



Analisis Lentur dan Geser Balok Beton Bertulang Profil Baja Canai Dingin

Dede Yusup Solehudin¹, Eko Walujodjati²

Jurnal Konstruksi
Sekolah Tinggi Teknologi Garut
Jl. Mayor Syamsu No. 1 Jayaraga Garut 44151 Indonesia
Email : jurnal@itg.ac.id

¹1711008@itg.ac.id

²eko.walujodjati@itg.ac.id

Abstrak – Baja canai dingin pada beton bertulang merupakan alternatif pengganti tulangan baja konvensional. Tulangan beton dengan baja canai dingin ini dimaksudkan agar bisa lebih besar menahan gaya lentur yang bekerja pada sebuah struktur. Salah satu struktur yang menerima beban cukup besar adalah struktur balok. Dimana beban didistribusikan pertama kali melalui balok sebelum ke kolom lalu berakhir di pondasi. Oleh karena itu, maksud dan tujuan dari penelitian ini yaitu menganalisis perhitungan kemampuan antara balok beton bertulang baja konvensional dan balok beton bertulang baja canai dingin dalam menahan gaya lentur dan gaya geser. Penelitian ini menggunakan metode kuantitatif, karena penelitian yang dilakukan merupakan uji numerikal kekuatan gaya beton bertulang sesuai standar yang mengacu pada SNI. Dengan *preliminary design* yang digunakan sesuai dengan kondisi lapangan, didapatkan hasil penelitian bahwa beton bertulang baja canai dingin lebih unggul dibanding baja konvensional dalam hal menahan gaya lentur balok. Perbedaan yang ditunjukkan cukup signifikan karena selisih perbandingan yang dihasilkan 38,5%. Sedangkan untuk gaya geser digunakan dua metode perhitungan yaitu sengkang untuk tulangan baja konvensional dan pelat kopel untuk tulangan baja canai dingin. Hasil penelitian menunjukkan bahwa jarak sengkang dan jarak pelat kopel tidak dapat di samakan, karena terdapatnya perbedaan metode yang digunakan. Oleh karena itu, gaya geser tidak dapat menentukan tulangan mana yang dapat menahan kapasitas beban yang unggul.

Kata Kunci – Baja Canai Dingin; Balok Beton Bertulang; Gaya Geser Balok; Gaya Lentur Balok; Kemampuan Balok.

I. PENDAHULUAN

Struktur bangunan merupakan sarana penyalur beban akibat dari elemen-elemen konstruksi. Untuk membuat sebuah struktur yang efektif dan efisien, maka berat sendiri elemen setiap bangunan dapat digunakan dengan bahan yang ringan namun mampu memikul beban luar yang besar. Maka salah satu cara yang dapat ditempuh yaitu dengan mengurangi berat sendiri dari elemen setiap bangunan.

Beton bertulang merupakan salah satu yang dapat dirubah penyusun materialnya. Dengan cara mengganti tulangan baja konvensional dengan tulangan baja yang lebih ringan yaitu baja canai dingin. Penggunaan baja canai dingin ini cukup populer dalam dunia konstruksi saat ini. Terlebih banyak permintaan kebutuhan teknologi konstruksi yang meminta suatu desain bangunan yang *safety, serviceability*, dan ekonomis [1]. Namun jika dijadikan sebuah tulangan dalam beton bertulang masih cukup tabu di kalangan masyarakat indonesia [2].

Keuntungan dari penggunaan baja canai dingin dalam dunia konstruksi yaitu bobot yang dimilikinya cukup ringan. Sehingga pemasangan yang dilakukan dapat diselesaikan dengan cepat serta efisien [3],[4]. Selain itu

kelebihan lainnya yang dimiliki baja canai dingin yaitu tegangan leleh dan tegangan ultimit yang cukup tinggi jika dibandingkan dengan baja konvensional [5].

Namun kekurangan yang dimiliki oleh baja canai dingin yaitu penampang profil yang cukup tipis sehingga akan menyebabkan sebuah tekuk yang cukup besar jika memikul beban yang berat. Oleh karena itu untuk menutupi kekurangan tersebut dibuat suatu perkuatan pada baja canai dingin yaitu dengan membuat pengaku lateral agar tulangan baja canai dingin ini kaku dan mengurangi beban akibat dari tekuk yang ditimbulkan oleh baja canai dingin.

II. TINJAUAN PUSTAKA

A. Beton Bertulang

Beton bertulang merupakan pemakaian dua jenis bahan yaitu beton polos yang dibentuk dari semen, air dan agregat (kasar dan halus) dan baja tulangan [6]. Baja tulangan yang dipakai biasanya merupakan baja konvensional baik itu baja tulangan polos (BJTP) ataupun baja tulangan ulir (BJTD) [7]. Namun seiring berkembangnya zaman baja tulangan yang dipakai tidak hanya baja konvensional melainkan bambu, anyaman bambu, FRP (*Fiber Reinforced Polymer*) maupun CFS (*Cold Formed Steel*) [8]. Beton bertulang dapat dikatakan saling bekerja satu sama lain karena kekurangan yang dimiliki oleh beton dapat diatasi dengan menanamkannya baja tulangan sebagai bahan yang memiliki kuat tarik yang tinggi [9].

B. Batang Baja Tulangan

Baja tulangan yang ditanam pada beton bertulang diharapkan dapat dikerjakan secara cepat dan efisien. Oleh karena itu, diambil alternatif bahan lain selain baja konvensional yang lebih efisien dikerjakan dan memiliki cukup tinggi kuat tarik [10]. Bahan lain tersebut yaitu baja canai dingin. Baja canai dingin merupakan profil baja yang dibentuk dari lembaran-lembaran yang sudah jadi yang nantinya lembaran tersebut menjadi profil baja dalam keadaan dingin [11]. Berikut perbedaan antara baja konvensional dan baja canai dingin.

Tabel 1: Perbedaan Baja Konvensional dan Baja Canai Dingin

No	Perbedaan	Baja Konvensional	Baja Canai Dingin
1	Proses Pembentukan	Dibentuk dengan cara dicetak ke cetakan khusus serta dengan teknik khusus ketika material baja masih berupa cairan dengan suhu yang sangat panas.	Dibentuk ketika suhu material baja mulai dingin
2	Berat	Karena dibentuk ketika suhu masih panas, maka baja konvensional memiliki bentuk yang cukup tebal dan besar.	Karena dibentuk ketika suhu baja telah agak dingin, baja canai dingin lebih memiliki ketebalan yang cukup tipis sehingga baja ini cukup ringan
3	Komposisi Karbon *(semakin banyak kandungan karbon maka tingkat kekerasan material akan tinggi sehingga akan menjadikan material baja menjadi getas dan tidak ulet)	Kadar karbon yang dimiliki baja konvensional sekitar 0,3% - 1,7% dari berat total.	Kadar karbon baja ringan memiliki sekitar 0,16% - 0,29% dari berat total.
4	Kekuatan	Baja konvensional lebih kaku karena	Baja canai dingin rawan terjadi

No	Perbedaan	Baja Konvensional	Baja Canai Dingin
		memiliki banyak kandungan karbon.	tekuk karena materialnya yang cukup tipis
5	Daktilitas	Karena merupakan baja yang kaku maka baja konvensional tidak cukup daktil.	Baja Ringan lebih besar memiliki daktilitasnya karena lebih lentur dibanding baja konvensional.

Sumber: [12]

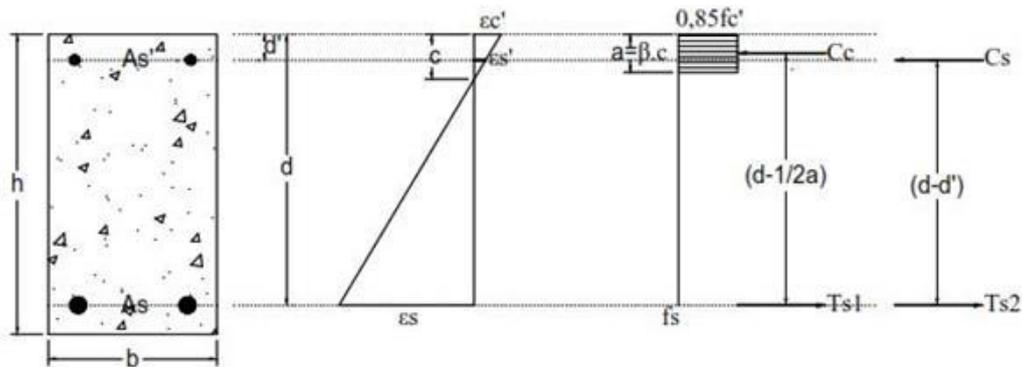
C. Mekanika Bahan

Mekanika bahan merupakan suatu konsep penting dalam menentukan regangan maupun tegangan suatu bahan untuk meninjau kekuatan maupun kekakuan. Kekuatan dapat diukur dengan kemampuan bahan dalam menahan tegangan maksimum. Karenanya ukuran serta bentuk bahan sangat penting dalam mengukur kemampuan bahan. Terkhusus dalam analisis struktur, mekanika bahan sering kali dibutuhkan untuk mendefinisikan sifat-sifat geometris bidang datar seperti luas penampang (A), momen statis (M_x atau M_y), titik berat (X dan Y), momen inersia (I) dan jari-jari inersia (r).

D. Balok Terlentur

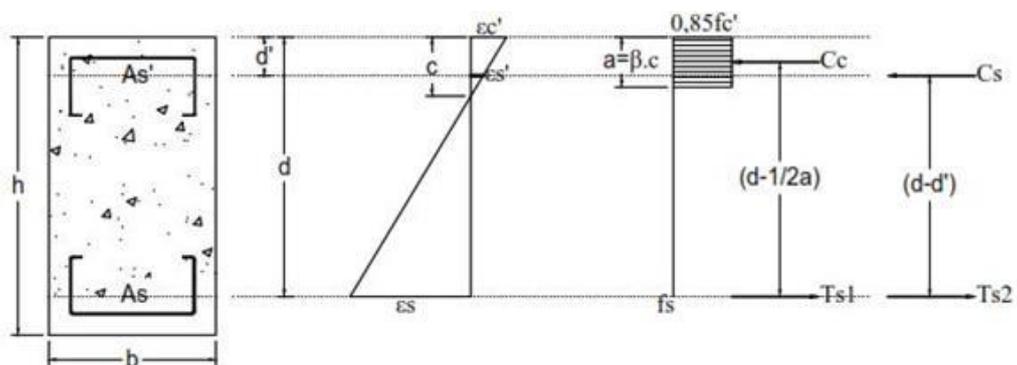
Sebagai salah satu elemen struktur bangunan, balok merupakan elemen struktur yang memikul beban luar sehingga balok akan menimbulkan momen lentur dan gaya geser di sepanjang bentangnya[13]. Dengan menggunakan prinsip keseimbangan statika ditentukan besar momen lentur dan geser yang terjadi pada setiap penampang balok yang bekerja menahan beban [14].

1. Tulangan Lentur Balok



\Sumber: [14]

Gambar 1: Diagram Regangan Tegangan Beton Bertulang Baja Konvensional



Gambar 2: Diagram Regangan Tegangan Beton Bertulang Baja Canai Dingin

$$d = h - \text{selimut beton} - \bar{X}$$

$$d' = \text{selimut beton} + \bar{X}$$

o Regangan

$$\epsilon_y \text{ adalah } f_y / E_s$$

$$\epsilon_s = \frac{d - c}{d} x \epsilon_c$$

$$\epsilon_s' = \frac{c - d'}{c} x \epsilon_c$$

$$\epsilon_c = 0,003$$

$$\text{Dimana : } a = \beta \cdot c \quad \rightarrow \quad c = a / \beta$$

$$a = \frac{A_s1 \cdot f_y}{0,85 \cdot f_c' \cdot b}$$

$$\beta = 0,85 \quad \rightarrow \text{ untuk } f_c' \leq 30 \text{ MPa}$$

$$\beta = 0,85 - 0,008(f_c' - 30) \quad \rightarrow \text{ untuk } f_c' > 30 \text{ MPa}$$

o Tegangan

Dengan memperhatikan kopel momen C_c dan T_s1 , maka besarnya nilai M_n1 :

$$C_c = T_s1$$

$$\text{Dimana : } C_c = 0,85 \cdot f_c' \cdot a \cdot b$$

$$T_s1 = A_s1 \cdot f_y$$

Dengan menganggap A_s sudah leleh, maka $T_s1 = A_s1 \cdot f_s$

$$C_c = T_s1$$

$$0,85 \cdot f_c' \cdot a \cdot b = A_s1 \cdot f_s$$

$$M_n1 = C_c \cdot (d - \frac{1}{2}a) = 0,85 \cdot f_c' \cdot a \cdot b \cdot (d - \frac{1}{2}a); \text{ atau}$$

$$= T_s1 \cdot (d - \frac{1}{2}a) = A_s1 \cdot f_y \cdot (d - \frac{1}{2}a)$$

Sedangkan untuk kopel momen C_s dan T_s2 dapat ditentukan M_n2 sebesar:

$$C_s = T_s2$$

$$\text{Dimana : } C_s = A_s' \cdot f_y$$

$$T_s2 = A_s2 \cdot f_y$$

Dengan menganggap A_s' sudah leleh, maka $C_s = A_s' \cdot f_s'$

$$C_s = T_s2$$

$$A_s' \cdot f_y = A_s2 \cdot f_y$$

$$A_s' = A_s2$$

$$M_n2 = C_s \cdot (d - d') = A_s' \cdot f_y \cdot (d - d')$$

$$= T_s2 \cdot (d - d') = A_s2 \cdot f_y \cdot (d - d') = A_s' \cdot f_y \cdot (d - d')$$

$$A_s = A_s1 + A_s2 \quad \rightarrow \quad A_s1 = A_s - A_s2 = A_s - A_s'$$

$$\text{Maka: } M_n1 = A_s1 \cdot f_y$$

$$= (A_s - A_s') \cdot f_y \cdot (d - \frac{1}{2}a)$$

$$M_n = M_n1 + M_n2$$

$$= 0,85 \cdot f_c' \cdot a \cdot b \cdot (d - \frac{1}{2}a) + A_s' \cdot f_y \cdot (d - d'); \text{ atau}$$

$$= (A_s - A_s') \cdot f_y \cdot (d - \frac{1}{2}a) + A_s' \cdot f_y \cdot (d - d')$$

Namun jika A_s' belum leleh maka $f_s' \neq f_y$ dan $\epsilon_s' < \epsilon_y$, maka f_s' harus dicari dengan rumus:

$$f_s' = \epsilon_s' \cdot E_s$$

$$\epsilon_s' = \frac{(c - d')}{c} \cdot \epsilon_c'$$

$$M_n = 0,85 \cdot f_c' \cdot a \cdot b \cdot (d - \frac{1}{2}a) + A_s' \cdot f_s' \cdot (d - d')$$

2. Tulangan Geser Balok

Tulangan geser balok diperlukan untuk mencegah terjadinya retak akibat gaya geser atau gaya lintang. Karena penelitian menggunakan dua bahan tulangan baja yang berbeda maka untuk menentukan gaya geser balok terdapat dua cara yaitu sengkang untuk baja konvensional dan pelat kopel untuk baja canai dingin.

o Sengkang

$$V_n = V_c + V_s$$

$$V_c = 0,17 \cdot \lambda \cdot \sqrt{f_c'} \cdot b_w \cdot d$$

$$V_s = \frac{A_v \cdot f_y \cdot d}{s}$$

Menentukan V_s dapat juga dihitung dengan persamaan:

$$V_u \leq \phi V_n$$

$$V_u = \phi V_n$$

$$V_u = \phi V_c + \phi V_s$$

$$\phi V_s = V_u - \phi V_c$$

$$V_s = \frac{V_u - \phi V_c}{\phi}$$

Dimana : V_n adalah gaya geser nominal
 V_c adalah gaya geser akibat beton
 V_s adalah gaya geser akibat baja tulangan
 A_v adalah luas tulangan sengkang
 λ adalah pengaruh beton normal =1
 ϕ adalah faktor reduksi = 0,75
 f_c' adalah mutu beton
 b_w adalah lebar efektif beton
 d adalah jarak titik pusat tulangan tarik ke permukaan
 s adalah jarak sengkang

Untuk meminimalkan terjadinya keruntuhan diagonal tekan pada beton perlu dihitung batasan dimensi balok tersebut.

$$V_u \leq \phi(V_c + 0,66\sqrt{f_c'} \cdot b_w \cdot d)$$

Cek terhadap penampang kritis:

a. Jika $V_s \leq 0,33\sqrt{f_c'} \cdot b_w \cdot d$

$$S_{maks} < \frac{d}{2} \text{ atau } 600 \text{ mm}$$

b. Jika $V_s > 0,33\sqrt{f_c'} \cdot b_w \cdot d$

$$S_{maks} < \frac{d}{4} \text{ atau } 300 \text{ mm}$$

o Pelat Kopel

$$\frac{I_p}{a} \geq 10 \frac{I_1}{L_1}$$

Dimana : I_p adalah momen inersia pelat kopel $\rightarrow \frac{1}{12} \cdot t_p \cdot h^3$

I_1 adalah momen batang tunggal

L_1 adalah jarak antar pelat kopel = $\frac{L}{\text{jumlah titik pelat kopel} - 1}$

a adalah jarak antara dua pusat berat profil

t_p adalah tebal pelat kopel

h adalah tinggi pelat kopel

Untuk pengecekan terhadap kekuatan geser pelat kopel, dengan syarat $V_u \leq \phi V_n$ dapat dihitung dengan persamaan:

$$V_n = 2.0,6 \cdot f_y \cdot A_w$$

Dimana : V_n adalah kuat geser desain

f_y adalah tegangan leleh baja

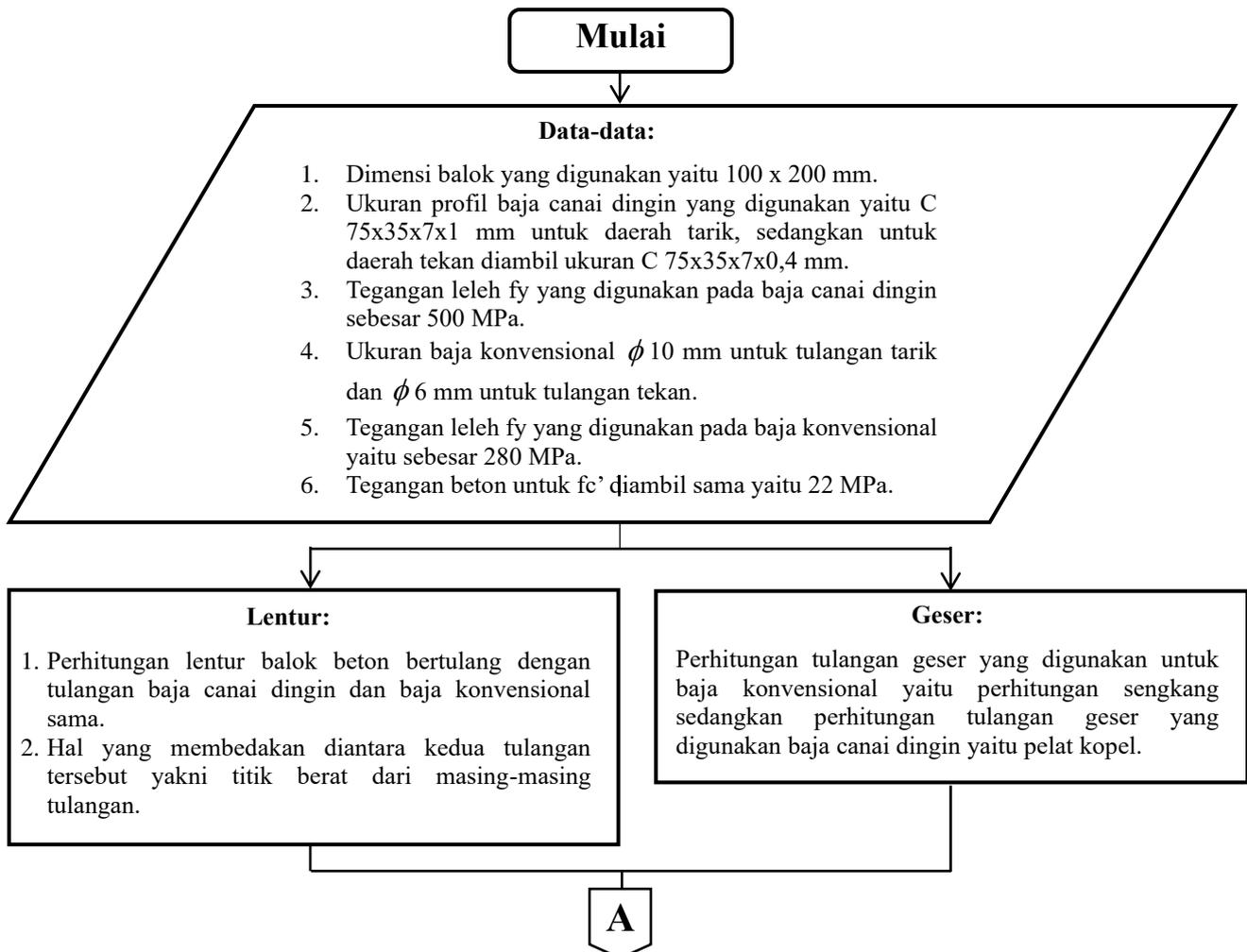
A_w adalah luas penampang pelat kopel = $t_p \cdot h$

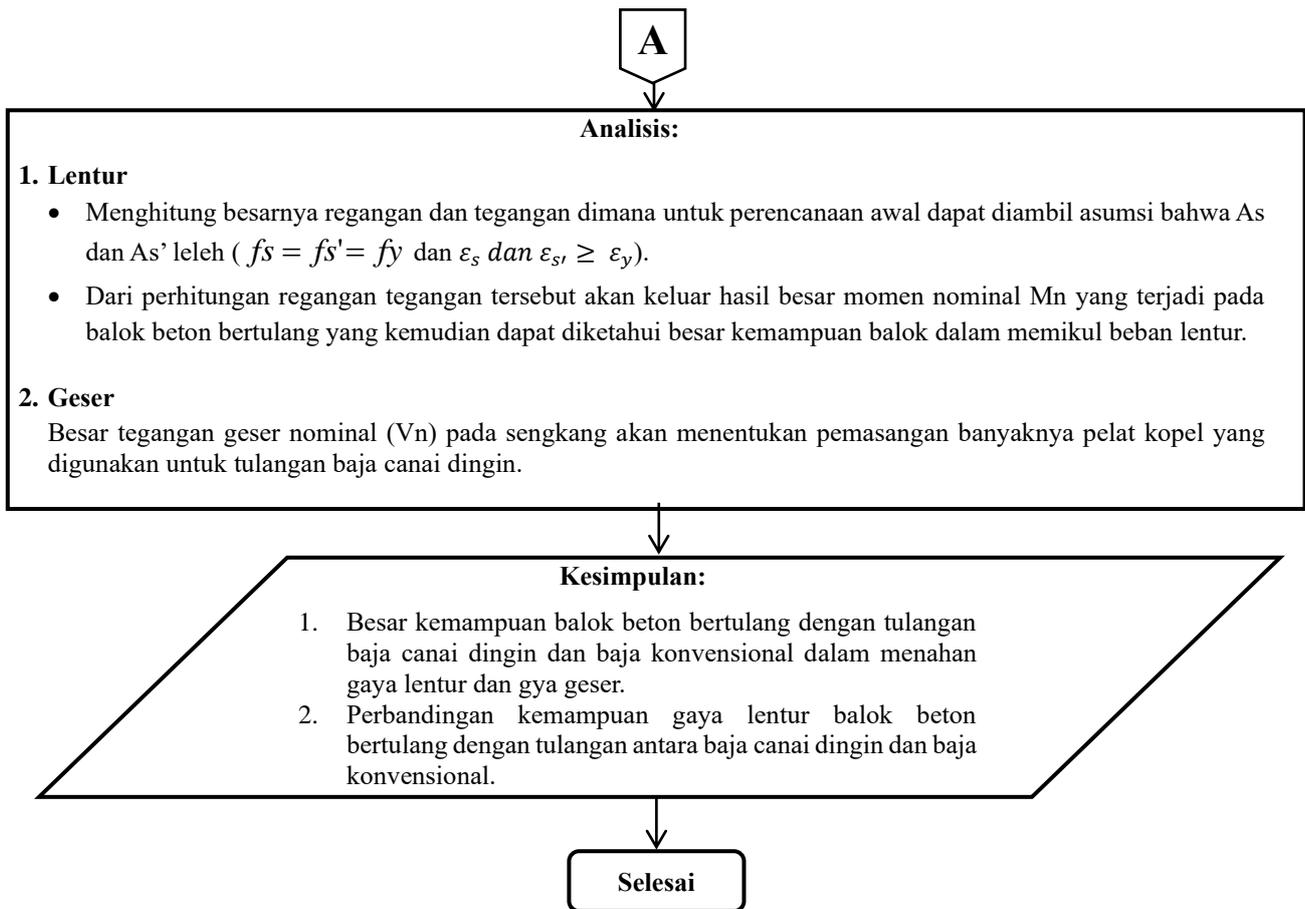
t_p adalah tebal pelat kopel

h adalah tinggi pelat kopel

III. METODE PENELITIAN

Metode penelitian yang digunakan pada penelitian ini yaitu metode penelitian kuantitatif. Dimana metode penelitian ini banyak berhubungan dengan angka. Selain itu, metode penelitian ini menyajikan sebuah fakta dalam mengembangkan konsep maupun pemahaman dan menunjukkan hubungan antar variabel.



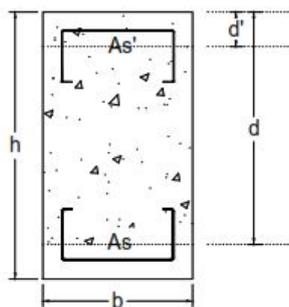


Gambar 2: Bagan Alir Penelitian

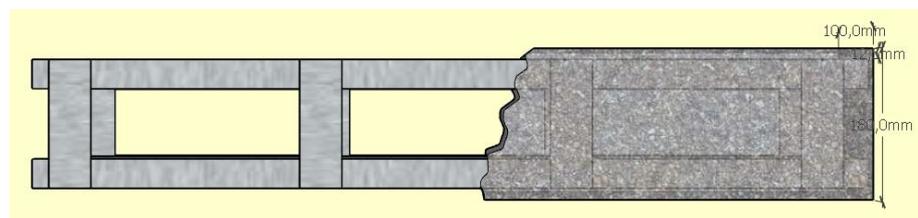
IV. HASIL DAN PEMBAHASAN

A. Preliminary Design

Direncanakan balok struktur beton bertulang memiliki dimensi lebar balok (b) 100 mm, tinggi balok (h) 200 mm, panjang balok (l) 4200 mm, serta mutu beton rencana (f_c') 22 MPa. Sedangkan untuk tulangan yang ditanam pada beton, untuk baja konvensional dipakai tulangan dengan $\phi 10$ mm tulangan tarik dan $\phi 6$ mm tulangan tekan dengan mutu baja yang digunakan yaitu BJ-28, untuk baja canai dingin digunakan profil type C dengan ukuran C75.35.7.1 mm tulangan tarik dan C75.35.7.0,4 mm tulangan tekan dengan mutu baja yang digunakan yaitu G500 (SNI 7971-2013).

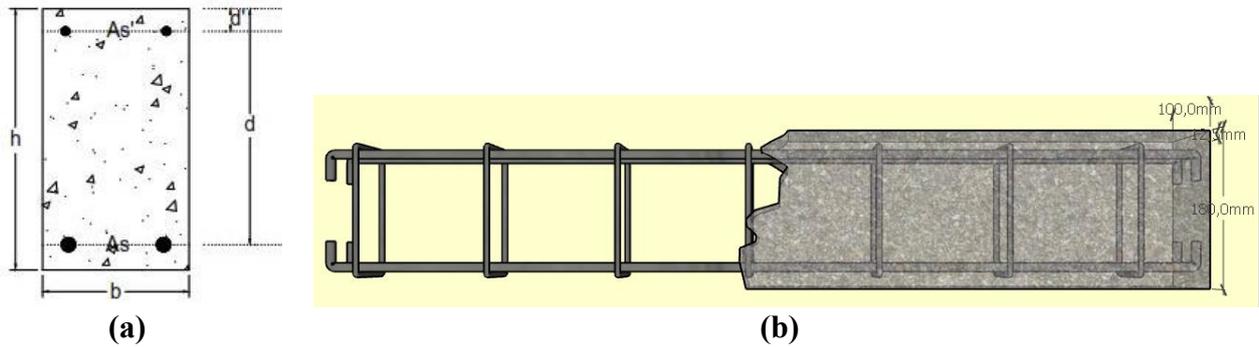


(a)



(b)

Gambar 3: (a) Bentuk Penampang Balok Beton Bertulang Baja Canai Dingin
(b) Tampak 3D Samping Balok Beton Bertulang Baja Canai Dingin



Gambar 4: (a) Bentuk Penampang Balok Beton Bertulang Baja Konvensional
(b) Tampak 3D Samping Balok Beton Bertulang Baja Konvensional

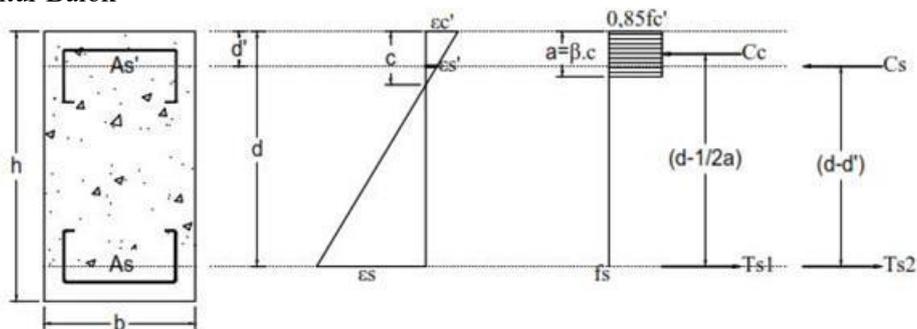
Perbandingan tulangan antara baja konvensional dan baja canai dingin tentu harus seimbang atau sama. Keseimbangan tersebut ditinjau dari luas penampang (A_S maupun A_S') dari masing-masing baja tulangan. Walaupun tidak ada tulangan yang sama persis, namun luas yang dimiliki tulangan tersebut setidaknya saling mendekati.

Tabel 2: Perbedaan A_S dan A_S' Antara Tulangan Baja Canai Dingin Dan Baja Konvensional

No	Material	Daerah Tarik mm	Luas Tulangan (A_S) mm^2	Daerah Tekan mm	Luas Tulangan (A_S') mm^2
1	Baja Canai Dingin	C 75.35.7.1	155	C 75.35.7.0,4	62,96
2	Baja Konvensional	$2\phi 10$	157,08	$2\phi 6$	56,55

B. Balok Terlentur

1. Tulangan Lentur Balok



Gambar 5: Diagram Tegangan dan Regangan Baja Canai Dingin

Berdasarkan hasil analisis mengenai balok terlentur seperti yang terdapat pada gambar 6, maka nilai dari masing-masing simbol yaitu sebagai berikut:

- o Penampang

$b = 100 \text{ mm}$	$d = 176,69 \text{ mm}$	$A_S = 155 \text{ mm}^2$	$f_c' = 22 \text{ MPa}$
$h = 200 \text{ mm}$	$d' = 23,3 \text{ mm}$	$A_S' = 62,96 \text{ mm}^2$	
- o Regangan

$$\varepsilon'_c = 0,003$$

$$\varepsilon_s = \frac{d - c_0}{d} \times \varepsilon'_c = \frac{176,69 - 28,95}{176,69} \times 0,003 = 0,00251$$

$$\varepsilon'_s = \frac{c_1 - d'}{c_1} \times \varepsilon'_c = \frac{39,14 - 23,3}{39,14} \times 0,003 = 0,00121$$

○ Tegangan

c yang dipakai yaitu $c_1 = 39,14$ mm

$$a = 0,85.c = 0,85 \times 39,14 = 33,269 \text{ mm}$$

$$f_s' = \frac{c - 23,3}{c} \times 600 = \frac{39,14 - 23,3}{39,14} \times 600 = 242,82 \text{ MPa}$$

$$C_c + C_s = T_s$$

$$C_c = 0,85.f_c'.a.b = 0,85 \times 22 \times 33,269 \times 100 = 62213,03N$$

$$C_s = A_s'.f_s' = 62,96 \times 242,82 = 15287,95N$$

$$T_s = 62213,03 + 15287,95 = 77500,98N$$

○ Momen Nominal (Mn)

$$M_n = C_c.(d - \frac{1}{2}a) + A_s'.f_s'.(d - d')$$

$$M_n = (0,85.22.33,269.100).(176,69 - \frac{1}{2}.33,269) + 62,96.242,82.(176,69 - 23,3)$$

$$M_n = 12302555,84Nmm \approx 12,302kNm$$

2. Baja Konvensional

Berdasarkan hasil analisis mengenai balok tertentur, maka nilai dari masing-masing simbol yaitu sebagai berikut:

○ Penampang

$$b = 100 \text{ mm}$$

$$d = 182,5 \text{ mm}$$

$$A_s = 157,08 \text{ mm}^2$$

$$f_c' = 22 \text{ MPa}$$

$$h = 200 \text{ mm}$$

$$d' = 15,5 \text{ mm}$$

$$A_s' = 56,55 \text{ mm}^2$$

○ Regangan

$$\varepsilon'_c = 0,003$$

$$\varepsilon_s = \frac{d - c_0}{d} \times \varepsilon'_c = \frac{182,5 - 17,706}{182,5} \times 0,003 = 0,00271$$

$$\varepsilon'_s = \frac{c_1 - d'}{c_1} \times \varepsilon'_c = \frac{21,46 - 15,5}{21,62} \times 0,003 = 0,00085$$

○ Tegangan

c yang dipakai yaitu $c_1 = 21,62$ mm

$$a = 0,85.c = 0,85 \times 21,62 = 18,377$$

$$f_s' = \frac{c - 15,5}{c} \times 600 = \frac{21,62 - 15,5}{21,62} \times 600 = 169,84$$

$$C_c + C_s = T_s$$

$$C_c = 0,85.f_c'.a.b = 0,85 \times 22 \times 18,377 \times 100 = 34364,99N$$

$$C_s = A_s'.f_s' = 56,55 \times 169,84 = 9604,452N$$

$$T_s = 34364,99N + 9604,452N = 43969,442N$$

- o Momen Nominal (M_n)

$$M_n = C_c \cdot (d - \frac{1}{2}a) + A_s' \cdot f_s' \cdot (d - d')$$

$$M_n = (0,85 \cdot 22 \cdot 18,377 \cdot 100) \cdot (182,5 - \frac{1}{2} \cdot 18,377) + 56,55 \cdot 169,84 \cdot (182,5 - 15,5)$$

$$M_n = 7559791,448 \text{ Nmm} \approx 7,5598 \text{ kNm}$$

3. Perbandingan Gaya Lentur

Hasil perhitungan menunjukkan bahwa dengan menggunakan tulangan baja canai dingin ($M_n = 12,302 \text{ kNm}$) lebih besar dalam menahan kapasitas bebannya dibanding dengan tulangan baja konvensional ($7,56 \text{ kNm}$). Karenanya selisih yang dihasilkan cukup tinggi yaitu sekitar $4,742 \text{ kNm}$. Persentase perbandingan kapasitas dari masing-masing gaya lentur balok beton bertulang baja konvensional dan beton bertulang baja canai dingin dapat dihitung sebagai berikut:

$$\frac{M_n \text{ baja canai dingin} - M_n \text{ baja konvensional}}{M_n \text{ baja canai dingin}} \cdot 100\% = \frac{12,302 - 7,56}{12,302} \cdot 100\% = 38,5\%$$

Perbandingan kapasitas tulangan baja konvensional terhadap tulangan baja canai dingin sekitar $38,5\%$. Hal tersebut disebabkan karena adanya pengaruh kuat tarik yang dimiliki dari masing-masing baja. Meskipun baja konvensional terbilang kaku, namun kuat tarik yang dihasilkan kalah oleh baja canai dingin.

C. Gaya Geser Balok

$$* s = 50 \text{ mm}$$

$$V_n = V_c + V_s$$

$$V_c = 0,17 \cdot \lambda \cdot \sqrt{f_c'} \cdot b \cdot w \cdot d = 0,17 \cdot 1 \cdot \sqrt{22} \cdot 100 \cdot 182,5 = 14552,015 \text{ N}$$

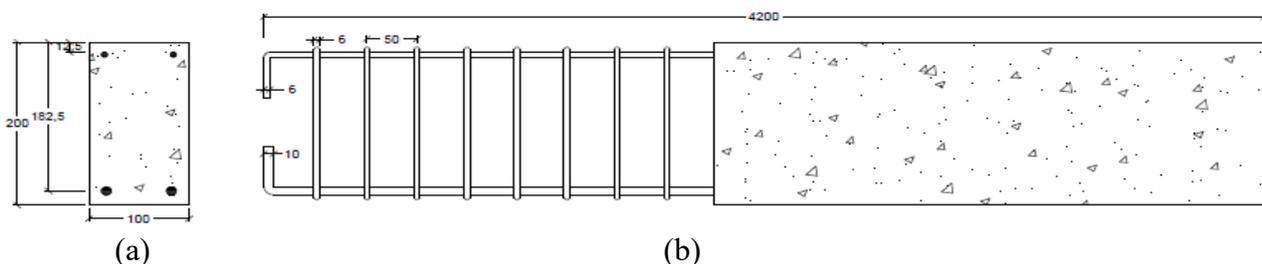
$$V_s = \frac{A_v \cdot f_y \cdot d}{s} = \frac{(2 \cdot \frac{1}{4} \cdot \pi \cdot (6)^2) \cdot 280 \cdot 182,5}{50} = 56496,704 \text{ N}$$

$$V_n = V_c + V_s$$

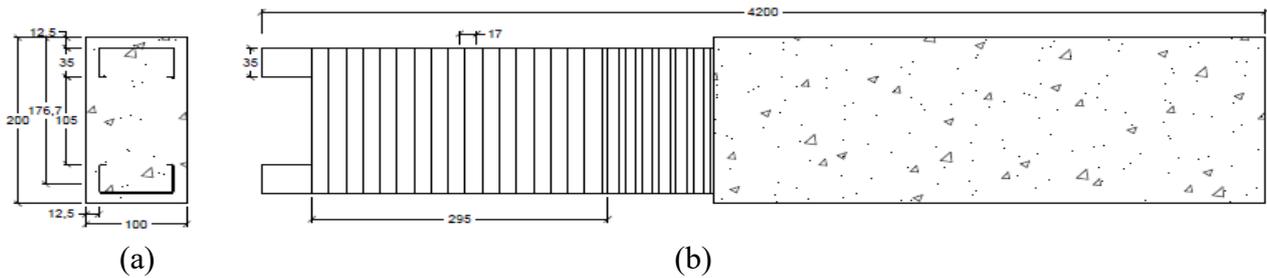
$$V_n = 14552,015 + 56496,704$$

$$V_n = 71048,719 \text{ N}$$

Dengan menggunakan V_n baja konvensional, dihitung dan dianalisis dengan memasukan nilai V_n kedalam persamaan pelat kopel dan menghasilkan jarak antar pelat (L) 17 mm dengan dimensi $tp \times h = 0,4 \text{ mm} \times 295 \text{ mm}$ dan dipasang pelat sebanyak 247 buah.



Gambar 6: (a) Bentuk Penampang Balok Beton Bertulang Baja Konvensional
(b) Tampak Samping Balok Beton Bertulang Baja Konvensional



Gambar 7: (a) Bentuk Penampang Balok Beton Bertulang Baja Canai Dingin
(b) Tampak Samping Balok Beton Bertulang Baja Canai Dingin

Secara penggambaran dalam penerapannya dilapangan, untuk memasang pelat kopel pada tulangan baja canai dingin dapat dikatakan saling tumpang tindih serta menyerupai tulangan baja canai dingin hollow. Maka untuk menjadikan tulangan geser terpisah seperti sengkang pada tulangan baja konvensional, maka di coba jarak sengkang (s) dibuat 150 mm ~ 15cm.

$$*s = 150mm$$

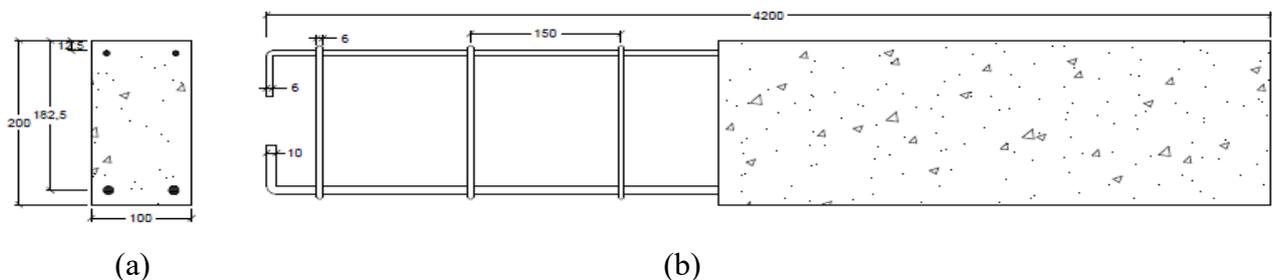
$$V_n = V_c + V_s$$

$$V_c = 0,17 \cdot \lambda \cdot \sqrt{f_c'} \cdot b_w \cdot d = 0,17 \cdot 1 \cdot \sqrt{22} \cdot 100 \cdot 182,5 = 14552,015N$$

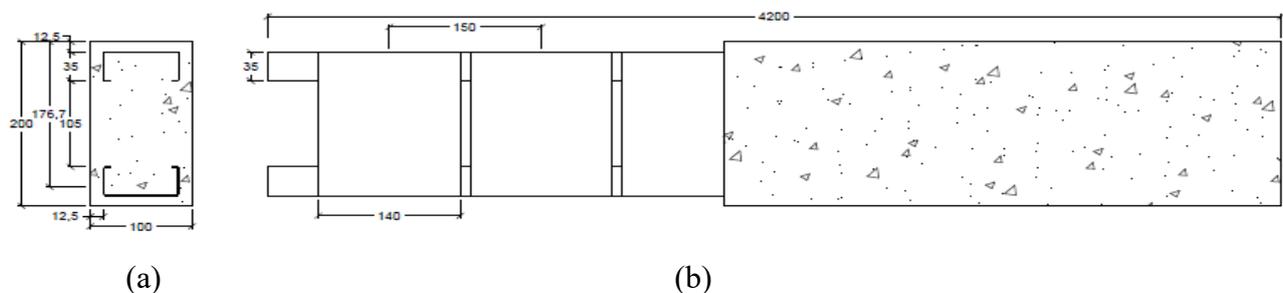
$$V_s = \frac{A_v \cdot f_y \cdot d}{s} = \frac{(2 \cdot \frac{1}{4} \cdot \pi \cdot (6)^2) \cdot 280 \cdot 182,5}{150} = 19264,246N$$

$$V_n = V_c + V_s = 14552,015 + 19264,246 = 33816,261N$$

Dengan menggunakan V_n baja konvensional, dihitung dan dianalisis dengan memasukkan nilai V_n kedalam persamaan pelat kopel dan menghasilkan jarak antar pelat (L) 150 mm dengan dimensi tpxh= 0,4 mm × 140 mm dan dipasang pelat sebanyak 28 buah.



Gambar 8: (a) Bentuk Penampang Balok Beton Bertulang Baja Konvensional
(b) Tampak Samping Balok Beton Bertulang Baja Konvensional



Gambar 9: (a) Bentuk Penampang Balok Beton Bertulang Baja Canai Dingin
(b) Tampak Samping Balok Beton Bertulang Baja Canai Dingin

V. KESIMPULAN

Kapasitas menahan gaya lentur yang dimiliki balok beton bertulang profil baja canai dingin lebih besar dibandingkan balok beton bertulang baja konvensional dan selisih kekuatannya yaitu 4,742 kNm. Perbandingan yang dihasilkan kapasitas gaya lentur antara tulangan baja konvensional dan tulangan baja canai dingin dapat dipersentasikan yaitu sebesar 38,5%. Sedangkan untuk gaya geser balok dengan menggunakan dua metode (senggang dan pelat kopel) menghasilkan jarak yang tidak dapat disamakan. Karena baja konvensional dan baja canai dingin memiliki cara masing-masing dalam menahan gaya geser. Walaupun hal tersebut dipaksakan, maka akan menghasilkan jarak yang sangat rapat pada pelat kopel baja canai dingin sehingga akan membuat boros material tulangan. Oleh karena itu, untuk meyakinkan penelitian ini, sangat diperlukan penelitian lanjutan di laboratorium. Sehingga hasil penelitian dapat dibandingkan antara uji numerikal dan uji laboratorium.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] E. Walujodjati and R. Rukanda, "Studi Analisa Kuat Tarik Material Baja Ringan Yang Digunakan Pada Bangunan Di Kabupaten Garut," *J. Konstr.*, vol. 15, no. 1, pp. 1–14, 2017, doi: 10.33364/konstruksi/v.15-1.1.
- [2] A. H. Tumcala, "TINJAUAN KINERJA BALOK BETON BERTULANG TAMPANG EMPAT PERSEGI PANJANG DENGAN TULANGAN DARI PROFIL BAJA RINGAN," *J. Tek. Sipil*, vol. 53, no. 4, p. 130, 2017.
- [3] F. Padhlurohman and E. Walujodjati, "Analisis Kapasitas Balok Baja Ringan Menahan Tekuk Torsi Lateral," no. 1, pp. 83–92.
- [4] Budianto Jaya, "ANALISA BALOK BETON BERTULANG COLD FORMED MENGGUNAKAN SOLIDWORKS," *J. Tek. Sipil dan Lingkung.*, vol. 2, no. 3, 2014.
- [5] A. Wiguna, E. Walujodjati, J. Kalibrasi, S. Tinggi, T. Garut, and A. Iron, "ANALISIS KEKUATAN BAJA CANAI DINGIN (COLD FORMED STEEL) SEBAGAI ALTERNATIF UNTUK ELEMEN STRUKTUR BALOK," 1987.
- [6] C. K. Wang and C. G. Salmon, *Disain Beton Bertulang Edisi 4*. 1993.
- [7] Badan Standardisasi Nasional, "Baja tulangan beton (SNI 2052:2017)," *Standar Nas. Indones.*, p. 15, 2017.
- [8] Suriyati, Ridwan, Z. Djauhari, and I. Romey Sitompul, "Seismic performance of building reinforced with CFRP bars," *MATEC Web Conf.*, 2019, doi: 10.1051/mateconf/201927601021.
- [9] I. Dipohusodo, "Struktur Beton Bertulang," *PT. Gramedia Pustaka Utama, Jakarta*, 1999.
- [10] E. G. Nawy, *Beton Bertulang*. 1998.
- [11] W. W. Yu, *COLD-FORMED STEEL DESIGN*. 1985.
- [12] jefri harja Winata, "perbedaan baja konvensional dan baja ringan," *ilmu dasar teknik sipil*, 2018. .
- [13] K. Budi Hastono, "PENGUNAAN BAJA RINGAN (COLD-FORMED) TYPE HOLLOW SEBAGAI TULANGAN PADA BALOK BETON BERTULANG DALAM MEMIKUL BEBAN LENTUR," *UPN Jatim*, no. April, pp. 21–38, 2014.
- [14] I. Dipohusodo, *Struktu Beton Bertulang SK. SNI T-15-1991-03*. 1993.