

BAB IV

HASIL PENELITIAN DAN PEMBAHASAN

4.1. Response Struktur

4.1.1. Partisipasi massa struktur

Hasil analisis partisipasi massa struktur bangunan, pada tabel 4.1 menunjukkan bahwa jumlah mode partisipasi massa bangunan pada sumbu analisis x dan y tanpa penambahan perkuatan sistem *outrigger* dan *belt-truss*, telah mencapai atau melebihi minimum terkombinasi 90% dari massa aktual pada mode ke-44 sebesar 90,29% pada arah x, sedangkan pada arah y dari massa aktual pada mode ke-20 sebesar 90,08%. Pada tabel 4.2 menunjukkan bahwa jumlah mode partisipasi massa bangunan pada sumbu analisis x dan y dengan penambahan perkuatan sistem *outrigger* dan *belt-truss*, telah mencapai atau melebihi minimum terkombinasi 90% dari massa aktual pada mode ke-43 sebesar 90,23% pada arah x, sedangkan pada arah y pada mode ke-20 sebesar 90,35%.

Hasil penambahan perkuatan sistem *outrigger* dan *belt-truss*, terbukti dapat menambah kekakuan, dengan berkurangnya mode partisipasi massa bangunan dan meningkatkan jumlah partisipasi massa struktur yang dibawa oleh tiap pola ragam getar kedua arah DOF (translasi x, translasi y), dengan rasio pengurangan mode hasil dari perkalian jumlah lantai dengan sumbu analisis sebanyak 1 model pada arah x, sedangkan arah y mengalami peningkatan jumlah partisipasi massa struktur dari minimum 90,08% pada mode ke-20 sebesar 90,08% menjadi 90,35%, maka mode bangunan pada pemodelan tidak perlu ditambah lagi, karena telah memenuhi syarat rasio partisipasi massa yang dizinkan berdasarkan (BSN, SNI 1726-2012 pasal 7.3.4).

Tabel 4.1 Mode respon ragam dan jumlah partisipasi massa, tanpa penambahan perkuatan sistem *outrigger* dan *belt-truss*

<i>Mode Case</i>	Ux	Uy	Sum Ux	Sum Uy
1	0.1072	0.4546	0.1072	0.4546
2	0.4466	0.1305	0.5538	0.5851
3	0.0488	0.0119	0.6026	0.597
4	0.0885	0.0229	0.6911	0.6199

Tabel 4.1 Mode respon ragam dan jumlah partisipasi massa, tanpa penambahan perkuatan sistem *outrigger* dan *belt-truss* (-lanjutan)

<i>Mode Case</i>	Ux	Uy	Sum Ux	Sum Uy
5	0.0347	0.0966	0.7258	0.7165
6	0.012	0.0134	0.7379	0.7299
7	0.0277	0.0045	0.7656	0.7344
8	0.0207	0.0165	0.7863	0.7509
9	0.0011	0.042	0.7874	0.7928
10	0.0158	0.0014	0.8032	0.7943
11	0.001876	0.0002	0.8032	0.7945
12	0.0133	0.0018	0.8166	0.7963
13	0.006	0.0372	0.8226	0.8334
14	0.0074	0.0118	0.83	0.8452
15	0.02694	0.0049	0.8301	0.8501
16	0.0001	0.0002	0.8301	0.8503
17	0.0209	0.0037	0.8511	0.854
18	0.0003	0.0314	0.8513	0.8854
19	0.0006	0.0017	0.8519	0.8871
20	0.0144	0.0137	0.8663	0.9008
21	0.0025	0.0106	0.8687	0.9114
22	0.0037	0.0001	0.8725	0.9115
23	0.0006	0.0031	0.8731	0.9146
24	0.0018	0.0012	0.8749	0.9158
25	0.0068	0.0003	0.8816	0.916
26	0.0006	0.0023	0.8822	0.9183
27	0.0006	0.0005	0.8829	0.9188
28	0.0001	0.0035	0.883	0.9224
29	0.0062	0.0008	0.8892	0.9232
30	0.0001	0	0.8892	0.9232
31	0.03902	0.005019	0.8893	0.9232
32	0.0018	0.0001	0.8911	0.9233
33	0.0000296	0	0.8911	0.9233
34	0	0.01223	0.8911	0.9233
35	0.0003	0.0001	0.8914	0.9234
36	0.0006	0.002	0.892	0.9254
37	0.0006	0.0001	0.8927	0.9255
38	0.0003	0.0019	0.893	0.9275
39	0.0042	0.0012	0.8971	0.9286
40	0.0001	0.02574	0.8973	0.9286
41	0.0001	0.0001	0.8974	0.9288

Tabel 4.1 Mode respon ragam dan jumlah partisipasi massa, tanpa penambahan perkuatan sistem *outrigger* dan *belt-truss* (-lanjutan)

<i>Mode Case</i>	Ux	Uy	Sum Ux	Sum Uy
42	0.0002	0.0012	0.8976	0.93
43	0.0022	0.0004	0.8998	0.9304
44	0.0031	0.0001	0.9029	0.9306
45	0.03587	0.0002	0.9029	0.9307

Tabel 4.2 Mode respon ragam dan jumlah partisipasi massa, dengan penambahan perkuatan sistem *outrigger* dan *belt-truss*

<i>Mode Case</i>	Ux	Uy	Sum Ux	Sum Uy
1	0.3404	0.2161	0.3404	0.2161
2	0.2251	0.3801	0.5655	0.5962
3	0.0469	0.0138	0.6124	0.61
4	0.0872	0.02	0.6996	0.63
5	0.0308	0.096	0.7304	0.726
6	0.0111	0.0116	0.7415	0.7376
7	0.0304	0.0024	0.7719	0.74
8	0.0204	0.0004	0.7922	0.7404
9	0.0004	0.0615	0.7926	0.8019
10	0.0138	0.0008	0.8065	0.8028
11	0.0009695	0.0001	0.8065	0.8029
12	0.012	0.0012	0.8185	0.8041
13	0.0037	0.037	0.8222	0.8411
14	0.01	0.005	0.8322	0.8461
15	0.0004	0.0055	0.8326	0.8517
16	0.00000785	0.0001	0.8326	0.8517
17	0.0198	0.0065	0.8525	0.8582
18	0.001	0.0303	0.8534	0.8886
19	0.0019	0.0064	0.8553	0.895
20	0.0139	0.0085	0.8692	0.9035
21	0.0024	0.009	0.8716	0.9125
22	0.0017	0.0001	0.8734	0.9126
23	0.0006	0.0028	0.874	0.9154
24	0.0016	0.0013	0.8755	0.9167
25	0.0081	0.0003	0.8837	0.917
26	0	0.0003	0.8837	0.9173
27	0.001	0.0022	0.8847	0.9195

Tabel 4.2 Mode respon ragam dan jumlah partisipasi massa, dengan penambahan perkuatan sistem *outrigger* dan *belt-truss*

<i>Mode Case</i>	U _x	U _y	Sum U _x	Sum U _y
28	0.0001	0.0025	0.8848	0.922
29	0.0058	0.0028	0.8905	0.9249
30	0.0001	0	0.8906	0.9249
31	0.01418	0.000022 7	0.8906	0.9249
32	0.0012	0	0.8918	0.9249
33	0.01084	0.008983	0.8919	0.9249
34	0.000911 9	0.002226	0.8919	0.9249
35	0.0002	0.03465	0.892	0.9249
36	0.001428	0.0002	0.892	0.9251
37	0.0006	0.0002	0.8927	0.9253
38	0.0015	0.004	0.8941	0.9293
39	0.0038	0.0002	0.8979	0.9295
40	0.0002	5.68E-07	0.8982	0.9295
41	0.0003	0.0004	0.8984	0.93
42	0.001	0.0011	0.8994	0.9311
43	0.0028	0.0002	0.9023	0.9313
44	0.0016	1.64E-02	0.9038	0.9313
45	0.0004	0.0002	0.9042	0.9315

4.1.2. Waktu getar alami

Hasil analisis waktu getar alami pada tabel 4.3 menunjukkan bahwa hubungan antara nilai periode fundamental dengan mode respons ragam, terbukti dapat mengurangi periode fundamental pada mode 1 sebesar 2,67 detik tanpa penambahan perkuatan sistem *outrigger* dan *belt-truss* menjadi sebesar 2,492 detik dengan penambahan perkuatan sistem *outrigger* dan *belt-truss*.

Tabel 4.3 Mode respons ragam dan periode fundamental struktur

Mode	Periode tanpa Penambahan Perkuatan Sistem <i>Outrigger</i> dan <i>Belt-truss</i> (Detik)	Periode dengan Penambahan Perkuatan Sistem <i>Outrigger</i> dan <i>Belt-truss</i> (Detik)
Case		
1	2.67	2.492
2	2.502	2.35
3	2.062	1.977
4	0.745	0.743
5	0.66	0.661
6	0.592	0.588
7	0.4	0.378
8	0.324	0.307
9	0.31	0.288
10	0.259	0.258
11	0.224	0.224
12	0.204	0.204
13	0.193	0.192
14	0.185	0.181
15	0.154	0.152
16	0.145	0.145
17	0.145	0.144
18	0.136	0.133
19	0.124	0.122
20	0.119	0.117
21	0.11	0.11
22	0.106	0.104
23	0.1	0.1
24	0.093	0.093
25	0.09	0.089
26	0.083	0.083
27	0.082	0.081
28	0.08	0.078
29	0.078	0.077
30	0.077	0.077
31	0.074	0.074
32	0.073	0.073
33	0.073	0.073
34	0.072	0.072
35	0.07	0.07
36	0.07	0.069
37	0.069	0.069

Tabel 4.3 Mode respons ragam dan periode fundamental struktur (-lanjutan)

Mode	Periode tanpa Penambahan Perkuatan Sistem <i>Outrigger</i> dan <i>Belt-truss</i> (Detik)	Periode dengan Penambahan Perkuatan Sistem <i>Outrigger</i> dan <i>Belt-truss</i> (Detik)
Case		
38	0.069	0.069
39	0.069	0.069
40	0.068	0.068
41	0.067	0.067
42	0.067	0.066
43	0.066	0.065
44	0.065	0.065
45	0.065	0.065

4.1.3. Gaya geser

a. Gaya geser dasar (*base shear*)

Hasil selisih analisis dinamik (V_d) dengan analisis statik (V_s), pada tabel 4.4 dan tabel 4.5 merupakan hasil perhitungan sebagai skala percepatan gempa masukan yang digunakan. Pada arah x dan y telah memenuhi batas rasio terhadap nilai $V_d > 0,85 V_s$ dengan rasio (V_d/V_s) melebihi 0,85, sehingga beban gempa masukan tidak diskala ulang, karena telah memenuhi syarat respons terkombinasi untuk gaya geser yang diizinkan berdasarkan (BSN, SNI 1726-2012 pasal 7.8.4.2). Analisis gaya gempa statik dilakukan perhitungan sebagai berikut :

1. Untuk nilai koefisien respons seismik (C_s) diambil berdasarkan ketentuan berikut :

- a) Koefisien respons seismik (C_s), menggunakan persamaan 2.34.

$$C_s = \frac{S_{DS}}{\left(\frac{R}{I_e}\right)}$$

$$C_s = \frac{0,73}{\left(\frac{7}{1}\right)}$$

$$C_s = 0,1043$$

b) Koefisien respons seismik (C_s maks), menggunakan persamaan 2.35.

$$C_s \text{ maks} = \frac{S_{D1}}{T \times \left(\frac{R}{I_e}\right)}$$

$$C_s \text{ maks} = \frac{0,73}{2,6719 \times \left(\frac{7}{1}\right)}$$

$$C_s \text{ maks} = 0,0390$$

c) Koefisien respons seismik (C_s min), menggunakan persamaan 2.36.

$$C_s \text{ min} = 0,044 S_{DS} \times I_e \geq 0,01$$

$$C_s \text{ min} = 0,044 \times 0,72 \times 1 \geq 0,01$$

$$C_s \text{ min} = 0,0292 \geq 0,01 \rightarrow C_s = 0,0292$$

d) Koefisien respons seismik (C_s min), menggunakan persamaan 2.37.

$$C_s \text{ min} = \frac{0,5 \times S_1}{\left(\frac{R}{I_e}\right)}$$

$$C_s \text{ min} = \frac{0,5 \times 1,1}{\left(\frac{7}{1}\right)}$$

$$C_s \text{ min} = 0,0785$$

Karena C_s yang dihitung melebihi C_s maks, maka diambil nilai C_s yang menentukan $C_s = C_s \text{ min} = 0,0292$

2. Nilai *base reaction* akibat beban grafitasi tanpa penambahan perkuatan sistem *outrigger* dan *belt-truss*, $W = 563934,1$ kN
3. Nilai $V_{\text{statik}} = C_s \times W$, menggunakan persamaan 2.33.
 $V_{\text{statik}} = 0,0292 \times 563934,1$
 $V_{\text{statik}} = 16466,87$ kN
4. Nilai *base reaction* akibat beban grafitasi dengan penambahan perkuatan sistem *outrigger* dan *belt-truss*, $W = 566297,64$ kN
5. Nilai $V_{\text{statik}} = C_s \times W$, menggunakan persamaan 2.33.
 $V_{\text{statik}} = 0,0292 \times 566297,64$
 $V_{\text{statik}} = 16535,89$ kN

Tabel 4.4 Nilai gaya geser dasar pada analisis skala gempa masukan tanpa penambahan perkuatan sistem *outrigger* dan *belt-truss*

Beban Gempa	Vstatik (kN)	Syarat 85% Vstatik (kN)	Vdinamik (kN)	Rasio (V _d /V _s)	Skala Gempa Masukan	Kriteria
X	16466.87	13991.16	15381.73	0.93	2.8656	Memenuhi
Y	16466.87	13991.16	15896.45	0.96	2.5287	Memenuhi

Tabel 4.5 Nilai gaya geser dasar pada analisis skala gempa masukan dengan penambahan perkuatan sistem *outrigger* dan *belt-truss*

Beban Gempa	Vstatik (kN)	Syarat 85% Vstatik (kN)	Vdinamik (kN)	Rasio (V _d / V _s)	Skala Gempa Masukan	Kriteria
X	16535,89	14049,83	20500.1	1.24	2.8656	Memenuhi
Y	16535,89	14049,83	17553.1	1.06	2.5287	Memenuhi

b. Gaya geser lantai (*story shear*)

Hasil analisis gaya geser pada gambar 4.1, menunjukkan bahwa nilai kumulatif dari gaya gempa yang terjadi pada tiap lantai, dengan adanya penambahan perkuatan sistem *outrigger* dan *belt-truss*, terbukti dapat mengurangi gaya geser mulai yang terjadi di ketinggian lantai 16 atau + 67,4 m dari penempatan sistem *outrigger* dan *belt-truss* pada gaya geser statik ekuivalen sebesar rata-rata 3,5%.

Analisis gaya geser lantai yang diambil dari perhitungan nilai *story shear* statik ekuivalen tanpa penambahan perkuatan sistem *outrigger* dan *belt-truss* perkuatan parameter-parameter sebagai berikut :

1. Parameter k, dengan parameter T sebesar 2,67 detik didapat parameter k sebesar 2.
2. Distribusi vertikal gaya gempa, (F_x) menggunakan persamaan 2.40

Untuk parameter C_{vx}, menggunakan persamaan 2.41.

$$C_{vx} = \frac{W_x \times h_x^k}{\sum_{i=1}^n W_i \times h_i^k}$$

$$C_{vx} = \frac{11001,298 \times 5^2}{1162295843}$$

$$C_{vx} = 0,0002366$$

$$F_x = C_{vx} \times V$$

$$F_x = 0,0002366 \times 16466,87266$$

$$F_x = 3,8965 \text{ kN}$$

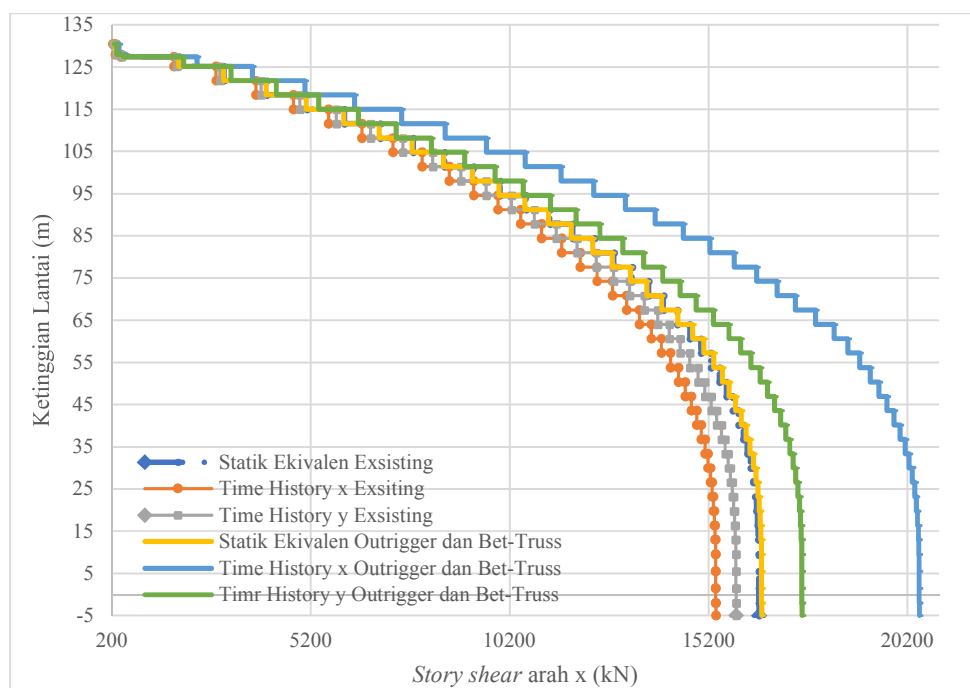
Gaya geser tingkat (Vx)

Vx = Kumulatif Vx berdasarkan tingkat lantai

$$V_x \text{ basement 2} = 16462,9761 + 3,8965$$

$$V_x \text{ basement 2} = 16466,8727 \text{ kN}$$

Untuk tabel hasil nilai-nilai story shear berdasarkan beban gempa tanpa dan dengan penambahan perkuatan sistem *outrigger* dan *belt-truss* tercantum pada lampiran dengan tabel 1 - tabel 6.

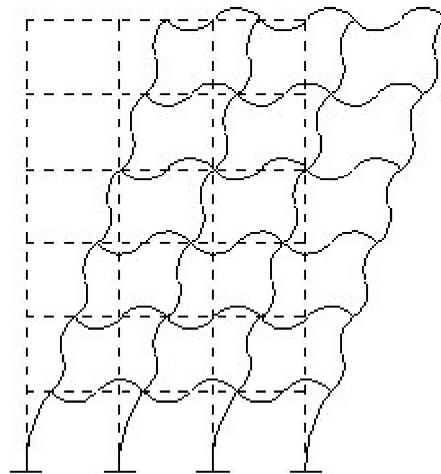


Gambar 4.1 Grafik *story shear* arah X dan arah Y.

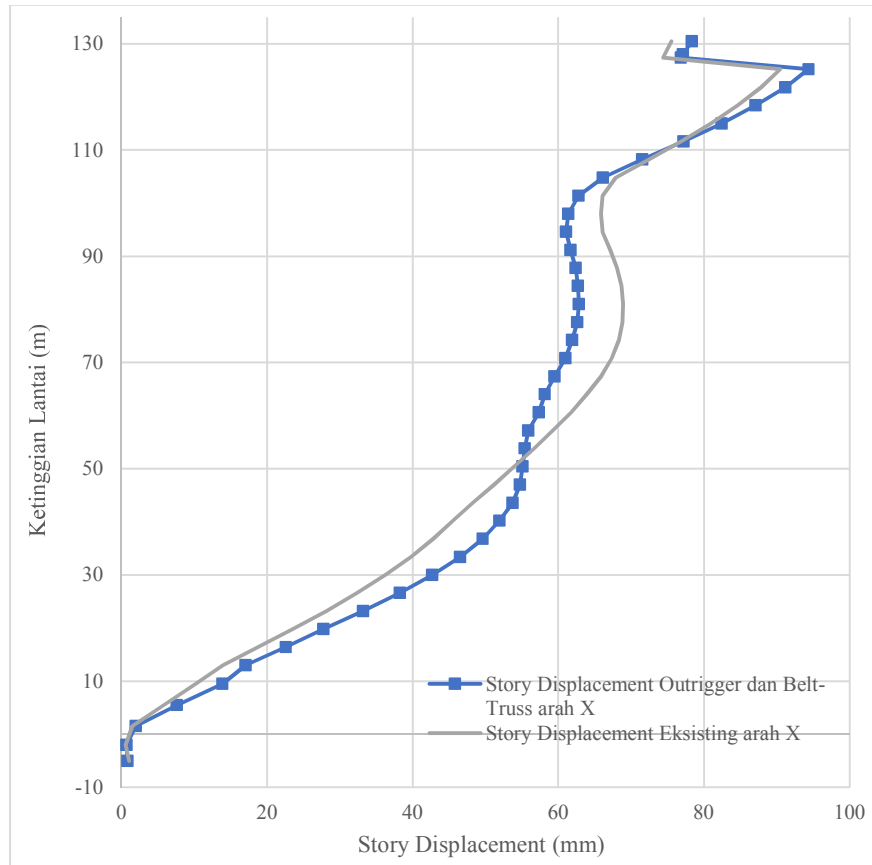
4.1.4. Simpangan

a. *Story displacement* (simpangan lantai)

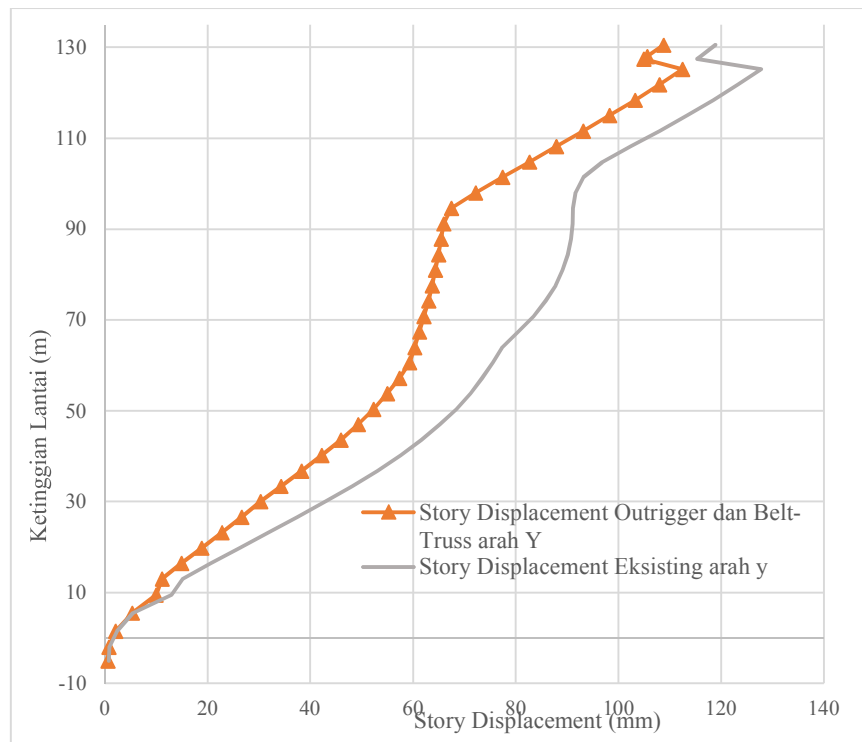
Hasil analisis *story displacement* pada gambar 4.3 dan gambar 4.4, merupakan simpangan yang terjadi pada suatu lantai yang diukur dari dasar lantai. Nilai simpangan lantai, terbukti dengan adanya penambahan perkuatan sistem *outrigger* dan *belt-truss*, dapat mengurangi simpangan *lantai* yang terjadi arah x mulai ada pengurangan simpangan, yang terjadi di ketinggian dari lantai 12 atau + 50,4 m sampai di ketinggian lantai 33 atau + 121,8 m sebesar rata-rata 4,38%. Sedangkan arah y mulai ada pengurangan simpangan, yang terjadi sepanjang di ketinggian apartemen sebesar rata-rata 14,12%. Namun untuk arah x terjadi melebihi simpangan pada pemodelan eksisting yang terjadi pada ketinggian basemnet 2 atau -5,00 sampai di ketinggian lantai 11 atau + 47,0 sebesar 4,03 dikarenakan pengaruh geometri apartemen antara arah x lebih panjang ketimbang arah y.



Gambar 4.2 Visual goyangan pada bangunan.



Gambar 4.3 Gambar *story displacement* maksimum *time story x*.



Gambar 4.4 Gambar *story displacement* maksimum *time story y*.

b. *Interstory drift* (simpangan antar lantai)

Hasil analisis *interstory drift* pada tabel 4.5, nilai simpangan antar lantai dengan tinggi antar lantai yang menunjukkan dengan adanya tambahan sistem *outrigger* dan *belt-truss* dapat mengurangi simpangan antar lantai yang terjadi di sepanjang ketinggian dan hasil analisis *drift ratio* gambar 4.6 sampai gambar 4.7, merupakan rasio nilai simpangan antar lantai dengan tinggi antar lantai, dengan syarat jika *drift ratio* ada lebih dari 1% (BSN, SNI 1726-2012 pada pasal 8.8.5). Jadi struktur tersebut perlu ditinjau ulang kembali simpangan dan kekakuan strukturnya, maka dibuktikan dengan adanya penambahan perkuatan sistem *outrigger* dan *belt-truss* dari yang tadinya *drift ratio* tanpa penambahan perkuatan sistem *outrigger* dan *belt-truss* arah y melebihi 1% sebesar 1,041% yang terjadi di lantai *upper ground*, dapat mengurangi *drift ratio* yang terjadi setelah penambahan perkuatan *outrigger* dan *belt-truss* menjadi sebesar 0,637%.

Niai parameter C_d , berdasarkan (BSN, SNI 1726-2012 pada tabel 9), dengan sistem gaya penahan seismik dinding geser bertulang khusus dan parameter KDS didapat $C_d = 5,5$

$$\delta_x = \frac{C_d \times (\delta_{xe} (2) - \delta_{xe} (1))}{I_e}$$

$$\delta_x = \frac{5,5 \times 0,596 - 0}{1}$$

$$\delta_x = 0,589 \text{ mm}$$

Simpangan izin (Δ_a), menggunakan tabel 2.21 dengan parameter sistem struktur lainnya dan kategori risiko II didapat $0,020 \times h_{sx}$.

$$\Delta_a = 0,020 \times h_{sx}$$

$$\Delta_a = 0,020 \times 3 \text{ m}$$

$$\Delta_a = 60 \text{ mm}$$

Tabel 4.6 Hasil analisis eksisting dari *interstory drift* dan batas izin struktur arah y

Lantai	Interstory Drift arah y (mm)										Kriteria	
	Elevasi (m)	Tinggi (m)	Simpangan (mm)	Rasio Simpangan (mm)	Simpangan yang diperbesar (mm)	($\Delta\delta_{ei} \times Cd$)/I (mm)	Rasio simpangan antar lantai (%) ($\Delta\delta_i/L$)	Drift Limit (mm)	$\Delta\delta_i/L \leq 1\%$	$((\delta_e \times Cd)/D) \leq \Delta e$		
Basement 2	-5	0	0	0	0	0	0	0	Memenuhi	Memenuhi		
Basement 1	-2	3	0.862	0.862	4.741	4.741	0.158	60	Memenuhi	Memenuhi		
Lower Ground	1.5	3.5	2.381	1.519	13.096	8.355	0.239	70	Memenuhi	Memenuhi		
Ground Floor	5.5	4	5.412	3.031	29.766	16.671	0.417	80	Memenuhi	Memenuhi		
Upper Ground	9.5	4	12.981	7.569	71.396	41.630	1.041	80	Tidak	Memenuhi		
Lanta 1	13	3.5	15.175	2.194	83.463	12.067	0.345	70	Memenuhi	Memenuhi		
Lanta 2	16.4	3.4	20.612	5.437	113.366	29.904	0.880	68	Memenuhi	Memenuhi		
Lanta 3	19.8	3.4	26.197	5.585	144.084	30.718	0.903	68	Memenuhi	Memenuhi		
Lanta 4	23.2	3.4	31.861	5.664	175.236	31.152	0.916	68	Memenuhi	Memenuhi		
Lanta 5	26.6	3.4	37.48	5.619	206.140	30.905	0.909	68	Memenuhi	Memenuhi		
Lanta 6	30	3.4	42.945	5.465	236.198	30.058	0.884	68	Memenuhi	Memenuhi		
Lanta 7	33.4	3.4	48.175	5.230	264.963	28.765	0.846	68	Memenuhi	Memenuhi		
Lanta 8	36.8	3.4	53.059	4.884	291.825	26.862	0.790	68	Memenuhi	Memenuhi		
Lanta 9	40.2	3.4	57.59	4.531	316.745	24.921	0.733	68	Memenuhi	Memenuhi		
Lanta 10	43.6	3.4	61.688	4.098	339.284	22.539	0.663	68	Memenuhi	Memenuhi		
Lanta 11	47	3.4	65.238	3.550	358.809	19.525	0.574	68	Memenuhi	Memenuhi		
Lanta 12	50.4	3.4	68.443	3.205	376.437	17.628	0.518	68	Memenuhi	Memenuhi		
Lanta 13	53.8	3.4	71.201	2.758	391.606	15.169	0.446	68	Memenuhi	Memenuhi		

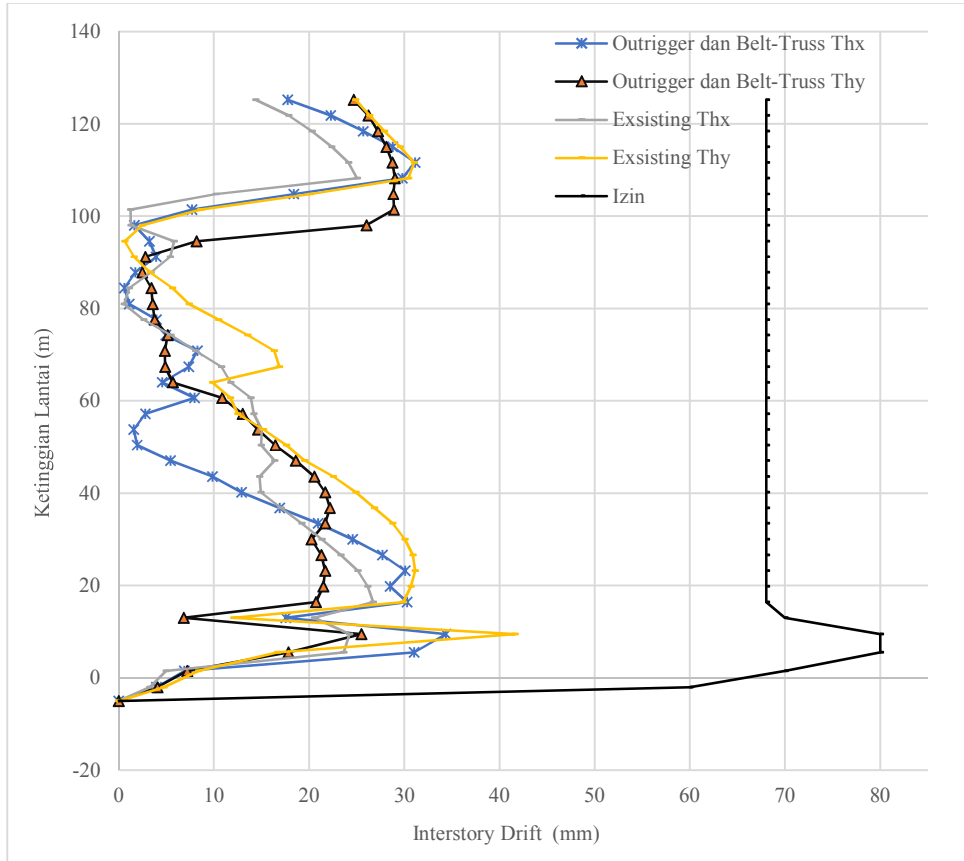
Tabel 4.6 Hasil analisis eksisting dari *interstory drift* dan batas izin struktur arah y (-lanjutan)

Lantai	Interstory Drift arah y (mm)										Kriteria	
	Basal (m)	Top (m)	Simpangan (mm)	Rasio Simpangan (mm)	Simpangan yang diperbesar (mm)	$(\Delta\delta e \times Cd)/I$ (mm)	Rasio simpangan antar lantai (%)	Drift Limit (mm)	$\Delta\delta i / L \leq 1\%$	$((\delta e \times Cd)/I) \leq \Delta e$		
Lantai 14	57.2	3.4	73.471	2.270	404.091	12.485	0.367	68	Memenuhi	Memenuhi		
Lantai 15	60.6	3.4	75.605	2.134	415.828	11.737	0.345	68	Memenuhi	Memenuhi		
Lantai 16	64	3.4	77.4	1.795	425.700	9.872	0.290	68	Memenuhi	Memenuhi		
Lantai 17	67.4	3.4	80.471	3.071	442.591	16.891	0.497	68	Memenuhi	Memenuhi		
Lantai 18	70.8	3.4	83.444	2.973	458.942	16.352	0.481	68	Memenuhi	Memenuhi		
Lantai 19	74.2	3.4	85.903	2.459	472.467	13.524	0.398	68	Memenuhi	Memenuhi		
Lantai 20	77.6	3.4	87.813	1.910	482.972	10.505	0.309	68	Memenuhi	Memenuhi		
Lantai 21	81	3.4	89.156	1.343	490.358	7.387	0.217	68	Memenuhi	Memenuhi		
Lantai 22	84.4	3.4	90.18	1.024	495.990	5.632	0.166	68	Memenuhi	Memenuhi		
Lantai 23	87.8	3.4	90.777	0.597	499.274	3.284	0.097	68	Memenuhi	Memenuhi		
Lantai 24	91.2	3.4	91.064	0.287	500.852	1.579	0.046	68	Memenuhi	Memenuhi		
Lantai 25	94.6	3.4	91.178	0.114	501.479	0.627	0.018	68	Memenuhi	Memenuhi		
Lantai 26	98	3.4	91.625	0.447	503.938	2.459	0.072	68	Memenuhi	Memenuhi		
Lantai 27	101.4	3.4	93.184	1.559	512.512	8.574	0.252	68	Memenuhi	Memenuhi		
Lantai 28	104.8	3.4	96.844	3.660	532.642	20.130	0.592	68	Memenuhi	Memenuhi		
Lantai 29	108.2	3.4	102.379	5.535	563.085	30.443	0.895	68	Memenuhi	Memenuhi		
Lantai 30	111.6	3.4	108.023	5.644	594.127	31.042	0.913	68	Memenuhi	Memenuhi		
Lantai 31	115	3.4	113.4	5.377	623.700	29.574	0.870	68	Memenuhi	Memenuhi		

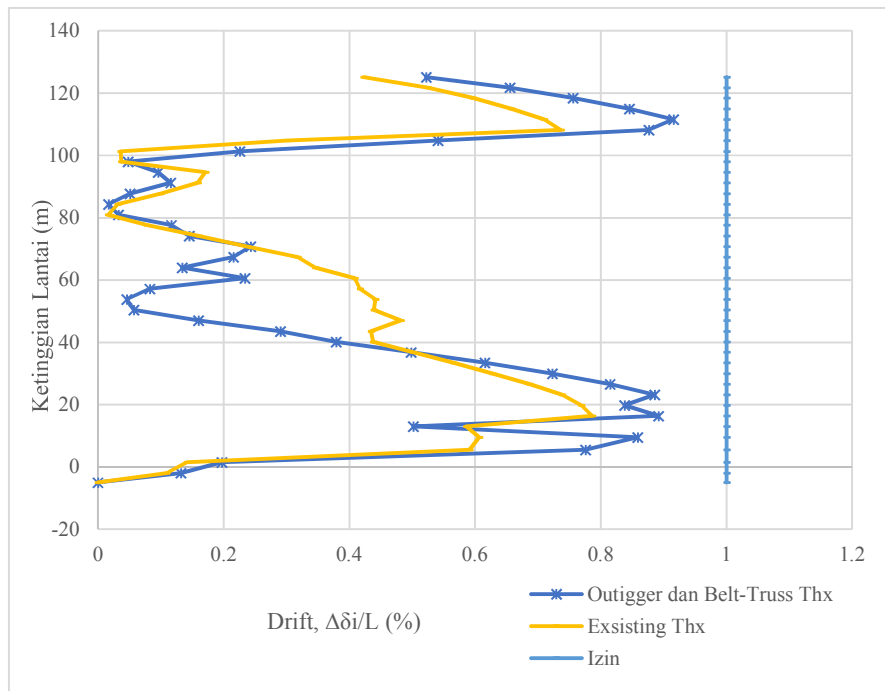
Tabel 4.6 Hasil analisis eksisting dari *interstory drift* dan batas izin struktur arah y (-lanjutan)

Lantai	Elevasi (m)	Tinggi (m)	Interstory Drift arah y (mm)					Kriteria		
			Simpangan (mm)	Rasio Simpangan (mm)	Simpangan yang diperbesar (mm)	Simpangan ($\Delta\delta e \times Cd$)/I (mm)	Rasio simpangan antar lantai (%)	Drift Limit (mm)	$\Delta\delta i / L \leq 1\%$	$((\delta e \times Cd)/I) \leq \Delta e$
Lanta 32	118.4	3.4	118.473	5.073	651.602	27.902	0.821	68	Memenuhi	Memenuhi
Lanta 33	121.8	3.4	123.266	4.793	677.963	26.362	0.775	68	Memenuhi	Memenuhi
Roof	125.2	3.4	127.79	4.524	702.845	24.882	0.732	68	Memenuhi	Memenuhi

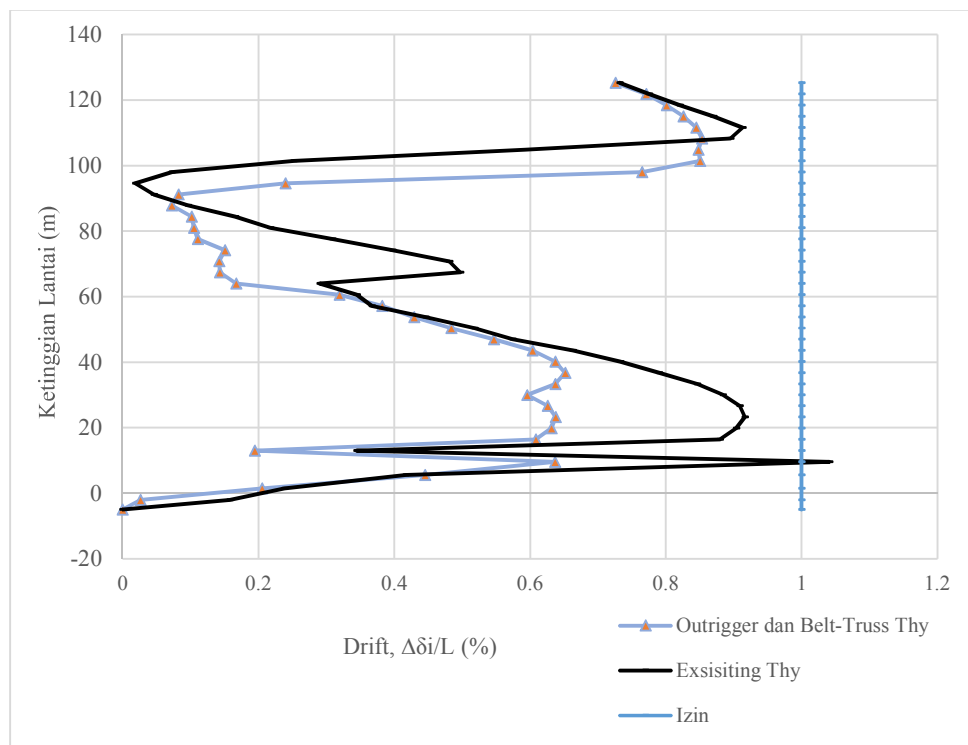
Untuk tabel hasil nilai-nilai *interstory drift* dan batas izin struktur berdasarkan beban gempa tanpa dan dengan penambahan kekuatan sistem *outrigger* dan *belt-truss* tercantum pada lampiran dengan tabel 7- tabel 9.



Gambar 4.5 *Interstory drif* maksimum *time history* arah x dan y.



Gambar 4.6 *Drif ratio* arah x.

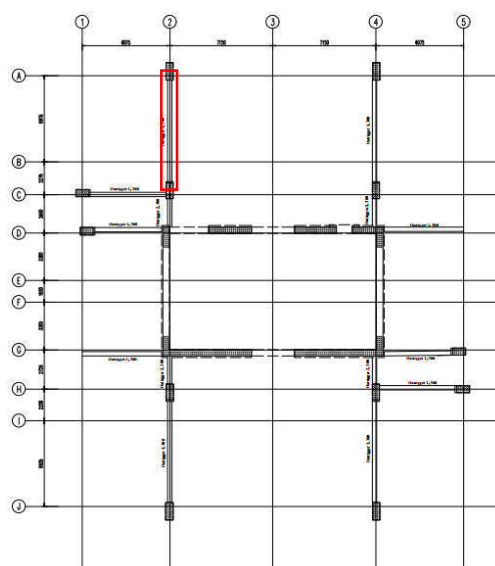


Gambar 4.7 *Drift ratio* arah y.

4.2. Perancangan Struktur

4.2.1. Perancangan *outrigger*

Hasil desain perancangan *outrigger*, didapat dari analisis menggunakan balok tinggi yang memenuhi persyaratan perancangan desain, untuk contoh perhitungan akan ditinjau pada lokasi as 2-C, melalui gambar 4.8.



Gambar 4.8 Lokasi *belt-truss* yang ditinjau.

Data perencanaan *outrigger*

- a. Data gaya tekan dan gaya geser
 1. Gaya geser area lapangan (V_u) = (V_u $_{0,15 \times \ell_n}$) = 2733,12 kN
 2. Momen area lapangan (M_u) = (M_u $_{0,15 \times \ell_n}$) = 53,07 kN.m
 3. Gaya aksial + (P_u) = 2831,22 kN
- b. Mutu Baja
 1. $D\emptyset > 13$ mm U-40 → D22
Tegangan leleh baja (F_y) = 400 Mpa
 2. $D\emptyset 8 - 13$ mm U-24 → D10
Tegangan leleh baja (F_y) = 240 Mpa
 3. Modulus Elastisitas baja (E) = 200000 Mpa
- c. Mutu Beton (F_c') = 35 Mpa
- d. Dimensi
 1. Jarak bersih minimal antar tulangan (t_s) = mm
 2. Selimut beton (d_s) = 40 mm
 3. Bentang total (l_w) = 8250 mm
 4. Bentang bersih (l_n) = 7100 mm
 5. Lebar balok (t_w) = 300 mm
 6. Tinggi bersih (h_w) = 3400 mm
- e. Asumsi faktor reduksi (ϕ) = 0,775 mm
- f. Ukuran kolom arah *outrigger* (b dan b) = 1200 mm dan 100 mm
- g. Menentukan tinggi efektif (d) = 3060 mm
 1. Tinggi efektif balok (d_1) = $h_{balok} - d_s - D_{geser} - \frac{1}{2}D_{lentur}$
 $= 3400 - 52,5 - 10 - \frac{1}{2} \times 22$
 $= 3326,5$ mm
 2. Tinggi efektif balok (d_2) = $0,9 \times h_w$
 $= 0,9 \times 3400$
 $= 3060$ mm

Analisis *outrigger*

- a. Persyaratan balok tinggi
 1. Bentang bersih (ℓ_n), kurang dari kontrol terhadap $4 \times h_w$.

$$\ell_n \leq 4 h$$

$$7100 \text{ mm} \leq 4 \times 3400 = 13600 \text{ mm} \rightarrow \text{Oke}$$

2. Luas minimum tulangan tarik, menggunakan persamaan 2.44 dan persamaan 2.45.

$$A_{S_{\min}} = \frac{0,25 \times \sqrt{F_c'}}{F_y} \times b_w \times d$$

$$A_{S_{\min}} = \frac{0,25 \times \sqrt{35}}{400} \times 300 \times 3060$$

$$A_{S_{\min}} = 3394,35 \text{ mm}^2$$

$$A_{S_{\min}} = \frac{1,4 \times b_w \times d}{F_y}$$

$$A_{S_{\min}} = \frac{1,4 \times 300 \times 3060}{400}$$

$$A_{S_{\min}} = 3213 \text{ mm}^2$$

3. Kuat geser maksimal, menggunakan persamaan 2.46.

$$V_u = \phi \times 0,83 \times \sqrt{F_c'} \times b_w \times d$$

$$V_u = 0,75 \times 0,83 \times \sqrt{35'} \times 300 \times 3060$$

$$V_u = 3380773,372 \text{ kN}$$

4. Jarak tulangan geser maksimal, menggunakan persamaan 2.47 dan persamaan 2.48, dan tidak boleh melebihi 300 mm.

$$A_v = 0,0025 \times b_w \times s_1$$

$$A_v = 0,0025 \times 300 \times 300$$

$$A_v = 225 \text{ mm}$$

$$A_{v_h} = 0,0025 \times b_w \times s_2$$

$$A_{v_h} = 0,0025 \times 300 \times 300$$

$$A_{v_h} = 225 \text{ mm}$$

$$6 \times D = 6 \times 22 = 132 \text{ mm}$$

- b. Desain terhadap momen lentur

1. Faktor bentuk distribusi tegangan beton

$$f_c' \leq 28 \text{ MPa} \quad \rightarrow \beta_1 = 0,85$$

$$28 < f_c' < 56 \text{ MPa} \quad \rightarrow \beta_1 = 0,85 - 0,05 \times \left(\frac{f_c' - 28}{7} \right)$$

$$f_c' > 56 \text{ MPa} \quad \rightarrow \beta_1 = 0,65$$

Dipilih yang $28 < f_c' < 56$ Mpa

$$\beta_1 = 0,85 - 0,05 \times \left(\frac{f_c' - 28}{7} \right)$$

$$\beta_1 = 0,85 - 0,05 \times \left(\frac{35 - 28}{7} \right)$$

$$\beta_1 = 0,8$$

2. Menentukan rasio tulangan (ρ)

a) ρ_{min} .

$$\rho_{min} = \frac{\sqrt{f_c'}}{4 \times f_y} \rightarrow f_c' > 30 \text{ MPa}$$

$$\rho_{min} = \frac{1,4}{f_y} \rightarrow f_c' \leq 30 \text{ MPa}$$

Dipilih yang $f_c' > 30$ Mpa

$$\rho_{min} = \frac{\sqrt{f_c'}}{4 \times f_y} \rightarrow f_c' > 30 \text{ MPa}$$

$$\rho_{min} = \frac{\sqrt{35}}{4 \times 400}$$

$$\rho_{min} = 0,148$$

b) $\rho_{balance}$.

$$\rho_b = \beta_1 \times 0,85 \times \frac{f_c'}{f_y} \times \frac{600}{600 + f_y}$$

$$\rho_b = 0,8 \times 0,85 \times \frac{35}{400} \times \frac{600}{600 + 400}$$

$$\rho_b = 0,0357$$

c) ρ yang diperlukan.

$$\rho = 0,85 \times \frac{f_c'}{f_y} \left(1 - \sqrt{\frac{2 \times R_n}{0,85 \times f_c'}} \right)$$

$$\rho = 0,85 \times \frac{35}{400} \left(1 - \sqrt{\frac{2 \times 0,02099}{0,85 \times 35}} \right)$$

$$\rho = 0,000052$$

d) ρ_{maks} .

$$\rho_{maks} = 0,75 \times \rho_b$$

$$\rho_{maks} = 0,75 \times 0,0357$$

$$\rho_{maks} = 0,0268$$

Kontrol, $\rho_{min} = 0,148 < \rho = 0,000052 < \rho_{max} = 0,0268 \rightarrow \rho = 0,000052$

Menentukan faktor tahanan momen.

a) Faktor tahanan momen maksimum (R_n).

$$R_{max} = 0,75 \times \rho_b \times F_y \times \left[1 - \frac{1}{2} \times 0,75 \times \rho_b \times \frac{F_y}{0,85 \times f_c'} \right]$$

$$R_{max} = 0,75 \times 0,0357 \times 400 \times \left[1 - \frac{1}{2} \times 0,75 \times 0,0357 \times \frac{400}{0,85 \times 35} \right]$$

$$R_{max} = 8,7822$$

b) Faktor tahanan momen (R_n).

$$R_n = \frac{M_u}{\phi \times b \times d^2}$$

$$R_n = \frac{53,07}{\phi \times 300 \times 3060^2}$$

$$R_n = 0,0210$$

Kontrol, $R_n = 0,0210 < R_{max} = 8,7822 \rightarrow$ Oke

3. Luas tulangan yang diperlukan

a) Asperlu.

$$A_{sperlu} = \rho \times b \times d$$

$$A_{sperlu} = 0,000052 \times 300 \times 3060$$

$$A_{sperlu} = 48,194 \text{ mm}^2$$

b) $A_{smin} = 3394,35 \text{ mm}^2$

Jadi rasio tulangan yang diperlukan $A_s = 3394,35 \text{ mm}^2$

4. Kebutuhan lapis tulangan vertikal dan horizontal, menggunakan persamaan

2.49.

$$A_{cw} = t_w \times l_w$$

$$A_{cw} = 300 \times 8250$$

$$A_{cw} = 2,475 \text{ m}^2$$

$V_u = 2733,12 \text{ kN} > V_c = 0,17 \times 2,475 \times 1 \times \sqrt{35} = 2440,38 \text{ kN} \rightarrow$ dua lapis

5. Kebutuhan tulangan transversal setinggi $1/5 h_w$

a) Jumlah tulangan.

$$N_{tulangan} = \frac{A_s \text{ perlu}}{A_s \text{ tulangan}}$$

$$N_{tulangan} = \frac{3394,35}{6,91}$$

$$N_{tulangan} = 8 \text{ buah tulangan per dua lapis}$$

b) Jarak tulangan lentur.

Jarak tulangan = $1/5 \times 3400 = 680$ mm / 4 buah tulangan = 170 mm, dipasang pada sisi ketinggian atas dan bawah dari penampang *outrigger* per lapis

6. Kontrol tegangan dan regangan

a) Kontrol regangan.

1) Tinggi blok tekan beton (a).

$$a = A_s \times \frac{F_y}{0,85 \times f_c' \times b}$$

$$a = 1570796,33 \times \frac{400}{0,85 \times 35 \times 300}$$

$$a = 175 \text{ mm}$$

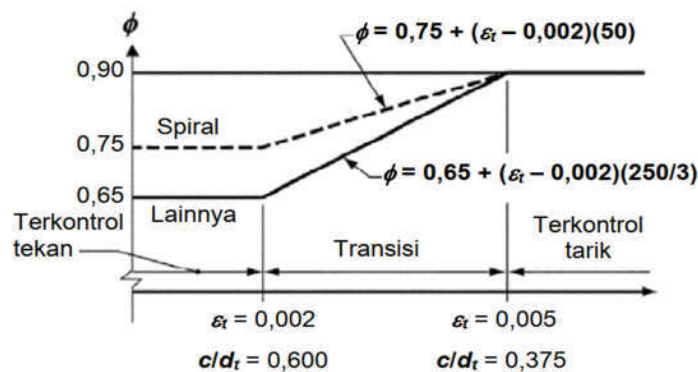
2) Tinggi sumbu netral (c).

$$c = a/\beta_1$$

$$c = 175/0,8$$

$$c = 219,99 \text{ mm}$$

3) Kontrol regangan berdasarkan (BSN, SNI 2847-2013, pada gambar S9.3.2).



Interpolasi pada c/d_t :
 Spiral $\phi = 0,75 + 0,15[(1/(c/d_t) - (5/3))]$
 Lainnya $\phi = 0,65 + 0,25[(1/(c/d_t) - (5/3))]$

Gambar 4.9 Variasi ϕ dengan regangan tarik neto dalam baja tarik terluar (ϵ_t), dan c/d_t untuk tulangan mutu 420 dan untuk baja prategang.

$$\epsilon_t = \frac{(d-c)}{c} \times 0,003 \geq \epsilon_s' = F_y/E_y$$

$$\epsilon_t = \frac{(3060-219,99)}{219,99} \times 0,003 = 0,0388 \geq \epsilon_s' = 400/200000 =$$

0,002 → Leleh → Oke

Cek ϕ untuk $\epsilon_t = 0.002$ $\phi = 0.65$ dan $\epsilon_t = 0.005$ $\phi = 0.9$

antara $\epsilon_t = 0.002$ $\phi = 0.65$ maka $\phi = 0.65 + (\epsilon_t - 0.002) \times (250/3)$

$\epsilon_t = 0,0388 \rightarrow \phi = 0,9$

b) Kontrol tegangan, terhadap kemampuan balok.

$$M_u \leq \phi \times M_n = A_s \times F_y \times \left(d - \frac{a}{2}\right) \times 10^{-6}$$

$$M_u \leq 0,9 \times 53,07 = 1570796,33 \times 400 \times \left(3060 - \frac{175}{2}\right) \times 10^{-6}$$

$$M_u = 47,76 \text{ kN. m} \leq M_n = 4201,57 \text{ kN. m} \rightarrow \text{Oke}$$

c. Desain terhadap geser

1. Kontrol dimensi penampang terhadap gaya geser

$$V_u \text{ pada } 0,15 \times \ell_n \leq V_c \text{ menentukan dari } V_{c \text{ maks}} = 0,83 \times \sqrt{f_c'} \times t_w \times d$$

$$V_c = 0,17 \times A_{cv} \times \lambda \times \sqrt{f_c'}$$

$$V_u \text{ pada } 0,15 \times \ell_n = 2733,12 \text{ kN} \leq V_c = 3380773,372 \text{ kN} \rightarrow \text{Oke penampang mencukupi}$$

2. Gaya geser yang disumbangkan oleh tulangan, menggunakan persamaan 2.50.

$$V_s = \frac{V_u - 0,75 \times V_c}{0,75}$$

$$V_s = \frac{2733,12 - 0,75 \times 2769790,233}{0,75}$$

$$V_s = 3641395,697 \text{ kN}$$

3. Rasio tulangan yang diperlukan (ρ_t) $< 0,0025$

$$\rho_t = \frac{A_s}{t_w \times d}$$

$$\rho_t = \frac{1570796,33}{300 \times 3060}$$

$$\rho_t = 0,00369 < 0,0025 \rightarrow \rho = 0,00369$$

4. Luas tulangan yang diperlukan ($A_{s \text{ perlu}}$)

$$A_{s \text{ perlu}} = \rho \times b \times d$$

$$A_{s \text{ perlu}} = 0,00369 \times 300 \times (3060 - (2 \times 680))$$

$$A_{s \text{ perlu}} = 1885,75 \text{ mm}^2$$

5. Kebutuhan tulangan geser

a) Jumlah tulangan.

$$N_{\text{tulangan}} = \frac{A_{s \text{ perlu}}}{A_{s \text{ tulangan}}}$$

$$N_{\text{tulangan}} = \frac{1885,75}{78,54}$$

Nulangan = 24 buah per dua lapis tulangan

b) Jarak tulangan geser.

Jarak tulangan $A_v = 225$ mm dan $A_{vh} = 225$ mm → jarak yang dipakai
= 170 mm

d. Menentukan *special boundary element*

1. Kontrol apakah butuh *special boundary element*

a) Berdasarkan pendekatan tegangan, menggunakan persamaan 2.53.

$$\frac{P_u}{A_g} + \frac{M_u \times y}{I} > 0,2 f_c'$$

$$\frac{2831,22}{300 \times 8250} + \frac{53,07 \times (0,5 \times 8250)}{1/12 \times 300 \times 8250^3} = 1,15 > 0,2 \times 35 = 7$$

1,15 Mpa < 7 Mpa → *special boundary element* tidak diperlukan

b) Kontrol apakah butuh *special boundary element* berdasarkan pendekatan perpindahan, menggunakan persamaan 2.54.

$$C_{pendekatan} \geq \frac{\ell_w}{600 (\delta_u / h_w)}$$

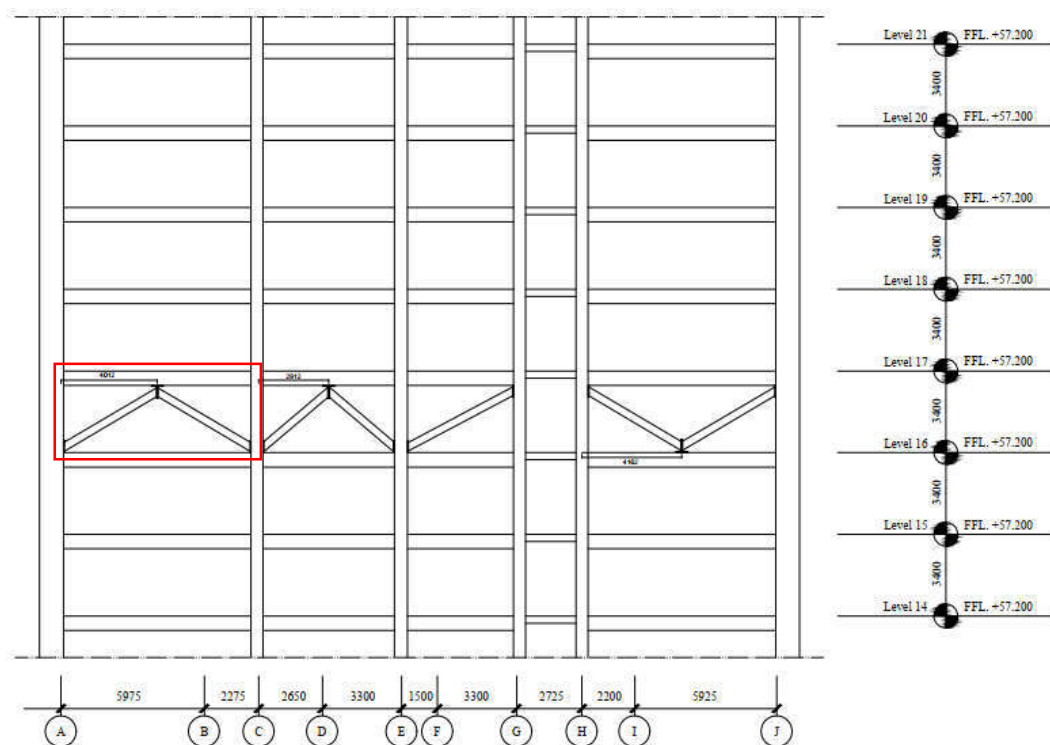
$$C_{pendekatan} = \frac{8250}{600 ((0,7 \times 7 \times 20,7467) / 3400)}$$

$C_{pendekatan} = 0,2199 < 1,97$ → *special boundary element* tidak diperlukan

Maka, dari pendekatan tegangan dan perpindahan, *special boundary element* tidak dibutuhkan

4.2.2. Perancangan *belt-truss*

Hasil desain perancangan *belt-truss*, didapat dari analisis dari batang tekan, batang tarik, dan sambungan *belt-truss* yang memenuhi persyaratan perancangan desain, untuk contoh perhitungan akan ditinjau pada lokasi as A-C pada as 1, melalui gambar 4.10.



Gambar 4.10 Lokasi *belt-truss* yang ditinjau.

- a. Evaluasi elemen terhadap batang tekan dan batang tarik
 1. Data gaya tekan dan gaya geser
 - a. Gaya tekan + = 2682,33 kN
 - b. Gaya tarik - = 2612,32 kN
 2. Data perencanaan sambungan *belt-truss*
 - a) Data profil CHS 318,5.9
 - 1) Luas profil (A) = 8751 mm²
 - 2) Diameter (d=b) = 318,5 mm
 - 3) Tebal (tw=tf) = 9 mm
 - 4) Berat profil (w) = 68,7 kg/m
 - 5) Momen inersia sumbu x dan y (Ix=Iy) = 105000000 mm⁴

$$\begin{aligned}
 6) \text{ Jarak titik berat ke sisi profil (x)} &= 109 \text{ mm} \\
 7) \text{ Jari-jari inersia sumbu (r)} &= \sqrt{\frac{I}{A}} \\
 &= \sqrt{\frac{105000000}{8751}} \\
 &= 109,54 \text{ mm}
 \end{aligned}$$

b) Data spesifikasi bahan

- 1) Tegangan leleh (F_y) = 410 Mpa
- 2) Tegangan putus (F_u) = 550 Mpa
- 3) Tegangan sisi (F_r) = 75 Mpa
- 4) Modulus elastisitas (E) = 200000 Mpa
- 5) Modulus geser (G) = 77200 Mpa
- 6) Poisson Ratio (ν) = 0,3

3. Analisis batang tarik

- a) Kapasitas tarik dari kriteria leleh (*yield*) penampang utuh (ϕP_n), menggunakan persamaan 2.59.

$$P_n = \phi \times F_y \times A_g$$

$$P_n = 0,9 \times 410 \times 8151$$

$$P_n = 3229,119 \text{ kN}$$

- b) Kapasitas tarik dari kriteria fraktur/penampang dilas (ϕP_n).

- 1) Faktor *shear-lag* (U), menggunakan tabel 2.22 dengan parameter profil penampang PSB bundar didapat faktor *shear-lag* masuk dalam kriteria.

$$l \geq 1,3 \times D$$

$$1000,6 \geq 1,3 \times 318,5$$

$$1000,6 \text{ mm} \geq 318,5 \text{ mm} \rightarrow U = 1$$

- 2) Luas penampang bersih netto, $A_n = 8751 \text{ mm}^2$.

- 3) Luas penampang efektif, menggunakan persamaan 2.57.

$$A_e = U \times A_n$$

$$A_e = 1 \times 8751$$

$$A_e = 8751 \text{ mm}^2$$

- Jadi kapasitas tarik dari kriteria fraktur/penampang dilas (ϕP_n), menggunakan persamaan 2.56

$$\phi P_n = \phi \times F_u \times A_e$$

$$\phi P_n = 0,75 \times 550 \times 8151$$

$$\phi P_n = 3609,7875 \text{ kN}$$

- c) Cek batas kelangsingan, menggunakan persamaan 2.59.

$$\frac{l}{r} < 300$$

$$\frac{1000,6}{109,5358} < 300$$

$$9,13 < 300 \rightarrow \text{Aman}$$

Cek kapasitas kuat batang tarik, yang menentukan adalah ϕP_n terkecil yaitu kuat $\phi P_n = 3229,12 \text{ kN} >$ kuat batang tarik $\phi P_u = 2682,33 \text{ kN}$, jadi detail sambungan ini sudah mencukupi untuk mendukung kinerja batang tarik.

4. Analisis batang tekan

- a) Properti geometri.

Jari-jari inersia sumbu (rx)

$$r_{gx} = \frac{1}{2} \times \sqrt{d_{dalam}^2/2 + d_{luar}^2/2}$$

$$r_{gxy} = \frac{1}{2} \times \sqrt{318,5^2/2 + 318,5 \cdot 9^2/2}$$

$$r_{gx} = 111,03 \text{ mm}$$

$$r_{mentukan} = 109,54 \text{ mm}$$

- b) Kalsifikasi elemen penampang berdasarkan tabel 2.23.

- 1) Rasio tebal terhadap diameter

$$d/t \leq 0,11 \times \left(\frac{E}{F_y} \right)$$

$$318,5/9 = 35,39 \leq 0,11 \times \left(\frac{200000}{410} \right) = 53,67 \rightarrow \text{profil penampang tidak langsing, maka kriteria tekuk berdasarkan tabel 2.24 mengalami tekuk lentur.}$$

- 2) Faktor kekakuan (K) pada batang profil, menggunakan tabel 2.25, dengan parameter jenis asumsi tumpuan jepit-jepit didapatkan nilai $K = 0,5$

c) Kuat tekan nominal terhadap tekuk lentur.

- 1) Mencari nilai tegangan kritis berdasarkan keadaan batas tekuk lentur.

$$\frac{K L_x}{r_{\min}} > 4,71 x \sqrt{\frac{E}{F_y}}$$

$$\frac{0,5 x 5700}{109,54} > 4,71 x \sqrt{\frac{200000}{410}}$$

$$26,02 > 104,03 \rightarrow \text{Tekuk lentur } F_{cr} = 0,877 x F_e$$

- 2) Mencari nilai tegangan tekuk euler (F_e).

$$F_e = \frac{\pi^2 E}{\left(\frac{K L_k}{r_{\min}}\right)^2}$$

$$= \frac{3,142857^2 x 200000}{109,54^2} = 928,16 \text{ Mpa}$$

- 3) Mencari tegangan kritis (F_{cr}).

$$F_{cr} = 0,877 x F_e$$

$$= 0,877 x 928,16$$

$$= 340,79 \text{ Mpa}$$

- 4) Kapasitas tekan untuk kondisi batas tekuk, menggunakan persamaan 2.64.

$$\phi P_n = \phi F_{cr} x A_g$$

$$\phi P_n = 0,9 x 340,79 x 8151$$

$$\phi P_n = 2684,03 \text{ kN} > P_u \text{ tekan} = 2682,33 \text{ kN} \rightarrow \text{Oke}$$

- 5) Cek kelangsingan komponen tekan.

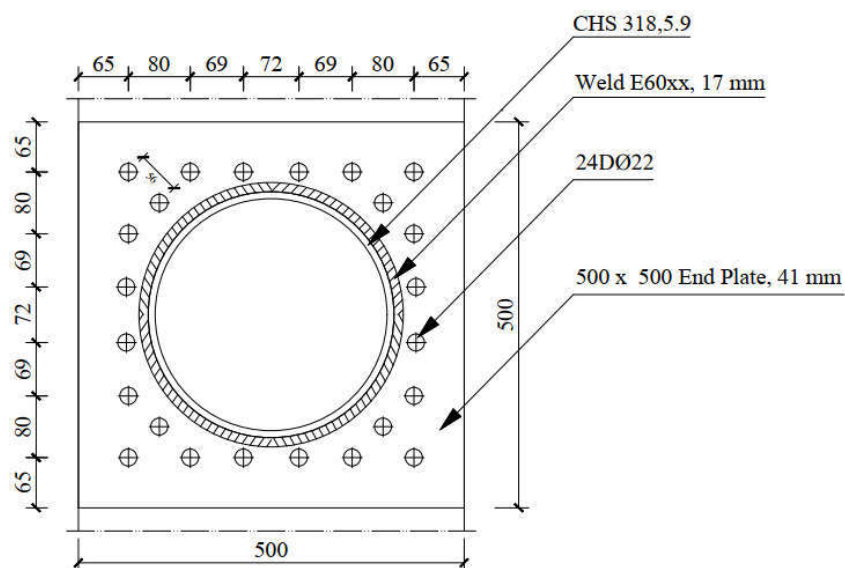
$$\frac{K x L_k}{R_{\min}} < 200$$

$$\frac{2850}{109,54} < 200$$

$$26 < 200 \rightarrow \text{Profil aman}$$

b. Sambungan *belt-truss*

Sambungan *belt-truss* ke kolom direncanakan menggunakan las penetrasi penuh yang mengelilingi profil CHC (*circular hollow sections*), dengan muka pelat buhul yang terhubung profil CHC. Sedangkan pelat buhul digunakan untuk menyatukan profil CHC ke elemen kolom. Penempatan sambungan pada kolom pojok tepi bawah dan atas di bagian pertemuan kolom dan balok. Untuk desain sambungan *belt-truss* ke kolom akan direncanakan sesuai gambar 4.11.



Gambar 4.11 Penampang rencana pelat landas.

Data perencanaan sambungan *belt-truss*

a. Data gaya tekan dan gaya geser

- a) Gaya tekan + = 2682,33 kN
- b) Gaya tarik - = 2612,32 kN
- c) Gaya geser = 5,51 kN
- d) Momen = 7,70 kN.m

b. Data profil CHC 318,5.9

- a) Luas profil (A) = 87,51 mm²
- b) Diameter profil (l) = 318,5 mm
- c) Tebal profil (t) = 9 mm
- d) Momen inersia sumbu (Ix=Iy) = 10500 mm⁴
- e) Jarak titik berat ke sisi profil = 109 mm
- f) Jari-jari inersia sumbu r = 109,54 mm

- g) Berat profil (w) = 68,7 kg
- h) Mutu baja CHC menggunakan BJ 41, dengan
 Tegangan leleh (F_y) = 410 Mpa
 Tegangan putus (F_u) = 550 Mpa
- i) Modulus elastisitas (E) = 200000 Mpa
- j) Modulus geser (G) = 77200 Mpa
- k) Poisson ratio = 0,3
- c. Data pelat landas
- a) Lebar (B) = 500 mm
- b) Panjang (N) = 500 mm
- c) Mutu baja pelat landas menggunakan BJ 41, dengan
 Tegangan leleh (F_y) = 250 Mpa
 Tegangan putus (F_u) = 410 Mpa
- d) Mutu beton (F_c') = 45 Mpa
- e) Ketebalan = 22 mm
- f) Jarak baut terdalam ke muka profil (x) = 40 mm
- g) Jarak muka pelat landas ke muka profil (m) = 181,5 mm
- h) Eksentrisitas (g) = 159,25 mm
- d. Data baut angkur
- a) Diameter baut (d_a) = 22 mm
- b) Jumlah baut (N) = 24 baut angkur
- c) Eksentrisitas (e) = 0
- d) Kedalaman *base-plate* (h_a) = 500 mm
- e) Mutu baja pelat landas menggunakan BJ 41, dengan
 Tegangan leleh (F_{y_t}) = 250 Mpa
 Tegangan putus (F_{u_t}) = 410 Mpa
- e. Data kolom beton bertulang
1. lebar kolom (N) = 500 mm
 2. Lebar kolom (B) = 500 mm
 3. Luas profil (A1) = 10000 mm²

Analisis sambungan *belt-truss* :

1. Sambungan las

- a) Mutu kawat las, digunakan E60xx, dengan F_{exx} sebesar 550 Mpa.
- b) Menentukan ketebalan pelat.
 - 1) Tinggi las minimum (h_e), menggunakan tabel 2.26, dengan parameter ketebalan pelat sambung terkecil, didapat $h_e = 8$ mm.
 - 2) Tebal pelat yang disambung sebesar 75% ketebalan pelat.

$$h_e = 75\% \times t$$

$$h_e = 75\% \times 22$$

$$h_e = 17 \text{ mm} \rightarrow 17 \text{ mm}$$

ketebalan yang menentukan $h_e = 8$ mm

- c) Kapasitas tarik dari kriteria leleh (penampang utuh).

$$\phi P_n = 0,9 \times F_y \times A$$

$$\phi P_n = 0,9 \times 410 \times 8751$$

$$\phi P_n = 3229,12 \text{ kN}$$

- 1) Menentukan panjang las, berdasarkan keliling profil CHC yang terhubung dengan pelat buhul, $L = 1 = 1000,6$ mm.
- 2) Luas efektif las (A_{we}).

$$t_e = 0,707 \times h_e$$

$$t_e = 0,707 \times 17$$

$$t_e = 12,1 \text{ mm}$$

$$A_{we} = t_e \times L$$

$$A_{we} = 12,1 \times 1000,6$$

$$A_{we} = 12107,23 \text{ mm}^2$$

- 3) Kuat kawat per-mm panjang, menggunakan persamaan 2.65.

$$\phi R_n = 0,75 \times F_{nw} \times A_{we}$$

$$\phi R_n = 0,75 \times 330 \times 12107,23$$

$$\phi R_n = 2996,54 \text{ kN/mm}$$

- d) Kapasitas tarik dari kriteria fraktur/penampang dilas (ϕP_n).

- 1) Faktor *shear-lag* (U), menggunakan tabel 2.22 dengan parameter profil penampang PSB bundar didapat faktor *shear-lag* masuk dalam kriteria.

$$1 \geq 1,3 \times D$$

$$1000,6 \geq 1,3 \times 318,5$$

$$1000,6 \text{ mm} \geq 318,5 \text{ mm} \rightarrow U = 1$$

- 2) Luas penampang bersih netto, $A_n = 87,51 \text{ mm}^2$.
 3) Luas penampang efektif, menggunakan persamaan 2.57.

$$A_e = U \times A_n$$

$$A_e = 1 \times 8751$$

$$A_e = 8751 \text{ mm}^2$$

Jadi kapasitas tarik dari kriteria fraktur atau penampang dilas (ϕP_n), menggunakan persamaan 2.56.

$$\phi P_n = 0,75 \times F_u \times A_e$$

$$\phi P_n = 0,75 \times 550 \times 8751$$

$$\phi P_n = 3609,79 \text{ kN}$$

- e) Cek kapasitas kuat batang tarik.

$$\phi P_n \geq P_u$$

$$\phi P_n = 3609,79 \text{ kN} \geq P_u = 2682,33 \text{ kN} \rightarrow \text{Aman}$$

- f) Cek batas kelangsingan, menggunakan persamaan 2.59.

$$\frac{l}{r} < 300$$

$$\frac{1000,6}{11998,63} < 300$$

$$0,083 < 300 \rightarrow \text{Aman}$$

2. Sambungan baja ke beton

- a) *Base-plate*.

- 1) *Trial* dimensi pelat landas menggunakan persamaan 2.76, dengan parameter pendukung menggunakan persamaan 2.78, persamaan 2.79, persamaan 2.83.

$$B \times N = (500 \text{ mm} \times 500 \text{ mm})$$

$$A' = \frac{N}{2} - x \times$$

$$A' = \frac{500}{2} - x \times 40$$

$$A' = 210 \text{ mm}$$

$$f_{pmaks} = \phi_c \times 0.85 \times F_c'$$

$$f_{pmaks} = 0,65 \times 0.85 \times 45$$

$$f_{pmaks} = 24,86 \text{ Mpa}$$

$$f' = \frac{1}{2} \times f_b \times B \times (N - x)$$

$$f' = \frac{1}{2} \times 24,86 \times 500 \times (500 - 45)$$

$$f' = 2859187,5$$

$$A = \frac{f' \pm \sqrt{f'^2 - \frac{2}{3} \times f_b \times B \times (P_u \times A' + M_u)}}{\frac{1}{3} \times f_b \times B}$$

$$A = \frac{2859187,5^2 \pm \sqrt{2859187,5^2 - \frac{2}{3} \times 24,86 \times 500 \times (2682,33 \times 210' + 7,7038)}}{\frac{1}{3} \times 24,86 \times 500}$$

$$A = 1137,78 \text{ mm}$$

Cek terhadap persamaan keseimbangan vertikal dan momen

$$P_u \times \left(\frac{N}{2} - x\right) + M_u = \frac{1}{2} \times f_p \times A \times B \times \left(N - x - \frac{A}{3}\right)$$

$$2682,33 \times \left(\frac{500}{2} - 40\right) + 7,7031 =$$

$$\frac{1}{2} \times 24,86 \times 1137,78 \times 500 \times \left(500 - 40 - \frac{1137,78}{3}\right)$$

$$570993110 \text{ N} = 570993110 \text{ N}$$

- 2) Gaya tarik pada baut angkur, menggunakan persamaan 2.80.

$$T_u = \left(\frac{1}{2} \times f_p \times A \times B\right) - P_u$$

$$T_u = \left(\frac{1}{2} \times 24,86 \times 1137,78 \times 500\right) - 2682,33$$

$$T_u = 4389,69 \text{ kN}$$

Cek terhadap kekuatan tekan konsentris

$$f_p = \frac{P_u}{B \times N} \leq f_{pmaks}$$

$$f_p = \frac{2682,33}{500 \times 500} \leq 24,86 \text{ Mpa}$$

$f_p = 10,73 \text{ Mpa} \leq 24,86 \text{ Mpa} \rightarrow$ Dimensi mencukupi dari tekan konsentris (terhadap rusak)

- 3) Cek terhadap kekuatan tarik dari baut.

Jika dipakai jumlah baut angkur (N_b) 24 buah, diameter baut angkur (ϕ_b)

22 mm, dengan mutu baut (F_{yb}) 250 Mpa.

$$\phi T_n = N_b \times \phi \times A_b \times F_{yb} \gg T_u$$

$$\phi T_n = 24 \times 0,9 \times 22 \times 380,13 \times 250 \gg 4389,69$$

$$\phi T_n = 2052,72 \text{ kN} \gg 4389,69 \text{ kN} \rightarrow \text{Oke}$$

- 4) Kuat tumpu beton, menggunakan persamaan 2.66.

$$P_p = 0,85 \times F_c' \times A_1 \times \sqrt{\frac{A_2}{A_1}} \leq 1,7 \times F_c' \times A_1$$

$$P_p = 0,85 \times 45 \times (500 \times 500) \times 1 \leq 1,7 \times 45 \times (500 \times 500)$$

$$P_p = 6215,63 \text{ N} \leq 19125 \text{ N} \rightarrow P_p = 6215,63 \text{ N}$$

- 5) Mencari nilai l

- a. Parameter m, menggunakan persamaan 2.69.

$$\begin{aligned} m &= \frac{N - 0,95 \times d}{2} \\ &= \frac{500 - 0,95 \times 318,5}{2} \\ &= 98,71 \text{ mm} \end{aligned}$$

- b. Parameter n, menggunakan persamaan 2.70.

$$\begin{aligned} n &= \frac{B - 0,8 \times bf}{2} \\ &= \frac{500 - 0,8 \times 22}{2} \\ &= 241,2 \text{ mm} \end{aligned}$$

- c. Parameter $\lambda n'$, menggunakan persamaan 2.71.

1. Parameter x, menggunakan persamaan 2.73

$$\begin{aligned} X &= \left(\frac{4dbf}{(d + bf)^2} \right) \times \frac{P_u}{\phi_c \times P_p} \\ &= \left(\frac{4 \times 318,5 \times 22}{(22 + 318,5)^2} \right) \times \frac{2682,33}{6215,63} \\ &= 0,10432 \end{aligned}$$

2. Parameter λ , menggunakan persamaan 2.72

$$\begin{aligned} \lambda &= \frac{2\sqrt{X}}{1 + \sqrt{1 - X}} \\ &= \frac{2\sqrt{0,10432}}{1 + \sqrt{1 - 0,10432}} \\ &= 0,33 \leq 1 \rightarrow \text{Oke} \end{aligned}$$

Jadi parameter $\lambda n'$

$$\begin{aligned}\lambda n' &= \frac{1}{4} \lambda x \sqrt{d x b f} \\ &= \frac{1}{4} x 0,33 x \sqrt{318,5 x 22} \\ &= 6,95 \text{ mm}\end{aligned}$$

Jadi l yang dipakai adalah dari parameter $n = 241,2 \text{ mm}$

- 6) Kuat perlu pelat landas, menggunakan persamaan 2.68.

$$M_{pl} = \frac{1}{2} x f_p x l^2$$

$$M_{pl} = \frac{1}{2} x 24,86 x 241,2 x (181,5 - (241,2/3))$$

$$M_{pl} = 303140,01 \text{ N.mm/mm}$$

- 7) Kondisi batas leleh sisi desak, tebal minimum pelat landas menggunakan persamaan 2.74.

$$t_p \geq \sqrt{\frac{4 x M_{pl}}{\phi x f_y}}$$

$$t_p \geq \sqrt{\frac{4 x 303140,01}{0,9 x 250}}$$

$$t_p \geq 73,4 \text{ mm}$$

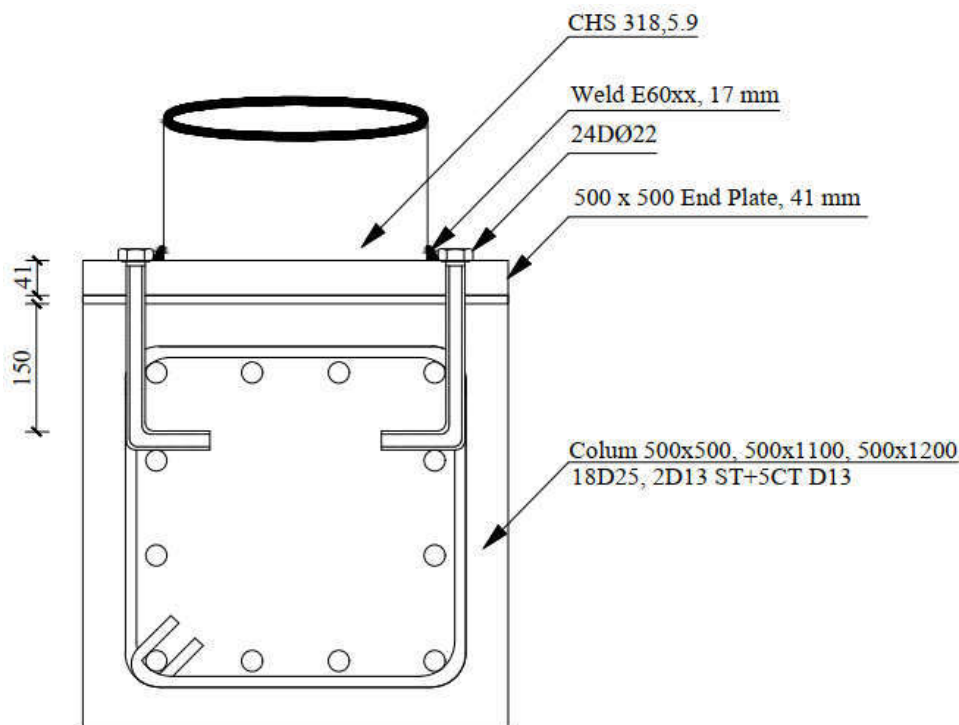
- 8) Kondisi batas leleh sisi tarik, tebal minimum pelat landas.

$$t_p \geq 1,5 x \sqrt{\frac{T_u}{n_b x f_y}}$$

$$t_p \geq 1,5 x \sqrt{\frac{4389,69}{24 x 250}}$$

$$t_p \geq 40,57 \text{ mm} \approx 41 \text{ mm}$$

- b) Baut angkur, analisis pada baut angkur dilakukan *trial* pada konsis tarik dan geser dengan parameter pendukung kedalaman pengankuran dan spesifikasi baut angkur. Untuk desain sambungan baut angkur ke kolom akan direncanakan sesuai gambar 4.12.



Gambar 4.12 Rencana pengankuran pada *base-plate*.

- 1) Data perencanaan pengankuran baut
 - a. Posisi angkur dipinggir $Ca1 = 65 \text{ mm}$; $Ca2 = 65 \text{ mm}$
 - b. Jarak spasi antar angkur baut $s1 = 80 \text{ mm}$; $s2 = 80 \text{ mm}$
 - c. Data properti baut berdasarkan (Dewobroto, Struktur Baja Edisi ke-2, 2016 pada tabel 8.19), dengan parameter diameter angkur baut 22 mm didapatkan nilai-nilai :
 1. Luas baut angkur, $A_g = 0,442 \text{ in}^2$
 2. Jumlah ulir per mm, $nt = 10 \text{ ulir/in}$
 $= 0,394 \text{ ulir/mm}$
 3. Luas penampang efektif, $A_{se,N.Ase,V} = 0,334 \text{ in}^2$
 4. Pitch, $P = 2,54 \text{ mm/ulir}$

2) Kuat baut angkur terhadap tarik

- a. Luas penampang baut angkur efektif terhadap tarik dengan nilai terkecil, menggunakan persamaan 2.82 dan persamaan 2.83.

$$A_{se,N} = \frac{\pi}{4} \times \left(d_a - \frac{0,9784}{n_t} \right)^2$$

$$A_{se,N} = \frac{\pi}{4} \times \left(22 - \frac{0,9784}{0,394} \right)^2$$

$$A_{se,N} = 299,2 \text{ mm}^2 \rightarrow \text{Menentukan}$$

$$A_{se,N} = \frac{\pi}{4} \times (d_a - 0,9382 \times P)^2$$

$$A_{se,N} = \frac{\pi}{4} \times (22 - 0,9382 \times 2,54)^2$$

$$A_{se,N} = 302,24 \text{ mm}^2$$

- b. Kuat baut angkur terhadap tarik (N_{sa}), menggunakan persamaan 2.81.

$$N_{sa} \geq \emptyset \times A_{se,N} \times f_{uta}$$

$$N_{sa} \geq 0,7 \times 299,2 \times 410 \times 24$$

$$N_{sa} \geq 2207,81 \text{ kN}$$

3) Kuat jebol beton terhadap tarik

- a. Luas proyeksi kerusakan beton (A_{nc}), menggunakan persamaan 2.85, dengan syarat $C_{a1} < 1,5h_{ef}$ dan $S_1 < 3 h_{ef}$.

1. Cek syarat

$$C_{a1} < 1,5h_{ef} \text{ dan } S_1 < 3 h_{ef}$$

$$65 \text{ mm} < 1,5 \times 150 = 225 \text{ mm} \text{ dan } 80 \text{ mm} < 3 h_{ef} = 3 \times 150 = 450 \text{ mm} \rightarrow \text{Oke persamaan 2.89 dipakai.}$$

2. $A_{nc} = (C_{a1} + S_1 + 1,5h_{ef}) \times ((C_{a2} + S_2 + 1,5h_{ef}))$

$$A_{nc} = (65 + 80 + 225) \times ((65 + 80 + 225))$$

$$A_{nc} = 136900 \text{ mm}^2$$

- b. Bentuk keruntuhan beton (A_{nco}), menggunakan persamaan 2.86.

$$A_{nco} = 9 \times h_{ef}^2$$

$$A_{nco} = 9 \times 150^2$$

$$A_{nco} = 202500 \text{ mm}^2$$

Jadi keruntuhan beton

$$\begin{aligned}
 &= \frac{AN_c}{AN_{co}} \\
 &= \frac{136900}{202500} \\
 &= 0,67
 \end{aligned}$$

- c. Faktor modifikasi kuat tarik baut angkur kelompok dengan beban yang eksentrisitas ($\Psi_{ed,N}$), menggunakan persamaan 2.97.

$$\Psi_{ec,N} = \frac{1}{\left(1 + \frac{2e'n}{3 \times h_{ef}}\right)} \leq 1,0$$

$$\Psi_{ec,N} = 1$$

- d. Faktor modifikasi untuk memperhitungkan pengaruh baut angkur dibagian pinggir fondasi ($\Psi_{ed,N}$), menggunakan persamaan 2.88.

$$\Psi_{ed,N} = 0,7 + 0,3 \frac{C_{a, \min}}{1,5 \times h_{ef}} \leq 1,0$$

$$\Psi_{ed,N} = 0,7 + 0,3 \frac{65}{1,5 \times 150} \leq 1,0$$

$$\Psi_{ed,N} = 0,79$$

- e. Pengaruh beban kerja terhadap kuat tekan tarik baut angkur terjadi keretakan saat pemasangan, maka $\Psi_{c,N} = 1$
- f. Tegangan tarik belah pada baut angkur, pasca pasang pada beton polos ($\Psi_{cp,N}$), menggunakan persamaan 2.89.

$$\Psi_{cp,N} = \left(\frac{C_{a, \min}}{C_{ac}} \leq \frac{15 \times h_{ef}}{C_{ac}} \right) \leq 1,0$$

$$\Psi_{cp,N} = 1$$

- g. Kuat dasar jebol untuk baut angkur kepala segi enam (N_b), dengan syarat $280 \text{ mm} \leq h_{ef} \leq 635 \text{ mm}$, menggunakan persamaan 2.90.

$$N_b = 3,9 \times \lambda_a \times \sqrt{f_c'} \times h_{ef}^{\frac{5}{3}}$$

$$N_b = 10 \times 3,9 \times 1 \times \sqrt{45} \times 150^{\frac{5}{3}}$$

$$N_b = 5681,17 \text{ kN}$$

- h. Kuat jebol nominal terhadap tarik dari baut angkur kelompok (N_{cbg}), menggunakan persamaan 2.84.

$$N_{cbg} = \frac{AN_c}{AN_{co}} \times \Psi_{ec,N} \times \Psi_{ed,N} \times \Psi_{c,N} \times \Psi_{cp,N} \times N_b$$

$$N_{cbg} = 0,67 \times 1 \times 0,79 \times 1 \times 1 \times 5681,17$$

$$N_{cbg} = 1610,84 \text{ kN}$$

$$\phi N_{cb} = \phi \times N_{cbg}$$

$$\phi N_{cb} = 0.7 \times 1610,84$$

$$\phi N_{cb} = 412,44 \text{ kN}$$

- 4) Kuat cabut baut angkur dari beton
- Faktor modifikasi analisis angkur pada daerah yang secara analisis belum retak pada kondisi beban kerja $\psi_{c,p} = 1$, dengan asumsi timbul retak
 - Kuat cabut tarik untuk baut angkur (N_p), menggunakan persamaan 2.92.

$$N_p = 4,05 \times f_c'$$

$$N_p = 4,05 \times 45$$

$$N_p = 182,25 \text{ kN}$$
 - Kuat cabut rencana terhadap gaya tarik (N_{pn}), menggunakan persamaan 2.91.

$$N_{pn} = \phi \times \psi_{c,p} \times N_p$$

$$N_{pn} = 0.7 \times 1 \times 182,25$$

$$N_{pn} = 3061,8 \text{ kN}$$
- 5) Kuat ambrol muka samping beton terhadap tarik, menggunakan persamaan 2.94 dengan syarat $h_{ef} > 2,5 C_{a1}$ dan spasi antar angkur kurang dari $6 C_{a1}$.
- Cek syarat
- $h_{ef} > 2,5 C_{a1}$ dan spasi antar angkur kurang dari $6 C_{a1}$
- $150 \text{ mm} > 2,5 \times 65 = 162,5 \text{ mm}$ dan spasi antar angkur kurang dari $s_1 = 80 \text{ mm} < 6 \times 65 = 390 \rightarrow$ persamaan pada 2.97 tidak perlu dievaluasi
- 6) Rangkuman kuat batas baut angkur terhadap tarik
- Kuat tarik baut angkur = 2207,8 kN
 - Kuat jebol beton = 312,4 N
 - Kuat cabut beton = 3062,8 kN
 - Kuat ambrol muka tepi beton = N/A

Maka kuat batas angkur terhadap tarik $\phi N_{sa} = 3062,8 \text{ kN} > N_{ua} = 2682,32 \text{ kN} \rightarrow$ Oke aman

Untuk kuat batas angkur terhadap tarik, diambil yang paling terbesar dikarenakan angkur ini ditanam pada kolom beton bertulangan, yang dalam hal perencanaan pelat landas terhadap tarik tidak memperhitungkan efek dari adanya tulangan dari kolom, hanya didesain berdasarkan efek tarik tanpa beton tanpa tulangan saja.

7) Kuat baut angkur terhadap geser (V_{sa}), menggunakan persamaan 2.95.

$$V_{sa} = 0,60 \times A_{se,v} \times F_{uta}$$

$$V_{sa} = 0,60 \times 299,16 \times 410$$

$$V_{sa} = 1148 \text{ kN}$$

8) Kuat jebol beton terhadap geser.

a. Luas proyeksi kerusakan beton terhadap geser dari baut kelompok (A_{vc}), menggunakan persamaan 2.97.

$$A_{vc} = (2 \times 1,5 \times C_{a1,1} + S_2) \times 1,5 \times C_{a1,1}$$

$$A_{vc} = (2 \times 1,5 \times 65 + 80) \times (1,5 \times 65)$$

$$A_{vc} = 26812,5 \text{ mm}^2$$

b. Luas proyeksi kerusakan beton terhadap geser dari baut angkur tunggal (A_{vco}), menggunakan persamaan 2.98.

$$A_{vco} = 4,5 \times C_{a1}^2$$

$$A_{vco} = 4,5 \times 65^2$$

$$A_{vco} = 19012,5 \text{ mm}^2$$

c. Faktor modifikasi kuat geser baut angkur kelompok dengan beban eksentrisitas ($\Psi_{ec,v}$), menggunakan persamaan 2.99.

$$\Psi_{ec,v} = \frac{1}{\left(1 + \frac{2e'n}{3 \times C_{a1}}\right)} \leq 1,0$$

$$\Psi_{ec,v} = 1$$

d. Faktor modifikasi untuk memperhitungkan pengaruh baut angkur dibagian pinggir fondasi ($\Psi_{ed,v}$), menggunakan persamaan 2.100.

$$\Psi_{ed,v} = 0,7 + 0,3 \frac{C_{a2}}{1,5 \times C_{a1}} \leq 1,0$$

$$\Psi_{ed,v} = 0,7 + 0,3 \frac{65}{1,5 \times 150} \leq 1,0$$

$$\Psi_{ed,V} = 0,79$$

- e. Pengaruh beban kerja terhadap kuat geser angkur ($\Psi_{c,V}$), diasumsikan terjadi keretakan saat pemasangan, maka $\Psi_{c,V} = 1$.
- f. Faktor modifikasi kuat geser baut angkur ($\Psi_{h,v}$), menggunakan persamaan 2.105, dengan syarat $h_a \leq C_{c1}$.

Cek syarat

$$h_a \leq C_{c1}$$

$h_a = 500 \text{ mm} \leq C_{c1} = 54 \rightarrow$ maka persamaan 2.101 tidak dapat digunakan dan $\Psi_{h,v} = 1$

- g. Kuat dasar jebol terhadap gaya geser dari baut angkur tunggal pada beton yang telah mengalami retak (V_b), diambil dari nilai terkecil menggunakan persamaan 2.102, dan persamaan 2.103.

$$V_b = 0,6 \times \left(\frac{l_e}{d_a}\right)^{0,2} \times \sqrt{d_a} \times \lambda_a \times \sqrt{f_c'} \times C_{a1}^{1,5}$$

$$V_b = 0,6 \times \left(\frac{8 \times 22}{22}\right)^{0,2} \times \sqrt{22} \times 1 \times \sqrt{45} \times 65^{1,5}$$

$$V_b = 14,99 \text{ kN}$$

$$V_b = 3,7 \times \lambda_a \times \sqrt{f_c'} \times C_{a1}^{1,5}$$

$$V_b = 3,7 \times 1 \times \sqrt{45} \times 65^{1,5}$$

$$V_b = 13 \text{ kN} \rightarrow \text{Menentukan } V_b = 13 \text{ kN}$$

- e. Kuat jebol beton rencana, terhadap geser dari baut angkur kelompok (V_{cbg}), menggunakan persamaan 2.96.

$$V_{cbg} = \emptyset \frac{A_{vc}}{A_{vco}} \times \Psi_{ec,V} \times \Psi_{ed,V} \times \Psi_{c,V} \times \Psi_{h,v} \times V_b$$

$$V_{cbg} = 0,7 \times \frac{26812,5}{19012,5} \times 1 \times 1 \times 1 \times 1 \times 13$$

$$V_{cbg} = 12,84 \text{ kN}$$

- 9) Kuat ambrol muka samping beton terhadap geser (V_{cpg}), menggunakan persamaan 2.104.

a. $N_{cb} = N_{cp} = 1107,87 \text{ kN}$

b. $H_{ef} > 65 \text{ mm} \rightarrow K_{cp} = 2$

c. $\emptyset V_{cpg} = \emptyset \times K_{cpg} \times N_{cpg}$

$$\emptyset V_{cpg} = 0,7 \times 2 \times 1107,87$$

$$\phi V_{cpg} = 1551,02 \text{ kN}$$

10) Rangkuman kuat batas baut angkur terhadap tarik.

- a. Kuat geser baut angkur = 299,16 kN
- b. Kuat jebol beton = 12,84 N
- c. Kuat rompal = 1551,021 kN

Maka kuat batas angkur terhadap tarik $\phi N_{sa} = 12,84 \text{ kN} > N_{ua} = 5,5136 \text{ kN} \rightarrow$ Oke aman.

11) Interaksi gaya tarik dan gaya geser, menggunakan persamaan 2.105

Dengan syarat

$$\frac{N_{ua}}{\phi N_n} > 0,2 \text{ terhadap Tarik}$$

$$\frac{2682,32}{3061,8} = 0,87 > 0,2 \rightarrow \text{Oke}$$

$$\frac{V_{ua}}{\phi V_n} > 0,2 \text{ terhadap geser}$$

$$\frac{5,5136}{12,84} = 0,43 > 0,2 \rightarrow \text{Oke}$$