beton dengan konsistensi tertentu dan mempercepat pengikatan awal.

f. Tipe F (*water reducing high range admixtures*)

Water reducing high range admixtures adalah bahan tambah berfungsi untuk mengurangi jumlah air pencampur yang diperlukan untuk menghasilkan beton dengan konsistensi tertentu, sebanyak 12% atau lebih. Pengurangan kadar air dalam bahan ini lebih tinggi, bertujuan agar kekuatan beton yang dihasilkan lebih tinggi dengan air yang sedikit tetapi tingkat kemudahan pengerjaannya lebih tinggi. Jenis bahan tambah ini adalah *superplasticizer*, dosis yang disarankan adalah sekitar 1-2% dari berat semen. Dosis yang berlebihan akan menyebabkan menurunnya kuat tekan beton.

g. Tipe G (*water reducing high range retarding admixtures*)

Water reducing high range retarding admixtures adalah bahan tambah berfungsi untuk mengurangi jumlah air pencampur yang digunakan untuk menghasilkan beton dengan konsistensi tertentu, sebanyak 12% atau lebih dan juga untuk menghambat pengikatan beton. Jenis bahan tambah ini merupakan gabungan *superplasticizer* dengan penunda waktu pengikatan.

2.3. Fly Ash

Abu terbang (*Fly Ash*) diperoleh dari hasil residu PLTU. Material ini berupa butiran halus ringan, bundar, tidak porous, mempunyai kadar bahan semen yang tinggi dan mempunyai sifat pozzolanik, yaitu dapat bereaksi dengan kapur bebas yang dilepaskan semen saat proses hidrasi dan membentuk senyawa yang bersifat mengikat pada temperatur normal dengan adanya air. *Fly Ash* dapat dibedakan menjadi 3 jenis (ACI Manual of Concrete Practice 1993 Part 1 226.3R-3).

2.3.1. Fly Ash Kelas C

Fly Ash yang mengandung CaO di atas 10% yang dihasilkan dari pembakaran lignite atau sub-bitumen batubara (batubara muda).

- a. Kadar ($\text{SiO}_2 + \text{Al}_2\text{O}_3 + \text{Fe}_2\text{O}_3$) > 50%.
- b. Kadar CaO mencapai 10%.

Dalam campuran beton digunakan sebanyak 15% - 35% dari berat binder.

2.3.2. Fly Ash Kelas F

Fly Ash yang mengandung CaO lebih kecil dari 10% yang dihasilkan dari pembakaran anthracite atau bitumen batubara.

- a. Kadar ($\text{SiO}_2 + \text{Al}_2\text{O}_3 + \text{Fe}_2\text{O}_3$) > 70%.
- b. Kadar CaO < 5%.

Dalam campuran beton digunakan sebanyak 15% - 25% dari berat binder.

2.3.3. Fly Ash Kelas N

Pozzolan alam atau hasil pembakaran yang dapat digolongkan antara lain tanah diatomic, opaline chertz, shales, tuff dan abu vulkanik, yang mana biasa

diproses melalui pembakaran atau tidak melalui proses pembakaran. Selain itu juga mempunyai sifat pozzolan yang baik.

2.4. Balok

Menurut Pangestuti,dkk. (2006) balok merupakan batang struktural yang dirancang untuk menahan beban-beban yang bekerja dalam arah tegak lurus terhadap sumbunya. Beban tersebut akan menyebabkan balok melentur sehingga akan terbentuk sejumlah gaya-gaya dalam. Gaya-gaya yang bekerja pada balok meliputi gaya desak dan gaya tarik baja.

Balok harus dirancang agar mengalami keruntuhan tarik, yaitu keadaan dimana terjadi leleh pada tulangan tarik sebelum terjadi kehancuran beton karena tekan. Berdasarkan jenis keruntuhan, balok dapat dikelompokkan menjadi

1. Penampang *Balanced*

Tulangan tarik mengalami leleh tepat pada saat beton juga mengalami regangan maksimumnya.

2. Penampang *Over-Reinforced*

Kondisi dimana terjadi keruntuhan pada beton karena tekan sebelum terjadi leleh pada tulangan tarik. Sifat keruntuhan ini terjadi sangat mendadak tanpa ada peringatan (seperti balok melendut atau retak) terlebih dahulu. Keadaan seperti ini sangat membahayakan penghuni bangunan tersebut.

3. Penampang *Under-Reinforced*

Kondisi keruntuhan dimana tulangan tarik mengalami leleh terlebih dahulu dibandingkan beton. Keadaan seperti ini menyebabkan beton mengalami

lentur terlebih dahulu yang ditandai dengan retak-retak lentur pada penampang beton sebelum beton tersebut mengalami keruntuhan.

2.5. Keruntuhan Lentur pada Balok

Tegangan lentur merupakan hasil dari momen lentur. Momen lentur terjadi akibat bentang balok menahan beban yang sedang bekerja. Beban yang bekerja pada balok dapat mengakibatkan kondisi tekan dan tarik sehingga balok disebut juga sebagai elemen struktur yang mengalami dua kondisi. Balok yang mengalami keruntuhan lentur akan ditandai dengan munculnya retak – retak halus pada daerah tengah balok.

Daerah balok yang mengalami keruntuhan lentur, retak terutama terjadi pada sepertiga tengah bentang, dan arah retak lentur tegak lurus terhadap arah tegangan utama. Retak retak ini diakibatkan oleh tegangan geser (v) yang sangat kecil dan tegangan lentur (f) yang sangat dominan di mana besarnya hampir mendekati tegangan utama horizontal $f_t (max)$. Keadaan runtuh lentur yang seperti ini menyebabkan beberapa retak halus dengan vertikal terjadi di daerah tengah bentang sekitar 50% dari yang diakibatkan oleh beban runtuh lentur (Nawy, 1990). Retakan ini terjadi karena beban bertambah besar sehingga tegangan tarik beton melampaui kekuatan tarik beton dan timbul retakan-retakan dibagian yang tertarik (Vis dan Gideon, 1993).

Menurut Nawy (1990) tegangan lentur hampir selalu menentukan dimensi geometris penampang beton bertulang. Proses desain yang mencakup pemilihan dan analisis penampang biasanya dimulai dengan pemenuhan persyaratan terhadap

lentur, kecuali untuk komponen struktur yang khusus seperti pondasi. Setelah itu faktor lain seperti kapasitas geser, defleksi, retak dan panjang penyaluran tulangan dianalisis sampai memenuhi persyaratan.

2.6. Beberapa Penelitian Mengenai Topik Penulisan

Studi “Pengaruh Komposisi Glenium ACE 8590 dengan *Fly Ash* dan *Filler* Pasir Kuarsa Terhadap Sifat Mekanik Beton Mutu Tinggi” (Setiawan, 2015) menunjukkan beberapa kesimpulan mengenai penggunaan Glenium ACE 8590 dengan kadar 0%, 0,5%, 1%, dan 1,5% dari berat semennya dan *Fly Ash* 10% dari berat semen. Dari hasil percobaan tersebut, kuat tekan yang didapat pada usia 28 hari adalah 32,3716 MPa, 43,4607 MPa, 45,7856 MPa, dan 50,9017 MPa. Kuat tarik belah yang didapat 2,9427 MPa, 4,2457 MPa, 3,4805 MPa, dan 4,4461 MPa. Nilai modulus elastisitas beton rerata yang didapat 26168,753 MPa, 32567,053 MPa, 44080,386 MPa, dan 39133,358 MPa. Kadar optimum Glenium ACE 8590 untuk kuat tekan dan kuat tarik belah adalah 1,5%. Kadar optimum Glenium ACE 8590 untuk nilai modulus elastisitas tertinggi adalah 1%.

Studi “Pengaruh Komposisi Glenium ACE 8590 Terhadap Sifat Mekanik Beton” (Nababan, 2015) menunjukkan kuat tekan pada penggunaan Glenium dengan kadar 0%, 0,25%, 0,5%, 0,75%, 1%, 1,25%, dan 1,5% pada umur 28 hari berturut-turut adalah 31,31 MPa, 9,0177 MPa, 8,7366 MPa, 8,3295 MPa, 16,8655 MPa, 19,7324 MPa, dan 44,7686 MPa. Untuk nilai kuat tarik belah beton pada umur 28 hari didapatkan 3,379 MPa, 2,6361 MPa, 2,4742 MPa, 2,2014 MPa, 2,56 MPa, 3,0716 MPa, dan 4,1255 MPa. Untuk nilai modulus elastisitas beton pada umur 28

hari didapatkan 21626 MPa, 8070,5 MPa, 7622,5 MPa, 5004 MPa, 10789 MPa, 16154,5 MPa, dan 29124,5 MPa. Kadar optimum Glenium ACE 8590 untuk nilai kuat tekan, kuat tarik belah, dan nilai modulus elastisitas tertinggi adalah 1,5%.

Studi “Pengaruh Kadar Abu Terbang sebagai Pengganti Sejumlah Semen pada Beton Alir Mutu Tinggi” (Sebayang, 2010) menunjukkan bahwa pengujian kuat tekan beton dengan menggunakan kadar *Fly Ash* 0%, 3%, 6%, 9%, 12%, dan 15% pada umur 28 hari berturut-turut adalah 43,257 MPa, 38,060 MPa, 41,117 MPa, 41,882 MPa, 41,117 MPa dan 38,519 MPa. Dari hasil penelitian ini menunjukkan bahwa kadar optimum *Fly Ash* yang digunakan berkisar 9%.

Studi “Pengaruh Pemanfaatan Abu Terbang (*Fly Ash*) dalam Beton Mutu Tinggi” (Mardiono, 2010) menunjukkan bahwa kuat tekan rata-rata beton dengan menggunakan *superplasticizer* Sika Viscocrete 10 dan *Fly Ash* dengan kadar 0%, 10%, 20%, 30%, 40% berturut-turut pada umur 28 hari adalah 40,85%, 41,57%, 41,28%, 35,57%, dan 33,91%. Dari hasil tersebut dapat disimpulkan bahwa penggantian semen dengan kadar *Fly Ash* 10% merupakan kadar optimum yang dapat dipakai untuk mencapai kuat tekan yang lebih tinggi.

Studi “Eksperimental Mengenai Pengaruh Penambahan *Superplasticizer* terhadap Kuat Lentur Beton Ringan ALWA dengan Mutu Rencana $f'c = 35$ MPa” (Vernando, 2013). Penelitian dilakukan dengan benda uji balok berukuran 150 mm x 150 mm x 600 mm dengan kadar *superplasticizer* 0 %, 1%, dan 2%. Penggunaan kadar *superplasticizer* 2 % mampu mencapai target kuat tekan rencana, $f'c = 35$ MPa. Penambahan *superplasticizer* mampu memperbesar nilai slump pada beton,

sehingga mempermudah dalam pengadukan, namun penambahan *superplasticizer* juga mengakibatkan penurunan nilai modulus elastisitas lentur rata-rata beton.

Studi “Pengaruh Penggunaan Baja Profil Siku Terhadap Kuat Lentur Balok” (Siahaan, 2014) menunjukkan penggunaan baja profil siku yang diaplikasikan pada balok dan diuji kuat lenturnya. Hasil pengujian beban maksimum BBTS1 76,4469 kN, BBTS2 75,4286 kN, dan BBTS3 66,5494 kN. Hasil analisis beban maksimum BBTS1 46,9640 kN, BBTS2 46,7340 kN, dan BBTS3 46,4433 kN. Beban retak pertama hasil pengujian terjadi pada BBTS1 2716,0750 kg, BBTS2 2405,2151 kg, dan BBTS3 1951,7260 kg. Beban retak pertama hasil analisis terjadi pada BBTS1 972,9414 kg, BBTS2 1033,4827 kg, dan BBTS3 1215,0958 kg. Beban luluh pertama hasil pengujian BBTS1 4194,0410 kg, BBTS2 7256,0459 kg, dan BBTS3 5703,5371 kg. Beban luluh pertama hasil analisis BBTS1 5615,1423 kg, BBTS2 5632,9356 kg, dan BBTS3 5697,6580 kg.

Studi “Perkuatan Balok Beton Bertulang dengan *Fiber Glass Jacket* pada Kondisi Lentur” (Zebua, 2015) menunjukkan bahwa Balok yang diberi perkuatan *Fiber Glass Jacket* akan meningkatkan kuat lentur maksimalnya. Peningkatan untuk BBFG 4 sebesar 19,481% dan pada BBFG 5 sebesar 25,959%. Hasil pengujian beban maksimum BBN 28,248 kN, BBFG 4 35,083 kN, BBFG 5 38,152 kN, sedangkan hasil analisisnya BBN 23,238 kN, BBFG 4 27,984 kN, dan BBFG 5 28,262 kN.