

## ANALISIS PERTEMUAN BALOK BAJA I WF DAN KOLOM BETON MENGGUNAKAN FINITE ELEMENT METHOD

Riski Permana Cecep<sup>1)</sup>, Diah Sarasanty<sup>2)</sup>

Program Studi Teknik Mesin Universitas Islam Majapahit

E-mail: <sup>1</sup> riskipermana0590@gmail.com , <sup>2</sup> diahsarasanty@gmail.com

### Abstrak

Wilayah join sambungan balok-kolom merupakan daerah rawan dalam suatu struktur rangka beton bertulang, akan tetapi disini Join struktur utama menggunakan balok baja I WF yang harus dianalisa lebih khusus menggunakan metode elemen hingga agar melihat kinerja sambungan gaya lateral yang tidak biasa ditahan sambungan. Akibat dari beban-beban yang bekerja di gedung tersebut, analisa ini menggunakan aplikasi SAP 2000 dan Abaqus untuk membantu menganalisa gedung tersebut. Sebagai mana data yang diambil dari SAP 2000 berupa Assembled joint Masses max dengan nilai 1253,66 Kg guna di teruskan dianalisa Abaqus untuk menunjukkan perambatan damage yang menimbulkan momen kolom disisi atas dan bawahnya, serta momen-momen balok saat menerima beban gempa, maka wilayah join sambungan balok baja kolom beton tidak biasa menahan gaya-gaya horizontal dan vertikal yang menimbulkan kemungkinan kegagalan cukup tinggi: sambungan interior tengah, sambungan sudut, atap eksterior sambungan, sambungan eksterior

**Kata kunci:** Join , Kolom Balok, Struktur.

### Pendahuluan

Perencanaannya struktur bertingkat harus di desain dengan baik untuk menahan beban-beban yang ada untuk mencegah kerusakan dan keruntuhan pada struktur [8]. Kegagalan hasil sambungan balok baja WF dan kolom beton bertulang. Studi ini mengkaji beban aksial kolom tekan, susunan tulangan, eksentrisitas, rasio aspek sambungan, dan kuat tekan baja WF. ACI 318-02 dan Kode Mesir memperkenalkan kategorisasi BCJ masing-masing pada tahun 2002 dan 2007. Menerapkan AISC 358-16 - Sambungan Prakuifikasi untuk Rangka Momen Khusus dan Menengah untuk Aplikasi Seismik, atau Prakuifikasi untuk Rangka Momen Baja Khusus dan Menengah dalam Aplikasi Seismik. Sambungan antara balok dan kolom memainkan peran penting dalam sistem struktur rangka momen baja. Kegagalan sambungan berpotensi menyebabkan seluruh sistem struktur berperilaku tidak terduga yang jauh dari skenario yang diantisipasi selama tahap analisis dan desain. [2]

Model kegagalan seperti keruntuhan *breakout* beton atau kuat jebol angkur yang di tanam pada benda uji terhadap geseran dari sebuah gaya disebabkan oleh jarak dari pusat baut ke tepi beton. Penelitian ini mendapatkan hasil kuat *breakout* untuk metode pemasangan *Cast-in Place*. Maksimum bebannya diperoleh dari hasil pada metode pengujian nilainya mendekati pada perhitungan teoritis. Akan tetapi dari pengujian ini didapat nilai pengujian *Breakout* terhadap geser dengan pemasangan angkur metode *Cast-in Place* direkomendasikan.[5]

Konektor geser memainkan peran penting dalam menentukan perilaku komposit baja-beton. Dua jenis jangkar yang disarankan adalah paku berkepala atau jangkar berkepala baja. Kekuatan balok komposit baja-beton dengan penghubung geser angkur kepala baja dibandingkan dalam studi perbandingan ini [6]. Metode analisis untuk perilaku nonlinier adalah pemodelan program elemen hingga/pemecahan bagian. Agar nominal kekuatan, kuantitas, dan jarak pemasangan shear connector untuk kedua jenis model ini sama, luas permukaan kedua jenis shear connector dibuat sama. Tingkat tegangan lentur serat atas dan bawah balok komposit baja-beton akan dibandingkan sebagai bagian dari proses validasi [7]. Guna memperoleh hasil persentase pemodelan yang di teliti oleh. Alasan penelitian ini adalah terdapat model struktur yang berbeda pada umumnya. Terdapat model struktur utama pada kasus ini pertemuan balok kolom menggunakan baja I WF dan beton yang di antaranya disambung menggunakan plat baja dan angkur baja [9]. Belum ada orang yang meneliti kasus seperti

ini, maka penulis mencoba untuk menganalisa kasus tersebut meskipun terdapat minimnya referensi yang diperoleh sehingga dapat menjadi topik pelajaran yang menarik untuk didiskusikan.

### Studi Pustaka

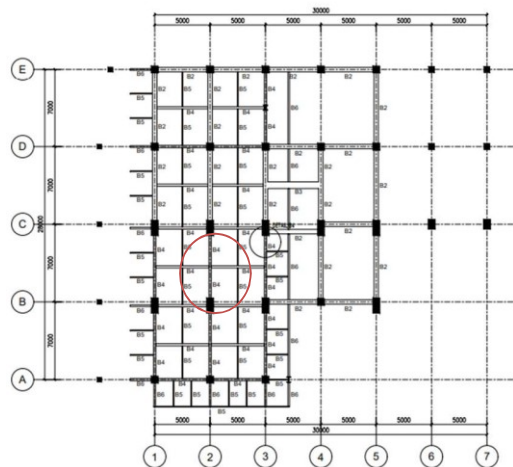
Dasar analisa struktur bangunan akan menyesuaikan pada aturan dan syarat yang sesuai dengan dasar di Indonesia yaitu Standar Nasional Indonesia (SNI) :

1. SNI 03-1726-2019 Standar perencanaan ketahanan gempa untuk struktur bangunan gedung
2. SNI 03-2847-2002 tentang persyaratan beton struktur untuk bangunan gedung.
3. SNI 1727:2020 Beban minimum untuk perancangan bangunan gedung dan struktur lain.
4. SNI 1729:2020 Spesifikasi untuk bangunan gedung baja struktural (ANSI/AISC 360-16, IDT)
5. SNI 03-1729-2002 Tata cara perencanaan struktur baja untuk bangunan gedung
6. SNI 1729:2015, LRFD Spesifikasi untuk bangunan gedung baja struktural.
7. SNI 2847:2019 Persyaratan beton struktural untuk bangunan gedung dan penjelasan (ACI 318M-14 dan ACI 318RM-14, MOD)

### Metodologi Penelitian

#### a. Model Geometri

Pemodelan diawali dengan model gedung 3 lantai berdasarkan kondisi lapangan. Analisis sambungan *joint* antara kolom beton dan balok baja I WF akan dilakukan pada model interior *joint* dilingkari warna merah pada **Gambar 1**. yang digunakan pada proyek Industri terkenal Gedung Parkir. Analisis FEM ini menggunakan bantuan aplikasi SAP 2000,



**Gambar 1.** Denah Letak analisis

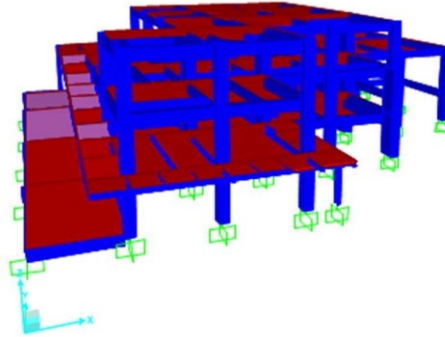
Pemodelan dengan SAP 2000 dapat dilakukan setelah dimensi balok, kolom, dan bracing telah ditentukan. Tujuan pemodelan SAP 2000 pada penelitian ini yaitu mendapatkan *Assembled joint Masses* max yang memenuhi kontrol desain.

#### b. Properti Material

Tahap ini adalah pendefinisian material yaitu data material baja, beton, dan besi BJTS 420 dan 280 di-inputkan ke dalam program. Step yang perlu dilakukan untuk pendefinisian material yang dimasukan ke program SAP 2000 adalah *Define* → *Material* → *Add New Material* → *Material Property Data*. Menurut data material yang digunakan dalam struktur, semua data harus dilengkapi. Apabila material sudah didefinisikan tahap berikutnya adalah pendefinisian kolom, balok, dan plat sesuai data yang didapat dilapangan melalui *Define* → *Section Properties* → *Frame Properties* → *Add New Property*. Didalam langkah ini dimensi setiap komponen harus diperiksa dengan teliti.

#### c. Assembly Komponen Properties

Penggambaran struktur gedung dapat dirangkai setelah semua input material dan pembuatan model dimensi profil selesai dilakukan. Seluruh komponen seperti beton, baja tulangan, dan baja wf harus dimodelkan sesuai gambar *existing* yang telah dilakukan seperti pada **Gambar 1**. Rangkaian gedung 3D dapat diperhatikan pada **Gambar 2**.



**Gambar 2.** Pemodelan gedung di SAP 2000

d. Memasukkan Pembebanan

Beban mati meliputi berat sendiri Beton bertulang. Secara otomatis SAP 2000 sudah menghitung beban ini dengan memberikan faktor penggali berat sendiri sebesar 1.

a. *Live load* / hidup (L)

Beban hidup plat lantai : 800 Kg/m<sup>2</sup>

b. Beban Mati

1. Beban mati Plat Atap

- Bondex tebal 1.00 mm	: 9,50 Kg/m <sup>2</sup>
- Penggantung Plafon	: 7,00 Kg/m <sup>2</sup>
- ME	: 25,00 Kg/m <sup>2</sup>
- Plafon	: 11,00 Kg/m <sup>2</sup>

---

**Super Deat Load (DL) Total : 52,50 Kg/m<sup>2</sup>**

2. Beban Hujan atap

- Hujan 0,016 x 10 kN/m <sup>3</sup>	: <b>0,16 kN/m<sup>2</sup></b>
--------------------------------------	--------------------------------

3. Beban mati Plat Lantai

- Bondex tebal 1.00 mm	: 9,50 Kg/m <sup>2</sup>
- Penggantung Plafon	: 7,00 Kg/m <sup>2</sup>
- Spesi 1 cm	: 21,00 Kg/m <sup>2</sup>
- ME	: 25,00 Kg/m <sup>2</sup>
- Plafon	: 11,00 Kg/m <sup>2</sup>

---

**Super Dead Load (DL) Total : 73,50 Kg/m<sup>2</sup>**

4. Beban mati dinding

- Bata Ringan	: 57,50 Kg/m <sup>2</sup>
- Spesi 1 cm x 2	: 42,00 Kg/m <sup>2</sup>

---

**Dead Load (DL) Total : 99,50 Kg/m<sup>2</sup>**

c. Beban gempa

Analisis dari <http://rsa.ciptakarya.pu.go.id/> letak koordinat (Lat -7.4506693, Long 112.443782) adalah sebagai berikut:

- Ss: 0,690
- S1: 0,275
- Sds: 0,574
- Sd1: 0,339

Beban gempa mengikuti alur sesuai dengan Gempa/SNI 1726:2019

d. *Wind load* (Beban Angin)

*Win load* (Beban Angin) mengikuti alur sesuai dengan angin/SNI 1727:2020, yang mendapatkan hasil sebagai berikut:

$$\begin{aligned} \text{Windward} &= q_z \cdot G \cdot C_p = 0,543 \times 0,85 \times 0,8 = 0,369 \\ \text{leeward} &= q_h \cdot G \cdot C_p = 0,543 \times 0,85 \times -0,5 = -0,231 \\ \text{sideward} &= q_z \cdot G \cdot C_p = 0,543 \times 0,85 \times -0,7 = -0,323 \end{aligned}$$

Mengacu pada pasal 28.3.4 beban *wind load* tidak boleh lebih kecil dari beban angin minimum 0,77 kN/m<sup>2</sup>. Apabila hasil perhitungan kurang dari besar nilai angin minimum, maka beban angin dipakai 0,77 kN/m<sup>2</sup> yang dikalikan luas dinding bangunan gedung.

e. Beban kombinasi SNI 1727:2020

Beban kombinasi mengikuti alur sesuai dengan kombinasi pembebanan /SNI 1727:2020, yang mendapatkan hasil sebagai berikut:

1. 1,4 D
2. 1,2 D + 1,6 L + 0,5 Lr
3. 1,2 D + 1,6 Lr + 1,0 L
4. 1,308 D + 1,0 L + 1,30 EX + 0,39 EY
5. 1,308 D + 1,0 L + 1,30 EX - 0,39 EY
6. 1,308 D + 1,0 L - 1,30 EX + 0,39 EY
7. 1,308 D + 1,0 L - 1,30 EX - 0,39 EY
8. 1,308 D + 1,0 L + 0,39 EX + 1,30 EY
9. 1,308 D + 1,0 L + 0,39 EX - 1,30 EY
10. 1,308 D + 1,0 L - 0,39 EX + 1,30 EY
11. 1,308 D + 1,0 L - 0,39 EX - 1,30 EY
12. 0,792 D + 1,3 EX + 0,39 EY
13. 0,792 D + 1,3 EX - 0,39 EY
14. 0,792 D - 1,3 EX + 0,39 EY
15. 0,792 D - 1,3 EX - 0,39 EY
16. 0,792 D + 0,39 EX + 1,3 EY
17. 0,792 D + 0,39 EX - 1,3 EY
18. 0,792 D - 0,39 EX + 1,3 EY
19. 0,792 D - 0,39 EX - 1,3 EY

e. *Play Kontrol*.

Dalam pemodelan SAP 2000, kontrol sectional dilakukan dengan memilih desain awal/pemeriksaan struktur. Hasil dari setiap pemeriksaan desain portal disajikan pada **Gambar 1** sebagai indikator gradasi warna dan rasio, yang menunjukkan bahwa penampang yang dipilih masih melebihi standar keselamatan dan cukup kuat untuk mendukung beban struktural. Dianggap memasuki terbebani kondisi menerima perambatan beban pertama ketika kolom atau balok berubah menjadi kuning.

. Dikarenakan Run analisa menunjukkan aman maka untuk mengetahui titik *join* nilai kritis dari bangunan gedung tersebut maka beban kombinasi diasumsikan dua kali lipat. Garis merah terjadi over stress sehingga dapat dianalisa join yang berkerja secara maksimal guna diambil nilai yang terbesar yang berguna untuk disimulasikan ke Abaqus.

**Tabel 1.** *Tension stress, cracking strain dan tension damage*

Cracking Strain	Tension Stress (Mpa)	Tension Damage (dt)
0	0,000	0
0,0001	4,202	0
0,0002	3,184	-0,012
0,0003	2,707	0,144
0,0004	2,413	0,237
0,0005	2,207	0,287
0,0006	2,052	0,343
0,0007	1,929	0,391
0,0008	1,829	0,417
0,0009	1,745	0,444
0,001	1,673	0,459
0,0011	1,610	0,472
0,0012	1,555	0,510
0,0013	1,506	0,520
0,0014	1,462	0,533
0,0015	1,422	0,550
0,0016	1,386	0,561
0,0017	1,353	0,570
0,0018	1,322	0,581
0,0019	1,294	0,588
0,002	1,268	0,598
0,0021	1,243	0,604
0,0022	1,220	0,610
0,0023	1,199	0,617
0,0024	1,178	0,621
0,0025	1,159	0,632
0,0026	1,141	0,638
0,0027	1,124	0,640
0,0028	1,108	0,645
0,0029	1,093	0,650
0,003	1,078	0,655
0,0031	1,064	0,659
0,0032	1,050	0,664
0,0033	1,038	0,668
0,0034	1,025	0,672
0,0035	1,013	0,675
0,0036	1,002	0,679
0,0037	0,991	0,683
0,0038	0,981	0,686
0,0039	0,970	0,689
0,004	0,961	0,692
0,0041	0,951	0,695

**Table 2.** *Inelastic Strain, Compression Stress, Compression Damage beton*

inelastic strain (εc)	Compression Stress (fc)	Compression Damage
0,0000	0,00	0
0,0001	3,21	0
0,0002	6,23	0
0,0003	9,08	0
0,0004	11,74	0
0,0005	14,23	0
0,0006	16,55	0
0,0007	18,70	0
0,0008	20,69	0
0,0009	22,51	0
0,0010	24,18	0
0,0011	25,69	0
0,0012	27,06	0
0,0013	28,27	0
0,0014	29,34	0
0,0015	30,27	0
0,0016	31,05	0
0,0017	31,70	0
0,0018	32,22	0
0,0019	32,60	0
0,0020	32,86	0
0,0021	32,98	0
0,0022	32,99	0,000
0,0023	32,87	0,004
0,0024	32,63	0,011
0,0025	32,27	0,022
0,0026	31,80	0,036
0,0027	28,49	0,137
0,0028	28,07	0,149
0,0029	27,69	0,161
0,0030	27,34	0,172
0,0031	27,01	0,182
0,0032	26,69	0,191
0,0033	26,39	0,200
0,0034	26,11	0,209
0,0035	25,84	0,217
0,0036	25,57	0,225
0,0037	25,32	0,233
0,0038	25,08	0,240
0,0039	24,84	0,247
0,0039	24,61	0,254
0,0040	0,951	0,261

f. Perhitungan Analisa Kuat Jebol (*Breakout*) Beton Terhadap Geser.

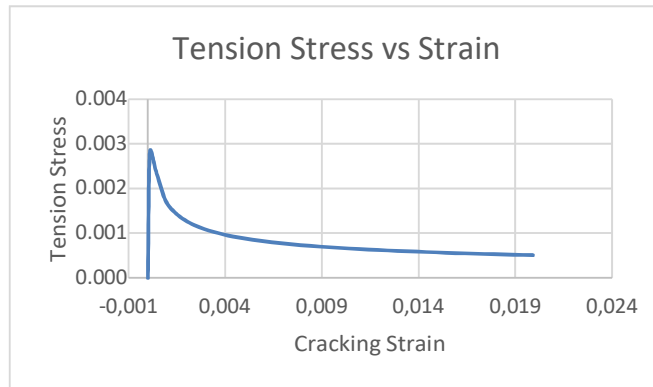
Analisa yang dilakukan menggunakan metode pemasangan, yaitu *Cast-In Place*. Untuk metode *Cast-In Place*, pemasangan angkur dilakukan ketika beton masih dalam fase setting. Hasil perhitungan tersebut digunakan sebagai acuan dalam melakukan Analisa.

$$A_{VC} = 2(1,5 \times c_{a.1,2}) - 1,5 c_{a.1,2} = 900000 \text{ mm}^2$$

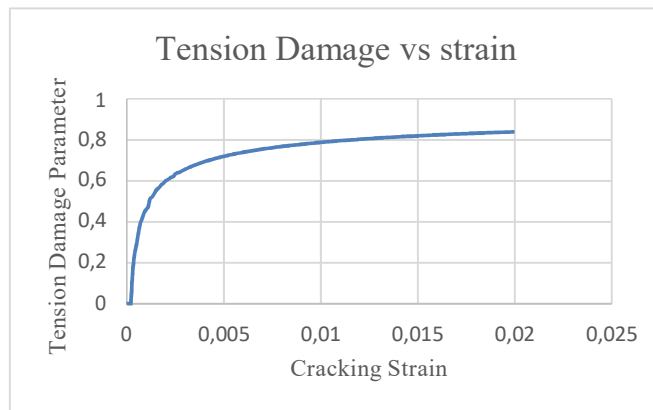
$$A_{VC} = 4,5 - c_{a.1}^2 = 45000 \text{ mm}^2$$

$$A_{VC} = \frac{[0,6 (\frac{L_c}{d_a})]^{0,2} K \frac{d \times z}{a} K \frac{f_c \times c}{a \times 1}^{1,5}}{1000} = 23,703 \text{ kN}$$

$$V_{cbg} = [\frac{A_{7c}}{A_{7c0}}] \times V_b = 47 \text{ kN}$$



Gambar 3 . Kurva interaksi *compression stress vs inelastic strain* beton



Gambar 4 . Kurva interaksi *compression damage vs inelastic strain* beton

**Hasil dan Pembahasan**

**Kesimpulan**

Berdasarkan analisa yang diatas dapat diperoleh:

- a) *Design Check Max Assembled joint Masses* 1253,66 Kg lokasi pada kolom K2 lantai 2 dan balok B4 pada lantai
- b) Hasil *damage Plasticity* Elemen hingga pada sambungan Plat baja dan kolom beton terdapat pola leleh pada plat, dan Baja I WF ,angkur kuat jebol (*Breakout*) 47 kN.

**Daftar Pustaka**

- [1] 2847:2019, S. (2019). Persyaratan Beton Struktural untuk Bangunan Gedung dan Penjelasan (SNI 2847:2019). In *Bsn* (Nomor 8). BADAN STANDARDISASI NASIONAL. [www.bsn.go.id](http://www.bsn.go.id)
- [2] Aminullah, & Iman, M. (2022). ANALISIS SAMBUNGAN BALOK-KOLOM BETON BERTULANG DENGAN PEMODELAN NUMERIK BERBASIS METODE ELEMEN HINGGA. *MEDIA ILMIAH TEKNIK SIPIL*, 10(1), 155–163.
- [3] Badan Standar Nasional Indonesia. (2020). *SNI 1729:2020 Persyaratan Beton Struktural untuk Bangunan Gedung dan Penjelasan*.
- [4] Casita, C. B., & Suswanto, B. (2017). Studi Perilaku Pada Sambungan Rectangular Concrete Filled Tubes (Rcft) Dengan Metode Finite Element. *Journal of Civil Engineering*, 32(1), 19. <https://doi.org/10.12962/j20861206.v32i1.4505>
- [5] Indryawan, H. K., & Apriyatno, H. (2020). Perilaku kegagalan breakout terhadap gaya geser pada baut angkur terhadap perbandingan kekuatan metode pemasangan cast- in place dan post installed. *Prosiding Semnas Fakultas Teknik Univ. Muhammadiyah SURakarta*, 38–44.
- [6] Kaffah, S., & Suswanto, B. (2021). Analisis Perilaku Vertical Eccentrically Braced Frame Menggunakan Profil Tubular Ganda. *Jurnal Aplikasi Teknik Sipil*, 19(4), 395. <https://doi.org/10.12962/j2579-891x.v19i4.9621>
- [7] Langi, W., Kumaat, E. J., & Manalip, H. (2018). Tegangan Lekat Antara Baja dan Beton Dengan Mutu Beton 40-70 MPa. *Jurnal Sipil Statik*, 6(11), 995–1002.
- [8] PRASETYA, B. (2019). *Persyaratan beton struktural untuk bangunan gedung dan penjelasan*. BADAN STANDARDISASI NASIONAL.
- [9] Yuliantara, A. R., & Wibowo, A. S. (2022). Sistem Informasi Lokasi Slot Parkir Kosong Berbasis Internet Of Things Pada Gedung Parkir Bertingkat. *eProceedings*9(3),825–837. <https://openlibrarypublications.telkomuniversity.ac.id/index.php/engineering/article/view/18103%0Ahttps://openlibrarypublications.telkomuniversity.ac.id/index.php/engineering/article/view/18103/17732>