

BAB V

ANALISIS HASIL PENELITIAN

5.1 Tinjauan Umum

Dalam perencanaan angkur menggunakan program PCSTBL5M, dimana faktor keamanan (SF) dihitung dengan interaasi. Pemasukan data dilakukan dengan trial and error dengan mengacu pada SF minimum yang dihasilkan dari rangkaian data parameter yang dimasukkan.

Berdasarkan dari data parameter yang ada maka penulis melakukan beberapa alternatif pemasangan angkur hingga diperoleh SF yang disyaratkan. Dari hasil penelitian yang diperoleh penulis mencoba mengetahui kecenderungan perilaku *failure surface* terhadap *safety factor* dan optimasi terhadap disain yang telah dilakukan.

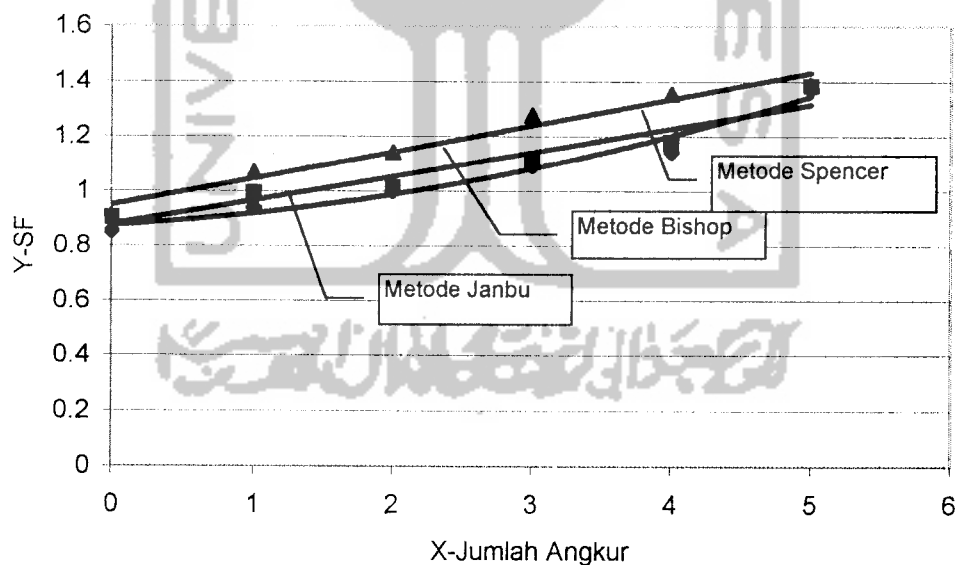
5.2 Analisis hubungan angka keamanan terhadap alternatif pemasangan angkur dengan tiga metode.

5.2.1 Analisis hubungan angka keamanan terhadap penambahan angkur dengan tiga metode.

Untuk melihat seberapa besar pengaruh penambahan angkur terhadap angka keamanan pada lereng maka dilakukan variasi penambahan angkur yang dilakukan dengan tiga metode yaitu metode Janbu, metode Bishop dan metode Spencer. Hasil optimasi tersebut menunjukkan beberapa nilai faktor keamanan yang tercantum pada tabel 5.1:

Tab 5.1 Angka keamanan dengan Penambahan Angkur ($\alpha = 0^\circ$ & $L = 11$ ft).

Jumlah Angkur	Metode	Tanpa Angkur	Satu Angkur	Dua Angkur	Tiga Angkur	Empat Angkur	Lima Angkur
Safety Factor	Janbu	0.855	0.940	1.001	1.093	1.143	1.376
	Bishop	0.902	0.994	1.012	1.110	1.178	1.384
	Spencer	0.910	1.069	1.142	1.278	1.355	1.388



Gambar 5.1

Hubungan Penambahan Angkur dan SF

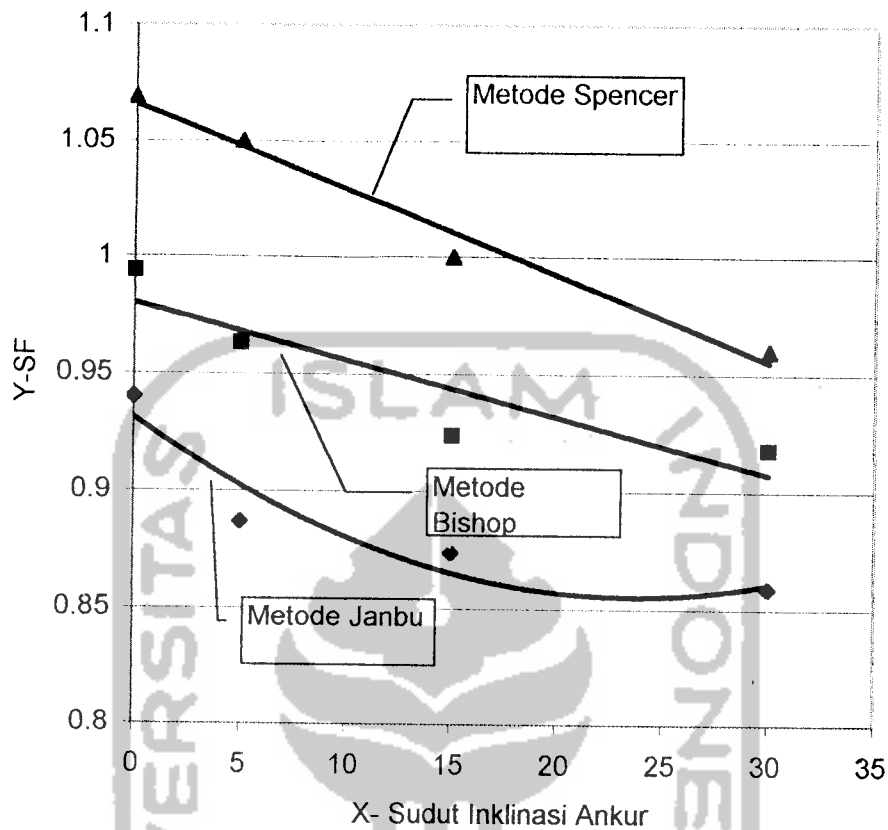
Pada Tabel 5.1 dapat diketahui seiring dengan penambahan angkur maka angka keamanan akan bertambah pula, ini dikarenakan tegangan geser pada tanah bertambah akibat gaya yang disebabkan oleh angkur.

5.2.2 Analisis hubungan angka keamanan dengan sudut kemiringan angkur dengan tiga metode

Salah satu variasi yang dilakukan oleh penulis adalah dengan melakukan perubahan pada inclinasi angkur. Dimana penulis ingin mengetahui bagaimana perubahan angka keamanannya dengan semakin besar inclinasi angkur terhadap garis horisontal. Adapun hasil dapat dilihat pada tabel 5.2

Tabel 5.2 Angka keamanan dengan perubahan sudut inclinasi (n = 1 & L = 11)

Inclinasi Angkur	Metode	0°	5°	15°	30°
Safety Factor	Janbu	0.940	0.887	0.874	0.859
	Bishop	0.994	0.963	0.924	0.918
	Spencer	1.069	1.050	1.000	0.960



Gambar 5.2
Hubungan sudut inclinasi ankur dan SF

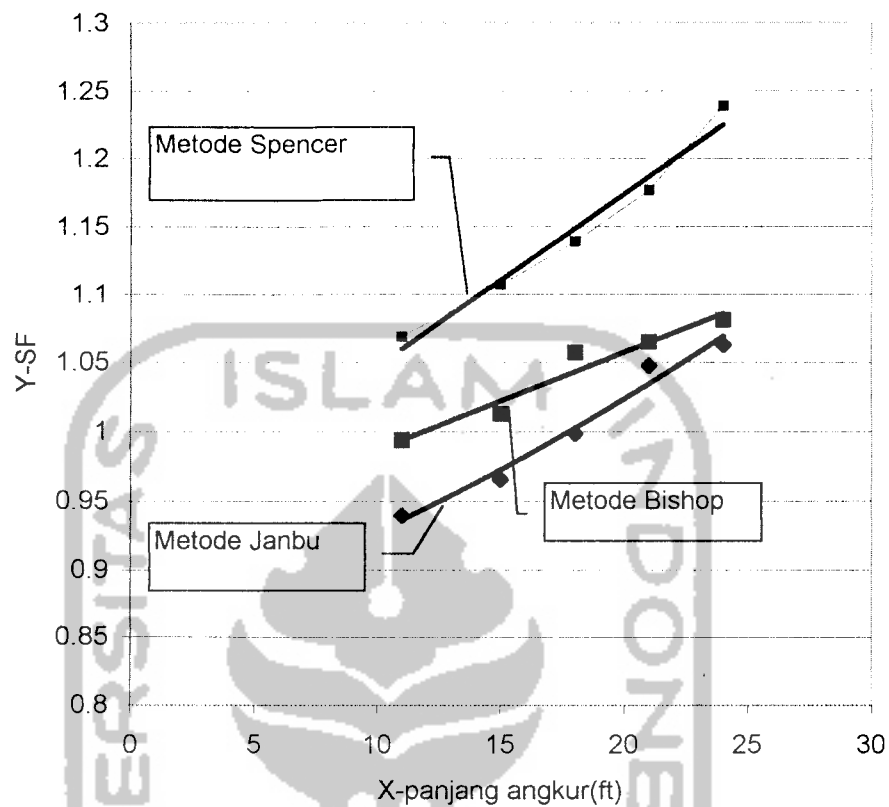
Dari tabel 5.2 maka dapat diketahui bahwa semakin besar sudut inclinasi ankur maka angka keamanan akan semakin kecil, ini disebabkan kondisi ankur yang berinclinasi akan menguraikan komponen gaya yang dihasilkannya. Sehingga pemasangan ankur yang paling baik adalah pada kondisi horisontal atau mendatar, tetapi dalam penerapannya dilapangan akan mengalami kesulitan dalam pelaksanaan grouting mengingat material grouting tidak dapat mengalir dengan baik jika lubang grouting tersebut datar. Maka untuk kemudahan pelaksanaan ankur dipasang atau diinstal dengan sudut inclinasi antara $15^{\circ} - 20^{\circ}$.

5.2.3 Analisis hubungan angka keamanan dengan penambahan panjang angkur dengan tiga metoda.

Failure surface atau garis kelongsoran pada lereng merupakan garis labil keruntuhan leeng yang harus diperkuat dengan perkuatan seperti angkur. Salah satu alternatif yang dilakukan oleh penulis adalah mencari panjang angkur efektif pada lereng, yaitu apakah panjang angkur tepat hingga garis kelongsoran atau melebihi garis kelongsoran akan terlihat berdasarkan angka keamanan sesuai dengan tabel 5.3

Tabel 5.3 Angka keamanan terhadap panjang angkur ($n = 1$ & $\alpha = 0^\circ$)

Panjang Angkur	Metode	11 ft	15 ft	18 ft	21 ft	24 ft
Safety Factor	Janbu	0.940	0.966	0.999	1.048	1.063
	Bishop	0.994	1.013	1.057	1.065	1.081
	Spencer	1.069	1.107	1.139	1.177	1.239



Gambar 5.3
Hubungan panjang ankur dan SF

5.3 Analisis lereng dengan metode irisan

Penyelesaian gaya yang tegak lurus terhadap dasar dirumuskan sebagai berikut ini:

$$N' = W \cos \alpha - ul \quad (5.1)$$

Faktor keamanan yang dinyatakan dalam tegangan efektif (5.1) :

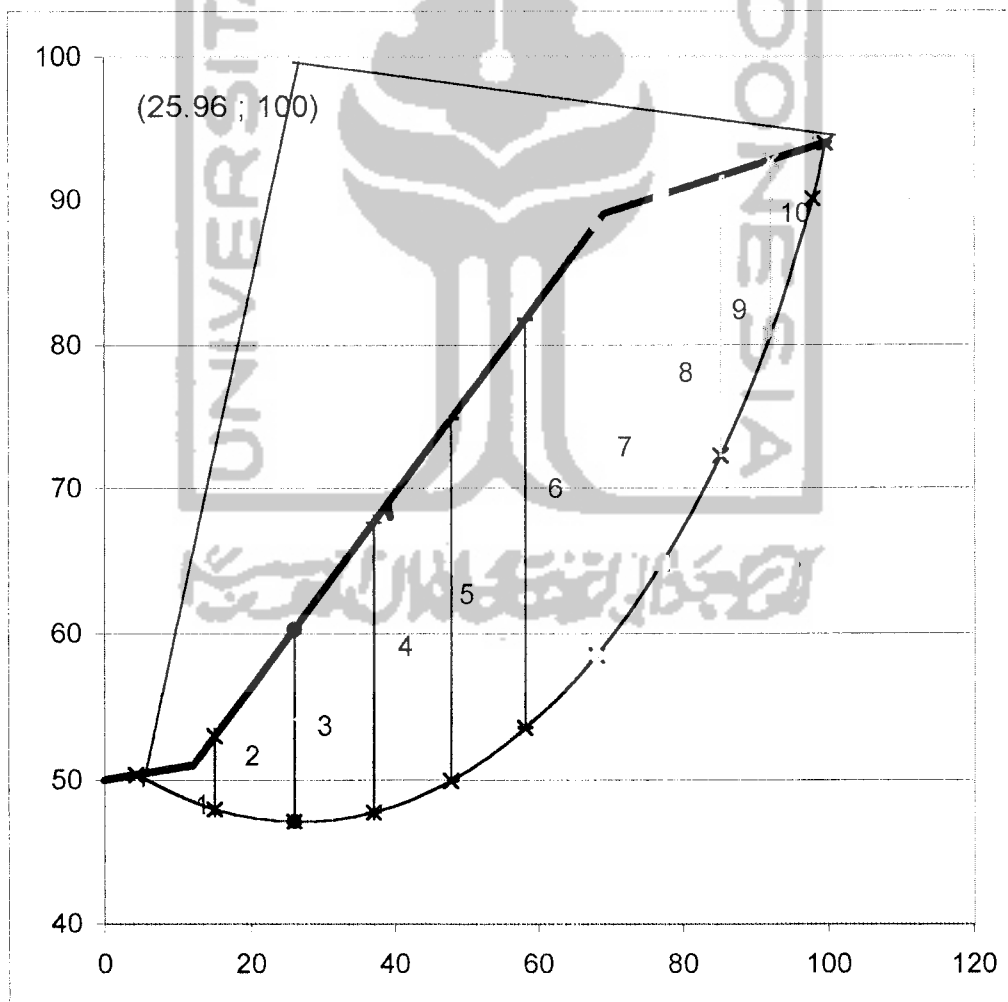
$$F = \frac{c'L + \tan \phi \sum (W \cos \alpha - ul)}{\sum W \sin \alpha} \quad (5.2)$$

Whitman R V dan Bailey W A, 1967 memberikan nilai nol pada beberapa irisan yang negatif atau mengalkulasikannya dengan persamaan (5.3)

$$F = \frac{c'L + \tan \phi \Sigma (W \cos \alpha - ul \cos^2 \alpha)}{\Sigma W \sin \alpha} \quad (5.3)$$

5.3.1 Analisis hasil penelitian dengan metode irisan dengan titik pusat terletak pada koordinat (25.96 ; 100).

Analisis hasil penelitian ini dilakukan dengan metode irisan dengan titik koordinat pusat terletak pada (25.96 ; 100).



Gambar 5.4
Bidang runtuh dengan 10 bagian

Tabel 5.4 Perhitungan masing-masing irisan

no.	B	h	h-rt	W	sudut	N	T	L	U	N - U
1	10.75	0	2.50	3084.44	-17.82	2936.39	-943.84	11.29	2936.39	0.00
2	10.96	4.99	9.07	11425.53	-5.97	11356.97	-1188.25	11.03	11356.97	0.00
3	10.99	13.14	16.48	20828.25	5.97	20703.28	2166.14	11.06	20703.28	0.00
4	10.78	19.82	22.35	27701.10	17.77	26371.44	8448.83	11.32	13185.72	13185.72
5	10.40	24.87	26.54	31735.86	29.20	27705.41	15487.10	11.91	13852.70	13852.70
6	9.81	28.2	28.98	32693.79	40.14	24978.05	21054.80	12.84	12489.03	12489.03
7	9.03	29.76	27.62	28684.59	23.28	26332.45	11330.41	9.84	13166.22	13166.22
8	8.10	25.485	22.41	20877.24	60.25	10355.11	18121.45	16.33	5177.56	5177.56
9	7.00	19.34	15.67	12610.33	69.42	4413.61	11803.26	20.00	1103.40	3310.21
10	7.47	11.99	6.00	5150.00	79.72	916.70	5067.60	41.97	0.00	916.70
							91347.50	157.58		62098.14

Keterangan:

B = lebar masing-masing irisan

h-rt = tinggi rata-rata irisan

W = berat masing-masing irisan

Sudut = sudut antara garis normal dengan garis slip masing-masing irisan

N = $W \cos \alpha$

T = $W \sin \alpha$

L = panjang busur slip masing-masing irisan

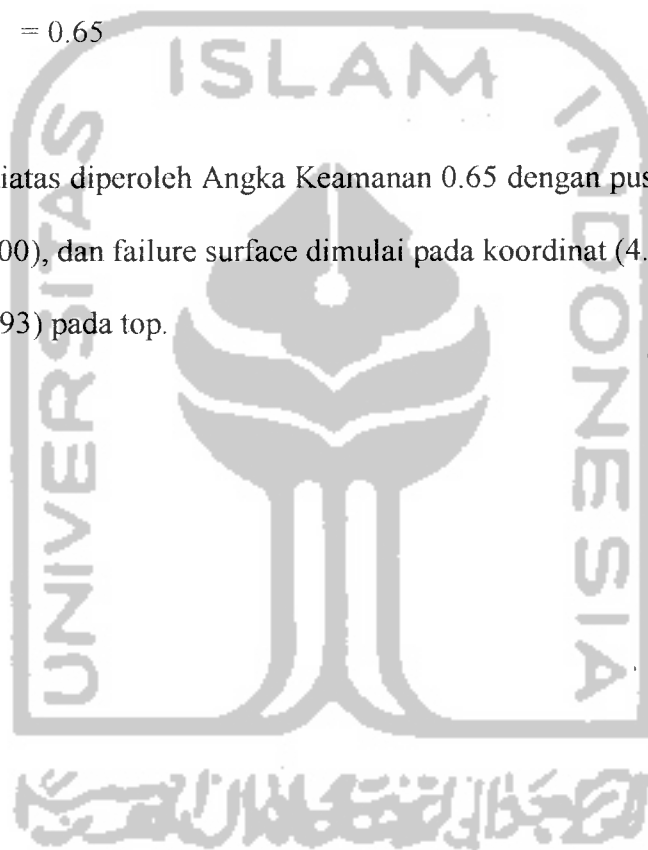
U = $u \times L$

$$F = \frac{c'L + \tan \varphi \Sigma (W \cos \alpha - ul \cos^2 \alpha)}{\Sigma W \sin \alpha}$$

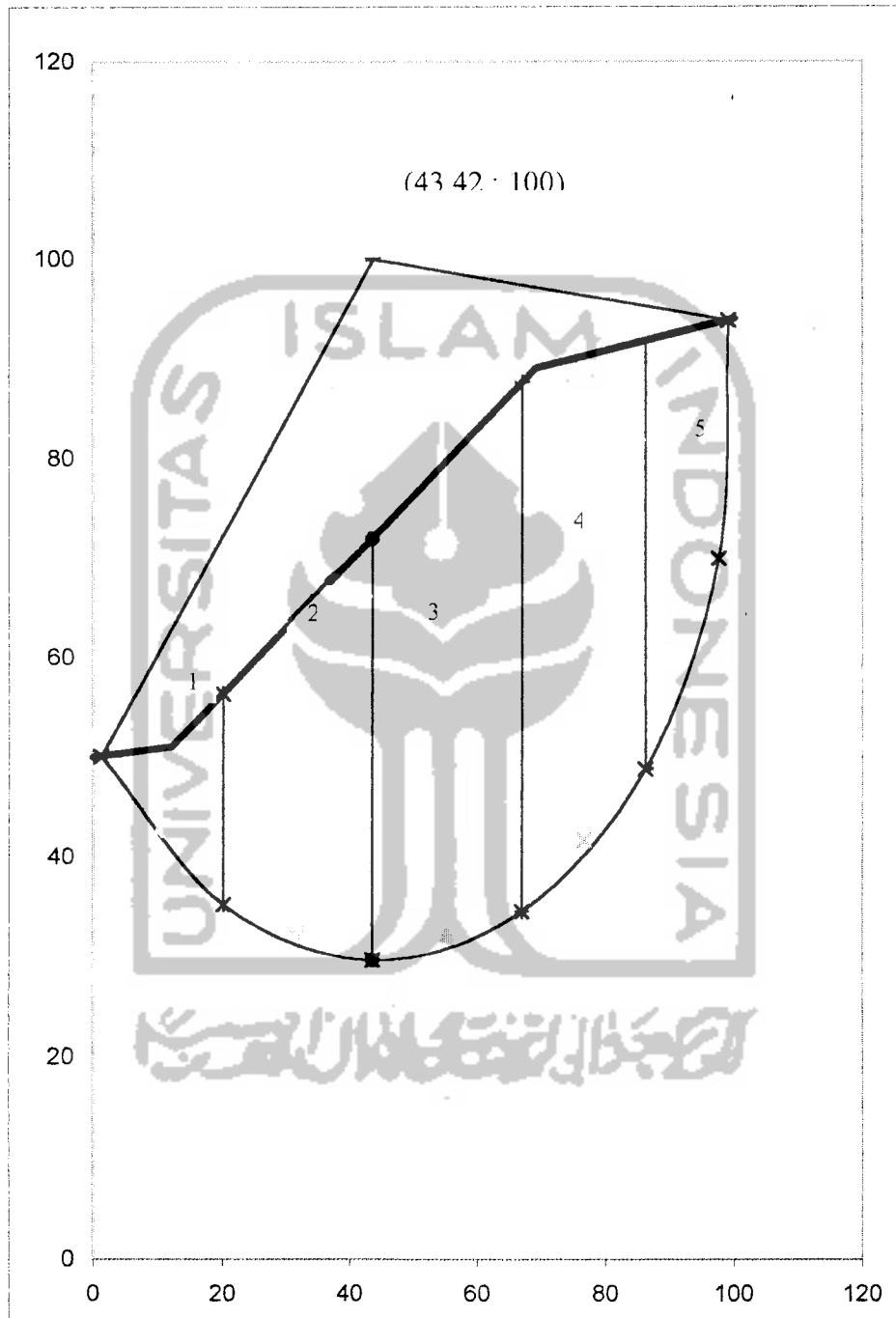
$$= \frac{(150 * 157.8) + (\tan 30 * 6208.14)}{91347.50}$$

$$= 0.65$$

Dari hitungan diatas diperoleh Angka Keamanan 0.65 dengan pusat koordinat berada pada (25.96 ; 100), dan failure surface dimulai pada koordinat (4.25 ; 50,35) pada toe dan (99.54 ; 93.93) pada top.



Analisis Metode irisan dengan titik pusat terletak pada koordinat (43.42 ; 100)



Gambar 5.5
Bidang runtuh dengan 5 bagian

Tabel 5.5 Perhitungan masing-masing irisan

no.	B	h	h-rt	W	sudut	N	T	L	U	N - U
1	18.82	0	10.58	22898.29	-29.74	19875.72	-11357.55	21.68	14906.79	4968.93
2	23.35	21.16	31.72	85172.10	-9.80	83894.52	-14479.26	23.71	62920.89	20973.63
3	23.51	42.277	47.70	128960.05	9.82	127025.65	21923.21	23.87	95269.24	31756.41
4	19.27	53.12	48.04	106463.47	29.60	91558.59	52486.49	22.41	68668.94	22889.65
5	12.86	42.964	21.48	31769.73	59.77	15980.17	27449.05	25.57	11985.13	3995.04
							76021.94	117.23		84583.66

$$F = \frac{c'L + \tan \phi \sum (W \cos \alpha - ul \cos^2 \alpha)}{\sum W \sin \alpha}$$

$$= \frac{(150 * 117.23) + (\tan 30 * 84583.66)}{76021.94}$$

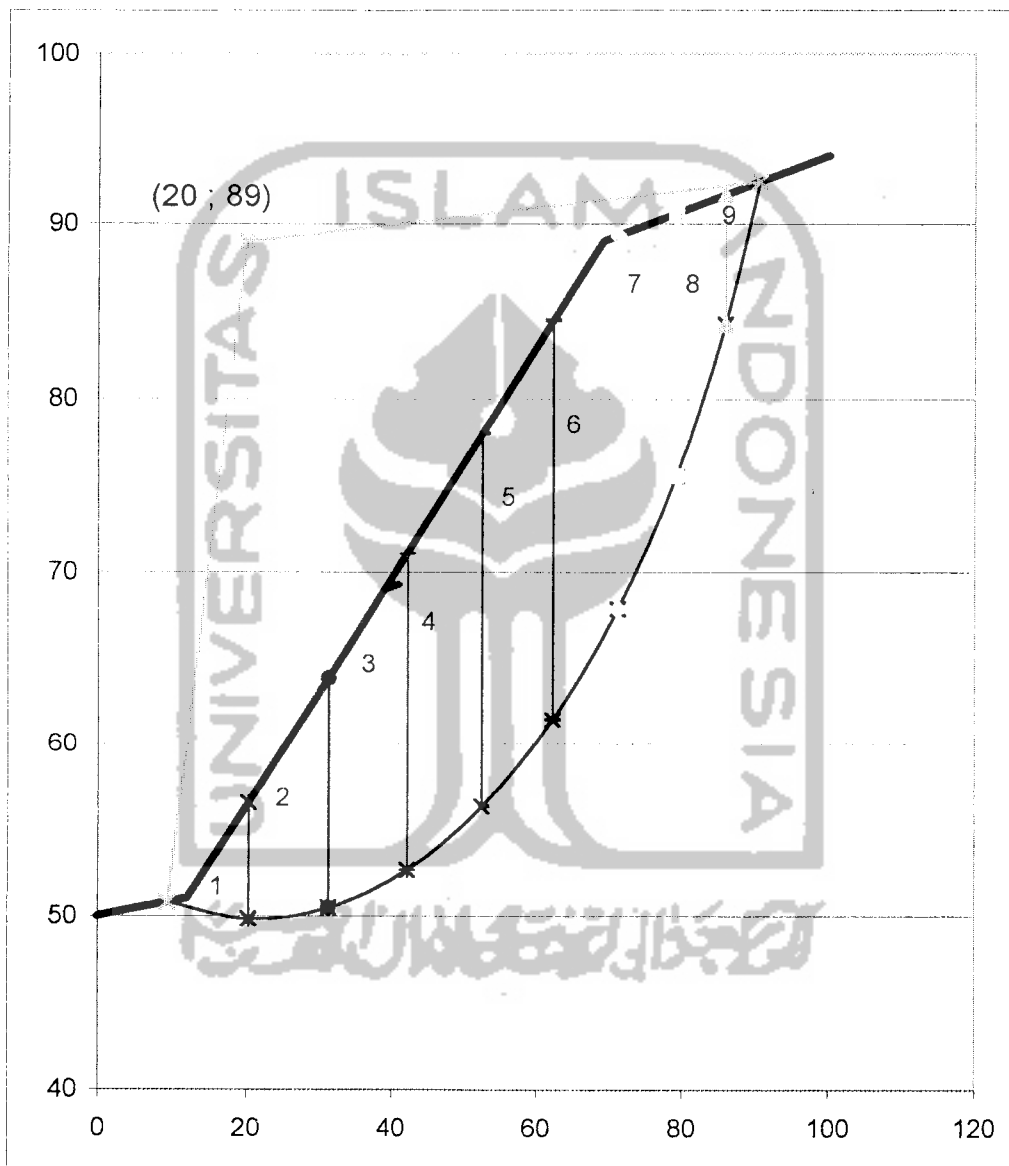
$$= 0.87$$

Dari hitungan diatas diperoleh Angka Keamanan 0.87 dengan pusat koordinat berada pada (43.42 ; 100) , dan failure surface dimulai pada koordinat (1.25 ; 50.1) pada toe dan (99.06 ; 93.85) pada top.

Dari kedua hasil diatas maka dapat diketahui untuk SF= 0.65 *failure surface* dimulai pada absis 4.25 dan diakhiri pada absis 99.54. Sedangkan untuk SF= 0.87 dimulai pada absis 1.25 dan diakhiri pada absis 99.06. Sehingga dapat diketahui bahwa semakin besar angka keamanan maka panjang garis *failure surface* semakin besar.

5.3.2 Analisis hasil penelitian dengan metode irisan dengan titik pusat terletak pada koordinat (20 ; 89).

Analisis Metode irisan dengan titik pusat terletak pada koordinat (20 ; 89)



Gambar 5.6
Bidang runtuh dengan 9 bagian

Tabel 5.6 Perhitungan masing-masing irisan

no.	B	H	h-rt	W	sudut	N	T	L	U	N - U
1	8.34	0.00	3.36	3217.78	-6.17	3198.47	-344.30	8.39	3198.47	0.00
2	10.98	6.71	10.06	12696.45	8.05	12569.48	1777.50	11.09	12569.48	0.00
3	10.78	13.40	15.90	19715.57	23.62	18059.46	7886.23	11.77	18059.46	0.00
4	10.36	18.41	20.02	23851.83	37.99	18795.24	14668.87	13.15	18795.24	0.00
5	9.74	21.63	22.32	25000.63	50.86	15750.40	19375.49	15.46	11812.80	3937.60
6	8.92	23.01	22.22	22797.38	62.30	10600.78	20175.68	19.18	7950.59	2650.20
7	7.91	21.44	18.26	16609.30	81.03	2574.44	16393.38	51.03	1287.22	1287.22
8	6.75	15.08	11.28	8753.38	81.64	1269.24	8657.10	46.55	317.31	951.93
9	4.71	7.48	3.74	2024.69	89.45	19.44	2022.66	490.62	0.00	19.44
							90612.61	667.25		8846.39

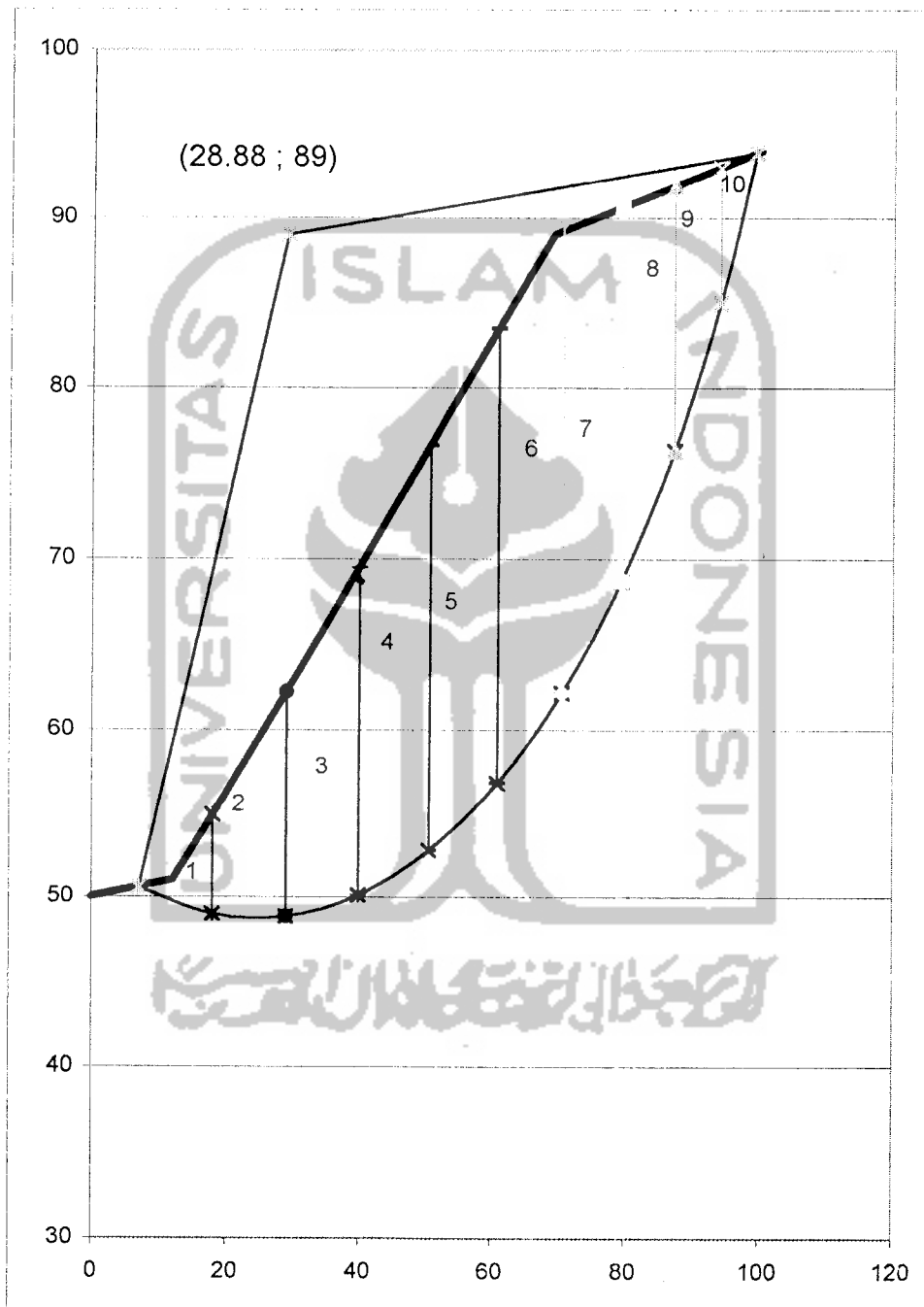
$$F = \frac{c'L + \tan \phi \sum (W \cos \alpha - ul \cos^2 \alpha)}{\sum W \sin \alpha}$$

$$= \frac{(150 * 667.25) + (\tan 30 * 8846.39)}{90612.61}$$

$$= 1.160$$

Dari hitungan diatas diperoleh Angka Keamanan 1.160 dengan pusat koordinat berada pada (20 ; 89), dan failure surface dimulai pada koordinat (9.38 ; 50.78) pada toe dan (90.49 ; 92.47) pada top.

Analisis Metode irisan dengan titik pusat terletak pada koordinat (28.88 ; 89)



Gambar 5.7
Bidang runtuh dengan 10 bagian

Tabel 5.7 Perhitungan masing-masing irisan

no.	B	H	h-rt	W	sudut	N	T	L	U	N - U
1	10.89	5.927	9.67	12110.22	-22.74	11165.63	-4674.55	11.81	11165.627	0.00
2	10.99	13.413	16.42	20754.31	-7.81	20546.77	-2822.59	11.10	20546.77	0.00
3	10.93	19.43	21.65	27208.57	7.87	26936.48	3727.57	11.04	26936.482	0.00
4	10.67	23.863	25.25	30986.69	23.42	28414.80	12301.72	11.64	28414.798	0.00
5	10.23	26.643	26.64	31344.16	38.00	24699.20	19339.35	12.98	24699.196	0.00
6	9.62	26.643	27.18	30065.36	51.16	18850.98	23420.92	15.34	14138.236	4712.75
7	8.84	27.71	24.82	25226.93	62.82	11523.66	22426.74	19.35	8642.7459	2880.92
8	7.91	21.92	18.74	17046.84	73.12	4943.58	16313.83	27.28	2471.7919	2471.79
9	6.86	15.56	11.81	9317.70	82.29	1248.57	9224.52	51.19	624.28576	624.29
10	5.39	8.062	4.03	2498.62	90.36	15.49	2496.12	869.35	0	15.49
							101753.62	1041.09		10705.23

$$F = \frac{c'L + \tan \phi \sum (W \cos \alpha - ul \cos^2 \alpha)}{\sum W \sin \alpha}$$

$$= \frac{(150 * 1041.09) + (\tan 30 * 10705.23)}{101753.62}$$

$$= 1.595$$

Dari hitungan diatas diperoleh Angka Keamanan 1.595 dengan pusat koordinat berada pada (28.88 ; 89), dan failure surface dimulai pada koordinat (7 ; 50.58) pada toe dan (99.33 ; 93.89) pada top.

Dari kedua hasil diatas maka dapat diketahui untuk SF= 1.160 *failure surface* dimulai pada absis 9.38 pada toe dan 90.49 pada top. Sedangkan untuk SF= 1.595 dimulai pada absis 7 dan diakhiri pada absis 99.33.

5.4 Analisis Pendekatan Metoda Sokolovski

Untuk mendapatkan kondisi keutuhan, semua tenaga yang terjadi didapatkan dari kriteria *Mohr-Coulomb*, seperti dibawah ini:

$$\frac{1}{4}(\sigma_x - \sigma_z)^2 + \tau_{xz} = \frac{\sin^2 \phi}{4}(\sigma_x + \sigma_z + 2c \cos \phi)^2 \quad (5.4)$$

untuk pasir $c = 0$

$$(\sigma_x - \sigma_z)^2 + 4\tau_{xz}^2 = (\sigma_x + \sigma_z)^2 \sin^2 \phi \quad (5.5)$$

jika

$$\sigma = \frac{\sigma_x + \sigma_z}{2} \quad (5.6)$$

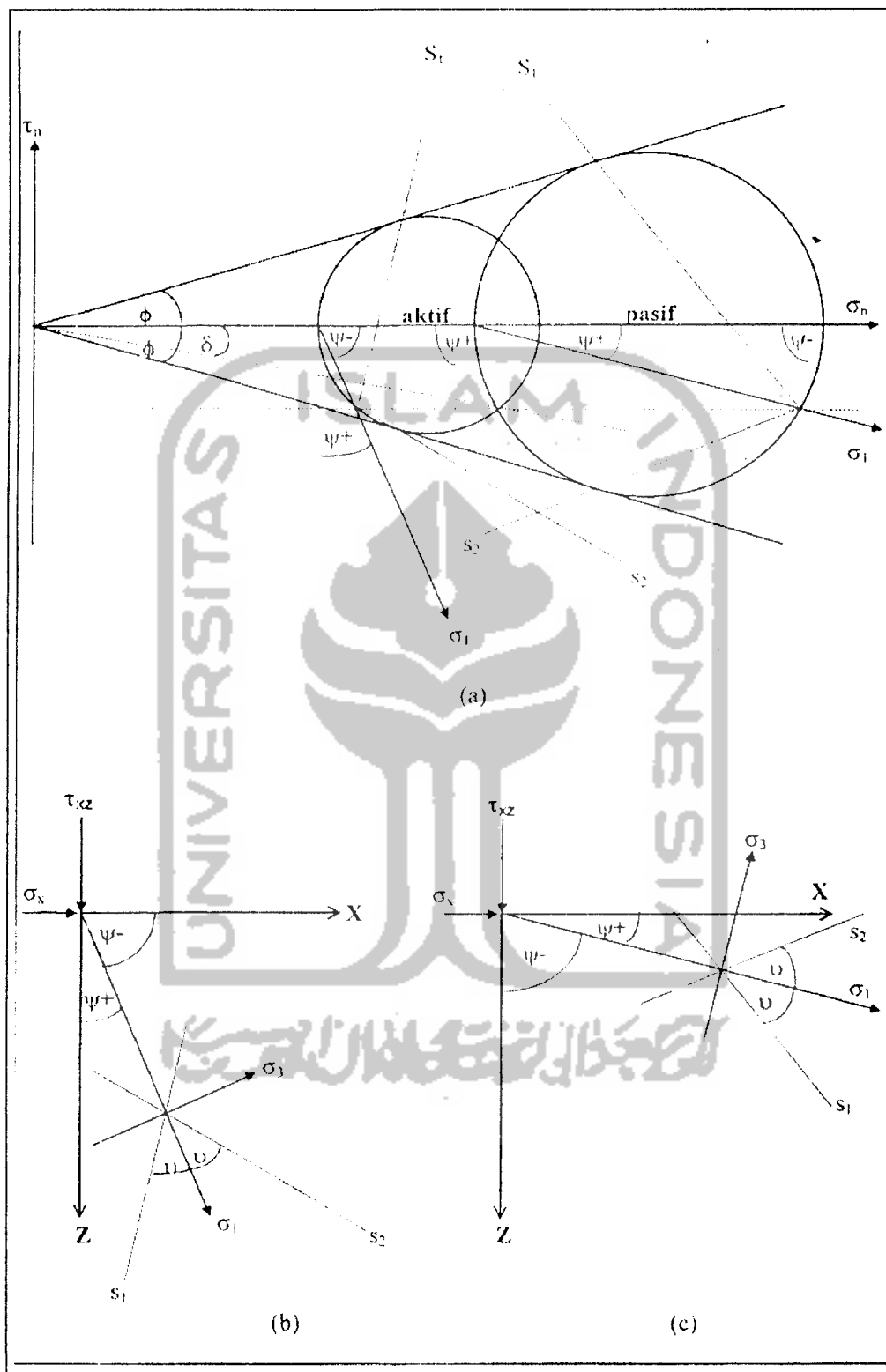
maka

$$\sigma_x = \sigma(1 - \sin \phi \cos 2\psi) \quad (5.7)$$

$$\sigma_z = \sigma(1 + \sin \phi \cos 2\psi) \quad (5.8)$$

$$\tau_{xz} = \sigma(\sin \phi \sin 2\psi) \quad (5.9)$$

ψ = sudut orientasi dari tegangan utama, dapat dilihat pada Gambar 5.8



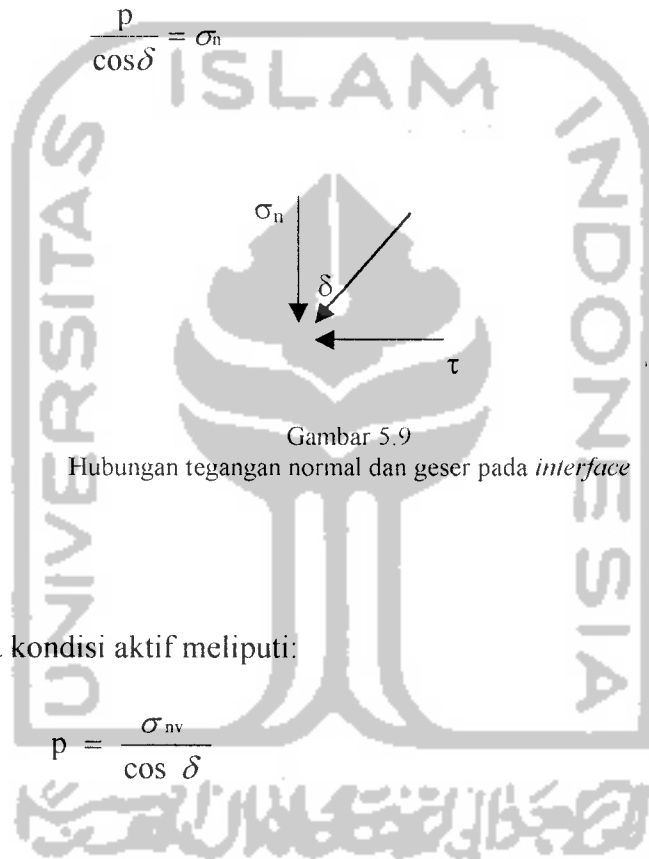
Gambar 5.8

Garis keruntuhan berdasarkan kriteria keruntuhan Mohr-Coulomb
 a) keseluruhan b) kondisi aktif c) kondisi pasif
 (pengembangan dari Harr, 1966)

5.5 Analisis teori kondisi plane strain

Pada umumnya sudut gesek antara tanah dengan material lain adalah δ dan tegangan normal pada bidang sesek adalah σ_n , sehingga tegangan resultanse yang dihasilkan adalah p tertera pada gambar 5.9 dimana:

$$\frac{p}{\cos \delta} = \sigma_n \quad (5.10)$$



Gambar 5.9
Hubungan tegangan normal dan geser pada *interface*

Kondisi aktif

Persamaan pada kondisi aktif meliputi:

$$p = \frac{\sigma_{nv}}{\cos \delta} \quad (5.11)$$

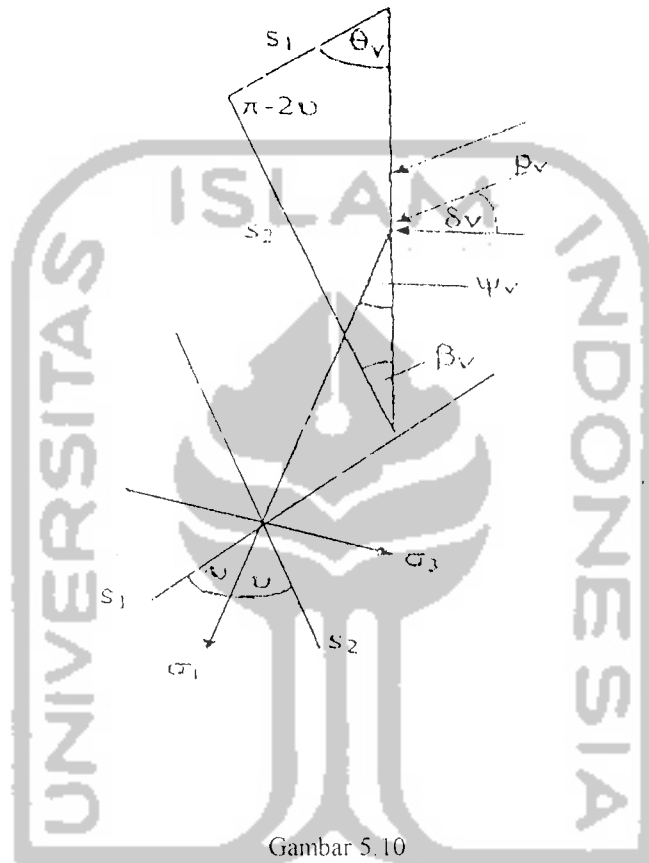
kondisi pembebanan pada batang vertikal adalah aktif sehingga:

$$\psi = \frac{1}{2}(\Delta_v - \delta_v) \quad (5.12)$$

$$\sigma = \frac{p_v \sin \Delta_v}{\sin(\Delta_v - \delta_v)} \quad (5.13)$$

$$\Delta = \sin^{-1} \frac{\sin \delta_v}{[\sin \phi]} \quad (5.14)$$

$$\theta_v = \psi_v + v = \frac{1}{2}(\Delta_v - \delta_v) + \left(\frac{\pi}{4} - \frac{\phi}{2}\right) \quad (5.15)$$



Gambar 5.10

Garis keruntuhan pada pembebanan aktif

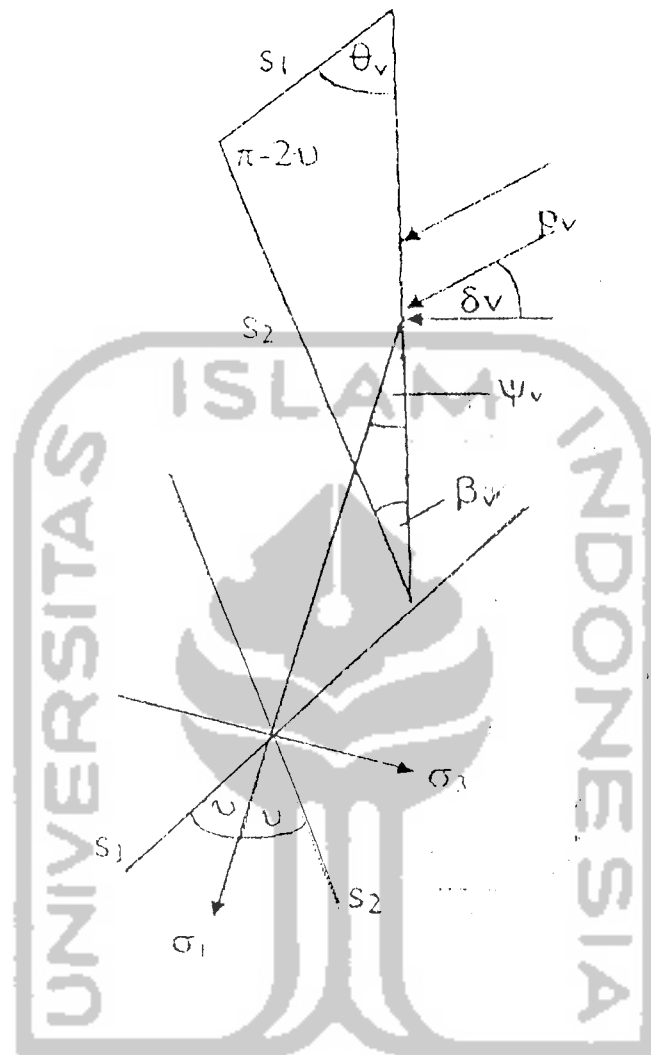
Sumber : Hasan L, 1998

θ_v tertera pada gambar 5.10

Kondisi Pasif

Persamaan pada kondisi pasif meliputi:

$$p_r = \frac{\sigma_{nr}}{\cos \delta_r} \quad (5.16)$$



Gambar 5.11

Garis keruntuhan akibat beban pasif

Sumber : Hasan L, 1998

Untuk kondisi pasif, maka nilai ψ_r , sesuai dengan gambar 5.11 adalah

$$\psi_r = \frac{\pi}{2} - \frac{1}{2}(\Delta_r + \delta_r) \quad (5.17)$$

$$\sigma_r = \frac{p_r \sin \Delta_r}{\sin(\Delta_r - \delta_r)} \quad (5.18)$$

$$\Delta_r = \sin^{-1} \frac{\sin \delta_r}{\sin \phi} \quad (5.19)$$

sudut θ_r pada gambar 5.11 adalah

$$\theta_r = \psi_r + \nu = \frac{1}{2}(\Delta_r - \delta_r) + \left(\frac{\pi}{4} - \frac{\phi}{2} \right) \quad (5.20)$$

$$\beta = \pi + \phi - \theta_r \quad (5.21)$$

Garis keutuhan tahanan pasif dapat dilukiskan setelah koordinat titik penghubung diketahui berdasarkan sudut-sudut yang telah dihitung diatas (Gambar 5.12)

Dengan mengikuti teori Sokolovski yang telah dijelaskan, maka pola keruntuhan tahanan pasif akan dapat dilukiskan berdasarkan koordinat titik penghubung yang telah didapatkan. parameter yang digunakan pada perhitungan teori Sokolovski selain berdasarkan uji labotarium, seperti sudut gesek dalam (ϕ) yang didapatkan dari uji triaksial, juga didapat dengan pendekatan ansumsi, seperti sudut gesek interface (δ). Parameter yang digunakan pada perhitungan teori Sokolovski terpada Tabel 5.1

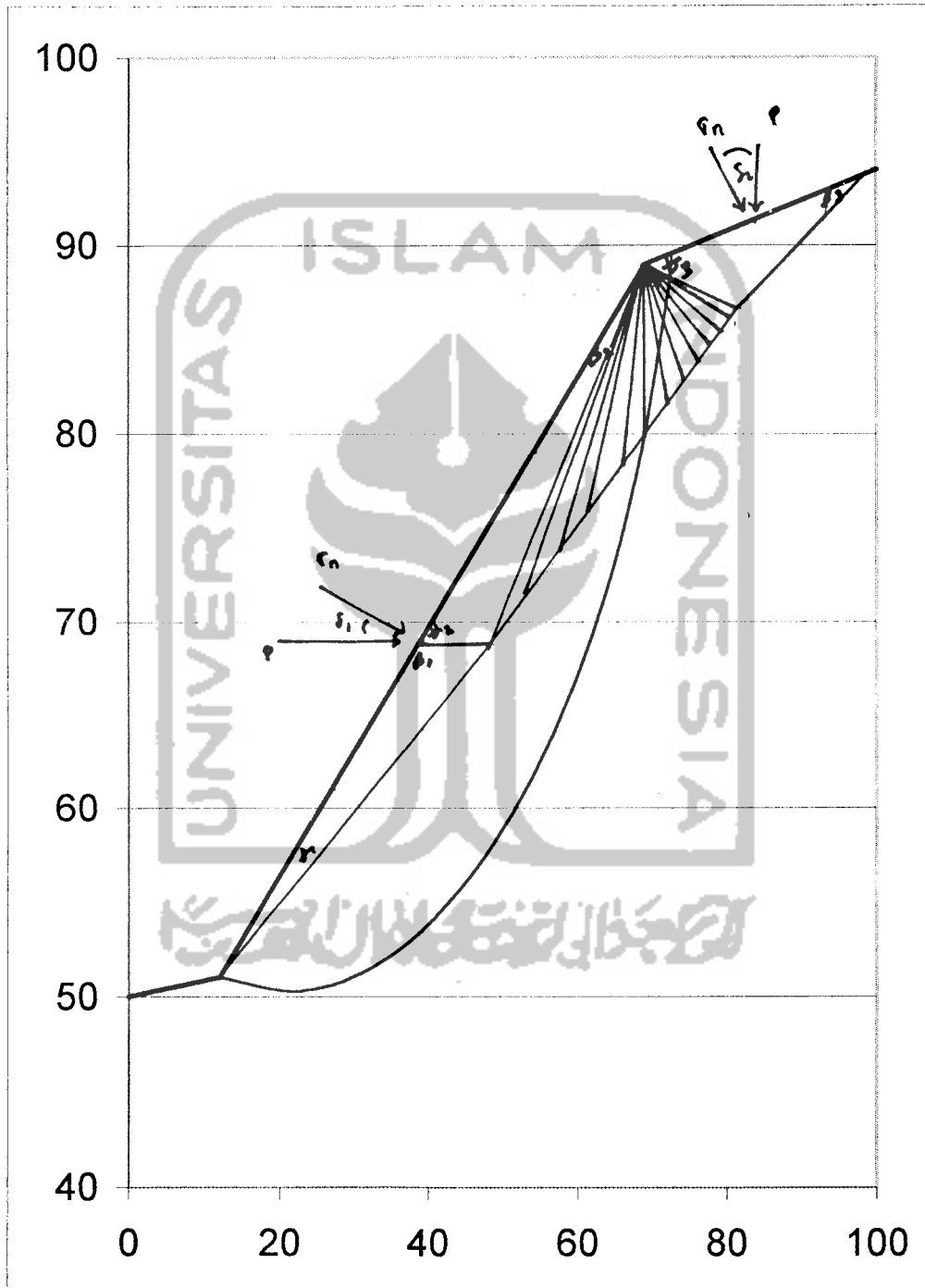
Tabel 5.1 Beberapa parameter yang digunakan

Parameter	kondisi padat
ϕ	35^0
δ_1	33.69^0
δ_2	30.00^0

Dimensi yang terbentuk dari hasil perhitungan tersebut diatas(Tabel 5.1) adalah dimensi pola keruntuhan pada angkur yang memobilisasi tahanan pasif secara maksimum dan dari hasil tersebut dapat dilukiskan pola keruntuhan yang terjadi.

Tabel 5.2 Dimensi dari pola keruntuhan Sokolovski

Dimensi	Kondisi padat
θ_1	8.025
θ_2	14.675
θ_3	34.7
β_1	116.975
β_2	105.325
β_3	26.56



Gambar 5.13
Slip Surface dengan metode Janbu dan pendekatan metode Sokolovski
 Inklinalasi 0° dengan satu angkur