

## BAB V

### PEMBAHASAN

Untuk lebih memperjelas uraian-uraian yang telah disampaikan pada bab-bab terdahulu, berikut ini akan dibahas beberapa hal mengenai pengaruh dimensi penampang tiang pancang terhadap kapasitas dukung tanah, serta kapasitas penampang tiang pancang beton prategang. Pembahasan ini dimaksudkan agar didapatkan suatu gambaran yang lebih jelas mengenai beberapa hal yang terkait dengan masalah perencanaan itu sendiri.

#### 5.1 Optimalisasi Panjang Tiang Pancang Berdasarkan Kapasitas Dukung Tanah (Tinjauan Pendekatan)

Hal-hal penting yang juga harus diperhatikan dalam suatu perencanaan struktur pondasi tidak hanya membicarakan masalah keamanan dan kenyamanan saja, namun ada hal lain yang juga harus menjadi perhatian dikaitkan dengan berbagai keterbatasan dalam merencanakan suatu konstruksi bangunan secara global.

Aspek perencanaan yang juga harus diperhitungkan sebagai bagian dari perencanaan konstruksi secara global tersebut antara lain adalah efektivitas, dan efisiensi. Suatu perencanaan yang didasarkan kepada tingkat efektivitas efisiensi yang baik, maka akan diperoleh hasil yang baik pula.

Berdasarkan hal tersebut di atas, maka dalam perencanaan suatu pondasi tiang pancang, menentukan panjang suatu tiang pancang yang aman dari segi kekuatannya dan efisien serta efektif secara ekonomis dan penggunaannya, merupakan suatu keharusan apabila ingin didapatkan suatu hasil perencanaan yang baik.

Metode yang dapat dipakai untuk menentukan panjang suatu pondasi tiang pancang yang akan menghasilkan kuat dukung tanah yang optimal akan dijabarkan sebagai berikut:

- dimensi penampang dan panjang awal suatu tiang pancang ditentukan terlebih dahulu, kemudian kapasitas dukung tanah dihitung berdasarkan dimensi dan panjang awal tersebut,
- tiang pancang diperpanjang dengan besar perpanjangan (interval) sesuai dengan yang dikehendaki,
- penambahan panjang tiang pancang dilakukan tanpa mengubah ukuran dimensi penampang,
- setiap pertambahan panjang tiang pancang, biasanya akan diiringi dengan pertambahan kuat dukung tanah. Pertambahan panjang dan kuat dukung tanah tersebut diprosentasekan terhadap panjang awal dan kuat dukung tanah awal,
- nilai efisiensi diperoleh dengan cara membandingkan antara prosentase pertambahan kapasitas dukung tanah dengan prosentase pertambahan panjang tiang. Sebagai catatan, bahwa panjang dan kuat dukung tanah awal dianggap memiliki nilai efisiensi sama dengan 1,
- tiang pancang yang memiliki nilai efisiensi yang terbe-

sar, dapat dijadikan alternatif pertama di dalam merencanakan panjang tiang pancang yang menghasilkan kuat dukung tanah yang optimal.

## 5.2 Pengaruh Jarak Antar Tiang Pada Kelompok Tiang Terhadap Distribusi Gaya Pada Pondasi Tiang Pancang

Jarak antar tiang pada dasarnya hanya berpengaruh cukup besar terhadap distribusi gaya yang diakibatkan oleh gaya lateral dan momen, sedangkan untuk gaya aksial kon-sentris tidak begitu dipengaruhi oleh hal-hal tersebut.

Pada umumnya semakin jauh jarak antar tiang akan mengakibatkan berkurangnya gaya aksial yang diterima oleh masing-masing tiang pancang. Namun pada hasil perhitungan contoh perencanaan (sub bab 4.2.2), gaya yang diterima masing-masing tiang cenderung meningkat. Hal tersebut dikarenakan oleh pengaruh penambahan berat sendiri poer yang cukup besar, sehingga ikut mempengaruhi beban yang diterima masing-masing tiang pancang. Berkaitan dengan kapasitas dukung tanah terhadap gaya lateral, maka semakin jauh jarak antar tiang akan meningkatkan kapasitas dukung tanah terhadap gaya lateral yang bekerja pada kelompok tiang. Hal tersebut telah terbukti pada contoh perencanaan terdahulu (sub bab 4.4.2).

Berdasarkan uraian diatas, maka di dalam menentukan jarak antar tiang yang akan memberikan manfaat yang seoptimal mungkin, harus dilakukan dengan mencoba berbagai

formasi penyusunan tiang pancang yang berbeda dengan tetap menggunakan metoda pendekatan yang ada untuk membantu penyelesaiannya.

### **5.3 Pengaruh Gaya Prategang Efektif terhadap Kapasitas Penampang**

Dari hasil perhitungan kapasitas penampang terhadap beban aksial konsentris dan momen retak (lihat lampiran A.13), maka dapat ditarik kesimpulan bahwa semakin besar gaya prategang efektif (semakin luas tulangan prategang yang digunakan) akan menghasilkan kapasitas beban aksial konsentris yang semakin kecil, baik kapasitas batas maupun kapasitas ijin. Hal tersebut dikarenakan bahwa akibat gaya prategang akan memberikan gaya aksial awal pada suatu tiang pancang, sehingga kapasitas dukung tiang dalam menahan beban aksial eksternal menjadi berkurang. Semakin besar gaya prategang yang diberikan, maka semakin besar pula pengurangan terhadap kapasitas dukung tiang tersebut. Akan tetapi di lain pihak semakin tinggi gaya prategang yang digunakan, maka kapasitas momen retak akan semakin besar.

Setelah diperhitungkan adanya efek tekuk akibat pengaruh kelangsingan yang menyebabkan adanya momen dan eksentrisitas yang diperbesar, maka kesimpulan di atas sedikit berubah. Berdasarkan grafik pada gambar 5.1a dan 5.2 yang memadukan antara kurva interaksi hasil perhitungan kapasitas penampang terhadap beban kombinasi (lampiran

A.1-A.12) dengan kurva eksentrisitas hasil perhitungan pada lampiran C, maka dapat diperlihatkan hubungan antara pengaruh kenaikan nilai prategang efektif ( $f_{pe}$ ) terhadap kapasitas beban aksial pada tabel 5.1. Nilai kapasitas beban aksial pada tabel 5.1 tersebut dapat pula diilustrasikan dalam bentuk grafik pada gambar 5.3 dan 5.4.

Berdasarkan grafik kapasitas penampang pada gambar 5.3 dan 5.4, ternyata penambahan nilai prategang efektif tidak selamanya akan menurunkan kapasitas beban aksial batas ( $P$ ), tergantung pada panjang tiang yang ditinjau. Semakin panjang tiang pancang, maka angka penurunan  $P$  terhadap kenaikan  $f_{pe}$  akan semakin berkurang hingga mencapai suatu panjang tertentu yaitu pada kondisi  $P$  akan meningkat seiring dengan kenaikan  $f_{pe}$ .

البحر الإسلامي  
الاستاذ الدكتور

P (ton)

500

450

400

350

300

250

200

150

100

50

0

1

2

3

4

5

Gambar 5.1.a Kurva interaksi kapasitas penampang dan kurva eksentrisitas  
( $f'_c = 40 \text{ Mpa}$ ,  $A_c = 300 \times 300 \text{ mm}^2$ )

$e_{min}$

12 $\phi$ 7

12 $\phi$ 8

12 $\phi$ 9

12 $\phi$ 10

12 $\phi$ 11

12 $\phi$ 12

$e(L=6 \text{ m})$

$e(L=7 \text{ m})$

$e(L=8 \text{ m})$

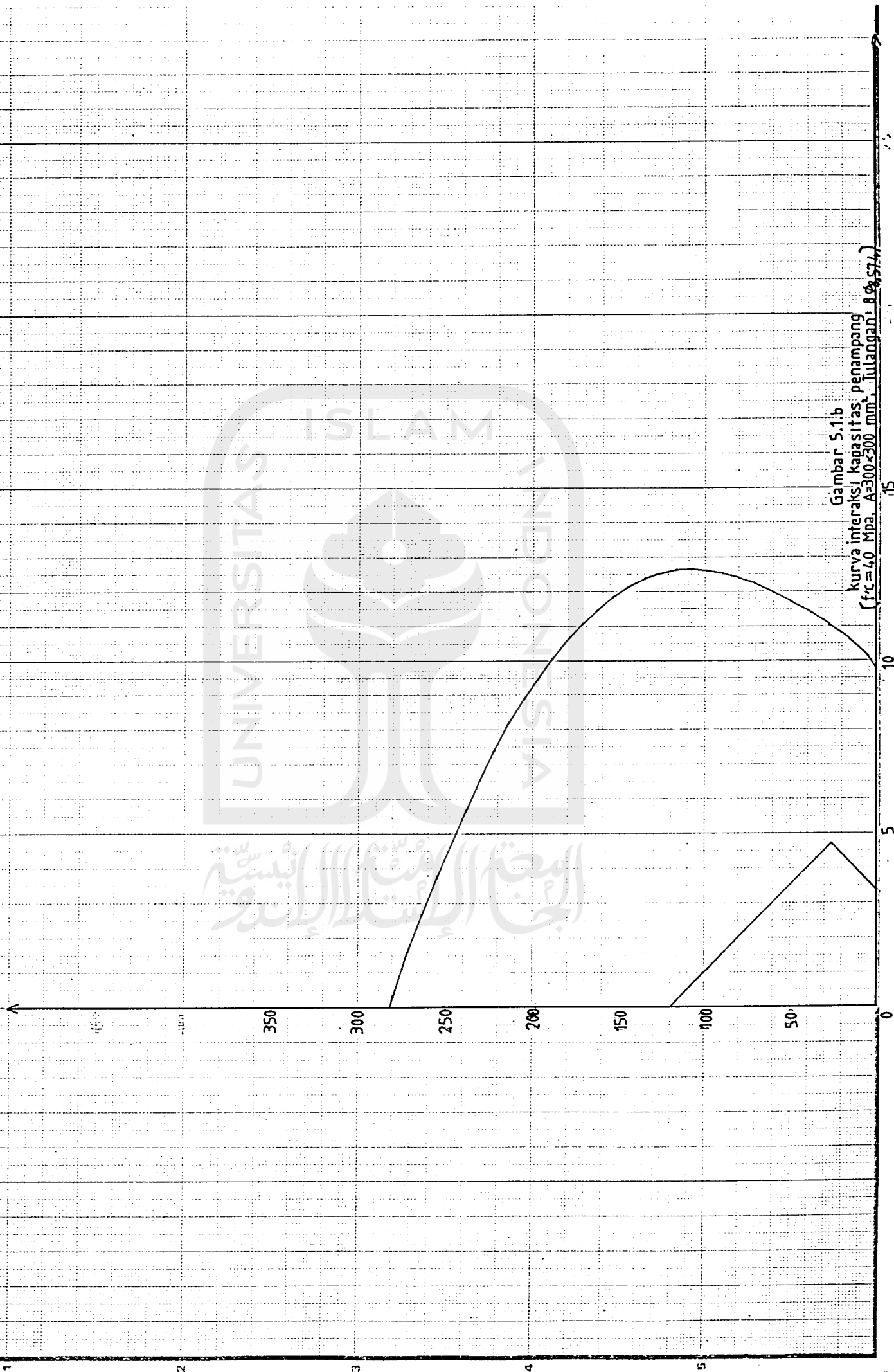
$e(L=9 \text{ m})$

$e(L=10 \text{ m})$

$e(L=11 \text{ m})$

M

5



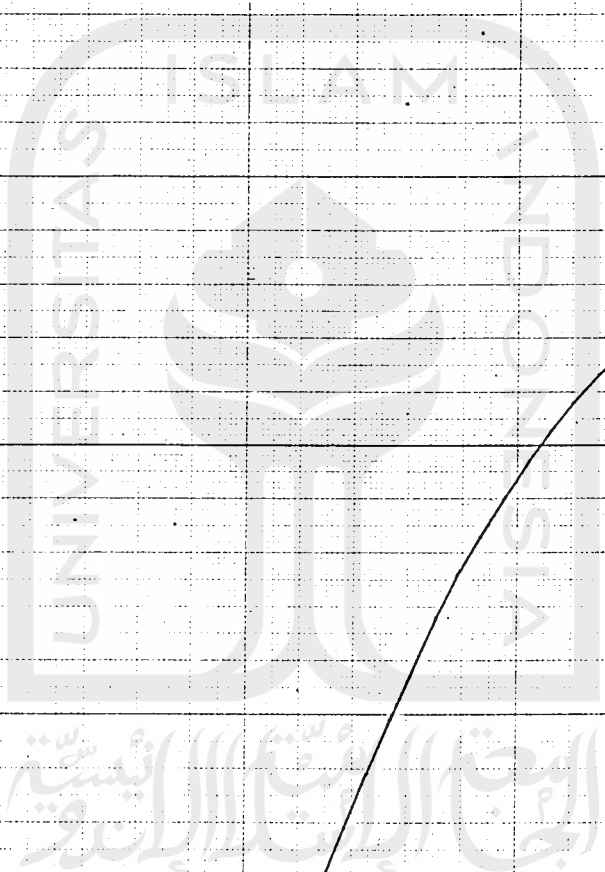
Gambar 5.1.b  
 kurva interaksi kapasitas penampang  
 ( $f_c = 40$  Mpa,  $A = 300 \times 300$  mm<sup>2</sup>, tulangan: 8 Ø8/574)



350  
300  
250  
200  
150  
100  
50  
0

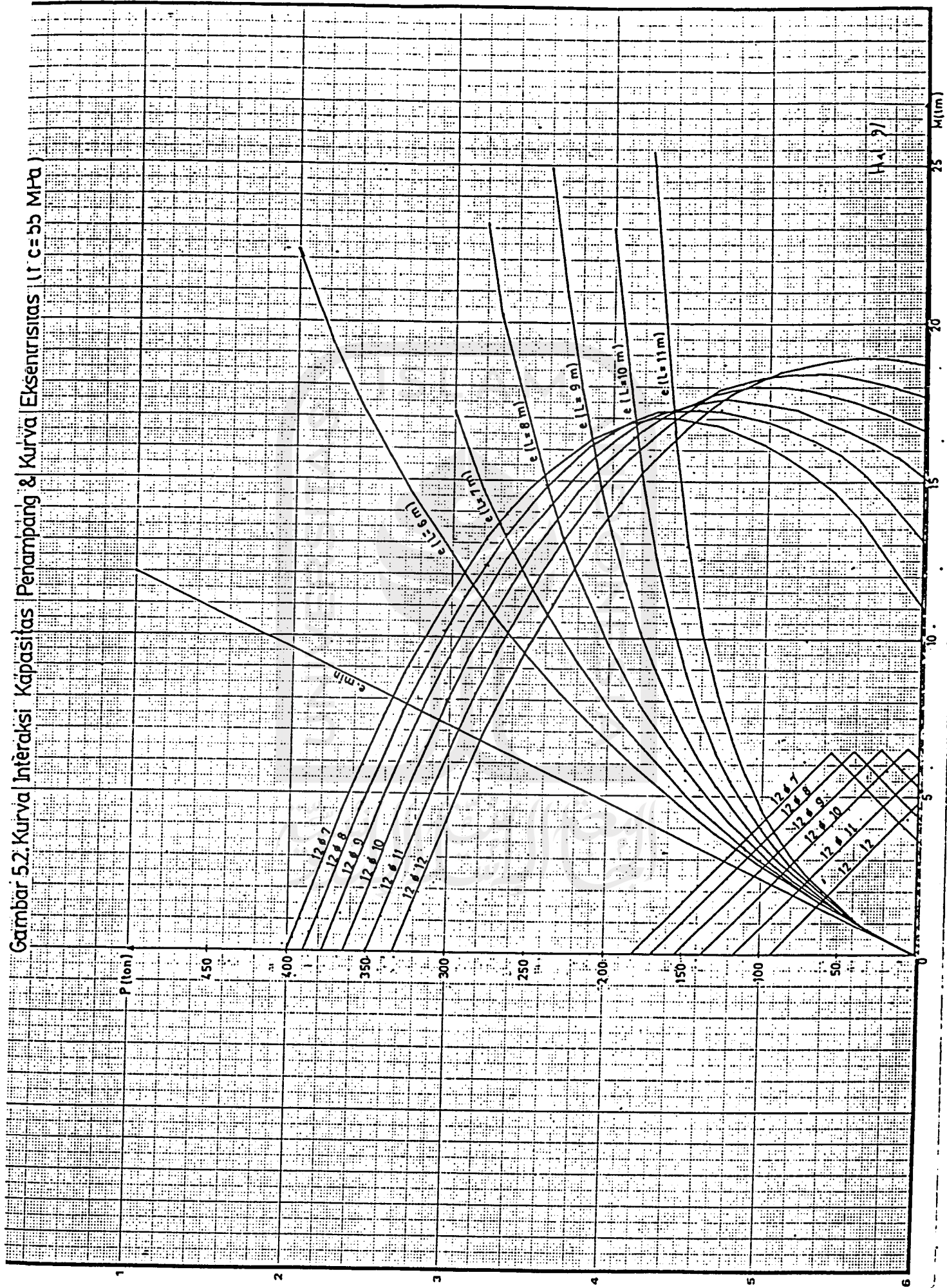


Gambar 5.1.c  
Kurva interaksi kapasitas penampang  
( $f'_c = 40$  Mpa,  $A = 300 \times 300$  mm<sup>2</sup>, tulangan  $4\phi 12, 2\phi 4$ )





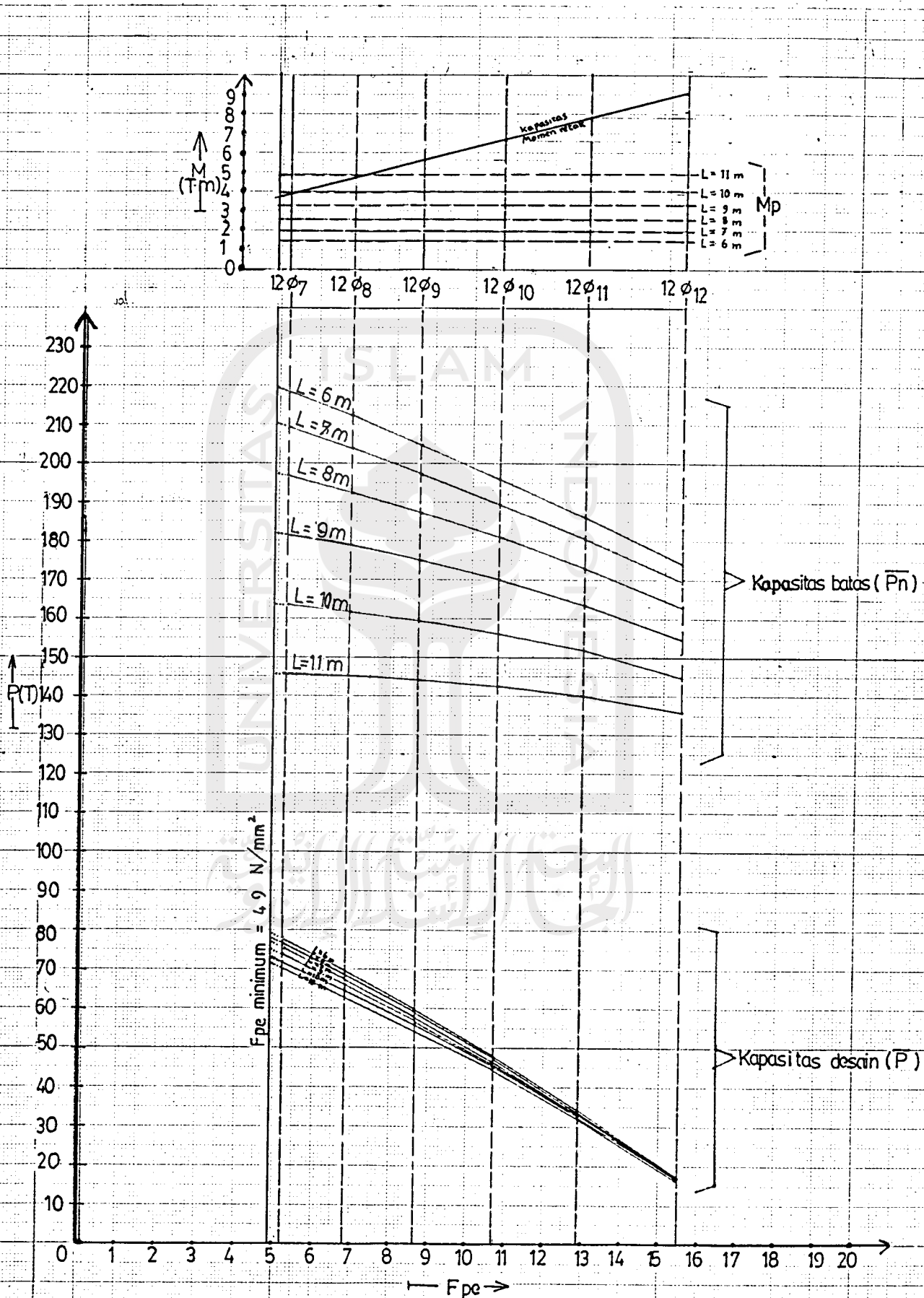
Gambar 5.2. Kurva Interaksi Kapasitas Penampang & Kurva Eksentrisitas (f'c = 55 MPa)



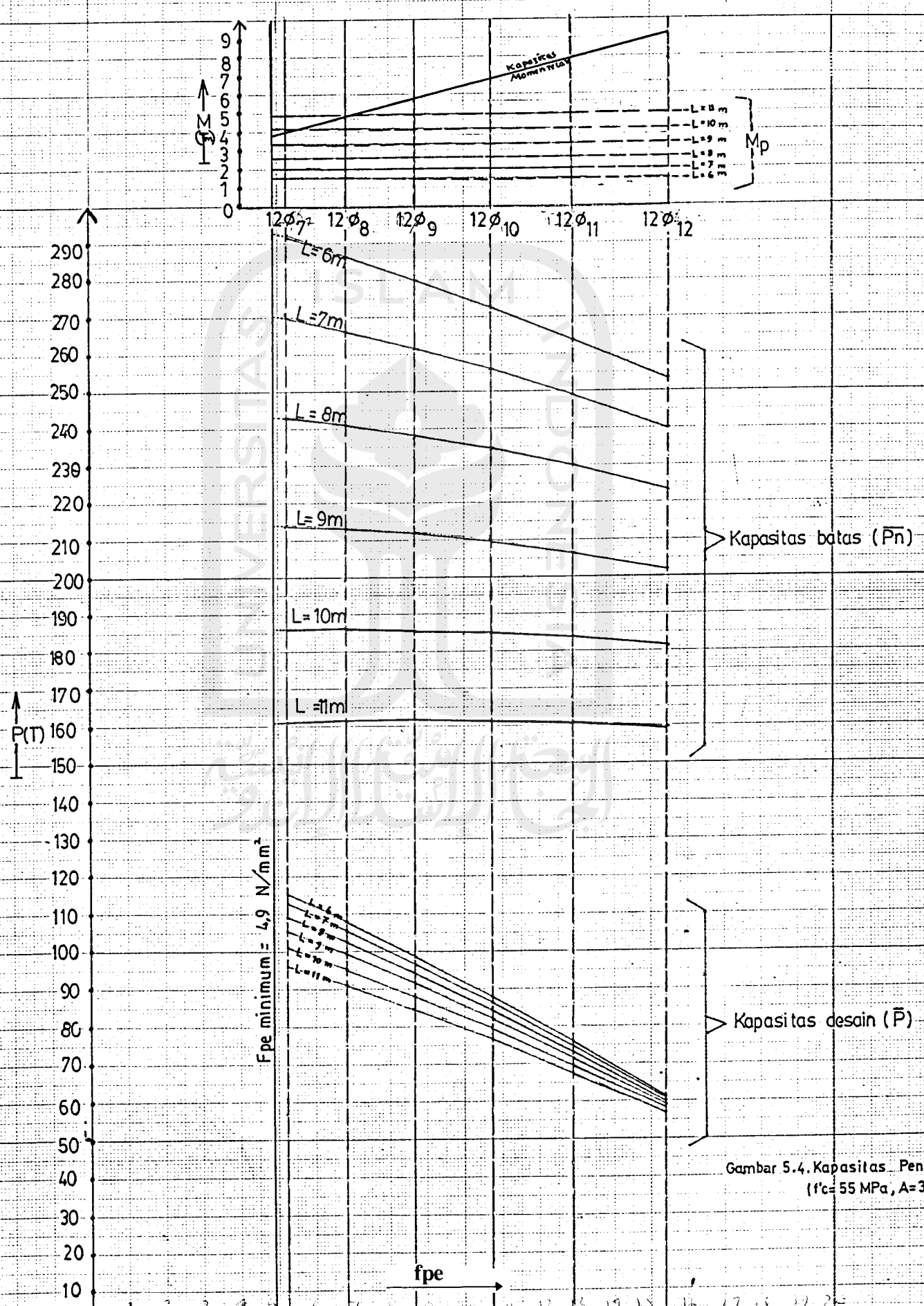
Hal 21

Tabel 5.1 Kapasitas beban aksial penampang bujur sangkar  
300 x 300 mm<sup>2</sup>

Pan- jang L(m)	Tulangan prategang	KAPASITAS BEBAN AKSIAL (T)			
		f'c = 40 Mpa		f'c = 55 Mpa	
		Kap desain	Kap batas	Kap desain	Kap batas
6	12 Ø 7	78	219	116	292
	12 Ø 8	69	213	108	286
	12 Ø 9	59	204.5	98.5	280
	12 Ø 10	47.5	196	88	273
	12 Ø 11	33	185.5	75	264
	12 Ø 12	17,5	174	61	253.5
7	12 Ø 7	77	210	113.5	270.5
	12 Ø 8	68	204.5	106	266
	12 Ø 9	58,5	197	96.5	261.5
	12 Ø 10	47	189.5	86.5	256
	12 Ø 11	32.8	180.5	74	249
	12 Ø 12	17.4	170	60.5	240
8	12 Ø 7	76	197	110	243
	12 Ø 8	67	192.5	103	241
	12 Ø 9	58	187	94.5	237.5
	12 Ø 10	46,5	181	85	234
	12 Ø 11	32.6	173	73	230
	12 Ø 12	17.3	163	60	223
9	12 Ø 7	74	182	106	214
	12 Ø 8	66	179	100	213
	12 Ø 9	57	175	92	212
	12 Ø 10	46	170	82.5	210
	12 Ø 11	32.4	163.5	71.5	206.5
	12 Ø 12	17.1	155	59	202
10	12 Ø 7	72	164	102	185.8
	12 Ø 8	64,5	162	96	186
	12 Ø 9	56	160	88.5	185.5
	12 Ø 10	45.5	156	80	184.5
	12 Ø 11	32.2	152	70	183
	12 Ø 12	17.1	145	58	181
11	12 Ø 7	70	146	96.5	161
	12 Ø 8	63	145.5	92	161.2
	12 Ø 9	54	144	85	161.5
	12 Ø 10	44.5	142.5	78	161.2
	12 Ø 11	32	140	68	161
	12 Ø 12	17	136	57	159.5



Gambar 5.3. Kapasitas Penampang ( $f'c = 40 \text{ MPa}, A = 300 \times 300 \text{ mm}^2$ )



Gambar 5.4. Kapasitas Penampang  
 ( $f'_c = 55 \text{ MPa}, A = 300 \times 300$ )

11/11/2019

dibandingkan tersebut memiliki total luas tulangan yang sama besar yaitu 461,814 mm<sup>2</sup>. Hasil perhitungan kapasitas dari masing-masing penampang yang dibandingkan tersebut, dapat dilihat pada contoh perencanaan (subbab 4.4.5). Dari perhitungan yang telah dilakukan, ternyata kapasitas penampang dengan formasi tulangan 4Ø12,124 memiliki kapasitas yang sedikit lebih besar daripada kedua penampang lainnya.

Jadi penyusunan tulangan yang paling baik ialah menempatkan tulangan dengan jarak rata-rata terhadap pusat luasan penampang sejauh mungkin asal masih memenuhi persyaratan penutup beton minimum dan jarak antar tulangan maksimum, serta diameter tulangan prategang yang tersedia. Namun karena selisihnya sangat kecil, maka grafik kapasitas penampang (gambar 5.3 dan 5.4) dapat pula diberlakukan untuk penampang dengan formasi tulangan yang lain. Akan tetapi untuk lebih menjamin tingkat ketelitiannya, maka kapasitas masing-masing penampang sebaiknya diperhitungkan tersendiri.

### 5.6 Optimalisasi Tulangan Prategang yang digunakan

Dalam merencanakan suatu penampang tiang pancang beton prategang, maka hal terpenting yang harus diperhatikan adalah kekuatan penampang terhadap beban-beban yang diterima tiang, baik saat penanganan maupun saat layan.

Untuk menghasilkan suatu tiang pancang yang aman terhadap momen-momen yang terjadi, maka diperlukan adanya

#### 5.4 Pengaruh Panjang Tiang terhadap Kapasitas beban aksial

Berdasarkan tabel 5.1, dapat dilihat bahwa semakin panjang tiang dengan tulangan yang sama, maka kapasitas beban aksial baik kapasitas desain maupun kapasitas batas akan semakin berkurang. Hal tersebut dikarenakan oleh adanya efek tekuk yang semakin besar pada tiang yang semakin panjang, sehingga kapasitas beban aksial menjadi semakin berkurang.

#### 5.5 Pengaruh Penyebaran Luasan Tulangan terhadap Kapasitas Penampang

Dalam merencanakan suatu penampang tiang pancang beton prategang, perencana bebas menentukan diameter tulangan, jumlah tulangan, maupun formasi dari tulangan yang digunakan asal masih memenuhi persyaratan yang ditentukan serta aman terhadap gaya-gaya yang diterima. Untuk mengetahui pengaruh dari formasi tulangan / penyebaran luasan tulangan terhadap kapasitas penampang, maka perlu dibandingkan kapasitas dari berbagai macam penampang yang memiliki total luas tulangan yang sama besar, namun berbeda susunan tulangannya. Dalam kesempatan ini telah dicoba untuk membandingkan kapasitas dari berbagai penampang yang memiliki total luas tulangan yang sama besar, namun berbeda jumlah, diameter, serta jarak antar tulangannya. Penampang yang dibandingkan adalah penampang bujur-sangkar berukuran  $300 \times 300 \text{ mm}^2$  dengan formasi tulangan yang berbeda-beda yaitu  $12\phi 7$ ,  $8\phi 8,573$  dan  $4\phi 12,124$ . Ketiga penampang yang

nilai prategang efektif tertentu yang bekerja pada tiang pancang tersebut. Namun di lain pihak, adanya gaya prategang akan cenderung mengakibatkan berkurangnya kapasitas penampang tiang terhadap gaya aksial.

Untuk menghasilkan penampang yang menghasilkan daya dukung yang sebesar-besarnya tetapi aman terhadap momen-momen yang terjadi, maka diperlukan suatu analisis optimisasi terhadap tulangan prategang yang digunakan. Sebagaimana yang telah diuraikan pada bab-bab terdahulu, maka nilai prategang efektif ( $f_{pe}$ ) minimum untuk menahan tegangan yang terjadi akibat pemancangan adalah antara 2,8 hingga 8,4 N/mm<sup>2</sup>, sedangkan kebutuhan baja prategang yang paling efisien bisa didapatkan dengan cara mengoptimalkan penegangan melalui pemanfaatan tegangan baja prategang efektif ( $f_{pse}$ ) semaksimal mungkin, asal memenuhi persyaratan yang ditentukan yaitu nilai terkecil diantara 0,6  $f_{pu}$  dan 0,8  $f_{py}$ . Dengan pemanfaatan  $f_{pse}$  maksimum untuk menghasilkan batas  $f_{pe}$  minimum yang digunakan, maka akan dihasilkan suatu penampang dengan tulangan prategang yang efisien. Namun penggunaan  $f_{pe}$  dan luas tulangan prategang yang ditentukan harus dikontrol terlebih dahulu agar didapatkan suatu kapasitas momen retak yang lebih besar daripada momen yang terjadi selama penanganan.

Luas tulangan prategang optimum bisa didapatkan dengan cara membandingkan kapasitas beban aksial diantara berbagai penggunaan tulangan prategang yang memenuhi syarat, baik terhadap batas  $f_{pse}$  maksimum maupun batas  $f_{pe}$  minimum, serta aman terhadap momen yang terjadi saat

penanganan ( $M_p$ ). Nilai kapasitas beban aksial dan kapasitas momen retak untuk berbagai tiang pancang beton prategang penampang bujur sangkar berukuran  $300 \times 300 \text{ mm}^2$  yang memiliki panjang ( $L$ ) dan  $f'_c$  yang berbeda-beda, dapat dilihat pada grafik kapasitas penampang (gambar 5.3 dan 5.4). Sebagai contoh, jika direncanakan menggunakan 12 batang tulangan, maka berdasarkan gambar 5.3 dan 5.4 tersebut, penggunaan tulangan yang paling optimum di antara keenam diameter tulangan yang ditinjau dapat ditunjukkan dalam tabel 5.2 dibawah ini.

Tabel 5.2  
Tulangan optimum dan kapasitas beban aksial  
untuk penampang bujur sangkar  $300 \times 300 \text{ mm}^2$   
(jika digunakan 12 batang tulangan)

L (m)	$f'_c = 40 \text{ Mpa}$			$f'_c = 55 \text{ Mpa}$		
	Tul.optimum	Pn(T)	P(T)	Tul.optimum	Pn(T)	P(T)
6	12 $\emptyset$ 7	219	78	12 $\emptyset$ 7	292	116
7	12 $\emptyset$ 7	210	77	12 $\emptyset$ 7	270,5	113,5
8	12 $\emptyset$ 7	197	76	12 $\emptyset$ 7	243	110
9	12 $\emptyset$ 7	182	74	12 $\emptyset$ 7	214	106
10	12 $\emptyset$ 8	162	64,5	12 $\emptyset$ 8	186	96
11	12 $\emptyset$ 9	145,5	54	12 $\emptyset$ 9	161,5	85