BAB II
TINJAUAN PUSTAKA

2.1. Pengertian Umum Besi Beton *(REBAR)*

Besi beton adalah rangka besi yang digunakan untuk memperkuat struktur beton pada bangunan. Besi beton yang disebut juga concrete steel atau rebar dalam bahasa Inggris ini menambah daya lentur pada beton, sehingga tahan terhadap beban statis maupun beban dinamis. Tanpa besi beton, maka beton bangunan akan lebih mudah retak saat akibat guncangan-guncangan kecil saat kendaraan melintasinya atau lebih mudah patah saat terjadi gempa bumi.Besi beton atau Besi Tulang Beton (*BTB*) terdiri dari dua jenis:

1. Besi Beton Polos (*plain rebar*).

Besi beton ini memilliki permukaan yang mulus dan licin. Penampangnya pun berbentuk bundar mulus. Besi beton kurang memiliki daya ikat dengan coran beton. Besi beton polos biasanya digunakan untuk membungkus dan mengikat beberapa batang besi beton ulir dalam satu konstruksi beton.

Gambar 2.1. Besi Beton Polos

2. Besi Beton Ulir (*deformed rebar*).

Besi beton ulir memiliki tonjolan-tonjolan seperti sirip pada sepanjang permukaannya, sehingga memiliki daya ikat tinggi dengan coran beton. Bentuk sirip-sirip ini berbeda untuk setiap produsennya. Besi beton ulir kurang lentur dan sulit dibengkokkan sehingga sulit pemasangannya.

Gambar 2.2. Besi Beton Ulir

Biasanya besi beton memiliki panjang standar 12 meter. Diameter besi beton yang umum digunakan adalah 8 mm dan 10 mm. Namun yang terjadi di lapangan, besi beton yang ada memiliki penampang yang sedikit lebih kecil dari yang tertera pada tulisan marking pada permukaan besi beton. Jika masih dalam batas toleransi 0,1 mm, maka besi beton tersebut masih masuk ke dalam standar SNI.

Jumlah penggunaan dan ukuran diameter besi beton adalah berbanding lurus dengan dimensi coran beton. Hal ini distandarisasi dalam *SNI 2052:2014* tentang Baja Tulangan Beton yang dipakai pada konstruksi beton. Semakin besar dimensi konstruksi beton, makin besar pula diameter dan jumlah besi beton yang dipergunakan. Besi beton merupakan besi yang digunakan untuk penulangan konstruksi beton atau yang lebih dikenal sebagai beton bertulang. Beton bertulang yang mengandung batang tulangan dan direncanakan berdasarkan anggapan bahwa bahan tersebut bekerja sama dalam memikul gaya-gaya.

Beton bertulang bersifat unik dimana dua jenis bahan yaitu besi tulangan dan beton dipakai secara bersamaan. Tulangan menyediakan gaya tarik yang tidak dimiliki beton dan mampu menahan gaya tekan.

Tulangan polos (*BJTD*) jarang digunakan kecuali untuk membungkus tulangan longitudinal (sengkang atau spiral) yang diberi kait pada ujungnya, terutama pada kolom.

Besi ulir atau besi tulangan beton sirip adalah batang besi dengan bentuk permukaan khusus berbentuk sirip melintang (puntir/sirip ikan) atau rusuk memanjang (sirip teratur/bambu) dengan pola tertentu, atau batang tulangan yang dipilin pada proses produksinya.

Tulangan ulir, yang diberi ulir melalui proses rol pada permukaannya (polanya berbeda tergantung dari pabrik pembuatnya) untuk mendapatkan ikatan (bonding) yang lebih baik antara tulangan dan beton yang digunakan pada hampir semua aplikasi dibandingkan dengan tulangan polos dengan luas penampang sama. Bentuk ulir berupa sirip meningkatkan daya lekat guna menahan gerakan dari batang secara relatif terhadap beton.

2.1.1. Fungsi Besi Beton

Sejak tahun 1950 konstruksi konstruksi besi beton mulai digunakan sebagai elemen utama dalam pembangunan gedung tinggi. Karena pengetahuan manusia tentang perilaku beton bertulang yang terbatas, terutama mengenai nonlinearitas material beton itu sendiri, pada awal abad ke-20 kebanyakan gedung tinggi di Amerika menggunakan baja profil sebagai elemen struktur utamanya. Baru pada 1950-an konstruksi beton mulai ikut berperan dalam konstruksi gedung tinggi.

Di Indonesia sendiri, besi beton lebih sering digunakan untuk pembangunan gedung, karena bahan ini lebih mudah didapat sehingga dirasakan lebih ekonomis dibanding konstruksi lainnya. Besi beton atau beton bertulang boleh jadi merupakan bahan konstruksi yang paling penting karena digunakan dalam berbagai bentuk untuk hampir semua struktur baik besar maupun kecil seperti bangunan, jembatan, perkerasan jalan, bendungan, dinding pebahan tanah, terowongan, jembatan yang melintasi lembah (viaduct), drainase, fasilitas irigasi, tangki dan sebagainya.

Khusus untuk bangunan gedung bertingkat tinggi, besi beton digunakan untuk struktur kolom, balok, dinding, plat, besi poer dan sloof. Sukses beton bertulang sebagai bahan konstruksi yang universal karena banyaknya kelebihan yang dimilikinya.

2.1.2. Kelebihan Besi Beton

1. Memiliki kuat tekan yang relatif lebih tinggi dibandingkan kebanyakan bahan lain.

2. Memiliki ketahanan yang tinggi terhadap api dan air, bahkan memiliki struktur terbaik untuk bangunan yang banyak bersentuhan dengan air. Pada peristiwa kebakaran dengan intesitas rata-rata, batang-batang struktur dengan ketebalan penutup beton yang memadai sebagai pelindung tulangan hanya mengalami kerusakan pada permukaannya saja tanpa mengalami keruntuhan.
3. Struktur beton bertulang sangat kokoh.
4. Tidak memerlukan biaya pemeliharaan yang tinggi dibandingkan dengan bahan lain.
5. memiliki usia yang sangat panjang. Dalam kondisi-kondisi normal, struktur beton bertulang dapat digunakan sampai kapanpun tanpa kehilangan kemampuannya untuk menahan beban. Ini dapat dijelaskan dari kenyataan bahwa kekuatannya tidak berkurang dengan berjalannya waktu bahkan semakin lama semakin bertambah dalam hitungan tahun, karena lamanya proses pemadatan semen.
6. Merupakan satu-satunya bahan yang ekonomis untuk pondasi tapak, dinding basement, tiang tumpuan jembatan, dan bangunan-bangunan semacam itu.
7. Dapat dirakit menjadi bentuk yang sangat beragam mulai dari plat, balok dan kolom yang sederhana sampai menjadi atap kubah dan cangkang besar.
8. Keahlian buruh yang dibutuhkan untuk membangun konstruksi beton bertulang lebih rendah bila dibandingkan dengan bahan lain seperti baja struktur.

2.1.3. Kekurangan Besi Beton

1. Mudah korosi
2. Jika dasar tanah tidak begitu baik, maka penggunaan besi beton akan lebih sulit digunakan.
3. Kualitas besi beton tergantung pada pabrik pembuatnya, sehingga kadang-kadang butuh ketelitian ekstra untuk memilih besi beton berkualitas dengan standar SNI.

4. Meski mampu menahan daya tekan, namun besi beton memiliki performas yang tidak begitu baik terhadap daya tarik. Itu sebabnya diperlukan struktur tulangan tarik pada konstruksi bangunan.
5. Pembuatan besi beton cenderung rumit karena harus memastikan hal-hal seperti proporsi campuran dan cara pengadukannya.
6. Meski biaya penyediaan besi beton cenderung murah, namun biaya bekisting bisa terhitung sebesar sepertiga atau dua pertiga dari total biaya struktur beton.

2.2. Pengertian Umum Beton

Beton adalah bahan yang diperoleh dengan mencampurkan agregat halus, agregat kasar, semen Portland, dan air *(PBI 1971 N.I.-2)*. Seiring dengan penambahan umur, beton akan semakin mengeras menjadi suatu massa seperti batuan dan akan mencapai kekuatan rencana (f'c) pada usia 28 hari. Kecepatan bertambahnya kekuatan beton ini sangat dipengaruhi oleh faktor air semen dan suhu selama perawatan. Berat sendiri beton yang besar sekitar 2400 kg/m3.*(Paulus,1989:5)*.

Pemakaian beton sangat luas karena memiliki keunggulan dibandingkan dengan materi struktur yang lain. Secara lebih rinici keunggulan beton adalah :

1. Ketersediaan material dasar
2. Kemudahan untuk digunakan
3. Kemampuan beradaptasi
4. Ketahanan yang tinggi

Selain memiliki keunggulan sepeti yangdisebutkan diatas, beton juga memiliki kekurangan sebagai berikut :

1. Berat sendiri yang besar
2. Kekuatan tarik yang rendah
3. Cenderung mudah retak
4. Struktur beton sulit dipindahkan
5. Pemakaian kembali atau daur ulang sulit, tidak ekonomis.

Bahan kombinasi beton bertulang dimungkinkan karena adanya beberapa sifat yang baik di dalam kerjasama antara beton dan baja tulangan. Sifat yang terpenting adalah beton dan baja mempunyai tegangan lekat dan tegangan lentur

yang cukup besar. Tegangan lekat timbul antara baja dan beton jika baja ingin berubah tempat terhadap beton. Gaya tarik dan tekan pada baja menimbulkan tegangan lekat di tempat kontak baja dan beton. Jika tegangan lekat melalui suatu nilai batas/baja berubah tempat atau bergeser, perubahan tempat ini menimbulkan tegangan luncur untuk menahan penggeseran *(Rooseno, 1954:36)*.

Pada waktu komponen struktur beton bertulang bekerja menahan beban akan timbul tegangan lekat yang berupa shear interlock pada permukaan singgung antara batang tulangan dengan beton *(Istimawan, 1994:181)*.

Suatu persyaratan dasar dalam konstruksi beton bertulang adalah adanya lekatan (bond) diantara tulangan dan beton sekelilingnya, ini berarti di bawah beban kerja tidak terjadi selip (slip) dari baja tulangan relatif terhadap beton sekeliling. Sekalipun terjadi pemisahan yang menyeluruh dari tulangan dan beton pada hampir keseluruhan panjang, suatu balok dapat saja terus memikul beban selama tulangan tidak terlepas pada ujung-ujungnya.

Percobaan pull-out dapat memberikan perbedaan yang baik antara efisien lekatan berbagai jenis permukaan tulangan dan panjang penanamannya *(embedment length)*, akan tetapi hasilnya belum memberikan tegangan lekat sesungguhnya pada struktur rangka. Pada percobaan ini beton mengalami tekan dan baja mengalami tarik, dimana beton dan baja di sekelilingnya mengalami tegangan yang sama *(Nawy,1990:398)*.

2.3. Jenis-Jenis Beton

Beton adalah bahan bangunan yang terbuat dari campuran antara agregat dan bahan pengikat. Beton banyak dipilih karena memiliki kekuatan yang kokoh, permukaannya rata, serta bertekstur halus. Dengan kekuatan yang sama, biaya pembuatan konstruksi beton bahkan jauh lebih murah daripada konstruksi besi dan baja.

Berdasarkan fungsi dan kegunaannya, jenis beton dapat dibedakan menjadi sepuluh macam. Di antaranya yaitu beton mortar, beton ringan, beton non-pasir, beton hampa, beton bertulang, beton pra-tegang, beton pra-cetak, beton massa,

beton siklop, dan beton serat. Simak penjelasan mengenai karakteristik dari masing-masing beton.

Gambar 2.3. Balok Beton

1. Beton Mortar

Bahan baku pembuatan beton mortar terdiri atas mortar, pasir, dan air. Ada tiga ragam mortar yang sering digunakan antara lain semen, kapur, dan lumpur. Beton mortar semen yang dipasangi anyaman tulangan baja di dalamnya dikenal sebagai ferro cement. Beton ini memiliki kekuatan tarik dan daktilitas yang baik.

2. Beton Ringan

Sesuai namanya, beton ringan dibuat dengan memakai agregat yang berbobot ringan. Beberapa orang juga kerap menambahkan zat aditif yang bisa membentuk gelembung-gelembung udara di dalam beton. Semakin banyak jumlah gelembung udara yang tersimpan pada beton, maka pori-porinya pun akan semakin bertambah sehingga ukurannya juga bakal kian membesar. Hasilnya, bobot beton tersebut lebih ringan daripada beton lain yang memiliki ukuran sama persis. Beton ringan biasanya diaplikasikan pada dinding non-struktur.

3. Beton Non-Pasir

Proses pembuatan beton non-pasir sama sekali tidak menggunakan pasir, melainkan hanya kerikil, semen, dan air. Hal ini menyebabkan terbentuknya rongga udara di celah-celah kerikil sehingga total berat jenisnya pun lebih rendah.

Karena tidak memakai pasir, kebutuhan semen pada beton ini juga lebih sedikit. Penggunaan beton non-pasir misalnya pada struktur ringan, kolom dan dinding sederhana, bata beton, serta buis beton.

4. Beton Hampa

Disebut hampa karena dalam pembuatannya dilakukan penyedotan air pengencer adukan beton memakai alat vacuum khusus. Akibatnya beton pun hanya mengandung air yang telah bereaksi dengan semen saja sehingga memiliki kekuatan yang sangat tinggi. Tak heran, beton hampa banyak sekali dimanfaatkan dalam pendirian bangunan-bangunan pencakar langit.

5. Beton Bertulang

Beton bertulang tercipta dari perpaduan adukan beton dan tulangan baja. Perlu diketahui, beton mempunyai sifat kuat terhadap gaya tekan, tetapi lemah dengan gaya tarik. Oleh karena itu, tulangan baja sengaja ditanamkan ke dalamnya agar kekuatan beton tersebut terhadap gaya tarik meningkat. Beton bertulang biasanya dipasang pada struktur bentang lebar seperti pelat lantai, kolom bangunan, jalan, jembatan, dan sebagainya.

6. Beton Pra-Tegang

Pada dasarnya, pembuatan beton pra-tegang mirip sekali dengan beton bertulang. Perbedaan tipis hanyalah terletak pada tulangan baja yang bakal dimasukkan ke beton harus ditegangkan terlebih dahulu. Tujuannya supaya beton tidak mengalami keretakan walaupun menahan beban lenturan yang besar. Penerapan beton pra-tegang juga banyak dilakukan untuk menyangga struktur bangunan bentang lebar.

7. Beton Pra-Cetak

Beton yang dicetak di luar area pengerjaan proyek pembangunan disebut beton pra-cetak. Beton ini memang sengaja dibuat di tempat lain agar kualitasnya lebih baik. Selain itu, pemilihan beton tersebut juga kerap didasari pada sempitnya lokasi proyek dan tidak adanya tenaga yang tersedia. Beton pra-cetak biasanya diproduksi oleh perusahaan-perusahaan yang bergerak di bidang pembangunan dan pengadaan material.

8. Beton Massa

Beton massa yaitu beton yang dibuat dalam jumlah yang cukup banyak. Penuangan beton ini juga sangat besar di atas kebutuhan rata-rata. Begitu pula dengan perbandingan antara volume dan luas permukaannya pun sangat tinggi. Pada umumnya, beton massa memiliki dimensi yang berukuran lebih dari 60 cm. Beton ini banyak diaplikasikan pada pembuatan pondasi besar, pilar bangunan, dan bendungan.

1. Beton Siklop

Beton siklop merupakan beton yang menggunakan agregat cukup besar sebagai bahan pengisi tambahannya. Ukuran penampang agregat tersebut berkisar antara 15-20 cm. Bahan ini lantas ditambahkan ke adukan beton normal sehingga dapat meningkatkan kekuatannya. Beton siklop seringkali dibangun pada bendungan, jembatan, dan bangunan air lainnya.

2. Beton Serat

Secara prinsip, beton serat dibuat dengan menambahkan serat-serat tertentu ke dalam adukan beton. Contoh-contoh serat yang lumrah dipakai di antaranya asbestos, plastik, kawat baja, hingga tumbuh-tumbuhan. Penambahan serat dimaksudkan untuk menaikkan daktailitas pada beton tersebut sehingga tidak mudah mengalami keretakan

2.4. Material Penyusun Beton

2.4.1. Semen

Semen adalah zat yang digunakan untuk merekat batu, bata, batako, maupun bahan bangunan lainnya. Sedangkan kata semen sendiri berasal dari *caementum* (*bahasa Latin*), yang artinya "*memotong menjadi bagian-bagian kecil tak beraturan*". Meski sempat populer pada zamannya, nenek moyang semen *made in* Napoli ini tak berumur panjang. Menyusul runtuhnya Kerajaan Romawi, sekitar abad pertengahan (tahun 1100-1500 M) resep ramuan *pozzuolana* sempat menghilang dari peredaran.

Semen jenis ini memiliki nama lain Portland yang merupakan semen bubuk yang berwarna abu kebiruan. Kegunaannya antara lain untuk penggunaan umum seperti rumah dan bangunan tinggi. Berbahan dasar batu kapur atau gamping yang

diolah dengan dalam suhu tinggi. Namun, terdapat 5 tipe yang berbeda diantaranya:

1. Jenis Semen Portland Type I

Jenis semen portland type I mungkin yang paling familiar disekitar Anda karena paling banyak digunakan oleh masyarakat luas dan beredar di pasaran. Jenis ini biasa digunakan untuk konstruksi bangunan umum yang tidak memerlukan persyaratan khusus untuk hidrasi panas dan kekuatan tekan awal.

2. Jenis Semen Portland Type II

Kondisi letak geografis ternyata menyebabakan perbedaan kadar asam sulfat dalam air dan tanah dan juga tingkat hidrasi. Oleh karena itu, keadaan tersebut mempengaruhi kebutuhan semen yang berbeda.

Kegunaan Semen Portland Type II pada umumnya sebagai material bangunan yang letaknya dipinggir laut, tanah rawa, dermaga, saluran irigasi, dan bendungan. Karakteristik Semen Portland Type II yaitu tahan terhadap asam sulfat antara 0,10 hingga 0,20 persen dan hidrasi panas yang bersifat sedang.

3. Jenis Semen Portland Type III

Lain halnya dengan tipe I yang digunakan untuk konstruksi tanpa persyaratan khusus, kegunaan semen portland type III memenuhi syarat konstruksi bangunan dengan persyaratan khusus. Karakteristik Semen Portland Type III diantaranya adalah memiliki daya tekan awal yang tinggi pada permulaan setelah proses pengikatan terjadi, lalu kemudian segera dilakukan penyelesaian secepatnya.

Jenis semen Portland type III digunakan untuk pembuatan bangunan tingkat tinggi, jalan beton atau jalan raya bebas hambatan, hingga bandar udara dan bangunan dalam air yang tidak memerlukan ketahanan asam sulfat. Ketahananya Portland Type III menyamai kekuatan umur 28 hari beton yang menggunakan Portland type I.

4. Jenis Semen Portland Type IV

Karakteristik Semen Portland IV adalah jenis semen yang dalam penggunaannya membutuhkan panas hidrasi rendah. Jenis semen portland type IV diminimalkan pada fase pengerasan sehingga tidak terjadi keretakkan. Kegunaan Portland Type IV digunakan untuk dam hingga lapangan udara.

5. Jenis Semen Portland Type V

Karakteristik Semen Portland Type V untuk konstruksi bangunan yang membutuhkan daya tahan tinggi terhadap kadar asam sulfat tingkat tinggi lebih dari 0,20 persen. Kegunaan Semen Potrtland Type V dirancang untuk memenuhi kebutuhan di wilayah dengan kadar asam sulfat tinggi seperti misalnya rawa-rawa, air laut atau pantai, serta kawasan tambang. Jenis bangunan yang membutuhkan jenis ini diantaranya bendungan, pelabuhan, konstruksi dalam air, hingga pembangkit tenaga nuklir.

2.4.2. Agregat

Agregat merupakan material granular, misalnya pasir, kerikil, batu pecah dan kerak tungku besi, yang dipakai secara bersama-sama dengan suatu media pengikat untuk membentuk suatu beton semen hidraulik atau adukan.

Fungsi agregat adalah sebagai material pengisi dan biasanya menempati sekitar 75 % dari isi total beton, karena itu pengaruhnya besar terhadap sifat dan daya tahan beton. Misalnya ketahanan beton terhadap pengaruh pembekuan-pencairan, keadaan basah–kering, pemanasan–pendinginan dan abarasi–kerusakan akibat reaksi kimia. Mengingat bahwa agregat menempati jumlah yang cukup besar dari volume beton dan sangat mempengaruhi sifat beton, maka perlu kiranya material ini diberi perhatian yang lebih detail. Di samping itu dapat mengurangi penyusutan akibat pengerasan beton dan juga mempengaruhi koefisien pemuaian akibat panas.

Keutamaan agregat dalam peranannya di dalam beton :

1. Menghemat penggunaan semen Portland
2. Menghasilkan kekuatan besar pada beton
3. Mengurangi penyusutan pada pengerasan beton
4. Dengan gradasi agregat yang baik dapat tercapai beton yang padat

1. Agregat Kasar (kerikil, batu pecah)

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:

1. Agregat kasar harus terdiri dari butiran yang keras dan tidak berpori. Aggregat kasar yang butirannya pipih hanya dapat dipakai jika jumlah butir-butir pipihnya tidak melampaui 20% berat agregat seluruhnya.
2. Agregat kasar tidak boleh mengandung lumpur lebih dari 1% dalam berat keringnya. Bila melampaui harus dicuci.
3. Agregat kasar tidak boleh mengandung zat yang dapat merusak beton, seperti zat yang relatif alkali.
4. Agregat kasar untuk beton dapat berupa kerikil alam dari batu pecah.
5. Agregat kasar harus lewat tes kekerasan dengan bejana penguji Rudeloff dengan beban uji 20 ton.
6. Kadar bagian yang lemah jika diuji dengan goresan batang tembaga maksimum 5%.
7. Angka kehalusan (Fineness Modulus) untuk Coarse Aggregate antara 6–7,5.

2. Agregat Halus (Pasir)

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:

1. 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.
2. 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 %.

3. Agregat halus tidak boleh mengandung bahan organik (zat hidup) terlalu banyak dan harus dibuktikan dengan percobaan warna dari ABRAMS-HARDER dengan larutan NaOH 3%.
4. Angka kehalusan (Fineness Modulus) untuk Fine Sand antara 2,2–3,2.
5. Angka kehalusan (Fineness Modulus) untuk Coarse Sand antara 3,2–4,5.
6. 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:

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

2.4.3. Air

Air yang dipakai untuk membuat campuran beton dan perawatan beton setelah mengeras harus memenuhi syarat sebagai berikut:

1. Air tawar yang dapat diminum
2. Air yang bersih dan tidak mengandung minyak, asam, alkali, garam, zat organis atau bahan yang lain yang dapat merusak beton atau tulangan.

2.5. Pengertian Umum Balok

Balok adalah bagian dari struktural sebuah bangunan yang kaku dan dirancang untuk menanggung dan mentransfer beban menuju elemen-elemen kolom penopang.

Balok beton bertulang merupakan elemen penting dalam suatu struktur bangunan. Hal ini karena balok beton bertulang merupakan bagian struktur yang digunakan sebagai dudukan lantai dan pengikat kolom lantai atas. Keruntuhan yang terjadi pada suatu balok dapat memicu terjadinya keruntuhan total struktur.

Oleh sebab itu, seiring perkembangan jaman perkuatan struktur balok bertulang sudah mengalami kemajuan. Hal ini terbukti dari penemuan-penemuan seperti chemical contruction yaitu ilmu kimia yang menunjang disiplin ilmu sipil.

2.6. Sistem Perkuatan Struktur Dengan Menggunakan Chemical Angkur

Chemical Anchor adalah angkur yang menggunakan campuran zat kimia untuk keperluan baik untuk penambahan kekuatan agar tahan kondisi seperti air atau air laut dan lain-lain.

Mekanisme angkur kimia terdiri dari dua komponen, dimana komponen utama adalah steel anchornya dan yang kedua bahan kimia sebagai pengikatnya. Anchor banyak dipasang pada beton, walaupun tidak tertutup kemungkinan untuk dipasang di batu-bata atau di dinding. Jadi kekuatan beton juga sangat mempengaruhi terhadap kekuatan atau kapasitas dari sistem anchor yang dipasang.

Metodenya ada yang pertama dibor dulu betonnya, lubangnya dibersihkan kemudian di injeksi zat kimianya kemudian baru dimasukkan steel anchornya. Ada juga yang zat kimia yang di injeksikan berupa capsul.

Anchor tanpa tambahan kimia anchor ini secara umum tidak menggunakan bahan kimia, untuk kekuatan yang dihasilkan dipengaruhi oleh kekuatan media tanam (baik beton atau batu-bata) serta kekuatan spesifikasi besi anchor itu sendiri (berupa titik leleh dari material anchor). Model dan sistem kerjanya berbeda-beda biasanya tergantung pada material yang digunakan untuk menanam.

2.7. Tes Tarik *(Pull Out Test*)

Kekuatan suatu struktur desain material sangat dipengaruhi oleh sifat fisik materialnya oleh Karena itu diperlukan pengujian untuk mengetahui sifat-sifat tersebut. Salah satunya adalah pengujian tarik (*Tensile test*). Dalam dunia manufaktur pengetahuan tentang sifat-sifat fisik suatu bebab sangat penting khususnya dalam mendesain dan menentukan proses manufakturnya.

Pengujian tarik merupakan jenis pengujian material yang paling banyak dilakukan Karena mampu memberikan informasi representative dari perilaku mekanik material. Pengujian tarik sangat simpel, Relative murah dan sangat memenuhi standar.

Pada dasarnya pecobaan tarik ini dilakukan untuk menentukan respons material pada saat dikenakan beban atau deformasi dari luar (gaya-gaya yang

diberikan dari luar yang dapat menyebabkan suatu material mengalami perubahan struktur, yang terjadi dalam kisi Kristal material tersebut).

Dalam hal ini akan ditentukan seberapa jauh perilaku inheren, yaitu yang lebih merupakan ketergantungan atas fenomena atomik maupun mikroskopik dan bukan dipengaruhi bentuk dan ukuran benda uji. Prinsip pengujian ini yaitu sampel atau benda uji dengan ukuran dan bentuk tertentu diberi beban gaya tarik sesumbu yang bertambah besar secara continue pada kedua ujung spesimen tarik hingga putus, bersamaan dengan itu dilakukan pengamatan mengenai perpanjangan yang dialami benda uji. tegangan yang dipergunakan pada kurva adalah tangangan membujur rata-rata dari pengujian tarik.

Pada specimen panjang bagian tengahnya biasanya lebih kecil luas penampangnya dibandingkan keda ujungnya ada patahan terjadi pada bagian tengah. Panjang ukur (*gauge length*) adalah daerah dibagian tengah dimana elongasi diukur atau alat extensometer diletakkan untuk pengukuran data yang diukur secara manual, yakni diameter spesimen (*Ihram Fajar 2016*).

Jenis Keruntuhan Test Tarik (*Pull Out Test*)

1. Bonding failure yaitu kondisi dimana baja tulangan tercabut dari beton tanpa mengalami retak pada permukaan yang memecah lekatan antara baja tulangan dan beton. Keruntuhan ini terjadi jika ld > ldμ.
2. Anchor Failure yaitu kondisi dimana kedalaman penanaman melampaui atau lebih besar dari kedalaman yang diperhitungkan, sehingga besi baja tulangan mengalami putus (*anchor failure*). Keruntuhan ini terjadi jika Ld geser lebih besar dari Ld lekat.
3. Jenis keruntuhan pada beton akibat gaya tarik, dengan kekuatan baut yang lebih tinggi daripada mutu betonnya, maka kegagalan akan terjadi pada beton. Beton akan hancur dan terangkat keatas.
4. Side Face Blowout yaitu keruntuhan yang terjadi pada saat Ldgeser lebih kecil dari Ldlekat dan tebal selimut beton yang tidak memadai, kemampuan kekangan dari beton tidak bisa untuk menahan dari tulangan sehingga pada saat beban maksimum telah terlampaui beton akhirnya terbelah.

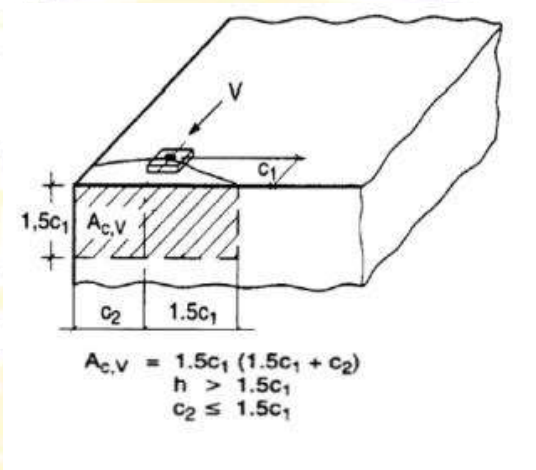
2.8. Ketentuan Spasi Angkur

Dalam merencanakan sambungan, ada persyaratan jarak antara angkur yang harus dipenuhi. Peraturan yang digunakan dalam hal ini menggunakan Peraturan

ETAG 001 Edition 1997; Guideline for European Techinal Approval of Metal Anchors for Use in Concrete; Annex C : Design Methods for Anchorages, 2010.

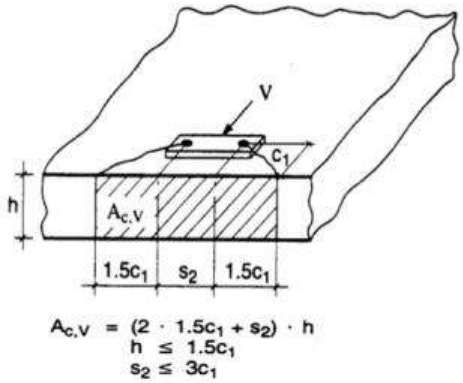
Kelompok angkur dengan rangkaian angkur tunggal dengan posisi pada ujung beton maka ketentuan spasi angkur dengan pinggir beton. Di dalam penggunaannya, angkur dapat dipasang secara seri dan paralel. Di dalam peraturan ETAG juga disebutkan ketentuan spasi antara pinggir beton dengan angkur, spasi antara angkur ke angkur dan tebalnya beton yang direncanakan. Hal ini dapat kita lihat pada. Gambar di bawah ini :

1. Kelompok Tunggal



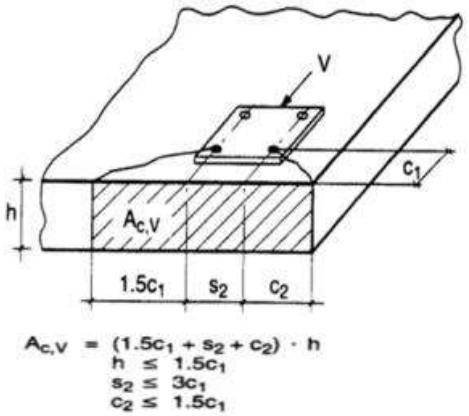
Gambar 2.4. Kelompok angkur tunggal (ETAG 001 Edition, 1997)

2. Kelompok Rangkaian Seri



Gambar 2.5. Kelompok Rangkaian Seri (ETAG 001 Edition, 1997)

3. Kelompok Rangkaian Paralel



Gambar 2.6. Kelompok Rangkaian Pararel (ETAG 001 Edition, 1997)

2.9. Standart Design Penggunaan Rebar

Adapun dalam pelaksanaan pengujian ini, dimana rebar yang ditanam menggunakan chemical epoxy khususnya Epcon G5 sebagai penambah kuat rekat antara rebar dan beton. Maka dalam hal ini panduan data teknikal pelaksanan pengujian diambil dari ITW Construction Product (SEA) Pte Ltd "Design Guide 2008" dimana dalam bukunya memuat data-data paduan komposit antar ketiga bahan yang akan dipakai dalam pengujian ini antaralain : Beton, rebar dan chemical epoxy serta karakternya terhadap satu dengan yang lain. Berikut adalah data-data teknikal tersebut.

EPCON G5 - Beban Desain Indikasi Pada Beton - Rebar (FE460)

Ukr D	Lubang Ø (mm)	Kedalaman Penanaman (mm)	Jarak Antar Angkur (mm)	Jarak ke Tepi (mm)	Beban Geser (kN)*	Beban Tarik (kN)*
T8	12	80	160	80	11.1	15.4
T10	13	100	180	90	17.3	24.1
T12	15	120	220	110	25.0	34.7
T13	16	130	220	110	29.3	40.7
T16	20	160	250	170	44.4	61.7
T20	25	200	350	170	69.4	96.4
T25	30	250	420	210	108.4	150.6
T28	35	280	540	270	136.0	188.9
T32	40	320	600	300	177.6	246.7
T40	50	400	800	400	277.5	385.4

* Beban desain indikasi (kN) dengan Rebar FE 460 pada beton 20N/mm2
* Untuk informasi tambahan atau penjelasan data teknis, mengacu pada Panduan Desain Ramset™

Gambar 2.7 Standar beban desain indikasi pada beton - Rebar menurut ITW Construction Product (SEA) Pte Ltd 2008 (Sumber : Ramset Desain Guide, 2018)