

BAB II

TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Beton

Beton adalah campuran antara semen Portland atau semen hidraulik yang lain, agregat halus, agregat kasar dan air, dengan atau tanpa bahan tambahan yang membentuk masa padat (SNI-03-2847-2002). Semen adalah bahan bangunan bersifat hidrolis yaitu bersifat perekat. Agregat halus dan agregat kasar merupakan bahan utama pembentuk beton. Air digunakan agar terjadi reaksi kimia pada pengerasan beton saat tercampur dengan semen serta perawatan setelah beton mengeras.

Beton merupakan bahan komposit, yaitu heterogen secara mikroskopis maupun makroskopis yang diperoleh dari bahan-bahan penyusunnya. Bila pembuatan beton dilakukan dengan baik maka setiap agregat akan terlapisi oleh pasta semen sehingga kualitas pasta sangat menentukan kualitas betonnya. Selain itu, agregat sebagai bahan pengisi akan menempati (60-70) % dari volume total sehingga seleksi bahan ini merupakan hal hal yang penting. Secara fisik, beton mempunyai dua bentuk, beton segar bersifat plastis, yaitu mampu dibentuk tanpa kehilangan kontinuitasnya maupun mampu mempertahankan bentuk tersebut yang ditunjukkan pada saat pencampurannya dan beton keras bersifat kuat yang ditunjukkan setelah siap dioperasikan (Suseno, 2010).

Struktur komposit adalah struktur yang tergabung dari beberapa bahan dasar yang bekerja sama membentuk sebuah kesatuan struktur dan sekaligus memenuhi kebutuhan lingkungan yang menjadi tugas utamanya. Sebagai gabungan dari beberapa bahan dasar maka struktur ini mengadopsi sifat bahan dasar dan juga interaksi antara bahan dasar, baik dalam segi fisik, kimia, dan mekanik. Dengan penggabungan ini kekurangan pada suatu bahan ditutupi kelebihan bahan dasar lain (Dewi, 2008).

Macam-macam beton berdasarkan SNI-2847-2002 sebagai berikut.

1. Beton bertulang: Beton yang ditulangi dengan luas dan jumlah tulangan yang tidak kurang dari nilai minimum, yang disyaratkan dengan atau tanpa prategang, dan direncanakan berdasarkan asumsi bahwa kedua material bekerja bersama-sama dalam menahan gaya yang bekerja,
2. Beton normal: Beton yang mempunyai berat satuan 2.200 kg/m^3 sampai 2.500 kg/m^3 dan dibuat menggunakan agregat alam yang dipecah atau tanpa dipecah.

3. Beton polos: Beton tanpa tulangan atau mempunyai tulangan tetapi kurang dari ketentuan minimum.
4. Beton pracetak: Elemen atau komponen beton tanpa atau dengan tulangan yang dicetak terlebih dahulu sebelum dirakit menjadi bangunan.
5. Beton prategang: Beton bertulang yang telah diberi tegangan tekan untuk mengurangi tegangan tarik potensial dalam beton akibat beban kerja.
6. Beton ringan: beton yang mempunyai agregat ringan yang memiliki berat satuan tidak lebih dari 1.900 kg/m^3 .
7. Beton ringan-pasir: Beton ringan yang semua agregat halus nya merupakan pasir berat normal.
8. Beton ringan-total: Beton ringan yang agregat halus nya bukan merupakan pasir alami.

2.2 Material Penyusun Beton

Bahan dasar beton terdiri dari semen, air, agregat halus, dan agregat kasar. Pada dasarnya, bahan dasar beton harus bisa mengisi satu sama lain agar beton dapat menjadi satu kesatuan. Bahan tambahan campuran adalah bahan kimia atau mineral pembantu yang ditambahkan pada saat pencampuran dengan tujuan-tujuan tertentu (Suseno, 2010).

2.2.1 Agregat

Agregat merupakan pengisi dari beton. Maka dari itu, gradasi dari agregat berperan penting untuk menghasilkan susunan beton yang padat. Agregat secara umum diklasifikasikan sebagai agregat halus dan kasar. Agregat halus atau biasa disebut pasir, adalah material yang lolos saringan nomor 4, yaitu, saringan yang setiap 1 inci panjang mempunyai 4 lubang. Material yang lebih kasar dari ukurang saringan nomor 4 disebut sebagai gregat kasar atau dalam penelitian ini adalah limbah batu bata. Ukuran maksimum dari agegat kasar dalam beton bertulang diatur sesuai kebutuhan dimana agregat kasar tersebut dapat mengisi celah-celah yang terdapat antara beton dan tulangan beton tersebut (George dan Arthur, 1993).

Agregat untuk beton ringan dipilih berdasarkan tujuan konstruksi harus memenuhi syarat seperti tertera di Tabel 2.1. Agregat untuk beton ringan juga harus memenuhi persyaratan sifat fisik seperti yang tertera di Tabel 2.2 dan memenuhi persyaratan susunan butir agregat untuk beton ringan struktural seperti Tabel 2.3 Agregat dibedakan menjadi agregat halus dan agregat kasar.

Agregat Kasar

Agregat kasar, menurut SNI-03-2834-2000, adalah sebagai hasil desintegrasi alami dari batu atau berupa batu pecah yang diperoleh dari industri pemecah batu dan mempunyai ukuran butir antara 5 mm – 40 mm. Ada beberapa syarat yang harus dipenuhi oleh kerikil yang dapat menjadi agregat kasar pada bahan pembentuk beton.

Tabel 2.1

Jenis Agregat Ringan yang Dipilih Berdasarkan Tujuan Konstruksi

KONSTRUKSI BANGUNAN	BETON RINGAN		JENIS AGREGAT RINGAN
	KUAT TEKAN MPa	BERAT ISI kg/m ³	
-Struktural : Minimum	17,24	1400	- Agregat yang dibuat melalui proses pemanasan dari batu
Maksimum	41,36	1850	
-Struktural : Minimum Ringan	6,89	800	- serpih, batu lempung, batu sabak, terak besi atau terak abu terbang
Maksimum	17,24	1400	-Agregat ringan alam : skorria atau batu apung.
-Struktural : Minimum Sangat Ringan Sebagai Isolasi : Maksimum	-	-	- Perlit atau vemikulit

Sumber: SNI 03-3449-2002

Tabel 2.2

Persyaratan Sifat Fisis Agregat Ringan Untuk Beton Ringan Struktural

No	Sifat fisis	Persyaratan
1	Berat Jenis	1,0 – 1,8
2	Penyerapan air maksimum (%), setelah direndam 24 jam	20
3	Berat isi maksimum:	
	- gembur kering (kg/cm)	1120
	- agregat halus	880
	- agregat kasar	1040
	- campuran agregat kasar dan halus	60
4	Nilai presentase volume padat (%)	9-14
5	Nilai 10 % kehalusan (ton)	
6	Kadar bagian yang terapung setelah direndam dalam air 10 menit maksimum (%)	5
7	Kadar bahan yang mentah (clay dump) (%)	<1
8	Nilai keawetan, jika dalam larutan magnesium sulfat selama 16 – 18 jam, bagian yang larut maksimum (%)	12

CATATAN:

Nilai keremukan ditemukan sebagai hasil bagi banyaknya fraksi yang lolos pada ayaman 2,4 mm dengan banyaknya bahan agregat kering oven semula dikalikan 100%

Sumber: SNI 03-2461-2002

Tabel 2.3
Persyaratan Susunan Besar Butir Agregat Ringan Untuk Beton Ringan Struktural

Ukuran	Prosentase yang lulus angka (% berat)								
	25,0	19,0	12,5	9,5	4,75	2,36	1,18	0,60	0,3
Agregat halus : (4,75 – 0) mm	-	-	-	100	85-100	-	40-80	10-35	5-25
Agregat kasar :									
(25,0 – 4,75) mm	95-100	-	25-60	-	0-10	-	-	-	-
(19,0 – 4,75) mm	100	90-100	-	10-50	0-15	-	-	-	-
(12,5 – 4,75) mm	-	100	90-	40-80	0-20	0-10	-	-	-
(9,5 – 2,36) mm	-	-	100	80-100	5-40	0-20	0-10	-	-
Kombinasi agregat Halus & kasar:			100						
(12,5 – 8,0) mm	-	100		-	40-80	-	-	5-20	2-15
(9,5 – 8) mm	-	-	95-	90-100	65-90	35-65	-	10-25	5-15
			100						
			100						

Sumber: SNI 03-2461-2002

Syarat-syarat mutu agregat kasar menurut PBI 1971, yaitu:

1. Agregat kasar harus terdiri dari butir-butir yang keras dan tidak berpori.
2. Agregat kasar tidak boleh mengandung lumpur lebih dari 1% (ditentukan terhadap berat kering). Yang diartikan dengan lumpur adalah bagian-bagian yang dapat melalui 0,063 mm. Apabila kadar lumpur melampaui 1%, maka agregat kasar harus dicuci.
3. Agregat kasar tidak boleh mengandung zat-zat yang dapat merusak beton, seperti zat-zat yang reaktif alkali.
4. Kekerasan agregat kasar diperiksa dengan bejana penguji dari Rudeloff dengan beban penguji 20t, yang mana harus dipenuhi syarat-syarat berikut.
 - a. Tidak terjadi pembubukan sampai fraksi 9,5 – 19 mm lebih dari 24% berat.
 - b. Tidak terjadi pembubukan sampai fraksi 19 – 30 mm lebih dari 22%, atau dengan mesin Pengaus Los Angelos, dengan mana tidak boleh terjadi kehilangan berat lebih dari 50%.
5. Agregat kasar harus terdiri dari butir-butir yang beraneka ragam besarnya dan apabila diayak dengan susunan ayakan yang ditentukan, harus memenuhi syarat-syarat berikut.
 - a. Sisa di atas ayakan 31,5 mm, harus 0% berat.
 - b. Sisa di atas ayakan 4 mm, harus berkisar antara 90% dan 98% berat.
 - c. Selisih antara sisa-sisa kumulatif di atas dua ayakan yang berurutan, adalah maksimum 60% dan minimum 10% berat.
6. Besar butir agregat maksimum tidak boleh lebih dari pada seperlima jarak terkecil antara bidang-bidang samping dari cetakan, sepertiga dari tebal pelat atau

tigaperempat dari jarak bersih minimum di antara batang-batang atau berkas-berkas tulangan.

Syarat mutu agregat kasar menurut SK SNI S-04-1989-F, yaitu:

1. Butirannya tajam, kuat dan keras.
2. Bersifat kekal, tidak pecah atau hancur karena pengaruh cuaca.
3. Sifat kekal, apabila diuji dengan larutan jenuh garam sulfat sebagai berikut.
 - a. Jika dipakai Natrium Sulfat, bagian yang hancur maksimum 12%
 - b. Jika dipakai Magnesium Sulfat, bagian yang hancur maksimum 10%
4. Agregat kasar tidak boleh mengandung Lumpur (bagian yang dapat melewati ayakan 0,060 mm) lebih dari 1%. Apabila lebih dari 1 % maka kerikil harus dicuci.
5. Tidak boleh mengandung zat organik dan bahan alkali yang dapat merusak beton.
6. Harus mempunyai variasi besar butir (gradasi) yang baik, sehingga rongganya sedikit. Mempunyai modulus kehalusan antara 6 – 7,10 dan harus memenuhi syarat sebagai berikut.
 - a. Sisa di atas ayakan 38 mm, harus 0% dari berat
 - b. Sisa di atas ayakan 48 mm, 90% - 98% dari berat
 - c. Selisih antara sisa-sisa komulatif di atas dua ayakan yang berurutan, maks 60% dan min 10% dari berat.
7. Tidak boleh mengandung garam.

Agregat Halus

Menurut SNI-03-2834-2000, agregat halus adalah pasir alam sebagai hasil desintegrasi secara alami dari batu atau pasir yang dihasilkan oleh industri pemecah batu dan mempunyai ukuran butir terbesar 5,0 mm. Ada beberapa syarat yang harus dipenuhi oleh pasir yang dapat menjadi agregat halus pada bahan pembentuk beton.

Syarat-syarat mutu agregat halus menurut PBI 1971, yaitu:

1. Agregat halus harus terdiri dari butir-butir yang tajam dan keras.
2. Agregat halus tidak boleh mengandung lumpur lebih dari 5% (ditentukan terhadap berat kering). Yang diartikan dengan lumpur adalah bagian-bagian yang dapat melalui ayakan 0,063 mm. Apabila kadar lumpur melampaui 5%, maka agregat halus harus dicuci.
3. Agregat halus tidak boleh mengandung bahan-bahan organis terlalu banyak yang harus dibuktikan dengan percobaan warna dari Abrams-Harder (dengan larutan NaOH).

4. Agregat halus harus terdiri dari butir-butir yang beraneka ragam besarnya dan apabila diayak dengan susunan ayakan yang ditentukan, harus memenuhi syarat-syarat berikut.

- a. Sisa di atas ayakan 4 mm, harus minimum 2% berat
- b. Sisa di atas ayakan 1 mm, harus minimum 10% berat
- c. Sisa di atas ayakan 0,25 mm, harus berkisar antara 80%-95% berat

5. Pasir laut tidak boleh dipakai sebagai agregat halus untuk semua mutu beton, kecuali dengan petunjuk-petunjuk dari lembaga pemeriksaan bahan-bahan yang diakui.

Syarat mutu agregat halus menurut SK SNI S-04-1989-F, yaitu:

1. Butirannya tajam, kuat dan keras.
2. Bersifat kekal, tidak pecah atau hancur karena pengaruh cuaca.
3. Sifat kekal, apabila diuji dengan larutan jenuh garam sulfat sebagai berikut.
 - a. Jika dipakai Natrium Sulfat, bagian yang hancur mencapai maksimum 12%.
 - b. Jika dipakai Magnesium Sulfat, bagian yang hancur mencapai maksimum 10%.
4. Agregat halus tidak boleh mengandung Lumpur (bagian yang dapat melewati ayakan 0,060 mm) lebih dari 5%. Apabila lebih dari 5% maka pasir harus dicuci.
5. Tidak boleh mengandung zat organik, karena akan mempengaruhi mutu beton. Bila direndam dalam larutan 3% NaOH, cairan di atas endapan tidak boleh lebih gelap dari warna larutan pembanding.
6. Harus mempunyai variasi besar butir (gradasi) yang baik, sehingga rongganya sedikit. Mempunyai modulus kehalusan antara 1,5-3,8. Apabila diayak dengan susunan ayakan yang ditentukan, harus masuk salah satu daerah susunan butir menurut zone 1, 2, 3 atau 4 dan harus memenuhi syarat sebagai berikut.
 - a. Sisa di atas ayakan 4,8 mm, maks 2 % dari berat
 - b. Sisa di atas ayakan 1,2 mm, maks 10 % dari berat
 - c. Sisa di atas ayakan 0,30 mm, maks 15 % dari berat
7. Tidak boleh mengandung garam.

Syarat mutu agregat halus menurut ASTM C33-86, yaitu:

1. Kadar Lumpur atau bagian butir lebih kecil dari 75 mikron (ayakan no 200), dalam % berat, maksimum:
 - Untuk beton yang mengalami abrasi: 3,0
 - Untuk jenis beton lainnya: 5,0
2. Kadar gumpalan tanah liat dan partikel yang mudah direpihkan, maks 3,0%
3. Kandungan arang dan lignit:

- Bila tampak, permukaan beton dipandang penting kandungan maks 0,5%
 - Untuk beton jenis lainnya 1,0%
4. Agregat halus bebas dari pengotoran zat organik yang merugikan beton. Bila diuji dengan larutan Natrium Sulfat dan dibandingkan dengan warna standar, tidak lebih tua dari warna standar. Jika warna lebih tua maka agregat halus itu harus ditolak, kecuali apabila:
 - a. Warna lebih tua timbul oleh adanya sedikit arang lignit atau yang sejenisnya.
 - b. Diuji dengan cara melakukan percobaan perbandingan kuat tekan mortar yang memakai agregat tersebut terhadap kuat tekan mortar yang memakai pasir standar silika, menunjukkan nilai kuat tekan mortar tidak kurang dari 95% kuat tekan mortar memakai pasir standar. Uji kuat tekan mortar harus dilakukan sesuai dengan cara ASTM C87.
 5. Agregat halus yang akan dipergunakan untuk membuat beton yang akan mengalami basah dan lembab terus menerus atau yang berhubungan dg tanah basah, tidak boleh mengandung bahan yang bersifat reaktif terhadap alkali dalam semen, yang jumlahnya cukup dapat menimbulkan pemuaihan yang berlebihan di dalam mortar atau beton. Agregat yang reaktif terhadap alkali boleh dipakai untuk membuat beton dengan semen yang kadar alkalinnya dihitung sebagai setara Natrium Oksida ($\text{Na}_2\text{O} + 0,658 \text{K}_2\text{O}$) tidak lebih dari 0,60% atau dengan penambahan yang dapat mencegah terjadinya pemuaihan yang membahayakan akibat reaksi alkali agregat tersebut.
 6. Sifat kekal diuji dengan larutan jenuh Garam-Sulfat:
 - a. Jika dipakai Natrium Sulfat , bagian yang hancur maks 10%
 - b. Jika dipakai Magnesium Sulfat, bagian yang hancur maks 15%
 7. Susunan besar butir (gradasi). Agregat halus tidak boleh lebih mengandung bagian yang lolos lebih dari 45% pada suatu ukuran ayakan dan tertahan pada ayakan berikutnya. Modulus kehalusannya tidak kurang dari 2,3 dan tidak lebih dari 3,1.

2.2.2 Semen

Semen merupakan bahan pengikat dalam beton. Material semen adalah material yang mempunyai sifat-sifat adhesif dan kohesif yang diperlukan untuk mengikat agregat-agregat menjadi suatu massa yang padat yang mempunyai kekuatan yang cukup. Pada tahun 1824 semen Portland dipatenkan di Inggris. Semen Portland merupakan bubuk yang sangat halus terdiri dari kalsium dan aluminium silikat. Beton yang dibuat dari semen Portland

biasanya memerlukan waktu kurang lebih dua minggu untuk mencapai kekuatan yang cukup pada saat cetakan dapat dibuka dan dapat memikul beban yang sesuai. Struktur beton tersebut akan mencapai kekuatan rencana setelah 28 hari dan setelah masa tersebut kekuatan beton akan terus bertambah sedikit demi sedikit (George dan Arthur, 1993).

Semen Portland adalah 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).

Menurut ASTM C-150, semen dibedakan menjadi beberapa tipe berdasarkan penggunaannya, yaitu:

1. Jenis I, merupakan jenis semen Portland untuk penggunaan umum tanpa spesifikasi kegunaan khusus
2. Jenis II, merupakan semen yang penggunaannya membutuhkan ketahanan terhadap sulfat atau kalor hidrasi
3. Jenis III, merupakan semen yang penggunaannya membutuhkan kekuatan yang tinggi pada proses pengecoran awal setelah pengikatan terjadi
4. Jenis IV, merupakan semen yang penggunaannya pada saat memerlukan kalor hidrasi yang rendah
5. Jenis V, merupakan jenis semen yang penggunaannya membutuhkan kadar sulfat yang tinggi.

2.2.3 Air

Untuk membuat dan mengusahakan tetap basah dari beton selama minggu pertama harus dipakai air murni. Kepadatan beton juga tergantung kepada kemurnian air yang dipakai. Untuk konstruksi, air yang biasa dipakai adalah air pipa. Untuk penyelidikan yang sederhana di pekerjaan, air itu diuji menurut jernihnya dan rasanya. Selanjutnya air tidak boleh berbau, lalu bila ditiup air tersebut tidak berubah menjadi keruh (Ir. J. Honing, 1977).

Menurut SNI 02-2847-2002, air yang digunakan untuk campuran dasar beton harus memenuhi syarat sebagai berikut.

- 1 Air untuk pembuatan campuran beton harus bersih dan bebas dari bahan perusak yang mengandung oli, asam, alkali, garam, bahan organik, ataupun bahan lainnya yang merugikan beton atau tulangan.

- 2 Air yang digunakan untuk campuran beton prategang atau pada beton yang di dalamnya tertanam logam aluminium, termasuk air bebas yang terkandung dalam agregat, tidak boleh mengandung ion klorida dalam jumlah yang membahayakan.
- 3 Apabila air tidak dapat diminum maka pemilihan proporsi campuran beton harus didasarkan pada campuran beton yang menggunakan air dari sumber yang sama.

2.3 Beton Ringan

Berdasarkan SNI 03-2461-2002 beton ringan struktural adalah beton yang memakai agregat ringan atau campuran agregat kasar ringan dan pasir sebagai pengganti agregat halus ringan dengan ketentuan tidak boleh melampaui berat isi maksimum beton 1850 kg/m³ kondisi kering permukaan jenuh dan harus memenuhi persyaratan kuat tekan dan kuat tarik belah beton ringan untuk tujuan struktural.

Menurut definisi dari beton ringan, agregat kasar berperan penting dalam pembentukan beton ringan. Agregat ringan buatan adalah agregat yang dibuat dengan membekahkan atau memanaskan bahan-bahan seperti terak dan peleburan besi, tanah liat diatome, abu terbang, tanah serpih, batu tulis, dan lempung. Sementara agregat ringan alami adalah agregat yang diperoleh dari bahan-bahan alami seperti batu apung, batu letusan gunung atau batuan lahar. Adapun persyaratan kuat tekan dan kuat tarik belah rata-rata untuk beton ringan struktural, dapat dilihat di Tabel 2.4.

2.4 Batu Bata

Berdasarkan SNI 15-2094-1991, SII-0021-78, batu bata merupakan suatu unsur bangunan yang di peruntukkan pembuatan konstruksi bangunan dan yang dibuat dari tanah dengan atau tanpa campuran bahan-bahan lain, dibakar cukup tinggi, hingga tidak dapat hancur lagi bila direndam dalam air. Bahan utama pembentuk batu bata adalah tanah lempung. Lempung adalah suatu bahan bangunan yang diperoleh dari hasil penggalian lapisan tanah pembentuk kerak bumi yang bersifat lepas tidak tersementasi, kohesif (saling berikatan), plastis (mudah dibentuk tanpa perubahan bentuk, tanpa kembali ke bentuk semula dan tanpa terjadi retak-retak) serta merupakan hasil pelapukan kimiawi dari batuan yang mengandung mineral feldspar dan mika (Suseno, 2010).

Dalam penelitian ini batu bata yang digunakan adalah limbah batu bata dari kegiatan konstruksi yang sudah tidak terpakai. Limbah batu bata digunakan sebagai pengganti agregat pada kuda-kuda beton komposit tulangan bambu. Faktor penting yang mempengaruhi ikatan agregat dengan pasta semen adalah porositas dan absorpsi. Porositas

adalah ukuran ruang kosong dalam suatu material. Absorpsi adalah banyaknya air yang terdapat pada permukaan kering jenuh (Kasegic, 2008).

Tabel 2.4

Persyaratan Kuat Tekan dan Kuat Tarik Belah Rata-Rata untuk Beton Ringan Struktural

Berat isi kering udara 28 hari, maksimum (kg/cm ³)	Kuat tarik belah (tidak langsung) rata-rata (MPa)	Kuat tekan rata-rata, 28 hari, minimum (MPa)
Semua agregat ringan		
1760	2,2	28
1680	2,1	21
1600	2,0	17
Agregat ringan dan pasir		
1840	2,3	28
1760	2,1	21
1680	2,0	17

CATATAN 1 Nilai kuat tekan dan berat isi diambil dari rata-rata 2 buah benda uji sedangkan kuat tarik belah diambil rata-rata dari 6 benda uji,

CATATAN 2 Nilai antara untuk kekuatan tekan dan nilai berat isi yang berkait dapat diperoleh dengan penambahan atau interpolasi,

CATATAN 3 Bahan-bahan yang tidak memenuhi persyaratan kuat tarik rata-rata minimum dapat digunakan bila rancangannya dimodifikasi untuk mengimbangi nilai yang lebih rendah,

CATATAN 4 1 MPA \approx 10 kg/cm²

Sumber: SNI 03-2461-2002

Dengan menggunakan limbah batu bata sebagai agregat pada campuran beton, memungkinkan untuk merancang campuran beton dengan cara yang sama dengan batu pecah pada umumnya. Absorpsi air limbah batu bata diestimasikan 22% - 25% dari berat material dalam keadaan kering. Dengan perendaman selama 24 jam hanya meningkatkan absorpsi air sebanyak 2 %. Dari studi tentang absorpsi air agregat limbah batu bata, limbah batu bata mendekati jenuh hanya dengan 30 menit perendaman dalam air (Kasegic, 2008).

2.5 Beton Bertulang

Berdasarkan SNI-2847-2002, beton bertulang adalah beton yang ditulangi dengan luas dan jumlah tulangan yang tidak kurang dari nilai minimum, yang disyaratkan dengan atau tanpa prategang, dan direncanakan berdasarkan asumsi bahwa kedua material bekerja bersama-sama dalam menahan gaya yang bekerja. Beton kuat terhadap tekan, tapi lemah terhadap tarik. Oleh karena itu, perlu tulangan untuk menahan gaya tarik untuk memikul beban-beban yang bekerja pada beton (Nawy, 1990).

2.6 Tulangan Bambu

Bambu adalah suatu bahan bangunan yang diperoleh dari hasil penebangan rumpun-rumpun bambu di hutan rimba alami atau hasil dari budidaya. Ukuran panjang dan diameter batang tergantung dari jenis bambu yang dapat tumbuh hampir di seluruh daerah

Indonesia. Bambu ini merupakan bahan yang dapat dipakai sebagai pengganti kayu terutama untuk bangunan ringan di pedesaan dan sebagai struktur pembantu atau sementara (Suseno, 2010).

Bambu dengan bentuk batang beruas-ruas merupakan bahan heterogen namun untuk keperluan desain diidealisasikan homogen, seperti kayu juga merupakan bahan getas, orthotropis, dan dianggap elastis linier. Sifat mekanika bambu sangat dipengaruhi oleh jenis, umur penebangan, kadar air kesetimbangan batang dan bagian batang seperti pangkal, tengah, ujung, ruas beban tekan, dan lentur. Kuat lentur bambu berkisar (12,83-66,3) MPa, modulus elastisitas berkisar (2,38-10,10) GPa, kuat tekan sejajar serat berkisar (19,33-58,43) MPa, kuat tarik sejajar arah serat berkisar (115,3-309,3) MPa, kuat geser berkisar (3,95-6,14) MPa, dan kuat belah berkisar (4,14-5,82) MPa (Suseno, 2010).

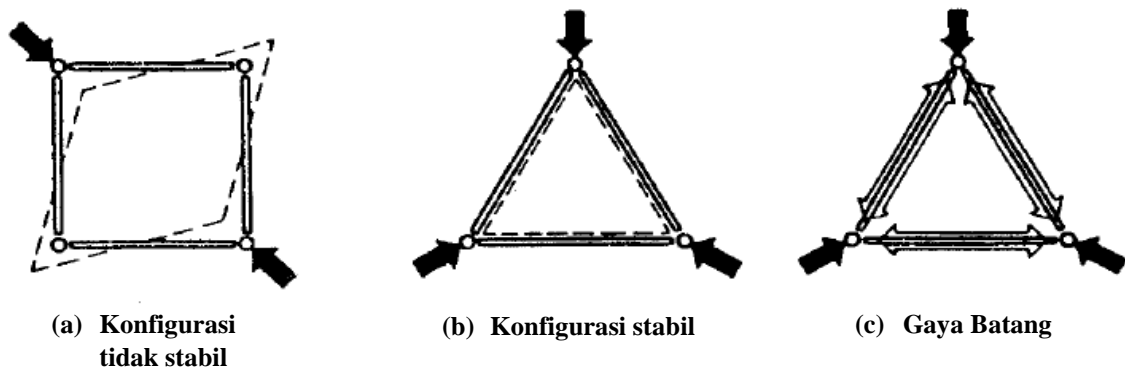
Beton bertulang bambu menggunakan bilah bambu sebagai tulangan yang akan menerima beban gaya tarik. Bambu akan menyusut 4 kali lipat dari beton sehingga pengikatan antara beton dan bambu akan menghilang. Penyusutan bambu diakibatkan oleh proses pengeringan. Karena beton pada waktu mengecor mengandung banyak air, tidak ada gunanya jika bambu dikeringkan terlebih dahulu. Permasalahan tersebut dapat ditanggulangi dengan mengeringkan bilah bambu yang akan digunakan sebagai tulangan beton, kemudian dicat dengan aspal cair (panas) yang ditaburi pasir. Sesudah aspal kering, dipasang paku 1" BWG 16 berjarak 75 mm (Heinz Frick, 2004).

2.7 Struktur Rangka Batang

Rangka batang adalah susunan elemen-elemen linear yang membentuk segitiga atau kombinasi segitiga, sehingga menjadi bentuk rangka yang tidak dapat berubah bentuk apabila diberi beban eksternal tanpa adanya perubahan bentuk pada satu atau lebih batangnya. Setiap elemen tersebut secara khas dianggap tergabung pada titik hubung sendi. Batang-batang disusun sedemikian rupa sehingga semua beban dan reaksi hanya terjadi pada titik hubungan tersebut.

Prinsip utama yang mendasari penggunaan rangka batang sebagai struktur pemikul beban adalah penyusunan elemen menjadi konfigurasi segitiga hingga menjadi bentuk stabil. Perhatikan kedua struktur terhubung sendi seperti terlihat pada Gambar. 2.1 (a) dan 2.1 (b). Apabila itu struktur diberi beban seperti terlihat pada Gambar. 2.1 (a), maka akan ada deformasi masif. Ini adalah struktur tak stabil, yang membentuk mekanisme runtuh (*collapse*) apabila dibebani. Sebaliknya, konfigurasi segitiga pada batang-batang seperti terlihat pada Gambar 2.1 (b) tidak dapat berubah bentuk atau runtuh seperti contoh

sebelumnya. Dengan demikian bentuk segitiga ini stabil. Setiap deformasi yang terjadi pada struktur stabil adalah minor dan diasosiasikan dengan perubahan panjang batang yang diakibatkan oleh gaya yang timbul di dalam batang sebagai akibat dari beban eksternal. Selain itu, sudut yang terbentuk di antara dua batang tidak berubah apabila struktur stabil tersebut dibebani. Hal ini sangat bertentangan dengan bentuk tidak stabil, yang sudut di antara dua batangnya berubah sangat besar (lihat Gambar 2.1 (a)). Juga jelas bahwa gaya eksternal menyebabkan timbulnya gaya pada batang-batang struktur bentuk stabil (Schodek, 1995). Gaya-gaya yang timbul pada struktur tersebut adalah tarik atau tekan. Tidak ada lentur pada struktur tersebut.



Gambar 2.1 Susunan batang yang stabil dan tidak stabil
Sumber: Schodek (1995:136)

2.7.1 Gaya Batang

Gaya batang adalah gaya yang muncul di dalam batang akibat dari beban vertikal yang membebani setiap titik nodal struktur rangka batang. Gaya-gaya yang ada berupa gaya tarik murni dan tekan murni. Pembentukan segitiga dalam struktur rangka batang menyebabkan beban tidak menumpu ditengah batang tetapi berada di titik nodal atau titik tumpu, sehingga tidak ada momen lentur dalam struktur rangka batang.

Perilaku gaya-gaya dalam batang pada rangka batang dapat digunakan dengan menerapkan persamaan dasar keseimbangan. Salah satu cara untuk menentukan gaya dalam batang pada rangka adalah dengan menggambarkan bentuk deformasi yang mungkin dari struktur yang akan terlihat apabila batang yang hendak diketahui sifat gayanya dibayangkan tidak ada. Dengan demikian sifat gaya (tarik atau tekan) batang itu dapat diketahui berdasarkan analisis mengenai pencegahan deformasi tersebut.

Dalam perencanaan bangunan rangka batang beton komposit dengan menggunakan perhitungan berdasarkan keadaan elastis, besarnya tegangan yang diakibatkan oleh gaya-gaya batang dibatasi oleh besarnya tegangan ijin elemen betonnya (Schodek, 1995).

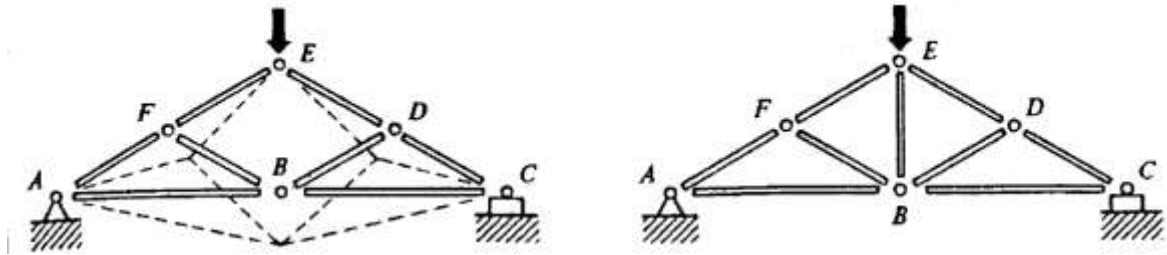
2.7.2 Stabilitas Rangka Batang

Pada umumnya kita dapat mengatakan melalui pemeriksaan apakah suatu rangka batang stabil atau tidak akibat beban eksternal dengan memperhatikan secara bergiliran apakah setiap titik hubung selalu mempertahankan hubungan yang tetap terhadap titik hubung lain pada kondisi pembebanan tersebut. Konfigurasi segitiga merupakan elemen penyusun yang mendasari kestabilan suatu bentuk rangka batang.

Rangka batang yang terdapat pada Gambar 2.2 (a) tidak stabil dan akan runtuh apabila dibebani seperti yang terdapat digambar. Jelas bahwa rangka batang ini tidak mempunyai jumlah batang cukup untuk mempertahankan hubungan geometri kaku antara titik-titik hubungannya. Apabila batang-batang lainnya dirancang cukup untuk beban tersebut, maka penambahan batang BC seperti terlihat pada Gambar 2.2 (b) akan menjadikan konfigurasi stabil.

Perlu diperhatikan bahwa rangka batang dengan satu atau lebih konfigurasi bukan segitiga bisa saja merupakan struktur stabil. Pada Gambar 2.3 terlihat struktur rangka batang yang terdiri atas sekumpulan pola batang segitiga yang dihubungkan hingga berpola segitiga, tetapi masih merupakan struktur stabil. Kelompok segitiga di antara A dan C membentuk pola kaku, begitu pula yang ada di antara B dan C sehingga posisi relative C ke titik A dan B dapat dipertahankan, yang berarti rangka batang tersebut stabil. Kumpulan segitiga di antara A dan C dapat dianggap sebagai “batang”, begitu pula di antara B dan C .

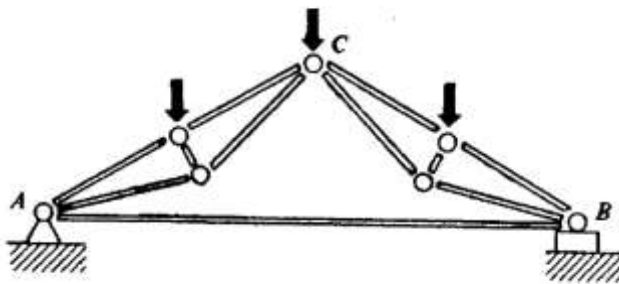
Pada satu rangka batang kita dapat menggunakan batang melebihi minimum yang diperlukan untuk kestabilan. Sebagai contoh adalah rangka batang pada Gambar 2.4, salah satu batang diagonalnya dapat dipandang sebagai redundan. Batang BE atau EF dapat dibuang dan konfigurasi yang tertinggal akan tetap stabil. Jelaslah apabila dibuang keduanya, konfigurasi yang tertinggal tidak stabil.



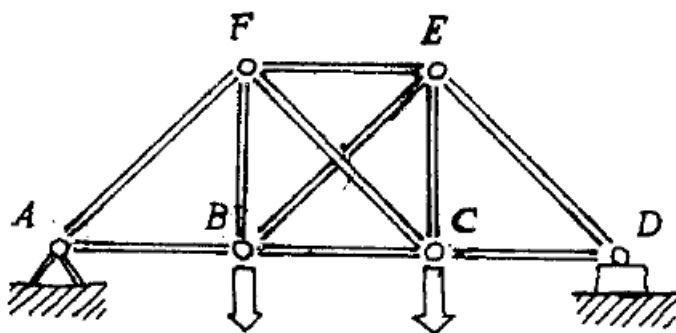
(a) Rangka batang tak stabil: daerah yang tidak segitiga pada rangka batang akan sangat berubah bentuk apabila mengalami suatu kondisi pembebanan yang dapat disebut terjadinya keruntuhan rangka batang tersebut.

(b) Rangka batang stabil: pola batang yang seluruhnya segitiga

Gambar 2.2 Konfigurasi batang stabil dan tidak stabil
Sumber: Schodek (1995:140)



Gambar 2.3 Rangka batang stabil dengan pola batang bukan segitiga
Sumber: Schodek (1995:141)



Gambar 2.4 Rangka batang stabil yang jumlah batangnya melebihi yang diperlukan untuk kestabilan
Sumber: Schodek (1995:141)

Pentingnya penentuan apakah konfigurasi batang stabil atau tidak dapat dilebih-lebihkan karena hal ini dapat membahayakan. Keruntuhan total dapat langsung terjadi kalau struktur tak stabil dibebani. Pola yang tidak biasa sering kali menyulitkan

penyelidikan kestabilannya. Sebagai pembantu dalam menentukan kestabilan rangka batang bidang digunakan persamaan aljabar yang menghubungkan banyak titik hubung pada rangka batang dengan banyak batang yang diperlukan untuk kestabilan. Apabila n adalah banyaknya batang yang diperlukan, dan j adalah banyak titik hubung, maka:

$$n = 2j - 3 \quad (2-1)$$

Pada umumnya dapat dikatakan bahwa apabila jumlah batang lebih kecil dari pada yang diperlukan, maka strukturnya tidak stabil, sedangkan apabila jumlahnya lebih besar dari yang diperlukan, maka strukturnya mengandung redundan. Akan tetapi, persamaan diatas belum cukup, dan tidak boleh begitu saja digunakan sebagai ganti penyelidikan visual untuk menentukan kestabilan struktur. Persamaan itu hanya merupakan indikator apakah suatu gaya batang pada struktur dapat dihitung dengan persamaan keseimbangan saja atau tidak, dan sebenarnya tidak ditujukan untuk meninjau kestabilan. Sekalipun demikian, persamaan tersebut memang dapat digunakan sebagai petunjuk awal kestabilan karena kita tidak dapat menghitung gaya-gaya pada struktur tidak stabil dengan persamaan statika.

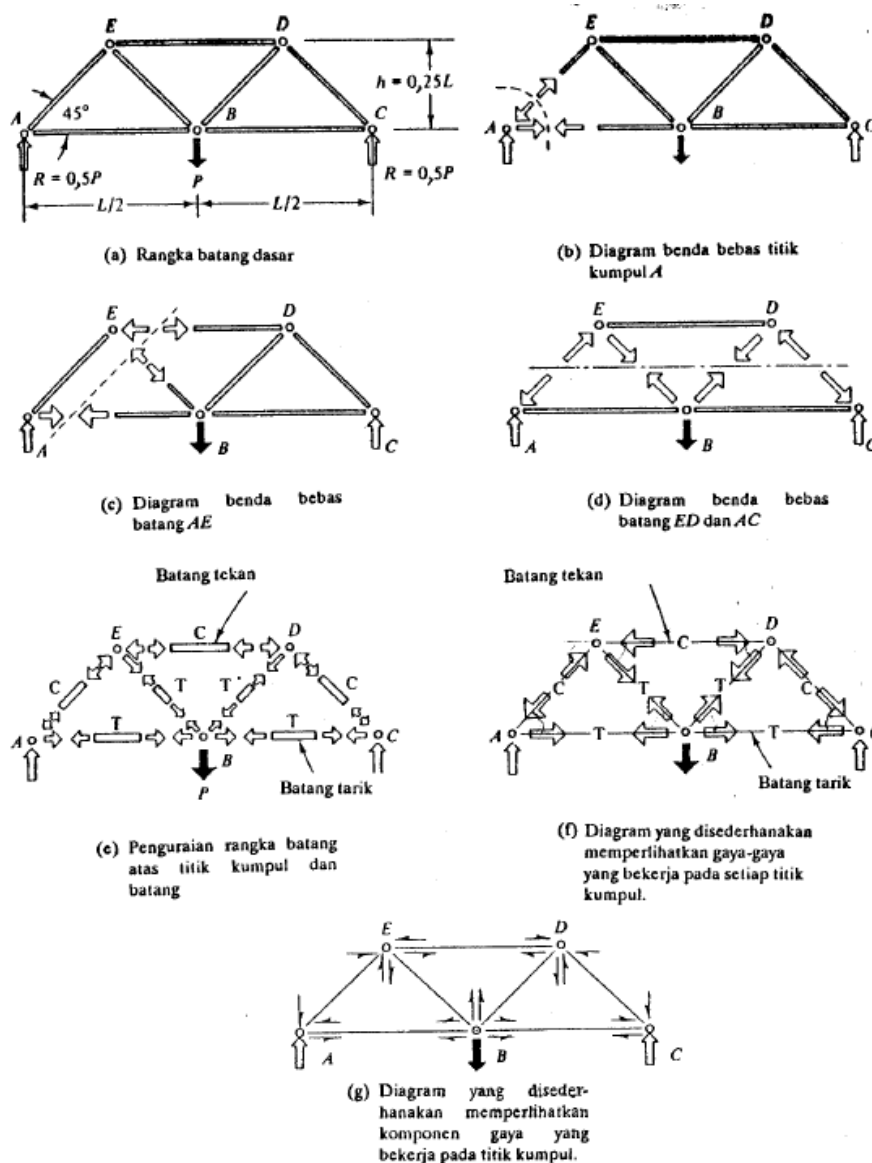
2.7.3 Keseimbangan Titik Tumpu

Fakta bahwa setiap bagian pada setiap struktur harus berada dalam keadaan keseimbangan. Keseimbangan adalah dasar semua analisis rangka batang untuk mencari gaya batang. Pada analisis rangka batang dengan metode titik tumpu (titik hubung, joint), rangka batang dianggap sebagai gabungan batang dan titik tumpu. Gaya batang diperoleh dengan meninjau keseimbangan titik-titik kumpul. Setiap titik tumpu harus berada dalam keseimbangan.

Gambar 2.5(e) mengilustrasikan rangka batang khas yang telah diuraikan atas kumpulan elemen-elemen linear dan titik tumpu ideal. Diagram benda bebas untuk semua titik kumpul dan batang juga diperhatikan. Dengan meninjau titik-titik kumpul saja, terlihat bahwa sistem gaya yang bekerja pada setiap titik kumpul terdiri atas gaya batang yang berkumpul padanya dan beban eksternal yang bekerja padanya. Seperti yang terlihat pada Gambar 2.5(e), gaya batang pada titik kumpul sama dan berlawanan arah dengan yang bekerja pada batang. Setiap titik kumpul harus berada dalam keadaan seimbang. Setiap titik kumpul harus berada dalam keadaan seimbang. Sistem gaya yang bekerja pada titik kumpul bekerja melalui titik yang sama. Hal ini berarti bahwa peninjauan keseimbangan yang diperlukan hanyalah translasi. Keseimbangan rotasi tidak perlu ditinjau karena semua gaya melalui satu titik, yaitu satu titik yang diperlukan. Diagram benda bebas pada Gambar

2.5(e), (f), dan (g) digunakan sebagai solusi gaya batang dengan metode keseimbangan titik hubung.

Analisa gaya batang dengan metode keseimbangan titik kumpul pada umumnya dapat dikerjakan berurutan, titik demi titik. Untuk rangka batang yang terlihat pada Gambar 2.5, langkah pertama adalah menggambarkan sekumpulan diagram benda bebas seperti pada Gambar 2.5(e). Alternatif lain ialah dengan menggambarkan diagram benda bebas titik-titik kumpul [lihat Gambar 2.5(f) Gambar 2.5]. Persamaan keseimbangan translasi ($\Sigma F_x = 0$ dan $\Sigma F_y = 0$) diterapkan pada setiap titik kumpul. Dalam menggambarkan diagram benda bebas dan persamaan keseimbangan tersebut, gaya yang belum diketahui perlu dimisalkan dahulu sifatnya, tarik atau tekan. Benar-tidaknya pemisalan ini akan terlihat dari tanda aljabar gaya yang diperoleh dari persamaan keseimbangan. Apabila bertanda positif, berarti arah pemisalannya sudah benar; dan bila bertanda negatif, berarti arah kenyataan berlawanan dengan pemisalan (Schodek, 1995).



Gambar 2.5 Diagram benda bebas pada rangka batang
Sumber: Schodek (1995:142)

2.8 Lentutan pada Struktur Rangka Batang

Kekuatan pada kuda-kuda sebagai struktur rangka batang merupakan beban maksimum yang mampu ditahan oleh setiap batang selaku elemen struktur tersebut. Beban-beban yang bekerja pada kuda-kuda beton bertulang bambu dengan campuran batu bata ini, seperti beban gravitasi (arah vertikal) dan beban angin (arah horizontal), dapat menyebabkan adanya lendutan dan deformasi pada elemen struktur kuda-kuda tersebut.

Lendutan pada struktur rangka batang merupakan deformasi total elemen-elemen batang pada titik pertemuannya akibat adanya gaya-gaya aksial dalam elemen-elemen batang tersebut. Nilai deformasi pada elemen-elemen batang akibat gaya-gaya aksial tersebut dapat diketahui dengan menggunakan persamaan:

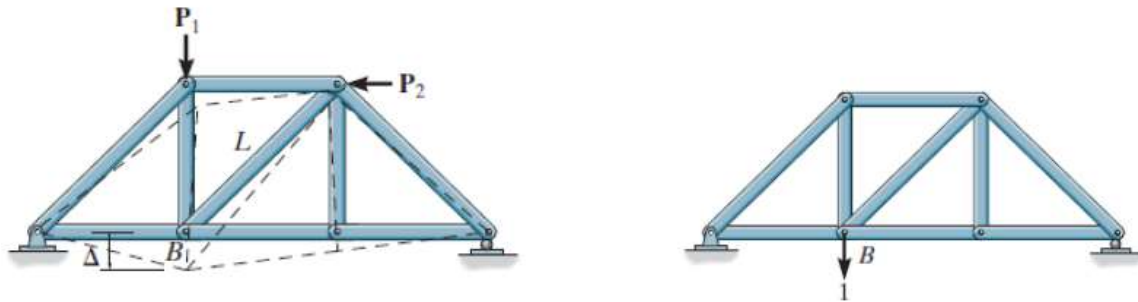
$$\Delta = \frac{PL}{AE} \quad (2-2)$$

Dimana P merupakan gaya normal atau aksial pada batang yang diakibatkan oleh beban eksternal. Oleh karena itu persamaan gaya semu untuk rangka batang adalah:

$$1. \Delta = \sum \frac{nPL}{AE} \quad (2-3)$$

dengan:

- 1 = beban satuan semu yang bekerja pada titik hubung rangka batang dalam arah Δ
- n = gaya normal semu internal pada sebuah batang yang diakibatkan oleh satuan beban semu eksternal
- P = gaya normal internal pada sebuah batang yang diakibatkan oleh beban sesungguhnya
- L = panjang batang yang ditinjau
- A = luas penampang batang yang ditinjau
- E = modulus elastis batang yang ditinjau



Gambar 2.6 Lendutan pada rangka batang

Disini beban satuan semu eksternal menghasilkan gaya semu internal n pada setiap batang dari rangka batang. Beban sesungguhnya kemudian mengakibatkan perpindahan titik buhul sejauh Δ dalam arah yang sama dengan beban satuan semu dan setiap anggota bagian dipindahkan sejauh PL/AE dalam arah yang sama dengan gaya n yang diberikan. Akibatnya kerja semu eksternal $1. \Delta$ sama dengan kerja semu internal atau energi tegangan (semu) internal yang disimpan dalam semua batang rangka batang $\sum nPL/AE$ (Hibbeler, 2002).

2.9 Sistem Beton Pracetak

Beton pracetak (*precast*) dihasilkan dari proses produksi dimana lokasi pembuatannya berbeda dengan lokasi elemen akan digunakan. Lawan dari pracetak adalah beton cor di tempat atau *cast-in place*, dimana proses produksinya berlangsung di tempat elemen tersebut akan ditempatkan (Ervianto, 2006).

Sistem struktur beton pracetak merupakan salah satu alternatif teknologi dalam perkembangan konstruksi di Indonesia yang mendukung efisiensi waktu, efisiensi energi, dan mendukung pelestarian lingkungan (S.A. Nurjannah,2011).

Sebagian besar dari elemen struktur pracetak dicetak ditempat tertentu (dapat dilokasi proyek ataupun diluar lokais proyek yang memang pada umumnya memproduksi elemen-elemen beton pracetak). Selanjutnya komponen-komponen tersebut dipasang sesuai keberadaannya sebagai komponen struktur, sebagai bagian dari sistem struktur beton.

Sistem pracetak mempunyai perbandingan-perbandingan dengan sistem konvensional sebagai berikut.

Tabel 2.5
Perbandingan Sistem Konvensional dengan Pracetak

Item	Konvensional	Pracetak
Desain	Sederhana	Membutuhkan wawasan yang luas terutama yang ada kaitannya dengan fabrikasi sistem, transportasi serta pelaksanaan atau pemasangan komponen, sistem sambungan dan sebagainya.
Bentuk dan ukurannya	Efisien untuk bentuk yang tidak teratur dan bentang-bentang yang tidak mengulang	Efisien untuk bentuk yang teratur/relatif besar dengan jumlah bentuk-bentuk yang berulang.
Waktu Pelaksanaan	Lebih Lama	Lebih cepat, karena dapat dilaksanakan secara paralel sehingga hemat waktu 20-25%.
Teknologi pelaksanaan	Konvensional	Butuh tenaga yang mempunyai keahlian.
Koordinasi pelaksanaan	Kompleks	Lebih sederhana, karena semua pengecoran elemen struktur pracetak telah dilakukan di pabrik.
Pengawasan / kontrol kerja	Bersifat kompleks, serta dilakukan dengan cara terus menerus.	Sifatnya lebih mudah karena telah dilakukan pengawasan oleh kualitas kontrol di pabrik.
Kondisi lahan	Butuh area yang relatif luas	Tidak memerlukan lahan yang luas

	karena butuh adanya penimbunan material dan ruang gerak.	untuk penyimpanan material selama proses pengerjaan konstruksi berlangsung, sehingga lebih bersih terhadap lingkungan
Kondisi cuaca	Banyak dipengaruhi oleh keadaan cuaca.	Tidak dipengaruhi cuaca karena dibuat di pabrik.
Ketepatan / akurasi ukuran	Sangat tergantung keahlian pelaksana.	Karena dilaksanakan di pabrik, maka ketepatan ukuran lebih terjamin.
Kualitas	Sangat tergantung banyak faktor, terutama keahlian pekerja dan pengawasan.	Lebih terjamin kualitasnya karena di kerjakan di pabrik dengan menggunakan sistem pengawasan pabrik.

Sumber: M. Ali Affandi (2004)

2.10 Sambungan Pracetak

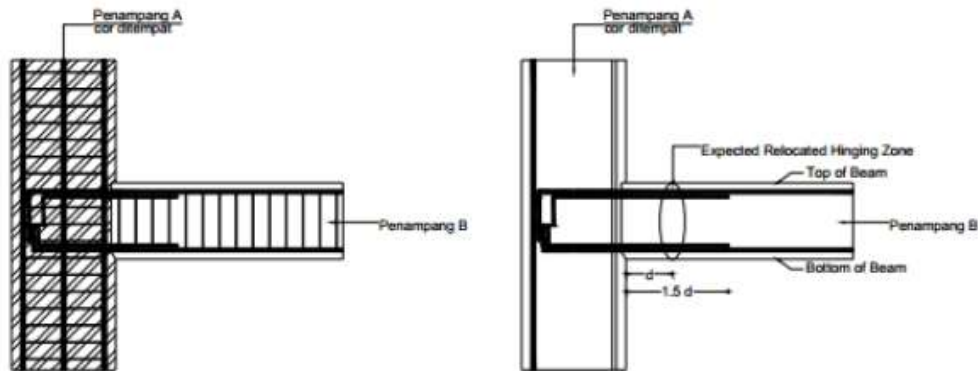
Sambungan terdiri dari komponen sambungan (pelat pengisi, pelat buhul, pelat pendukung, dan pelat penyambung) dan alat pengencang (baut dan las). Menurut SNI 03-1729-2002, kuat rencana setiap komponen sambungan tidak boleh kurang dari beban terfaktor yang dihitung. Perencanaan sambungan harus memenuhi persyaratan sebagai berikut.

1. Gaya-dalam yang disalurkan berada dalam keseimbangan dengan gaya-gaya yang bekerja pada sambungan.
2. Deformasi pada sambungan masih berada dalam batas kemampuan deformasi sambungan.
3. Sambungan dan komponen yang berdekatan harus mampu memikul gaya-gaya yang bekerja padanya.

Sambungan pracetak ada dua jenis yaitu sambungan basah dan sambungan kering. Sambungan pracetak sebisa mungkin dibuat sesederhana mungkin untuk dapat dengan mudah dilaksanakan tetapi masih memenuhi kriteria sambungan yang disyaratkan. Sambungan pracetak yang baik adalah sambungan yang memiliki perilaku seperti sambungan monolit.

Sambungan kering merupakan sambungan yang menggunakan komponen daktail berupa metal atau detail beton tanpa diakhiri pengecoran. Sambungan kering mempunyai contoh berupa: sambungan dengan sistem tautan detail beton, sambungan dengan pelat dan baut, sambungan dengan pelat dan las, sambungan dengan sistem prestress.

Sambungan basah merupakan sambungan dengan menggunakan tulangan biasa sebagai penyambung/ penghubung antar elemen beton baik antar pracetak ataupun antara pracetak dengan cor ditempat. Elemen pracetak yang sudah berada di tempatnya akan di cor bagian ujungnya untuk menyambungkan elemen satu dengan yang lain agar menjadi satu kesatuan yang monolit.



Sambungan Daktilil dengan Cor Ditempat

Skematis dari detail balok dengan penempatan sendi plastis

Gambar 2.7 Sambungan basah
Sumber: M.Ali Effendi (2004)

Kekuatan tulangan baja yang akan disambung pada pelat sambung harus mampu memikul kuat geser dan kuat tumpu. Pada kuat geser rencana dari suatu tulangan sebagai berikut.

$$T_u = \phi \cdot T_n = \phi \cdot m \cdot r \cdot f_u \cdot A \quad (2-4)$$

Keterangan:

- $\phi = 0,75$ adalah faktor reduksi kekuatan untuk faktor
- m adalah jumlah bidang geser
- $r = 0,5$ untuk tulangan baja polos pada bidang geser
- f_u adalah tegangan tarik putus tulangan
- A adalah luas bruto penampang tulangan pada bidang geser

Kuat tumpu rencana bergantung pada yang terlemah dari tulangan atau pelat sambung. Kuat tumpu rencana tulangan dapat dihitung sebagai berikut.

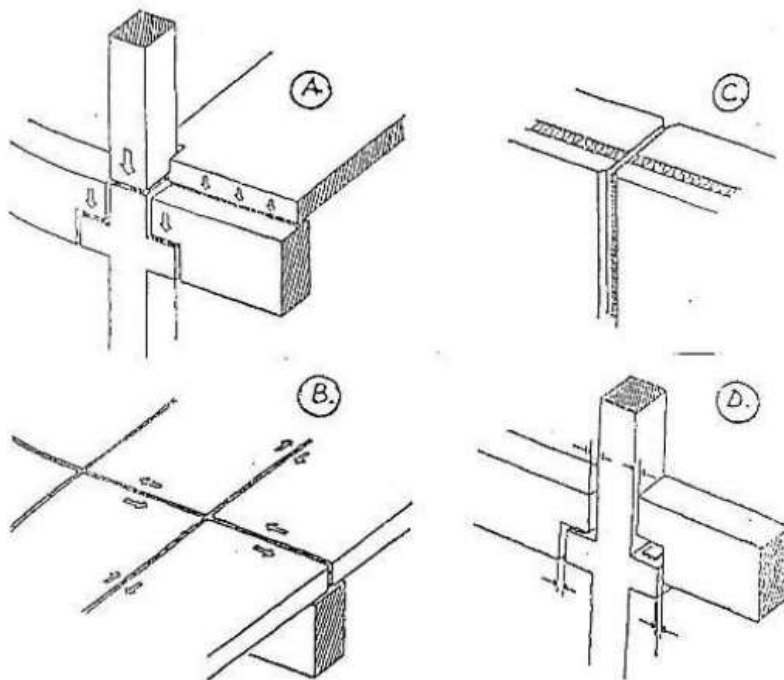
$$T_u = \phi \cdot T_n = \phi \cdot 2 \cdot d_b \cdot t_b \cdot f_u \quad (2-5)$$

Keterangan:

- $\phi = 0,75$ adalah faktor reduksi kekuatan untuk faktor
- d_b adalah diameter tulangan
- t_b adalah tebal pelat penyambung
- f_u adalah tegangan tarik putus tulangan

Pada umumnya sambungan-sambungan bisa dikelompokkan sebagai berikut.

- A. Sambungan yang pada pemasangan harus langsung menerima beban (biasanya beban vertikal) akibat berat sendiri dari komponen (lihat Gambar. 2.8-A)
- B. Sambungan yang pada keadaan akhir akan harus menerima beban, yang selama pemasangan diterima oleh pendukung pembantu (lihat Gambar. 2.8-B)
- C. Sambungan dimana tidak ada persyaratan-persyaratan ilmu gaya, tapi harus bisa memenuhi persyaratan-persyaratan lain, seperti kedekatan terhadap air, suara dan lain-lain (lihat Gambar 2.8-C)
- D. Sambungan-sambungan tanpa persyaratan konstruktif, dan semata-mata menyediakan ruang gerak untuk pemasangan (lihat Gambar 2.8-D)



Gambar 2.8 Macam-macam sambungan
 Sumber: Ir. Muji Indarwanto, MM., MT.

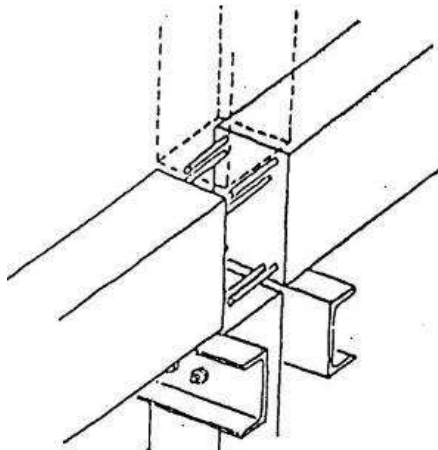
Cara mengikatkan/melekatkan suatu komponen terhadap bagian konstruksi yang lain, secara prinsipnya bisa dibedakan sebagai berikut.

Ikatan Cor

Penyaluran gaya-gaya dilakukan lewat beton yang dicorkan.

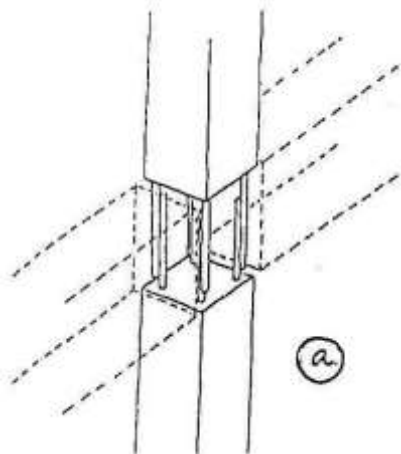
- Diperlukan penunjang/pendukung pembantu selama pemasangan sampai beton cor cukup untuk mengeras
- Penyetelan berlangsung dengan bantuan adanya penunjang/pendukung pembantu.

Toleransi diserap oleh coran beton.

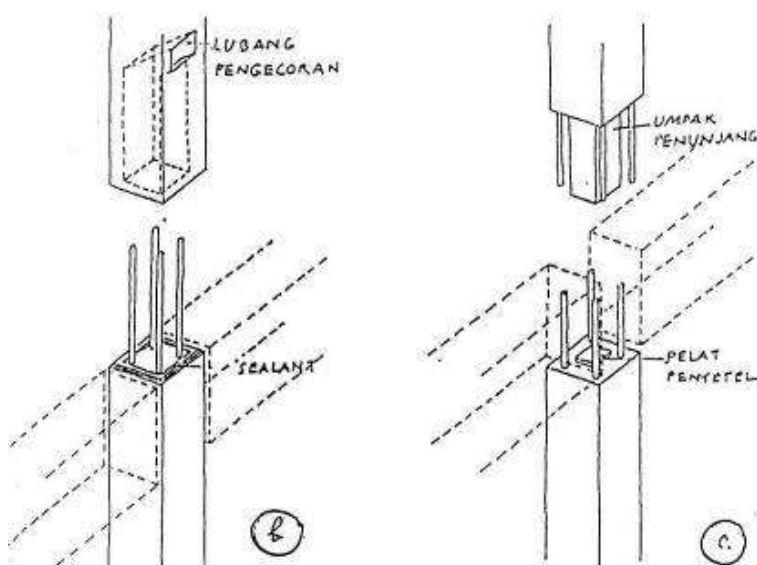


Gambar 2.9 Sambungan dengan ikatan cor
Sumber: Ir. Muji Indarwanto, MM., MT.

Perkembangan lebih jauh dari ikatan cor ini dapat dilihat dari contoh-contoh berikut ini:



Gambar 2.10 Sambungan dengan ikatan cor a
Sumber: Ir. Muji Indarwanto, MM., MT.

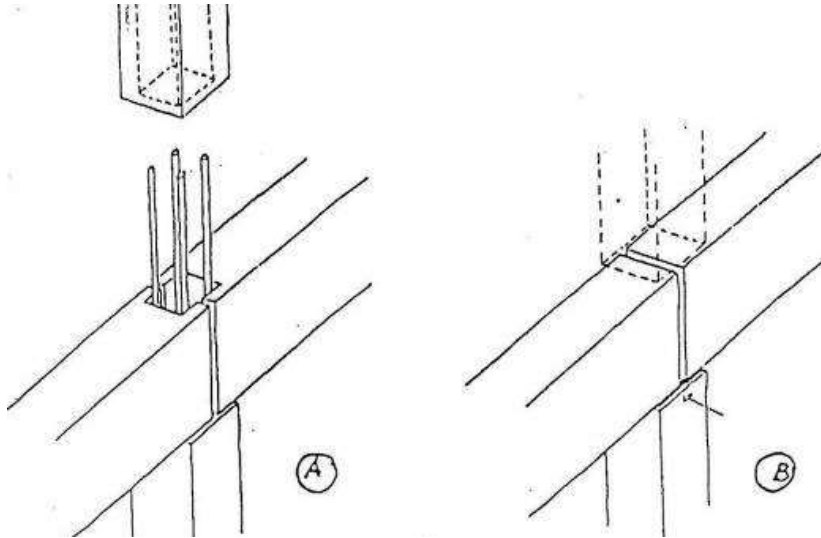


Gambar 2.11 Sambungan dengan ikatan cor b dan c
Sumber: Ir. Muji Indarwanto, MM., MT.

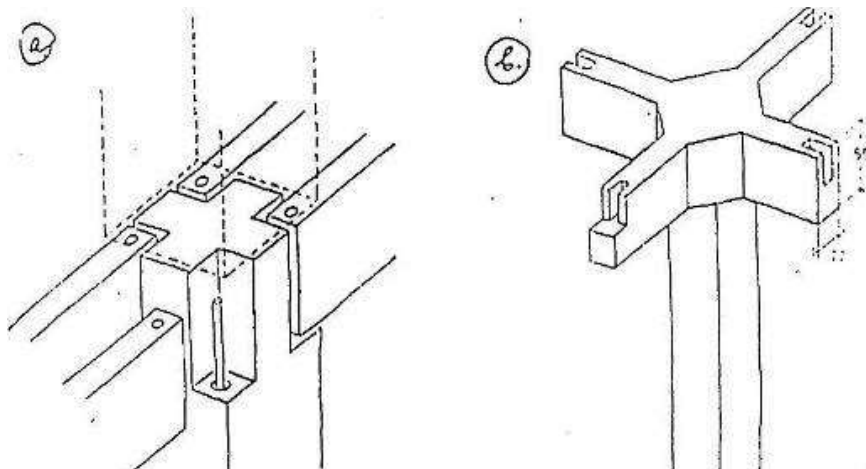
Ikatan Terapan

Cara menghubungkan komponen satu dengan yang lain secara lego (permainan balok susun anak), disebut ikatan terapan. Dimulai dengan hubungan dengan cara perletakan, teknik ini berkembang menjadi “saling menggigit”.

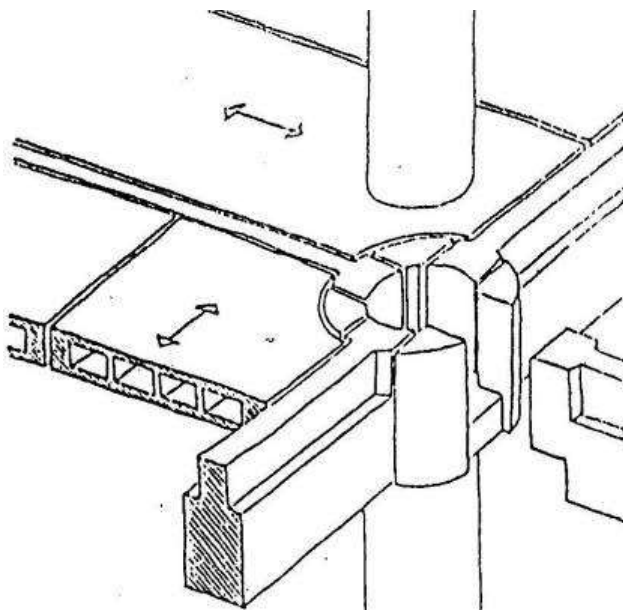
- Proses pemasangan dimungkinkan tanpa adanya pendukung/penunjang pembantu.



Gambar 2.12 Sambungan dengan ikatan terapan
Sumber: Ir. Muji Indarwanto, MM., MT.



Gambar 2.13 Macam-macam sambungan dengan ikatan terapan
Sumber: Ir. Muji Indarwanto, MM., MT.



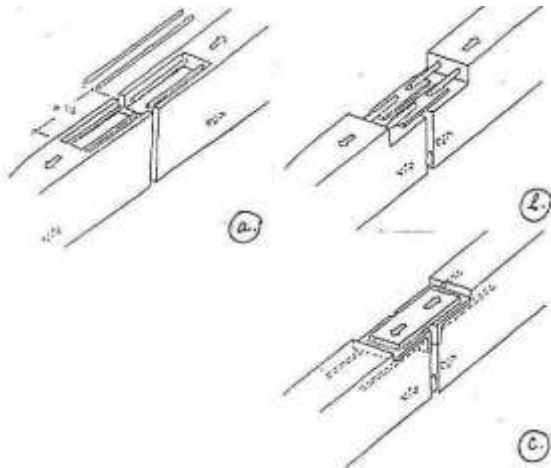
Gambar 2.14 Perkembangan lebih lanjut sambungan dengan ikatan terapan
Sumber: Ir. Muji Indarwanto, MM., MT.

- Penyetelan dan perataan beton bisa dilakukan pada bidang kontak dengan memakai aduk beton, neoprene, pelat baja, lempeng timah dan lain-lain
- Untuk menyalurkan gaya horizontal bisa dibantu baut, angker, dan lain-lain
- Gambar 2.14 bisa menggambarkan varian dan perkembangan dari teknik ini

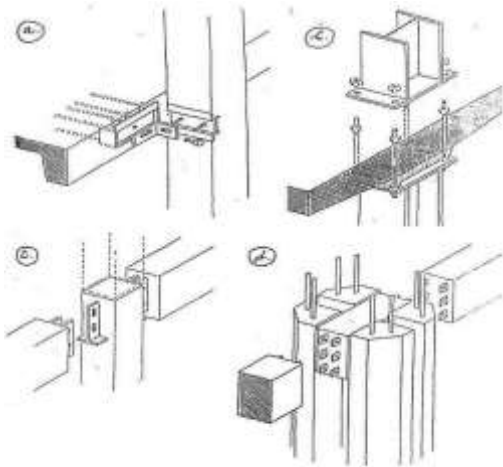
Ikatan Baja

Sebagai bahan pengikat dalam ikatan ini dipakai baja, yang dalam hal ini bisa dibedakan sebagai berikut.

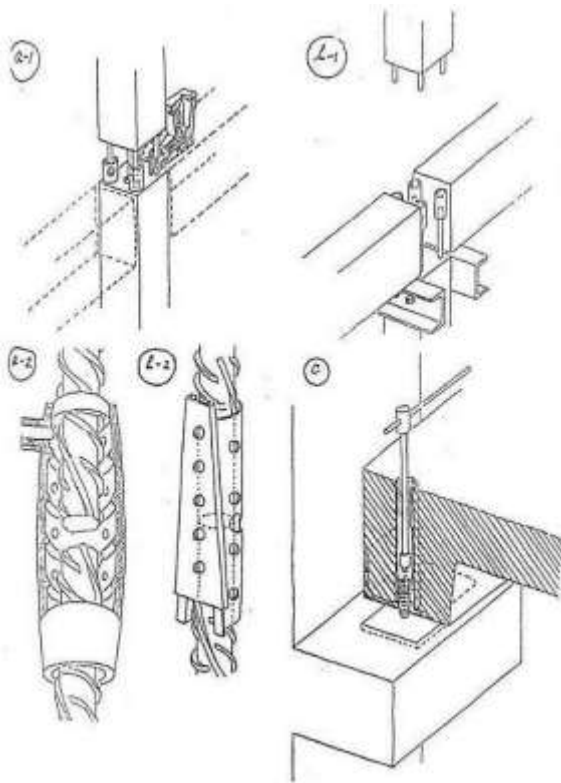
- Memakai Las
 - Memakai baut/mur/ulir
1. Harga dari profil baja sebagai bahan pengikat cukup tinggi.
 2. Mungkin dilaksanakan tanpa pendukung/penunjang pembantu
 3. Harus dilindungi terhadap karat dan api, yang kadang-kadang dilakukan dengan mencor beton sebagai pelindung/*finishing* dari ikatan.
 4. Contoh-contoh pada gambar 2.15, 2.16, dan 2.17 memberikan gambaran mengenai berbagai varian dalam pembentukan ikatan baja ini.



Gambar 2.15 Teknik pengelasan untuk membentuk ikatan
 Sumber: Ir. Muji Indarwanto, MM., MT.



Gambar 2.16 Pembentukan ikatan baja dengan baut/mur
 Sumber: Ir. Muji Indarwanto, MM., MT.

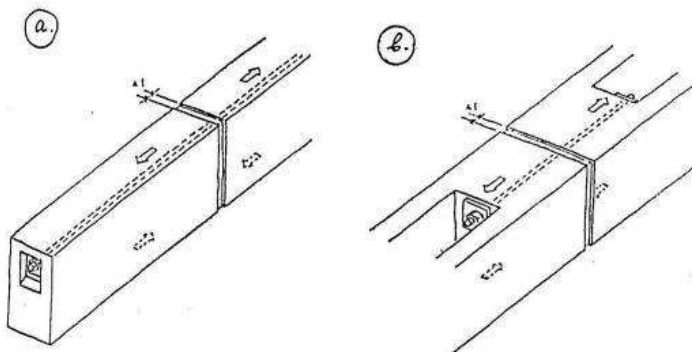


Gambar 2.17 Beberapa macam teknik mengikat pada ikatan baja
Sumber: Ir. Muji Indarwanto, MM., MT.

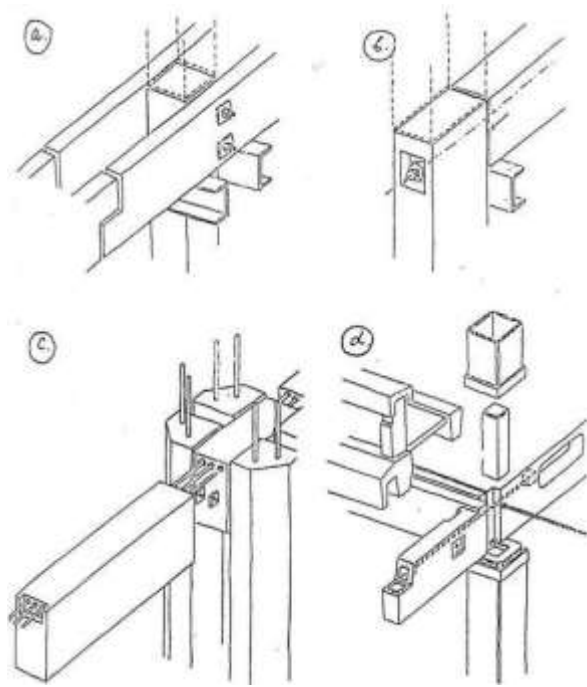
Ikatan Tegangan

Merupakan perkembangan lebih jauh dari ikatan baja, dengan memasukkan faktor *post tensioning* kedalamnya.

- Memerlukan penunjang/pendukung pembantu selama pemasangan.
- Perlu tempat/ruang gerak untuk melakukan *post tensioning*.
- Angker-angker cukup mahal.



Gambar 2.18 Sambungan dengan ikatan tegangan
Sumber: Ir. Muji Indarwanto, MM., MT.



Gambar 2.19 Beberapa macam sambungan dengan ikatan tegangan
 Sumber: Ir. Muji Indarwanto, MM., MT.

2.11 Pola Retak

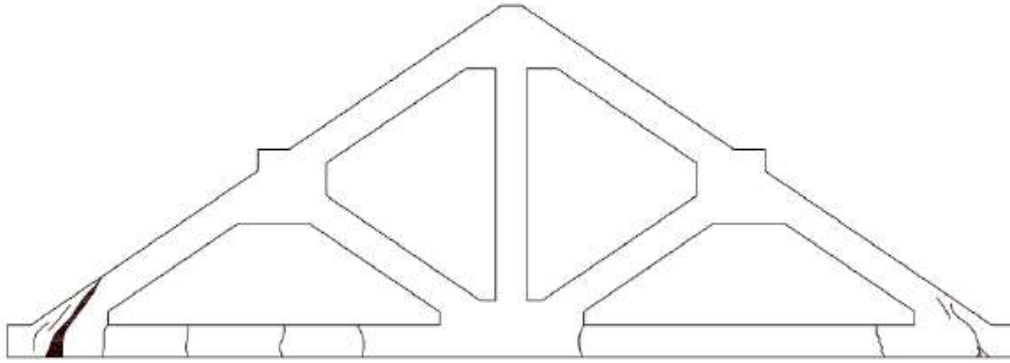
Model keruntuhan yang terjadi pada rangka batang dapat dilihat dari pola retak yang terjadi. Ada berbagai macam pola retak yang dapat terjadi apabila rangka batang yang terbuat dari beton komposit diberi beban vertikal. Pertama, keruntuhan akibat tarik pada batang yang membentuk pola retak berupa retakan-retakan tegak lurus batang diujung-ujung batang tarik. Pola retak akibat gaya tarik dapat dilihat seperti pada gambar berikut ini:



Gambar 2.20 Pola retak akibat gaya tarik aksial
 Sumber : Tedy Wonlele; Sri Murni Dewi; Siti Nurlina ,2013

Jurnal rekayasa sipil/Volume 7-no.1-2013

Pola retak yang berikutnya adalah pola retak akibat gaya geser dan tekan pada tumpuan. Bentuk pola retak akibat gaya ini berupa retakan-retakan miring terhadap balok tarik horisontal disekitar tumpuan. Hal ini menyebabkan keruntuhan total struktur. Pola retak akibat gaya geser dan tekan dapat dilihat seperti Gambar 2.21.



Gambar 2.21 Pola retak akibat gaya geser dan tekan pada tumpuan

Sumber :Tedy Wonlele; Sri Murni Dewi; Siti Nurlina ,2013

Jurnal rekayasa sipil/volume 7 no,1-2013

Ilustrasi pola keretakan yang disajikan pada Gambar 2.21 diatas ialah pola keretakan pada kuda-kuda tanpa sambungan dengan bentang total 240 cm dan tinggi 100 cm. Kuda-kuda tersebut dapat menahan beban vertikal maksimum sebesar 6136 kg.

2.12 Hipotesis Penelitian

Setelah mempelajari materi dan tinjauan pustaka serta memahami permasalahan-permasalahan yang akan ditemukan dalam proses penelitian maka dapat diambil hipotesis sebagai berikut.

1. Diduga beban maksimum yang dapat ditahan rangka kuda-kuda beton komposit bertulangan bambu dengan sambungan pelat baut dalam menahan beban vertikal simetris dan vertikal tidak simetris sama dengan beban maksimum yang dapat ditahan oleh kuda-kuda beton komposit bertulangan bambu tanpa sambungan.
2. Diduga pola retak yang terjadi pada rangka kuda-kuda beton komposit bertulangan bambu dengan sambungan pelat baut ketika dibebani dengan beban vertikal simetris dan vertikal tidak simetris sama dengan pola retak yang terjadi pada kuda-kuda beton komposit bertulangan bambu tanpa sambungan.

Halaman ini sengaja dikosongkan