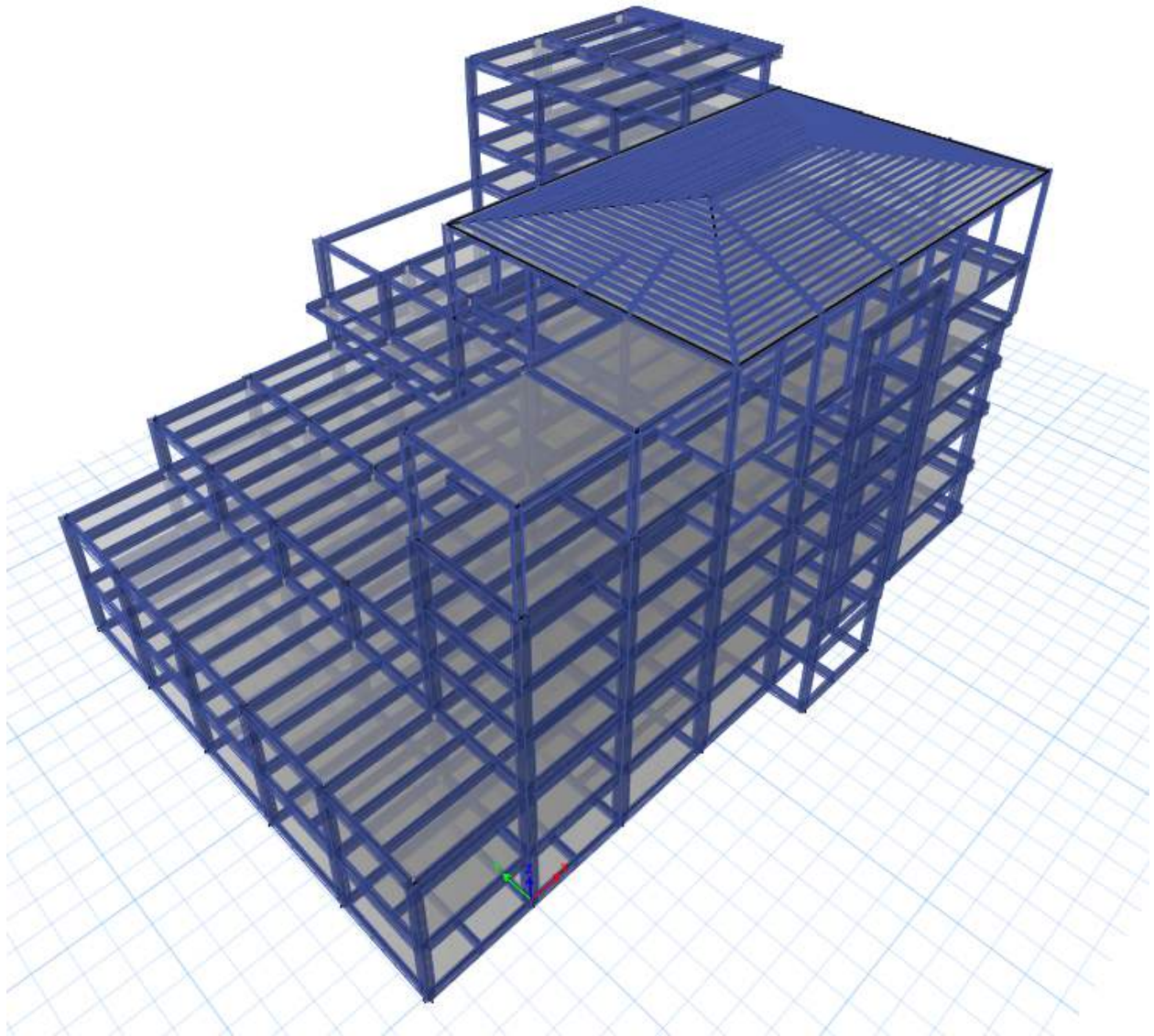


**LAPORAN EVALUASI KONDISI STRUKTUR RoomsInc
DALAM RANGKA PENAMBAHAN BALLROOM**



SEMARANG, AGUSTUS 2025

Disusun Oleh : Ir. Gabriel J.P. Ghewa, S.T., M.T., IPP

BAB 1. PENDAHULUAN

Rencana pengembangan fasilitas pada bangunan RoomsInc berupa penambahan ballroom merupakan bagian dari upaya peningkatan kapasitas dan kualitas pelayanan terhadap tamu serta penyelenggaraan acara berskala besar. Penambahan fungsi ruang ini memerlukan kajian teknis yang cermat terhadap kondisi eksisting bangunan, khususnya dari sisi struktur, untuk memastikan bahwa perluasan tersebut dapat dilakukan tanpa mengurangi keamanan dan kinerja struktural bangunan utama.

Evaluasi kondisi struktur dilakukan sebagai langkah awal dalam perencanaan teknis, dengan tujuan utama untuk mengetahui kapasitas dukung struktur yang ada terhadap tambahan beban dari ballroom, serta potensi dampak terhadap elemen-elemen struktural lainnya. Kajian ini mencakup analisis visual, pengecekan data teknis bangunan eksisting, serta pemodelan dan perhitungan ulang sesuai standar yang berlaku.

Melalui laporan ini, diharapkan diperoleh gambaran menyeluruh mengenai kelayakan teknis struktur RoomsInc dalam menampung penambahan ballroom, termasuk rekomendasi perkuatan atau modifikasi yang mungkin diperlukan. Evaluasi ini menjadi dasar penting bagi perencanaan desain dan pelaksanaan konstruksi agar tetap memenuhi aspek keselamatan, kenyamanan, serta efisiensi dalam proses pembangunan.

1.1. Keterangan Umum Gedung

- Nama Gedung : Hotel Rooms Inc
- Lokasi : Jl. Pemuda No.150, Sekayu, Kota Semarang
- Tinggi Gedung : $\pm 38\text{m}$
- Sistem Struktur : *Open Frame* (Kolom Balok), Sistem Rangka Pemikul Momen Khusus (SRPMK)
- Pondasi : Pondasi eksisting menggunakan *square pile* berukuran 40cm x40cm dengan kedalaman kurang lebih 24m.

1.2. Kriteria *Assessment* Struktur

Assessment struktur dilakukan dengan 3 metode, yaitu *rebar scanning*, untuk mengetahui jumlah tulangan pada elemen struktur, *hammer test*, untuk mengetahui nilai kuat tekan elemen struktur, dan *modelling* struktur menggunakan software bantu,

untuk mengetahui kinerja struktur saat menerima beban tambahan dari ballroom. Acuan normatif yang digunakan untuk menilai kelayakan struktur adalah sebagai berikut.

- a. SNI 2847:2019 : Persyaratan beton struktural untuk bangunan gedung dan penjelasan
- b. SNI 1726 :2019 : Tata cara perencanaan ketahanan gempa untuk struktur bangunan gedung dan nongedung
- c. SNI 1727:2020 : Beban Desain Minimum dan Kriteria Terkait untuk Bangunan Gedung dan Struktur Lain
- d. SNI 1729:2019 : Spesifikasi untuk Bangunan Gedung Baja Struktural
- e. SNI 1729:2002 : Tata Cara Perencanaan Struktur Baja untuk Bangunan Gedung
- f. ASCE 7-16 : Minimum Design Loads and Associated Criteria for Buildings and Other Structures
- g. ACI

1.3. Pembebanan

Pembebanan gedung diacu pada SNI 1727:2020 sebagai berikut.

- Beban mati tambahan pada pelat lantai : 1.51kN/m^2
- Beban hidup pada communal area : 4.79kN/m^2
- Beban hidup area kamar hotel : 1.92kN/m^2
- Beban mati atap : 0.6kN/m^2
- Beban hidup atap : 0.96kN/m^2
- Beban dinding : 3.87kN/m^2
- Beban angin : menggunakan fitur *auto lateral load* sesuai ASCE 7-16

1.3.1. Kombinasi Pembebanan Dasar

Kombinasi pembebanan dasar berdasarkan SNI 1726:2019 Ps. 4.2.2.1 sebagai berikut :

- $1.4D + 1.4SD$
- $1.2D + 1.2SD + 1.6L + 0.5Lr$
- $1.2D + 1.2SD + 1.6Lr + L$
- $1.2D + 1.2SD + W + L + 0.5Lr$
- $0.9D + 0.9SD + W$

Kombinasi pembebanan dengan pengaruh beban seismic berdasarkan SNI 1726:2019 Ps 4.2.2.3 sebagai berikut :

- $1.2D + 1.2SD + Ev + Eh + L$
- $0.9D + 0.9SD - Ev + Eh$

Dengan keterangan :

D = Beban Mati (berat sendiri struktur)

SD = SuperDead (beban Mati akibat factor luar)

L = Beban Hidup

Lr = Beban Hidup atap

W = Beban Angin

Ev = Pengaruh Beban Gempa Vertikal (SNI 1726:2019. Ps. 7.4.2.2)

Eh = Pengaruh Beban gempa Horizontal (SNI 1726:2019 Ps. 7.4.2.1)

- $E_h = p \cdot Q_E$ (p = Faktor redundansi SNI 1726:2019 Ps 7.3.4.2 = 1.3 ; Q_E = Pengaruh Gaya Gempa Horizontal dari V atau F_p (SNI 1726:2019 Ps 7.5.3))
- $E_v = 0.2 \cdot SDS \cdot D$ (SDS = Percepatan Respon Spektrum Periode Pendek dari Rsa.ciptakarya.pu.go.id Kota Semarang $\rightarrow 0.71$)

Prosedur arah pembebanan gempa diambil berdasarkan SNI 1726:2019 Ps 7.5.3 : “Pengaruh beban kritis akibat arah penerapan gaya seismic pada struktur dianggap terpenuhi jika elemen struktur dan fondasinya didesain untuk memikul beban yang ditetapkan berikut : 100% gaya untuk satu arah ditambah 30% gaya untuk arah tegak lurus. Kombinasi yang mensyaratkan kekuatan komponen maksimum harus digunakan”. Maka penjabaran beban dinamik menjadi sebagai berikut :

- $(1.2 + 0.2SDS) D + (1.2 + 0.2SDS) SD + L + 1.(p.Ex) \pm 0.3 (p.Ey)$
- $(1.2 + 0.2SDS) D + (1.2 + 0.2SDS) SD + L + 0.3.(p.Ex) \pm 1 (p.Ey)$
- $0.9 D + 0.9 SD + 0.5Lr \pm 1(p.Ex) \pm 0.3(p.Ey)$
- $0.9 D + 0.9 SD + 0.5Lr \pm 0.3(p.Ex) \pm 1 (p.Ey)$

Maka, kombinasi beban dasar dan beban gempa dijabarkan lagi menjadi seperti pada tabel 1.

Tabel 1.1. Rekap Kombinasi Beban

	D	SD	L	Ex	EY	Lr	W
K1	1.4	1.4					
K2	1.2	1.2	1.6			0.5	
K3	1.2	1.2	1			1.6	
K4	1.2	1.2	1			0.5	1
K5	1.342	1.342	1	1.3	0.39		
K6	1.342	1.342	1	1.3	-0.39		
K7	1.342	1.342	1	-1.3	0.39		
K8	1.342	1.342	1	-1.3	-0.39		
K9	1.342	1.342	1	0.39	1.3		
K10	1.342	1.342	1	0.39	-1.3		
K11	1.342	1.342	1	-0.39	1.3		
K12	1.342	1.342	1	-0.39	-1.3		
K13	1.042	1.042		1.3	0.39		
K14	1.042	1.042		1.3	-0.39		
K15	1.042	1.042		-1.3	0.39		
K16	1.042	1.042		-1.3	-0.39		
K17	1.042	1.042		0.39	1.3		
K18	1.042	1.042		0.39	-1.3		
K19	1.042	1.042		-0.39	1.3		
K20	1.042	1.042		-0.39	-1.3		

BAB 2. REPORT HASIL ASSESSMENT LAPANGAN

2.1. Laporan Hasil *Hammer Test*

Hammer Test dilakukan pada 23 titik kolom, 7 titik balok dan 5 titik pelat, dan mendapatkan hasil sebagai berikut :

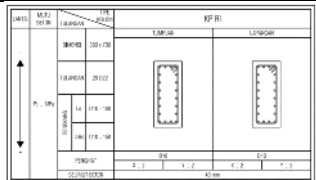
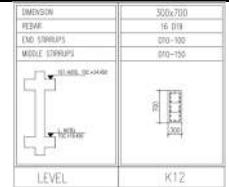
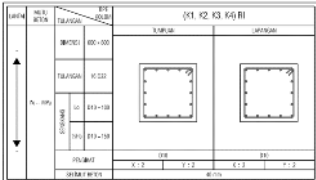
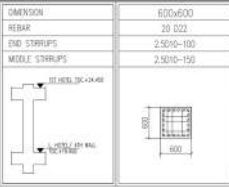
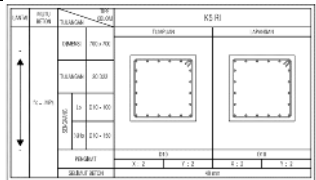
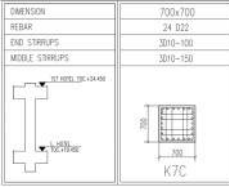
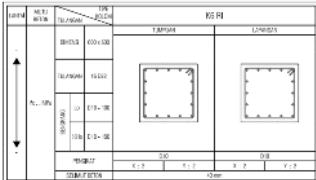
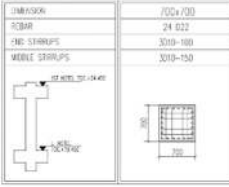
Elemen Struktur	Nilai Rata-Rata Kuat Tekan (kg/cm^2)	Faktor Konversi Kuat Tekan Kubus -> Silinder	Rata-Rata Kuat Tekan Teroreksi (kg/cm^2)	Rata-Rata Kuat Tekan Terkoreksi (MPa)
Kolom	327.7	0.83	272	26.6
Balok	377.4	0.83	313	30.6
Pelat Lantai	409.8	0.83	340	33.3
Rata-rata Kuat Tekan				30

Selengkapnya, mengenai dokumentasi dan hasil keseluruhan *hammer test* dapat dilihat pada dokumen terpisah.

2.2. Laporan *Rebar Scanning*

Titik pengujian *rebar scanning* sama dengan *hammer test*, dan menunjukkan sedikit perbedaan pada penampang hasil *rebar scanning* dan penampang pada gambar *as built*. Rekap perbedaannya dapat dilihat pada tabel 2.

Tabel 2.1. Rekap Hasil *Rebar Scanning*

Hasil <i>Rebar Scanning</i>	<i>As Built</i>	Perbedaan	Posisi
		Tulangan : Rebar 20D22 ; As Built : 16D19	Lantai L, As A1
		Tulangan : Rebar 16D22 ; As Built : 20D22	Lt L, As A2, C1, C2, C3
		Tulangan : Rebar 20D22 ; As Built : 24D22	Lt L, As D4
		Tulangan : Rebar 16D22 ; As Built : 24D22	Lt L, As D3

		Tulangan : Rebar 32D22 ; As Built : 40D22	Lt L, As C4
		Tulangan : Rebar 16D22 ; As Built : 20D22	Lt L, As E3 dan E2
		Tulangan : Rebar 30D19 ; As Built : 40D22 Penampang Rebar : 300x1500, As Built 400x2300	Lt P, As B4
		Tulangan : Rebar 32D22 ; As Built : 40D22	Lt P, As C4
		Tulangan : Rebar 20D22 ; As Built : 24D22	Lt P, As D4
			Lt P, As E4
			Lt P, As F4
			Lt P, As F3

			Lt P, As E3
			Lt P, As D3
		Tul Rebar Total 15D22 + 8D16; Tul As Built 12D22 + 2D13 Penampang rebar : 300x750, Penampang As Built 300x800	Lt P, As C4-D4 ; C3-D3, D4-E4
		Tul Rebar Total 11D22 + 6D16; Tul As Built 9D16 + 2D13	Lt P, As C3'-D3'
		Tul Rebar Total 19D22 + 8D16; Tul As Built 18D22 + 2D13 Penampang rebar : 350x750, Penampang As Built 350x800	Lt P, as C3-C4
		Pada As Built, di as tersebut tertera ukuran balok 35x50, namun ketika diukur, ukuran balok 550x1200	Lt P, As D1-D2
		Tul Rebar Total 11D22 + 6D16; Tul As Built 9D22 + 2D13	Lt P, As E1'-E2'

BAB 3. REPORT PEMODELAN STRUKTUR

3.1. UMUM

Pemodelan struktur dibagi menjadi 3 bagian. Bagian pertama berisikan tentang standar dan syarat yang digunakan dalam pemodelan. Yang kedua adalah deskripsi pemodelan struktur, dan bagian ketiga adalah pemaparan hasil analisis struktur. Standard yang digunakan adalah SNI 2847:2019 dan SNI 1726:2019. Kombinasi dan jenis pembebanan mengacu pada BAB 1, dan beberapa persyaratan lainnya dibahas pada poin 3.2.

3.2. DESKRIPSI PEMODELAN

Model struktur merupakan *open frame* (Struktur kolom balok) dengan prinsip sistem rangka pemikul momen khusus (SRPMK). Dalam desain SRPMK, maka *properties* struktur didesain sebagai berikut.

3.2.1. Kolom

Berdasarkan SNI 2847:2019 Ps. 6.3.1, ***“Untuk rangka berpengaku (braced), nilai relatif kekakuan sangat penting. Asumsi yang sering digunakan adalah $0,5I_g$ untuk balok dan I_g untuk kolom. Untuk rangka bergoyang, sebuah estimasi yang realistis untuk I diharapkan dan harus digunakan jika analisis orde kedua dikerjakan. Petunjuk untuk memilih I pada kasus ini diberikan dalam 6.6.3.1.”***

Maka, merujuk ke Ps. 6.6.3.1 yang berbunyi ***“Momen inersia diambil dari MacGregor dan Hage (1977), yang dikalikan dengan faktor reduksi kekakuan sebesar $\phi K = 0,875$ (mengacu pada R6.6.4.5.2). Sebagai contoh, momen inersia kolom adalah $0,875(0,80I_g) = 0,70I_g$.”***

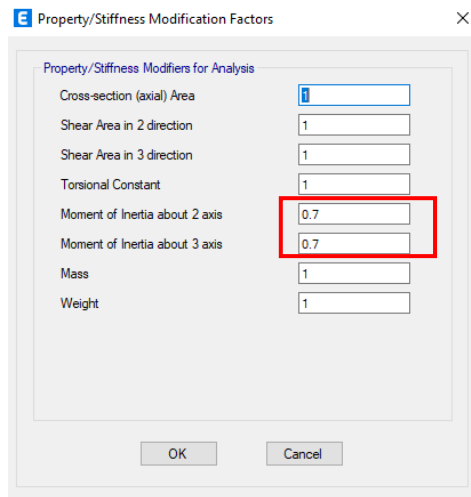
Kemudian mengacu pada tabel 6.6.3.1.1(a) SNI 2847:2019 (Gambar 3.1), maka diambil nilai momen inersia kolom = 0.7.

Tabel 6.6.3.1.1(a) – Momen inersia dan luas penampang yang diizinkan untuk analisis elastis pada level beban terfaktor

Bagian dan kondisi		Momen inersia	Luas penampang
Kolom		$0,70 I_g$	$1,0 A_g$
Dinding	Tidak retak	$0,70 I_g$	
	Retak	$0,35 I_g$	
Balok		$0,35 I_g$	
Pelat datar dan slab datar		$0,25 I_g$	

Gambar 3.1. Nilai I Sesuai Tabel 6.6.3.1.1(a) SNI 2847:2019

Karena itu, properties modifier pada model kolom dibuat seperti gambar 3.2.

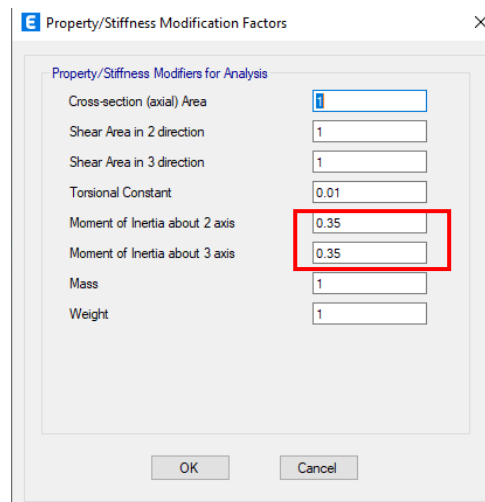


Gambar 3.2. Modifikasi Faktor Kekakuan Kolom

Inersia pada kolom direduksi dari 1 menjadi 0.7, sesuai dengan SNI 2847:2019 Ps. 6.6.3.1.

3.2.2. Balok

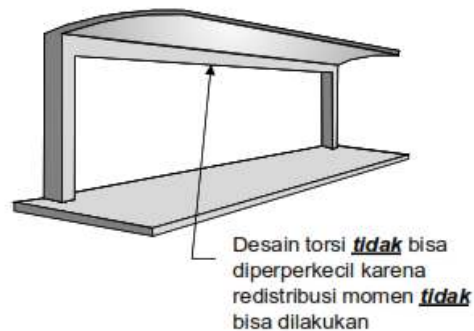
Inersia pada balok mengacu pada gambar 3.1. Maka *properties* balok didesain sebagai berikut.



Gambar 3.3. Modifikasi Faktor Kekakuan Balok

Kemudian dapat dilihat nilai *torsional constant* pada modifikasi factor kekakuan balok bernilai 0.01. Hal ini karena model konfigurasi hubungan kolom-balok-dan pelat membentuk konfigurasi torsi model kompatibilitas. Hal ini sesuai dengan SNI 2847:2019 Ps. 22.7.3 :***"Momen torsi bisa direduksi dengan redistribusi gaya internal setelah retak (22.7.3.2) jika torsi terjadi dari komponen struktur terpuntir untuk mempertahankan kompatibilitas deformasi."*** Ini juga

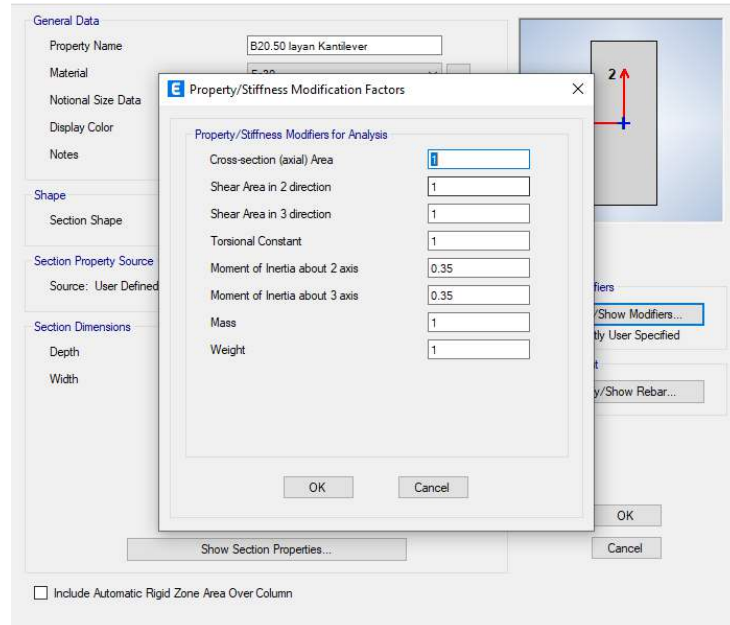
sesuai dengan dokumen ACI 318-14 Ps. 3.5.3.1 yang berbunyi :*"If redistribution is desired, the user should release the torsional DOF in the structural model or reduce the torsional stiffness of the member as the user finds appropriate."* Maka dalam desain ini, nilai torsi pada balok diambil 1%. Namun pada balok kantilever, sesuai gambar 22.7.3a pada SNI 2847:2019, torsi pada balok kantilever tidak dapat direduksi (gambar 3.4).



Gambar R22.7.3a – Torsi keseimbangan, momen torsi desain yang tidak dapat dikurangi (22.7.3.1).

Gambar 3.4. Gambaran Torsi Model Keseimbangan Pada Balok Kantilever

Maka, desain torsi pada balok kantilever tetap bernilai 1, seperti pada gambar 3.5.

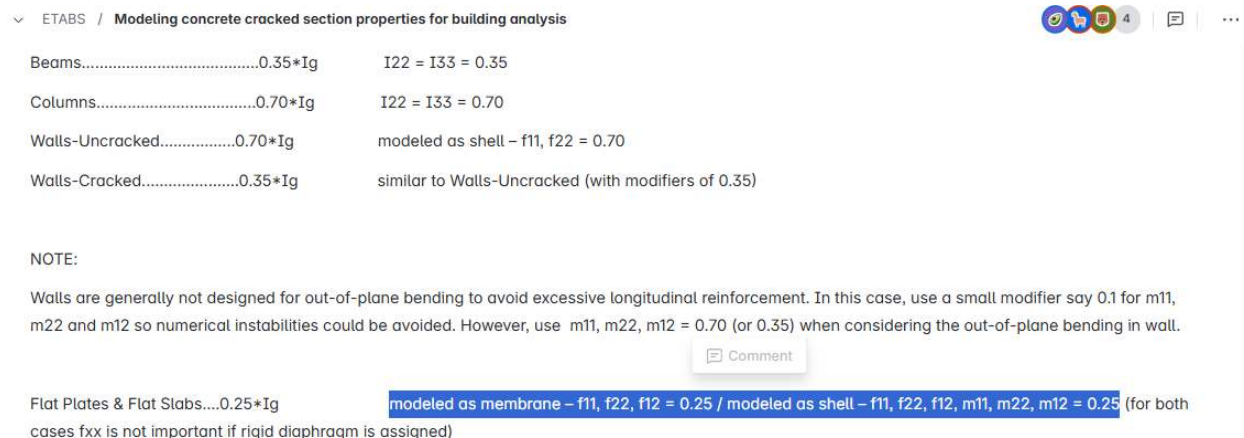


Gambar 3.5. Modifikasi Faktor Kekakuan Pada Balok Kantilever

Dengan demikian, desain balok sudah sesuai dengan SNI 2847:2019 dan ACI 318-14, sehingga dilanjutkan pada *properties* pelat lantai.

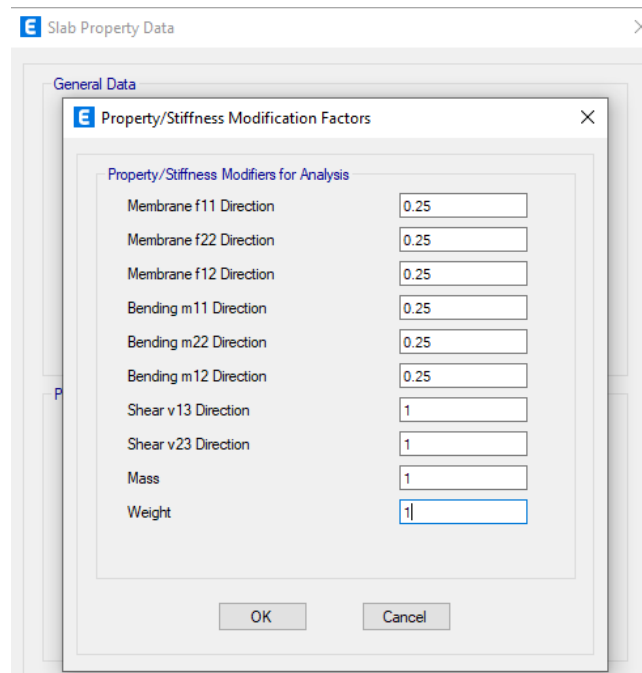
3.2.3. Pelat Lantai

Modifikasi factor kekakuan untuk pelat lantai sesuai dengan 6.6.3.1.1(a), yaitu sebesar 0.25I. Namun karena properties pelat lantai pada software tidak terdapat inersia, maka mengacu pada pedoman software (gambar 3.6), modifikasi factor kekakuan dilakukan padanilai f11 sampai m12.



Gambar 3.6. Pedoman Modifikasi Faktor Pelat Lantai ETABS

Maka, input nilai modifikasi factor pada pelat lantai dapat dilihat pada gambar 3.7.



Gambar 3.7. Modifikasi Faktor kekakuan Pelat Lantai

Dengan demikian modifikasi factor untuk kekakuan elemen struktur telah selesai dan dilanjutkan ke analisis struktur.

3.3. HASIL ANALISIS STRUKTUR

Hasil analisis struktur dibagi menjadi 3 bagian, yaitu hasil partisipasi massa dan moda getar struktur, hasil analisis struktur eksisting, dan hasil analisis struktur terhadap kondisi pondasi.

3.3.1. Kontrol Moda Getar

Moda getar pada gedung perlu dikontrol untuk memastikan presentase partisipasi massa dan moda Gerakan struktur ketika menerima beban dinamik. Kontrol pertama dilakukan terhadap 3 moda awal struktur. Prinsipnya, moda 1 dan 2 harus didominasi translasi, dan moda 3 diperkenankan terjadi rotasi. Berdasarkan hasil analisis, moda getar pada struktur dapat dilihat pada gambar 3.

TABLE: Modal Participating Mass Ratios								
Case	Mode	Period	UX	UY	UZ	RX	RY	RZ
		sec						
Modal	1	1.749	0.0145	0.4261	0	0.3964	0.0203	0.2529
Modal	2	1.541	0.6286	0.0297	0	0.0208	0.3985	0.0001
Modal	3	1.2	0.0294	0.1743	0	0.0425	0.0001	0.3444

Gambar 3.8. Hasil Moda Getar Struktur

Berdasarkan gambar 3.8, dapat dilihat bahwa moda getar pertama didominasi translasi pada arah Y. Pada moda getar kedua didominasi translasi pada arah X. Pada moda getar ketiga, didominasi rotasi pada arah Z. Dengan demikian, moda getar struktur menunjukkan perilaku yang normal dan sistem struktur open frame dapat diterima. Selanjutnya, control partisipasi massa dapat dilihat pada gambar 3.9.

TABLE: Modal Participating Mass Ratios				
Case	Mode	Period	SumUX	SumUY
		sec		
Modal	47	0.088	0.9	0.9005
Modal	48	0.088	0.9	0.9005
Modal	49	0.086	0.9	0.9005
Modal	50	0.084	0.9005	0.9005

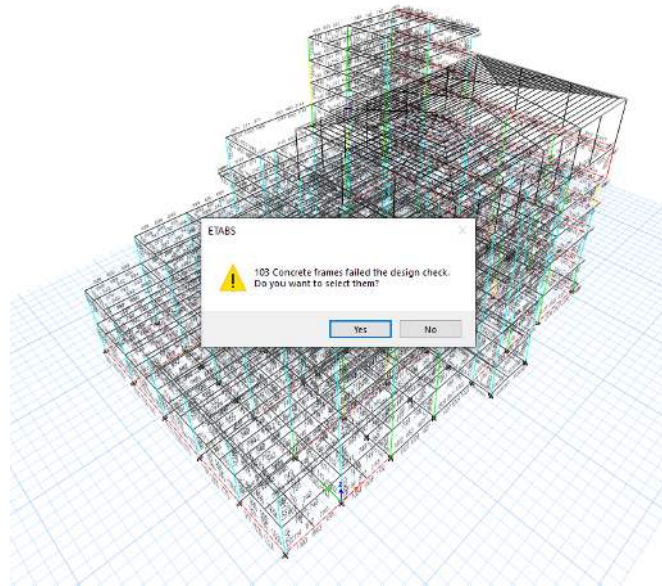
Gambar 3.9. Hasil Partisipasi Massa

Pada analisis dinamik, jumlah ragam terkombinasi menurut SNI 1726:2019 Ps. 7.9.1.1 diizinkan paling sedikit mencapai 90% dari massa aktual dan mensyaratkan jumlah ragam minimal 12. Dalam analisis ini, jumlah ragam ditingkatkan hingga 90 untuk mencapai kondisi partisipasi massa 90%. Kondisi Partisipasi massa sebesar 90% tercapai pada ragam ke 47.

Dengan demikian, control moda getar struktur memenuhi persyaratan pada SNI 1726:2019.

3.3.2. Hasil Analisis Struktur Eksisting

Penambahan ballroom membuat struktur di bawah ballroom menerima beban tambahan. Beban tambahan tersebut bisa berupa beban tekan (axial), momen, dan juga lateral tambahan dari beban angin atau beban torsi akibat ketidakberaturan struktur karena adanya struktur tambahan. Berdasarkan hasil analisis struktur, terdapat 103 elemen struktur **beton bertulang** yang terindikasi mengalami kegagalan. 3 di luar dari 103 elemen tersebut adalah kolom, dan sisanya merupakan balok (gambar 3.10)



Gambar 3.10. Hasil Analisis Struktur Beton Bertulang

103 elemen struktur yang terindikasi gagal kemudian diverifikasi dengan bantuan Excel, untuk mengidentifikasi apakah kegagalan terjadi akibat lentur atau geser. Dari 103 elemen struktur yang terindikasi gagal pada software analisis struktur, yang benar-benar terverifikasi gagal dengan bantuan ms. Excel sebanyak 39 elemen. Hasil data dilihat pada tabel 3.1 berikut. Data lengkap dapat dilihat pada Lampiran 1.

Tabel 3.1. Hasil Verifikasi Manual Dengan Ms. Excel

1	TB1	Base	I5-I6	NOT OK	OK	OK	OK
2	TB1	Base	I4-I5	NOT OK	OK	OK	OK
3	TB1	Base	I3-I4	NOT OK	OK	OK	OK
4	TB1	Base	I2-I3	NOT OK	OK	OK	OK
5	TB1	Base	I1-I2	NOT OK	OK	OK	OK
6	TB1	Base	F6-G6	NOT OK	OK	OK	OK
7	TB1	Base	E6-F6	NOT OK	OK	OK	OK
8	TB1	Base	D6-E6	NOT OK	OK	OK	OK
9	TB1	Base	C6-D6	NOT OK	OK	OK	OK
10	TB1	Base	C1-C2	NOT OK	OK	OK	OK
11	TB1	Base	E2-F2	NOT OK	OK	OK	OK
12	TB1	Base	F2-G2	NOT OK	OK	OK	OK
13	TB1	Base	H5-H6	NOT OK	OK	OK	OK
15	TB3	Base	H1-I1	NOT OK	OK	OK	OK
16	TB3	Base	G1-H1	NOT OK	OK	OK	OK
17	TB3	Base	G2-H2	NOT OK	OK	OK	OK
18	TB3	Base	B1-B2	NOT OK	OK	OK	OK
19	TB4	Base	A3'-B3'	NOT OK	OK	NOT OK	OK
20	TB4	Base	A4-B4	NOT OK	NOT OK	NOT OK	OK
21	TB4	Base	A4"-B4"	NOT OK	OK	NOT OK	OK
22	TB5	Base	A3-A4	NOT OK	NOT OK	NOT OK	OK
23	TB5	Base	A4-A5	NOT OK	NOT OK	NOT OK	OK
24	TB9	Base	H6-I6	NOT OK	OK	OK	OK
26	TB9	Base	H5-I5	NOT OK	OK	OK	OK
27	TB9	Base	G5-H5	NOT OK	OK	OK	OK
29	TB11	Base	D1-E1	NOT OK	OK	OK	OK
30	TB11	Base	D2-E2	NOT OK	OK	OK	OK
32	TB12	Base	C2-D2	NOT OK	OK	OK	OK
34	TB13	Base	B2-C2	NOT OK	OK	OK	OK
75	B30/80	LT L	A1-B1	NOT OK	NOT OK	NOT OK	OK
77	B30/70	Ballroom	E3-F3	NOT OK	NOT OK	OK	OK
78	B30/60	Ballroom	E1-E2	NOT OK	OK	OK	NOT OK
82	B20/50	Ballroom	A3-A4	NOT OK	OK	OK	OK
83	B20/50	Ballroom	A2-A3	NOT OK	OK	OK	OK
84	B20/50	Ballroom	A1-A2	NOT OK	OK	OK	OK
90	B30/60	Ballroom	A4-B4	NOT OK	OK	OK	NOT OK
91	B30/50	Ballroom	A3-B3	NOT OK	NOT OK	NOT OK	OK
92	B30/50	Ballroom	A3-B3	NOT OK	NOT OK	NOT OK	OK
97	B30/60	Lt 2 Hotel	A4-B4	NOT OK	OK	OK	OK

Terdapat 34 elemen balok yang terverifikasi gagal struktur. Pada balok juga, terdapat lantai dengan konfigurasi balok baja, yaitu pada pelat lantai L dan lantai 1 hotel. Dari analisis struktur, diketahui hanya terdapat 1 balok baja yang terindikasi mengalami kegagalan, yaitu balok dengan kode BS 7, As F2-F3, elevasi 24.5m dengan data kegagalan yang dapat dilihat pada gambar 3.11.

COMBO ID	STATION LOC	MOMENT RATIO	INTERACTION CHECK	MAJ-SHR RATIO	MIN-SHR RATIO
DSt1S1	3667.5	0.485 (C)	= 0.015 + 0.469 + 0.001	0.107	1.0E-04
DSt1S1	4000.0	0.385 (C)	= 0.015 + 0.369 + 3.1E-04	0.121	1.0E-04
DSt1S1	4000.0	0.380 (C)	= 0.013 + 0.367 + 0.001	0.027	5.7E-05
DSt1S1	4500.0	0.331 (C)	= 0.013 + 0.318 + 1.9E-04	0.048	5.7E-05
DSt1S1	5000.0	0.255 (C)	= 0.013 + 0.242 + 2.4E-04	0.069	5.7E-05
DSt1S1	5000.0	0.250 (C)	= 0.011 + 0.239 + 1.4E-04	0.060	0.000
DSt1S1	5500.0	0.158 (C)	= 0.011 + 0.147 + 1.2E-04	0.081	0.000
DSt1S1	6000.0	0.038 (C)	= 0.011 + 0.027 + 9.7E-05	0.102	0.000
DSt1S1	6000.0	0.035 (C)	= 0.011 + 0.023 + 6.9E-05	0.108	0.000
DSt1S1	6500.0	0.143 (C)	= 0.011 + 0.131 + 4.4E-05	0.129	0.000
DSt1S1	7000.0	0.325 (C)	= 0.011 + 0.314 + 1.8E-05	0.150	0.000
DSt1S1	7000.0	0.334 (C)	= 0.014 + 0.320 + 0.001	0.166	5.3E-05
DSt1S1	7325.0	0.481 (C)	= 0.014 + 0.467 + 3.8E-04	0.180	5.3E-05
DSt1S1	7650.0	0.639 (C)	= 0.014 + 0.626 + 1.2E-04	0.193	5.3E-05
DSt1S2	350.0	0.987 (C)	= 0.009 + 0.977 + 0.001	0.363	1.8E-04

Gambar 3.11. Hasil Analisis Struktur Balok Baja

Karena itu, dilakukan pengecekan Kembali dengan Ms Excel untuk mengetahui apakah balok benar mengalami kegagalan. Perhitungan dapat dilihat sebagai berikut.

A. DATA BAHAN

Tegangan leleh baja (*yield stress*),

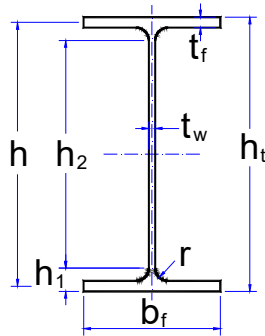
Tegangan sisa (*residual stress*),

Modulus elastik baja (*modulus of elasticity*),

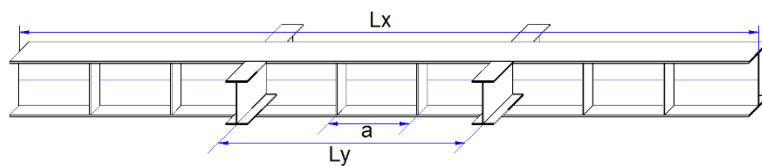
Angka Poisson (*Poisson's ratio*),

f_y	=	420	MPa
f_r	=	70	MPa
E	=	200000	MPa
ν	=	0.3	

B. DATA PROFIL BAJA



Profil :	WF(300x150x6.5x9)	
h_t =	350	mm
b_f =	150	mm
t_w =	6.5	mm
t_f =	9	mm
r =	13	mm
A =	4678	mm ²
I_x =	72100000	mm ⁴
I_y =	5080000	mm ⁴
r_x =	124	mm
r_y =	32.9	mm
S_x =	481000	mm ³
S_y =	67700	mm ³
Berat : w =	367	N/m



C. DATA BALOK

Panjang elemen thd.sb. x,
 Panjang elemen thd.sb. y (jarak dukungan lateral),
 Jarak antara pengaku vertikal pada badan,
 Tebal plat pengaku vertikal pada badan,
 Momen maksimum akibat beban terfaktor,
 Momen pada 1/4 bentang,
 Momen di tengah bentang,
 Momen pada 3/4 bentang,
 Gaya geser akibat beban terfaktor,
 Faktor reduksi kekuatan untuk lentur,
 Faktor reduksi kekuatan untuk geser,

L_x =	8000	mm
L_y =	2000	mm
a =	2000	mm
t_s =	8	mm
M_u =	163947700	Nmm
M_A =	48823600	Nmm
M_B =	62830600	Nmm
M_C =	4850800	Nmm
V_u =	159662	N
ϕ_b =	0.90	
ϕ_f =	0.75	

D. SECTION PROPERTIES

$G = E / [2 * (1 + \nu)] =$	76923	MPa
$h_1 = t_f + r =$	22.00	mm
$h_2 = h_t - 2 * h_1 =$	306.00	mm
$h = h_t - t_f =$	341.00	mm
$J = \sum [b * t^3 / 3] = 2 * 1/3 * b_f * t_f^3 + 1/3 * (h_t - 2 * t_f) * t_w^3 =$	103291.8	mm ⁴
$I_w = I_y * h^2 / 4 =$	1.477E+11	mm ⁶
$X_1 = \pi / S_x * \sqrt{ [E * G * J * A / 2] } =$	12592.0	MPa
$X_2 = 4 * [S_x / (G * J)]^2 * I_w / I_y =$	0.0004261	mm ² /N ²
$Z_x = t_w * h_t^2 / 4 + (b_f - t_w) * (h_t - t_f) * t_f =$	639464.0	mm ³
$Z_y = t_f * b_f^2 / 2 + (h_t - 2 * t_f) * t_w^2 / 4 =$	104756.8	mm ³

E. PERHITUNGAN KEKUATAN

Syarat yg harus dipenuhi untuk balok dengan pengaku, maka nilai : $a / h \leq 3.0$

$$a / h = 5.865 > 3.00$$

→ tidak berlaku rumus balok dg pengaku

Ketebalan plat badan dengan pengaku vertikal tanpa pengaku memanjang harus memenuhi : $h / t_w \leq 7.07 \cdot \sqrt{E / f_y}$

$$52.462 < 154.28 \rightarrow \text{tebal plat badan memenuhi (OK)}$$

1. MOMEN NOMINAL PENGARUH LOCAL BUCKLING

1.1. Pengaruh tekuk lokal (local buckling) pada sayap

Kelangsingan penampang sayap, $\lambda = b_f / t_f = 16.667$

Batas kelangsingan maksimum untuk penampang *compact*, $\lambda_p = 500 / \sqrt{f_y} = 24.398$

Batas kelangsingan maksimum untuk penampang *non-compact*, $\lambda_r = 625 / \sqrt{f_y} = 30.497$

Momen plastis, $M_p = f_y \cdot Z_x = 268574880$ Nmm

Momen batas tekuk, $M_r = S_x \cdot (f_y - f_r) = 168350000$ Nmm

Momen nominal penampang untuk :

a. Penampang <i>compact</i> ,	$\lambda \leq \lambda_p$
→	$M_n = M_p$
b. Penampang <i>non-compact</i> ,	$\lambda_p < \lambda \leq \lambda_r$
→	$M_n = M_p - (M_p - M_r) \cdot (\lambda - \lambda_p) / (\lambda_r - \lambda_p)$
c. Penampang <i>langsing</i> ,	$\lambda > \lambda_r$
→	$M_n = M_r \cdot (\lambda_r / \lambda)^2$

$$\lambda < \lambda_p \text{ dan } \lambda < \lambda_r$$

Berdasarkan nilai kelangsingan sayap, maka termasuk penampang *compact*

Momen nominal penampang dihitung sebagai berikut :

<i>compact</i> :	$M_n = M_p =$	268574880	Nmm
<i>non-compact</i> :	$M_n = M_p - (M_p - M_r) \cdot (\lambda - \lambda_p) / (\lambda_r - \lambda_p) =$	-	Nmm
<i>langsing</i> :	$M_n = M_r \cdot (\lambda_r / \lambda)^2 =$	-	Nmm

Momen nominal untuk penampang : *compact* $M_n = 268574880$ Nmm

1.2. Pengaruh tekuk lokal (*local buckling*) pada badan

Kelangsingan penampang badan, $\lambda = h / t_w = 52.462$

Batas kelangsingan maksimum untuk penampang *compact*,
 $\lambda_p = 1680 / \sqrt{f_y} = 81.976$

Batas kelangsingan maksimum untuk penampang *non-compact*,
 $\lambda_r = 2550 / \sqrt{f_y} = 124.427$
 $\lambda < \lambda_p$ dan $\lambda < \lambda_r$

Berdasarkan nilai kelangsingan badan, maka termasuk penampang **compact**

Momen nominal penampang dihitung sebagai berikut :

<i>compact</i> :	$M_n = M_p = 268574880$	Nmm
<i>non-compact</i> :	$M_n = M_p - (M_p - M_r) * (\lambda - \lambda_p) / (\lambda_r - \lambda_p) = -$	Nmm
<i>langsing</i> :	$M_n = M_r * (\lambda_r / \lambda)^2 = -$	Nmm
Momen nominal untuk penampang :	compact $M_n = 268574880$	Nmm

2. MOMEN NOMINAL BALOK PLAT BERDINDING PENUH

Kelangsingan penampang badan, $\lambda = h / t_w = 52.462$

Untuk penampang yang mempunyai ukuran :
 $h / t_w > \lambda_r$
 $52.462 > 30.497$

maka momen nominal komponen struktur, **harus** dihitung dengan rumus :

$M_n = K_g * S * f_{cr}$	
dengan, $K_g = 1 - [a_r / (1200 + 300 * a_r)] * [h / t_w - 2550 / \sqrt{f_{cr}}]$	
a. Untuk kelangsingan :	$\lambda_G \leq \lambda_p \rightarrow f_{cr} = f_y$
b. Untuk kelangsingan :	$\lambda_p < \lambda_G \leq \lambda_r$ $\rightarrow f_{cr} = C_b * f_y * [1 - (\lambda_G - \lambda_p) / (2 * (\lambda_r - \lambda_p))] \leq f_y$
c. Untuk kelangsingan :	$\lambda_G > \lambda_r \rightarrow f_{cr} = f_c * (\lambda_r / \lambda_G)^2 \leq f_y$
Untuk tekuk torsi lateral :	$\rightarrow f_c = C_b * f_y / 2 \leq f_y$
Untuk tekuk lokal :	$\rightarrow f_c = f_y / 2$

Koefisien momen tekuk torsi lateral,

$C_b = 12.5 * M_u / (2.5 * M_u + 3 * M_A + 4 * M_B + 3 * M_C) = 2.49 > 2.3$
 $\rightarrow$ diambil, $C_b = 2.30$

Perbandingan luas plat badan terhadap luas plat sayap,

$a_r = h * t_w / (b_f * t_f) = 1.642$

Momen inersia, $I_1 = I_y / 2 - 1/12 * t_w^3 * 1/3 * h_2 = 2537666 \text{ mm}^4$

Luas penampang, $A_1 = A / 2 - 1/3 * t_w * h_2 = 1676 \text{ mm}^2$

Jari-jari girasi daerah plat sayap ditambah sepertiga bagian plat badan yang mengalami tekan,
 $r_1 = \sqrt{(I_1 / A_1)} = 39 \text{ mm}$

2.1. Momen nominal berdasarkan tekuk torsi lateral

Jarak antara pengekang lateral, $L = L_y = 2000 \text{ mm}$

Angka kelangsingan, $\lambda_G = L / r_1 = 51.398$

Batas kelangsingan maksimum untuk penampang *compact*,
 $\lambda_p = 1.76 * \sqrt{(E / f_y)} = 38.406$

Batas kelangsingan maksimum untuk penampang *non-compact*,
 $\lambda_r = 4.40 * \sqrt{(E / f_y)} = 96.016$

Tegangan acuan untuk momen kritis tekuk torsi lateral,

$f_c = C_b * f_y / 2 = 483.00 \text{ MPa}$
 $f_c > f_y$ maka diambil, $f_c = 420.00 \text{ MPa}$
 $\lambda_G > \lambda_p$ dan $\lambda_G < \lambda_r$

Tegangan kritis penampang dihitung sebagai berikut :

$\lambda_G \leq \lambda_p$	$f_{cr} = f_y = -$	MPa
$\lambda_p \leq \lambda_G \leq \lambda_r$	$f_{cr} = C_b * f_y * [1 - (\lambda_G - \lambda_p) / (2 * (\lambda_r - \lambda_p))] = 857.07$	MPa
$\lambda_G > \lambda_r$	$f_{cr} = f_c * (\lambda_r / \lambda_G)^2 = -$	MPa
	$f_{cr} = 857.07$	MPa
$f_{cr} > f_y$ maka diambil,	$f_{cr} = 420.00$	MPa
Modulus penampang elastis,	$S = S_x = 481000$	mm ³

Koefisien balok plat berdingding penuh,

$K_g = 1 - [a_r / (1200 + 300 * a_r)] * [h / t_w - 2550 / \sqrt{f_{cr}}] = 1.070$

Momen nominal penampang, $M_n = K_g * S * f_{cr} = 216122986 \text{ Nmm}$

2.2. Momen nominal berdasarkan *local buckling* pada sayap

Kelangsingan penampang sayap, $\lambda_G = b_f / (2 * t_f) = 8.33$

Faktor kelangsingan plat badan, $k_e = 4 / \sqrt{(h / t_w)} = 0.552$ **< 0.763**

diambil, $k_e = 0.552$

Batas kelangsingan maksimum untuk penampang *compact*, $\lambda_p = 0.38 * \sqrt{(E / f_y)} = 8.29$

Batas kelangsingan maksimum untuk penampang *non-compact*, $\lambda_r = 1.35 * \sqrt{(k_e * E / f_y)} = 21.89$

Tegangan acuan untuk momen kritis tekuk lokal, $f_c = f_y / 2 = 210.00$ MPa

$\lambda_G > \lambda_p$ dan $\lambda_G < \lambda_r$

Tegangan kritis penampang dihitung sebagai berikut :

$\lambda_G \leq \lambda_p$	$f_{cr} = f_y =$	-	MPa
$\lambda_p \leq \lambda_G \leq \lambda_r$	$f_{cr} = C_b * f_y * [1 - (\lambda_G - \lambda_p) / (2 * (\lambda_r - \lambda_p))] =$	964.54	MPa
$\lambda_G > \lambda_r$	$f_{cr} = f_c * (\lambda_r / \lambda_G)^2 =$	-	MPa

Tegangan kritis penampang, $f_{cr} = 964.54$ MPa

$f_{cr} > f_y$ maka diambil, $f_{cr} = 420.00$ MPa

Modulus penampang elastis, $S = S_x = 481000$ mm³

Koefisien balok plat berdingding penuh, $K_g = 1 - [a_r / (1200 + 300 * a_r)] * [h / t_w - 2550 / \sqrt{f_{cr}}] = 1.070$

Momen nominal penampang, $M_n = K_g * S * f_{cr} = 216122986$ Nmm

3. MOMEN NOMINAL PENGARUH *LATERAL BUCKLING*

Momen nominal komponen struktur dengan pengaruh tekuk lateral, untuk :

a. Bentang pendek : $L \leq L_p$	$\rightarrow M_n = M_p = f_y * Z_x$
b. Bentang sedang : $L_p < L \leq L_r$	$\rightarrow M_n = C_b * [M_r + (M_p - M_r) * (L_r - L) / (L_r - L_p)] \leq M_p$
c. Bentang panjang : $L > L_r$	$\rightarrow M_n = C_b * \pi / L * \sqrt{[E * I_y * G * J + (\pi * E / L)^2 * I_y * I_w]} \leq M_p$

Panjang bentang maksimum balok yang mampu menahan momen plastis, $L_p = 1.76 * r_y * \sqrt{(E / f_y)} = 1264$ mm

Tegangan leleh dikurangi tegangan sisa, $f_L = f_y - f_r = 350$ MPa

Panjang bentang minimum balok yang tahanannya ditentukan oleh momen kritis tekuk torsi lateral, $L_r = r_y * X_1 / f_L * \sqrt{[1 + \sqrt{(1 + X_2 * f_L^2)}]} = 3409$ mm

Koefisien momen tekuk torsi lateral, $C_b = 12.5 * M_u / (2.5 * M_u + 3 * M_A + 4 * M_B + 3 * M_C) = 2.30$

Momen plastis, $M_p = f_y * Z_x = 268574880$ Nmm

Momen batas tekuk, $M_r = S_x * (f_y - f_r) = 168350000$ Nmm

Panjang bentang thd.sb. y (jarak dukungan lateral), $L = L_y = 2000$ mm

$L > L_p$ dan $L < L_r$

$\rightarrow$ Termasuk kategori : **bentang sedang**

Momen nominal dihitung sebagai berikut :

$M_n = M_p = f_y \cdot Z_x =$	-	Nmm
$M_n = C_b \cdot [M_r + (M_p - M_r) \cdot (L_r - L) / (L_r - L_p)] =$	538589790	Nmm
$M_n = C_b \cdot \pi / L \cdot \sqrt{ [E \cdot I_y \cdot G \cdot J + (\pi \cdot E / L)^2 \cdot I_y \cdot I_w] } =$	-	Nmm
Momen nominal balok untuk kategori : bentang sedang	$M_n =$	538589790 Nmm
	$M_n > M_p$	
Momen nominal yang digunakan,	$M_n =$	268574880 Nmm

4. TAHANAN MOMEN LENTUR

a. Momen nominal pengaruh *local buckling* :

Momen nominal pengaruh <i>local buckling</i> pada sayap,	$M_n =$	268574880 Nmm
Momen nominal pengaruh <i>local buckling</i> pada badan,	$M_n =$	268574880 Nmm

b. Momen nominal balok plat berdingin penuh :

Momen nominal berdasarkan tekuk torsi lateral,	$M_n =$	216122986 Nmm
Momen nominal berdasarkan <i>local buckling</i> pd. sayap,	$M_n =$	216122986 Nmm

c. Momen nominal berdasarkan pengaruh *lateral buckling* ,

Momen nominal (terkecil) yang menentukan,	$\rightarrow M_n =$	216122986 Nmm
Tahanan momen lentur,	$\phi_b \cdot M_n =$	194510688 Nmm
Momen akibat beban terfaktor,	$M_u =$	163947700 Nmm

Syarat yg harus dipenuhi :

$$M_u \leq \phi_b \cdot M_n$$

163947700	<	194510688	$\rightarrow$ AMAN (OK)
-----------	---	-----------	-------------------------

$$M_u / (\phi_b \cdot M_n) = 0.8429 < 1.0 \text{ (OK)}$$

5. TAHANAN GESER

Tahanan geser nominal plat badan dengan pengaku dihitung sebagai berikut :

Untuk nilai, $h / t_w \leq 1.10 \cdot \sqrt{ (k_n \cdot E / f_y) }$
Tahanan geser plastis :
$\rightarrow V_n = 0.60 \cdot f_y \cdot A_w$
Untuk nilai, $1.10 \cdot \sqrt{ (k_n \cdot E / f_y) } \leq h / t_w \leq 1.37 \cdot \sqrt{ (k_n \cdot E / f_y) }$
Tahanan geser elasto plastis :
$\rightarrow V_n = 0.60 \cdot f_y \cdot A_w \cdot [1.10 \cdot \sqrt{ (k_n \cdot E / f_y) }] / (h / t_w)$
Untuk nilai, $h / t_w > 1.37 \cdot \sqrt{ (k_n \cdot E / f_y) }$
Tahanan geser elastis :
$\rightarrow V_n = 0.90 \cdot A_w \cdot k_n \cdot E / (h / t_w)^2$

Luas penampang badan,	$A_w = t_w \cdot h_t =$	2275 mm ²
	$k_n = 5 + 5 / (a / h)^2 =$	5.1454
Perbandingan tinggi terhadap tebal badan,	$h / t_w =$	52.462
	$1.10 \cdot \sqrt{ (k_n \cdot E / f_y) } =$	54.449
	$1.37 \cdot \sqrt{ (k_n \cdot E / f_y) } =$	67.814
$h / t_w < 1.10 \cdot \sqrt{ (k_n \cdot E / f_y) }$ dan $h / t_w < 1.37 \cdot \sqrt{ (k_n \cdot E / f_y) }$	$\rightarrow$	Tahanan geser plastis

Tahanan geser nominal dihitung sebagai berikut :

	$V_n = 0.60 \cdot f_y \cdot A_w =$	573300 N
	$V_n = 0.60 \cdot f_y \cdot A_w \cdot [1.10 \cdot \sqrt{ (k_n \cdot E / f_y) }] / (h / t_w) =$	- N
	$V_n = 0.90 \cdot A_w \cdot k_n \cdot E / (h / t_w)^2 =$	- N
Tahana geser nominal untuk geser : plastis	$V_n =$	573300 N
Tahanan gaya geser,	$\phi_f \cdot V_n =$	429975 N
Gaya geser akibat beban terfaktor,	$V_u =$	159662 N

Syarat yg harus dipenuhi :

$$V_u \leq \phi_f \cdot V_n$$

159662	<	429975	$\rightarrow$ AMAN (OK)
--------	---	--------	-------------------------

6. INTERAKSI GESER DAN LENTUR

Elemen yang memikul kombinasi geser dan lentur harus dilakukan kontrol sbb. :

Syarat yang harus dipenuhi untuk interaksi geser dan lentur :

$$M_u / (\phi_b * M_n) + 0.625 * V_u / (\phi_f * V_n) \leq 1.375$$

$M_u / (\phi_b * M_n) =$	0.8429
$V_u / (\phi_f * V_n) =$	0.3713
$M_u / (\phi_b * M_n) + 0.625 * V_u / (\phi_f * V_n) =$	1.0750

1.0750 < 1.375 AMAN (OK)

7. DIMENSI PENGAKU VERTIKAL PADA BADAN

Luas penampang plat pengaku vertikal harus memenuhi,

$$A_s \geq 0.5 * D * A_w * (1 + C_v) * [a / h - (a / h)^2 / \sqrt{1 + (a / h)^2}]$$

Tebal plat pengaku vertikal pada badan (*stiffener*), $t_s = 8$ mm

Tinggi plat pengaku, $h_s = h_t - 2 * t_f = 332$ mm

Luas penampang plat pengaku, $A_s = h_s * t_s = 2656$ mm²

Untuk sepasang pengaku, $D = 1$

$C_v = 1.5 * k_n * E / f_y * 1 / (h / t_w)^2 = 1.3354$

$0.5 * D * A_w * (1 + C_v) * [a / h - (a / h)^2 / \sqrt{1 + (a / h)^2}] = 222$ mm²

Syarat yang harus dipenuhi :

$A_s \geq 0.5 * D * A_w * (1 + C_v) * [a / h - (a / h)^2 / \sqrt{1 + (a / h)^2}]$

2656 > 222 → AMAN (OK)

Pengaku vertikal pada plat badan harus mempunyai momen inersia :

$$I_s \geq 0.75 * h * t_w^3 \quad \text{untuk} \quad a / h \leq \sqrt{2}$$

$$I_s \geq 1.5 * h^3 * t_w^3 / a^2 \quad \text{untuk} \quad a / h > \sqrt{2}$$

Momen inersia plat pengaku, $I_s = 2/3 * h_s * t_s^3 = 113323$ mm⁴

untuk, $a / h = 5.865 > \sqrt{2}$

Batasan momen inersia pengaku vertikal dihitung sebagai berikut :

$0.75 * h * t_w^3 =$	-	mm ⁴
$1.5 * h^3 * t_w^3 / a^2 =$	4084	mm ⁴
Momen inersia minimum =	4084	mm ⁴

Kontrol momen inersia plat pengaku,

$I_s = 113323 > 4084 \rightarrow \text{AMAN (OK)}$

Setelah melihat hasil perhitungan, dapat diambil kesimpulan bahwa profil baja tersebut dalam kondisi aman.

Untuk elemen kolom, yang terindikasi mengalami kegagalan adalah kolom K7G dari lantai Parkir ke Lobby, pada As B1, K12, dari Lobby ke Ballroom pada Elevasi A1, dan Kolom K12, pada area kamar hotel lantai 1-2, As D5. Indikasi kegagalan pada kolom tersebut dapat dilihat pada gambar 3.12, 3.13 dan 3.14 berturut-turut.

Concrete Column Design Information (ACI 318-14)

Story: L
Column: C1
Section Name: K7G

COMBO ID	STATION LOC	CAPACITY RATIO	MAJOR SHEAR REINFORCEMENT	MINOR SHEAR REINFORCEMENT
DConS1	0.0000	0.295	541.67	0.00
DConS1	1.5750	0.308	541.67	0.00
DConS1	3.1500	0.694	541.67	0.00
DConS2	0.0000	0.350	541.67	541.67
DConS2	1.5750	0.322	541.67	541.67
DConS2	3.1500	0.730	541.67	541.67
DConS3	0.0000	0.362	541.67	541.67
DConS3	1.5750	0.350	541.67	541.67
DConS3	3.1500	0.789	541.67	541.67
DConS4	0.0000	0.365	541.67	0.00
DConS4	1.5750	0.391	541.67	0.00
DConS4	3.1500	0.873	541.67	0.00
DConS5	0.0000	0.309	541.67	0.00
DConS5	1.5750	0.300	541.67	0.00
DConS5	3.1500	0.678	541.67	0.00

Overwrites Interaction Details

☒ Strength
☐ Deflection

OK Cancel

Gambar 3.12. Indikasi Kegagalan Pada Kolom K7G, Lt. P-L, As B1

Concrete Column Design Information (ACI 318-14)

Story: LT 1 - Ballroom
Column: C3
Section Name: K12

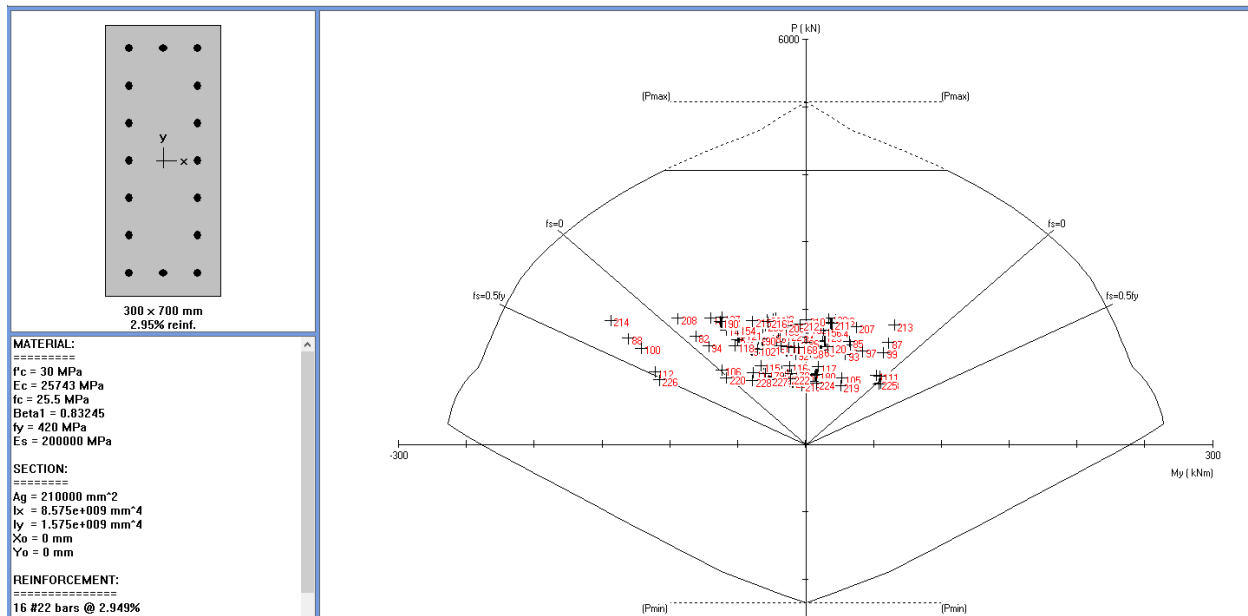
COMBO ID	STATION LOC	CAPACITY RATIO	MAJOR SHEAR REINFORCEMENT	MINOR SHEAR REINFORCEMENT
DConS1	0.0000	O/S #35	250.00	0.00
DConS1	2.1000	0.760	250.00	0.00
DConS1	4.2000	0.441	250.00	0.00
DConS2	0.0000	O/S #35	250.00	0.00
DConS2	2.1000	0.768	250.00	0.00
DConS2	4.2000	0.538	250.00	0.00
DConS3	0.0000	O/S #35	250.00	0.00
DConS3	2.1000	0.827	250.00	0.00
DConS3	4.2000	0.500	250.00	0.00
DConS4	0.0000	O/S #35	250.00	0.00
DConS4	2.1000	0.920	250.00	0.00
DConS4	4.2000	0.384	250.00	0.00
DConS5	0.0000	O/S #35	250.00	0.00
DConS5	2.1000	0.724	250.00	0.00
DConS5	4.2000	0.478	250.00	0.00

Overwrites Interaction Details

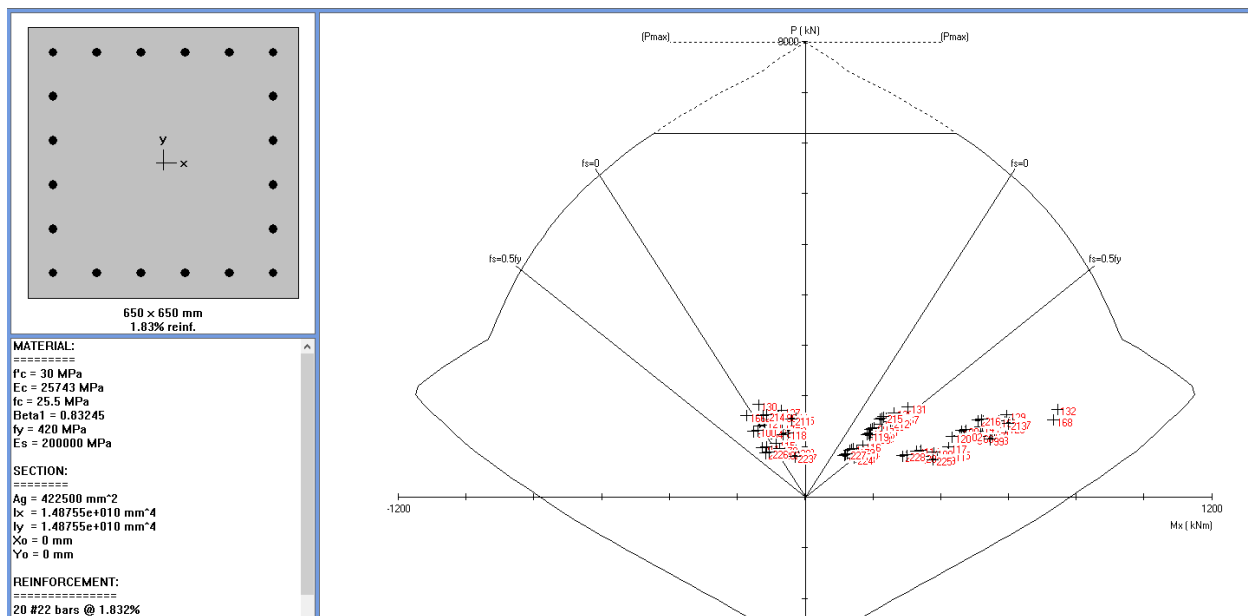
☒ Strength
☐ Deflection

OK Cancel

Gambar 3.13. Indikasi Kegagalan Pada Kolom K12, Lt. L-Ballrom, As A1



Gambar 3.16. Hasil Diagram Interaksi K12 As D5, Lt 1-2 Hotel



Gambar 3.17. Hasil Diagram Interaksi K7G As B1, Lt P-L

Dari gambar 3.14-3.16, terverifikasi bahwa yang benar-benar mengalami kegagalan adalah kolom K12, As A1, Lt L-Ballroom. Maka dengan hasil ini, terdapat 34 balok dan 1 kolom yang mengalami kegagalan apabila terjadi penambahan ballroom.

3.3.1. Hasil Analisis Struktur Terhadap Kondisi Pondasi

Penambahan Ballroom pada lantai atas (di atas Lantai L). Hal ini mempengaruhi kondisi pondasi eksisting yang ada, khususnya pada area as A1-H4 seperti pada gambar 3.18.



Gambar 3.18. Area Pondasi Yang Terpengaruh Penambahan Ballroom RoomsInc

Terdapat 26 titik yang akan ditinjau daya dukungnya terhadap penambahan Ballroom pada hotel RoomsInc. Material yang digunakan untuk pondasi adalah beton bertulang dengan mutu K500. Pondasi yang digunakan merupakan pondasi tiang pancang. Data pondasi tiang pancang diambil dari konsultan perencanaan, dengan properties yang dapat dilihat pada gambar 3.19.

PENGUNAAN JENIS PONDASI DALAM UNTUK JENIS STRUKTUR BERAT PADA SETIAP AREA ADALAH SEBAGAI BERIKUT:

Type Pondasi	Dimensi (cm)	Kedalaman *) (m)	Daya Dukung Ijin ^{*)} (ton)	
			Tekan	Tarik
Mini Pile (K-450)	□ 20 x 20	24,00	35	19
	□ 25 x 25	24,00	50	25
	Δ 28 / 28 / 28	24,00	30	20
	Δ 32 / 32 / 32	24,00	40	23
Square Pile (K-500)	□ 30 x 30	24,00 – 26,00	60	31
	□ 35 x 35	24,00 – 26,00	90	37
	□ 40 x 40	24,00 – 26,00	120	44
Bored Pile (K-225)	Ø 40	24,00 – 26,00	60	34
	Ø 50	24,00 – 26,00	90	45
	Ø 60	24,00 – 26,00	120	57

Catatan:

**) kedalaman tiang dihitung dari elevasi muka tanah eksisting pada saat penyelidikan tanah dilaksanakan.*

Gambar 3.19. Properties Pondasi Tiang Pancang

Diketahui ukuran pondasi tiang pancang adalah 400mm x 400mm dengan daya dukung axial

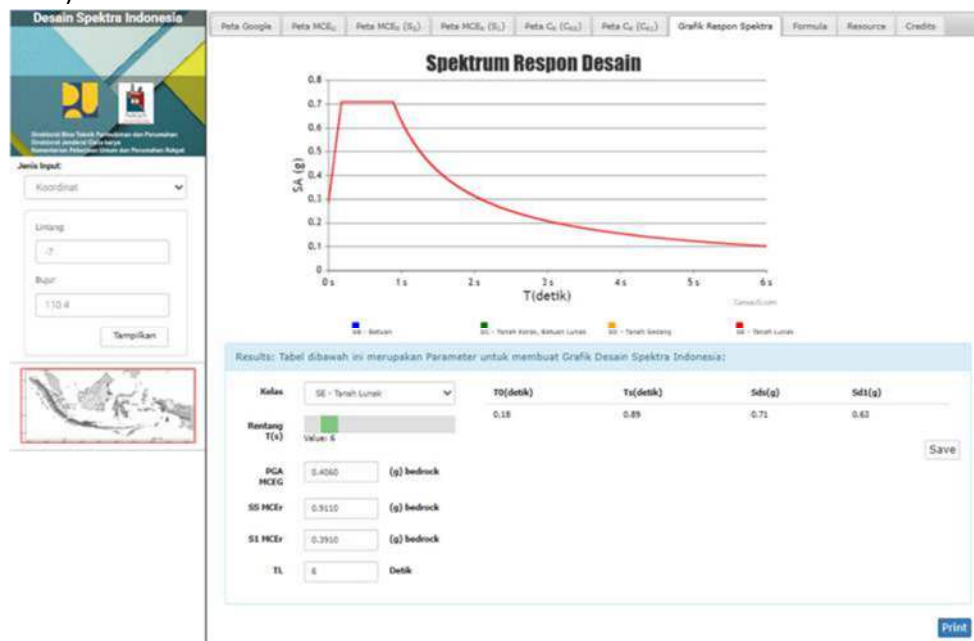
tekan 120 Ton/tiang, dan axial tarik 44 Ton/tiang untuk beban gravitasi dengan kombinasi LRFD. Untuk pembebanan dynamic, kapasitas tekan mengalami pembesaran sebesar 50%, menjadi 180Ton/Tiang. Data klasifikasi situs tanah diambil dari konsultan sebelumnya, yaitu kondisi tanah lunak, kelas situs SE (gambar 3.20).

$$\begin{aligned}\sum d_i &= 30,00 \\ \sum d_i/N_i &= 4,85 \\ N &= \frac{\sum d_i}{\sum d_i/N_i} \\ N &= 6,19 < 15,00\end{aligned}$$

Note : In this design criteria soil classification : SE (soft soil)

Gambar 3.20. Hasil Analisis Klasifikasi Situs Tanah (Sumber : Dokumen Archetype, 2018)

Klasifikasi situs tanah merupakan parameter yang digunakan untuk menentukan koefisien pangali suatu beban dinamik yang merupakan salah satu komponen pembebanan yang mempengaruhi daya dukung pondasi. Dengan demikian, maka, berdasarkan peta situs gempa yang didapat dari Rsa.ciptakarya.pu.go.id, nilai SDS yang digunakan untuk pemodelan beban dinamik adalah 0.71 (Gambar 3.21).

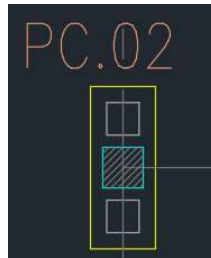


Gambar 3.21. Klasifikasi Situs Tanah SE, Kota Semarang (Sumber : Rsa.ciptakarya.pu.go.id)

Acuan normatif dalam peninjauan ulang daya dukung pondasi ini adalah SNI 1726:2019 dan SNI 2847:2019. Kombinasi beban sesuai dengan BAB 1.

Dari 26 titik yang akan ditinjau, terdapat 8 Kelompok tiang pancang. 8 Kelompok tiang pancang tersebut kemudian dihitung efisiensi kelompok tiangnya menggunakan 2 jenis perhitungan, yaitu metode Converse-Labarre dan Feld. Contoh perhitungan untuk kelompok tiang pada PileCap 2 (PC.02) dapat dilihat sebagai berikut :

- Pile cap 2 memiliki 2 tiang pancang yang dapat dilihat pada gambar 3.22.



Gambar 3.22. Penampang Pile Cap 2

Persamaan Converse Labare menggunakan perhitungan yang dapat dilihat pada gambar 3.23.

$$E_g = 1 - \theta \frac{(n-1).m + (m-1).n}{90.m.n}$$

Dimana :

- Eg = Efisiensi kelompok tiang
- m = jumlah baris tiang
- n = jumlah tiang dalam satu baris
- θ = Arc tg d/s, dalam derajat
- s = jarak tiang
- d = diameter tiang

Gambar 3.23. Rumus Persamaan Converse Labarre

Jumlah Tiang	2	
Kedalaman Tiang	24	m
Dimensi Tiang	0.4	m
Luas Permukaan Tiang	0.16	m ²
Luas Selimut Tiang	38.4	m ²
Daya Dukung Tiang	120	T
Jarak Antar Tiang	1.2	m
Jumlah Baris	2	
Jumlah Tiang Dalam 1 Baris (Max)	1	
Jumlah Tiang Pada Baris 1	1	
Jumlah Tiang Pada Baris 2	1	

$$\begin{aligned} \theta &= \text{Arc tan } \frac{D}{s} \\ &= \text{Arc tan } \frac{0.4}{1.2} \\ &= 18.43495^\circ \\ E_g &= 0.897584 \\ \text{Efisiensi untuk PC 2} &= 215.4201 \text{ Ton} \end{aligned}$$

Untuk metode Feld, persamaan yang digunakan dapat dilihat pada gambar 3.24, dan perhitungan dapat dilihat sebagai berikut :

$$E_{\text{eff. tiang}} = 1 - \left(\frac{\text{jumlah tiang yang mengelilingi}}{\text{jumlah tiang}} \right)$$

Efisiensi dari kelompok tiang (pile group) :

$$E_g = \text{jumlah tiang yang ditinjau} \times E_{\text{eff. tiang}}$$

Efisiensi satu tiang :

$$E_{\text{eff}} = \frac{E_g}{\text{jumlah tiang}}$$

Daya dukung tiap tiang dalam kelompok tiang (single pile) adalah :

$$\text{Daya dukung} = E_{\text{eff}} \times Q_{\text{tiang}}$$

Dimana :

Q_{tiang} = daya dukung single pile/tiang tunggal (kN)

E_g = efisiensi grup tiang

E_{eff} = efisiensi tiap tiang

Gambar 3.24. Rumus Persamaan Feld

Ef 1	=	0.5
Ef 2	=	0.5
Eg1	=	0.5
Eg2	=	0.5
Eg Total	=	1
Efisiensi Group Tiang	=	0.5
Efisiensi PC 2	=	120 Ton

Dari 2 persamaan tersebut, diambil nilai efisiensi yang tertinggi sebagai *indicator* ukur. Rekap perhitungan efisiensi kelompok tiang berdasarkan nomor dan jumlah kelompok tiang dapat dilihat pada tabel 3.2 dan tabel 3.3.

Tabel 3.2. Rekap Kondisi Pondasi terhadap Kombinasi Beban Statik

Eksisting								Setelah Penambahan Ballroom		Rasio Perbandingan Kapasitas Pasca Penambahan Ballroom dengan Eksisting (<1 = OK)	Kondisi
No	Ukuran Pondasi	Kedalaman	Jumlah Pondasi	Daya Dukung 1 Tiang (Ton)		Kode Pile Cap	Efisiensi (Ton)	Axial Tekan (Ton)	Axial Tarik (Ton)		
				Axial Tekan	Axial Tarik						
1	40cm x 40cm	24m	3	120	44	PC3	286.3	428.2	0.0	1.50	Perlu Tambahan
2	40cm x 40cm	24m	3	120	44	PC3	286.3	593.3	0.0	2.07	Perlu Tambahan
3	40cm x 40cm	24m	3	120	44	PC3	286.3	535.0	0.0	1.87	Perlu Tambahan
4	40cm x 40cm	24m	4	120	44	PC4	381.7	760.7	0.0	1.99	Perlu Tambahan
5	40cm x 40cm	24m	3	120	44	PC3	286.3	507.3	0.0	1.77	Perlu Tambahan
6	40cm x 40cm	24m	4	120	44	PC4	381.7	773.7	0.0	2.03	Perlu Tambahan
7	40cm x 40cm	24m	4	120	44	PC4	381.7	700.3	0.0	1.83	Perlu Tambahan
8	40cm x 40cm	24m	5	120	44	PC5	477.1	681.4	0.0	1.43	Perlu Tambahan
9	40cm x 40cm	24m	2	120	44	PC2	215.4	62.5	0.0	0.29	OK
10	40cm x 40cm	24m	3	120	44	PC3	286.3	464.9	0.0	1.62	Perlu Tambahan
11	40cm x 40cm	24m	4	120	44	PC4	381.7	684.7	0.0	1.79	Perlu Tambahan
12	40cm x 40cm	24m	4	120	44	PC4	381.7	698.4	0.0	1.83	Perlu Tambahan
13	40cm x 40cm	24m	4	120	44	PC4	381.7	712.0	0.0	1.87	Perlu Tambahan
14	40cm x 40cm	24m	2	120	44	PC2	215.4	66.4	0.0	0.31	OK
15	40cm x 40cm	24m	3	120	44	PC4	381.7	497.0	0.0	1.30	Perlu Tambahan
16	40cm x 40cm	24m	4	120	44	PC4	381.7	688.7	0.0	1.80	Perlu Tambahan
17	40cm x 40cm	24m	4	120	44	PC4	381.7	699.4	0.0	1.83	Perlu Tambahan
18	40cm x 40cm	24m	4	120	44	PC4	381.7	792.5	0.0	2.08	Perlu Tambahan
19	40cm x 40cm	24m	4	120	44	PC3(2)	365.3	551.0	0.0	1.51	Perlu Tambahan
20	40cm x 40cm	24m	6	120	44	PC5(2)	523.4	771.5	0.0	1.47	Perlu Tambahan
21	40cm x 40cm	24m	5	120	44	PC5	477.1	801.7	0.0	1.68	Perlu Tambahan
22	40cm x 40cm	24m	8	120	44	PC8	697.8	1204.2	0.0	1.73	Perlu Tambahan
23	40cm x 40cm	24m	3	120	44	PC3	286.3	459.7	0.0	1.61	Perlu Tambahan
24	40cm x 40cm	24m	4	120	44	PC4	381.7	693.4	0.0	1.82	Perlu Tambahan
25	40cm x 40cm	24m	4	120	44	PC4	381.7	729.7	0.0	1.91	Perlu Tambahan
26	40cm x 40cm	24m	6	120	44	PC6	547.9	534.7	-2.9	0.98	OK

Tabel 3.3. Rekap Kondisi Pondasi terhadap Kombinasi Beban Dinamik

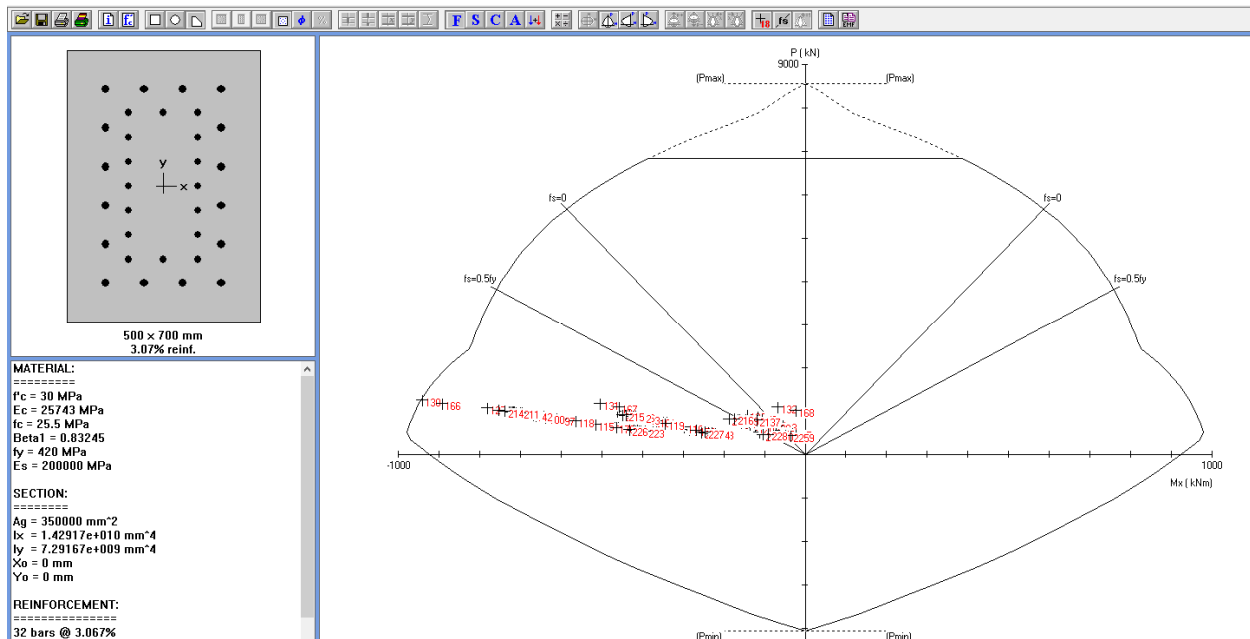
Eksisting								Setelah Penambahan Ballroom			Rasio Perbandingan Kapasitas Pasca Penambahan Ballroom dengan Eksisting ($\leq 1 = \text{OK}$)	Kondisi
No	Ukuran Pondasi	Kedalaman	Jumlah Pondasi	Daya Dukung 1 Tiang (Ton)		Kode Pile Cap	Efisiensi (Ton) (Asli)	Faktor Pengali Efisiensi Akibat Beban Dinamik (x 1.5)	Axial Tekan (Ton)	Axial Tarik (Ton)		
				Axial Tekan	Axial Tarik							
1	40cm x 40cm	24m	3	120	44	PC3	286.3	429.4	446.7	0.0	1.04	Perlu Tambahan
2	40cm x 40cm	24m	3	120	44	PC3	286.3	429.4	578.4	0.0	1.35	Perlu Tambahan
3	40cm x 40cm	24m	3	120	44	PC3	286.3	429.4	546.0	0.0	1.27	Perlu Tambahan
4	40cm x 40cm	24m	4	120	44	PC4	381.7	572.5	732.9	0.0	1.28	Perlu Tambahan
5	40cm x 40cm	24m	3	120	44	PC3	286.3	429.4	505.5	0.0	1.18	Perlu Tambahan
6	40cm x 40cm	24m	4	120	44	PC4	381.7	572.5	737.2	0.0	1.29	Perlu Tambahan
7	40cm x 40cm	24m	4	120	44	PC4	381.7	572.5	663.3	0.0	1.16	Perlu Tambahan
8	40cm x 40cm	24m	5	120	44	PC5	477.1	715.7	645.4	0.0	0.90	OK
9	40cm x 40cm	24m	2	120	44	PC2	215.4	323.1	113.9	0.0	0.35	OK
10	40cm x 40cm	24m	3	120	44	PC3	286.3	429.4	492.5	0.0	1.15	Perlu Tambahan
11	40cm x 40cm	24m	4	120	44	PC4	381.7	572.5	628.6	0.0	1.10	Perlu Tambahan
12	40cm x 40cm	24m	4	120	44	PC4	381.7	572.5	641.3	0.0	1.12	Perlu Tambahan
13	40cm x 40cm	24m	4	120	44	PC4	381.7	572.5	668.8	0.0	1.17	Perlu Tambahan
14	40cm x 40cm	24m	2	120	44	PC2	215.4	323.1	114.9	0.0	0.36	OK
15	40cm x 40cm	24m	3	120	44	PC4	381.7	572.5	529.7	0.0	0.93	OK
16	40cm x 40cm	24m	4	120	44	PC4	381.7	572.5	622.8	0.0	1.09	Perlu Tambahan
17	40cm x 40cm	24m	4	120	44	PC4	381.7	572.5	639.8	0.0	1.12	Perlu Tambahan
18	40cm x 40cm	24m	4	120	44	PC4	381.7	572.5	751.1	0.0	1.31	Perlu Tambahan
19	40cm x 40cm	24m	4	120	44	PC3(2)	365.3	547.9	554.7	0.0	1.01	Perlu Tambahan
20	40cm x 40cm	24m	6	120	44	PC5(2)	523.4	785.0	698.6	0.0	0.89	OK
21	40cm x 40cm	24m	5	120	44	PC5	477.1	715.7	732.4	0.0	1.02	Perlu Tambahan
22	40cm x 40cm	24m	8	120	44	PC8	697.8	1046.7	1140.9	0.0	1.09	Perlu Tambahan
23	40cm x 40cm	24m	3	120	44	PC3	286.3	429.4	467.1	0.0	1.09	Perlu Tambahan
24	40cm x 40cm	24m	4	120	44	PC4	381.7	572.5	665.4	0.0	1.16	Perlu Tambahan
25	40cm x 40cm	24m	4	120	44	PC4	381.7	572.5	707.2	0.0	1.24	Perlu Tambahan
26	40cm x 40cm	24m	6	120	44	PC6	547.9	821.9	532.6	-1.5	0.65	OK

Dari tabel 3.2 dan 3.3, dapat diketahui bahwa akibat penambahan ballroom, terdapat 23 titik pondasi yang memerlukan tambahan tiang agar daya dukung pondasi tercapai.

BAB 4. JUSTIFIKASI PERKUATAN (*RETROFITTING*)

4.1. Perkuatan Kolom

Perkuatan untuk Kolom K12 As A1, Lantai L, disarankan menggunakan concrete jacketing, dengan penambahan tulangan. Analisis hasil setelah concrete jacketing dapat dilihat pada gambar 4.1. berikut.



Gambar 4.1. Kondisi Kolom K12 Setelah Diperkuat

Dapat dilihat bahwa pada gambar 4.1, diagram interaksi menunjukkan semua interaksi P-M-M berada pada garis P-M-M nominal kolom, yang berarti bahwa kolom dalam kondisi aman. Artinya, penampang yang sebelumnya berukuran 300mm x 700mm dengan tulangan 16D19, menjadi berdimensi 500mm x 900mm dengan penambahan tulangan 16D22. Dengan begitu, maka balok yang menjadi penopang K12, yaitu B30/80, juga mengalami pembesaran menjadi 50cm x 80cm.

4.2. Perkuatan Balok

Perkuatan balok diacu menurut ACI 440_2R_17 tentang ***“Guide for the Design and Construction of Externally Bonded FRP Systems for Strengthening Concrete Structures”*** dan ACI CODE-369.1-22 tentang ***“Seismic Evaluation and Retrofit of Existing Concrete Buildings”***, terdapat 2 metode perkuatan balok, yaitu dengan menggunakan *Fiber Reinforced Polymer (FRP)* dan *jacketing*.

4.2.1. Fiber Reinforced Polymer

Sebagai contoh, akan diambil B30/70, Lt Ballroom, As E3-F3 untuk ditinjau apakah layak menggunakan perkuatan FRP.

Diketahui :

- Mu+ Tumpuan : 325kNm
- Mu- Tumpuan : 652 kNm
- Mu+ Lapangan : 413kNm
- Mu- Lapangan : 0
- Mn+ Tumpuan : 261kNm
- Mn- Tumpuan : 495kNm
- Mn+ Lapangan : 495kNm
- Mn- Lapangan : 261kNm

Kegagalan terjadi di area tekan tumpuan dan area tarik tumpuan. Maka, nilai momen area tumpuan diambil sebagai acuan analisis. Proses analisis dapat dilihat pada perhitungan sebagai berikut.

1 Properti Material dan Penampang

Lebar Balok	b	=	300 mm
Tinggi Balok	h	=	700 mm
Jumlah Tulangan Longitudinal	n	=	8
Diameter Tulangan Longitudinal	d_b	=	19 mm
Diameter Tulangan Transversal	d_s	=	10 mm
Selimut Bersih	c_c	=	40 mm
Tinggi Efektif Pelat	d	=	$h - c_c - d_s - d_b / 2$ 640.5 mm
Kuat Tekan Beton	f_c'	=	30 MPa
Kuat Leleh Baja Tulangan	f_y	=	420 MPa
Faktor Material Beton	β_1	=	0.8357
Modulus Elastisitas Baja	E_s	=	200000 MPa
Modulus Elastisitas Beton	E_c	=	$4700 \times \sqrt{f_c'}$ 25743 MPa

2 Gaya Dalam

Momen Akibat DL + SIDL	M_D	=	366.0 kNm
Momen Akibat DL + SIDL + LL	M_S	=	499.0 kNm
Momen Ultimate	M_u	=	652.0 kNm

3 Properti FRP Wrap

Jumlah lapis FRP	n_f	=	6
Tebal 1 lapis FRP	t_f	=	0.166 mm
Kekuatan Tarik FRP (spesifikasi)	f_{fu}^*	=	4900 MPa
Regangan Putus FRP (spesifikasi)	ε_{fu}^*	=	0.021
Modulus Elastisitas FRP	E_f	=	230000 MPa
Faktor Reduksi Lingkungan (ACI 440.2R-17 table 9.4)	C_E	=	0.95
Kekuatan Tarik FRP Desain (ACI 440.2R-17 eq. 9.4a)	f_{fu}	=	$C_E \times f_{fu}^*$ = 4655.0 MPa
Regangan Putus FRP Desain (ACI 440.2R-17 eq. 9.4b)	ε_{fu}	=	$C_E \times \varepsilon_{fu}^*$ = 0.01995
Lebar FRP (default = lebar balok)	w_f	=	300 mm
Lokasi FRP dari serat tekan balok	d_f	=	$h + t_f / 2$ = 700.1 mm
Rasio Modulus FRP/Beton	n_f	=	E_f / E_c = 8.9345

Properti FRP Wrap diambil dari brosur Deltawrap seperti gambar di bawah ini

TECHNICAL DATA a. Deltawrap CFW

Type	Carbon Fibre Fabric
Fibre Areal Weight	300 g/m ²
Fabric Design Thickness	0.166 mm
Fibre Tensile Strength	4,900 MPa
Fibre Tensile E-Modulus	230 GPa
Elongation at Break	2.1 %
Fabric Dimension	W : 50 cm L : 100 m
Shelf life	Unlimited
Package	1 roll in plain card board box

4.1 Statis Momen dan Inersia Retak

Luas FRP (potongan)	A_f	=	$n_f \times t_f \times w_f$ = 298.8 mm ²
Rasio Luas FRP	ρ_f	=	$A_f / (b \times d_f)$ = 0.00142
Luas Tulangan Balok	A_s	=	$n \times \pi/4 \times d_b^2$ = 2268.23 mm ²

Rasio Luas Tulangan	ρ_s	=	1.18%
Rasio Modulus Baja/Beton	n_s	=	7.769
Garis Netral Penampang Crack	y_{cr}	=	236.139
Statis Momen Beton	SM_{Beton}	=	8364257 mm ³
Statis Momen Tulangan	$SM_{Tulangan}$	=	7125702 mm ³
Statis Momen FRP	SM_{FRP}	=	1238555 mm ³
Statis Momen Penampang terhadap y_{cr} (harus 0)		=	$SM_{Beton} - SM_{Tulangan} - SM_f$ = 0.00 mm ³
Momen Inersia Retak Penampang Transformasi	I_{cr}	=	4.773E+09 mm ⁴
Existing state of strain on soffit	ϵ_{bi}	=	$M_{DL} \times (d_f - y_{cr}) / (I_{cr} \times E_c)$ = 0.00138
Regangan FRP Desain	ϵ_{fd}	=	$0.4 \sqrt{[f'_c / (n_s \times E_f \times t_f)]} \leq 0.$ = 0.00469
Asumsi garis netral	c_{asumsi}	=	196.825 mm
Kontrol keruntuhan (FRP/Beton)		=	FRP
Regangan FRP Efektif	ϵ_{fe}	=	$(d_f - c) / c \times 0.003 - \epsilon_{bi} \leq \epsilon_{fo}$ = 0.0047
Regangan beton	ϵ_c	=	$(\epsilon_{fe} + \epsilon_{bi}) \times c / (d_f - c) \leq 0.0$ = 0.0024
Regangan baja tulangan	ϵ_s	=	$(d - c) / c \times 0.003$ = 0.0054
Tegangan baja tulangan	f_s	=	$\epsilon_{sp} \times E_s \leq f_{yp}$ = 420.0 MPa
Tegangan FRP	f_{fe}	=	$\epsilon_{fe} \times E_f$ = 1079.1 MPa

4.2 Perhitungan Garis Netral Keseimbangan

Regangan saat f'_c	ϵ'_c	=	$1.7 f'_c / E_c$ = 0.0020
Faktor blok tegangan beton (1)	β_1	=	$(4 \times \epsilon'_c - \epsilon_c) / (6 \times \epsilon'_c - 2 \times \epsilon_c)$ = 0.7776
Faktor blok tegangan beton (2)	α_1	=	$(3 \times \epsilon'_c \times \epsilon_c - \epsilon_c^2) / (3 \times \beta_1 \times \epsilon_c^2)$ = 0.9256
Garis netral beton	c_{hitung}	=	$(A_s \times f_y + A_f \times f_{fe}) / (\alpha_1 \times f'_c)$ = 196.825 mm
Selisih c (harus 0)		=	$c_{asumsi} - c_{hitung}$ = 0.00 mm

4.3 Perhitungan Kapasitas Lentur Balok

Momen kontribusi baja tulangan	M_{ns}	$= A_s \times f_y \times (d - \beta_1 \times c / 2)$	$= 537.27 \text{ kNm}$
Momen kontribusi FRP	M_{nf}	$= A_f \times f_{fe} \times (d_f - \beta_1 \times c / 2)$	$= 201.06 \text{ kNm}$
Faktor reduksi FRP	ψ	$= 0.95$	
Faktor reduksi lentur	ϕ	$= 0.90$	
Kapasitas Momen Lentur Tereduksi	ϕM_n	$= 655.5 \text{ kNm}$	
Momen Ultimate	M_u	$= 652.0 \text{ kNm}$	
Cek kapasitas lentur	Cek	$\rightarrow \text{OK}$	

4.4 Pengecekan Tegangan Layan

Rasio garis netral retak terhadap tinggi efektif	k	$= y_{cr} / d$	$= 0.369$
Tegangan layan pada tulangan	$f_{s,s}$	$= \frac{\left[M_s + \epsilon_{bi} A_f E_f \left(d_f - \frac{kd}{3} \right) \right] (d - kd) E_s}{A_s E_s \left(d - \frac{kd}{3} \right) (d - kd) + A_f E_f \left(d_f - \frac{kd}{3} \right) (d_f - kd)}$	$= 367.3 \text{ MPa}$
Batas tegangan layan tulangan	$0.9 F_y$	$= 378 \text{ MPa}$	
Cek tegangan layan tulangan	Cek	$\rightarrow \text{OK}$	
Tegangan layan pada FRP	$f_{f,s}$	$= f_{s,s} (E_f / E_s) [(d_f - kd) / (d - kd)] - \epsilon_{bi} E_f$	$= 166.8 \text{ MPa}$
Batas tegangan layan FRP	$0.55 f_{fu}$	$= 2560.3 \text{ MPa}$	
Cek tegangan layan FRP	Cek	$\rightarrow \text{OK}$	

Maka untuk area tumpuan, dibutuhkan 6 lapis FRP Wrap. Perhitungan jumlah lapisan dapat dilihat pada rekap dalam tabel 1.

Tabel 1. Rekap perkuatan dengan FRP

No	Tipe Balok	Posisi	As	Area Tumpuan (Lapis)	Area Lapangan (Lapis)
1	TB1	Base	I5-I6	10	1
2	TB1	Base	I4-I5	9	1
3	TB1	Base	I3-I4	9	1
4	TB1	Base	I2-I3	9	1
5	TB1	Base	I1-I2	9	1
6	TB1	Base	F6-G6	9	1
7	TB1	Base	E6-F6	9	1
8	TB1	Base	D6-E6	9	1
9	TB1	Base	C6-D6	9	1
10	TB1	Base	C1-C2	11	1
11	TB1	Base	E2-F2	10	1
12	TB1	Base	F2-G2	10	1
13	TB1	Base	H5-H6	10	1
14	TB3	Base	H1-I1	10	1

15	TB3	Base	G1-H1	10	1
16	TB3	Base	G2-H2	10	1
17	TB3	Base	B1-B2	10	1
18	TB4	Base	A3'-B3'	-- (Not Avail)	-- (Not Avail)
19	TB4	Base	A4-B4	-- (Not Avail)	-- (Not Avail)
20	TB4	Base	A4''-B4''	-- (Not Avail)	-- (Not Avail)
21	TB5	Base	A3-A4	-- (Not Avail)	-- (Not Avail)
22	TB5	Base	A4-A5	-- (Not Avail)	-- (Not Avail)
23	TB9	Base	H6-I6	-- (Not Avail)	-- (Not Avail)
24	TB9	Base	H5-I5	-- (Not Avail)	-- (Not Avail)
25	TB9	Base	G5-H5	-- (Not Avail)	-- (Not Avail)
26	TB11	Base	D1-E1	-- (Not Avail)	-- (Not Avail)
27	TB11	Base	D2-E2	-- (Not Avail)	-- (Not Avail)
28	TB12	Base	C2-D2	-- (Not Avail)	-- (Not Avail)
29	TB13	Base	B2-C2	-- (Not Avail)	-- (Not Avail)
30	B30/80	LT L	A1-B1	8	-- (Not Avail)
31	B30/70	Ballroom	E3-F3	6	1
32	B30/60	Ballroom	E1-E2	-- (Not Avail)	-- (Not Avail)
33	B20/50	Ballroom	A3-A4	4	1
34	B20/50	Ballroom	A2-A3	3	1
35	B20/50	Ballroom	A1-A2	3	1
36	B30/60	Ballroom	A4-B4	-- (Not Avail)	-- (Not Avail)
37	B30/50	Ballroom	A3-B3	-- (Not Avail)	-- (Not Avail)
38	B30/50	Ballroom	A3-B3	-- (Not Avail)	-- (Not Avail)
39	B30/60	Lt 2 Hotel	A4-B4	-- (Not Avail)	-- (Not Avail)

Dari hasil analisis, terdapat 21 frame yang bisa diperkuat dengan FRP dan 18 tidak. Hal ini disebabkan karena pada 18 frame tersebut, hasil analisis menghasilkan keputusan bahwa jumlah lapis FRP lebih dari 100 lapis, yang mana itu membuat nilai selisih garis netral menjadi minus (-), yang mana itu tidak dimungkinkan terjadi pada desain balok.

4.2.2. Jacketing

Jika dilihat dari hasil analisis pada Bab 3, kegagalan pada balok dipengaruhi oleh kurangnya tulangan. Karena itu, jacketing pada balok bukan hanya dengan *concrete jacketing*, melainkan juga dengan *reinforced jacketing*. Hasil analisis penambahan dimensi dan tulangan dapat dilihat pada tabel 4.2.

Tabel 4.2. Rekap Penambahan Dimensi dan Tulangan Balok

Tipe Balok	Posisi	As	Dimensi Asli		D Tul (mm)	Tul Pasang Tumpuan		Tul Pasang Lapangan		D Tul Tambahan	Tul Tambahan Tumpuan		Tul Tambahan Lapangan		Perubahan Dimensi
			b (mm)	h (mm)		-	+	-	+		-	+	-	+	
TB1	Base	I5-I6	250	700	19	4	3	3	4		-	-	-	-	350 x 800
TB1	Base	I4-I5	250	700	19	4	3	3	4		-	-	-	-	350 x 800
TB1	Base	I3-I4	250	700	19	4	3	3	4		-	-	-	-	350 x 800
TB1	Base	I2-I3	250	700	19	4	3	3	4		-	-	-	-	350 x 800
TB1	Base	I1-I2	250	700	19	4	3	3	4		-	-	-	-	350 x 800
TB1	Base	F6-G6	250	700	19	4	3	3	4		-	-	-	-	350 x 800
TB1	Base	E6-F6	250	700	19	4	3	3	4		-	-	-	-	350 x 800
TB1	Base	D6-E6	250	700	19	4	3	3	4		-	-	-	-	350 x 800
TB1	Base	C6-D6	250	700	19	4	3	3	4		-	-	-	-	350 x 800
TB1	Base	C1-C2	250	700	19	4	3	3	4	D19	1	-	-	-	350 x 800
TB1	Base	E2-F2	250	700	19	4	3	3	4	D19	1	-	-	-	350 x 800
TB1	Base	F2-G2	250	700	19	4	3	3	4	D19	1	-	-	-	350 x 800
TB1	Base	H5-H6	250	700	19	4	3	3	4	D19	1	-	-	-	350 x 800
TB3	Base	H1-I1	250	700	19	5	3	3	5		-	-	-	-	350 x 800
TB3	Base	G1-H1	250	700	19	5	3	3	5		-	-	-	-	350 x 800

TB3	Base	G2-H2	250	700	19	5	3	3	5	D19	1	-	-	-	350 x 800
TB3	Base	B1-B2	250	700	19	5	3	3	5	D19	1	-	-	-	350 x 800
TB4	Base	A3'-B3'	250	600	19	3	3	3	3	D22	3	-	-	-	350 x 800
TB4	Base	A4-B4	250	600	19	3	3	3	3	D22	3	-	2	-	350 x 800
TB4	Base	A4''- B4''	250	600	19	3	3	3	3	D22	5	-	2	-	350 x 800
TB5	Base	A3-A4	200	500	16	3	2	2	3	D22	-	5	2	-	300 x 700
TB5	Base	A4-A5	200	500	16	3	2	2	3	D22	2	6	1	-	300 x 700
TB9	Base	H6-I6	250	700	19	5	3	3	5		-	-	-	-	350 x 800
TB9	Base	H5-I5	250	700	19	5	3	3	5	D19	1	-	-	-	350 x 800
TB9	Base	G5-H5	250	700	19	5	3	3	5	D19	1	-	-	-	350 x 800
TB11	Base	D1-E1	250	700	19	5	3	3	5		-	-	-	-	350 x 800
TB11	Base	D2-E2	250	700	19	5	3	3	5	D19	1	-	-	-	350 x 800
TB12	Base	C2-D2	250	700	19	6	3	3	5		-	-	-	-	350 x 800
TB13	Base	B2-C2	250	750	22	6	3	3	6	D22	2	-	-	-	350 x 800
B30/80	LT L	A1-B1	300	800	22	8	4	4	4	D22	2	3	3	-	500 x 900
B30/70	Ballroom	E3-F3	300	700	19	8	4	4	8	D19	2	2	-	-	400 x 800
B30/60	Ballroom	E1-E2	300	600	22	6	3	3	3	D22	3	-	-	5	400 x 700
B20/50	Ballroom	A3-A4	200	500	16	3	2	2	3	D16	2	-	-	-	300 x 600
B20/50	Ballroom	A2-A3	200	500	16	3	2	2	3	D16	2	-	-	-	300 x 600
B20/50	Ballroom	A1-A2	200	500	16	3	2	2	3	D16	2	-	-	-	300 x 600
B30/60	Ballroom	A4-B4	300	600	22	6	3	3	3	D22	3	-	-	5	400 x 700
B30/50	Ballroom	A3-B3	300	500	16	5	3	3	5	D22	2	2	2	-	400 x 600
B30/50	Ballroom	A3-B3	300	500	16	5	3	3	5	D22	2	2	2	-	400 x 600
B30/60	Lt 2 Hotel	A4-B4	300	600	22	6	3	3	3		-	-	-	-	-

4.2.3. Pondasi

Pondasi diperkuat dengan cara menambah jumlah tiang dalam 1 kelompok tiang. Perhitungan kebutuhan pondasi dilakukan dengan analisis daya dukung pondasi jenis *bored pile*. Pondasi *Bored pile* telah dianalisis oleh konsultan sebelumnya dan mendapatkan daya dukung per tiang yang dapat dilihat pada Gambar 4.2 sebagai berikut.

**PENGUNAAN JENIS PONDASI DALAM UNTUK JENIS STRUKTUR
BERAT PADA SETIAP AREA ADALAH SEBAGAI BERIKUT:**

Type Pondasi	Dimensi (cm)	Kedalaman *) (m)	Daya Dukung Ijin **) (ton)	
			Tekan	Tarik
Mini Pile (K-450)	□ 20 x 20	24,00	35	19
	□ 25 x 25	24,00	50	25
	Δ 28 / 28 / 28	24,00	30	20
	Δ 32 / 32 / 32	24,00	40	23
Square Pile (K-500)	□ 30 x 30	24,00 – 26,00	60	31
	□ 35 x 35	24,00 – 26,00	90	37
	□ 40 x 40	24,00 – 26,00	120	44
Bored Pile (K-225)	Ø 40	24,00 – 26,00	60	34
	Ø 50	24,00 – 26,00	90	45
	Ø 60	24,00 – 26,00	120	57

Catatan:

*) kedalaman tiang dihitung dari elevasi muka tanah eksisting pada saat penyelidikan tanah dilaksanakan.

Gambar 4.2. Rekap Daya Dukung Pondasi (Sumber : Soil report Tebodin, 2013)

Dalam analisis ini, dilakukan verifikasi untuk menentukan daya dukung bor pile berdasarkan metode Schmertmann dan Nottingham (1975) dengan acuan data sondir yang dapat dilihat pada tabel 4.3.

Tabel 4.3. Data Sondir (Sumber : Soil report Tebodin, 2013, Sondir Titik S1)

Depth (m)	Cone (Kg/cm ²)	Cone+Jacket (Kg/cm ²)	Depth (m)	Cone (Kg/cm ²)	Cone+Jacket (Kg/cm ²)	Depth (m)	Cone (Kg/cm ²)	Cone+Jacket (Kg/cm ²)
0	0		8.2	15	20	16.4	30	40
0.2	0	0	8.4	12	16	16.6	40	50
0.4	0	0	8.6	10	15	16.8	50	60
0.6	0	0	8.8	10	15	17	60	70
0.8	0	0	9	10	14	17.2	150	170
1	0	0	9.2	12	17	17.4	80	100
1.2	20	30	9.4	15	20	17.6	60	70

1.4	20	27	9.6	15	20	17.8	80	90
1.6	15	20	9.8	20	27	18	120	150
1.8	15	20	10	20	30	18.2	80	90
2	12	17	10.2	40	50	18.4	60	70
2.2	15	20	10.4	40	50	18.6	60	70
2.4	20	30	10.6	30	40	18.8	50	60
2.6	20	27	10.8	30	40	19	50	60
2.8	20	30	11	40	50	19.2	80	90
3	15	20	11.2	50	55	19.4	70	80
3.2	20	30	11.4	50	50	19.6	50	60
3.4	20	25	11.6	40	50	19.8	50	55
3.6	30	40	11.8	30	40	20	40	50
3.8	25	30	12	30	40	20.2	40	50
4	20	30	12.2	40	50	20.4	50	60
4.2	15	20	12.4	50	80	20.6	60	70
4.4	15	20	12.6	40	50	20.8	50	60
4.6	15	17	12.8	20	30	21	60	70
4.8	10	15	13	30	40	21.2	50	55
5	10	15	13.2	30	35	21.4	50	60
5.2	20	25	13.4	20	30	21.6	10	80
5.4	20	30	13.6	30	40	21.8	60	70
5.6	15	20	13.8	20	25	22	80	100
5.8	15	20	14	20	30	22.2	100	120
6	10	15	14.2	40	50	22.4	100	115
6.2	10	15	14.4	40	50	22.6	120	150
6.4	15	20	14.6	30	40	22.8	200	215
6.6	15	18	14.8	20	27	23	180	200
6.8	10	15	15	20	30	23.2	250	250
7	10	15	15.2	30	40			
7.2	15	20	15.4	15	20			
7.4	15	18	15.6	20	30			
7.6	10	15	15.8	30	40			
7.8	10	15	16	20	30			
8	10	15	16.2	40	50			

Maka, dicari daya dukung ultimit dengan rumus : $Q_u = f_b \cdot A_b + f_s \cdot A_s$

Dengan :

Q_u = Daya Dukung ultimit

F_b = rata-rata daya dukung ujung tiang, dihitung dari 8D di atas kedalaman rencana sampai 4D di bawah kedalaman rencana

Ab = Luas penampang bor pile

fs = tahanan gesek (dibatasi sampai 1,2kg/cm². Dalam perhitungan ini diambil 1kg/cm²)

As = luas selimut tiang

Profile Bored pile :

- Diameter = 60cm
- Fb = 119 kg/cm²
- As = 437088 cm²
- Ab = 2826 cm²
- Fs = 1kg/cm²

$$Qu = \frac{119kg}{cm^2} * 2826cm^2 + \frac{1kg}{cm^2} * 437088cm^2 = 773516 kg = 773.52 Ton$$

Dengan menggunakan safety factor 3 (sesuai dengan data soil report Tebodin), maka daya dukung terkoreksi menjadi $Qu_{Terkoreksi} = \frac{Qu}{sf} = \frac{773.52}{3} Ton = 258 Ton$

Karena terdapat Muka Air Tanah (MAT) pada kedalaman 2.2m, maka, menurut Meyerhoff (1965), nilai daya dukung direduksi sebesar 50% jika muka air tanah relative tinggi.

Maka daya dukung final untuk 1 tiang bored pile diameter 60cm kedalaman 24m = 129 Ton.

Hasil ini tidak berbeda jauh dengan yang dianalisis Tebodin, maka diambil daya dukung **1 tiang = 120 Ton pada kedalaman 24m**. Spesifikasi tiang yang akan ditambahkan diambil berdasarkan perhitungan konsultan sebelumnya (*Tebodin, dalam laporan Perhitungan Struktur Hotel DP Mall Rev 3 (For Permit)*) sebagai berikut :

- Fc Bored Pile : 30MPa
- Tulangan Tumpuan Bored Pile : D10-150 (Spiral)
- Tulangan Lapangan Bored Pile : D10-200 (Spiral)
- Tulangan Longitudinal : 16D16
- Selimut Beton : 70 mm

Maka, jumlah tiang yang diperlukan untuk penambahan bored pile 60cm untuk tiap kelompok tiang dapat dilihat pada tabel 4.4 berikut.

Tabel 4.4. Jumlah Penambahan Tiang Bored Pile

Eksisting									Setelah Penambahan Ballroom		Rasio Perbandingan Kapasitas Pasca Penambahan Ballroom dengan Eksisting (<1 = OK)	Kondisi
No	Ukuran Pondasi	Kedalaman	Jumlah Pondasi	Daya Dukung 1 Tiang (Ton)		Kode Pile Cap	Penambahan Tiang	Effisiensi (Ton)	Axial Tekan (Ton)	Axial Tarik (Ton)		
				Axial Tekan	Axial Tarik							
1	40cm x 40cm	24m	3	120	44	PC3	2	477.1	428.2	0.0	0.90	OK
2	40cm x 40cm	24m	3	120	44	PC3	4	667.9	593.3	0.0	0.89	OK
3	40cm x 40cm	24m	3	120	44	PC3	3	572.5	535.0	0.0	0.93	OK
4	40cm x 40cm	24m	4	120	44	PC4	5	858.8	760.7	0.0	0.89	OK
5	40cm x 40cm	24m	3	120	44	PC3	3	572.5	507.3	0.0	0.89	OK
6	40cm x 40cm	24m	4	120	44	PC4	5	858.8	773.7	0.0	0.90	OK
7	40cm x 40cm	24m	4	120	44	PC4	4	763.4	700.3	0.0	0.92	OK
8	40cm x 40cm	24m	5	120	44	PC5	3	763.4	681.4	0.0	0.89	OK
9	40cm x 40cm	24m	2	120	44	PC2		215.4	62.5	0.0	0.29	OK
10	40cm x 40cm	24m	3	120	44	PC3	2	477.1	464.9	0.0	0.97	OK
11	40cm x 40cm	24m	4	120	44	PC4	4	763.4	684.7	0.0	0.90	OK
12	40cm x 40cm	24m	4	120	44	PC4	4	763.4	698.4	0.0	0.91	OK
13	40cm x 40cm	24m	4	120	44	PC4	4	763.4	712.0	0.0	0.93	OK
14	40cm x 40cm	24m	2	120	44	PC2		215.4	66.4	0.0	0.31	OK
15	40cm x 40cm	24m	3	120	44	PC4	3	667.9	497.0	0.0	0.74	OK
16	40cm x 40cm	24m	4	120	44	PC4	4	763.4	688.7	0.0	0.90	OK
17	40cm x 40cm	24m	4	120	44	PC4	4	763.4	699.4	0.0	0.92	OK
18	40cm x 40cm	24m	4	120	44	PC4	5	858.8	792.5	0.0	0.92	OK
19	40cm x 40cm	24m	4	120	44	PC3(2)	3	639.3	551.0	0.0	0.86	OK
20	40cm x 40cm	24m	6	120	44	PC5(2)	4	872.3	771.5	0.0	0.88	OK
21	40cm x 40cm	24m	5	120	44	PC5	4	858.8	801.7	0.0	0.93	OK
22	40cm x 40cm	24m	8	120	44	PC8	6	1221.2	1204.2	0.0	0.99	OK
23	40cm x 40cm	24m	3	120	44	PC3	2	477.1	459.7	0.0	0.96	OK
24	40cm x 40cm	24m	4	120	44	PC4	4	763.4	693.4	0.0	0.91	OK
25	40cm x 40cm	24m	4	120	44	PC4	4	763.4	729.7	0.0	0.96	OK
26	40cm x 40cm	24m	6	120	44	PC6		547.9	534.7	-2.9	0.98	OK

4.2.4. Pile Cap

Penambahan tiang pada kelompok tiang otomatis mempengaruhi pile cap sebagai struktur yang mendistribusikan gaya axial dan momen dari kolom. Sebagai contoh, akan diberikan perhitungan struktur Pile Cap 03 sebelum dan sesudah perkuatan.

Profile Pile Cap 3 :

- Tebal : 1000mm
- Tulangan Bawah : D22-100
- Tulangan Atas D19-150
- Luas Penampang : 2.65m²



Gambar 4.3. *Punching Shear* pad Pile Cap

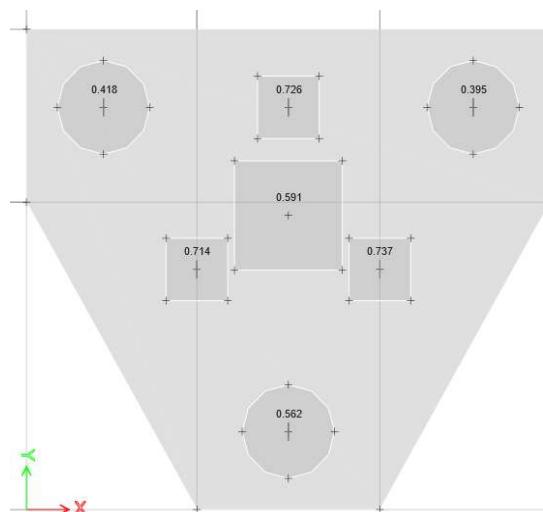
Diketahui dari software, hasil analisis menunjukkan bahwa dengan penambahan ballroom, gaya dalam dari kolom yang diteruskan ke pile cap dan tiang pancang menimbulkan rasio *punching sheear* hingga 4.1. Rasio yang diharapkan adalah <1 . Kemudian, hasil ini diverifikasi dengan perhitungan sebagai berikut.

Pile Cap			PC3
Data Material			
f'_c		MPa	30
f_y		MPa	420
E_c	$4700 \times f'_c{}^{0.5}$	MPa	25742.96
E_s		MPa	200000
Data Geometri			
h		mm	1000
cover, c		mm	70
d	$h - \text{cover}$	mm	930
Tul. Bawah			
μ (per m lari)	SAFE	kNm/m	4680.80
d_b		mm	22
s		mm	100
A_s		mm ² /m	3801.33
$A_{s \text{ min}}$		mm ² /m	1674.00
Cek			OK
a	$A_s f_y / (0.85 f'_c b)$	mm	62.61
ϕ			0.9

ϕM_n	$\phi * A_s * f_y * (d - a/2)$	kNm/m	1291.34
Capacity Ratio	$M_u / \phi M_n$	kNm/m	3.625
Cek			NOT OK
Tul. Atas			
Mu (per m lari)	SAFE	kNm/m	-756.32
d_b		mm	19
s		mm	150
A_s		mm ² /m	2835.29
A_s min		mm ² /m	1674.00
Cek			OK
a	$A_s f_y / (0.85 f_c' b)$	mm	46.70
ϕ			0.9
ϕM_n	$\phi * A_s * f_y * (d - a/2)$	kNm/m	971.69
Capacity Ratio	$M_u / \phi M_n$	kNm/m	0.778
Cek			OK

Dari hasil analisis, dapat dilihat bahwa dengan dimensi eksisting tidak memenuhi kapasitas dukung. Karena itu, profile PC3 diperkuat sebagai berikut (contoh pile cap yang ditambah dengan 3 tiang) :

- Tebal : 1100mm
- Tulangan Bawah : D22-100
- Tulangan Atas D22-100
- Luas Penampang : 8.29m²



Gambar 4.4. Rasio *punching shear* Pada Pile Cap 3 yang diperkuat dan ditambah 3 tiang

Hasil analisis menunjukkan bahwa dengan perkuatan yang dilakukan, rasio *punching shear* berhasil menyentuh angka <1. Berikut verifikasi dari perhitungan analisis struktur.

Pile Cap			PC3
f'_c		MPa	30
f_y		MPa	420
E_c	$4700 \times f'_c{}^{0.5}$	MPa	25742.96
E_s		MPa	200000
Data Geometri			
h		mm	1100
cover, c		mm	70
d	h - cover	mm	1030
Tul. Bawah			
Mu (per m lari)	SAFE	kNm/m	1270.03
d_b		mm	22
s		mm	100
A_s		mm ² /m	3801.33
A_s min		mm ² /m	1854.00
Cek			OK
a	$A_s f_y / (0.85 f'_c b)$	mm	62.61
ϕ			0.9
ϕM_n	$\phi * A_s * f_y * (d - a/2)$	kNm/m	1435.03
Capacity Ratio	$M_u / \phi M_n$	kNm/m	0.885
Cek			OK
Tul. Atas			
Mu (per m lari)	SAFE	kNm/m	-1197.55
d_b		mm	22
s		mm	100
A_s		mm ² /m	3801.33
A_s min		mm ² /m	1854.00
Cek			OK
a	$A_s f_y / (0.85 f'_c b)$	mm	62.61
ϕ			0.9
ϕM_n	$\phi * A_s * f_y * (d - a/2)$	kNm/m	1435.03
Capacity Ratio	$M_u / \phi M_n$	kNm/m	0.835
Cek			OK

Verifikasi menunjukkan bahwa pile cap dengan perkuatan dapat memberikan daya dukung yang mumpuni untuk gaya dalam tambahan akibat penambahan ballroom. Berikut rekap perkuatan yang dilakukan pada pile cap.

Tabel 4.5. Rekap Perkuatan Pile Cap

[illegible]

BAB 5. METODE RETROFITTING

5.1. Reinforced Concrete Jacketing

Concrete reinforced jacketing merupakan salah satu metode perkuatan struktur yang digunakan untuk meningkatkan kapasitas beban dan kinerja elemen beton bertulang yang mengalami penurunan kekuatan atau membutuhkan peningkatan kapasitas akibat perubahan fungsi bangunan, revisi peraturan gempa, atau kerusakan akibat degradasi material dan faktor lingkungan. Metode ini dilakukan dengan menambahkan lapisan beton baru yang diperkuat dengan tulangan tambahan di sekeliling elemen eksisting, seperti kolom, balok, atau pier. Penambahan penampang efektif dan tulangan ini meningkatkan kemampuan elemen dalam menahan beban aksial, momen lentur, dan gaya geser.

Keunggulan utama concrete reinforced jacketing antara lain: kompatibilitas material beton lama dan beton baru, kemampuan mempertahankan fungsi bangunan selama proses perkuatan, serta fleksibilitas penerapan pada berbagai bentuk penampang. Pada pelaksanaannya, permukaan beton lama dibersihkan dan di-roughening untuk meningkatkan ikatan, tulangan tambahan dipasang dengan penghubung (dowel) atau angkur ke tulangan lama, kemudian dicor dengan beton mutu tinggi atau *non-shrink grout*.

Reinforced concrete jacketing sama dengan *concrete jacketing*, hanya saja metode ini menambahkan tulangan sebagai perkuatan. Metode ini diacu pada ACI CODE-369.1-22 dan RSNI39274:202X (edisi revisi terakhir tahun 2024). Tahapan *retrofitting* menggunakan metode ini dapat dilihat sebagai berikut.

- a. Memasang alat bantu penopang antar lantai dan *Jack Hydraulic* untuk mempertahankan area sekitar kolom.
- b. Permukaan eksisting beton dibongkar (*chipping*) minimal 20mm atau hingga selibut beton sebelum dipasang tulangan.
- c. Jika pekerjaan pada kolom, maka dilakukan pembobokan pelat di sekitar area kolom (Contoh pada gambar 5.1.)



Gambar 5.1. *Jacketing* pada kolom

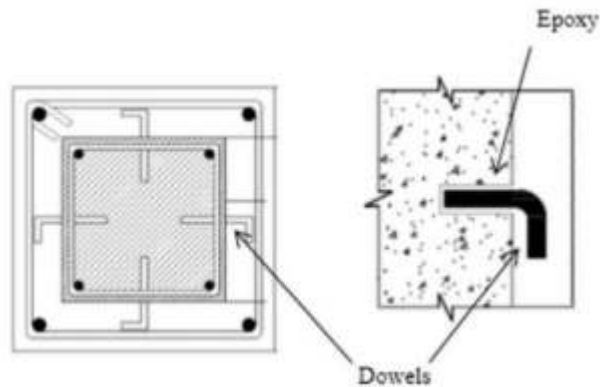
- d. Jika pekerjaan pada balok, dilakukan juga *chipping* pada pelat lantai sekitar balok dan area *joint*, sehingga penambahan tulangan pada balok dapat tersalurkan ke dalam *joint* (Gambar 5.2).



Gambar 5.2. *Jacketing* pada balok hingga *joint* Kolom-Balok

- e. Lakukan pengeboran untuk pemasangan *chemset* (*Chemical set*, terdiri dari bahan kimia perekat tulangan ke beton dan tulangan).

- f. Pemasangan *shear connector* seperti dowel, untuk mengikat Senggang elemen struktur yang baru. Jarak antar dowel tidak lebih dari 500mm (Gambar 5.3 untuk kolom, dan 5.4. untuk balok)
- g. Pemasangan tulangan utama dan sengkang tambahan sesuai dengan hasil analisis struktur (Gambar 5.3.).
- h. Pelapisan beton lama yang telah di-*chipping* dengan cairan perekat (*concrete bonding agent*) agar beton lama dapat menyatu/monolit dengan beton baru (Gambar 5.3)



Gambar 5.3. Skema Pemasangan Dowel, Senggang dan Tulangan Tambahan



Gambar 5.4. Skema Pemasangan Dowel dan tulangan pada *Beam Jacketing* (Sumber : Dokumen Pekerjaan *Horse Construction*)

- i. Pengecoran pada kolom dilakukan per $\frac{1}{2}$ bagian kolom, dengan waktu *setting* beton kurang lebih 6 jam, kemudian dapat dilanjutkan pengecoran ke bagian sisanya.
- j. Pengecoran pada balok dilakukan langsung pada seluruh badan balok.

5.2. Perkuatan Pile Cap

Perkuatan Pile Cap memiliki metode yang sama dengan *reinforced concrete jacketing*, hanya saja dilakukan dengan tambahan penggalian. Rangkuman metode dapat dilihat sebagai berikut :

A. Persiapan lokasi

- Tutup area kerja, pasang pembatas keselamatan.
- Singkirkan utilitas di sekitar pilecap (pipa kabel, dsb) atau koordinasikan.

B. Pembersihan & pelepasan beton rusak

- Bongkar beton lapis luar (40–75 mm).
- Hapus semua bagian beton yang terlepas, bersihkan debu & lepas kotoran minyak.
- Inspect dan bersihkan tulangan eksisting: bersihkan karat hingga mencapai metal bersih (wire brush / sand blasting ringan).

C. Penentuan & pemasangan dowel (anchorage) ke struktur eksisting

Opsi:

- Dowel mekanik (anchor bolts / rebar dowels) yang ditanam di beton lama dengan epoxy.
- Diameter biasa: 16–25 mm.
- Jarak: umum 150–300 mm di sepanjang tepi,
- Panjang tanam (embedment): minimal $10 \times d$ (diameter) atau sesuai rekomendasi pabrikan epoxy; atau sesuai perhitungan desain. Pastikan jarak ke tepi memenuhi syarat.
- Pemotongan ulir / dowel continuity: potong beton lama sebagian dan lapiasi tulangan baru yang diikat ke tulangan lama jika tulangan lama dapat diandalkan.

D. Penambahan tulangan longitudinal & transversal

- Kerangka tulangan (reinforcement cage) biasanya dibuat independen dan ditempatkan mengelilingi pilecap eksisting (di atas dowel) atau dibuat di tempat lalu diturunkan.
- Pastikan cover beton minimum tercapai — gunakan spacer untuk memastikan jarak antara tulangan dan permukaan luar beton jacketing (mis. cover 25–40 mm tergantung kondisi).

E. Formwork & pengecoran beton

- Pasang bekisting yang kuat dan kedap.

- Pastikan cage tulangan terikat rapat dan tidak bergeser saat pengecoran (gunakan support dan spacer).

Pengecoran beton:

- Campur beton sesuai mutu yang ditentukan (mis. slump dan $f'c$).
- Pastikan pemadatan baik (vibrator) untuk menghindari void antara beton lama & baru. Bila area sempit, pertimbangkan grout/epoxy grout untuk memastikan kontak penuh antara beton lama dan baru.
- Curing: lakukan curing minimal 7 hari (untuk mutu biasa) atau sesuai spesifikasi; gunakan air curing/curing compound.

F. Finishing & perlindungan

- Lepas bekisting setelah keras awal (Minimal 7 hari).
- Perbaiki permukaan, aplikasi lapisan pelindung bila diperlukan (cat anti-korosi di permukaan exposed, waterproofing jika basal).
- Periksa retak pasca-perkuatan; lakukan perbaikan jika perlu.

5.2. Penambahan Tiang Bored Pile

Metode penambahan *bored pile* ini dilakukan dengan metode bernama *Wash Boring*. Metode ini cepat dan menggunakan peralatan relatif sederhana, cocok untuk banyak jenis tanah halus tetapi kurang efektif pada kerikil/bongkah besar; sampel yang diperoleh bersifat *disturbed*.

Pengeboran lubang bored pile

- Rig diposisikan tepat di titik pondasi yang telah ditandai (setting out).
- Pastikan sumbu bor tegak lurus (verticality) sesuai toleransi desain.

Pemasangan casing awal

Casing sementara dipasang $\pm 1-2$ m dari permukaan untuk mencegah runtuhnya dinding tanah di bagian atas dan mencegah air tanah masuk.

Proses pengeboran

- Gunakan auger atau bucket drill untuk memotong dan mengangkat tanah.
- Bila tanah labil atau terdapat air tanah, gunakan slurry bentonit untuk menstabilkan dinding lubang.
- Lanjutkan pengeboran hingga mencapai kedalaman desain atau lapisan tanah keras (bearing layer).

Pembersihan material bor

- Material tanah hasil pengeboran diangkat dengan bucket atau cleaning bucket.
- Pastikan lubang bersih dari endapan besar sebelum ke tahap berikutnya.

Menjaga kestabilan lubang dengan slurry bentonite (Bila diperlukan)

- Bentonit dipompa ke dalam lubang untuk memberikan tekanan hidrostatik yang menahan runtuhnya dinding.
- Kontrol density ($1,05\text{--}1,15\text{ g/cm}^3$) dan viscosity sesuai spesifikasi agar lumpur efektif namun tidak terlalu kental.

Penggunaan casing tambahan

- Pada tanah yang sangat labil atau berbatu, casing baja bisa dipasang lebih dalam secara bertahap.
- Casing dapat bersifat sementara (ditarik setelah pengecoran) atau permanen.

Pemeriksaan lubang

- Gunakan measuring tape atau sondir khusus untuk memeriksa kedalaman lubang.
- Pastikan diameter dan kedalaman sesuai gambar rencana.

Pembersihan akhir lubang bor : Pembersihan sedimen dasar

- Gunakan airlift atau cleaning bucket untuk mengangkat endapan lumpur yang mengendap di dasar.
- Target sisa endapan di dasar $\leq 5\text{ cm}$ atau sesuai standar proyek.

Persiapan pengecoran

- Setelah lubang bersih dan stabil, segera masukkan kerangka tulangan (reinforcement cage).
- Lanjutkan ke pengecoran dengan metode tremie agar beton mengisi lubang dari bawah ke atas, menggantikan slurry bentonit.

Persiapan kerangka

- Buat cage sesuai gambar struktur: diameter, jumlah batang longitudinal, stirrups/ties, panjang cage. Sertakan centralizer (spacers) pada beberapa titik untuk menjaga cover beton minimal.
- Periksa dimensi cage, jarak cover, kelurusan, kondisi lapisan anti-korosi pada tulangan (jika ada).
- Pastikan splice atau coupler terpasang dan dikunci sesuai detail.

- Turunkan cage perlahan ke lubang menggunakan crane/rig. Pastikan cage tidak menyentuh sisi lubang atau terjerebab ke dasar.
- Gunakan centralizer untuk memastikan posisi tegak dan cover merata.

Persiapan pengecoran (tremie) dan beton special

- Gunakan beton untuk pengecoran bawah air (tremie) sesuai spesifikasi proyek/geoteknik. Beton sebaiknya memiliki workability dan sifat anti-washout yang sesuai (admixture anti-washout bila diperlukan).
- Tentukan mutu ($f'c$) dan ukuran agregat maksimum agar mudah mengalir di tremie.
- Jangan gunakan slump berlebih yang menyebabkan segregasi; ikuti spesifikasi pada gambar kerja
- Siapkan pipa tremie bersih dan kencang, panjang cukup sehingga ujung akan mencapai dasar lubang ketika dimasukkan. Siapkan head funnel/hopper pada puncak.
- Pastikan ada cukup volume beton siap di bak/skip untuk menjaga kontinuitas pengecoran.
- Tim pengecoran, operator crane, pengawas kualitas dan keselamatan harus siap. Komunikasi radio/visual harus dipastikan.
- Masukkan pipa tremie sampai ujungnya mendekati dasar lubang (tetap beberapa cm dari dasar agar tidak menyentuh endapan sedimen).
- Tutup pipa dan isi tremie sebagian dengan beton agar tidak ada air yang kembali naik.
- Buka penutup dan alirkan beton melalui tremie. Usahakan head beton (kolom beton) di dalam pipa/tremie tetap 1–3 m saat pengecoran berlangsung (jaga head minimum sesuai spesifikasi).
- Beton yang masuk dari bawah akan mendorong keluar slurry/bentonit ke permukaan di sekeliling tremie.
- Lakukan pengecoran kontinu tanpa terputus sampai puncak lubang tercapai. Hindari terputusnya pengecoran karena akan menyebabkan kolom beton terbagi dan risiko cold joint/segregasi.
- Saat beton naik, tarik tremie perlahan sehingga ujungnya selalu dalam beton segar (jangan angkat tremie sampai puncak telah tercapai dan beton mengeras sedikit).
- Bila pipa tersumbat, jangan mengangkatnya secara tiba-tiba; bersihkan sesuai prosedur yang aman.
- Saat beton hampir menyentuh puncak yang diinginkan, hentikan aliran, tunggu agar pipa tersumbat oleh beton, baru angkat tremie perlahan sambil menekan ujung agar tetap terisi beton sampai naik sepenuhnya.

Pencucian & penanganan slurry saat pengecoran

Pastikan slurry/bentonit yang terdorong keluar dipermukaan dialirkan ke tank sedimentasi. Kontrol kebersihan lokasi kerja dan pembuangan sesuai lingkungan.

Amati keluaran slurry: bila bercampur banyak material halus atau berubah drastis warnanya, catat dan laporkan; ini bisa indikasi perubahan lapisan tanah.

Finishing dan Curing

- Setelah beton cukup mengeras (biasanya after initial set, namun timing tergantung beton & suhu), potong atau rapikan kepala pile sesuai elevasi desain (cut-off level). Umumnya potong setelah beton mencapai kekuatan tertentu untuk handling—ikuti spesifikasi proyek.
- Bersihkan sisa beton atau lumpur di area kepala pile; pastikan permukaan siap untuk pekerjaan berikutnya (pile cap).
- Catat waktu pengecoran, volume beton terpakai, slump awal, campuran, cuaca, operator, dan foto sebagai bukti QC.
- Lindungi kepala pile dari pengeringan cepat (gunakan membran curing, selimut basah, atau curing compound sesuai spesifikasi).
- Hindari getaran berat atau beban sementara pada kepala pile sebelum mencapai kekuatan minimum yang ditentukan.
- Lakukan curing terus-menerus minimal 7 hari untuk beton biasa (untuk beberapa mix atau exposure class bisa lebih lama), dan pencatatan uji silinder/ujung core untuk verifikasi f'_c pada 7, 14, dan 28 hari sesuai Rencana Mutu Beton.

Pengujian kualitas & verifikasi setelah setting

- Hasil uji silinder (compressive strength) untuk batch beton; nilai referensi 7 dan 28 hari sesuai spesifikasi.
- Jika ada keraguan tentang kontinuitas, lakukan PIT (Pile Integrity Test), sonic logging atau uji lain yang disyaratkan.
- Jika proyek meminta, lakukan load test (static atau dynamic) setelah beton mencapai kekuatan yang disyaratkan.
- Simpan semua hasil uji, foto, dan laporan lengkap pekerjaan sebagai lampiran QC

VI. KESIMPULAN

Berdasarkan hasil analisis struktur, penambahan ballroom pada hotel RoomsInc dinyatakan *feasible* dari segi struktur, dengan catatan :

- Perkuatan pada Balok dengan *Reinforced Concrete Jacketing*
- Perkuatan pada kolom dengan *Reinforced Concrete Jacketing*
- Perkuatan pada pile cap dengan *Reinforced Concrete Jacketing*
- Penambahan tiang pondasi dengan pondasi *bored pile* diameter 60cm pada titik-titik tinjauan sesuai dengan BAB 4.

LAMPIRAN 1. HASIL ANALISIS STRUKTUR
(PERIODE, *MODAL PARTICIPATING MASS RATIO*, REKAP KEGAGALAN STRUKTUR
DAN REKAP PERKUATAN STRUKTUR)

TABLE: Modal Participating Mass Ratios											
Case	Mode	Period	SumUX	SumUY	SumUZ	RX	RY	RZ	SumRX	SumRY	SumRZ
		sec									
Modal	1	1.749	0.0145	0.4261	0	0.3964	0.0203	0.2529	0.3964	0.0203	0.2529
Modal	2	1.541	0.6431	0.4557	0	0.0208	0.3985	0.0001	0.4171	0.4187	0.253
Modal	3	1.2	0.6725	0.6301	0	0.0425	0.0001	0.3444	0.4596	0.4189	0.5974
Modal	4	0.816	0.6734	0.7358	0	0.0739	0.0004	0.0116	0.5335	0.4192	0.609
Modal	5	0.685	0.6776	0.7374	0	0.0239	0.0024	0.0986	0.5574	0.4216	0.7076
Modal	6	0.609	0.757	0.7409	0	0.0041	0.1554	0.0149	0.5615	0.577	0.7225
Modal	7	0.494	0.7645	0.7493	0	0.0131	0.0194	0.0095	0.5746	0.5964	0.732
Modal	8	0.483	0.7825	0.7557	0	0.012	0.0467	0.0228	0.5865	0.6431	0.7548
Modal	9	0.458	0.7853	0.7634	0	0.0123	0.0072	0.0043	0.5989	0.6503	0.7591
Modal	10	0.411	0.7854	0.7986	0	0.0548	0.0004	0.0005	0.6536	0.6507	0.7595
Modal	11	0.387	0.7854	0.7987	0	0.0001	0.00004543	0.0008	0.6537	0.6508	0.7603
Modal	12	0.357	0.7858	0.7988	0	0.0005	0.0001	0.0069	0.6542	0.6509	0.7672
Modal	13	0.344	0.7863	0.7994	0	0.0017	0.0001	0.0126	0.6559	0.651	0.7798
Modal	14	0.297	0.8167	0.8009	0	0.0036	0.03	0.0116	0.6596	0.681	0.7914
Modal	15	0.263	0.8184	0.8015	0	0.0013	0.0014	0.0003	0.6608	0.6824	0.7918
Modal	16	0.253	0.8272	0.8016	0	0.0001	0.0081	0.0143	0.661	0.6904	0.806
Modal	17	0.249	0.8285	0.8169	0	0.0275	0.0012	0.0036	0.6885	0.6916	0.8096
Modal	18	0.222	0.8285	0.8598	0	0.0565	0.00003425	0.0038	0.745	0.6916	0.8134
Modal	19	0.21	0.829	0.8603	0	0.0007	0.0008	0.001	0.7457	0.6925	0.8143
Modal	20	0.208	0.8334	0.8603	0	0.000005961	0.007	0.0086	0.7457	0.6995	0.8229
Modal	21	0.208	0.8385	0.8603	0	0.00002322	0.0084	0.0108	0.7457	0.7079	0.8337
Modal	22	0.2	0.8388	0.8603	0	0.00003475	0.0005	0.0046	0.7458	0.7084	0.8383
Modal	23	0.198	0.8398	0.8603	0	0.00002583	0.0013	0.0033	0.7458	0.7098	0.8416
Modal	24	0.195	0.8446	0.8604	0	0.0002	0.0064	0.0086	0.746	0.7162	0.8502
Modal	25	0.186	0.8697	0.8605	0	0.0002	0.0405	0.0021	0.7462	0.7566	0.8524
Modal	26	0.174	0.8708	0.861	0	0.0008	0.0021	0.0016	0.747	0.7588	0.8539
Modal	27	0.155	0.8709	0.8612	0	0.0003	0.0001	0.0000328	0.7473	0.7588	0.854
Modal	28	0.153	0.8716	0.8631	0	0.0025	0.0011	0.0024	0.7498	0.7599	0.8564
Modal	29	0.153	0.873	0.8821	0	0.0253	0.002	0.009	0.7751	0.7619	0.8654
Modal	30	0.151	0.8731	0.8822	0	0.0001	0.0001	0.0012	0.7752	0.762	0.8666
Modal	31	0.148	0.8731	0.8822	0	0.000006657	0.0001	0.0027	0.7752	0.762	0.8693

Modal	32	0.14	0.8812	0.8908	0	0.0107	0.011	0.004	0.7859	0.7731	0.8733
Modal	33	0.139	0.8836	0.8933	0	0.0032	0.0031	0.0014	0.7891	0.7762	0.8747
Modal	34	0.137	0.8844	0.8941	0	0.0009	0.0008	0.0034	0.79	0.777	0.8781
Modal	35	0.131	0.8983	0.8971	0	0.0035	0.0182	0.0141	0.7935	0.7952	0.8922
Modal	36	0.119	0.8984	0.8982	0	0.0014	0.0001	0.0004	0.7949	0.7953	0.8927
Modal	37	0.117	0.8985	0.8982	0	0	0.0001	0.00002492	0.7949	0.7954	0.8927
Modal	38	0.115	0.8985	0.8982	0	0.00003361	0.000004717	0.0000137	0.7949	0.7954	0.8927
Modal	39	0.106	0.8989	0.8983	0	0.0001	0.0005	0.0001	0.795	0.7959	0.8928
Modal	40	0.102	0.8991	0.8983	0	0.000008755	0.0002	0.0001	0.795	0.7961	0.8929
Modal	41	0.102	0.8991	0.8983	0	0	0.0001	0.000005562	0.795	0.7962	0.8929
Modal	42	0.101	0.8991	0.8988	0	0.0006	0	0.0001	0.7957	0.7962	0.893
Modal	43	0.098	0.8992	0.8997	0	0.0012	0.0001	0.0005	0.7968	0.7963	0.8935
Modal	44	0.097	0.8997	0.8997	0	0.00001487	0.0007	0.000002684	0.7969	0.797	0.8935
Modal	45	0.096	0.8999	0.9002	0	0.0008	0.0003	0.0007	0.7977	0.7973	0.8942
Modal	46	0.092	0.8999	0.9002	0	0.000007576	0.0000297	0.0001	0.7977	0.7973	0.8943
Modal	47	0.088	0.9	0.9005	0	0.0002	0.0001	0.00004824	0.7979	0.7974	0.8943
Modal	48	0.088	0.9	0.9005	0	0.0001	0.00003985	0.00001495	0.798	0.7975	0.8943
Modal	49	0.086	0.9	0.9005	0	5.355E-07	0.00001847	0.000001322	0.798	0.7975	0.8943
Modal	50	0.084	0.9005	0.9005	0	0.0001	0.0006	0.001	0.7981	0.7981	0.8953
Modal	51	0.08	0.9005	0.9009	0	0.0005	0.00002901	0.0002	0.7986	0.7981	0.8955
Modal	52	0.077	0.9005	0.9009	0	0.00001397	0	0.000007387	0.7986	0.7981	0.8955
Modal	53	0.073	0.9005	0.9009	0	0.0001	0.00002508	0.000003332	0.7987	0.7981	0.8955
Modal	54	0.07	0.9005	0.9009	0	0.000001364	0.00002631	0.0001	0.7987	0.7982	0.8955
Modal	55	0.068	0.9005	0.9009	0	0.000005258	6.005E-07	0.000001951	0.7987	0.7982	0.8955
Modal	56	0.066	0.9005	0.9009	0	9.343E-07	0.000002883	0	0.7987	0.7982	0.8955
Modal	57	0.065	0.9005	0.9009	0	0	0.00001159	0.000002657	0.7987	0.7982	0.8955
Modal	58	0.064	0.9005	0.9009	0	0	0.000002634	0.000003194	0.7987	0.7982	0.8955
Modal	59	0.064	0.9005	0.9009	0	0.00001177	0.000002199	0.000001985	0.7987	0.7982	0.8955
Modal	60	0.063	0.9006	0.9009	0	0	0.00004398	0.00001256	0.7987	0.7982	0.8956
Modal	61	0.062	0.9006	0.9009	0	0	0.000003409	5.997E-07	0.7987	0.7982	0.8956
Modal	62	0.061	0.9006	0.9009	0	0	0	0.000003047	0.7987	0.7982	0.8956
Modal	63	0.059	0.9006	0.9009	0	0.000006098	0.00002871	0.00002024	0.7987	0.7982	0.8956
Modal	64	0.059	0.9007	0.901	0	0.000006107	0.0001	0.00004763	0.7987	0.7983	0.8956
Modal	65	0.058	0.9007	0.901	0	0.000003881	0.00002933	0.000008636	0.7987	0.7984	0.8956

Modal	66	0.058	0.9007	0.901	0	0	0	0	0.7987	0.7984	0.8956
Modal	67	0.058	0.9007	0.901	0	0	0	0	0.7987	0.7984	0.8956
Modal	68	0.057	0.9008	0.901	0	0	0.0002	0.00002791	0.7987	0.7986	0.8957
Modal	69	0.057	0.9008	0.901	0	0.000001637	0.000005034	0	0.7987	0.7986	0.8957
Modal	70	0.057	0.9008	0.901	0	0	0.00001648	0.000002517	0.7987	0.7986	0.8957
Modal	71	0.056	0.9008	0.901	0	5.742E-07	0.00001482	0.000007251	0.7987	0.7986	0.8957
Modal	72	0.055	0.9008	0.901	0	0	0	0	0.7987	0.7986	0.8957
Modal	73	0.055	0.9009	0.901	0	0.000006608	0.00001005	0.00001056	0.7987	0.7986	0.8957
Modal	74	0.054	0.9009	0.901	0	0	0.000009905	0	0.7987	0.7986	0.8957
Modal	75	0.053	0.9009	0.901	0	0.000001437	0	0	0.7987	0.7986	0.8957
Modal	76	0.053	0.9009	0.901	0	0.000001385	0.000001699	0.000001328	0.7987	0.7986	0.8957
Modal	77	0.052	0.901	0.901	0	0.000004287	0.0001	0.00001622	0.7987	0.7988	0.8957
Modal	78	0.051	0.901	0.901	0	0	0.0001	0.00004692	0.7987	0.7988	0.8958
Modal	79	0.051	0.901	0.901	0	0.000001051	0	0	0.7987	0.7988	0.8958
Modal	80	0.05	0.901	0.901	0	9.907E-07	0.00001837	8.653E-07	0.7987	0.7989	0.8958
Modal	81	0.049	0.901	0.901	0	6.342E-07	0.000001185	0.000001517	0.7987	0.7989	0.8958
Modal	82	0.049	0.901	0.901	0	0	0	0	0.7987	0.7989	0.8958
Modal	83	0.049	0.901	0.901	0	0.000006435	0.00000239	0.000003275	0.7987	0.7989	0.8958
Modal	84	0.048	0.901	0.901	0	0	0	5.691E-07	0.7987	0.7989	0.8958
Modal	85	0.048	0.901	0.901	0	0.000001117	8.299E-07	0	0.7987	0.7989	0.8958
Modal	86	0.048	0.901	0.901	0	0	0.000002583	0.000001289	0.7987	0.7989	0.8958
Modal	87	0.047	0.9011	0.901	0	0.000008749	0.00001923	0.00002601	0.7988	0.7989	0.8958
Modal	88	0.046	0.9011	0.901	0	0.00002285	0.000001602	0.00002055	0.7988	0.7989	0.8958
Modal	89	0.046	0.9011	0.901	0	0.00001873	0.00001666	0.000007902	0.7988	0.7989	0.8958
Modal	90	0.046	0.9011	0.901	0	0.00002541	0	0.000005321	0.7988	0.7989	0.8958

	A	B	C	D	E	F	G	H	I	N	O	P	Q	R	S	T	U	V	W
1										Tumpuan		Lapangan		Syarat		Tul Pasang Tumpuan		Tul Pasang Lapangan	
2																			
3	No	Tipe Balok	Posisi	As	b (mm)	h (mm)	L (mm)	D Tul (mm)	D Geser (mm)	Mu - (kNm)	Mu+ (kNm)	Mu - (kNm)	Mu+ (kNm)	b>=0.3h atau 250 mm	Ln>4d	-	+	-	+
4	1	TB1	Base	I5-I6	250	700	8000	19	10	303	36	0	157	OK	OK	4	3	3	4
5	2	TB1	Base	I4-I5	250	700	8000	19	10	267	32	0	139	OK	OK	4	3	3	4
6	3	TB1	Base	I3-I4	250	700	8000	19	10	265	31	0	138	OK	OK	4	3	3	4
7	4	TB1	Base	I2-I3	250	700	8000	19	10	265	31	0	138	OK	OK	4	3	3	4
8	5	TB1	Base	I1-I2	250	700	8000	19	10	278	34	0	142	OK	OK	4	3	3	4
9	6	TB1	Base	F6-G6	250	700	8000	19	10	287	32	0	155	OK	OK	4	3	3	4
10	7	TB1	Base	E6-F6	250	700	8000	19	10	287	32	0	155	OK	OK	4	3	3	4
11	8	TB1	Base	D6-E6	250	700	8000	19	10	287	32	0	155	OK	OK	4	3	3	4
12	9	TB1	Base	C6-D6	250	700	8000	19	10	287	32	0	155	OK	OK	4	3	3	4
13	10	TB1	Base	C1-C2	250	700	8000	19	10	368	44	0	200	OK	OK	4	3	3	4
14	11	TB1	Base	E2-F2	250	700	8000	19	10	326	37	0	182	OK	OK	4	3	3	4
15	12	TB1	Base	F2-G2	250	700	8000	19	10	326	37	0	182	OK	OK	4	3	3	4
16	13	TB1	Base	H5-H6	250	700	8000	19	10	320	38	0	172	OK	OK	4	3	3	4
17	14	TB1	Base	H'5-H'6	250	700	8000	19	10	132	178	0	250	OK	OK	4	3	3	4
18	15	TB3	Base	H1-I1	250	700	8000	19	10	343	37	0	216	OK	OK	5	3	3	5
19	16	TB3	Base	G1-H1	250	700	8000	19	10	331	33	0	216	OK	OK	5	3	3	5
20	17	TB3	Base	G2-H2	250	700	8000	19	10	411	42	0	276	OK	OK	5	3	3	5
21	18	TB3	Base	B1-B2	250	700	8000	19	10	440	56	0	222	OK	OK	5	3	3	5
22	19	TB4	Base	A3'-B3'	250	600	2000	19	10	453	0	225	0	OK	NOT OK	3	3	3	3
23	20	TB4	Base	A4-B4	250	600	2000	19	10	566	213	332	0	OK	NOT OK	3	3	3	3
24	21	TB4	Base	A4"-B4"	250	600	2000	19	10	737	0	338	0	OK	NOT OK	3	3	3	3
25	22	TB5	Base	A3-A4	200	500	8000	16	10	56	517	168	0	OK	OK	3	2	2	3
26	23	TB5	Base	A4-A5	200	500	8000	16	10	279	620	130	0	OK	OK	3	2	2	3
27	24	TB9	Base	H6-I6	250	700	8000	19	10	347	86	0	167	OK	OK	5	3	3	5
29	26	TB9	Base	H5-I5	250	700	8000	19	10	449	86	0	274	OK	OK	5	3	3	5
30	27	TB9	Base	G5-H5	250	700	8000	19	10	413	43	0	276	OK	OK	5	3	3	5
32	29	TB11	Base	D1-E1	250	700	8000	19	10	365	35	0	247	OK	OK	5	3	3	5
33	30	TB11	Base	D2-E2	250	700	8000	19	10	394	45	0	259	OK	OK	5	3	3	5
34	31	TB12	Base	C1-D1	250	700	8000	19	10	321	33	0	205	OK	OK	6	3	3	5
35	32	TB12	Base	C2-D2	250	700	8000	19	10	401	41	0	266	OK	OK	6	3	3	5
36	33	TB13	Base	B1-C1	250	750	10000	22	10	513	62	0	273	OK	OK	6	3	3	6
37	34	TB13	Base	B2-C2	250	750	10000	22	10	689	89	0	368	OK	OK	6	3	3	6
38	35	B20/50	LT 1	A5-A6	200	500	8000	16	10	64	22	4	24	OK	OK	3	2	2	3
39	36	B20/50	LT 1	A4-A5	200	500	8000	16	10	64	42	9	44	OK	OK	3	2	2	3
40	37	B20/50	LT 1	A3-A4	200	500	8000	16	10	64	42	9	44	OK	OK	3	2	2	3
41	38	B20/50	LT 1	A2-A3	200	500	8000	16	10	64	42	9	44	OK	OK	3	2	2	3
42	39	B20/50	LT 1	A1-A2	200	500	8000	16	10	64	42	9	44	OK	OK	3	2	2	3
43	40	B35/80	LT1	B5-B6	350	800	8000	22	10	411	63	0	420	OK	OK	12	6	6	6
44	41	B35/80	LT1	B4-B5	350	800	8000	22	10	865	426	230	380	OK	OK	12	6	6	6
45	42	B35/80	LT1	B3-B4	350	800	8000	22	10	879	426	320	376	OK	OK	12	6	6	6
46	43	B35/80	LT1	B2-B3	350	800	8000	22	10	437	78	0	376	OK	OK	12	6	6	6
47	44	B35/80	LT1	B1-B2	350	800	8000	22	10	437	78	0	420	OK	OK	12	6	6	6
48	45	B20/50	LT2	A5-A6	200	500	8000	16	10	54	20	3	20	OK	OK	3	2	2	3
49	46	B20/50	LT2	A4-A5	200	500	8000	16	10	48	34	9	34	OK	OK	3	2	2	3
50	47	B20/50	LT2	A3-A4	200	500	8000	16	10	61	40	6	40	OK	OK	3	2	2	3
51	48	B20/50	LT2	A2-A3	200	500	8000	16	10	61	11	4	11	OK	OK	3	2	2	3
52	49	B20/50	LT2	A1-A2	200	500	8000	16	10	22	19	11	19	OK	OK	3	2	2	3
53	50	B35/80	LT2	B5-B6	350	800	8000	22	10	359	38	0	378	OK	OK	12	6	6	6
54	51	B35/80	LT2	B4-B5	350	800	8000	22	10	789	281	235	336	OK	OK	12	6	6	6
55	52	B35/80	LT2	B3-B4	350	800	8000	22	10	885	334	208	390	OK	OK	12	6	6	6
56	53	B35/80	LT2	B2-B3	350	800	8000	22	10	422	25	0	350	OK	OK	12	6	6	6

	X	Y	Z	AA	AB	AC	AD	AE	AF	AG	AH	AI	AJ	AK	AL	AM
1	Tumpuan		Lapangan		Momen Nominal				Momen Nominal Terkoreksi				Kontrol			
2	a (mm)		a (mm)		Tumpuan (kNm)		Lapangan (kNm)		Tumpuan (kNm)		Lapangan (kNm)		Tumpuan (kNm)		Lapangan (kNm)	
3	-	+	-	+	-	+	-	+	-	+	-	+	-	+	-	+
4	74.68028	56.01021	56.01021	74.68028	287.1564471	218.7006	218.7006	287.1564	258.4408	196.8305	196.8305	258.4408	NOT OK	OK	OK	OK
5	74.68028	56.01021	56.01021	74.68028	287.1564471	218.7006	218.7006	287.1564	258.4408	196.8305	196.8305	258.4408	NOT OK	OK	OK	OK
6	74.68028	56.01021	56.01021	74.68028	287.1564471	218.7006	218.7006	287.1564	258.4408	196.8305	196.8305	258.4408	NOT OK	OK	OK	OK
7	74.68028	56.01021	56.01021	74.68028	287.1564471	218.7006	218.7006	287.1564	258.4408	196.8305	196.8305	258.4408	NOT OK	OK	OK	OK
8	74.68028	56.01021	56.01021	74.68028	287.1564471	218.7006	218.7006	287.1564	258.4408	196.8305	196.8305	258.4408	NOT OK	OK	OK	OK
9	74.68028	56.01021	56.01021	74.68028	287.1564471	218.7006	218.7006	287.1564	258.4408	196.8305	196.8305	258.4408	NOT OK	OK	OK	OK
10	74.68028	56.01021	56.01021	74.68028	287.1564471	218.7006	218.7006	287.1564	258.4408	196.8305	196.8305	258.4408	NOT OK	OK	OK	OK
11	74.68028	56.01021	56.01021	74.68028	287.1564471	218.7006	218.7006	287.1564	258.4408	196.8305	196.8305	258.4408	NOT OK	OK	OK	OK
12	74.68028	56.01021	56.01021	74.68028	287.1564471	218.7006	218.7006	287.1564	258.4408	196.8305	196.8305	258.4408	NOT OK	OK	OK	OK
13	74.68028	56.01021	56.01021	74.68028	287.1564471	218.7006	218.7006	287.1564	258.4408	196.8305	196.8305	258.4408	NOT OK	OK	OK	OK
14	74.68028	56.01021	56.01021	74.68028	287.1564471	218.7006	218.7006	287.1564	258.4408	196.8305	196.8305	258.4408	NOT OK	OK	OK	OK
15	74.68028	56.01021	56.01021	74.68028	287.1564471	218.7006	218.7006	287.1564	258.4408	196.8305	196.8305	258.4408	NOT OK	OK	OK	OK
16	74.68028	56.01021	56.01021	74.68028	287.1564471	218.7006	218.7006	287.1564	258.4408	196.8305	196.8305	258.4408	NOT OK	OK	OK	OK
17	89.61634	67.21225	67.21225	89.61634	283.6010174	216.7006	216.7006	283.601	255.2409	195.0306	195.0306	255.2409	OK	OK	OK	OK
18	93.35035	56.01021	56.01021	93.35035	353.3902	218.7006	218.7006	353.3902	318.0512	196.8305	196.8305	318.0512	NOT OK	OK	OK	OK
19	93.35035	56.01021	56.01021	93.35035	353.3902	218.7006	218.7006	353.3902	318.0512	196.8305	196.8305	318.0512	NOT OK	OK	OK	OK
20	93.35035	56.01021	56.01021	93.35035	353.3902	218.7006	218.7006	353.3902	318.0512	196.8305	196.8305	318.0512	NOT OK	OK	OK	OK
21	93.35035	56.01021	56.01021	93.35035	353.3902	218.7006	218.7006	353.3902	318.0512	196.8305	196.8305	318.0512	NOT OK	OK	OK	OK
22	56.01021	56.01021	56.01021	56.01021	182.9940406	182.994	182.994	182.994	164.6946	164.6946	164.6946	164.6946	NOT OK	OK	NOT OK	OK
23	56.01021	56.01021	56.01021	56.01021	182.9940406	182.994	182.994	182.994	164.6946	164.6946	164.6946	164.6946	NOT OK	NOT OK	NOT OK	OK
24	56.01021	56.01021	56.01021	56.01021	182.9940406	182.994	182.994	182.994	164.6946	164.6946	164.6946	164.6946	NOT OK	OK	NOT OK	OK
25	49.64894	33.09929	33.09929	49.64894	105.6328489	71.81874	71.81874	105.6328	95.06956	64.63687	64.63687	95.06956	NOT OK	NOT OK	NOT OK	OK
26	49.64894	33.09929	33.09929	49.64894	105.6328489	71.81874	71.81874	105.6328	95.06956	64.63687	64.63687	95.06956	NOT OK	NOT OK	NOT OK	OK
27	93.35035	56.01021	56.01021	93.35035	353.3902	218.7006	218.7006	353.3902	318.0512	196.8305	196.8305	318.0512	NOT OK	OK	OK	OK
29	93.35035	56.01021	56.01021	93.35035	353.3902	218.7006	218.7006	353.3902	318.0512	196.8305	196.8305	318.0512	NOT OK	OK	OK	OK
30	93.35035	56.01021	56.01021	93.35035	353.3902	218.7006	218.7006	353.3902	318.0512	196.8305	196.8305	318.0512	NOT OK	OK	OK	OK
32	93.35035	56.01021	56.01021	93.35035	353.3902	218.7006	218.7006	353.3902	318.0512	196.8305	196.8305	318.0512	NOT OK	OK	OK	OK
33	93.35035	56.01021	56.01021	93.35035	353.3902	218.7006	218.7006	353.3902	318.0512	196.8305	196.8305	318.0512	NOT OK	OK	OK	OK
34	134.4245	67.21225	67.21225	112.0204	409.4020926	216.7006	216.7006	347.8348	368.4619	195.0306	195.0306	313.0514	OK	OK	OK	OK
35	112.0204	56.01021	56.01021	93.35035	417.4018094	218.7006	218.7006	353.3902	375.6616	196.8305	196.8305	318.0512	NOT OK	OK	OK	OK
36	180.2257	90.11283	90.11283	180.2257	573.4038039	308.2715	308.2715	573.4038	516.0634	277.4444	277.4444	516.0634	OK	OK	OK	OK
37	150.188	75.09402	75.09402	150.188	587.7835405	311.8664	311.8664	587.7835	529.0052	280.6798	280.6798	529.0052	NOT OK	OK	OK	OK
38	59.57873	39.71915	39.71915	59.57873	104.3756901	71.26001	71.26001	104.3757	93.93812	64.134	64.134	93.93812	OK	OK	OK	OK
39	59.57873	39.71915	39.71915	59.57873	104.3756901	71.26001	71.26001	104.3757	93.93812	64.134	64.134	93.93812	OK	OK	OK	OK
40	59.57873	39.71915	39.71915	59.57873	104.3756901	71.26001	71.26001	104.3757	93.93812	64.134	64.134	93.93812	OK	OK	OK	OK
41	59.57873	39.71915	39.71915	59.57873	104.3756901	71.26001	71.26001	104.3757	93.93812	64.134	64.134	93.93812	OK	OK	OK	OK
42	59.57873	39.71915	39.71915	59.57873	104.3756901	71.26001	71.26001	104.3757	93.93812	64.134	64.134	93.93812	OK	OK	OK	OK
43	257.4652	128.7326	128.7326	128.7326	1168.599557	645.9272	645.9272	645.9272	1051.74	581.3345	581.3345	581.3345	OK	OK	OK	OK
44	257.4652	128.7326	128.7326	128.7326	1168.599557	645.9272	645.9272	645.9272	1051.74	581.3345	581.3345	581.3345	OK	OK	OK	OK
45	257.4652	128.7326	128.7326	128.7326	1168.599557	645.9272	645.9272	645.9272	1051.74	581.3345	581.3345	581.3345	OK	OK	OK	OK
46	257.4652	128.7326	128.7326	128.7326	1168.599557	645.9272	645.9272	645.9272	1051.74	581.3345	581.3345	581.3345	OK	OK	OK	OK
47	257.4652	128.7326	128.7326	128.7326	1168.599557	645.9272	645.9272	645.9272	1051.74	581.3345	581.3345	581.3345	OK	OK	OK	OK
48	59.57873	39.71915	39.71915	59.57873	104.3756901	71.26001	71.26001	104.3757	93.93812	64.134	64.134	93.93812	OK	OK	OK	OK
49	59.57873	39.71915	39.71915	59.57873	104.3756901	71.26001	71.26001	104.3757	93.93812	64.134	64.134	93.93812	OK	OK	OK	OK
50	59.57873	39.71915	39.71915	59.57873	104.3756901	71.26001	71.26001	104.3757	93.93812	64.134	64.134	93.93812	OK	OK	OK	OK
51	59.57873	39.71915	39.71915	59.57873	104.3756901	71.26001	71.26001	104.3757	93.93812	64.134	64.134	93.93812	OK	OK	OK	OK
52	59.57873	39.71915	39.71915	59.57873	104.3756901	71.26001	71.26001	104.3757	93.93812	64.134	64.134	93.93812	OK	OK	OK	OK
53	257.4652	128.7326	128.7326	128.7326	1168.599557	645.9272	645.9272	645.9272	1051.74	581.3345	581.3345	581.3345	OK	OK	OK	OK
54	257.4652	128.7326	128.7326	128.7326	1168.599557	645.9272	645.9272	645.9272	1051.74	581.3345	581.3345	581.3345	OK	OK	OK	OK
55	257.4652	128.7326	128.7326	128.7326	1168.599557	645.9272	645.9272	645.9272	1051.74	581.3345	581.3345	581.3345	OK	OK	OK	OK
56	257.4652	128.7326	128.7326	128.7326	1168.599557	645.9272	645.9272	645.9272	1051.74	581.3345	581.3345	581.3345	OK	OK	OK	OK

	A	B	C	D	E	F	G	H	I	N	O	P	Q	R	S	T	U	V	W
57	54	B35/80	LT2	B1-B2	350	800	8000	22	10	422	25	0	350	OK	OK	12	6	6	6
58	55	B20/50	LT3/P	A5-A6	200	500	8000	16	10	54	18	3	21	OK	OK	3	2	2	3
59	56	B20/50	LT3/P	A4-A5	200	500	8000	16	10	54	40	9	42	OK	OK	3	2	2	3
60	57	B20/50	LT3/P	A3-A4	200	500	8000	16	10	60	38	6	43	OK	OK	3	2	2	3
61	58	B20/50	LT3/P	A2-A3	200	500	8000	16	10	60	11	4	16	OK	OK	3	2	2	3
62	59	B20/50	LT3/P	A1-A2	200	500	8000	16	10	23	20	8	22	OK	OK	3	2	2	3
63	60	B35/80	LT3/P	B5-B6	350	800	8000	22	10	370	36	0	378	OK	OK	12	6	6	6
64	61	B35/80	LT3/P	B4-B5	350	800	8000	22	10	782	274	231	335	OK	OK	12	6	6	6
65	62	B35/80	LT3/P	B3-B4	350	800	8000	22	10	870	327	198	387	OK	OK	12	6	6	6
66	63	B35/80	LT3/P	B2-B3	350	800	8000	22	10	437	48	0	360	OK	OK	12	6	6	6
67	64	B35/80	LT3/P	B1-B2	350	800	8000	22	10	437	48	0	360	OK	OK	12	6	6	6
68	65	B20/50	LT L	A5-A6	200	500	8000	16	10	44	8	44	8	OK	OK	3	2	2	3
69	66	B20/50	LT L	A4-A5	200	500	8000	16	10	15	26	0	29	OK	OK	3	2	2	3
70	67	B20/50	LT L	A3-A4	200	500	8000	16	10	70	34	6	44	OK	OK	3	2	2	3
71	68	B20/50	LT L	A2-A3	200	500	8000	16	10	69	7	6	15	OK	OK	3	2	2	3
72	69	B20/50	LT L	A1-A2	200	500	8000	16	10	44	10	0	19	OK	OK	3	2	2	3
73	70	B35/80	LT L	B5-B6	350	800	8000	22	10	468	80	0	285	OK	OK	12	6	6	6
74	71	B35/80	LT L	B4-B5	350	800	8000	22	10	880	310	249	318	OK	OK	12	6	6	6
75	72	B35/80	LT L	B3-B4	350	800	8000	22	10	923	377	236	394	OK	OK	12	6	6	6
76	73	B35/80	LT L	B2-B3	350	800	8000	22	10	399	57	0	304	OK	OK	12	6	6	6
77	74	B35/80	LT L	B1-B2	350	800	8000	22	10	399	57	0	304	OK	OK	12	6	6	6
78	75	B30/80	LT L	A1-B1	300	800	2000	22	10	955	700	781	210	OK	NOT OK	8	4	4	4
79	76	B30/80	Ballroom	F2-G2	300	800	8000	22	10	572	234	0	386	OK	OK	8	4	4	4
80	77	B30/70	Ballroom	E3-F3	300	700	8000	19	10	652	325	0	413	OK	OK	8	4	4	8
81	78	B30/60	Ballroom	E1-E2	300	600	8000	22	10	684	111	0	620	OK	OK	6	3	3	3
82	79	B35/80	Ballroom	C3-C4	350	800	8000	22	10	830	281	0	586	OK	OK	12	6	6	6
83	80	B20/50	Ballroom	A5-A6	200	500	8000	16	10	33	11	44	11	OK	OK	3	2	2	3
84	81	B20/50	Ballroom	A4-A5	200	500	8000	16	10	28	25	0	29	OK	OK	3	2	2	3
85	82	B20/50	Ballroom	A3-A4	200	500	8000	16	10	159	59	0	85	OK	OK	3	2	2	3
86	83	B20/50	Ballroom	A2-A3	200	500	8000	16	10	142	13	0	39	OK	OK	3	2	2	3
87	84	B20/50	Ballroom	A1-A2	200	500	8000	16	10	137	59	0	80	OK	OK	3	2	2	3
88	85	B35/80	Ballroom	B5-B6	350	800	8000	22	10	633	144	0	300	OK	OK	12	6	6	6
89	86	B35/80	Ballroom	B4-B5	350	800	8000	22	10	750	185	149	290	OK	OK	12	6	6	6
90	87	B35/80	Ballroom	B3-B4	350	800	8000	22	10	724	370	139	386	OK	OK	12	6	6	6
91	88	B35/80	Ballroom	B2-B3	350	800	8000	22	10	498	3	23	353	OK	OK	12	6	6	6
92	89	B35/80	Ballroom	B1-B2	350	800	8000	22	10	673	280	108	389	OK	OK	12	6	6	6
93	90	B30/60	Ballroom	A4-B4	300	600	2000	22	10	684	111	0	620	OK	NOT OK	6	3	3	3
94	91	B30/50	Ballroom	A3-B3	300	500	2000	16	10	339	136	280	4	OK	OK	5	3	3	5
95	92	B30/50	Ballroom	A3-B3	300	500	2000	16	10	339	136	280	4	OK	OK	5	3	3	5
96	93	B20/50	Lt 2 Hotel	A5-A6	200	500	8000	16	10	34	11	47	11	OK	OK	3	2	2	3
97	94	B20/50	Lt 2 Hotel	A4-A5	200	500	8000	16	10	23	29	0	31	OK	OK	3	2	2	3
98	95	B35/80	Lt 2 Hotel	B5-B6	350	800	8000	22	10	672	149	0	290	OK	OK	12	6	6	6
99	96	B35/80	Lt 2 Hotel	B4-B5	350	800	8000	22	10	743	222	129	330	OK	OK	12	6	6	6
100	97	B30/60	Lt 2 Hotel	A4-B4	300	600	2000	22	10	409	77	187	77	OK	NOT OK	6	3	3	3
101	98	B20/50	Lt 3 Hotel	A5-A6	200	500	8000	16	10	34	11	47	11	OK	OK	3	2	2	3
102	99	B20/50	Lt 3 Hotel	A4-A5	200	500	8000	16	10	23	29	0	31	OK	OK	3	2	2	3
103	100	B35/80	Lt 3 Hotel	B5-B6	350	800	8000	22	10	672	149	0	290	OK	OK	12	6	6	6
104	101	B35/80	Lt 3 Hotel	B4-B5	350	800	8000	22	10	743	222	129	330	OK	OK	12	6	6	6
105	102	B20/50	Roof Hotel	A5-A6	200	500	8000	16	10	27	9	31	9	OK	OK	3	2	2	3
106	103	B35/80	Roof Hotel	B5-B6	350	800	8000	22	10	413	95	20	148	OK	OK	12	6	6	6

[illegible]

REKAP PERUBAHAN DIMENSI DAN TULANGAN PERKUATAN BALOK						Tumpuan		Lapangan		Tul Pasang Tumpuan		Tul Pasang Lapangan		Momen Nominal Terkoreksi				Kontrol			
						Mu - (kNm)	Mu+ (kNm)	Mu - (kNm)	Mu+ (kNm)	-	+	-	+	Tumpuan (kNm)	Tumpuan (kNm)	Lapangan (kNm)	Lapangan (kNm)	Tumpuan (kNm)	Tumpuan (kNm)	Lapangan (kNm)	Lapangan (kNm)
No	Tipe Balok	Posisi	As	b (mm)	h (mm)																
1	TB1	Base	I5-I6	350	800	303	36	0	157	4	3	3	4	305.8599	231.5377	231.5376921	305.8598811	OK	OK	OK	OK
2	TB1	Base	I4-I5	350	800	267	32	0	139	4	3	3	4	305.8599	231.5377	231.5376921	305.8598811	OK	OK	OK	OK
3	TB1	Base	I3-I4	350	800	265	31	0	138	4	3	3	4	305.8599	231.5377	231.5376921	305.8598811	OK	OK	OK	OK
4	TB1	Base	I2-I3	350	800	265	31	0	138	4	3	3	4	305.8599	231.5377	231.5376921	305.8598811	OK	OK	OK	OK
5	TB1	Base	I1-I2	350	800	278	34	0	142	4	3	3	4	305.8599	231.5377	231.5376921	305.8598811	OK	OK	OK	OK
6	TB1	Base	F6-G6	350	800	287	32	0	155	4	3	3	4	305.8599	231.5377	231.5376921	305.8598811	OK	OK	OK	OK
7	TB1	Base	E6-F6	350	800	287	32	0	155	4	3	3	4	305.8599	231.5377	231.5376921	305.8598811	OK	OK	OK	OK
8	TB1	Base	D6-E6	350	800	287	32	0	155	4	3	3	4	305.8599	231.5377	231.5376921	305.8598811	OK	OK	OK	OK
9	TB1	Base	C6-D6	350	800	287	32	0	155	4	3	3	4	305.8599	231.5377	231.5376921	305.8598811	OK	OK	OK	OK
10	TB1	Base	C1-C2	350	800	368	44	0	200	5	3	3	4	378.7535	231.5377	231.5376921	305.8598811	OK	OK	OK	OK
11	TB1	Base	E2-F2	350	800	326	37	0	182	5	3	3	4	378.7535	231.5377	231.5376921	305.8598811	OK	OK	OK	OK
12	TB1	Base	F2-G2	350	800	326	37	0	182	5	3	3	4	378.7535	231.5377	231.5376921	305.8598811	OK	OK	OK	OK
13	TB1	Base	H5-H6	350	800	320	38	0	172	5	3	3	4	378.7535	231.5377	231.5376921	305.8598811	OK	OK	OK	OK
15	TB3	Base	H1-I1	350	800	343	37	0	216	5	3	3	5	378.7535	231.5377	231.5376921	378.7535492	OK	OK	OK	OK
16	TB3	Base	G1-H1	350	800	331	33	0	216	5	3	3	5	378.7535	231.5377	231.5376921	378.7535492	OK	OK	OK	OK
17	TB3	Base	G2-H2	350	800	411	42	0	276	6	3	3	5	450.2187	231.5377	231.5376921	378.7535492	OK	OK	OK	OK
18	TB3	Base	B1-B2	350	800	440	56	0	222	6	3	3	5	450.2187	231.5377	231.5376921	378.7535492	OK	OK	OK	OK
19	TB4	Base	A3'-B3'	350	800	453	0	225	0	5	3	3	3	498.5684	306.8445	306.844453	306.844453	OK	OK	OK	OK
20	TB4	Base	A4-B4	350	800	566	213	332	0	6	3	5	3	590.5786	306.8445	498.5683712	306.844453	OK	OK	OK	OK
21	TB4	Base	A4"-B4"	350	800	737	0	338	0	8	3	5	3	766.8957	306.8445	498.5683712	306.844453	OK	OK	OK	OK
22	TB5	Base	A3-A4	300	700	56	517	168	0	3	7	4	3	261.8334	569.0037	343.1196423	261.8333994	OK	OK	OK	OK
23	TB5	Base	A4-A5	300	700	279	620	130	0	4	8	2	3	343.1196	638.3068	177.5513781	261.8333994	OK	OK	OK	OK
24	TB9	Base	H6-I6	350	800	347	86	0	167	5	3	3	5	378.7535	231.5377	231.5376921	378.7535492	OK	OK	OK	OK
26	TB9	Base	H5-I5	350	800	449	86	0	274	6	3	3	5	450.2187	231.5377	231.5376921	378.7535492	OK	OK	OK	OK
27	TB9	Base	G5-H5	350	800	413	43	0	276	6	3	3	5	450.2187	231.5377	231.5376921	378.7535492	OK	OK	OK	OK
29	TB11	Base	D1-E1	350	800	365	35	0	247	5	3	3	5	378.7535	231.5377	231.5376921	378.7535492	OK	OK	OK	OK
30	TB11	Base	D2-E2	350	800	394	45	0	259	6	3	3	5	450.2187	231.5377	231.5376921	378.7535492	OK	OK	OK	OK
32	TB12	Base	C2-D2	350	800	401	41	0	266	6	3	3	5	450.2187	231.5377	231.5376921	378.7535492	OK	OK	OK	OK
34	TB13	Base	B2-C2	350	800	689	89	0	368	8	3	3	6	766.8957	306.8445	306.844453	590.5786151	OK	OK	OK	OK
75	B30/80	LTL	A1-B1	500	900	955	700	781	210	10	7	7	4	1115.076	799.4266	799.4265772	467.5999894	OK	OK	OK	OK
77	B30/70	Ballroom	E3-F3	400	800	652	325	0	413	10	6	4	8	730.7223	453.4329	307.2884019	594.577512	OK	OK	OK	OK
78	B30/60	Ballroom	E1-E2	400	700	684	111	0	620	9	3	3	8	734.9464	265.2037	265.2036502	662.2730571	OK	OK	OK	OK
82	B20/50	Ballroom	A3-A4	300	600	159	59	0	85	5	2	2	3	195.3831	80.66755	80.66755012	119.7441663	OK	OK	OK	OK
83	B20/50	Ballroom	A2-A3	200	500	142	13	0	39	5	2	2	3	152.1635	64.63687	64.63686821	95.06956404	OK	OK	OK	OK
84	B20/50	Ballroom	A1-A2	200	500	137	59	0	80	5	2	2	3	152.1635	64.63687	64.63686821	95.06956404	OK	OK	OK	OK
90	B30/60	Ballroom	A4-B4	400	700	684	111	0	620	9	3	3	8	734.9464	265.2037	265.2036502	662.2730571	OK	OK	OK	OK
91	B30/50	Ballroom	A3-B3	400	600	339	136	280	4	5	3	4	5	358.9633	222.1185	291.6642712	358.9632545	OK	OK	OK	OK
92	B30/50	Ballroom	A3-B3	400	600	339	136	280	4	5	3	4	5	358.9633	222.1185	291.6642712	358.9632545	OK	OK	OK	OK

**LAMPIRAN 2. ANALISIS KOMBINASI BEBAN STATIK DAN DINAMIK PADA
EFISIENSI TIANG PANCANG**

[2D Wireframe]

ENVELOPE LRFD											
Eksisting								Setelah Penambahan Ballroom		Rasio Perbandingan Kapasitas Pasca Penambahan Ballroom dengan Eksisting (<1 = OK)	Kondisi
No	Ukuran Pondasi	Kedalaman	Jumlah Pondasi	Daya Dukung 1 Tiang (Ton)		Kode Pile Cap	Effisiensi (Ton)	Axial Tekan (Ton)	Axial Tarik (Ton)		
				Axial Tekan	Axial Tarik						
1	40cm x 40cm	24m	3	120	44	PC3	286.3	428.2	-3.7	1.50	Perlu Tambahan
2	40cm x 40cm	24m	3	120	44	PC3	286.3	593.3	0.0	2.07	Perlu Tambahan
3	40cm x 40cm	24m	3	120	44	PC3	286.3	535.0	0.0	1.87	Perlu Tambahan
4	40cm x 40cm	24m	4	120	44	PC4	381.7	760.7	0.0	1.99	Perlu Tambahan
5	40cm x 40cm	24m	3	120	44	PC3	286.3	507.3	0.0	1.77	Perlu Tambahan
6	40cm x 40cm	24m	4	120	44	PC4	381.7	773.7	0.0	2.03	Perlu Tambahan
7	40cm x 40cm	24m	4	120	44	PC4	381.7	700.3	0.0	1.83	Perlu Tambahan
8	40cm x 40cm	24m	5	120	44	PC5	477.1	681.4	0.0	1.43	Perlu Tambahan
9	40cm x 40cm	24m	2	120	44	PC2	215.4	62.5	0.0	0.29	OK
10	40cm x 40cm	24m	3	120	44	PC3	286.3	464.9	0.0	1.62	Perlu Tambahan
11	40cm x 40cm	24m	4	120	44	PC4	381.7	684.7	0.0	1.79	Perlu Tambahan
12	40cm x 40cm	24m	4	120	44	PC4	381.7	698.4	0.0	1.83	Perlu Tambahan
13	40cm x 40cm	24m	4	120	44	PC4	381.7	712.0	0.0	1.87	Perlu Tambahan
14	40cm x 40cm	24m	2	120	44	PC2	215.4	66.4	0.0	0.31	OK
15	40cm x 40cm	24m	3	120	44	PC4	381.7	497.0	0.0	1.30	Perlu Tambahan
16	40cm x 40cm	24m	4	120	44	PC4	381.7	688.7	0.0	1.80	Perlu Tambahan
17	40cm x 40cm	24m	4	120	44	PC4	381.7	699.4	0.0	1.83	Perlu Tambahan
18	40cm x 40cm	24m	4	120	44	PC4	381.7	792.5	0.0	2.08	Perlu Tambahan
19	40cm x 40cm	24m	4	120	44	PC3(2)	365.3	551.0	0.0	1.51	Perlu Tambahan
20	40cm x 40cm	24m	6	120	44	PC5(2)	523.4	771.5	0.0	1.47	Perlu Tambahan
21	40cm x 40cm	24m	5	120	44	PC5	477.1	801.7	0.0	1.68	Perlu Tambahan
22	40cm x 40cm	24m	8	120	44	PC8	697.8	1204.2	0.0	1.73	Perlu Tambahan
23	40cm x 40cm	24m	3	120	44	PC3	286.3	459.7	0.0	1.61	Perlu Tambahan
24	40cm x 40cm	24m	4	120	44	PC4	381.7	693.4	0.0	1.82	Perlu Tambahan
25	40cm x 40cm	24m	4	120	44	PC4	381.7	729.7	0.0	1.91	Perlu Tambahan
26	40cm x 40cm	24m	6	120	44	PC6	547.9	534.7	-2.9	0.98	OK

TABLE: Joint Reactions												No Titik Peninjauan
Story	Label	Unique Name	Output Case	Case Type	Step Type	FX	FY	FZ	MX	MY	MZ	
						kN	kN	kN	kN-m	kN-m	kN-m	
Base	79	134	Envelope LRFD Pondasi	Combination	Max	-12.6657	95.5178	4282.02	225.8374	-48.7836	0.6872	1
Base	79	134	Envelope LRFD Pondasi	Combination	Min	-13.5308	63.6492	3726.79	105.2175	-57.222	0.5338	
Base	81	151	Envelope LRFD Pondasi	Combination	Max	-1.0346	-15.7768	5933.012	59.2169	32.016	0.6158	2
Base	81	151	Envelope LRFD Pondasi	Combination	Min	-4.5706	-16.8749	4534.273	37.3864	25.1638	0.4652	
Base	78	130	Envelope LRFD Pondasi	Combination	Max	-9.8431	78.581	5349.883	5.3247	72.6748	0.5765	3
Base	78	130	Envelope LRFD Pondasi	Combination	Min	-10.8927	48.2997	4533.156	-8.1649	31.572	0.4224	
Base	80	147	Envelope LRFD Pondasi	Combination	Max	-10.24	-3.6664	7607.201	372.1121	95.8062	0.6237	4
Base	80	147	Envelope LRFD Pondasi	Combination	Min	-11.2631	-4.8523	5834.179	194.09	42.3433	0.4703	
Base	18	127	Envelope LRFD Pondasi	Combination	Max	-10.1975	86.6723	5073.442	-21.0261	-35.0379	0.5674	5
Base	18	127	Envelope LRFD Pondasi	Combination	Min	-11.2567	52.7072	4279.91	-24.435	-37.8192	0.4144	
Base	30	144	Envelope LRFD Pondasi	Combination	Max	-21.6446	4.2507	7736.622	410.0356	-55.6742	0.6045	6
Base	30	144	Envelope LRFD Pondasi	Combination	Min	-23.6952	0.2464	5835.639	206.2402	-58.9248	0.4499	
Base	11	27	Envelope LRFD Pondasi	Combination	Max	-10.8475	0.3442	7002.634	-2.5734	-39.3156	0.5892	7
Base	11	27	Envelope LRFD Pondasi	Combination	Min	-11.7113	0.2013	5214.65	-5.0592	-42.067	0.4367	
Base	14	36	Envelope LRFD Pondasi	Combination	Max	-2.0922	-9.3013	6813.502	17.1558	-25.8197	0.41	8
Base	14	36	Envelope LRFD Pondasi	Combination	Min	-4.7619	-10.911	5059.475	13.903	-31.0392	0.2937	
Base	214	421	Envelope LRFD Pondasi	Combination	Max	1.0916	1.7683	624.8454	13.3232	-0.1729	0.2159	9
Base	214	421	Envelope LRFD Pondasi	Combination	Min	0.5227	1.6634	538.7144	10.3755	-30.5554	-0.0346	
Base	13	124	Envelope LRFD Pondasi	Combination	Max	-10.9117	65.7734	4648.966	9.8302	-129.81	0.8162	10
Base	13	124	Envelope LRFD Pondasi	Combination	Min	-11.8567	39.1072	3898.645	-3.5025	-206.703	0.5148	
Base	29	141	Envelope LRFD Pondasi	Combination	Max	-5.4296	0.7052	6847.251	361.3212	-99.9766	0.6314	11
Base	29	141	Envelope LRFD Pondasi	Combination	Min	-7.0579	-0.685	4684.935	183.7191	-145.73	0.4725	
Base	10	25	Envelope LRFD Pondasi	Combination	Max	-10.9828	1.726	6983.836	-4.7426	-40.8664	0.6584	12
Base	10	25	Envelope LRFD Pondasi	Combination	Min	-12.5962	1.4293	4768.007	-7.2359	-43.2055	0.492	
Base	12	31	Envelope LRFD Pondasi	Combination	Max	-12.1992	-0.0758	7119.91	-1.6285	-46.0945	0.4037	13
Base	12	31	Envelope LRFD Pondasi	Combination	Min	-13.4579	-0.256	5224.835	-2.9274	-48.7179	0.2887	
Base	215	426	Envelope LRFD Pondasi	Combination	Max	-5.0776	2.1018	664.3993	12.4663	14.5832	0.239	14
Base	215	426	Envelope LRFD Pondasi	Combination	Min	-5.6001	1.9384	573.4657	9.4998	-15.7897	-0.0312	
Base	2	121	Envelope LRFD Pondasi	Combination	Max	-8.9677	71.1259	4969.859	266.352	26.2274	0.8352	15
Base	2	121	Envelope LRFD Pondasi	Combination	Min	-11.248	40.818	4130.208	140.8973	-2.7496	0.5231	
Base	28	138	Envelope LRFD Pondasi	Combination	Max	-14.7855	0.6012	6886.991	60.5482	-51.7072	0.697	16
Base	28	138	Envelope LRFD Pondasi	Combination	Min	-18.4169	-1.4536	4540.531	17.2018	-68.2376	0.5258	
Base	9	22	Envelope LRFD Pondasi	Combination	Max	-17.9259	1.0548	6994.165	-2.9422	-55.0042	0.8231	17
Base	9	22	Envelope LRFD Pondasi	Combination	Min	-22.4784	0.8708	4717.387	-3.9014	-66.6589	0.6242	
Base	15	39	Envelope LRFD Pondasi	Combination	Max	-21.5279	2.0955	7924.967	-6.617	-63.5351	0.3502	18
Base	15	39	Envelope LRFD Pondasi	Combination	Min	-26.8454	1.5214	5783.245	-9.8166	-76.7762	0.2438	

Base	3	5	Envelope LRFD Pondasi	Combination	Max	9.355	80.777	5509.552	406.8645	-166.305	0.6356	19
Base	3	5	Envelope LRFD Pondasi	Combination	Min	6.4164	43.817	4485.964	209.6779	-230.29	0.4757	
Base	6	12	Envelope LRFD Pondasi	Combination	Max	17.5563	3.6298	7714.647	-28.8971	-178.937	0.8558	20
Base	6	12	Envelope LRFD Pondasi	Combination	Min	5.6059	0.7373	5054.023	-43.517	-296.535	0.6538	
Base	8	18	Envelope LRFD Pondasi	Combination	Max	12.0778	8.1673	8016.75	-19.2766	-244.435	1.2085	21
Base	8	18	Envelope LRFD Pondasi	Combination	Min	1.7381	6.4851	5420.781	-27.2354	-346.991	0.9341	
Base	16	42	Envelope LRFD Pondasi	Combination	Max	17.3272	8.9413	12041.57	-4.4908	-418.941	0.8436	22
Base	16	42	Envelope LRFD Pondasi	Combination	Min	2.1519	7.109	8867.102	-25.0357	-542.369	0.459	
Base	1	1	Envelope LRFD Pondasi	Combination	Max	-53.4994	77.0658	4597.311	444.2196	374.3018	0.8016	23
Base	1	1	Envelope LRFD Pondasi	Combination	Min	-69.4858	51.2355	3881.016	295.38	269.5285	0.613	
Base	5	10	Envelope LRFD Pondasi	Combination	Max	-51.7115	0.6565	6933.814	-337.7	360.4654	1.0149	24
Base	5	10	Envelope LRFD Pondasi	Combination	Min	-92.7906	-1.2451	5137.44	-478.167	145.6354	0.7717	
Base	7	16	Envelope LRFD Pondasi	Combination	Max	-55.2932	72.14	7297.47	-105.344	404.5637	1.759	25
Base	7	16	Envelope LRFD Pondasi	Combination	Min	-95.5671	56.3044	5526.019	-135.963	228.5477	1.372	
Base	17	45	Envelope LRFD Pondasi	Combination	Max	698.829	-16.6088	5346.92	32.4391	-3617.24	-13.3952	26
Base	17	45	Envelope LRFD Pondasi	Combination	Min	584.1814	-20.087	4288.429	29.1809	-4272.38	-16.0522	

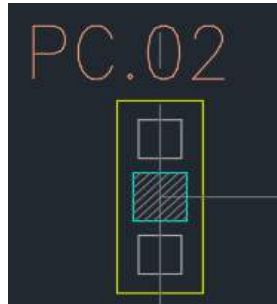
ENVELOPE DYNAMIC													
Eksisting										Setelah Penambahan Ballroom		Rasio Perbandingan Kapasitas Pasca Penambahan Ballroom dengan Eksisting (<=1 = OK)	Kondisi
No	Ukuran Pondasi	Kedalaman	Jumlah Pondasi	Daya Dukung 1 Tiang (Ton)		Kode Pile Cap	Efisiensi (Ton) (Asli)	Faktor Pengali Efisiensi Akibat Beban Dinamik (x 1.5)	Axial Tekan (Ton)	Axial Tarik (Ton)			
				Axial Tekan	Axial Tarik								
1	40cm x 40cm	24m	3	120	44	PC3	286.3	429.4	446.7	25.8	1.04	Perlu Tambahan	
2	40cm x 40cm	24m	3	120	44	PC3	286.3	429.4	578.4	0.0	1.35	Perlu Tambahan	
3	40cm x 40cm	24m	3	120	44	PC3	286.3	429.4	546.0	0.0	1.27	Perlu Tambahan	
4	40cm x 40cm	24m	4	120	44	PC4	381.7	572.5	732.9	0.0	1.28	Perlu Tambahan	
5	40cm x 40cm	24m	3	120	44	PC3	286.3	429.4	505.5	0.0	1.18	Perlu Tambahan	
6	40cm x 40cm	24m	4	120	44	PC4	381.7	572.5	737.2	0.0	1.29	Perlu Tambahan	
7	40cm x 40cm	24m	4	120	44	PC4	381.7	572.5	663.3	0.0	1.16	Perlu Tambahan	
8	40cm x 40cm	24m	5	120	44	PC5	477.1	715.7	645.4	0.0	0.90	OK	
9	40cm x 40cm	24m	2	120	44	PC2	215.4	323.1	113.9	0.0	0.35	OK	
10	40cm x 40cm	24m	3	120	44	PC3	286.3	429.4	492.5	0.0	1.15	Perlu Tambahan	
11	40cm x 40cm	24m	4	120	44	PC4	381.7	572.5	628.6	0.0	1.10	Perlu Tambahan	
12	40cm x 40cm	24m	4	120	44	PC4	381.7	572.5	641.3	0.0	1.12	Perlu Tambahan	
13	40cm x 40cm	24m	4	120	44	PC4	381.7	572.5	668.8	0.0	1.17	Perlu Tambahan	
14	40cm x 40cm	24m	2	120	44	PC2	215.4	323.1	114.9	0.0	0.36	OK	
15	40cm x 40cm	24m	3	120	44	PC4	381.7	572.5	529.7	0.0	0.93	OK	
16	40cm x 40cm	24m	4	120	44	PC4	381.7	572.5	622.8	0.0	1.09	Perlu Tambahan	
17	40cm x 40cm	24m	4	120	44	PC4	381.7	572.5	639.8	0.0	1.12	Perlu Tambahan	
18	40cm x 40cm	24m	4	120	44	PC4	381.7	572.5	751.1	0.0	1.31	Perlu Tambahan	
19	40cm x 40cm	24m	4	120	44	PC3(2)	365.3	547.9	554.7	0.0	1.01	Perlu Tambahan	
20	40cm x 40cm	24m	6	120	44	PC5(2)	523.4	785.0	698.6	0.0	0.89	OK	
21	40cm x 40cm	24m	5	120	44	PC5	477.1	715.7	732.4	0.0	1.02	Perlu Tambahan	
22	40cm x 40cm	24m	8	120	44	PC8	697.8	1046.7	1140.9	0.0	1.09	Perlu Tambahan	
23	40cm x 40cm	24m	3	120	44	PC3	286.3	429.4	467.1	0.0	1.09	Perlu Tambahan	
24	40cm x 40cm	24m	4	120	44	PC4	381.7	572.5	665.4	0.0	1.16	Perlu Tambahan	
25	40cm x 40cm	24m	4	120	44	PC4	381.7	572.5	707.2	0.0	1.24	Perlu Tambahan	
26	40cm x 40cm	24m	6	120	44	PC6	547.9	821.9	532.6	-1.5	0.65	OK	

TABLE: Joint Reactions												No titik Peninjauan
Story	Label	Unique Name	Output Case	Case Type	Step Type	FX	FY	FZ	MX	MY	MZ	
						kN	kN	kN	kN-m	kN-m	kN-m	
Base	79	134	Envelope Dynamic Pondasi	Combination	Max	83.2183	145.6053	4466.549	440.2083	336.0582	15.6239	1
Base	79	134	Envelope Dynamic Pondasi	Combination	Min	-106.5097	-11.6022	2558.752	-176.305	-428.242	-14.5729	
Base	81	151	Envelope Dynamic Pondasi	Combination	Max	87.812	65.7874	5783.851	338.6408	384.4402	14.9266	2
Base	81	151	Envelope Dynamic Pondasi	Combination	Min	-91.7238	-95.2632	3217.555	-258.048	-334.506	-14.0027	
Base	78	130	Envelope Dynamic Pondasi	Combination	Max	85.1282	121.7114	5459.795	228.5385	430.9345	15.5349	3
Base	78	130	Envelope Dynamic Pondasi	Combination	Min	-103.3061	-16.2156	3171.758	-234.764	-348.184	-14.684	
Base	80	147	Envelope Dynamic Pondasi	Combination	Max	80.8099	66.7281	7328.686	571.9164	431.234	14.9179	4
Base	80	147	Envelope Dynamic Pondasi	Combination	Min	-99.6551	-74.0245	4237.438	-112.848	-321.39	-13.9834	
Base	18	127	Envelope Dynamic Pondasi	Combination	Max	84.6591	126.2527	5054.565	202.2405	345.2053	15.5032	5
Base	18	127	Envelope Dynamic Pondasi	Combination	Min	-103.4562	-10.5326	3056.781	-244.184	-409.22	-14.6673	
Base	30	144	Envelope Dynamic Pondasi	Combination	Max	70.9001	63.9059	7371.855	582.0474	309.219	15.0374	6
Base	30	144	Envelope Dynamic Pondasi	Combination	Min	-112.3336	-58.7657	4265.518	-85.0992	-413.826	-14.1384	
Base	11	27	Envelope Dynamic Pondasi	Combination	Max	76.3853	53.9597	6632.731	224.9579	307.4623	15.1882	7
Base	11	27	Envelope Dynamic Pondasi	Combination	Min	-96.192	-53.5235	3821.103	-231.094	-379.094	-14.3147	
Base	14	36	Envelope Dynamic Pondasi	Combination	Max	80.8718	45.5458	6454.188	242.7179	310.2066	15.0081	8
Base	14	36	Envelope Dynamic Pondasi	Combination	Min	-86.1142	-64.0911	3651.426	-214.001	-359.105	-14.4117	
Base	214	421	Envelope Dynamic Pondasi	Combination	Max	31.2222	22.9581	1138.526	85.7299	101.9021	8.0406	9
Base	214	421	Envelope Dynamic Pondasi	Combination	Min	-29.5788	-19.8045	-72.8053	-65.2827	-137.518	-7.9182	
Base	13	124	Envelope Dynamic Pondasi	Combination	Max	83.3328	122.8374	4924.927	257.6662	274.5432	17.5886	10
Base	13	124	Envelope Dynamic Pondasi	Combination	Min	-104.0203	-36.092	2528.518	-255.58	-554.694	-16.4697	
Base	29	141	Envelope Dynamic Pondasi	Combination	Max	80.2251	55.1715	6286.4	538.7031	273.704	15.2303	11
Base	29	141	Envelope Dynamic Pondasi	Combination	Min	-91.7061	-54.7779	3461.324	-98.4294	-480.917	-14.2887	
Base	10	25	Envelope Dynamic Pondasi	Combination	Max	75.7685	56.2437	6413.162	231.2175	306.1633	15.2002	12
Base	10	25	Envelope Dynamic Pondasi	Combination	Min	-97.1556	-53.5044	3517.077	-241.242	-382.562	-14.2194	
Base	12	31	Envelope Dynamic Pondasi	Combination	Max	73.4624	54.2451	6687.747	233.0544	296.537	14.9133	13
Base	12	31	Envelope Dynamic Pondasi	Combination	Min	-96.7004	-54.602	3856.537	-236.744	-381.54	-14.3269	
Base	215	426	Envelope Dynamic Pondasi	Combination	Max	26.2227	25.1416	1149.322	92.0386	125.629	8.0592	14
Base	215	426	Envelope Dynamic Pondasi	Combination	Min	-35.9746	-21.4303	-16.8698	-73.1462	-118.322	-7.9158	
Base	2	121	Envelope Dynamic Pondasi	Combination	Max	85.4091	132.5753	5296.863	504.0517	386.6582	17.5944	15
Base	2	121	Envelope Dynamic Pondasi	Combination	Min	-102.7801	-40.4866	2628.271	-173.092	-372.982	-16.4546	
Base	28	138	Envelope Dynamic Pondasi	Combination	Max	71.1397	59.2689	6227.775	302.7453	304.2727	15.2711	16
Base	28	138	Envelope Dynamic Pondasi	Combination	Min	-99.7664	-59.4853	3376.206	-244.777	-406.729	-14.2273	
Base	9	22	Envelope Dynamic Pondasi	Combination	Max	72.2499	59.872	6397.536	255.0238	298.8468	15.3791	17
Base	9	22	Envelope Dynamic Pondasi	Combination	Min	-107.0374	-58.2049	3479.905	-260.848	-404.059	-14.1426	
Base	15	39	Envelope Dynamic Pondasi	Combination	Max	69.7279	59.8172	7511.298	250.3169	289.5506	14.821	18
Base	15	39	Envelope Dynamic Pondasi	Combination	Min	-111.424	-56.7523	4179.502	-264.103	-410.969	-14.3204	

Base	3	5	Envelope Dynamic Pondasi	Combination	Max	97.4888	126.276	5547.125	620.1696	241.6351	15.6817	19
Base	3	5	Envelope Dynamic Pondasi	Combination	Min	-84.1082	-24.6572	3125.069	-121.094	-579.309	-14.7344	
Base	6	12	Envelope Dynamic Pondasi	Combination	Max	96.7849	80.242	6986.196	288.893	211.5676	15.2687	20
Base	6	12	Envelope Dynamic Pondasi	Combination	Min	-79.1287	-75.5586	3735.204	-349.747	-605.204	-13.9782	
Base	8	18	Envelope Dynamic Pondasi	Combination	Max	92.9919	85.2356	7323.554	295.4807	156.9564	15.6066	21
Base	8	18	Envelope Dynamic Pondasi	Combination	Min	-83.2231	-72.6002	4013.537	-334.892	-658.445	-13.7709	
Base	16	42	Envelope Dynamic Pondasi	Combination	Max	240.8369	193.0862	11408.57	1050.73	882.8642	68.2305	22
Base	16	42	Envelope Dynamic Pondasi	Combination	Min	-226.9162	-179.283	6435.798	-1071.27	-1708.14	-67.1677	
Base	1	1	Envelope Dynamic Pondasi	Combination	Max	28.5973	136.3741	4670.596	729.8729	679.8605	15.7904	23
Base	1	1	Envelope Dynamic Pondasi	Combination	Min	-134.2932	-28.4316	2665.999	-107.363	-130.792	-14.5891	
Base	5	10	Envelope Dynamic Pondasi	Combination	Max	30.0887	93.0329	6653.774	118.3959	607.8763	15.5538	24
Base	5	10	Envelope Dynamic Pondasi	Combination	Min	-148.3101	-93.045	3668.715	-811.306	-212.08	-14.0282	
Base	7	16	Envelope Dynamic Pondasi	Combination	Max	29.2883	153.0184	7071.836	277.6531	660.2407	16.3645	25
Base	7	16	Envelope Dynamic Pondasi	Combination	Min	-153.4461	-42.6776	3931.248	-484.69	-140.923	-13.6774	
Base	17	45	Envelope Dynamic Pondasi	Combination	Max	959.1696	-5.6357	5326.163	41.2695	-2406.16	-3.7026	26
Base	17	45	Envelope Dynamic Pondasi	Combination	Min	151.9295	-26.0988	2977.995	15.1429	-4442.3	-21.7935	

Converse Labarre

Jumlah Tiang	2	
Kedalaman Tiang	24	m
Dimensi Tiang	0.4	m
Luas Permukaan Tiang	0.16	m ²
Luas Selimut Tiang	38.4	m ²
Daya Dukung Tiang	120	T
Jarak Antar Tiang	1.2	m
Jumlah Baris	2	
Jumlah Tiang Dalam 1 Baris (Max)	1	
Jumlah Tiang Pada Baris 1	1	
Jumlah Tiang Pada Baris 2	1	



$$E_g = 1 - \theta \frac{(n-1)m + (m-1)n}{90 \cdot m \cdot n}$$

Dimana :

Eg = Efisiensi kelompok tiang
m = jumlah baris tiang
n = jumlah tiang dalam satu baris
θ = Arc tg d/s, dalam derajat
s = jarak tiang
d = diameter tiang

$$\theta = \text{Arc tan } \frac{D}{s}$$

$$= \text{Arc tan } \frac{0.4}{1.2}$$

$$= 18.43495^\circ$$

$$E_g = 0.897584$$

Efisiensi untuk PC 3 = 215.4201 Ton

Los Angeles Group

Rumus ini tidak cocok digunakan karena menggunakan diameter sebagai acuan, kecuali diizinkan merekayasa panjang sisi tiang menjadi diameter

$$E_{LA} = 1 - \frac{D}{\pi \cdot s \cdot m} [m \cdot (n-1) + (m-1) + \sqrt{2(m-1)(n-1)}]$$

Dengan :

m = Jumlah baris tiang
n = Jumlah tiang dalam satu baris
d = Diameter tiang
s = Jarak pusat ke pusat tiang

Kapasitas Dukung Kelompok Tiang

$$Q_g = n \cdot Q_s \cdot E_g$$

Dengan :

Qg = Beban maksimum kelompok tiang
n = Jumlah tiang dalam kelompok
Qs = Kapasitas dukung ijin tiang
Eg = Efisiensi kelompok tiang.

FELD

Ef 1	=	0.5	
Ef 2	=	0.5	
Eg1	=	0.5	
Eg2	=	0.5	
Eg Total	=	1	
Efisiensi Group Tiang	=	0.5	
Efisiensi PC 3	=	120	Ton

$$E_{\text{eff. tiang}} = 1 - \left(\frac{\text{jumlah tiang yang mengelilingi}}{\text{jumlah tiang}} \right)$$

Efisiensi dari kelompok tiang (pile group) :

$$E_g = \text{jumlah tiang yang ditinjau} \times E_{\text{eff. tiang}}$$

Efisiensi satu tiang :

$$E_{\text{eff}} = \frac{E_g}{\text{jumlah tiang}}$$

Daya dukung tiap tiang dalam kelompok tiang (single pile) adalah :

$$\text{Daya dukung} = E_{\text{eff}} \times Q_{\text{tiang}}$$

Dimana :

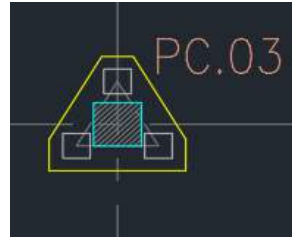
Q_{tiang} = daya dukung single pile/tiang tunggal (kN)

Eg = efisiensi grup tiang

E_{eff} = efisiensi tiap tiang

Converse Labarre

Jumlah Tiang	3	
Kedalaman Tiang	24	m
Dimensi Tiang	0.4	m
Luas Permukaan Tiang	0.16	m ²
Luas Selimut Tiang	38.4	m ²
Daya Dukung Tiang	120	T
Jarak Antar Tiang	1.2	m
Jumlah Baris	2	
Jumlah Tiang Dalam 1 Baris (Max)	2	
Jumlah Tiang Pada Baris 1	1	
Jumlah Tiang Pada Baris 2	2	



$$E_g = 1 - \theta \frac{(n-1)m + (m-1)n}{90.m.n}$$

Dimana :

Eg = Efisiensi kelompok tiang
m = jumlah baris tiang
n = jumlah tiang dalam satu baris
θ = Arc tg d/s, dalam derajat
s = jarak tiang
d = diameter tiang

$$\theta = \text{Arc tan } \frac{D}{s}$$

$$= \text{Arc tan } \frac{0.4}{1.2}$$

$$= 18.43495^\circ$$

$$E_g = 0.795167$$

Efisiensi untuk PC 3 = 286.2602 Ton

Los Angeles Group

Rumus ini tidak cocok digunakan karena menggunakan diameter sebagai acuan, kecuali diizinkan merekayasa panjang sisi tiang menjadi diameter

$$E_{LA} = 1 - \frac{D}{\pi s m} [m(n-1) + (m-1) + \sqrt{2(m-1)(n-1)}]$$

Dengan :

m = Jumlah baris tiang
n = Jumlah tiang dalam satu baris
d = Diameter tiang
s = Jarak pusat ke pusat tiang

Kapasitas Dukung Kelompok Tiang

$$Q_g = n \cdot Q_s \cdot E_g$$

Dengan :

Qg = Beban maksimum kelompok tiang
n = Jumlah tiang dalam kelompok
Qs = Kapasitas dukung ijin tiang
Eg = Efisiensi kelompok tiang.

FELD

Ef 1	=	0.333333	
Ef 2	=	0.666667	
Eg1	=	0.666667	
Eg2	=	0.666667	
Eg Total	=	1.333333	
Efisiensi Group Tiang	=	0.444444	
Efisiensi PC 3	=	160	Ton

$$E_{\text{eff. tiang}} = 1 - \left(\frac{\text{jumlah tiang yang mengelilingi}}{\text{jumlah tiang}} \right)$$

Efisiensi dari kelompok tiang (pile group) :

$$E_g = \text{jumlah tiang yang ditinjau} \times E_{\text{eff. tiang}}$$

Efisiensi satu tiang :

$$E_{\text{eff}} = \frac{E_g}{\text{jumlah tiang}}$$

Daya dukung tiap tiang dalam kelompok tiang (single pile) adalah :

$$\text{Daya dukung} = E_{\text{eff}} \times Q_{\text{tiang}}$$

Dimana :

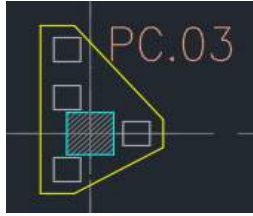
Q_{tiang} = daya dukung single pile/tiang tunggal (kN)

Eg = efisiensi grup tiang

E_{eff} = efisiensi tiap tiang

Converse Labarre

Jumlah Tiang	4	
Kedalaman Tiang	24	m
Dimensi Tiang	0.4	m
Luas Permukaan Tiang	0.16	m ²
Luas Selimut Tiang	38.4	m ²
Daya Dukung Tiang	120	T
Jarak Antar Tiang	1.2	m
Jumlah Baris	2	
Jumlah Tiang Dalam 1 Baris (Max)	3	
Jumlah Tiang Pada Baris 1	1	
Jumlah Tiang Pada Baris 2	3	



$$E_g = 1 - \theta \frac{(n-1).m + (m-1).n}{90.m.n}$$

Dimana :

E_g = Efisiensi kelompok tiang
 m = jumlah baris tiang
 n = jumlah tiang dalam satu baris
 θ = Arc tg d/s, dalam derajat
 s = jarak tiang
 d = diameter tiang

$$\theta = \text{Arc tan } \frac{D}{s}$$

$$= \text{Arc tan } \frac{0.4}{1.2}$$

$$= 18.43495^\circ$$

$$E_g = 0.761028$$

Efisiensi untuk PC 3 = 365.2937 Ton

Los Angeles Group

Rumus ini tidak cocok digunakan karena menggunakan diameter sebagai acuan, kecuali diizinkan merekayasa panjang sisi tiang menjadi diameter

$$E_{LA} = 1 - \frac{D}{\pi . s . m} [m . (n - 1) + (m - 1) + \sqrt{2(m - 1)(n - 1)}]$$

Dengan :

m = Jumlah baris tiang
 n = Jumlah tiang dalam satu baris
 d = Diameter tiang
 s = Jarak pusat ke pusat tiang

Kapasitas Dukung Kelompok Tiang

$$Q_g = n . Q_a . E_g$$

Dengan :

Q_g = Beban maksimum kelompok tiang
 n = Jumlah tiang dalam kelompok
 Q_a = Kapasitas dukung ijin tiang
 E_g = Efisiensi kelompok tiang.

FELD

Ef 1	=	0.75	
Ef 2	=	0.25	
Eg1	=	0.75	
Eg2	=	0.75	
Eg Total	=	1.5	
Efisiensi Group Tiang	=	0.375	
Efisiensi PC 3	=	180	Ton

$$E_{ff. \text{ tiang}} = 1 - \left(\frac{\text{jumlah tiang yang mengelilingi}}{\text{jumlah tiang}} \right)$$

Efisiensi dari kelompok tiang (pile group) :

$$E_g = \text{jumlah tiang yang ditinjau} \times E_{ff. \text{ tiang}}$$

Efisiensi satu tiang :

$$E_{ff} = \frac{E_g}{\text{jumlah tiang}}$$

Daya dukung tiap tiang dalam kelompok tiang (single pile) adalah :

$$\text{Daya dukung} = E_{ff} \times Q_{\text{tiang}}$$

Dimana :

Q_{tiang} = daya dukung single pile/tiang tunggal (kN)

E_g = efisiensi grup tiang

E_{ff} = efisiensi tiap tiang

Converse Labarre

Jumlah Tiang	4	
Kedalaman Tiang	24	m
Dimensi Tiang	0.4	m
Luas Permukaan Tiang	0.16	m ²
Luas Selimut Tiang	38.4	m ²
Daya Dukung Tiang	120	T
Jarak Antar Tiang	1.2	m
Jumlah Baris	2	
Jumlah Tiang Dalam 1 Baris (Max)	2	
Jumlah Tiang Pada Baris 1	2	
Jumlah Tiang Pada Baris 2	2	

$$E_g = 1 - \theta \frac{(n-1).m + (m-1).n}{90.m.n}$$

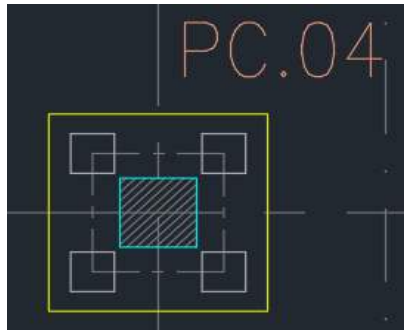
Dimana :

E_g = Efisiensi kelompok tiang
 m = jumlah baris tiang
 n = jumlah tiang dalam satu baris
 θ = Arc tg d/s, dalam derajat
 s = jarak tiang
 d = diameter tiang

$$\theta = \text{Arc tan } \frac{D}{s} = \text{Arc tan } \frac{0.4}{1.2} = 18.43495^\circ$$

$$E_g = 0.795167$$

Efisiensi untuk PC 3 = 381.6803 Ton



Los Angeles Group

Rumus ini tidak cocok digunakan karena menggunakan diameter sebagai acuan, kecuali diizinkan merekayasa panjang sisi tiang menjadi diameter

$$E_{LA} = 1 - \frac{D}{n.s.m} [m.(n-1) + (m-1) + \sqrt{2(m-1)(n-1)}]$$

Dengan :

m = Jumlah baris tiang
 n = Jumlah tiang dalam satu baris
 d = Diameter tiang
 s = Jarak pusat ke pusat tiang

Kapasitas Dukung Kelompok Tiang

$$Q_g = n \cdot Q_a \cdot E_g$$

Dengan :

Q_g = Beban maksimum kelompok tiang
 n = Jumlah tiang dalam kelompok
 Q_a = Kapasitas dukung ijin tiang
 E_g = Efisiensi kelompok tiang.

FELD

Ef 1	=	0.5	
Ef 2	=	0.5	
Eg1	=	1	
Eg2	=	1	
Eg Total	=	2	
Efisiensi Group Tiang	=	0.5	
Efisiensi PC 3	=	240	Ton

$$E_{ff, \text{tiang}} = 1 - \left(\frac{\text{jumlah tiang yang mengelilingi}}{\text{jumlah tiang}} \right)$$

Efisiensi dari kelompok tiang (pile group) :

$$E_g = \text{jumlah tiang yang ditinjau} \times E_{ff, \text{tiang}}$$

Efisiensi satu tiang :

$$E_{ff} = \frac{E_g}{\text{jumlah tiang}}$$

Daya dukung tiap tiang dalam kelompok tiang (single pile) adalah :

$$\text{Daya dukung} = E_{ff} \times Q_{\text{tiang}}$$

Dimana :

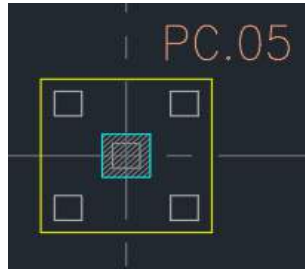
Q_{tiang} = daya dukung single pile/tiang tunggal (kN)

E_g = efisiensi grup tiang

E_{ff} = efisiensi tiap tiang

Converse Labarre

Jumlah Tiang	5	
Kedalaman Tiang	24	m
Dimensi Tiang	0.4	m
Luas Permukaan Tiang	0.16	m ²
Luas Selimut Tiang	38.4	m ²
Daya Dukung Tiang	120	T
Jarak Antar Tiang	1.2	m
Jumlah Baris	2	
Jumlah Tiang Dalam 1 Baris (Max)	2	
Jumlah Tiang Pada Baris 1	2	
Jumlah Tiang Pada Baris 2	1	
Jumlah Tiang Pada Baris 3	2	



$$E_g = 1 - \theta \frac{(n-1) \cdot m + (m-1) \cdot n}{90 \cdot m \cdot n}$$

Dimana :

E_g = Efisiensi kelompok tiang
 m = jumlah baris tiang
 n = jumlah tiang dalam satu baris
 θ = Arc tg d/s, dalam derajat
 s = jarak tiang
 d = diameter tiang

$$\theta = \text{Arc tan } \frac{D}{s}$$

$$= \text{Arc tan } \frac{0.4}{1.2}$$

$$= 18.43495^\circ$$

$$E_g = 0.795167$$

Efisiensi untuk PC 3 = 477.1003 Ton

Los Angeles Group

Rumus ini tidak cocok digunakan karena menggunakan diameter sebagai acuan, kecuali diizinkan merekayasa panjang sisi tiang menjadi diameter

$$E_{LA} = 1 - \frac{D}{\pi \cdot s \cdot m} [m \cdot (n-1) + (m-1) \cdot n]$$

Dengan :

m = Jumlah baris tiang
 n = Jumlah tiang dalam satu baris
 d = Diameter tiang
 s = Jarak pusat ke pusat tiang

Kapasitas Dukung Kelompok Tiang

$$Q_g = n \cdot Q_a \cdot E_g$$

Dengan :

Q_g = Beban maksimum kelompok tiang
 n = Jumlah tiang dalam kelompok
 Q_a = Kapasitas dukung ijin tiang
 E_g = Efisiensi kelompok tiang.

FELD

Ef 1	=	0.6	
Ef 2	=	0.8	
Ef3	=	0.6	
Eg1	=	1.2	
Eg2	=	0.8	
Eg 3	=	1.2	
Eg Total	=	3.2	
Efisiensi Group Tiang	=	0.64	
Efisiensi PC 3	=	384	Ton

$$E_{ff, \text{tiang}} = 1 - \left(\frac{\text{jumlah tiang yang mengelilingi}}{\text{jumlah tiang}} \right)$$

Efisiensi dari kelompok tiang (pile group) :

$$E_g = \text{jumlah tiang yang ditinjau} \times E_{ff, \text{tiang}}$$

Efisiensi satu tiang :

$$E_{ff} = \frac{E_g}{\text{jumlah tiang}}$$

Daya dukung tiap tiang dalam kelompok tiang (single pile) adalah :

$$\text{Daya dukung} = E_{ff} \times Q_{\text{tiang}}$$

Dimana :

Q_{tiang} = daya dukung single pile/tiang tunggal (kN)

E_g = efisiensi grup tiang

E_{ff} = efisiensi tiap tiang

Converse Labarre

Jumlah Tiang	6	
Kedalaman Tiang	24	m
Dimensi Tiang	0.4	m
Luas Permukaan Tiang	0.16	m ²
Luas Selimut Tiang	38.4	m ²
Daya Dukung Tiang	120	T
Jarak Antar Tiang	1.2	m
Jumlah Baris	3	
Jumlah Tiang Dalam 1 Baris (Max)	3	
Jumlah Tiang Pada Baris 1	2	
Jumlah Tiang Pada Baris 2	1	
Jumlah Tiang Pada Baris 3	3	

$$E_g = 1 - \theta \frac{(n-1).m + (m-1).n}{90.m.n}$$

Dimana :

Eg = Efisiensi kelompok tiang
m = jumlah baris tiang
n = jumlah tiang dalam satu baris
θ = Arc tg d/s, dalam derajat
s = jarak tiang
d = diameter tiang

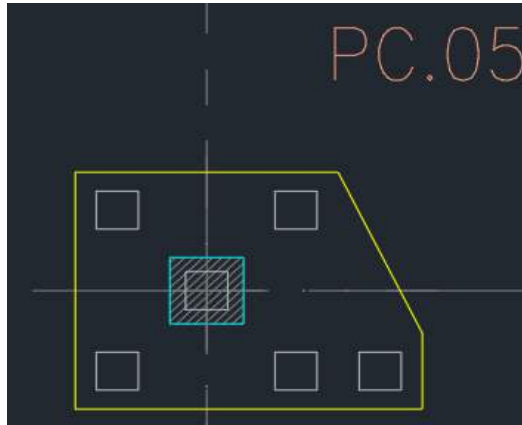
$$\theta = \text{Arc tan } \frac{D}{s}$$

$$= \text{Arc tan } \frac{0.4}{1.2}$$

$$= 18.43495^\circ$$

$$E_g = 0.72689$$

Efisiensi untuk PC 3 = 523.3605 Ton



Los Angeles Group

Rumus ini tidak cocok digunakan karena menggunakan diameter sebagai acuan, kecuali diizinkan merekayasa panjang sisi tiang menjadi diameter

$$E_{LA} = 1 - \frac{D}{\pi \cdot s \cdot m} [m \cdot (n-1) + (m-1) + \sqrt{2(m-1)(n-1)}]$$

Dengan :

m = Jumlah baris tiang
n = Jumlah tiang dalam satu baris
d = Diameter tiang
s = Jarak pusat ke pusat tiang

Kapasitas Dukung Kelompok Tiang

$$Q_g = n \cdot Q_a \cdot E_g$$

Dengan :

Qg = Beban maksimum kelompok tiang
n = Jumlah tiang dalam kelompok
Qa = Kapasitas dukung ijin tiang
Eg = Efisiensi kelompok tiang.

FELD

Ef 1	=	0.666667	
Ef 2	=	0.833333	
Ef3	=	0.5	
Eg1	=	1.333333	
Eg2	=	0.833333	
Eg 3	=	1.5	
Eg Total	=	3.666667	
Efisiensi Group Tiang	=	0.611111	
Efisiensi PC 3	=	440	Ton

$$E_{ff, \text{tiang}} = 1 - \left(\frac{\text{jumlah tiang yang mengelilingi}}{\text{jumlah tiang}} \right)$$

Efisiensi dari kelompok tiang (pile group) :

Eg = jumlah tiang yang ditinjau × E_{ff, tiang}

Efisiensi satu tiang :

$$E_{ff} = \frac{E_g}{\text{jumlah tiang}}$$

Daya dukung tiap tiang dalam kelompok tiang (single pile) adalah :

$$\text{Daya dukung} = E_{ff} \times Q_{\text{tiang}}$$

Dimana :

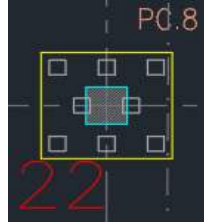
Q_{tiang} = daya dukung single pile/tiang tunggal (kN)

Eg = efisiensi grup tiang

E_{ff} = efisiensi tiap tiang

Converse Labarre

Jumlah Tiang	8	
Kedalaman Tiang	24	m
Dimensi Tiang	0.4	m
Luas Permukaan Tiang	0.16	m ²
Luas Selimut Tiang	38.4	m ²
Daya Dukung Tiang	120	T
Jarak Antar Tiang	1.2	m
Jumlah Baris	3	
Jumlah Tiang Dalam 1 Baris (Max)	3	
Jumlah Tiang Pada Baris 1	3	
Jumlah Tiang Pada Baris 2	2	
Jumlah Tiang Pada Baris 3	3	



$$E_g = 1 - \theta \frac{(n-1).m + (m-1).n}{90.m.n}$$

Dimana :

E_g = Efisiensi kelompok tiang
 m = jumlah baris tiang
 n = jumlah tiang dalam satu baris
 θ = Arc tg d/s, dalam derajat
 s = jarak tiang
 d = diameter tiang

$$\theta = \text{Arc tan } \frac{D}{s}$$

$$= \text{Arc tan } \frac{0.4}{1.2}$$

$$= 18.43495^\circ$$

$$E_g = 0.72689$$

Efisiensi untuk PC 3 = 697.8141 Ton

Los Angeles Group

Rumus ini tidak cocok digunakan karena menggunakan diameter sebagai acuan, kecuali diizinkan merekayasa panjang sisi tiang menjadi diameter

$$E_{LA} = 1 - \frac{D}{\pi.s.m} [m.(n-1) + (m-1) + \sqrt{2(m-1)(n-1)}]$$

Dengan :

m = Jumlah baris tiang
 n = Jumlah tiang dalam satu baris
 d = Diameter tiang
 s = Jarak pusat ke pusat tiang

Kapasitas Dukung Kelompok Tiang

$$Q_g = n \cdot Q_a \cdot E_g$$

Dengan :

Q_g = Beban maksimum kelompok tiang
 n = Jumlah tiang dalam kelompok
 Q_a = Kapasitas dukung ijin tiang
 E_g = Efisiensi kelompok tiang.

FELD

Ef 1	=	0.625	
Ef 2	=	0.75	
Ef3	=	0.625	
Eg1	=	1.875	
Eg2	=	1.5	
Eg 3	=	1.875	
Eg Total	=	5.25	
Efisiensi Group Tiang	=	0.65625	
Efisiensi PC 3	=	630	Ton

$$E_{ff, \text{tiang}} = 1 - \left(\frac{\text{jumlah tiang yang mengelilingi}}{\text{jumlah tiang}} \right)$$

Efisiensi dari kelompok tiang (pile group) :

$$E_g = \text{jumlah tiang yang ditinjau} \times E_{ff, \text{tiang}}$$

Efisiensi satu tiang :

$$E_{ff} = \frac{E_g}{\text{jumlah tiang}}$$

Daya dukung tiap tiang dalam kelompok tiang (single pile) adalah :

$$\text{Daya dukung} = E_{ff} \times Q_{\text{tiang}}$$

Dimana :

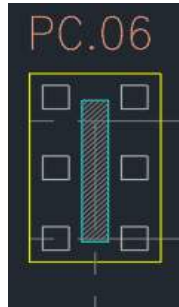
Q_{tiang} = daya dukung single pile/tiang tunggal (kN)

E_g = efisiensi grup tiang

E_{ff} = efisiensi tiap tiang

Converse Labarre

Jumlah Tiang	6	
Kedalaman Tiang	24	m
Dimensi Tiang	0.4	m
Luas Permukaan Tiang	0.16	m ²
Luas Selimut Tiang	38.4	m ²
Daya Dukung Tiang	120	T
Jarak Antar Tiang	1.2	m
Jumlah Baris	3	
Jumlah Tiang Dalam 1 Baris (Max)	2	
Jumlah Tiang Pada Baris 1	2	
Jumlah Tiang Pada Baris 2	2	
Jumlah Tiang Pada Baris 3	2	



$$E_g = 1 - \theta \frac{(n-1).m + (m-1).n}{90.m.n}$$

Dimana :

E_g = Efisiensi kelompok tiang
 m = jumlah baris tiang
 n = jumlah tiang dalam satu baris
 θ = Arc tg d/s, dalam derajat
 s = jarak tiang
 d = diameter tiang

$$\theta = \text{Arc tan } \frac{D}{s}$$

$$= \text{Arc tan } \frac{0.4}{1.2}$$

$$= 18.43495^\circ$$

$$E_g = 0.761028$$

Efisiensi untuk PC 3 = 547.9405 Ton

Los Angeles Group

Rumus ini tidak cocok digunakan karena menggunakan diameter sebagai acuan, kecuali diizinkan merekayasa panjang sisi tiang menjadi diameter

$$E_{LA} = 1 - \frac{D}{n.s.m} [m.(n-1) + (m-1) + \sqrt{2(m-1)(n-1)}]$$

Dengan :

m = Jumlah baris tiang
 n = Jumlah tiang dalam satu baris
 d = Diameter tiang
 s = Jarak pusat ke pusat tiang

Kapasitas Dukung Kelompok Tiang

$$Q_g = n \cdot Q_a \cdot E_g$$

Dengan :

Q_g = Beban maksimum kelompok tiang
 n = Jumlah tiang dalam kelompok
 Q_a = Kapasitas dukung ijin tiang
 E_g = Efisiensi kelompok tiang.

FELD

Ef 1	=	0.666667	
Ef 2	=	0.666667	
Ef3	=	0.666667	
Eg1	=	1.333333	
Eg2	=	1.333333	
Eg 3	=	1.333333	
Eg Total	=	4	
Efisiensi Group Tiang	=	0.666667	
Efisiensi PC 3	=	480	Ton

$$E_{ff, \text{tiang}} = 1 - \left(\frac{\text{jumlah tiang yang mengelilingi}}{\text{jumlah tiang}} \right)$$

Efisiensi dari kelompok tiang (pile group) :

$E_g = \text{jumlah tiang yang ditinjau} \times E_{ff, \text{tiang}}$

Efisiensi satu tiang :

$$E_{ff} = \frac{E_g}{\text{jumlah tiang}}$$

Daya dukung tiap tiang dalam kelompok tiang (single pile) adalah :

$$\text{Daya dukung} = E_{ff} \times Q_{\text{tiang}}$$

Dimana :

Q_{tiang} = daya dukung single pile/tiang tunggal (kN)

E_g = efisiensi grup tiang

E_{ff} = efisiensi tiap tiang

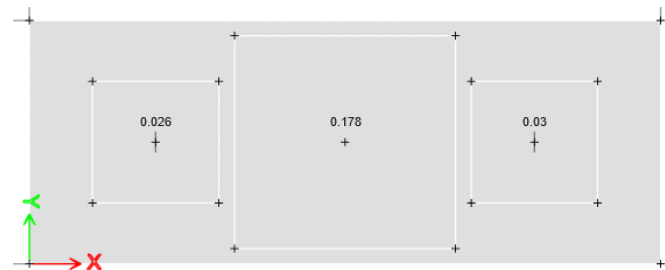
REKAP KEBUTUHAN PENAMBAHAN TIANG PANCANG												
Eksisting									Setelah Penambahan Ballroom		Rasio Perbandingan Kapasitas Pasca Penambahan Ballroom dengan Eksisting (<1 = OK)	Kondisi
No	Ukuran Pondasi	Kedalaman	Jumlah Pondasi	Daya Dukung 1 Tiang (Ton)		Kode Pile Cap	Penambahan Tiang	Effisiensi (Ton)	Axial Tekan (Ton)	Axial Tarik (Ton)		
1	40cm x 40cm	24m	3	120	44	PC3	2	477.1	428.2	0.0	0.90	OK
2	40cm x 40cm	24m	3	120	44	PC3	4	667.9	593.3	0.0	0.89	OK
3	40cm x 40cm	24m	3	120	44	PC3	3	572.5	535.0	0.0	0.93	OK
4	40cm x 40cm	24m	4	120	44	PC4	5	858.8	760.7	0.0	0.89	OK
5	40cm x 40cm	24m	3	120	44	PC3	3	572.5	507.3	0.0	0.89	OK
6	40cm x 40cm	24m	4	120	44	PC4	5	858.8	773.7	0.0	0.90	OK
7	40cm x 40cm	24m	4	120	44	PC4	4	763.4	700.3	0.0	0.92	OK
8	40cm x 40cm	24m	5	120	44	PC5	3	763.4	681.4	0.0	0.89	OK
9	40cm x 40cm	24m	2	120	44	PC2		215.4	62.5	0.0	0.29	OK
10	40cm x 40cm	24m	3	120	44	PC3	2	477.1	464.9	0.0	0.97	OK
11	40cm x 40cm	24m	4	120	44	PC4	4	763.4	684.7	0.0	0.90	OK
12	40cm x 40cm	24m	4	120	44	PC4	4	763.4	698.4	0.0	0.91	OK
13	40cm x 40cm	24m	4	120	44	PC4	4	763.4	712.0	0.0	0.93	OK
14	40cm x 40cm	24m	2	120	44	PC2		215.4	66.4	0.0	0.31	OK
15	40cm x 40cm	24m	3	120	44	PC4	3	667.9	497.0	0.0	0.74	OK
16	40cm x 40cm	24m	4	120	44	PC4	4	763.4	688.7	0.0	0.90	OK
17	40cm x 40cm	24m	4	120	44	PC4	4	763.4	699.4	0.0	0.92	OK
18	40cm x 40cm	24m	4	120	44	PC4	5	858.8	792.5	0.0	0.92	OK
19	40cm x 40cm	24m	4	120	44	PC3(2)	3	639.3	551.0	0.0	0.86	OK
20	40cm x 40cm	24m	6	120	44	PC5(2)	4	872.3	771.5	0.0	0.88	OK
21	40cm x 40cm	24m	5	120	44	PC5	4	858.8	801.7	0.0	0.93	OK
22	40cm x 40cm	24m	8	120	44	PC8	6	1221.2	1204.2	0.0	0.99	OK
23	40cm x 40cm	24m	3	120	44	PC3	2	477.1	459.7	0.0	0.96	OK
24	40cm x 40cm	24m	4	120	44	PC4	4	763.4	693.4	0.0	0.91	OK
25	40cm x 40cm	24m	4	120	44	PC4	4	763.4	729.7	0.0	0.96	OK
26	40cm x 40cm	24m	6	120	44	PC6		547.9	534.7	-2.9	0.98	OK

LAMPIRAN 3. KONTROL KAPASITAS DUKUNG PILE CAP EKSISTING

Pile Cap			PC2
Data Material			
f'_c		MPa	30
f_y		MPa	420
E_c	$4700 \times f'_c{}^{0.5}$	MPa	25742.96
E_s		MPa	200000
Data Geometri			
h		mm	1000
cover, c		mm	70
d	h - cover	mm	930
Tul. Bawah			
Mu (per m lari)	SAFE	kNm/m	615.28
d_b		mm	16
s		mm	100
As		mm ² /m	2010.62
As min		mm ² /m	1674.00
Cek			OK
a	$A_s f_y / (0.85 f'_c b)$	mm	33.12
ϕ			0.9
ϕM_n	$\phi * A_s * f_y * (d - a/2)$	kNm/m	694.23
Capacity Ratio	$M_u / \phi M_n$	kNm/m	0.886
Cek			OK
Tul. Atas			
Mu (per m lari)	SAFE	kNm/m	-610.96
d_b		mm	19
s		mm	150
As		mm ² /m	1890.19
As min		mm ² /m	1674.00
Cek			OK
a	$A_s f_y / (0.85 f'_c b)$	mm	31.13
ϕ			0.9
ϕM_n	$\phi * A_s * f_y * (d - a/2)$	kNm/m	653.36
Capacity Ratio	$M_u / \phi M_n$	kNm/m	0.935
Cek			OK

	Mmax	Mmin
615.28	-610.956	1.442
		-1.174
		1.389
		-1.187
		0.667
		-1.397
		436.842
		-213.193
		456.142
		-185.473
		111.118
		-609.656
		438.233
		-214.316
		457.501
		-186.629
		111.688
		-610.956
		0.294
		-0.732
		0.223
		-0.275
		0.144
		-0.338
		71.785
		-132.068
		51.085
		-77.609
		51.234
		-58.468
		72.062
		-132.783
		50.902
		-77.478
		51.088
		-58.515
		1.478
		-1.078
		0.35
		-1.409
		1.433
		-0.958
		429.715
		-230.782
		80.888
		-410.031
		397.644
		-222.824
		431.193
		-231.86
		81.218
		-411.421
		399.075
		-223.78
		0.465
		-0.169
		0.695
		-0.346
		0.829
		-0.58
		148.202
		-51.147
		218.897
		-113.402
		281.957
		-219.866
		148.666
		-51.315
		219.591
		-113.748
		282.786
		-220.445
		0.734
		-1.848
		0.866
		-1.654
		1.978
		-0.261
		195.837
		-494.839
		216.666
		-452.974
		613.311
		-30.98
		196.563
		-496.679
		217.526
		-454.623
		615.28
		-31.233
		0.172
		-0.601
		0.432
		-0.493
		0.301
		-0.484
		79.558
		-143.457
		45.53
		-68.438
		61.479
		-60.273

Point Spring	
f'_c	30 MPa
E	25743 MPa
D	400 mm
A	160000 mm ²
L	24000 mm
EA/L	171620 N/mm
	171620 kN/m



79.689	-144.017
45.134	-68.102
61.184	-60.162
1.505	-1.077
0.55	-1.261
1.256	-1.223
377.97	-223.647
90.014	-360.081
349.291	-219.08
379.466	-224.713
90.522	-361.3
350.544	-220.3
0.319	-0.171
0.306	-0.04
0.434	-0.13
137.908	-61.951
210.243	-96.912
298.205	-229.482
138.156	-62.052
210.529	-96.931
298.635	-229.609

Pile Cap			PC3
Data Material			
f_c'		MPa	30
f_y		MPa	420
E_c	$4700 \times f_c'^{0.5}$	MPa	25742.96
E_s		MPa	200000
Data Geometri			
h		mm	1000
cover, c		mm	70
d	h - cover	mm	930
Tul. Bawah			
Mu (per m lari)	SAFE	kNm/m	4680.8
d_b		mm	22
s		mm	100
A_s		mm ² /m	3801.33
A_s min		mm ² /m	1674
Cek			OK
a	$A_s f_y / (0.85 f_c' b)$	mm	62.61
ϕ			0.9
ϕM_u	$\phi * A_s * f_y * (d - a/2)$	kNm/m	1291.34
Capacity Ratio	$M_u / \phi M_u$		3.625
Cek			NOT OK
Tul. Atas			
Mu (per m lari)	SAFE	kNm/m	-756.32
d_b		mm	19
s		mm	150
A_s		mm ² /m	2835.29
A_s min		mm ² /m	1674
Cek			OK
a	$A_s f_y / (0.85 f_c' b)$	mm	46.7
ϕ			0.9
ϕM_u	$\phi * A_s * f_y * (d - a/2)$	kNm/m	971.69
Capacity Ratio	$M_u / \phi M_u$		0.778
Cek			OK

		Mmax	Mmin
4680.798	-756.323	1147.993	217.46
		310.987	-128.052
		174.929	-507.707
		0	0
		0	0
		0	0
		1377.592	260.952
		373.184	-153.663
		209.914	-609.249
		1039.761	298.845
		482.349	-502.329
		455.451	-630.269
		0	0
		0	0
		0	0
		1247.713	358.614
		578.819	-602.794
		546.541	-756.323
		0.298	-0.245
		0.343	-0.152
		0.404	0.015
		0.336	-0.076
		3457.339	-250.045
		4266.411	71.138
		2542.881	1110.415
		2237.445	442.153
		3457.619	-250.262
		4266.766	71.013
		2543.29	1110.508
		2237.841	442.069
		0.356	-0.14
		0.306	-0.223
		0.331	-0.06
		0.389	0.032
		4680.425	-188.726
		3832.651	-493.623
		2507.854	863.464
		2795.571	1576.865
		4680.798	-188.84
		3832.942	-493.816
		2508.246	863.398
		2795.961	1576.981

Point Spring

f_c' 30 MPa

E 25743 MPa

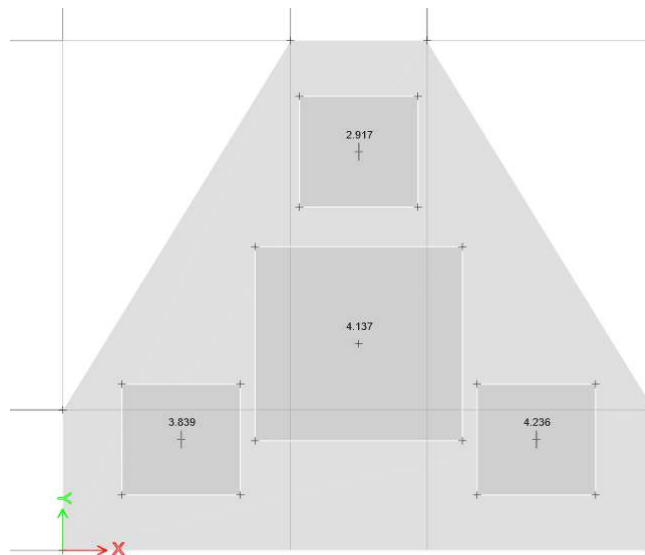
D 400 mm

A 160000 mm²

L 24000 mm

EA/L 171620 N/mm

171620 kN/m



Pile Cap			PC6
Data Material			
f_c'		MPa	30
f_y		MPa	420
E_c	$4700 \times f_c'^{0.5}$	MPa	25742.96
E_s		MPa	200000
Data Geometri			
h		mm	1200
cover, c		mm	70
d	h - cover	mm	1130
Tul. Bawah			
Mu (per m lari)	SAFE	kNm/m	752.52
d_b		mm	25
s		mm	100
As		mm ² /m	4908.74
As min		mm ² /m	2034.00
Cek			OK
a	$A_s f_y / (0.85 f_c' b)$	mm	80.85
ϕ			0.9
ϕM_n	$\phi * A_s * f_y * (d - a/2)$	kNm/m	2021.71
Capacity Ratio	$M_u / \phi M_n$	kNm/m	0.372
Cek			OK
Tul. Atas			
Mu (per m lari)	SAFE	kNm/m	-2558.77
d_b		mm	19
s		mm	150
As		mm ² /m	1890.19
As min		mm ² /m	2034.00
Cek			NOT OK
a	$A_s f_y / (0.85 f_c' b)$	mm	31.13
ϕ			0.9
ϕM_n	$\phi * A_s * f_y * (d - a/2)$	kNm/m	796.25
Capacity Ratio	$M_u / \phi M_n$	kNm/m	3.214
Cek			NOT OK

		Mmax	Mmin
752.519	-2558.77	752.519	-260.531
		85.783	-387.968
		218.532	-305.941
		743.32	-264.146
		77.259	-405.379
		204.6	-311.017
		2.406	-0.634
		7.228	-2.786
		3.246	-1.91
		-4.164	-12.3
		174.027	-109.602
		392.812	-186.297
		114.256	-268.275
		-97.35	-424.461
		176.395	-110.198
		399.861	-188.903
		116.469	-269.151
		-101.938	-436.337
		5.78	-13.596
		4.379	-0.373
		-1.362	-6.919
		338.805	-497.75
		182.725	55.512
		-1.468	-290.368
		344.41	-511.17
		187.104	55.139
		-3.779	-296.338
		-4.169	-15.532
		-7.062	-14.931
		-3.069	-13.682
		-2.601	-11.517
		-644.438	-2537.57
		-152.616	-1556.98
		-1237.48	-2396.67
		187.658	-1054.91
		-649.445	-2558.77
		-225.13	-536.642
		-101.483	-194.687
		10.022	-286.303
		-87.871	-214.281
		-232.163	-546.025
		-6.777	-17.053
		-9.548	-18.683
		-3.089	-17.565
		-4.998	-21.206
		-145.416	-1540.35
		-1227.76	-2378.16
		191.5	-1038.1

Point Spring

f_c' 30 MPa

E 25743 MPa

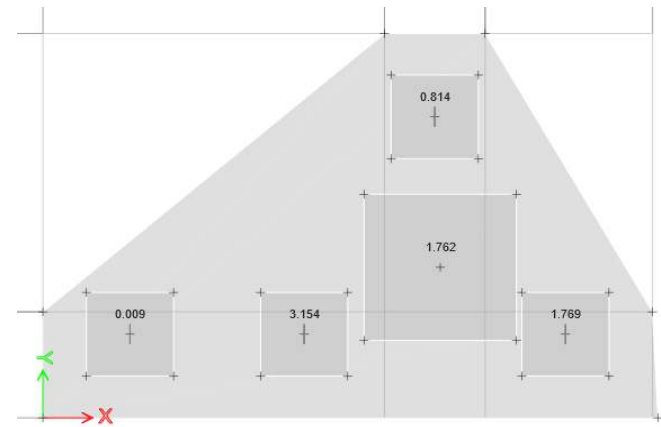
D 400 mm

A 160000 mm²

L 24000 mm

EA/L 171620 N/mm

171620 kN/m



Pile Cap			PC4
Data Material			
f_c'		MPa	30
f_y		MPa	420
E_c	$4700 \times f_c'^{0.5}$	MPa	25742.96
E_s		MPa	200000
Data Geometri			
h		mm	1100
cover, c		mm	70
d	h - cover	mm	1030
Tul. Bawah			
Mu (per m lari)	SAFE	kNm/m	1589.88
d_b		mm	22
s		mm	100
As		mm ² /m	3801.33
As min		mm ² /m	1854.00
Cek			OK
a	$A_s f_y / (0.85 f_c' b)$	mm	62.61
ϕ			0.9
ϕM_n	$\phi * A_s * f_y * (d - a/2)$	kNm/m	1435.03
Capacity Ratio	$M_u / \phi M_n$	kNm/m	1.108
Cek			NOT OK
Tul. Atas			
Mu (per m lari)	SAFE	kNm/m	-631.37
d_b		mm	19
s		mm	100
As		mm ² /m	2835.29
As min		mm ² /m	1854.00
Cek			OK
a	$A_s f_y / (0.85 f_c' b)$	mm	46.70
ϕ			0.9
ϕM_n	$\phi * A_s * f_y * (d - a/2)$	kNm/m	1078.87
Capacity Ratio	$M_u / \phi M_n$	kNm/m	0.585
Cek			OK

	Mmax	Mmin
1589.881	-631.365	0.023
		-0.849
		0.344
		-1.198
		0.384
		-1.699
		0.288
		-0.818
		515.483
		83.87
		304.942
		79.711
		297.732
		44.68
		572.174
		325.58
		515.048
		83.312
		305.314
		78.314
		298.081
		42.752
		571.912
		325.206
		0.303
		-0.967
		0.36
		-0.382
		0.218
		-0.542
		1589.594
		-535.705
		890.624
		94.655
		1330.79
		-154.535
		1589.881
		-536.789
		890.89
		94.362
		1330.847
		-154.981
		0.161
		-0.846
		0.426
		-1.7
		0.342
		-1.23
		0.161
		-0.842
		533.446
		-631.365
		294.887
		35.067
		320.128
		51.319
		586.987
		171.182
		533.147
		148.932
		295.197
		33.228
		320.483
		49.899
		586.709
		170.642
		-0.022
		-0.328
		-0.043
		-0.404
		-0.081
		-0.369
		-0.01
		-0.349
		1009.435
		45.438
		617.575
		128.145
		559.329
		125.036
		999.155
		33.513
		1009.042
		45.412
		617.09
		128.094
		558.885
		124.939
		998.736
		33.5
		-0.104
		-0.431
		0.044
		-0.45
		-0.037
		-0.419

Point Spring

f_c' 30 MPa

E 25743 MPa

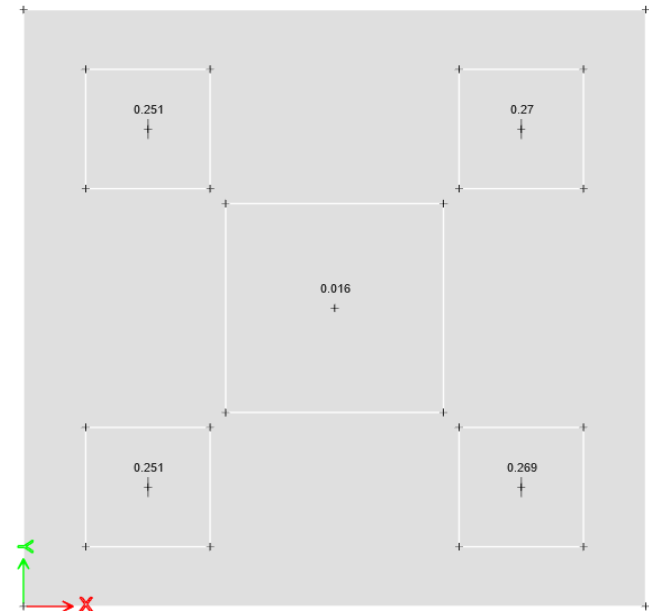
D 400 mm

A 160000 mm²

L 24000 mm

EA/L 171620 N/mm

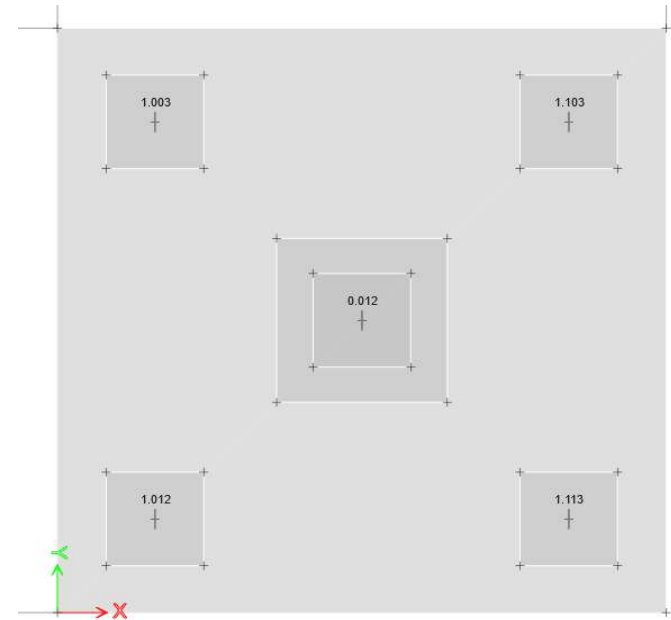
171620 kN/m



Pile Cap			PC5
Data Material			
f_c'		MPa	30
f_y		MPa	420
E_c	$4700 \times f_c'^{0.5}$	MPa	25742.96
E_s		MPa	200000
Data Geometri			
h		mm	1100
cover, c		mm	70
d	h - cover	mm	1030
Tul. Bawah			
Mu (per m lari)	SAFE	kNm/m	1808.78
d_b		mm	22
s		mm	100
As		mm ² /m	3801.33
As min		mm ² /m	1854.00
Cek			OK
a	$A_s f_y / (0.85 f_c' b)$	mm	62.61
ϕ			0.9
ϕM_n	$\phi * A_s * f_y * (d - a/2)$	kNm/m	1435.03
Capacity Ratio	$M_u / \phi M_n$	kNm/m	1.260
Cek			NOT OK
Tul. Atas			
Mu (per m lari)	SAFE	kNm/m	-383.02
d_b		mm	19
s		mm	100
As		mm ² /m	2835.29
As min		mm ² /m	1854.00
Cek			OK
a	$A_s f_y / (0.85 f_c' b)$	mm	46.70
ϕ			0.9
ϕM_n	$\phi * A_s * f_y * (d - a/2)$	kNm/m	1078.87
Capacity Ratio	$M_u / \phi M_n$	kNm/m	0.355
Cek			OK

		Mmax	Mmin
1808.781	-383.015	5.618	0.766
		1.264	-2.381
		1.635	-2.056
		4.849	2.821
		660.728	79.955
		208.115	4.975
		356.415	200.552
		781.269	609.952
		666.319	80.747
		209.253	2.72
		357.538	199.009
		786.009	612.882
		5.6	0.668
		4.847	2.865
		1.776	-2.352
		1.273	-2.629
		625.902	36.154
		699.247	628.298
		371.782	144.03
		220.102	-54.264
		631.502	36.823
		703.82	631.437
		1808.781	141.85
		221.224	-56.742
		6.471	0.232
		3.28	0.203
		7.7	1.9
		1257.833	-383.015
		892.522	-198.719
		1739.185	604.147
		1264.292	-382.771
		895.61	-198.323
		1746.85	606.082
		2.159	0.721
		1.747	0.265
		1.784	0.278
		437.81	-41.288
		983.683	89.986
		1042.877	191.223
		439.953	-40.551

Point Spring	
f_c'	30 MPa
E	25743 MPa
D	400 mm
A	160000 mm ²
L	24000 mm
EA/L	171620 N/mm
	171620 kN/m



Pile Cap			PC5
Data Material			
f_c'		MPa	30
f_y		MPa	420
E_c	$4700 \times f_c'^{0.5}$	MPa	25742.96
E_s		MPa	200000
Data Geometri			
h		mm	1100
cover, c		mm	70
d	h - cover	mm	1030
Tul. Bawah			
Mu (per m lari)	SAFE	kNm/m	1967.78
d_b		mm	22
s		mm	100
A_s		mm ² /m	3801.33
A_s min		mm ² /m	1854.00
Cek			OK
a	$A_s f_y / (0.85 f_c' b)$	mm	62.61
ϕ			0.9
ϕM_n	$\phi * A_s * f_y * (d - a/2)$	kNm/m	1435.03
Capacity Ratio	$M_u / \phi M_n$	kNm/m	1.371
Cek			NOT OK
Tul. Atas			
Mu (per m lari)	SAFE	kNm/m	-425.55
d_b		mm	19
s		mm	100
A_s		mm ² /m	2835.29
A_s min		mm ² /m	1854.00
Cek			OK
a	$A_s f_y / (0.85 f_c' b)$	mm	46.70
ϕ			0.9
ϕM_n	$\phi * A_s * f_y * (d - a/2)$	kNm/m	1078.87
Capacity Ratio	$M_u / \phi M_n$	kNm/m	0.394
Cek			OK

	Mmax	Mmin
1967.782	-425.553	8.278
		-1.709
		2.189
		-2.559
		0.449
		-1.435
		6.265
		1.358
		439.547
		-62.544
		314.4
		-19.83
		540.758
		207.919
		600.962
		482.525
		447.825
		-64.253
		315.931
		-21.731
		539.961
		207.73
		605.856
		485.254
		7.09
		0.916
		10.019
		-0.228
		1.214
		-0.504
		3.35
		-2.02
		476.845
		42.887
		836.772
		401.028
		417.366
		171.239
		249.042
		68.724
		483.907
		43.831
		1967.782
		-425.553
		417.35
		171.964
		251.475
		67.621
		3.292
		0.102
		1.13
		-1.242
		2.876
		-4.535
		275.956
		247.358
		265.1
		42.394
		179.659
		-157.56
		278.35
		248.359
		265.773
		41.61
		182.337
		-161.897
		3.349
		-2.083
		0.899
		-3.782
		11.518
		1.58

Point Spring

f_c' 30 MPa

E 25743 MPa

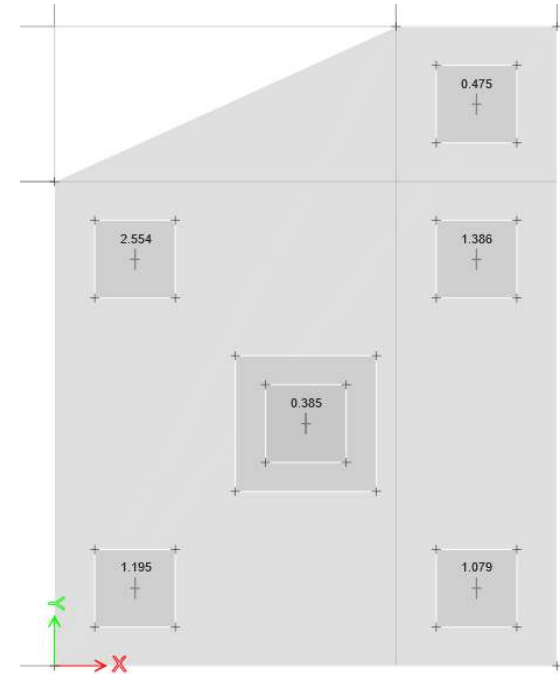
D 400 mm

A 160000 mm²

L 24000 mm

EA/L 171620 N/mm

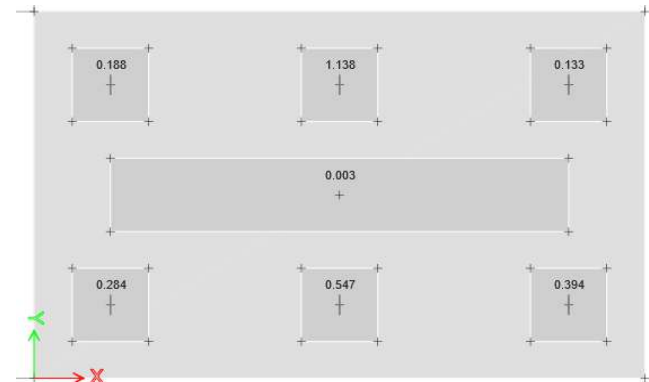
171620 kN/m



Pile Cap			PC6
Data Material			
f_c'		MPa	30
f_y		MPa	420
E_c	$4700 \times f_c'^{0.5}$	MPa	25742.96
E_s		MPa	200000
Data Geometri			
h		mm	1100
cover, c		mm	70
d	h - cover	mm	1030
Tul. Bawah			
Mu (per m lari)	SAFE	kNm/m	5014.55
d_b		mm	22
s		mm	100
As		mm ² /m	3801.33
As min		mm ² /m	1854.00
Cek			OK
a	$A_s f_y / (0.85 f_c' b)$	mm	62.61
ϕ			0.9
ϕM_n	$\phi * A_s * f_y * (d - a/2)$	kNm/m	1435.03
Capacity Ratio	$M_u / \phi M_n$	kNm/m	3.494
Cek			NOT OK
Tul. Atas			
Mu (per m lari)	SAFE	kNm/m	-9507.33
d_b		mm	19
s		mm	100
As		mm ² /m	2835.29
As min		mm ² /m	1854.00
Cek			OK
a	$A_s f_y / (0.85 f_c' b)$	mm	46.70
ϕ			0.9
ϕM_n	$\phi * A_s * f_y * (d - a/2)$	kNm/m	1078.87
Capacity Ratio	$M_u / \phi M_n$	kNm/m	8.812
Cek			NOT OK

	Mmax	Mmin
5014.549 -9507.329	5014.549	715.6
	4022.616	199.891
	-74.418	-1168.28
	795.813	-530.868
	5014.549	715.6
	4022.616	199.891
	-74.418	-1168.28
	795.813	-530.868
	0	0
	0	0
	0	0
	2174.63	235.298
	2556.864	-1767.4
	532.424	-9507.33
	2174.63	235.298
	2556.864	-1767.4
	532.424	-9507.33
	0	0
	0	0
	0	0
	4835.591	-3277.45
	2084.304	-2271.28
	-140.722	-2497.73
	4835.591	-3277.45
	2084.304	-2271.28
	-140.722	-2497.73
	0	0
	0	0
	0	0
	813.703	-7607.21
	1821.479	-6246.61
	4076.664	-3765.04
	813.703	-7607.21
	1821.479	-6246.61
	4076.664	-3765.04
	0	0
	0	0
	0	0

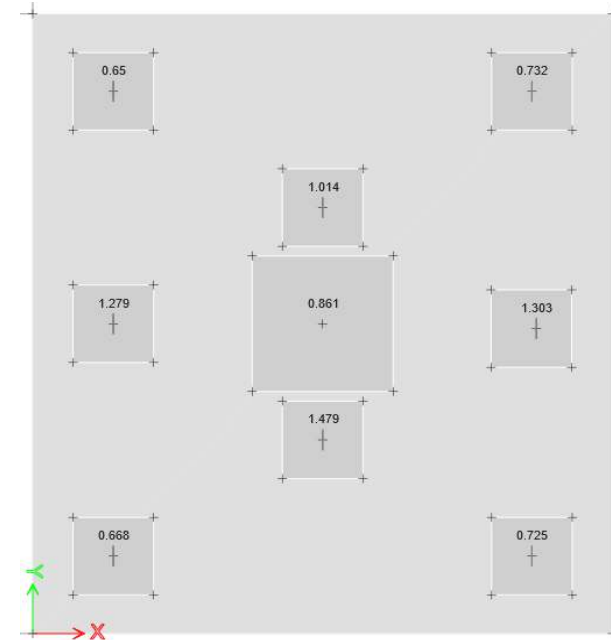
Point Spring	
f_c'	30 MPa
E	25743 MPa
D	400 mm
A	160000 mm ²
L	24000 mm
EA/L	171620 N/mm
	171620 kN/m



Pile Cap			PC8
Data Material			
f_c'		MPa	30
f_y		MPa	420
E_c	$4700 \times f_c'^{0.5}$	MPa	25742.96
E_s		MPa	200000
Data Geometri			
h		mm	1200
cover, c		mm	70
d	h - cover	mm	1130
Tul. Bawah			
Mu (per m lari)	SAFE	kNm/m	2763.52
d_b		mm	22
s		mm	100
As		mm ² /m	3801.33
As min		mm ² /m	2034.00
Cek			OK
a	$A_s f_y / (0.85 f_c' b)$	mm	62.61
ϕ			0.9
ϕM_n	$\phi * A_s * f_y * (d - a/2)$	kNm/m	1578.72
Capacity Ratio	$M_u / \phi M_n$	kNm/m	1.750
Cek			NOT OK
Tul. Atas			
Mu (per m lari)	SAFE	kNm/m	-1490.82
d_b		mm	19
s		mm	100
As		mm ² /m	2835.29
As min		mm ² /m	2034.00
Cek			OK
a	$A_s f_y / (0.85 f_c' b)$	mm	46.70
ϕ			0.9
ϕM_n	$\phi * A_s * f_y * (d - a/2)$	kNm/m	1186.04
Capacity Ratio	$M_u / \phi M_n$	kNm/m	1.257
Cek			NOT OK

Mmax	Mmin
2763.517	-1490.822
0.361	-3.27
1.262	-5.142
4.491	1.702
320.914	-262.642
1287.907	1107.446
874.622	2.57
317.691	-262.327
1285.525	1105.948
878.766	4.618
1.739	-3.062
0.92	-2.096
1.146	-1.719
1458.025	4.3
268.617	187.117
288.928	137.287
0	1.296
266.968	187.591
287.389	138.253
0.032	-4.995
2.674	-1.99
3.585	0.107
0.845	-3.93
729.179	263.184
2763.517	113.22
335.652	-157.65
972.021	464.744
727.622	259.778
776.154	112.831
338.049	-156.354
968.188	-1490.82
3.507	-5.206
-0.099	-4.2
3.135	-6.195
1038.223	471.14
650.045	19.505
1127.313	588.509
1035.928	471.736
646.373	18.878

Point Spring
 f_c' 30 MPa
E 25743 MPa
D 400 mm
A 160000 mm²
L 24000 mm
EA/L 171620 N/mm
171620 kN/m



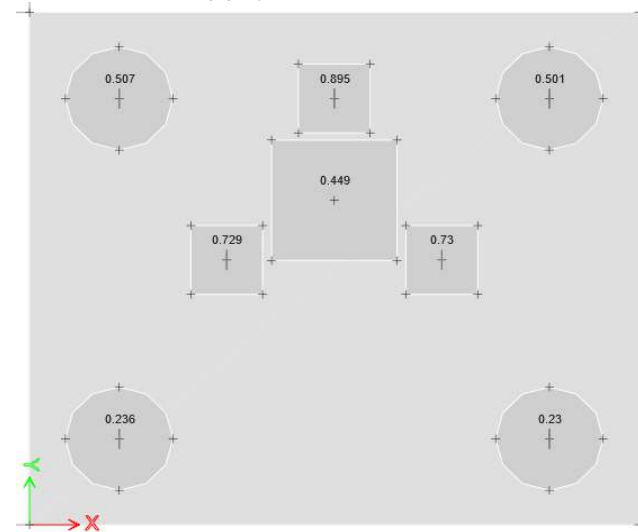
LAMPIRAN 4. KONTROL PERKUATAN PILE CAP

Pile Cap			PC3
Data Material			
f_c'		MPa	30
f_y		MPa	420
E_c	$4700 \times f_c'^{0.5}$	MPa	25742.96
E_s		MPa	200000
Data Geometri			
h		mm	1100
cover, c		mm	70
d	h - cover	mm	1030
Tul. Bawah			
Mu (per m lari)	SAFE	kNm/m	1357.56
d_b		mm	22
s		mm	100
As		mm ² /m	3801.33
As min		mm ² /m	1854.00
Cek			OK
a	$A_s f_y / (0.85 f_c' b)$	mm	62.61
ϕ			0.9
ϕM_n	$\phi * A_s * f_y * (d - a/2)$	kNm/m	1435.03
Capacity Ratio	$M_u / \phi M_n$	kNm/m	0.946
Cek			OK
Tul. Atas			
Mu (per m lari)	SAFE	kNm/m	-1088.50
d_b		mm	22
s		mm	100
As		mm ² /m	3801.33
As min		mm ² /m	1854.00
Cek			OK
a	$A_s f_y / (0.85 f_c' b)$	mm	62.61
ϕ			0.9
ϕM_n	$\phi * A_s * f_y * (d - a/2)$	kNm/m	1435.03
Capacity Ratio	$M_u / \phi M_n$	kNm/m	0.759
Cek			OK

Mmax	Mmin
1357.56	-1088.502
316.896	114.689
295.178	32.366
341.484	116.188
148.755	9.129
252.596	76.799
139.136	7.987
401.105	72.421
159.387	56.001
437.296	140.227
199.563	25.204
608.821	33.963
195.673	20.053
291.576	-37.419
292.345	110.673
330.759	127.078
335.101	53.379
185.789	-4.927
174.771	-2.547
364.381	-17.806
228.591	0.68
237.941	3.577
1357.56	69.332
410.661	65.247
198.48	8.012
183.507	-6.631
384.784	-21.871
543.605	-1088.5
213.952	49.269
207.746	21.331
8.562	-8.464
11.7	-0.489
246.885	4.19
-6.32	-63.942

Point Spring

f_c'	30 MPa
E	25743 MPa
D	400 mm
A	160000 mm ²
L	24000 mm
EA/L	171620 N/mm
	171620 kN/m



Pile Cap			PC3
Data Material			
f_c'		MPa	30
f_y		MPa	420
E_c	$4700 \times f_c'^{0.5}$	MPa	25742.96
E_s		MPa	200000
Data Geometri			
h		mm	1000
cover, c		mm	70
d	h - cover	mm	930
Tul. Bawah			
Mu (per m lari)	SAFE	kNm/m	1414.66
d_b		mm	22
s		mm	90
A_s		mm ² /m	4223.70
$A_s \text{ min}$		mm ² /m	1674.00
Cek			OK
a	$A_s f_y / (0.85 f_c' b)$	mm	69.57
ϕ			0.9
ϕM_n	$\phi * A_s * f_y * (d - a/2)$	kNm/m	1429.26
Capacity Ratio	$M_u / \phi M_n$	kNm/m	0.990
Cek			OK
Tul. Atas			
Mu (per m lari)	SAFE	kNm/m	-618.27
d_b		mm	19
s		mm	150
A_s		mm ² /m	1890.19
$A_s \text{ min}$		mm ² /m	1674.00
Cek			OK
a	$A_s f_y / (0.85 f_c' b)$	mm	31.13
ϕ			0.9
ϕM_n	$\phi * A_s * f_y * (d - a/2)$	kNm/m	653.36
Capacity Ratio	$M_u / \phi M_n$	kNm/m	0.946
Cek			OK

		Mmax	Mmin
1414.657	-618.266	341.21	-68.62
		83.847	-47.369
		403.261	-25.638
		63.714	-1.498
		267.547	2.71
		60.72	-10.465
		-7.235	-27.387
		99.671	-9.436
		3.061	-61.577
		189.013	-186.956
		215.104	-156.352
		216.034	-153.345
		184.932	-618.266
		612.016	114.524
		553.008	40.486
		599.324	103.277
		467.144	6.956
		366.307	79.279
		589.595	172.62
		404.639	108.515
		450.501	74.802
		325.376	31.926
		1414.657	166.533
		594.157	17.387
		536.115	46.55
		80.277	-5.004
		-20.261	-63.49
		-7.303	-15.578
		49.417	-29.297
		47.446	-27.005
		37.641	-59.828
		51.326	-54.522
		64.9	-13.8
		258.936	28.505

Point Spring

f_c' 30 MPa

E 25743 MPa

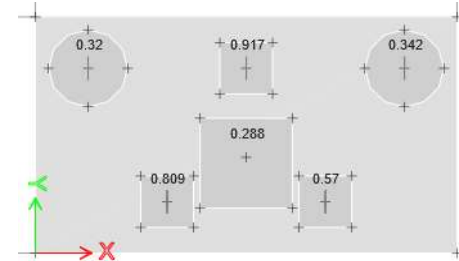
D 400 mm

A 160000 mm²

L 24000 mm

EA/L 171620 N/mm

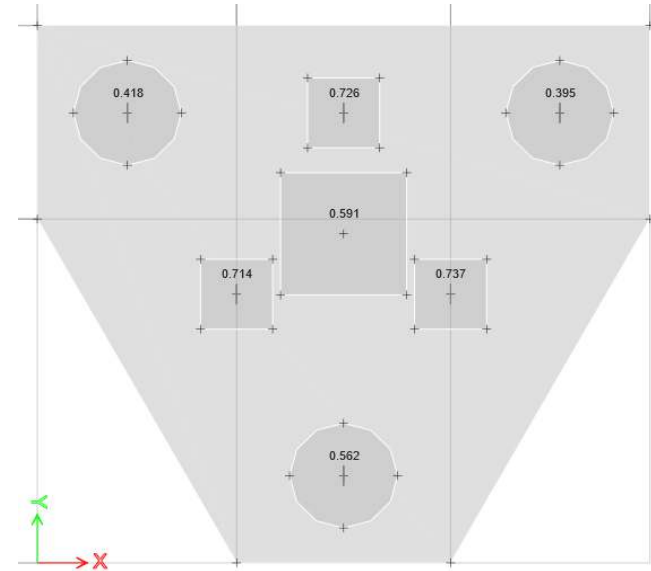
171620 kN/m



Pile Cap			PC3
Data Material			
f_c'		MPa	30
f_y		MPa	420
E_c	$4700 \times f_c'^{0.5}$	MPa	25742.96
E_s		MPa	200000
Data Geometri			
h		mm	1100
cover, c		mm	70
d	h - cover	mm	1030
Tul. Bawah			
Mu (per m lari)	SAFE	kNm/m	1270.03
d_b		mm	22
s		mm	100
As		mm ² /m	3801.33
As min		mm ² /m	1854.00
Cek			OK
a	$A_s f_y / (0.85 f_c' b)$	mm	62.61
ϕ			0.9
ϕM_n	$\phi * A_s * f_y * (d - a/2)$	kNm/m	1435.03
Capacity Ratio	$M_u / \phi M_n$	kNm/m	0.885
Cek			OK
Tul. Atas			
Mu (per m lari)	SAFE	kNm/m	-1197.55
d_b		mm	22
s		mm	100
As		mm ² /m	3801.33
As min		mm ² /m	1854.00
Cek			OK
a	$A_s f_y / (0.85 f_c' b)$	mm	62.61
ϕ			0.9
ϕM_n	$\phi * A_s * f_y * (d - a/2)$	kNm/m	1435.03
Capacity Ratio	$M_u / \phi M_n$	kNm/m	0.835
Cek			OK

Mmax	Mmin
1270.031	-1197.552
	311.11
	-98.281
	107.8
	-82.827
	346.357
	-10.334
	150.908
	103.061
	573.356
	49.179
	153.109
	88.752
	228.535
	-232.215
	526.511
	154.762
	510.246
	44.689
	612.067
	93.535
	155.841
	80.62
	161.994
	85.361
	498.568
	150.123
	252.533
	-295.435
	478.297
	51.378
	196.542
	15.381
	606.041
	107.394
	202.117
	13.089
	39.935
	-7.687
	37.824
	-6.899
	47.77
	-1197.55
	588.706
	3.607
	155.038
	40.145
	158.179
	10.024
	145.794
	64.202
	139.804
	95.656
	574.233
	28.836
	3.378
	-37.179
	50.047
	-16.257
	62.628
	-4.475
	237.493
	21.52
	1270.031
	-77.948
	15.917
	-22.827
	13.497
	-109.497
	106.497
	-58.013

Point Spring	
f_c'	30 MPa
E	25743 MPa
D	400 mm
A	160000 mm ²
L	24000 mm
EA/L	171620 N/mm
	171620 kN/m

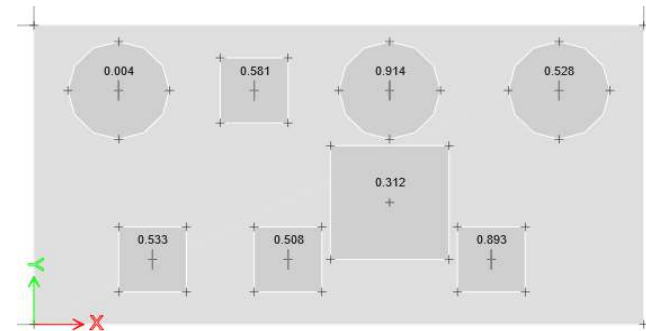


Pile Cap			PC3
Data Material			
f_c'		MPa	30
f_y		MPa	420
E_c	$4700 \times f_c'^{0.5}$	MPa	25742.96
E_s		MPa	200000
Data Geometri			
h		mm	1350
cover, c		mm	70
d	h - cover	mm	1280
Tul. Bawah			
Mu (per m lari)	SAFE	kNm/m	2759.64
d_b		mm	25
s		mm	80
As		mm ² /m	6135.92
As min		mm ² /m	2304.00
Cek			OK
a	$A_s f_y / (0.85 f_c' b)$	mm	101.06
ϕ			0.9
ϕM_n	$\phi * A_s * f_y * (d - a/2)$	kNm/m	2851.60
Capacity Ratio	$M_u / \phi M_n$		0.968
Cek			OK
Tul. Atas			
Mu (per m lari)	SAFE	kNm/m	-924.35
d_b		mm	19
s		mm	100
As		mm ² /m	2835.29
As min		mm ² /m	2304.00
Cek			OK
a	$A_s f_y / (0.85 f_c' b)$	mm	46.70
ϕ			0.9
ϕM_n	$\phi * A_s * f_y * (d - a/2)$	kNm/m	1346.80
Capacity Ratio	$M_u / \phi M_n$		0.686
Cek			OK

		Mmax	Mmin
2759.637	-924.352	178.706	-141.634
		136.498	-13.643
		80.127	-81.485
		-1.104	-6.529
		-1.277	-12.314
		2.098	-12.08
		287.237	-225.74
		221.719	-21.267
		131.508	-130.829
		189.601	-58.443
		110.651	-5.814
		64.685	-62.35
		57.557	-42.838
		-2.958	-8.572
		-1.972	-9.102
		0.54	-0.483
		3.741	-3.405
		305.029	-91.88
		179.024	-8.12
		103.533	-99.814
		91.506	-68.052
		91.766	-83.549
		122.206	-15.67
2759.637		21.423	
		1.828	-4.53
		0.451	-6.954
		-0.045	-5.729
		146.478	-132.56
		196.06	-924.352
		585.771	35.7
		-42.597	-107.237
		155.695	-40.927
		241.753	-16.417
		-1.379	-5.991
		-0.605	-5.719
		4.434	-2.111
		-67.732	-169.898

Point Spring

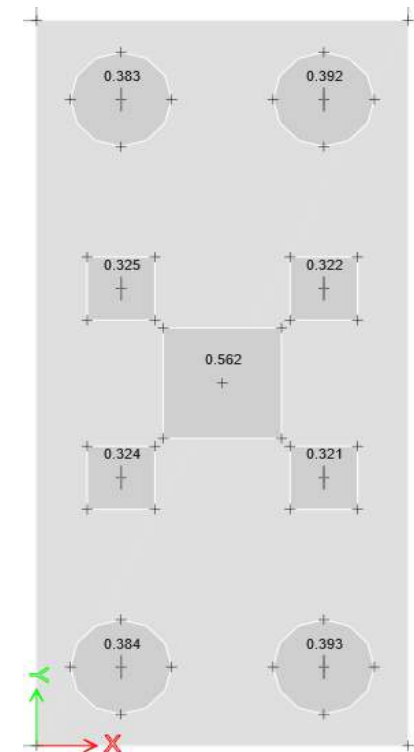
f_c'	30 MPa
E	25743 MPa
D	400 mm
A	160000 mm ²
L	24000 mm
EA/L	171620 N/mm
	171620 kN/m



Pile Cap			PC4
Data Material			
f'_c		MPa	30
f_y		MPa	420
E_c	$4700 \times f'_c{}^{0.5}$	MPa	25742.96
E_s		MPa	200000
Data Geometri			
h		mm	1200
cover, c		mm	70
d	h - cover	mm	1130
Tul. Bawah			
Mu (per m lari)	SAFE	kNm/m	2385.61
d_b		mm	25
s		mm	80
A_s		mm ² /m	6135.92
A_s min		mm ² /m	2034.00
Cek			OK
a	$A_s f_y / (0.85 f'_c b)$	mm	101.06
ϕ			0.9
ϕM_n	$\phi * A_s * f_y * (d - a/2)$	kNm/m	2503.70
Capacity Ratio	$M_u / \phi M_n$	kNm/m	0.953
Cek			OK
Tul. Atas			
Mu (per m lari)	SAFE	kNm/m	-1906.08
d_b		mm	25
s		mm	100
A_s		mm ² /m	4908.74
A_s min		mm ² /m	2034.00
Cek			OK
a	$A_s f_y / (0.85 f'_c b)$	mm	80.85
ϕ			0.9
ϕM_n	$\phi * A_s * f_y * (d - a/2)$	kNm/m	2021.71
Capacity Ratio	$M_u / \phi M_n$	kNm/m	0.943
Cek			OK

		Mmax	Mmin
2385.61	-1906.077	135.059	25.858
		155.523	-6.417
		757.932	84.267
		772.636	143.099
		1347.769	772.061
		1462.583	558.155
		247.765	32.024
		104.084	-41.331
		160.117	55.882
		245.899	32.377
		991.319	26.292
		90.401	-67.339
		1081.038	207.536
		157.808	94.934
		113.904	-16.421
		100.541	64.646
		35.489	-32.834
		760.986	216.955
		1013.858	285.286
		2385.61	280.932
		854.776	213.314
		808.398	243.342
		799.4	106.52
		138.899	-64.883
		811.508	69.509
		135.41	66.072
		98.326	-4.042
		778.587	200.916
		767.666	109.631
		450.457	53.918
		41.329	-1906.08
		41.921	7.667
		47.228	28.751
		147.401	14.619

Point Spring	
f'_c	30 MPa
E	25743 MPa
D	400 mm
A	160000 mm ²
L	24000 mm
EA/L	171620 N/mm
	171620 kN/m



Pile Cap			PC4
Data Material			
f_c'		MPa	30
f_y		MPa	420
E_c	$4700 \times f_c'^{0.5}$	MPa	25742.96
E_s		MPa	200000
Data Geometri			
h		mm	1100
cover, c		mm	70
d	h - cover	mm	1030
Tul. Bawah			
Mu (per m lari)	SAFE	kNm/m	1528.65
d_b		mm	22
s		mm	90
A_s		mm ² /m	4223.70
$A_{s \min}$		mm ² /m	1854.00
Cek			OK
a	$A_s f_y / (0.85 f_c' b)$	mm	69.57
ϕ			0.9
ϕM_n	$\phi * A_s * f_y * (d - a/2)$	kNm/m	1588.92
Capacity Ratio	$M_u / \phi M_n$	kNm/m	0.962
Cek			OK
Tul. Atas			
Mu (per m lari)	SAFE	kNm/m	-380.12
d_b		mm	19
s		mm	100
A_s		mm ² /m	2835.29
$A_{s \min}$		mm ² /m	1854.00
Cek			OK
a	$A_s f_y / (0.85 f_c' b)$	mm	46.70
ϕ			0.9
ϕM_n	$\phi * A_s * f_y * (d - a/2)$	kNm/m	1078.87
Capacity Ratio	$M_u / \phi M_n$	kNm/m	0.352
Cek			OK

		Mmax	Mmin
1528.654	-380.12	128.922	-46.538
		180.643	-85.445
		703.044	108.912
		677.934	177.202
		986.907	567.368
		1060.231	-380.12
		140.499	-9.449
		26.222	-34.98
		243.368	-87.574
		239.143	-26.233
		653.814	92.882
		141.382	-119.204
		908.42	212.444
		84.111	-64.951
		168.09	-1.064
		160.018	-64.207
		121.95	-38.373
		59.537	-17.639
		100.518	-48.595
		1528.654	39.837
		325.272	-61.916
		33.055	-112.454
		130.91	-31.779
		832.586	217.774
		795.356	108.183
		256.867	-222.148
		654.141	279.401
		924.703	421.101
		941.69	373.82
		720.396	179.032
		702.228	-375.205
		860.481	224.606
		756.995	172.645
		813.448	127.721
		473.884	-38.817

Point Spring

f_c' 30 MPa

E 25743 MPa

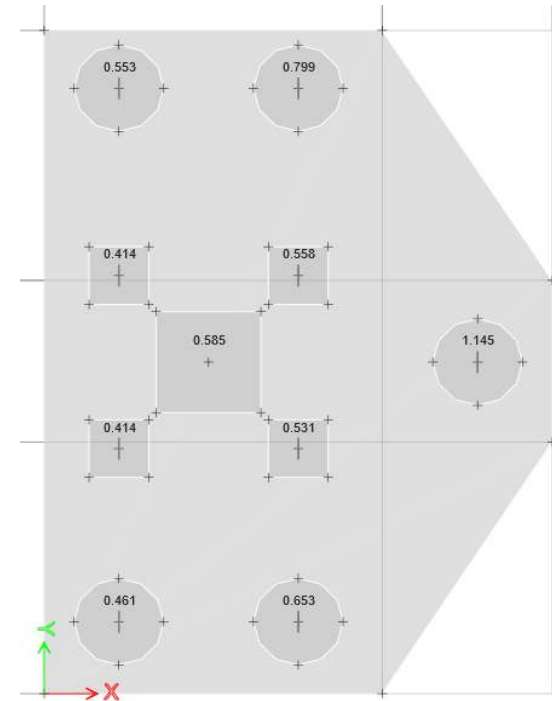
D 400 mm

A 160000 mm²

L 24000 mm

EA/L 171620 N/mm

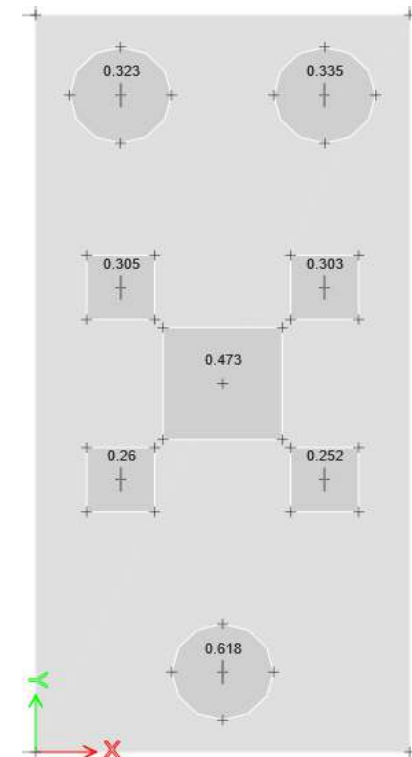
171620 kN/m



Pile Cap			PC4
Data Material			
f'_c		MPa	30
f_y		MPa	420
E_c	$4700 \times f'_c{}^{0.5}$	MPa	25742.96
E_s		MPa	200000
Data Geometri			
h		mm	1200
cover, c		mm	70
d	h - cover	mm	1130
Tul. Bawah			
Mu (per m lari)	SAFE	kNm/m	1814.47
d_b		mm	22
s		mm	80
A_s		mm ² /m	4751.66
A_s min		mm ² /m	2034.00
Cek			OK
a	$A_s f_y / (0.85 f'_c b)$	mm	78.26
ϕ			0.9
ϕM_n	$\phi * A_s * f_y * (d - a/2)$	kNm/m	1959.34
Capacity Ratio	$M_u / \phi M_n$	kNm/m	0.926
Cek			OK
Tul. Atas			
Mu (per m lari)	SAFE	kNm/m	-1768.46
d_b		mm	25
s		mm	100
A_s		mm ² /m	4908.74
A_s min		mm ² /m	2034.00
Cek			OK
a	$A_s f_y / (0.85 f'_c b)$	mm	80.85
ϕ			0.9
ϕM_n	$\phi * A_s * f_y * (d - a/2)$	kNm/m	2021.71
Capacity Ratio	$M_u / \phi M_n$	kNm/m	0.875
Cek			OK

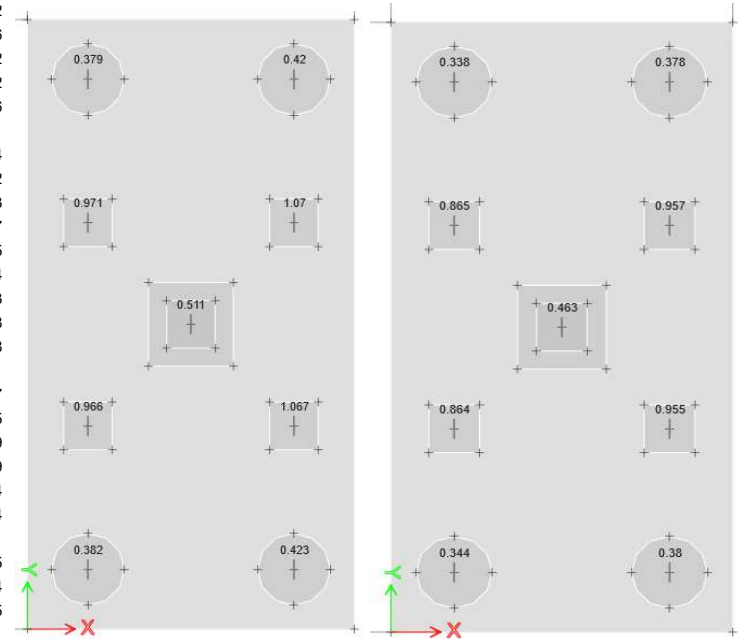
		Mmax	Mmin
1814.47	-1768.464	617.392	199.949
		849.803	273.545
		975.88	257.727
		728.495	187.478
		693.984	215.539
		686.049	83.426
		121.309	-62.952
		685.61	64.625
		112.616	54.724
		81.797	-6.226
		665.782	190.899
		660.836	101.51
		382.464	61.596
		1287.954	362.407
		567.477	118.253
		945.386	148.987
		1384.201	262.557
		1643.436	94.468
		1352.604	296.276
		1485.262	285.709
		1769.657	120.236
		111.264	-878.697
		818.738	-201.703
		896.575	-259.088
		991.864	-286.075
		945.023	-150.114
		522.658	-227.696
		1036.554	-174.143
		1087.905	-92.155
		1373.087	336.413
		1008.848	296.055
		1089.819	287.443
		1814.47	335.038
		651.996	-76.431
		654.768	-1768.46

Point Spring	
f'_c	30 MPa
E	25743 MPa
D	400 mm
A	160000 mm ²
L	24000 mm
EA/L	171620 N/mm
	171620 kN/m



Pile Cap			PC5
Data Material			
f_c'		MPa	30
f_y		MPa	420
E_c	$4700 \times f_c'^{0.5}$	MPa	25742.96
E_s		MPa	200000
Data Geometri			
h		mm	1400
cover, c		mm	70
d	h - cover	mm	1330
Tul. Bawah			
Mu (per m lari)	SAFE	kNm/m	2880.95
d_b		mm	25
s		mm	80
As		mm ² /m	6135.92
As min		mm ² /m	2394.00
Cek			OK
a	$As f_y / (0.85 f_c' b)$	mm	101.06
ϕ			0.9
ϕM_n	$\phi * A_s * f_y * (d - a/2)$	kNm/m	2967.57
Capacity Ratio	$M_u / \phi M_n$	kNm/m	0.971
Cek			OK
Tul. Atas			
Mu (per m lari)	SAFE	kNm/m	-1594.99
d_b		mm	22
s		mm	100
As		mm ² /m	3801.33
As min		mm ² /m	2394.00
Cek			OK
a	$As f_y / (0.85 f_c' b)$	mm	62.61
ϕ			0.9
ϕM_n	$\phi * A_s * f_y * (d - a/2)$	kNm/m	1866.10
Capacity Ratio	$M_u / \phi M_n$	kNm/m	0.855
Cek			OK

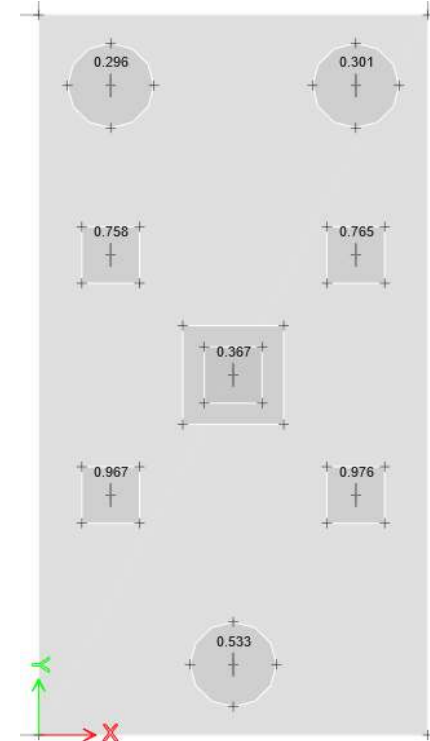
		Mmax	Mmin	Point Spring	
2880.953	-1594.985	274.166	255.18	f_c'	30 MPa
		87.2	26.041	E	25743 MPa
		40.788	-71.576	D	400 mm
		253.144	71.364	A	160000 mm ²
		129.157	33.057	L	24000 mm
		189.625	-7.628	EA/L	171620 N/mm
		1053.167	74.912		171620 kN/m
		192.744	-7.842		
		879.291	352.296		
		373.869	299.702		
		64.527	7.202		
		391.488	67.916		
		9.674	-18.791		
		197.989	-32.164		
		668.864	218.332		
		746.723	401.353		
		593.096	307.497		
		650.009	158.245		
		1050.121	199.734		
		1311.026	421.693		
		707.155	452.978		
		2880.953	630.328		
		942.769	255.221		
		640.411	157.637		
		666.74	142.855		
		631.489	-1.789		
		88.675	-1594.99		
		765.14	275.134		
		118.068	-187.864		
		417.298	152.531		
		649.813	388.765		
		693.46	167.874		
		676.264	69.795		
		121.385	-181.691		



Pile Cap			PC5
Data Material			
f_c'		MPa	30
f_y		MPa	420
E_c	$4700 \times f_c'^{0.5}$	MPa	25742.96
E_s		MPa	200000
Data Geometri			
h		mm	1200
cover, c		mm	70
d	h - cover	mm	1130
Tul. Bawah			
Mu (per m lari)	SAFE	kNm/m	2176.58
d_b		mm	25
s		mm	90
A_s		mm ² /m	5454.15
A_s min		mm ² /m	2034.00
Cek			OK
a	$A_s f_y / (0.85 f_c' b)$	mm	89.83
ϕ			0.9
ϕM_n	$\phi * A_s * f_y * (d - a/2)$	kNm/m	2237.08
Capacity Ratio	$M_u / \phi M_n$	kNm/m	0.973
Cek			OK
Tul. Atas			
Mu (per m lari)	SAFE	kNm/m	-1196.22
d_b		mm	22
s		mm	100
A_s		mm ² /m	3801.33
A_s min		mm ² /m	2034.00
Cek			OK
a	$A_s f_y / (0.85 f_c' b)$	mm	62.61
ϕ			0.9
ϕM_n	$\phi * A_s * f_y * (d - a/2)$	kNm/m	1578.72
Capacity Ratio	$M_u / \phi M_n$	kNm/m	0.758
Cek			OK

		Mmax	Mmin
2176.578	-1196.221	195.76	180.005
		72.699	37.099
		51.899	-36.778
		189.292	54.41
		92.026	27.035
		130.59	-7.763
		775.174	56.94
		143.834	-4.233
		646.653	277.279
		285.188	251.437
		53.161	10.035
		309.748	55.71
		18.139	-2.367
		150.684	-17.36
		495.76	152.567
		563.856	348.678
		454.043	272.69
		470.602	118.528
		765.899	157.887
		982.433	374.259
		507.07	365.798
		2176.578	502.985
		704.826	197.267
		460.83	119.612
		486.532	101.376
		456.319	-12.47
		69.111	-1196.22
		559.524	221.008
		107.925	-144.774
		309.665	122.955
		474.061	301.207
		144.48	3.298
		158.432	40.662
		112.397	26.586

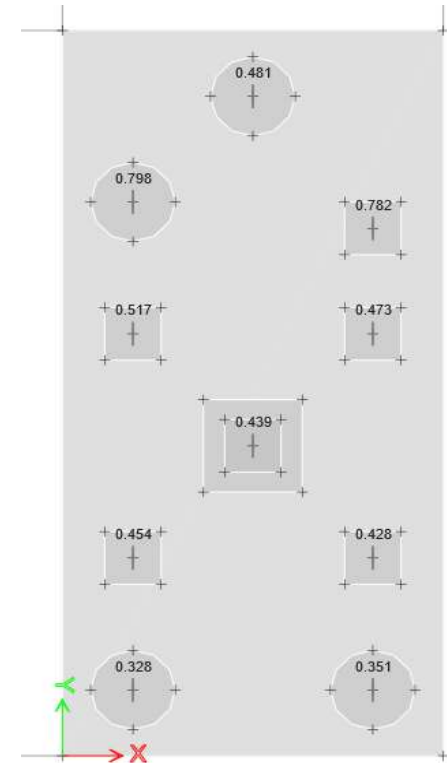
Point Spring	
f_c'	30 MPa
E	25743 MPa
D	400 mm
A	160000 mm ²
L	24000 mm
EA/L	171620 N/mm
	171620 kN/m



Pile Cap			PC5
Data Material			
f'_c		MPa	30
f_y		MPa	420
E_c	$4700 \times f'_c{}^{0.5}$	MPa	25742.96
E_s		MPa	200000
Data Geometri			
h		mm	1400
cover, c		mm	70
d	h - cover	mm	1330
Tul. Bawah			
Mu (per m lari)	SAFE	kNm/m	2627.00
d_b		mm	25
s		mm	80
A_s		mm ² /m	6135.92
A_s min		mm ² /m	2394.00
Cek			OK
a	$A_s f_y / (0.85 f'_c b)$	mm	101.06
ϕ			0.9
ϕM_n	$\phi * A_s * f_y * (d - a/2)$	kNm/m	2967.57
Capacity Ratio	$M_u / \phi M_n$	kNm/m	0.885
Cek			OK
Tul. Atas			
Mu (per m lari)	SAFE	kNm/m	-666.37
d_b		mm	19
s		mm	100
A_s		mm ² /m	2835.29
A_s min		mm ² /m	2394.00
Cek			OK
a	$A_s f_y / (0.85 f'_c b)$	mm	46.70
ϕ			0.9
ϕM_n	$\phi * A_s * f_y * (d - a/2)$	kNm/m	1400.39
Capacity Ratio	$M_u / \phi M_n$	kNm/m	0.476
Cek			OK

		Mmax	Mmin
2627	-666.366	506.748	321.515
		502.167	81.51
		913.62	158.961
		1463.766	493.655
		548.268	351.308
		1449.878	545.444
		894.846	151.876
		522.366	53.325
		725.542	129.732
		674.708	-24.486
		251.549	22.046
		2627	219.149
		285.095	40.785
		629.91	392.441
		430.209	361.267
		423.834	92.712
		337.127	52.109
		29.564	-10.439
		6.957	-50.986
		169.872	-18.528
		217.5	120.286
		240.865	24.179
		190.817	-117.407
		65.363	-40.096
		215.552	23.436
		210.213	0.296
		209.346	14.187
		272.914	119.692
		346.883	-84.765
		421.027	-666.366
		657.917	-22.742
		582.265	-19.616
		525.718	-1.19
		547.851	20.694
		257.476	0.306

Point Spring	
f'_c	30 MPa
E	25743 MPa
D	400 mm
A	160000 mm ²
L	24000 mm
EA/L	171620 N/mm
	171620 kN/m



Pile Cap			PC8
Data Material			
f_c'		MPa	30
f_y		MPa	420
E_c	$4700 \times f_c'^{0.5}$	MPa	25742.96
E_s		MPa	200000
Data Geometri			
h		mm	1400
cover, c		mm	70
d	h - cover	mm	1330
Tul. Bawah			
Mu (per m lari)	SAFE	kNm/m	3751.15
d_b		mm	29
s		mm	80
As		mm ² /m	8256.50
As min		mm ² /m	2394.00
Cek			OK
a	$As f_y / (0.85 f_c' b)$	mm	135.99
ϕ			0.9
ϕM_n	$\phi * A_s * f_y * (d - a/2)$	kNm/m	3938.66
Capacity Ratio	$M_u / \phi M_n$	kNm/m	0.952
Cek			OK
Tul. Atas			
Mu (per m lari)	SAFE	kNm/m	-1225.28
d_b		mm	19
s		mm	100
As		mm ² /m	2835.29
As min		mm ² /m	2394.00
Cek			OK
a	$As f_y / (0.85 f_c' b)$	mm	46.70
ϕ			0.9
ϕM_n	$\phi * A_s * f_y * (d - a/2)$	kNm/m	1400.39
Capacity Ratio	$M_u / \phi M_n$	kNm/m	0.875
Cek			OK

	Mmax	Mmin
3751.148 -1225.278	551.346	378.875
	625.009	88.217
	752.001	148.9
	545.237	90.992
	384.939	250.882
	348.219	232.575
	684.249	95.221
	506.383	313.131
	780.805	157.671
	285.9	140.565
	600.907	-36.218
	264.944	117.606
	487.016	285.254
	650.087	83.314
	727.867	130.211
	481.803	123.75
	475.449	215.024
	438.069	187.975
	139.919	40.144
	305.173	110.574
	84.276	21.362
	206.188	-1225.28
	211.689	9.851
	223.629	210.186
	213.633	111.882
	146.944	-6.477
3751.148	187.431	
	86.371	65.974
	256.783	74.639
	70.429	58.274
	530.912	191.241
	617.67	92.253
	27.531	-166.258
	413.921	149.006
	241.847	59.988
	324.376	157.929
	573.722	51.924

Point Spring
 f_c' 30 MPa
E 25743 MPa
D 400 mm
A 160000 mm²
L 24000 mm
EA/L 171620 N/mm
171620 kN/m

