

BAB V
ANALISA DAN PEMBAHASAN

5.1. ANALISA PANJANG PENYALURAN DASAR

Panjang Penyaluran adalah panjang penanaman yang dibutuhkan untuk mengembangkan tegangan leleh dalam tulangan. [2]

Rumus dasar panjang penyaluran dari ACI-1963 :

$$L_d = \frac{f_y \cdot d_b}{4 \cdot u_{ult}} \dots \dots \dots (5.1)$$

Dimana :

L_d = panjang penyaluran dasar (mm)

f_y = tegangan leleh baja (psi)

d_b = diameter baja tulangan

u_{ult} = tegangan lekatan batas, dimana untuk tulangan tekan diambil $13 \cdot \sqrt{f'_c}$ (psi) dan tidak boleh lebih dari 800 psi

Sehingga panjang penyaluran untuk tulangan tekan adalah :

$$L_d = \frac{f_y \cdot d_b}{4 \cdot 13 \cdot \sqrt{f'_c}} = 0,02 \cdot \frac{f_y \cdot d_b}{\sqrt{f'_c}} \dots \dots \dots (5.2)$$

Dengan menggunakan batas atas dan u_{ult} sebesar 800 psi, sehingga persamaan (5.1) menjadi :

$$L_d = \frac{f_y \cdot d_b}{4 \cdot u_{ult}} = \frac{f_y \cdot d_b}{4 \cdot (800)}$$

$$= 0,000312 \cdot f_y \cdot d_b \dots \dots \dots (5.3)$$

Untuk Standard International (SI) ACI-318-83M untuk L_d dan d_b dalam mm, dan f'_c dan f_y dalam MPa, memberikan

$$L_d = 0,24 \cdot \frac{f_y \cdot d_b}{\sqrt{f'_c}}$$

$$L_d \geq 0,044 \cdot f_y \cdot d_b$$

Untuk bahan dengan mutu beton $f'_c = 20$ MPa dan $f_y = 390$ MPa, sehingga panjang penyalurannya :

$$L_d = 0,24 \cdot \frac{d_b \cdot f_y}{\sqrt{f'_c}} \geq 0,044 \cdot f_y \cdot d_b$$

$$L_d = 0,24 \cdot \frac{d_b \cdot 390}{\sqrt{20}} \geq 0,044 \cdot 390 \cdot d_b$$

$$L_d = 20,929 \cdot d_b \geq 17,16 \cdot d_b$$

Maka diambil :

$$L_d = 20,929 \cdot d_b \text{ (mm)} \dots \dots \dots (5.4)$$

Untuk bahan dengan mutu beton $f'_c = 25$ MPa dan $f_y = 390$ MPa, panjang penyaluran dasarnya adalah :

$$L_d = 0,24 \cdot \frac{d_b \cdot 390}{\sqrt{25}} \geq 17,16 \cdot d_b$$

$$L_d = 18,720 \cdot d_b \text{ (mm)} \dots \dots \dots (5.5)$$

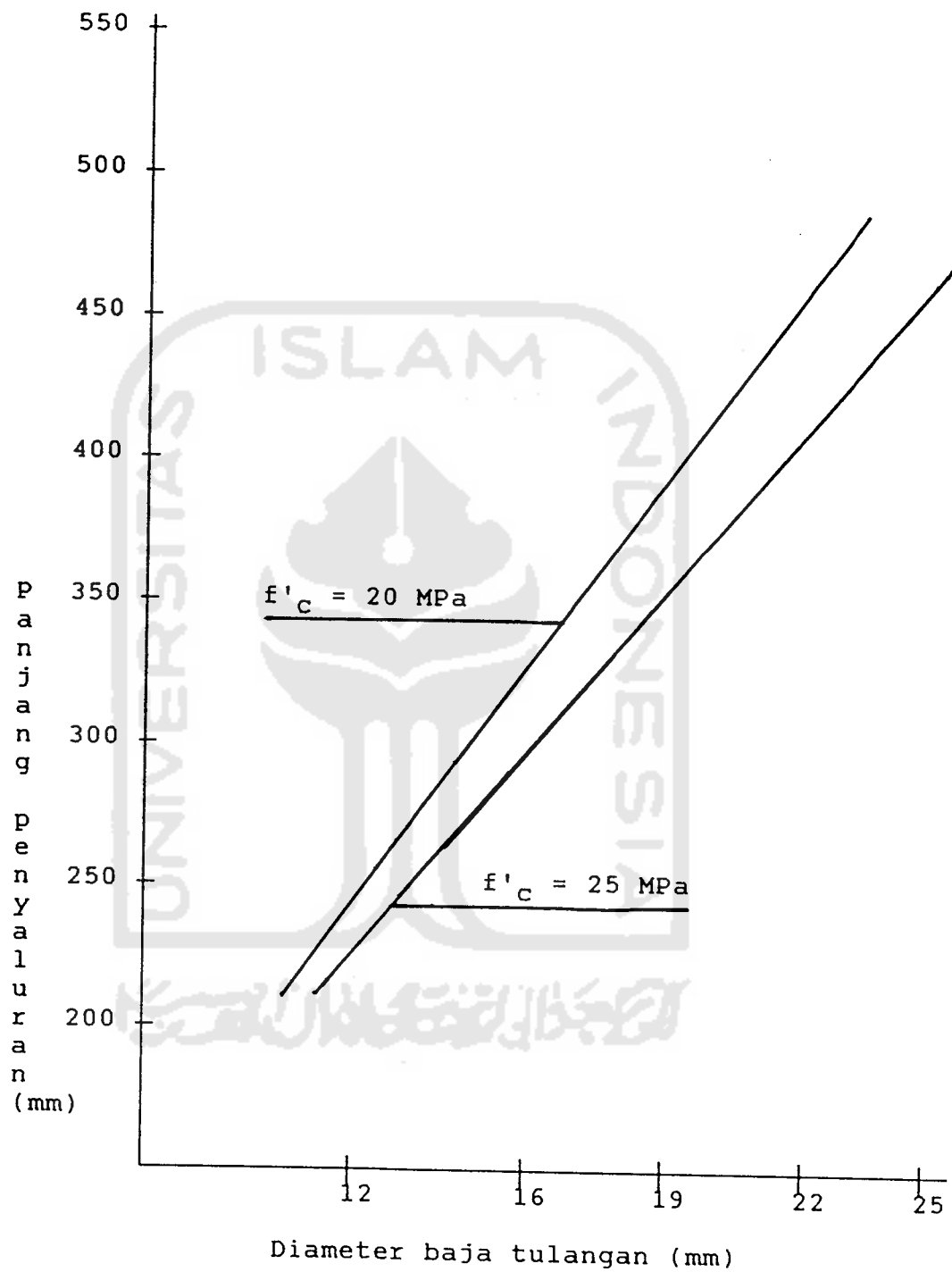
Dalam penelitian ini diambil panjang penyaluran berdasarkan persamaan (5.4) dan persamaan (5.5) seperti dalam tabel 1.

Tabel 13. Penentuan panjang penyaluran

No.	Benda uji	ϕ baja (mm)	f'_c (MPa)	L_d (mm)	Jumlah
1.	A	TD - 22	20	461	6
2.	B	TD - 19	20	398	6
3.	C	TD - 16	20	335	6
4.	D	TD - 22	25	412	6
5.	E	TD - 19	25	356	6
6.	F	TD - 16	25	300	6
7.	G	TP - 12	25	328*	3

* Panjang penyaluran dihitung berdasarkan persamaan (2.3) dengan mutu baja 240 MPa.

Dari persamaan (5.4) dan (5.5) menunjukkan bahwa kenaikan panjang penyaluran merupakan fungsi linier, sehingga hubungan mutu beton dan diameter baja tulangan dapat menentukan panjang penyaluran seperti pada grafik dibawah ini.



Gambar 6. Grafik hubungan panjang penyaluran, mutu beton dan diameter baja tulangan.

5.2. ANALISA TEGANGAN LEKATAN

Kapasitas tegangan lekatan dari tulangan tekan dalam semua ukuran lazimnya dalam peraturan ACI-1963 diambil sebesar $13\sqrt{f'_c}$ (psi) dan tidak boleh lebih dari 800 psi, bila dikonversikan ke satuan SI maka besar tegangan lekatan adalah $13\sqrt{(f'_c/145,037)}$ MPa \leq 5,5158 MPa.^[2] Untuk $f'_c = 20$ MPa maka tegangan lekatannya (u) = 4,827 MPa (48,27 kg/cm²) dan mutu beton $f'_c = 25$ MPa, tegangan lekatannya (u) = 5,397 MPa (53,97 kg/cm²).

Tegangan lekatan yang terjadi pada penelitian ini yang diambil dari 3 (tiga) benda uji untuk setiap kriterianya didapat hasil yang bermacam-macam.

Tabel 14. Tegangan lekatan rata-rata dari 3 (tiga) benda uji.

No	Benda uji	Umur	u rata-rata	
			kg/cm ²	MPa
1	A	14	53,512	5,3512
2	B	14	59,632	5,9632
3	C	14	60,277	6,0277
4	D	14	68,129	6,8129
5	E	14	74,719	7,4719
6	F	14	74,935	7,4935
7	A	28	71,663	7,1663
8	B	28	70,226	7,0226
9	C	28	76,213	7,6213
10	D	28	71,816	7,1816

No	Benda uji	Umur	u rata-rata	
			kg/cm ²	MPa
11	E	28	80,470	8,0470
12	F	28	86,096	8,6096

Berdasarkan hasil pengujian didapat nilai tegangan lekatan umur 14 hari (u_{14}) adalah 65,200 kg/cm² dan tegangan lekatan pada umur 28 hari (u_{28}) sebesar 76,080 kg/cm². Dari rata-rata tegangan lekatan pada umur 14 hari dan 28 hari tersebut, didapat nilai faktor umur yaitu $65,200/76,080 = 0,86$.

ACI memberikan tegangan lekatan teoritis sebesar $13\sqrt{f'_c}$ (psi) = $13\sqrt{(f'_c/145,037)}$ MPa untuk umur 28 hari, dengan memberikan faktor umur 14 hari dari hasil penelitian yaitu 0,86 maka tegangan lekatan teoritis umur 14 hari adalah $13\sqrt{(f'_c/145,037)} * 0,86$.

Tabel 15. Tegangan lekatan teoritis berdasarkan hasil penelitian.

No	Umur	Mutu beton tercapai (MPa)	u_{teoritis} (MPa)	u_{teoritis} rata-rata (MPa)
1.	14	30,311	5,111	5,3745
2.	14	36,881	5,638	
3.	28	30,311	5,943	6,2490
4.	28	36,881	6,555	

Dari tabel 15 bahwa tegangan teoritis yang terjadi

melebihi tegangan lekatan batas. Ini menunjukkan bahwa ACI-1963 menentukan tegangan lekatan batas berdasarkan tegangan lekatan yang terjadi dengan memberikan suatu nilai faktor aman.

Ditinjau dari hasil penelitian dengan menganggap faktor aman (SF) adalah selisih tegangan lekatan yang terjadi dengan tegangan lekatan teoritis dibagi dengan tegangan lekatan teoritis, dalam satuan persen (persamaan 5.6).

$$SF = \frac{u - u_{\text{teoritis}}}{u_{\text{teoriris}}} * 100 \% \dots\dots\dots(5.6)$$

Untuk umur 14 hari dan 28 hari faktor aman didapat yaitu :

a. Umur 14 hari

$$SF = \frac{65,200 - 53,745}{53,745} * 100 \% \\ = 21,31 \%$$

b. Umur 28 hari

$$SF = \frac{76,080 - 62,490}{62,490} * 100 \% \\ = 21,75 \%$$

Dari hasil diatas didapat nilai faktor aman tegangan lekatan sebesar $(21,31 + 21,75)/2 = 21,530 \%$ dapat dianggap 20 %.

Faktor aman ini diberikan untuk menghindari hal-hal sebagai berikut :

a. Tidak sesuai besarnya tegangan rencana pada

baja tulangan dan beton setelah melalui pengujian.

b. Kesalahan-kesalahan saat pengujian yang ikut mempengaruhi perubahan tegangan tersebut, misalnya tidak tegaknya baja tulangan saat pembuatan benda uji, tidak meratanya permukaan ujung baja tulangan (tempat titik pengujian), saat pengujian benda uji miring dan sebagainya.

5.3. PEMBAHASAN

Dari hasil pengujian dapat ditentukan besarnya tegangan lekatan dan panjang penyaluran pada umur beton yang sama setelah ditentukan faktor umurnya. Disamping itu dapat ditentukan pula selisih rata-rata pada panjang penyaluran rencana terhadap panjang penyaluran teoritis. Dari persamaan (5.1) dengan memasukkan hasil penelitian sebenarnya yaitu mutu baja (f_y) = 396,67 MPa dan tegangan lekatan berdasarkan tabel 14 maka didapat panjang penyaluran teoritis ($L_{teoritis}$).

Tabel 16. Selisih panjang penyaluran berdasarkan tegangan lekatan.

Benda uji	umur	L_d (cm) tertanam	u (kg/cm ²) terjadi	L_d (cm) teoritis	Selisih L_d (%)
A	14	46,1	53,512	40,77	13,07
B	14	39,8	59,632	31,60	25,95
C	14	33,5	60,277	26,32	27,28

Benda uji	umur	L_d (cm) tertanam	u (kg/cm ²) terjadi	L_d (cm) teoritis	Selisih L_d (%)
D	14	41,2	68,124	32,02	28,67
E	14	35,6	74,719	25,22	41,15
F	14	30,0	74,935	21,17	41,17
A	28	46,1	71,663	30,44	51,44
B	28	39,8	70,226	26,83	48,34
C	28	33,5	76,213	20,82	60,90
D	28	41,2	71,816	30,38	35,61
E	28	35,6	80,470	23,42	52,01
F	28	30,0	86,096	18,43	62,78

Panjang penyaluran yang tertanam kemudian dianalisa berdasarkan tegangan lekatan yang terjadi untuk masing-masing umur, maka didapat selisih antara panjang penyaluran tertanam dengan panjang penyaluran teoritis. Dengan mengambil nilai rata-rata dari selisih panjang penyaluran untuk masing-masing umur maka didapat angka aman untuk panjang penyaluran yaitu umur 14 hari sama dengan 29,64 % dan umur 28 hari sama dengan 51,85 %. Dari penjelasan diatas, maka panjang penyaluran yang didapat dari persamaan (2.1) sebenarnya untuk pelaksanaan dapat dipakai 51,85 persennya dan untuk pelaksanaan umur 14 hari adalah 29,64 persennya.

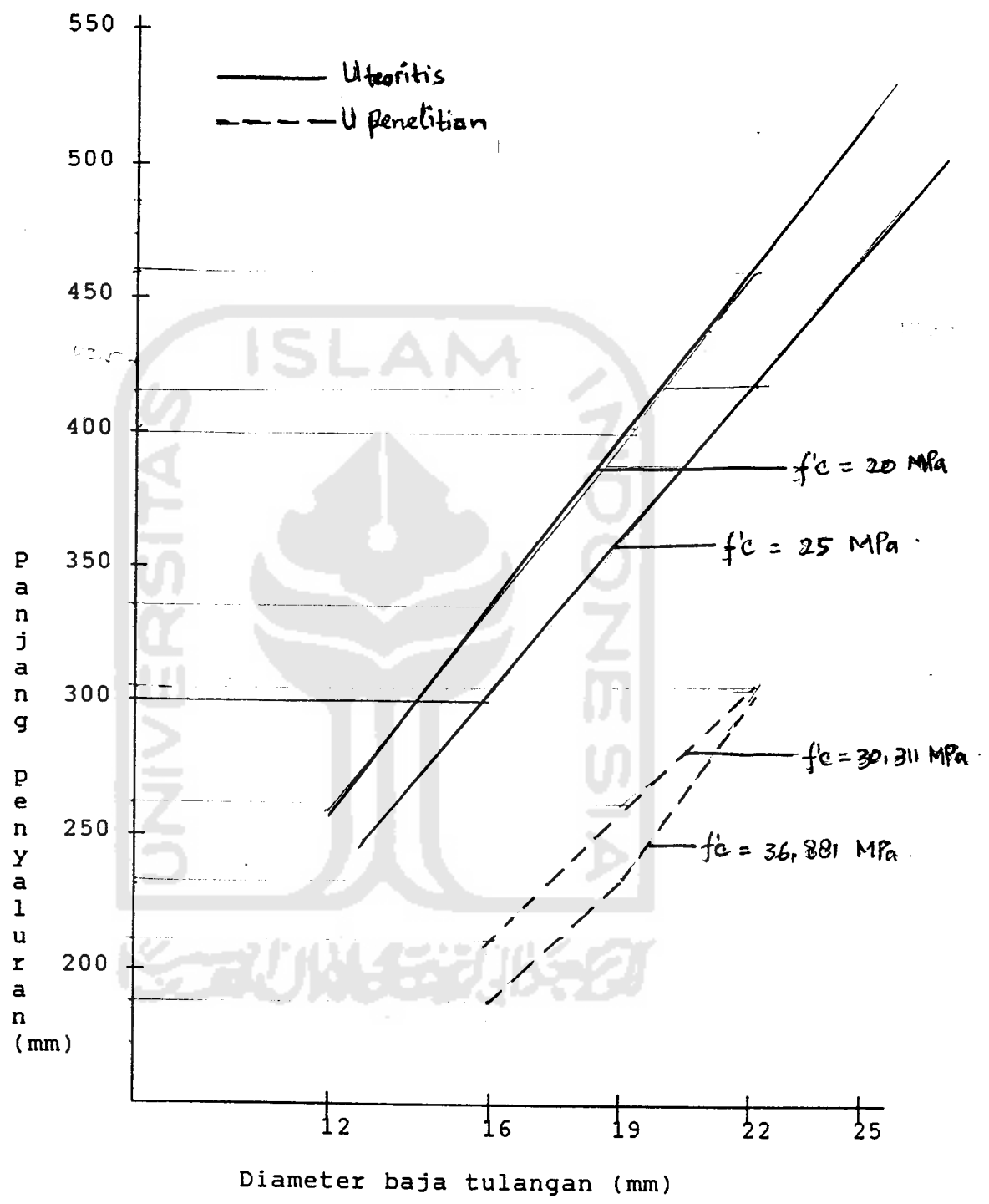
Pengujian pada benda uji G dianggap gagal, karena pada tonjolan baja terjadi tekuk yang besar sebagai akibat dari mutu beton yang tinggi (f'_c

= 36,881 MPa) dengan mutu baja yang rendah ($f_y = 240$ MPa).

Pengujian penyaluran lekatan akan berhasil dengan sempurna apabila tidak terjadi tekuk pada baja tulangan serta pengujian yang sempurna bisa dibuktikan dengan pecahnya beton sejajar dengan baja tulangan. Umumnya jumlah pecahnya terbagi 2 atau 3 pecahan beton. Pengujian yang tidak/kurang sempurna apabila terjadi tekuk pada tonjolan baja atau miringnya benda uji sehingga tegangan gesekan pada permukaan baja tulangan tidak merata. Disamping itu pengujian yang tidak sempurna tersebut dapat dibuktikan dengan retak/pecahnya sebagian beton, terutama pada bagian atas beton sebagai akibat dari faktor tekuk atau miringnya benda uji. Retak/pecahnya beton umumnya tidak merata.

Pada tabel 14 dapatlah dilihat bahwa semakin besar diameter baja tulangan dan mutu beton semakin besar pula tegangan lekatan yang terjadi dalam setiap satuan luas.

Pada hasil penelitian ini dapat dilihat adanya saling keterkaitan timbal balik antara panjang penyaluran, diameter baja tulangan, mutu beton, mutu baja dan tegangan lekatan. Berdasarkan gambar 6 dapat ditentukan perbandingan antara grafik panjang penyaluran rencana dengan panjang penyaluran hasil penelitian.



Gambar 7. Grafik hasil penelitian terhadap panjang penyaluran.