



Analisis Kolom Beton Bertulang Baja Ringan

Zakiah Nursyifa¹, Eko Walujodjati²

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

¹1611080@itg.ac.id

²eko.walujodjati@itg.ac.id

Abstrak – Beton dengan tulangan profil baja ringan merupakan alternatif pengganti tulangan baja konvensional yang umumnya digunakan pada beton bertulang. Penggantian tulangan ini dimaksudkan untuk dapat mampu menerima perilaku bolak-baliknya struktur yang ditimbulkan dari beban gempa. Salah satu elemen penyusun pada struktur yang paling penting yaitu struktur kolom. Karena kolom merupakan elemen penghubung dari struktur atas ke struktur bawah sampai ke tanah. Mengingat baja ringan memiliki ketebalan yang cukup tipis, maka baja ringan ini rentan terhadap tekuk. Dengan menggunakan baja ringan tipe C, baja ringan ini disusun secara *double* profil dan diikat dengan tulangan geser pelat kopel dengan mengambil gedung rumah 1 lantai sebagai objek penelitian. Metode penelitian yang digunakan merupakan metode kuantitatif, sehingga penelitian ini banyak membahas mengenai angka-angka. Penelitian yang dilakukan yaitu dengan menganalisis struktur 3D dari beban-beban luar sebagai beban aksial yang akan menumpu pada kolom, kemampuan kolom beserta perencanaan tulangan gesernya, serta evaluasi-evaluasi terhadap material penyusun kolom struktur. Hasil dari penelitian bahwa kolom berukuran 23 x 23 cm dengan menggunakan beton bertulang baja ringan tipe C 150.50.12 dapat mampu menahan beban sebesar 32529,654 Kg dengan $f_c' 7,4$ MPa dan 87554,4 Kg dengan $f_c' 31,2$ MPa sehingga beton bertulang ini dapat dikatakan layak dalam mengganti tulangan baja konvensional untuk kondisi desain bangunan tersebut. Beton bertulang baja ringan ini juga dipasang dengan 10 pelat kopel berdimensi 1,1 x 70 mm dan 12 sambungan *screw* per pelat dalam menahan gaya geser yang terjadi pada kolom. Selain itu, untuk evaluasi terhadap komponen material penyusun beton bertulang baja ringan tersebut dapat dikatakan aman untuk digunakan. Namun perlu untuk hati-hati terhadap keruntuhan tekan yang akan terjadi jika struktur mengalami kegagalan material.

Kata Kunci – Baja Ringan; Beton Bertulang; Kemampuan Kolom.

I. PENDAHULUAN

Kerusakan yang ditimbulkan pada suatu bangunan salah satunya terjadi akibat adanya fenomena alam gempa bumi [1]. Fenomena alam yang satu ini merupakan fenomena alam yang sangat berbahaya karena waktu maupun kekuatannya tidak dapat diprediksi [2]. Karenanya struktur bangunan di rencanakan harus dapat merespon beban gempa. Salah satu cara struktur untuk dapat menerima beban gempa yaitu dengan menjadikan beban struktur lebih ringan dan struktur dapat berperilaku elastis [3].

Beton bertulang baja ringan merupakan suatu alternatif untuk membuat sebuah struktur menjadi ringan dan elastis [4]. Dengan mengganti tulangan baja konvensional menjadi tulangan baja ringan yang sangat jarang digunakan karena kurangnya pemahaman masyarakat mengenai kekuatan baja ringan [5]. Terlebih jika tulangan baja ringan dipasang pada struktur kolom. Dimana struktur kolom ini merupakan elemen penyusun struktur yang sangat penting dalam memikul beban aksial [6].

Penelitian ini dimaksudkan untuk mengetahui kapasitas pikul beban kolom beton bertulang baja ringan dalam memikul beban serta merencanakan tulangan geser pelat kopel dalam menahan gaya geser dan tekuk yang terjadi pada kolom. Selain itu, kolom dianalisis juga terhadap keamanan dari material penyusun beton bertulang baja ringan.

II. TINJAUAN PUSTAKA

A. Beton Bertulang

Beton bertulang merupakan suatu penggabungan dari dua jenis bahan yaitu beton polos dan batang baja. Dengan kelemahan yang dimiliki oleh beton polos yaitu kuat tekan yang tinggi akan tetapi kuat tarik yang rendah maka batang baja didalam beton yang berfungsi sebagai tulangan dapat memberikan kekuatan tarik yang diperlukan oleh beton [7]. Beton bertulang baja ringan merupakan suatu penemuan baru dalam dunia konstruksi. Karena pada umumnya tulangan yang dipakai pada beton bertulang yaitu tulangan baja konvensional [8]. Hal ini dilakukan karena untuk merencanakan struktur yang dapat merespon beban gempa. Dengan mengganti tulangan baja konvensional ke baja ringan ini diharapkan struktur tidak akan mengalami keruntuhan yang fatal ketika terjadi gempa yang kuat [9].

B. Baja Ringan

Baja ringan adalah profil baja yang dibentuk dari lembaran-lembaran yang sudah jadi. Dimana baja ringan ini merupakan suatu material yang cukup tipis, ringan serta mudah untuk dikerjakan dan diproduksi. Terdapat beberapa keuntungan dari baja ringan dibanding dengan baja konvensional diantaranya berat sendiri baja ringan lebih kecil dari baja konvensional, memiliki kekakuan serta kekuatan yang cukup tinggi, kemudahan dalam hal pabrikan dan produksi massal, cepat dan mudah dipasang, terlindungi dari pembusukan dan rayap serta memiliki kualitas yang seragam [10].

C. Struktur Kolom

Kolom yang merupakan salah satu elemen penting dalam memikul beban luar yang akan menimbulkan gaya aksial, momen lentur, serta gaya geser disepanjang ketinggiannya [7]. Pada umumnya kolom tidak mengalami lentur secara langsung karena tidak terdapatnya beban tegak lurus terhadap sumbu kolom sehingga kolom hanya mengalami gaya tekan saja [11].

Untuk memperlakukan elemen tekan diharapkan masih dapat mempertahankan bentuk liniernya pada saat dibebani dengan beban yang kecil sekalipun beban tersebut mengalami pertambahan. Pada saat beban mencapai nilai batas maksimumnya, elemen tekan tersebut akan mulai terlihat tidak stabil sehingga kolom mengalami fenomena tekuk (*buckling*). Apabila pada suatu elemen struktur kolom mengalami fenomena tekuk, maka kolom tidak akan mampu lagi untuk menerima beban tambahan walaupun hanya sedikit saja. Suatu struktur bangunan jika sudah mengalami tekuk tidak akan memiliki kemampuan layan lagi [12].

D. Analisis Kemampuan Kolom

1. Rasio Penulangan (ρ_g)

$$\rho_g = \frac{A_{st}}{A_g} \dots\dots\dots(1)$$

Dimana:

ρ_g = rasio penulangan
= 0,01 – 0,08

A_{st} = luas penampang tulangan

A_g = luas penampang kolom

2. Kekuatan Kolom

$$\phi P_n = 0,80.\phi\{0,85.fc'(A_g - A_{st}) + f_y.A_{st}\} \dots\dots\dots (2)$$

Syarat: $\phi P_n \geq P_u$

Dimana:

P_u = beban terfaktor

ϕP_n = kekuatan kolom atau kapasitas kolom

ϕ = faktor reduksi

= 0,65

fc' = mutu beton rencana

f_y = tegangan leleh baja

3. Gaya Geser Pelat Kopel

$$V_n = 2.0,6.f_y.A_w \dots\dots\dots (3)$$

Syarat: $V_u \leq \phi V_n$

Dimana:

V_n = kuat geser desain

V_u = kuat geser rencana

$$= \frac{D_u}{n} \dots\dots\dots (4)$$

$$D_u = 0,02 N_u \dots\dots\dots (5)$$

n = banyaknya pelat kopel

f_y = tegangan leleh baja

A_w = luas penampang pelat kopel

$$= t_p.h \dots\dots\dots (6)$$

t_p = tebal pelat kopel

h = tinggi pelat kopel

Perencanaan pelat kopel harus cukup kaku, dengan memenuhi persamaan:

$$\frac{I_p}{a} \geq 10 \frac{I_1}{L_1} \dots\dots\dots (7)$$

Dimana:

I_p = momen inersia pelat kopel

$$= \frac{1}{12}.t_p.h^3 \dots\dots\dots (8)$$

I_1 = momen inersia pelat kopel

L_1 = jarak antar pelat kopel

$$= \frac{L}{\text{jumlah.titik.pelat.kopel} - 1} \dots\dots\dots (9)$$

a = jarak antara dua pusat berat profil (untuk profil double C nilai a dapat dihitung: $2e + s$)

4. Perencanaan *Screw*

a. Untuk $t_2/t_1 \leq 1,0$

$$- V_b = 4,2\sqrt{(t_2^3 \cdot df)}fu_2 \quad \dots\dots\dots (10)$$

$$- V_b = C.t_1 \cdot df \cdot fu_1 \quad \dots\dots\dots (11)$$

$$- V_b = C.t_2 \cdot df \cdot fu_2 \quad \dots\dots\dots (12)$$

b. Untuk $t_2/t_1 \geq 2,5$

$$- V_b = 2,7.t_1 \cdot df \cdot fu_1 \quad \dots\dots\dots (13)$$

$$- V_b = 2,7.t_2 \cdot df \cdot fu_2 \quad \dots\dots\dots (14)$$

Dimana:

t_1 = tebal lembaran yang kontak dengan sekrup

t_2 = tebal lembaran yang tidak kontak dengan kepala sekrup

df = diameter sekrup nominal

fu_1 = kekuatan tarik lembaran yang kontak dengan kepala sekrup

fu_2 = kekuatan tarik lembaran yang tidak kontak dengan kepala sekrup

C = faktor tumpu

Tabel 1: Faktor Tumpu C

Rasio diameter pengencang dan ketebalan komponen struktur, d_f/t	C
$d_f/t < 6$	2,7
$6 \leq d_f/t \leq 13$	$3,3 - 0,1(d_f/t)$
$d_f/t > 13$	2,0

Sumber: SNI 7971-2019, Tabel 5.4.2.3

Untuk menentukan jumlah sekrup yang dibutuhkan untuk satu buah pelat dapat dihitung dengan persamaan berikut:

$$n_s = \frac{V_n}{\phi V_b} \quad \dots\dots\dots (15)$$

Dimana:

n_s = banyaknya sekrup

V_n = gaya geser desain

ϕV_b = kapasitas tumpu nominal terfaktor

5. Evaluasi Kolom

a. Kelangsingan Kolom

- Struktur tanpa brecing

$$\frac{k.Lu}{r} \leq 22 \quad \dots\dots\dots (16)$$

- Struktur di brecing

$$\frac{k.lu}{r} \leq 34 - 12 \left(\frac{M_{1b}}{M_{2b}} \right) \leq 40 \quad \dots\dots\dots (17)$$

Dimana:

- k = faktor panjang tekuk
- lu = panjang komponen struktur tekan
- r = jari-jari inersia
- M_{1b} = momen terkecil yang dapat terjadi pada kolom
- M_{2b} = momen terbesar yang dapat terjadi pada kolom

Jika kelangsingan berpengaruh maka momen rencana yang harus digunakan adalah momen yang sudah diperbesar atau dalam istilahnya pembesaran momen. Pembesaran momen ini terjadi karena adanya efek tekuk (*buckling*) kolom. Pembesaran momen untuk portal tidak bergoyang atau portal yang di brecing dapat diperhitungkan dengan rumus:

- Struktur tanpa brecing

$$M_1 = M_{1ns} + \delta_s \cdot M_{1s} \quad \dots\dots\dots (18)$$

$$M_2 = M_{2ns} + \delta_s \cdot M_{2s} \quad \dots\dots\dots (19)$$

- Struktur di brecing

$$M_c = \delta_{ns} \cdot M_2 \quad \dots\dots\dots (20)$$

$$M_{2,min} = Pu \cdot (15,24 + 0,03 \cdot h) \quad \dots\dots\dots (21)$$

Dimana:

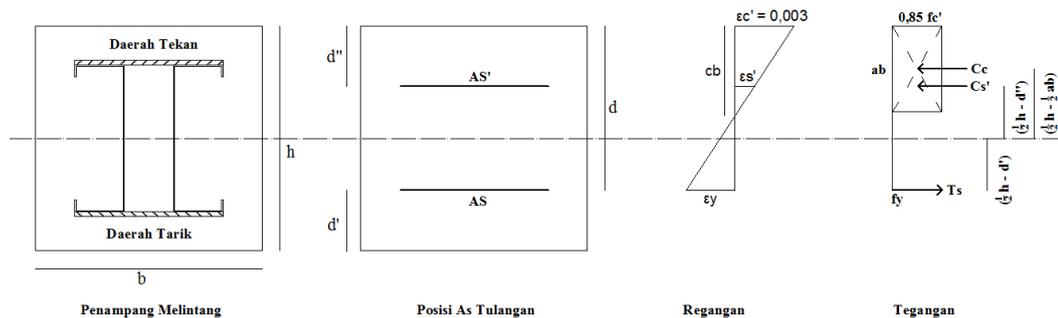
- M_c = momen rencana yang diperbesar
- M_{1ns} = nilai terkecil dari momen-momen ujung terfaktor komponen struktur tekan akibat beban gravitasi kolom
- M_{2ns} = nilai terbesar dari momen-momen ujung terfaktor komponen struktur tekan akibat beban gravitasi kolom
- M_{1s} = momen terkecil akibat beban gempa
- M_{2s} = momen terbesar akibat beban gempa
- δ_{ns} = faktor pembesaran momen untuk portal dengan pengaku akibat beban vertikal atau beban gravitasi
- $\delta_{ns} = \frac{C_m}{1 - \frac{Pu}{0,75 \cdot Pc}} \quad \dots\dots\dots (22)$
- $Pc = \frac{\pi^2 EI}{(k.Lu)^2} \quad \dots\dots\dots (23)$
- δ_s = faktor pembesaran momen untuk portal tanpa pengaku akibat goyangan lateral seperti beban angin atau gempa
- $\delta_s = \frac{1}{1 - \frac{\sum Pu}{0,75 \cdot \sum Pc}} \geq 1 \quad \dots\dots\dots (24)$

$$C_m = 0,6 + 0,4 \left(\frac{M_1}{M_2} \right) \geq 4 \quad \dots\dots\dots (25)$$

$C_m = 1$, untuk komponen struktur beban transversal diantara tumpuannya

c. Kegagalan Material Kolom

Perlu ditekankan bahwa untuk setiap masalah analisis maupun desain besarnya P_{nb} , M_{nb} , dan juga e_b perlu untuk dievaluasi. Hal ini dilakukan karena untuk mengetahui penyelidikan apakah penyelidikan termasuk tarik atau keruntuhan tekan. Besarnya P_{nb} , M_{nb} , dan e_b merupakan keruntuhan penampang pada kondisi *balanced* dimana keruntuhan yang terjadi diawali dengan melelehnya tulangan tarik sekaligus hancurnya beton yang tertekan ($P_n = P_{nb}$).



Gambar 1: Diagram Regangan dan Tegangan Penampang Kolom

• Kondisi *Balanced*

$$- P_{nb} = C_c + C_s' - T_s \quad \dots\dots\dots (26)$$

$$P_{nb} = 0,85 \cdot f_c' \cdot b \cdot ab + A_s' \cdot f_s' - A_s \cdot f_y$$

$$- M_{nb} = C_c \left(\frac{1}{2} h - \frac{1}{2} ab \right) + C_s' \left(\frac{1}{2} h - d'' \right) + T_s \left(\frac{1}{2} h - d' \right) \quad \dots\dots\dots (27)$$

$$- e_b = \frac{M_{nb}}{P_{nb}} \quad \dots\dots\dots (28)$$

• Keruntuhan Tarik ($e > e_b$ dengan $P_n < P_{nb}$)

$$P_n = 0,85 \cdot f_c' \cdot b \left\{ \left(\frac{h}{2} - e \right) + \sqrt{\left(\frac{h}{2} - e \right)^2 + \frac{2 \cdot A_s \cdot f_y \cdot (d - d')^2}{0,85 \cdot f_c' \cdot b}} \right\} \quad \dots\dots\dots (29)$$

• Keruntuhan Tekan ($e < e_b$ dengan $P_n > P_{nb}$)

$$P_n = \frac{A_s' \cdot f_y}{\left(\frac{e}{(d - d')} \right) + 0,50} + \frac{b \cdot h \cdot f_c'}{\left(\frac{3 \cdot h \cdot e}{d^2} \right) + 1,18} \quad \dots\dots\dots (30)$$

Dimana:

P_{nb} = beban aksial pada kondisi *balanced*

$A_s' = A_s$ = luas tulangan

$ab = \beta_1 \cdot c_b$

(31)

$\beta_1 = 0,85$

$$\begin{aligned} \varepsilon_c' &= 0,003 \\ \varepsilon_s' &= \varepsilon_c' \cdot \frac{c_b - d'}{c_b} \end{aligned} \dots\dots\dots (32)$$

$$C_b = \frac{\varepsilon_c'}{\varepsilon_c' + \varepsilon_y} \cdot d \dots\dots\dots (33)$$

$$\varepsilon_y = \frac{fy}{Es} \dots\dots\dots (34)$$

Es = modulus elastisitas baja

$$fs' = \varepsilon_c' \cdot Es \cdot \frac{c_b - d'}{c_b} \dots\dots\dots (35)$$

d. Kestabilan Profil Tersusun

Untuk menghitung kestabilan profil tersusun tersebut maka kelangsingan batang profil tersusun harus memenuhi (Nasution, 2011):

$$\lambda_x \text{ dan atau } \lambda_{iy} \geq 1,2\lambda_1$$

Dimana: $\lambda_1 \leq 50$

- Terhadap sumbu X (sumbu bahan)

$$\lambda_x = \frac{k \cdot L_x}{r_x} \dots\dots\dots (36)$$

- Terhadap sumbu Y (sumbu bebas bahan)

$$\lambda_{iy} = \sqrt{\lambda_y^2 + \frac{m}{2} \lambda_1^2} \dots\dots\dots (37)$$

Dimana:

$$\lambda_y = \frac{k \cdot L_y}{r_y} \dots\dots\dots (38)$$

$$\lambda_1 = \frac{L_1}{r_{\min}} \dots\dots\dots (39)$$

k = faktor panjang tekuk

L_x = panjang komponen struktur tekan arah x

L_y = panjang komponen struktur tekan arah y

$$L_1 = \frac{L}{\text{jumlah.pelat.kopel} - 1} \dots\dots\dots (40)$$

r_x = jari-jari inersia terhadap sumbu X

$$r_y = \sqrt{\frac{I_y \text{ baru}}{Ag}} \dots\dots\dots (41)$$

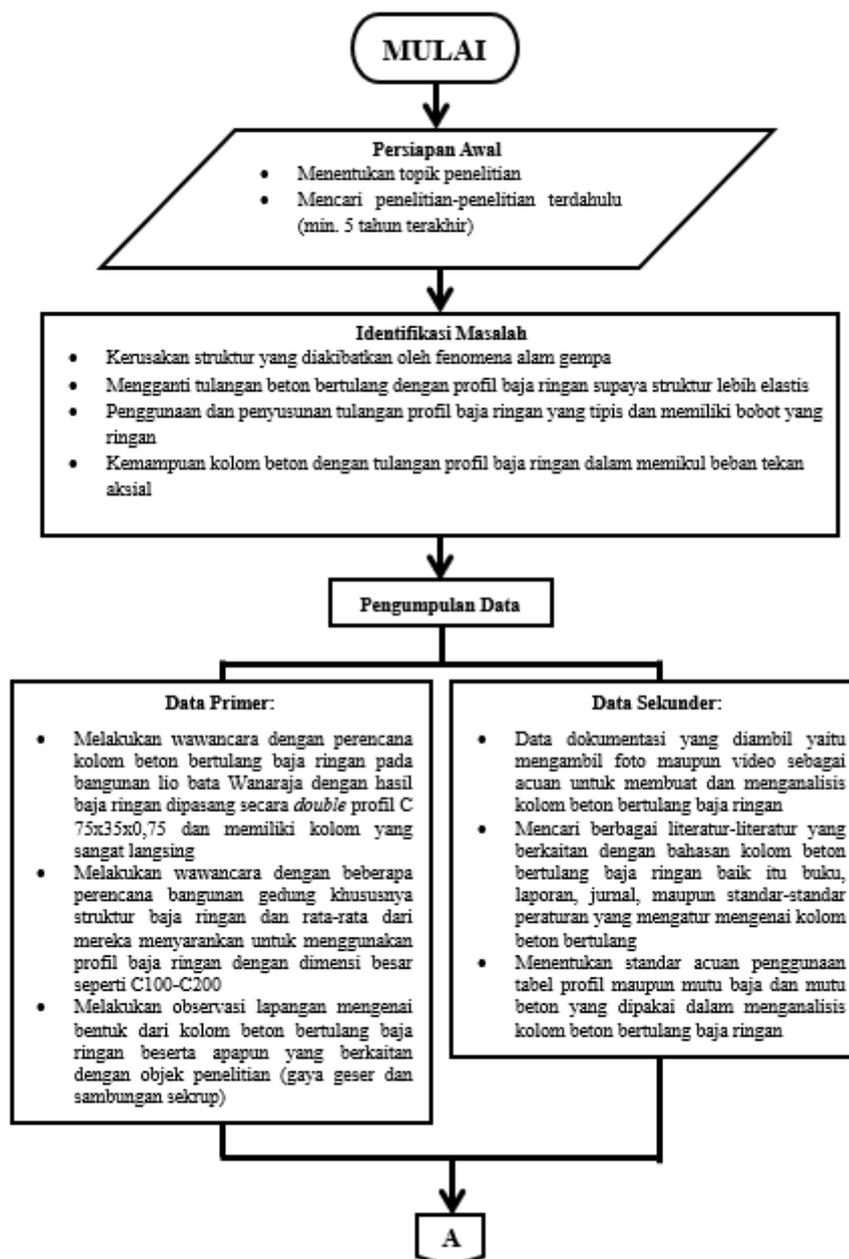
r_{\min} = jari-jari inersia minimum batang tunggal

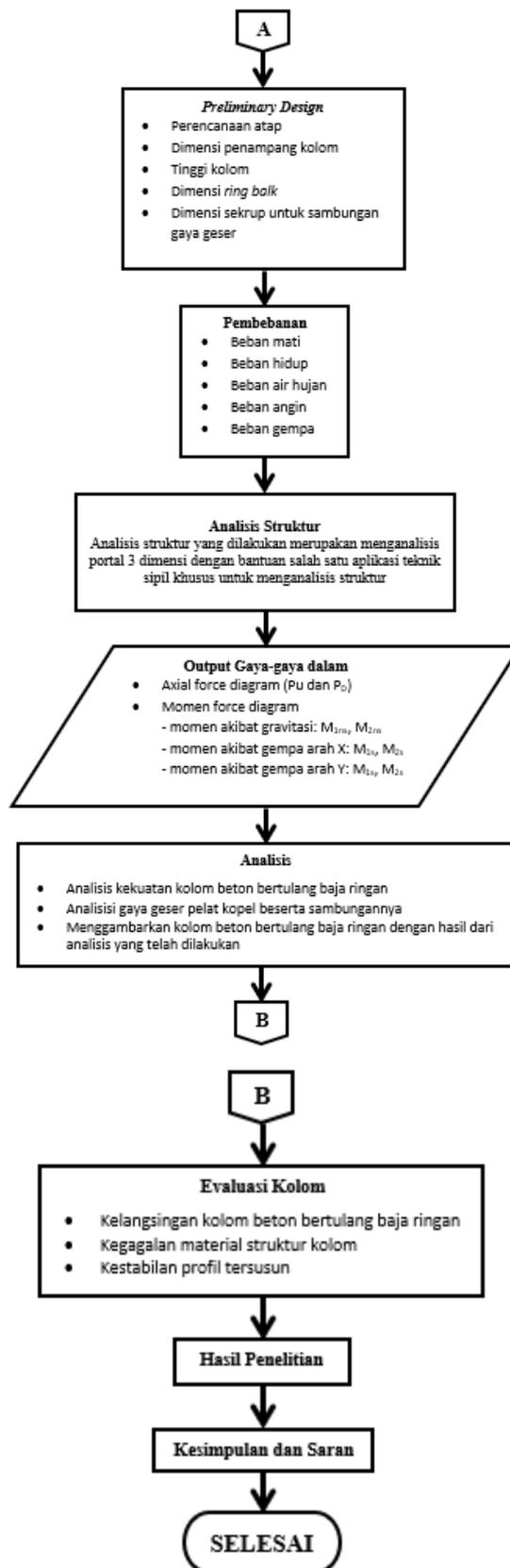
$$I_y \text{ baru} = 2 \left\{ I_y + Ag \left(\frac{1}{2} a \right)^2 \right\} \dots\dots\dots (42)$$

m = jumlah batang tunggal yang membentuk profil tersusun

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

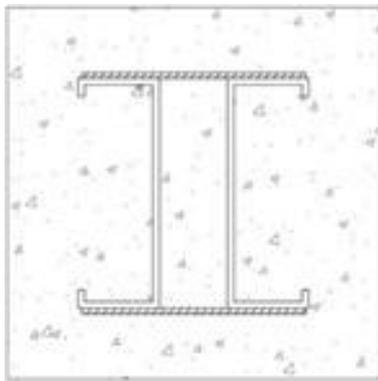
IV. HASIL DAN PEMBAHASAN

Direncanakan kolom struktur beton bertulangan baja ringan memiliki tinggi 3 m dari struktur sloof. Untuk dimensi kolom dapat ditentukan dari dimensi lebar balok. Karena gedung yang direncanakan merupakan bangunan tempat tinggal sederhana maka lebar balok yang digunakan adalah lebar *ring balk*.

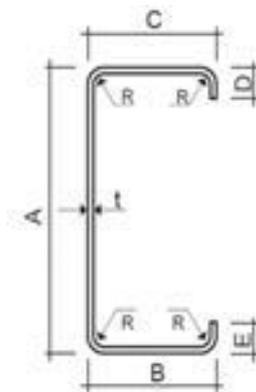
$$\text{Lebar kolom} = \text{lebar balok} + (2 \times 5) = 15 \text{ cm} + 10 = 25 \text{ cm}$$

Maka direncanakan dimensi kolom yaitu $25 \times 25 \text{ cm}^2$.

Tulangan beton digunakan profil baja ringan tipe C dengan ukuran 150.50.12.1,1 mm yang dipasang secara *double* profil. Selain itu, mutu baja ringan yang digunakan merupakan mutu G500 dengan tegangan leleh (f_y) sebesar 500 MPa dan tegangan ultimit (f_u) yaitu sebesar 520 MPa[13].



Gambar 3: Penampang Kolom



Gambar 4: Profil C150 Baja Ringan

C 150.50.12.1,1 mm → A	= 150 mm	r = 2,00 mm	$I_y = 22935,48 \text{ mm}^4$
B dan C	= 50 mm	$A = 296,56 \text{ mm}^2$	$r_x = 31,604 \text{ mm}$
D dan E	= 12 mm	$\bar{X} = 13,573 \text{ mm}$	$r_y = 8,794 \text{ mm}$
Tebal Profil	= 1,1 mm	$\bar{Y} = 75 \text{ mm}$	e = 13,573 mm
Berat	= 1,948 Kg/m	$I_x = 296209,7 \text{ mm}^4$	

Baut baja ringan yang dipakai untuk mengikat rangka tulangan baja ringan pada tulangan geser. Baut baja ringan yang dipakai merupakan jenis baut *Self Drilling Screw* (SDS) dengan ukuran *screw* 10×19 mm.

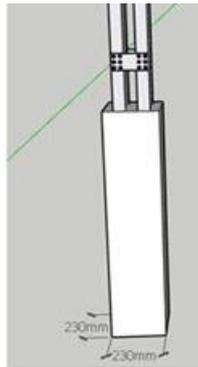


Gambar 5: Baut Rangka Baja Ringan

Hasil analisis struktur dari beban-beban yang terdapat pada struktur atap dan beban-beban luar struktur yang akan menumpu pada kolom yaitu:

- Beban aksial $\rightarrow P_u = 2557,84 \text{ Kg}$
 $P_D = 933,6 \text{ Kg}$
- Momen akibat pengaruh gravitasi \rightarrow Momen $M_{1ns} = 8,74 \text{ Kg.m}$
Momen $M_{2ns} = 17,77 \text{ Kg.m}$
- Momen akibat beban gempa \rightarrow Arah X $M_{1s} = 2,47 \text{ Kg.m}$ Arah Y $M_{1s} = 0,00012 \text{ Kg.m}$
 $M_{2s} = 15,55 \text{ Kg.m}$ $M_{2s} = 0,00024 \text{ Kg.m}$

Berdasarkan besar rasio penulangan ρ_g , tulangan kolom beton bertulang baja ringan dapat dikatakan mampu menjadi pengganti alternatif baja konvensional dengan dimensi kolom $23 \times 23 \text{ cm}^2$. Karena jika menggunakan diameter $25 \times 25 \text{ cm}^2$ hasil rasio penulangan tidak memenuhi.

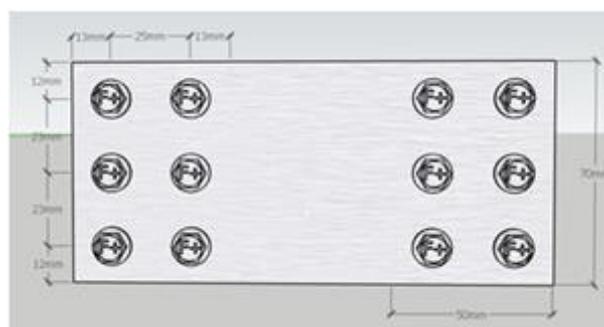


Gambar 6: Kolom Beton Bertulang Baja Ringan

Kekuatan nominal ϕP_n yang dihasilkan dari penganalisisan kolom beton bertulang baja ringan dengan f_c' minimum yang digunakan ($f_c' = 7,4 \text{ MPa}$, K-100) yaitu sebesar $32529,654 \text{ Kg}$ dan f_c' maksimum yang digunakan ($f_c' = 31,2 \text{ MPa}$, K-350) yaitu sebesar $87554,4 \text{ Kg}$. Berdasarkan hasil tersebut membuktikan bahwa f_c' berbanding berbanding lurus terhadap ϕP_n . Oleh karena itu, kolom beton bertulang baja ringan gedung tempat tinggal dengan satu tingkat dapat dikatakan mampu menopang beban aksial yang bekerja (P_u).

Tulangan geser dengan metode pelat kopel dapat dipasang sebanyak 10 pelat kopel dari tinggi kolom 3m dengan dimensi pelat $150 \times 70 \times 1,1 \text{ mm}$. Selain itu, kuat geser yang dihasilkan untuk satu buah pelat kopel desain sebesar 4158 Kg . Sehingga pelat kopel mampu memikul gaya geser pelat sebesar $5,1157 \text{ Kg}$.

Sambungan *screw* untuk menyambung pelat dengan tulangan memanjang kolom perlu dipasang 12 buah *screw* jenis SDS dengan diameter d_f 10 mm dala satu buah pelat kopel. Dari 12 buah *screw* tersebut dibuat jarak sedemikian rupa sehingga posisi *screw* dapat diletakkan secara presisi di kedua sisinya.



Gambar 7: Detail Sambungan Pelat Kopel

Dengan melakukan pengevaluasian terhadap kolom maupun tulangan kolom yang merupakan baja ringan tersusun, didapat hasil bahwa kolom tersebut termasuk kolom langsing serta kolom tersebut juga mengalami kegagalan material berupa keruntuhan tekan. Sedangkan untuk evaluasi tulangannya profil tersusun baja ringan tersebut memiliki kestabilan yang memenuhi persyaratan (λ_x dan atau $\lambda_{iy} \geq 1,2\lambda_1$)

V. KESIMPULAN

Dengan tegangan leleh dan tegangan ultimit yang dimiliki oleh profil baja ringan terbilang besar jika dibandingkan dengan baja konvensional, maka tulangan profil baja ringan ini sangat mampu untuk menahan beban aksial yang ditimbulkan dari beban-beban luar struktur bangunan gedung tempat tinggal satu lantai sehingga kolom beton bertulang dengan tulangan profil baja ringan layak sebagai pengganti tulangan baja konvensional.

Pelat kopel yang dipasang sebanyak 10 pelat kopel disepanjang kolom 3 m serta pelat kopel yang berukuran 1,1 x 70 mm² dan dipasang sambungan sekrup 12 buah *screw* SDS ϕ 10 mm mampu menahan gaya geser ultimit yang ditimbulkan oleh beban luar struktur.

Evaluasi material yang dilakukan profil tersusun baja ringan ini aman untuk digunakan namun kelangsingan kolom berpengaruh dan perlu hati-hati dengan kegagalan material yang ditimbulkan karena keruntuhan tekan akan terjadi jika mengalami kegagalan material.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] Y. L. Suku and F. X. Ndale, "Analisis Tingkat Kekakuan Struktur Rangka - Dinding Geser Tanpa Dan Dengan Belt Truss Pada Bangunan Tinggi Beton Bertulang Akibat Beban Lateral," *TEKNOSIAR*, 2019, doi: 10.37478/teknosiar.v13i1.229.
- [2] Agus and Syafril, "Perbandingan Analisis Respon Struktur Gedung Antara Portal Beton Bertulang, Struktur Baja Dan Struktur Baja Menggunakan Bresing Terhadap Beban Gempa," *J. Tek. Sipil*, 2016.
- [3] M. Mubarak, A. Abdullah, M. Riza, and Y. Hayati, "Analisis Perubahan Kuantitas Material Kolom Beton Bertulang Pada Model Struktur Bangunan Gedung Sederhana," *Rekayasa Sipil*, 2019, doi: 10.21776/ub.rekayasasipil.2019.013.01.1.
- [4] I. Puluhulawa and Alamsyah, "Perkuatan Pelat Lantai Beton Bertulang Menggunakan Baja Ringan Dan Sikadur Cf-31," *Semin. Nas. Ind. dan Teknol.*, 2019.
- [5] A. F. Firsty, Wisnumurti, and R. N. Christin, "Perencanaan Alternatif Struktur Baja Gedung Ptiik Universitas Brawijaya Malang Mengacu Pada Sni 1729 : 2015," *Univ. Brawijaya*, 2015.
- [6] E. W. Pradana and A. Triwiyono, "Pengaruh Penggantian Lantai Jembatan Rangka Baja (Redecking) dengan Panel Baja Ortotropik terhadap Perubahan Berat Lantai Jembatan," *J. Ilm. Tek. Sipil*, 2017.
- [7] K. B. Hastono, "Efektifitas Kolom Dengan Tulangan Cold-Formed Type Hollow Dalam Memikul Beban Aksial," *AGREGAT*, 2018, doi: 10.30651/ag.v2i2.1215.
- [8] F. J. Liando, S. O. Dapas, and S. E. Wallah, "Perencanaan Struktur Beton Bertulang Gedung Kuliah 5 Lantai," *J. Sipil Statik*, 2020.
- [9] E. Wahyuni, "Studi Kelakuan Dinamis Struktur Jembatan Penyeberangan Orang (JPO) Akibat Beban Individual Manusia Bergerak," *J. Tek. Sipil*, 2012, doi: 10.5614/jts.2012.19.3.1.
- [10] A. Gunawan, S. H. Dewi, and A. Adha, "Studi Pengaruh bukaan Corewall terhadap Kinerja Lateral Sistem Struktur yang Mengalami Beban Gempa," *J. SAINTIS*, 2019, doi: 10.25299/saintis.2019.vol19(1).2803.
- [11] D. Ariestadi, *Teknik Struktur Bangunan JILID 1*. 2008.
- [12] D. L. Schodek, *STRUKTUR*. 1991.
- [13] 7971-2013 SNI, *Struktur baja canai dingin*. 2013.