

BAB II TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Baja Ringan

Profil baja ringan (*cold form steel*) adalah jenis baja yang memiliki dimensi ketebalan relatif tipis dengan rasio dimensi lebar setiap elemen profil terhadap tebalnya sangat besar. Karena dimensi ketebalan profil relatif tipis, maka pembentukan profil dapat dilaksanakan menggunakan proses pembentukan dingin (*cold forming processes*). Di dalam proses ini, profil dibentuk dari pelat atau lembaran baja menjadi bentuk yang diinginkan melalui mesin rol atau mesin tekuk pelat (*rolling press* atau *bending brake machines*) pada suhu ruangan. Ketebalan pelat baja yang umumnya digunakan sebagai bahan dasar pembentukan profil biasanya berkisar antara 0.3 mm hingga 6 mm (*WW-Yu, 2000*).

Menurut Wei-Wen Yu, batang struktural baja canai dingin memberikan beberapa keuntungan dalam konstruksi bangunan, antara lain:

1. Dibandingkan dengan baja biasa, produk baja ringan dapat diproduksi dengan berat yang lebih ringan dan bentang yang lebih pendek.
2. Konfigurasi tampang yang tidak biasa diproduksi secara lebih ekonomis dengan proses pembentukan dingin (*cold forming*) sehingga perbandingan antara kekuatan dengan berat yang diinginkan dapat diperoleh.
3. Tampang bentuk sarang (*nestable section*) dapat diproduksi dimana tampang tersebut memungkinkan proses pemaketan yang lebih padat dan pengangkutan yang lebih ekonomis.
4. Panel dan dek pemikul beban bisa menyediakan permukaan yang berguna digunakan untuk lantai, atap dan konstruksi dinding.
5. Panel dan dek pemikul beban tidak hanya memikul beban normal tetapi juga mampu geser apabila panel tersebut terkoneksi dengan baik.

Riset tentang baja ringan untuk konstruksi bangunan dimulai oleh Prof. George Winter dari Universitas Cornell tahun 1939. Berdasarkan riset-riset beliau maka dapat dilahirkan edisi pertama tentang "*Light Gauge Steel Design Manual*" tahun 1949 atas dukungan AISI (*American Iron and Steel Institute*). Sejak dikeluarkan peraturan tersebut lima dekade yang lalu, maka pemakaian material

baja ringan semakin berkembang untuk konstruksi bangunan, mulai struktur sekunder sampai struktur utama misalnya untuk balok lantai, rangka atap dan dinding pada bangunan industri, komersial maupun rumah tinggal.

Walaupun termasuk dalam kategori elemen struktur yang tipis (*thin-walled structures*), pemakaian baja ringan telah meluas yaitu meliputi box-girder jembatan, anjungan kapal (*ship hulls*) dan badan pesawat terbang. Ide dari pembuatan struktur baja ringan adalah untuk mendapatkan kekuatan maksimum dari material yang relatif tipis. Belakangan ini penggunaan baja ringan di Indonesia menjadi trend yang cukup menarik, dimana material ini lebih banyak digunakan untuk rangka atap dibandingkan menjadi struktur lainnya. Hal ini dikarenakan gencarnya iklan-iklan yang menawarkan produk rangka atap baja ringan menggantikan material kayu. Di samping itu kemudahan dalam mendapatkan bahan, kecepatan pemasangan dan struktur yang kuat membuat rangka atap dari baja ringan menjadi terkenal. (WW-Yu, 2000).

2.2 Beton Bertulang

Beton bertulang merupakan struktur komposit yang sering dijumpai pada pekerjaan konstruksi. Material beton bertulang yaitu beton dan tulangan, umumnya tulangan pada beton bertulang terbuat dari baja. Penambahan tulangan baja pada beton bertulang ini dikarenakan beton mempunyai sifat kuat terhadap gaya tekan tetapi lemah terhadap gaya tarik. Sehingga penambahan tulangan bertujuan agar beton mampu menahan gaya tarik yang terjadi. Beton bertulang umumnya dipakai pada struktur pelat lantai, balok dan kolom bangunan, struktur jembatan, pondasi bored pile dan sebagainya. Beton bertulang yang digunakan pada struktur balok umumnya terdiri dari tulangan longitudinal dan tulangan sengkang. Tulangan longitudinal berfungsi untuk menahan gaya tarik yang terjadi pada balok sedangkan tulangan sengkang berfungsi untuk menahan gaya geser yang terjadi. (Edward, 1998)

2.3 Beton

Beton didefinisikan sebagai campuran dari bahan penyusunnya yang terdiri dari bahan semen hidrolis (portland cement), agregat kasar, agregat halus, dan air

dengan atau tanpa menggunakan bahan tambah (*admixture* atau *additive*). DPU-LPMB memberikan definisi tentang beton sebagai campuran antara semen portland atau semen hidrolik yang lainnya, agregat halus, agregat kasar dan air, dengan atau tanpa bahan campuran tambahan yang membentuk massa padat (SNI-2847-2019).

Nugraha, Paul (2007), mengungkapkan bahwa pada beton yang baik, setiap butir agregat seluruhnya terbungkus dengan mortar. Demikian pula halnya dengan ruang antar agregat, harus terisi oleh mortar. Jadi kualitas pasta atau mortar menentukan kualitas beton. Semen adalah unsur kunci dalam beton, meskipun jumlahnya hanya 7-15% dari campuran. Beton dengan jumlah semen yang sedikit (sampai 7%) disebut beton kurus (*lean concrete*), sedangkan beton dengan jumlah semen yang banyak disebut beton gemuk (*rich concrete*).

2.4 Material Penyusun Beton

Material penyusun beton terdiri dari semen, agregat halus, agregat kasar dan air.

2.4.1 Semen

Semen merupakan serbuk yang halus yang digunakan sebagai perekat antara agregat kasar dengan agregat halus. Apabila bubuk halus ini dicampur dengan air selang beberapa waktu akan menjadi keras dan dapat digunakan sebagai pengikat hidrolis. Semen jika dicampur dengan air akan membentuk adukan yang disebut pasta semen, jika dicampur dengan agregat halus (pasir) dan air, maka akan terbentuk adukan yang disebut mortar, jika ditambah lagi dengan agregat kasar (kerikil/batu pecah) maka akan terbentuk adukan yang biasa disebut beton. Semen bersama air sebagai kelompok aktif sedangkan pasir dan kerikil sebagai kelompok pasif yang berfungsi sebagai pengisi. Sesuai dengan tujuan pemakaiannya semen portland dibagi menjadi 5 (lima) tipe, yaitu :

- a. Tipe I : Semen portland untuk penggunaan umum yang tidak memerlukan persyaratan-persyaratan khusus.
- b. Tipe II : Semen portland yang dalam penggunaannya memerlukan ketahanan terhadap sulfat dan panas hidrasi sedang.
- c. Tipe III : Semen portland yang dalam penggunaannya menuntut kekuatan awal yang tinggi.

- d. Tipe IV : Semen portland yang dalam penggunaannya menuntut persyaratan panas hidrasi rendah.
- e. Tipe V : Semen portland yang dalam penggunaannya menuntut persyaratan sangat tahan terhadap sulfat tinggi.

Fungsi semen ialah bereaksi dengan air menjadi pasta semen. Pasta semen berfungsi untuk melekatkan butir-butir agregat agar menjadi suatu kesatuan massa yang kompak/padat. Selain itu pasta semen mengisi rongga-rongga antara butir-butir agregat. Walaupun volume semen hanya kira-kira 10% saja dari volume beton, namun karena merupakan bahan perekat yang aktif dan mempunyai harga yang mahal dari pada bahan dasar beton yang lain perlu diperhatikan/dipelajari secara baik. (Tjokoridimulyo, 2004)

2.4.2 Agregat halus

Agregat halus merupakan bahan pengisi yang berupa pasir. Ukurannya bervariasi antara ukuran no.4 dan no.100 saringan standar amerika. Agregat halus yang baik harus bebas bahan organik, lempung, partikel yang lebih kecil daripada saringan no.100, atau bahan-bahan lain yang dapat merusak campuran beton. (Edward, 1998)

Menurut SK SNI S-04-1989-F syarat agregat halus adalah sebagai berikut.

- a. Butirannya tajam, kuat dan keras.
- b. Bersifat kekal, tidak pecah atau hancur karena pengaruh cuaca.
- c. Agregat halus tidak boleh mengandung lumpur.
- d. Tidak mengandung zat organik.
- e. Tidak mengandung garam.

2.4.3 Agregat kasar

Agregat disebut agregat kasar apabila ukurannya melebihi $\frac{1}{4}$ in (6mm). sifat agregat kasar mempengaruhi kekuatan akhir beton keras dan daya tahannya terhadap cuaca dan efek-efek perusak lainnya. Agregat kasar harus bersih dari bahan-bahan organik. (Edward, 1998)

Jenis agregat kasar adalah sebagai berikut:

- a. Batu pecah alami. Bahan ini didapat dari cadas atau batu pecah alami yang digali, batu ini dapat berasal dari gunung api.

- b. Kerikil alami. Kerikil didapat dari proses alami, yaitu dari pengikisan tepi maupun dasar sungai yang mengalir.
- c. Agregat kasar buatan. Agregat kasar buatan biasanya berupa slag yang biasa digunakan untuk beton berbobot ringan.

2.4.4 Air

Faktor air sangat mempengaruhi dalam pembuatan beton, karena air dapat bereaksi dengan semen yang akan menjadi pasta pengikat agregat. Air juga berpengaruh terhadap kuat tekan beton, karena kelebihan air akan menyebabkan penurunan kekuatan beton itu sendiri. Selain itu, kelebihan air akan mengakibatkan beton akan menjadi *bleeding*, yaitu air bersama-sama semen akan bergerak ke atas permukaan adukan beton segar yang baru saja dituang. Hal ini akan menyebabkan kurangnya lekatan antara lapis-lapis beton dan mengakibatkan beton menjadi lemah. Air pada campuran beton akan berpengaruh pada :

1. Sifat *workability* adukan beton.
2. Besar kecilnya nilai susut beton.
3. Kelangsungan reaksi dengan semen portland, sehingga dihasilkan kekuatan dalam selang beberapa waktu.
4. Perawatan keras adukan beton guna menjamin pengerasan yang baik.

Air adalah alat untuk mendapatkan kelecakan yang perlu untuk penggunaan beton. Jumlah air yang digunakan tentu tergantung pada sifat material yang digunakan. Air yang mengandung kotoran yang cukup banyak akan mengganggu proses pengerasan atau ketahanan beton. Pengaruh kotoran secara umum dapat menyebabkan :

1. Gangguan pada hidrasi dan pengikatan.
2. Gangguan pada kekuatan dan ketahanan.
3. Perubahan volume yang dapat menyebabkan keretakan.
4. Korosi pada tulangan baja maupun kehancuran beton.
5. Bercak-bercak pada campuran beton.

Air untuk pembuatan beton minimal memenuhi syarat sebagai air minum yang tawar, tidak berbau, dan tidak mengandung bahan-bahan yang dapat merusak beton, seperti minyak, asam, alkali, garam atau bahan-bahan organis lainnya yang dapat merusak beton atau tulangnya. (Tata Cara Perhitungan Standar Beton

Untuk Bangunan Gedung, SNI-2847-2019)

Selain untuk reaksi pengikatan, dapat juga untuk perawatan sesudah beton dituang. Air untuk perawatan (*curing*) harus memiliki syarat-syarat yang lebih tinggi dari air untuk pembuatan beton. Keasamannya tidak boleh PHnya > 6, juga tidak dibolehkan terlalu sedikit mengandung kapur.

2.5 Tulangan

Umumnya tulangan yang digunakan pada beton bertulang terbuat dari baja. Tulangan baja terdiri dari tulangan polos dan tulangan ulir. Tulangan ulir berfungsi untuk menambah kelekatan antara beton dan baja. Bentuk tulangan ulir tersebut harus memenuhi spesifikasi ASTM A16-76. Baja merupakan material tulangan yang kuat. Kuat tarik baja yaitu sebesar 2400 kg/cm². Sedangkan modulus elastisitasnya sebesar 200,000 Mpa. Seiring meningkatnya kebutuhan tulangan baja akan memicu langkanya material baja dikarenakan baja bukan merupakan material renewable. (Edward, 1998)

2.6 Rasio Penulangan

Pada balok beton bertulang umumnya diberikan tulangan tunggal ataupun rangkap. Tulangan tunggal diberikan tulangan longitudinal pada daerah tarik beton, sedangkan tulangan rangkap diberikan tulangan longitudinal pada daerah tarik dan daerah tekan. Pada balok beton tulangan rangkap terdapat batasan rasio penulangan, yaitu batas atas (ρ_{max}) dan batas bawah (ρ_{min}).

a. Batas Atas (ρ_{max})

Batas atas atau rasio tulangan maksimum merupakan batas maksimum rasio tulangan yang diperbolehkan. Berdasarkan SNI-2847-2019 Untuk mencari nilai rasio tulangan maksimum digunakan persamaan sebagai berikut:

$$\rho_{max} = 0.75 \times \rho_b \quad (2.1)$$

b. Batas Bawah (ρ_{min})

Batas atas atau rasio tulangan minimum merupakan batas minimum rasio tulangan yang diperbolehkan. Berdasarkan SNI-2847-2019 Untuk mencari nilai rasio tulangan minimum digunakan persamaan sebagai berikut:

$$\rho_{\min} = \frac{1.4}{f_y} \quad (2.2)$$

2.7 Tegangan Lentur

Balok merupakan struktur yang menerima beban tegak lurus terhadap arah panjang. akibat adanya beban tersebut balok akan mengalami lenturan dan geseran yang terjadi di bagian perletakan. Gaya momen akan mengakibatkan lenturan pada balok. Momen penyebab lenturan tersebut dinamakan momen lentur. Tegangan lentur maksimum terjadi pada batang tepat dibawah beban terpusat. (Edward,1998)

Terdapat 2 macam momen lentur, momen lentur positive dan momen lentur negative. Tampang balok yang mengalami lenturan positif akan mengalami tegangan dengan arah sejajar panjang batang. Dibagian atas sumbu tengah tampang akan mengalami tekanan tekan. Dibagian bawah sumbu tengah akan mengalami tekanan tarik. Sedangkan momen lentur negative berlaku kebalikanya, tegangan tarik di bagian atas dan tegangan tekan di bagian bawah sumbu tampang. (Edward, 1998).

Besaran tegangan akibat lenturan dapat ditulis dengan persamaan sebagai berikut.

$$\sigma = \frac{M \cdot y}{I} \quad (2.2)$$

Dimana :

σ : Tegangan lentur

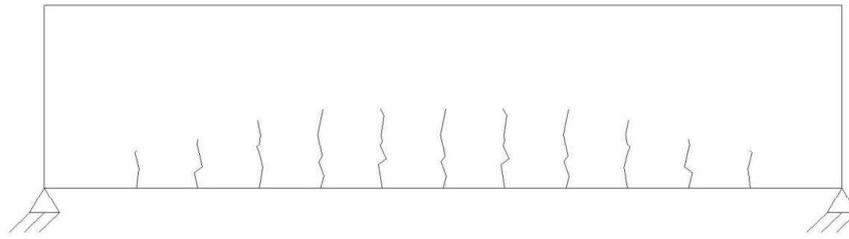
M : Momen lentur

y : Jarak tegak lurus garis netral ke titik yang ditinjau

I : Momen Inersia

2.8 Pola Retak

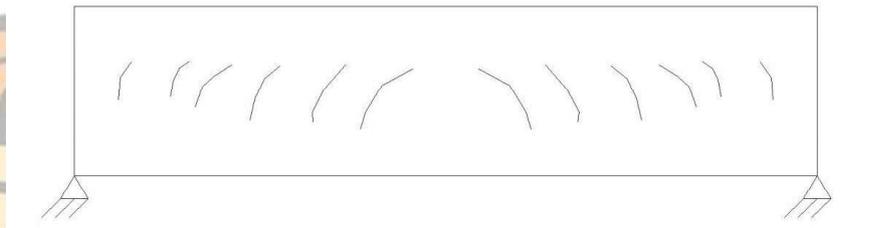
Pola retak yang kemungkinan terjadi pada balok yaitu, retak lentur, retak geser, dan retak puntir. Pola retak lentur merupakan retak vertical yang memanjang dari sisi tarik balok ke sumbu netralnya. Retak ini akan lebih lebar di pertengahan balok daripada di bagian lainnya.(McCormac, 2004) Pola retak lentur dapat dilihat pada gambar 2.1 berikut ini.



Gambar 2.1 Retak Lentur
(Sumber:McCormac, 2004)

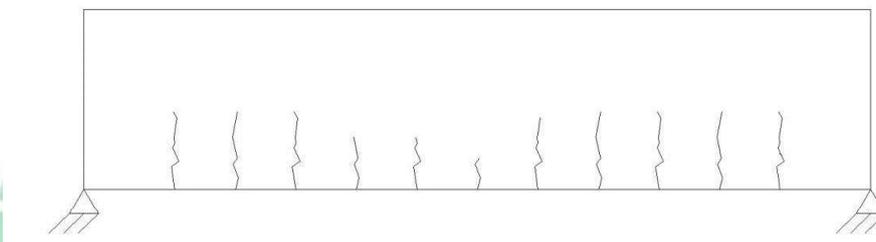
Retak miring karena geser dapat terjadi pada bagian web balok beton bertulang baik retak bebas atau perpanjangan retak lentur. Terkadang retak miring akan berkembang secara bebas pada balok meskipun tidak ada retak lentur pada daerah tersebut. (McCormac,2004)

Retak ini yang disebut retak geser-web yang ditunjukkan pada gambar 2.2 berikut.



Gambar 2.2 Retak Geser-Web
(Sumber:McCormac, 2004)

Jenis retak miring yang paling umum adalah retak geser-lentur, retak ini umumnya terjadi pada balok pretegang dan non prategang. Retak geser-lentur ditunjukkan pada gambar 2.3 berikut.



Gambar 2.3 Retak Geser-Lentur
(Sumber:McCormac, 2004)

2.9 Penelitian Terdahulu

Penelitian dahulu merupakan rangkuman yang berkaitan dengan penelitian yang dilakukan. Adapun penjelasan tentang penelitian terdahulu dapat dilihat pada tabel 2.1 berikut.

Tabel 2.1 Penelitian Terdahulu

Penulis	Judul	Hasil
Muhammad Wildan, 2019.	Studi Eksperimental Balok Komposit Dengan Memanfaatkan Material Kayu (Beton Bergelam) dengan Mengaplikasikan Konsep Tulangan Rangkap	<p>Metode:</p> <p>Pada penelitian ini metode yang digunakan adalah pengujian kuat lentur dengan 2 titik pembebanan. Hasil pengujian kuat lentur akan dibandingkan dengan hasil analisa guna mengetahui potensi beton bergelam tulangan ganda sebagai balok dan ringbalok pada bangunan rumah tinggal 2 lantai.</p> <p>Hasil:</p> <p>Dengan penelitian penggunaan kayu gelam sebagai tulangan ganda pada balok beton didapatkan nilai beban maksimum terbesar 63.00 KN, dan nilai kuat lentur terbesar 7.05 MPa. Berdasarkan hasil perbandingan hasil pengujian kuat lentur dengan hasil analisa bahwa beton bergelam tulangan ganda dapat diterapkan sebagai balok dan ringbalok pada bangunan rumah tinggal 2 lantai.</p>
Suprayitno Agus Stiyanto, 2020.	Pengaruh Variasi Pilinan Bambu Petung Terhadap Kuat Lentur Balok Beton Bertulangan Pilinan Bambu	<p>Metode:</p> <p>Pada penelitian ini metode yang digunakan adalah pengujian kuat lentur dengan 2 titik pembebanan. Hasil pengujian kuat lentur akan dibandingkan dengan hasil analisa guna mengetahui potensi variasi tulangan pilinan bambu petung bila digunakan sebagai tulangan balok beton pada struktur jembatan pejalan kaki bentang pendek.</p> <p>Hasil:</p>

Penulis	Judul	Hasil
		<p>Dengan penelitian penggunaan pilinan bambu sebagai tulangan tunggal pada balok beton didapatkan nilai beban maksimum terbesar 53.08 KN, dan nilai kuat lentur terbesar 8.91 MPa. Berdasarkan hasil perbandingan hasil pengujian kuat lentur dengan hasil analisa bahwa tulangan pilinan bambu dapat diterapkan sebagai balok pada struktur jembatan pejalan kaki bentang pendek.</p>

