

BAB IV PERANCANGAN STRUKTUR

A. Umum

Struktur umumnya harus dirancang sedemikian rupa agar memiliki kekuatan yang lebih untuk menahan beban tambahan yang mungkin bekerja diluar beban yang telah diperhitungkan. Hal ini dimaksudkan agar mampu memberikan keamanan maupun kenyamanan bagi pemakainya. Namun demikian, nilai atau faktor ekonomisnya juga tidak boleh dilupakan, agar terjadi keseimbangan dalam hal biaya akan tetapi masih dalam batas-batas keamanan yang telah ditentukan.

Pada bab ini, akan dianalisis tulangan pada balok, kolom dan *shear wall*. Penggunaan SAPCON untuk mendesain tulangan, hanya bisa dilakukan terhadap kolom dan balok. Dengan demikian analisis tulangan terhadap *shear wall* dilakukan secara manual. Adapun data input dan *output* dari SAPCON pada masing-masing portal dapat dilihat pada lampiran 6, 7, 8 dan 9.

Desain dari elemen balok program SAPCON akan menghitung luasan tulangan pokok dan tulangan geser berdasarkan momen lentur dan gaya geser yang terjadi pada elemen yang bersangkutan. Momen lentur terfaktor (M_u) dan gaya geser terfaktor (V_u) yang terjadi pada elemen balok didapat dari perhitungan mekanika gaya dengan SAP90. Sedangkan desain dari suatu elemen kolom dengan SAPCON, dilakukan dengan menggunakan Diagram Interaksi M-P. Diagram Interaksi M-P digunakan untuk memeriksa kapasitas penampang dari kolom yang akan didesain. Jadi pada prinsipnya, SAPCON akan membuat terlebih dahulu Diagram Interaksi M-P dari elemen kolom berdasarkan data masukan yang berupa bentuk dan ukuran kolom, mutu beton, dan mutu baja tulangan, diameter dan penempatan tulangan pada penampang kolom. Kapasitas penampang kolom cukup kuat menahan gaya normal tekan/tarik dan momen lentur apabila rasio kapasitas tegangan terletak didalam Diagram Interaksi M-P atau rasio tegangan harus lebih kecil dari 1.

Pada perancangan tulangan ini, diambil nilai yang terbesar dari hasil *output* SAPCON pada struktur yang bersangkutan. Untuk mempermudah perhitungan maka perancangan tulangan disusun dalam tabel tabel

B. Perancangan Tulangan Pada Balok

1. Balok Pada Portal As-M

a. Perhitungan Tulangan Lentur

Perhitungan tulangan lentur pada balok berdasarkan hasil output SAPCON yang diperoleh pada lampiran 5. Adapun perhitungannya disusun pada tabel 4.1 dibawah ini.

Tabel 4.1. Perhitungan Tulangan Lentur Balok Pada Portal As-M

Lantai	balok	lokasi balok	As D22 (cm ²)	As tulangan SAPCON		Jumlah tulangan (n)		Tulangan terpakai	
				atas	bawah	Atas	bawah	atas	bawah
Dasar	19,24,29	pangkal	3.8	14.48	9.5	3.810	2.5	4	3
		tengah	3.8	7.46	7.48	1.963	1.968	2	2
		ujung	3.8	14.4	6.5	3.789	1.711	4	2
1	20,25,30	pangkal	3.8	31.86	23.25	8.384	6.118	8	6
		tengah	3.8	11.97	21.38	3.15	5.626	3	6
		ujung	3.8	24.46	23.18	6.436	6.1	6	6
2	21,26,31	pangkal	3.8	35.23	27.83	9.271	7.324	9	7
		tengah	3.8	9.81	20.66	2.581	5.437	3	5
		ujung	3.8	35.06	24.2	9.226	6.368	9	6
3	22,27,32	pangkal	3.8	42.59	19	11.20	5	11	5
		tengah	3.8	9.09	20.37	2.392	5.361	3	5
		ujung	3.8	42.48	18.97	11.17	4.992	11	5
4	23,28,33	pangkal	3.8	39.7	17.88	10.44	4.705	10	5
		tengah	3.8	9.3	22.72	2.447	5.979	2	6
		ujung	3.8	38.18	17.89	10.04	4.708	10	5

b. Perhitungan Tulangan Geser

Perhitungan pada penulangan geser balok agak berbeda dengan penulangan lentur pada balok. Penulangan geser ditentukan tersendiri oleh perencana diluar program, sementara luas tulangan geser telah dianalisis oleh SAPCON, yang dianalisis disini hanya jarak sengkang yang terpakai.. Data perhitungan diambil dari hasil *output* SAPCON pada lampiran 6. Adapun perhitungannya ditunjukkan pada tabel 4.2 dibawah ini.

Tabel 4.2. Perhitungan Tulangan Geser Balok Pada Portal As-M

Lantai	Balok	Lokasi	As ϕ 8 (cm ²)	Jumlah kaki (n)	As tot. SAPCON SHR(cm ²)	Jarak sejangkang S (cm)	S terpakai (mm)
Dasar	19,24,29	SP	0.50265	2	8.65	11.62197	120
		LSP	0.50265	2	5.17	19.44487	190
1	20,25,30	SP	0.50265	2	9.33	10.77492	110
		LSP	0.50265	2	5.29	19.00378	190
2	21,26,31	SP	0.50265	2	8.75	11.48914	110
		LSP	0.50265	2	6.36	15.8066	160
3	22,27,32	SP	0.50265	2	20.45	4.915892	100
		LSP	0.50265	2	13.66	7.359444	150
4	23,28,33	SP	0.50265	2	19.78	5.082406	100
		LSP	0.50265	2	13	7.733077	150

2. Balok Pada Portal As-10

a. Perhitungan Tulangan Lentur

Tabel 4.3. Perhitungan Tulangan Lentur Pada Balok Induk Portal As-10

Lan tai	Balok	lokasi balok	AsD22 (cm ²)	As tulangan SAPCON		Jumlah tulangan (n)		Tulangan terpakai	
				Atas	Bawah	Atas	Bawah	atas	Bawah
1	33,40,47	pangkal	3.8	20.37	9.71	5.3605	2.555	5	3
		tengah	3.8	7.72	7.97	2.0316	2.097	2	2
		ujung	3.8	20.37	9.71	5.3605	2.555	5	3
2	34,41,48	pangkal	3.8	23.07	10.92	6.0711	2.874	6	3
		tengah	3.8	7.72	7.91	2.0316	2.082	2	2
		ujung	3.8	23.06	10.91	6.0684	2.871	6	3
3	35,42,49	pangkal	3.8	23.26	11	6.1211	2.895	6	3
		tengah	3.8	7.72	7.96	2.0316	2.095	2	2
		ujung	3.8	23.26	11	6.1211	2.895	6	3
4	36,43,50	pangkal	3.8	21.04	10.01	5.5368	2.634	6	3
		tengah	3.8	7.72	8.02	2.0316	2.111	2	2
		ujung	3.8	21.04	10.01	5.5368	2.634	6	3
5	37,44,51	pangkal	3.8	6.62	3.72	1.7421	0.979	2	2
		tengah	3.8	3.72	3.72	0.9789	0.979	1	2
		ujung	3.8	6.62	3.72	1.7421	0.979	2	2
Ring Balk	38,45,52	pangkal	3.8	8.91	4.27	2.3447	1.124	2	2
		tengah	3.8	3.72	6.12	0.9789	1.611	1	2
		ujung	3.8	8.93	4.28	2.35	1.126	2	2

c. Perhitungan Tulangan Geser

Tabel 4.4. Perhitungan Tulangan Geser Pada Balok Induk Portal As-10

Lan Tai	Balok	Lokas i	As ϕ -10 (cm ²)	Jumlah kaki (n)	As tot.	Jarak sejangkang S (cm)	S terpakai (mm)
					SAPCON SHR (cm ²)		
1	33,40,47	SP	0,7854	2	12,38	12,68820679	130
		LSP	0,7854	2	10,39	15,11838306	150
2	34,41,48	SP	0,7854	2	14,18	11,07757405	110
		LSP	0,7854	2	12,19	12,88597211	130
3	35,42,49	SP	0,7854	2	14,17	11,08539167	110
		LSP	0,7854	2	12,18	14,89655172	150
4	36,43,50	SP	0,7854	2	12,93	12,14849188	120
		LSP	0,7854	2	10,93	14,37145471	150
5	37,44,51	SP	0,7854	2	6,17	15,45867099	150
		LSP	0,7854	2	4,62	20,44	200
Ring balk	38,45,52	SP	0,7854	2	8,32	18,87980769	190
		LSP	0,7854	2	4,36	26,02752294	260

3. Balok Pada Portal As-14

a. Perhitungan Tulangan Lentur

Tabel 4.5. Perhitungan Tulangan Lentur Pada Balok Portal As-14

Lan tai	balok	lokasi balok	As D22 (cm ²)	As tulangan SAPCON		Jumlah tulangan (n)		Tulangan terpakai	
				atas	bawah	atas	bawah	atas	bawah
Da sar	36,43,48 54,58,64	pangkal	3,8	13,6	13,04	3,5789	3,4316	4	3
		tengah	3,8	3,19	3,13	0,8395	0,8237	2	2
		ujung	3,8	14,81	13,95	3,8974	3,6711	4	4
1	37,44,49 54,59,65	pangkal	3,8	40,71	18,75	10,713	4,9342	11	5
		tengah	3,8	8,76	11,41	2,3053	3,0026	2	3
		ujung	3,8	38,36	17,45	10,095	4,5921	10	5
2	38,45,50 55,60,66	pangkal	3,8	33,04	15,2	8,6947	4	9	4
		tengah	3,8	7,72	11,17	2,0316	2,9395	2	3
		ujung	3,8	32,07	14,79	8,4395	3,8921	9	4
3	39,46,51 56,61,67	pangkal	3,8	24,46	13,27	6,4368	3,4921	6	4
		tengah	3,8	7,72	11,14	2,0316	2,9316	2	3
		ujung	3,8	28,07	13	7,3868	3,4211	7	3
4	40,47,52 57,62,68	pangkal	3,8	23,72	11,2	6,2421	2,9474	6	3
		tengah	3,8	7,72	11,5	2,0316	3,0263	2	3
		ujung	3,8	22,97	10,87	6,0447	2,8605	6	3
5	41,42,63 69	pangkal	3,8	4,78	3,86	1,2579	1,0158	2	2
		tengah	3,8	3,86	3,86	1,0158	1,0158	1	1
		ujung	3,8	7,1	3,86	1,8684	1,0158	2	2

b. Perhitungan Tulangan Geser

Tabel 4.6. Perhitungan Tulangan Geser Balok Pada Portal As-14

Lantai	Balok	Lokasi	As ϕ 10 (cm ²)	Jumlah kaki (n)	As tot. SAPCON SHR (cm ²)	Jarak sejangkang S (cm)	S terpakai (mm)
Dasar	36,43,48	SP	0,7854	2	14,66	10,7148704	110
	54,58,64	LSP	0,7854	2	13,79	15,3908629	150
1	37,44,49	SP	0,7854	2	26,33	10,9658184	110
	54,59,65	LSP	0,7854	2	17,43	19,0120481	200
2	38,45,50	SP	0,7854	2	23,76	9,61111	100
	55,60,66	LSP	0,7854	2	14,85	12,5777778	130
3	39,46,51	SP	0,7854	2	22,05	9,12380952	90
	56,61,67	LSP	0,7854	2	13,14	14,9543379	150
4	40,47,52	SP	0,7854	2	20,1	9,81492537	100
	57,62,68	LSP	0,7854	2	11,19	14,0375335	150
5	41,42,63	SP	0,7854	2	8,24	16,0631068	160
	69	LSP	0,7854	2	7,9	19,8835443	200

4. Balok Pada Portal As-L

a. Perhitungan Tulangan Lentur

Tabel 4.7. Perhitungan Tulangan Lentur Balok Pada Portal As-L

Lantai	Balok	Lokasi balok	As D22 (cm ²)	As tulangan SAPCON		Jumlah tulangan (n)		Tulangan terpakai	
				atas	bawah	atas	bawah	atas	bawah
dasar	44,51,58 65,72	pangkal	3,8	8,3	8,55	2,18421	2,25	2	2
		tengah	3,8	2,83	2,83	0,74473	0,7447	2	2
		ujung	3,8	10,76	7,08	2,83157	1,8632	3	2
1	45,52,59 66,73	pangkal	3,8	27,2	19,27	7,15789	5,0711	7	5
		tengah	3,8	7,72	7,72	2,03157	2,0316	2	2
		ujung	3,8	34,31	15,72	9,02894	4,1368	9	4
2	46,53,60 67,74	pangkal	3,8	28,69	18,57	7,55	4,8868	8	5
		tengah	3,8	7,72	7,72	2,03157	2,0316	2	2
		ujung	3,8	33,89	16,09	8,91842	4,2342	9	4
3	47,54,61 68,75	pangkal	3,8	27,43	17,71	7,21842	4,6605	7	5
		tengah	3,8	7,72	7,72	2,03157	2,0316	2	2
		ujung	3,8	32,05	15,3	8,43421	4,0263	8	4
4	48,55,62 69,76	pangkal	3,8	25,64	16,49	6,74736	4,3395	7	4
		tengah	3,8	7,72	7,72	2,03157	2,0316	2	2
		ujung	3,8	28,16	14,41	7,41052	3,7921	7	4

5	49,56,63 70,77	pangkal	3,8	8,98	9,15	2,36315	2,4079	2	2
		tengah	3,8	3,72	3,72	0,97894	0,9789	1	1
		ujung	3,8	11,37	11,37	2,99210	2,9921	3	3
Ring balk	50,57,64 71,78	pangkal	3,8	10,92	5,55	2,87368	1,4605	3	2
		tengah	3,8	3,72	3,78	0,97894	0,9947	1	1
		ujung	3,8	10,54	5	2,77368	1,3158	3	2

b. Perhitungan Tulangan Geser

Perhitungan tulangan geser balok pada portal As-L dapat dilihat pada tabel 4.8 dibawah ini.

Tabel 4.8. Perhitungan Tulangan Geser Balok Pada Portal As-L

Lantai	Balok	Lokasi	As ϕ 10 (cm^2)	Jumlah kaki (n)	As tot.	Jarak sengkang S (cm)	S terpakai (mm)
					SAPCON		
Dasar	44,51,58 65,72	SP	0,7854	2	14,93	10,52109846	110
		LSP	0,7854	2	16,31	19,63901288	200
1	45,52,59 66,73	SP	0,7854	2	9,86	15,93103448	160
		LSP	0,7854	2	4,86	20,32098765	200
2	46,53,60 67,74	SP	0,7854	2	38,46	14,08424337	140
		LSP	0,7854	2	43,16	17,69481001	180
3	47,54,61 68,75	SP	0,7854	2	36,72	9,77777778	100
		LSP	0,7854	2	41,42	13,792370835	140
4	48,55,62 69,76	SP	0,7854	2	33,52	9,686157518	100
		LSP	0,7854	2	38,23	14,108815067	150
5	49,56,63 70,77	SP	0,7854	2	15,5	10,13419355	100
		LSP	0,7854	2	17,59	18,930073906	190
Ring balk	50,57,64 71,78	SP	0,7854	2	12,55	12,51633466	130
		LSP	0,7854	2	14,39	16,91591383	170

C. Perancangan Tulangan Pada Kolom

1. Kolom Pada Portal As-M

a. Perhitungan tulangan lentur

Perhitungan tulangan lentur kolom agak berbeda dengan perhitungan tulangan lentur pada balok. Adapun perhitungannya dapat ditabelkan pada

Tabel 4.9. Data Tulangan Kolom Pada Portal As-M

Lantai	Kolom	Diameter (D)	Jumlah tulangan (n)
1	1, 14	22	20
	6, 10	25	24
2	2, 15	22	20
	7, 11	22	20
3	3, 16	22	20
	8, 12	22	20
4	4, 17	22	18
	9, 13	22	20
5	5, 18	22	14

Data tulangan yang dimasukkan sebagai data *input* pada SAPCON adalah tulangan dengan diameter 22 dengan jumlah 20 buah. Berdasarkan hasil *output* SAPCON ternyata pada kolom elemen 6 tidak mampu menahan beban yang terjadi atau rasio tegangan kapasitas lebih besar dari satu, maka dicoba dengan D25 jumlah 24 buah, rasio tegangan kapasitas lebih kecil dari satu.

b. Perhitungan Tulangan Geser Pada Kolom

Berdasarkan hasil *output* SAPCON pada lampiran 6, maka perhitungan tulangan geser pada kolom dapat ditabelkan sebagai berikut.

Tabel 4.10. Perhitungan Tulangan Geser Kolom Pada Portal As-M

Lantai	Kolom	Lokasi	As $\phi 10$ (cm^2)	jumlah kaki (n)	As tot. SAPCON (cm^2)	Jarak sengkang S (cm)	S terpakai (mm)
1	1, 14	SP	0,7854	2	9,46	16,6046511	170
		LSP	0,7854	2	8,24	19,0631068	200
	6, 10	SP	0,7854	4	31,02	10,1276595	100
		LSP	0,7854	2	9,7	16,1938144	160
2	2, 15	SP	0,7854	4	22,03	14,2605537	140
		LSP	0,7854	2	8,25	19,04	190
	7, 11	SP	0,7854	4	22,04	14,2540834	140
		LSP	0,7854	2	8,56	18,3504672	180
3	3, 16	SP	0,7854	4	21,23	14,7979274	150
		LSP	0,7854	2	8,35	18,8119760	200
	8, 12	SP	0,7854	4	21,07	14,910299	150
		LSP	0,7854	2	8,15	19,2736196	200

4	4, 17	SP	0,7854	4	19,94	15,7552658	160
		LSP	0,7854	2	7,25	21,6662069	200
	9, 13	SP	0,7854	4	19,32	16,2608695	160
		LSP	0,7854	2	7,15	21,9692307	200
5	5, 18	SP	0,7854	4	9,08	34,5991189	150
		LSP	0,7854	2	6,35	24,7370078	200

2. Kolom Pada Portal As-10

a. Perhitungan tulangan lentur

Perancangan tulangan lentur kolom pada portal As-10 dapat ditabelkan pada tabel 4.11 dibawah ini.

Tabel 4.11. Data Tulangan Kolom Pada Portal As-10

Lantai	Kolom	Diameter (D)	Jumlah Tulangan (n)
1	7, 13	22	20
2	8, 14	22	20
3	9, 15	22	16
4	10,16	22	16
5	11,17	22	12
	12,18	22	12

b. Perhitungan tulangan geser .

Berdasarkan hasil *output* SAPCON pada lampiran 7, maka perhitungan tulangan geser pada kolom dapat ditabelkan sebagai berikut.

Tabel 4.12. Perhitungan Tulangan Geser Kolom Pada Portal As-10

Lantai	Kolom	Lokasi	As ϕ 10 (cm ²)	Jumlah kaki (n)	As tot SAPCON (cm ²)	Jarak sengkang S (cm)	S terpakai (mm)
1	7, 13	SP	0,7854	2	9,44	16,639830	160
		LSP	0,7854	2	7,56	20,777777	200
2	8, 14	SP	0,7854	4	21,71	14,470750	150
		LSP	0,7854	2	8,34	18,83453	190
3	9, 15	SP	0,7854	4	21,12	14,875	150
		LSP	0,7854	2	7,78	20,190231	200
4	10, 16	SP	0,7854	4	21,71	14,470750	150
		LSP	0,7854	2	7,56	20,777777	200
5	11,17 12,18	SP	0,7854	4	17,75	17,699154	170
		LSP	0,7854	2	7,87	19,959339	200

3. Kolom Pada Portal As-14/

a. Perhitungan tulangan lentur

Perancangan tulangan lentur kolom pada portal As-14 dapat ditabelkan pada tabel 4.13 dibawah ini.

Tabel 4.13. Data Tulangan Kolom Pada Portal As-14

Lantai	Kolom	Diameter (D)	Jumlah tulangan (n)
1	7,21	22	20
	13,17	22	20
	1,26,31	19	12
2	8,22	22	20
	14,18	22	20
	2,27,32	19	12
3	9,23	22	16
	15,19	22	16
	3,28,33	19	12
4	10,24	22	12
	16,2	22	12
	4,29,34	19	10
5	11,25	22	12
	5,30,35	19	8
	6,12	22	8

b. Perhitungan tulangan geser

Berdasarkan hasil *output* SAPCON pada lampiran 8, maka perhitungan tulangan geser pada kolom dapat ditabelkan sebagai berikut.

Tabel 4.14. Perhitungan Tulangan Geser Kolom Pada Portal As-14

Lantai	Kolom	Lokasi	As ϕ 10 (cm ²)	Jumlah kaki (n)	As tot. SAPCON (cm ²)	Jarak sengkang S (cm)	S terpakai (mm)
1	7,21	SP	0,7854	2	9,47	16,5871172	170
		LSP	0,7854	2	8,24	19,0631068	200
	1,26,31	SP	0,7854	4	34,346	9,14691667	100
		LSP	0,7854	2	9,7	16,1938144	160
2	8,22	SP	0,7854	4	22,05	14,2476190	140
	14,18	LSP	0,7854	2	8,25	19,04	190

	2,27,32	SP	0,7854	4	22,04	14,2540834	140
		LSP	0,7854	2	8,56	18,3504672	180
3	9,23 15,19	SP	0,7854	4	21,71	14,4707508	150
		LSP	0,7854	2	8,35	18,8119760	200
	3,28,33	SP	0,7854	4	21,07	14,910299	150
		LSP	0,7854	2	8,15	19,2736196	200
4	10,24 16,2	SP	0,7854	4	19,98	15,7237237	160
		LSP	0,7854	2	7,25	21,6662069	220
	4,29,34	SP	0,7854	4	19,32	16,2608695	160
		LSP	0,7854	2	7,15	21,9692307	220
5	11,25	SP	0,7854	4	13,47	13,3229398	150
		LSP	0,7854	2	6,35	24,7370078	200
	5,30,35	SP	0,7854	4	31,86	9,86064030	100
		LSP	0,7854	2	5,86	26,8054607	250
	6,12	SP	0,7854	4	27,3	11,5076923	120
		LSP	0,7854	2	7,64	20,5602094	200

4. Kolom Pada Portal As-L

a. Perhitungan tulangan lentur

Perancangan tulangan lentur kolom pada portal As-L dapat ditabelkan pada tabel 4.15 dibawah ini.

Tabel 4.15. Data Tulangan Kolom Pada Portal As-L

Lantai	Kolom	Diameter (D)	Jumlah tulangan (n)
1	7, 25	22	18
	13,19	22	20
2	8, 26	22	18
	14, 20	22	20
3	9, 27	22	18
	15, 21	22	18
4	10, 28	22	16
	16, 22	22	18
5	11,12,29,30	22	14
	17,18,23,24	22	16

b. Perhitungan tulangan geser

Berdasarkan hasil *output* SAPCON pada lampiran 9, maka perhitungan tulangan geser pada kolom As-L dapat ditabelkan sebagai berikut

Tabel 4.16. Perhitungan Tulangan Geser Kolom Pada Portal As-L

Lantai	Kolom	Lokasi	As. σ 10 (cm ²)	Jumlah kaki (n)	As tot. SAPCON (cm ²)	Jarak sejangkang S (cm)	S terpakai (mm)
1	7,25	SP	0,7854	2	9,48	16,569620	170
		LSP	0,7854	2	8,24	19,063106	200
	13,19	SP	0,7854	2	9,47	16,587117	160
		LSP	0,7854	2	7,46	21,056300	200
2	8,26	SP	0,7854	4	21,15	14,853900	150
		LSP	0,7854	2	7,89	19,908745	200
	14,20	SP	0,7854	4	21,28	14,763157	150
		LSP	0,7854	2	7,98	19,684210	200
3	9,27	SP	0,7854	4	20,3	15,475862	150
		LSP	0,7854	2	7,35	21,371428	200
	15,21	SP	0,7854	4	20,89	15,038774	150
		LSP	0,7854	2	8,15	19,273619	200
4	10,28	SP	0,7854	4	19,8	15,866666	160
		LSP	0,7854	2	7,25	21,666206	200
	16,22	SP	0,7854	4	19,56	16,061349	160
		LSP	0,7854	2	7,15	21,969230	200
5	11,12 29,30	SP	0,7854	4	17,36	18,096774	160
		LSP	0,7854	2	6,35	24,737007	200
	17,18 23,24	SP	0,7854	4	17,47	17,982827	160
		LSP	0,7854	2	7,84	20,035714	200

D. Perancangan Tulangan Pada Shear Wall

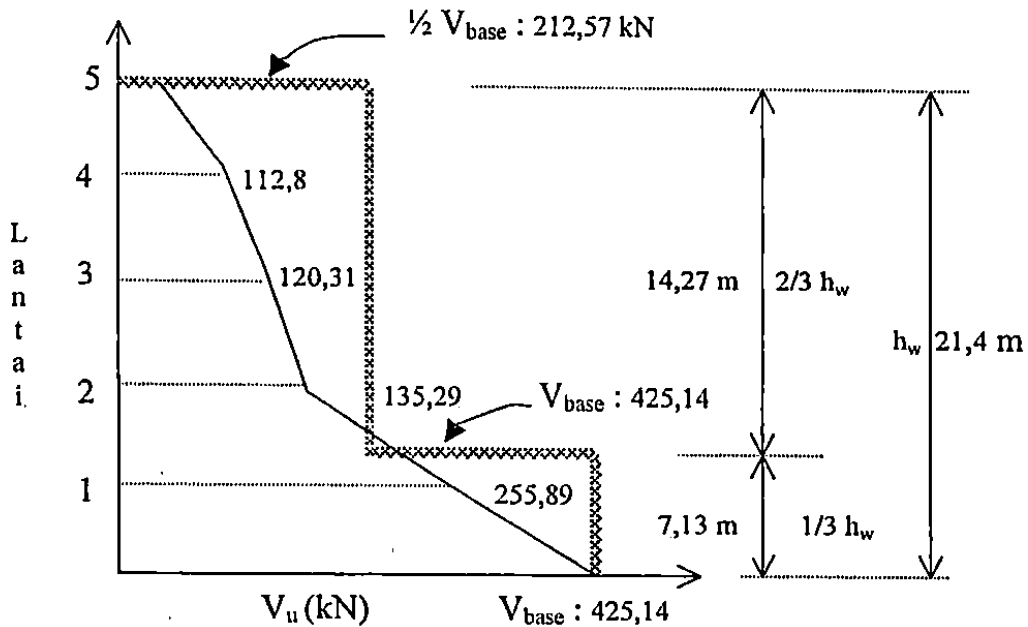
1. Gaya - Gaya Rencana Pada *Shear Wall*

Berdasarkan hasil output SAP90 pada elemen *shell*, maka diperoleh gaya-gaya yang terjadi baik gaya geser, gaya normal maupun momen. Adapun hasil output tersebut di cantumkan pada tabel dibawah ini.

Tabel 4.17. Gaya – Gaya yang Terjadi Pada Shear Wall

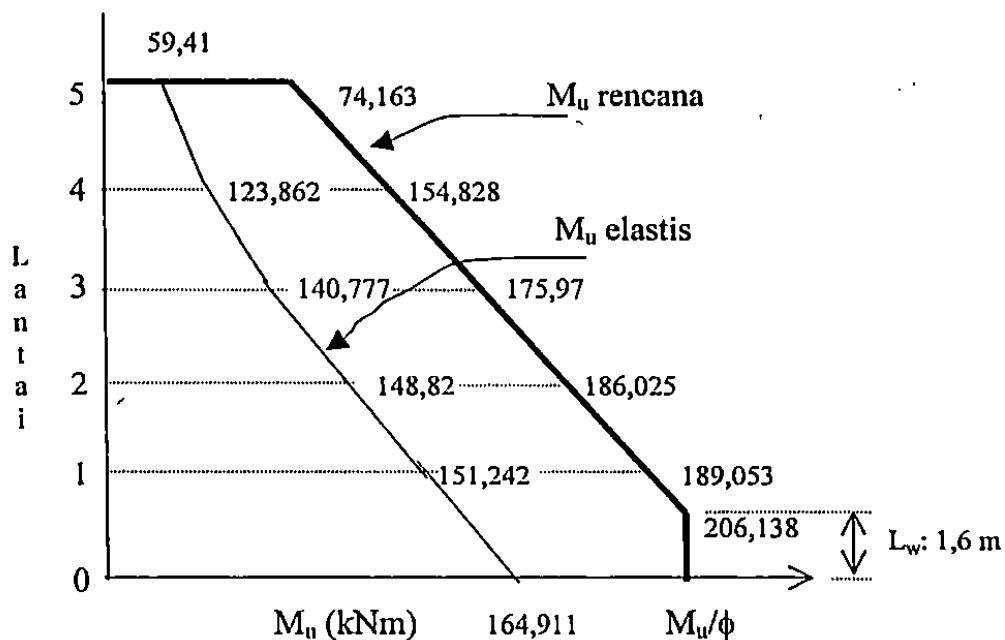
Lantai	Vu (KN)	Nu (KN)	Mu (KNm)
5	65,865	98,731	59,41
4	112,801	208,684	123,862
3	120,312	218,721	140,777
2	135,292	242,433	148,82
1	255,89	479,042	151,242
Dasar	425,142	665,64	164,911

Dalam perencanaan *shear wall* (dinding geser), momen dan gaya geser tersebut diatas tidak dapat langsung digunakan. Dengan demikian sepanjang tinggi dinding geser, momen dan gaya geser harus direncanakan lebih besar ataupun sama dengan selimutnya, seperti terlihat pada diagram dibawah ini.



Gambar 4.1. Diagram Selimut Geser Pada Shear Wall

Pada diagram diatas, setinggi $1/3 h_w$ ($1/3 h_w$) V_u rencana sebesar V_{base} , yakni sebesar 425,142 kN dan sepanjang $2/3 h_w$ keatas V_u rencana sebesar 212,57 kN.



Gambar 4.2. Diagram Selimut Momen Pada Shear Wall

Berdasarkan diagram momen dan gaya geser diatas, maka dapat ditabelkan gaya – gaya rencana sebagai dasar perhitungan tulangan pada elemen *shear wall* seperti pada tabel dibawah ini.

Tabel 4.18. Gaya - Gaya Rencana Perhitungan Tulangan Shear Wall

Lantai	Vu (KN)	Nu (KN)	Mu (KNm)
5	212,571	98,731	74,263
4	212,571	208,684	154,828
3	212,571	218,721	175,97
2	212,571	242,433	186,025
1	425,142	479,042	189,053
Dasar	425,142	665,64	206,138

2. Penulangan Elemen Shear Wall

a. Penulangan Horisontal

Perhitungan gaya geser dapat dianalisis sebagai berikut.

$$\begin{aligned}
 .d &= 0,8 \times l_w & \text{atau} & & d &= l_w - d' \\
 &= 0,8 \times 1600 & & & &= 1600 - 50 \\
 &= 1280 \text{ mm} & & & &= 1550 \text{ mm}
 \end{aligned}$$

Jadi d yang dipakai adalah 1550 mm

Gaya geser yang disumbangkan oleh beton (Vc) :

$$\begin{aligned}
 1). \quad V_c &= 1/6 \cdot \sqrt{f_c'} \cdot t_w \cdot d \\
 &= 1/6 \cdot \sqrt{25} \cdot 250 \cdot 1550 \\
 &= 322,917 \text{ kN}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 2). \quad V_c &= 1/4 \cdot \sqrt{f_c'} \cdot t_w \cdot d + \frac{Nu \cdot d}{4 \cdot l_w} \\
 &= 1/4 \cdot \sqrt{25} \cdot 250 \cdot 1550 + \frac{665,640 \cdot 10^3 \cdot 1550}{4 \cdot 1600} \\
 &= 645,584 \text{ kN}
 \end{aligned}$$

$$\rho = \frac{1}{l_w} \left[\frac{V_c}{\sqrt{f_c'}} \cdot l_w \left(\sqrt{f_c'} + \frac{2Nu}{l_w \cdot t_w} \right) \right]$$

$$= \frac{1}{10} \left[0,5 \cdot \sqrt{25} + \frac{1600 \left(\sqrt{25} + \frac{2.665,64 \cdot 10^3}{1600 \cdot 250} \right)}{\left(\frac{206,138 \cdot 10^3}{425,142} - \frac{1600}{2} \right)} \right] \cdot 250 \cdot 1550$$

$$= 10253,35 \text{ kN.}$$

Dari ketiga persamaan diatas maka diambil nilai V_c yang paling kecil yakni sebesar 322,917 kN.

$$V_u = 425,142 \text{ kN} > \phi V_c = 0,8 \cdot 322,917 = 258,334 \text{ kN}$$

Dengan demikian diperlukan tulangan geser.

Berdasarkan SK SNI T-15-1991-03 pasal 3.7.3, maka penulangan horisontal diatur sebagai berikut :

$$A_h \text{ min} = 0,25\% \cdot A_g = 0,25\% \cdot 860000 = 2150 \text{ mm}^2,$$

Dengan demikian luas tulangan horisontal minimum sebesar 2150 mm².

Dicoba tulangan : $\phi 8 - 150$

$$A_{st} = 2 \cdot \frac{1}{4} \cdot 3,14 \cdot 8^2 = 100,53 \text{ mm}^2.$$

Sehingga luas total tulangan satu type *shear wall* adalah :

$$A_h \text{ tot.} = \frac{100,53 \cdot 3800}{150} = 2345,7 \text{ mm}^2 > A_h \text{ min} \dots\dots\dots \text{Ok.}$$

Maka dipakai tulangan 2 $\phi 8-150$.

b. Penulangan Vertikal

Berdasarkan SK SNI pasal 3.7.3 butir 2, untuk baja deform dan f_y 400 Mpa bahwa luas tulangan vertikal minimum adalah : $A_{v \text{ min}} = 0,15\% \cdot A_g$
 Jarak antar tulangan vertikal yaitu ≤ 200 mm pada daerah sendi plastis dan ≤ 300 mm pada daerah lainnya.

Adapun tulangan vertikal minimal yang dibutuhkan adalah sebagai berikut:

a). A_v min pada sayap (*flens*) : $0,15\% \cdot 600 \cdot 600 = 540 \text{ mm}^2$.

Tulangan pada sayap diambil $\phi 8$, $A_s = 50,265 \text{ mm}^2$.

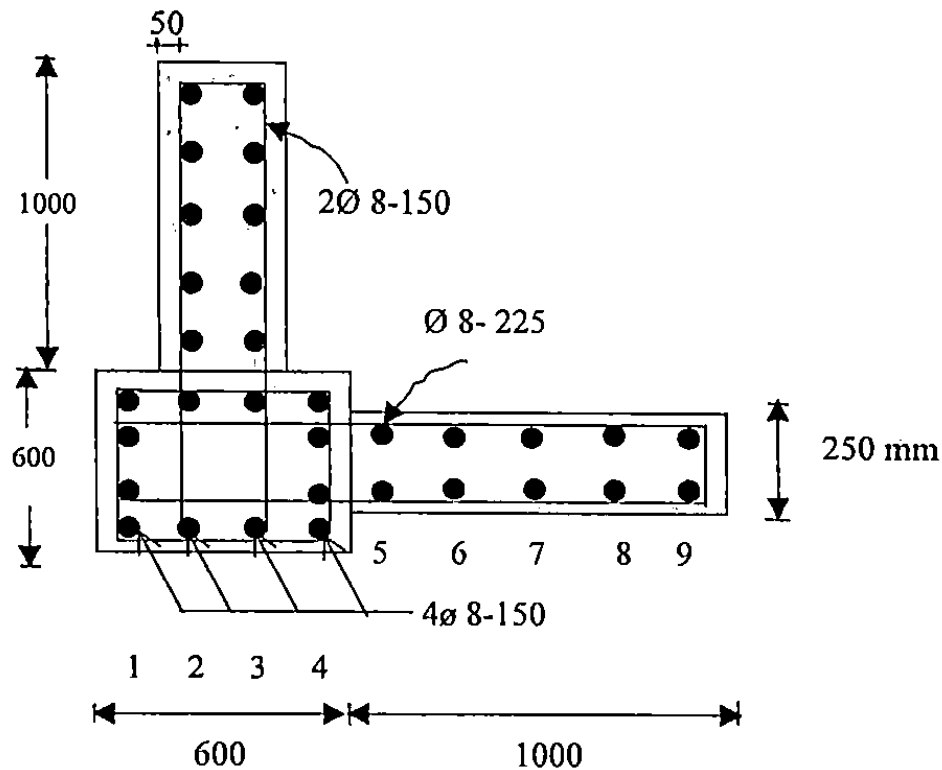
Jumlah tulangan yang dibutuhkan adalah : $\frac{540}{50,265} = 12$ buah.

b). A_v min pada badan (*web*) : $0,15\% \cdot 1000 \cdot 250 = 375 \text{ mm}^2$.

Tulangan pada badan diambil $\phi 8$, $A_s = 50,265 \text{ mm}^2$.

Jumlah tulangan yang dibutuhkan adalah : $\frac{375}{50,265} = 7,5$ buah, diambil

tulangan sebanyak 10 buah.



Gambar 4.3. Susunan Tulangan Pada Shear Wall

Berdasarkan perhitungan tulangan pada *shear wall* diatas maka tulangan yang terpasang dicek kapasitas tegangan yang terjadi. Adapun pengecekan kapasitas *shear wall* disusun dalam tabel-tabel.

Tabel 4.19 Perhitungan pusat berat plastis terhadap sisi kiri shear wall.

No.	f_c' (N/mm^2)	A_s, T (mm^2)	f_y N/mm^2	P (N)	jarak ke sisi luar beton tekan (mm)	M (Nmm)
Beton1	25	-	400	7650000	300	2295000000
Beton2	25	-	400	5312500	1100	5843750000
1	25	201,06	400	80424	50	4021200
2	25	100,53	400	40212	200	8042400
3	25	100,53	400	40212	350	14074200
4	25	201,06	400	80424	500	40212000
5	25	100,53	400	40212	750	30159000
6	25	100,53	400	40212	950	38201400
7	25	100,53	400	40212	1150	46243800
8	25	100,53	400	40212	1350	54286200
9	25	100,53	400	40212	1550	62328600
				13404832		8436318800
$d''=629,349088$ mm						

Dengan demikian diperoleh pusat berat plastis sejarak 629,349088 mm terhadap sisi kiri luar beton tekan. Pada pengecekan kapasitas tegangan pada shear wall dicoba beberapa letak garis netral.

Tabel 4.20. Perhitungan kapasitas shear wall pada saat $Y=700$ mm

No.	Y mm	di mm	ξ_{si}	A_s (mm ²)	E_s	f_s	P_u (N)	eix 629,3 49-di	M_u (Nmm)
Bt1	700	-	-	-	2E05	0	7586250	329,3	2498524519
1	700	50	0,003	201,06	2E05	400	80424	579,3	46593571,1
2	700	200	0,002	100,53	2E05	400	40212	429,3	17264985,5
3	700	350	0,002	100,53	2E05	300	30159	279,3	8424889,14
4	700	500	9E-04	201,06	2E05	171,4	34467,43	129,3	4458330,45
5	700	700	0	100,53	2E05	0	0	-70,65	0
6	700	900	-9E-4	100,53	2E05	-171	-17233,7	-270,6	4664320,49
7	700	1100	-0,002	100,53	2E05	-343	-34467,4	-470,6	16222126,7
8	700	1300	-0,003	100,53	2E05	-400	-40212	-670,6	26968214,5
9	700	1500	-0,003	100,53	2E05	-400	-40212	-870,6	35010614,5
							7639387		2658131571

Tabel 4.21. Perhitungan kapasitas shear wall pada saat $Y=550$ mm

No.	Y mm	di mm	ξ_{si}	A_s mm ²	E_s	f_s	P_u (N)	eix 629,3 49-di	M_u (Nmm)
Bt1	550	-	-	-	2E05	0	5960625	329,3	1963126408
1	550	50	0,003	201,06	2E05	400	80424	579,3	46593571,1
2	550	200	0,002	100,53	2E05	400	40212	429,3	17264985,5
3	550	350	0,001	100,53	2E05	218,1	21933,82	279,3	6127192,11
4	550	500	3E-04	201,06	2E05	54,54	10966,91	129,3	1418559,69
5	550	700	-0,001	100,53	2E05	-163,6	-16450,4	-70,61	1162233,19
6	550	900	-0,002	100,53	2E05	-381,2	-38384,2	-270,6	10388713,8
7	550	1100	-0,003	100,53	2E05	-600	-60318	-470,6	28388721,7
8	550	1300	-0,004	100,53	2E05	-400	-40212	-670,6	26968214,5
9	550	1550	-0,01	100,53	2E05	-400	-40212	-920,7	37021214,5
							5918585		2138459814

Tabel 4.22. Perhitungan kapasitas shear wall pada saat Y=450 mm

No.	Y mm	di mm	esi	As (mm ²)	Es	fs	Pu (N)	eix 629,349 088-di	Mu (Nmm)
Btl	450	-	-	-	2E05	0	487687	329,349	1606194334
1	450	50	0,003	201,06	2E05	400	80424	579,349	46593571,1
2	450	200	0,002	100,53	2E05	400	40212	429,349	17264985,5
3	450	350	7E-04	100,53	2E05	133	13404	279,349	3744395,18
4	450	500	-0,001	201,06	2E05	-66,7	-13404	129,349	-1733795,2
5	450	700	-0,002	100,53	2E05	-333	-33510	-70,650	2367512,06
6	450	900	-0,003	100,53	2E05	-400	-40212	-270,65	10883414,5
7	450	1100	-0,004	100,53	2E05	-400	-40212	-470,65	18925814,5
8	450	1300	-0,01	100,53	2E05	-400	-40212	-670,65	26968214,5
9	450	1550	-0,01	100,53	2E05	-400	-40212	-920,6	37021214,5
							4803153		1768229660

Tabel 4.23. Perhitungan kapasitas shear wall pada saat Y=350 mm

No.	Y mm	di mm	esi	As mm ²	Es	fs	Pu (N)	eix 629,349 -di	Mu (Nmm)
Btl	350	-	-	-	2E+05	0	379312	329,349	1249262259
1	350	50	0,003	201,06	2E+05	400	80424	579,349	46593571,1
2	350	200	0,001	100,53	2E+05	400	40212	429,349	17264985,5
3	350	350	0	100,53	2E+05	0	0	279,349	0
4	350	500	-0,001	201,06	2E+05	-257	-51701	129,349	-6687495,7
5	350	700	-0,003	100,53	2E+05	-400	-40212	-70,650	2841014,47
6	350	900	-0,005	100,53	2E+05	-400	-40212	-270,65	10883414,5
7	350	1100	-0,006	100,53	2E+05	-400	-40212	-470,65	18925814,5
8	350	1300	-0,008	100,53	2E+05	-400	-40212	-670,65	26968214,5
9	350	1550	-0,010	100,53	2E+05	-400	-40212	-920,65	37021214,5
							3661000		1403072993

Tabel 4.24. Perhitungan kapasitas shear wall pada saat Y=150 mm

No.	Y mm	di mm	esi	As mm ²	Es	fs	Pu (N)	eix 629,3 490-di	Mu (Nmm)
Btl	150	-	-	-	2E+05	0	1625625	329,3	535398111
1	150	50	0,002	201,06	2E+05	400	80424	579,3	46593571
2	150	200	-0,001	100,53	2E+05	400	40212	429,3	17264986
3	150	350	-0,004	100,53	2E+05	-400	-40212	279,3	-11233186
4	150	500	-0,007	201,06	2E+05	-400	-80424	129,3	-10402771
5	150	700	-0,011	100,53	2E+05	-400	-40212	-70,6	2841014,5
6	150	900	-0,015	100,53	2E+05	-400	-40212	-271	10883414
7	150	1100	-0,019	100,53	2E+05	-400	-40212	-471	18925814
8	150	1300	-0,023	100,53	2E+05	-400	-40212	-671	26968214
9	150	1550	-0,028	100,53	2E+05	-400	-40212	-921	37021214
							1424565		674260384

Tabel 4.25. Perhitungan kapasitas shear wall pada saat Y=50 mm

No.	Y mm	di mm	esi	As mm ²	Es	fs	Pu (N)	eix 629,3 49-di	Mu (Nmm)
Btl	50	-	-	-	2E+05	0	541875	329,3	178466037
1	50	50	0	201,06	2E+05	0	0	579,3	0
2	50	200	-0,009	100,53	2E+05	-400	-40212	429,3	-17264986
3	50	350	-0,018	100,53	2E+05	-400	-40212	279,3	-11233186
4	50	500	-0,027	201,06	2E+05	-400	-80424	129,3	-10402771
5	50	700	-0,039	100,53	2E+05	-400	-40212	-70,6	2841014,5
6	50	900	-0,051	100,53	2E+05	-400	-40212	-271	10883414
7	50	1100	-0,063	100,53	2E+05	-400	-40212	-471	18925814
8	50	1300	-0,075	100,53	2E+05	-400	-40212	-671	26968214
9	50	1550	-0,09	100,53	2E+05	-400	-40212	-921	37021214
							179967		236204767

Dengan demikian berdasarkan nilai gaya normal dan momen pada berbagai variasi letak garis netral tersebut diatas maka dapat dicek kapasitas tegangan yang terjadi pada *shear wall* dengan menggunakan Diagram

Interaksi M-P seperti pada gambar 4.5.

Oleh sebab gaya yang diterima oleh *shear wall* semakin keatas semakin kecil maka tidaklah ekonomis jika elemen *shear wall* pada tiap lantai memiliki jumlah dan diameter yang sama. Dengan demikian elemen *shear wall* pada lantai 4 sampai lantai 5 dilakukan perhitungan tersendiri. Adapun perhitungannya sama dengan perhitungan pada lantai 1 sampai dengan lantai 3 tersebut diatas.

a. Penulangan Horisontal

Sebelum dilakukan perhitungan tulangan horisontal pada elemen *shear wall* maka perlu dicek, dibutuhkan tulangan geser atau tidak perlu. Adapun pengecekan dapat dianalisis sebagai berikut.

$$\begin{aligned} d &= 0,8 \times l_w & \text{atau} & \quad d = l_w - d' \\ &= 0,8 \times 1600 & & \quad = 1600 - 50 \\ &= 1280 \text{ mm} & & \quad = 1550 \text{ mm} \end{aligned}$$

Jadi d yang dipakai adalah 1550 mm

Gaya geser yang disumbangkan oleh beton (V_c) :

$$\begin{aligned} 1). \quad V_c &= 1/6 \cdot \sqrt{f_c'} \cdot t_w \cdot d \\ &= 1/6 \cdot \sqrt{25} \cdot 250 \cdot 1550 \\ &= 322,917 \text{ kN} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} 2). \quad V_c &= 1/4 \cdot \sqrt{f_c'} \cdot t_w \cdot d + \frac{Nu \cdot d}{4J_w} \\ &= 1/4 \cdot \sqrt{25} \cdot 250 \cdot 1550 + \frac{218,721 \cdot 10^3 \cdot 1550}{4 \cdot 1600} \\ &= 537,346 \text{ kN} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} 3). \quad V_c &= \frac{1}{10} \left\{ 0,5 \sqrt{f_c'} + \frac{l_w \left(\sqrt{f_c'} + \frac{2Nu}{l_w \cdot t_w} \right)}{\left(\frac{Mu}{Vu} - \frac{l_w}{2} \right)} \right\} \cdot t_w \cdot d \\ &= \frac{1}{10} \left\{ 0,5 \sqrt{25} + \frac{l_w \left(\sqrt{25} + \frac{2 \cdot 218,721 \cdot 10^3}{1600 \cdot 250} \right)}{\left(\frac{175,97 \cdot 10^3}{212,57} - \frac{1600}{2} \right)} \right\} \cdot 250 \cdot 1550 \end{aligned}$$

Dari ketiga persamaan diatas maka diambil nilai V_c yang paling kecil yakni sebesar 322,917 kN.

$$V_u = 212,571 \text{ kN} < \phi V_c = 0,8 \cdot 322,917 = 258,334 \text{ kN}$$

Dengan demikian hanya diperlukan tulangan praktis.

Berdasarkan SK SNI T-15-1991-03 pasal 3.7.3, maka penulangan horisontal diatur sebagai berikut :

$$A_h \text{ min} = 0,25\% \cdot A_g$$

$$= 0,25 \% \cdot 860000$$

$$= 2150 \text{ mm}^2.$$

Dengan demikian luas tulangan horisontal minimum sebesar 2150 mm².

Dicoba tulangan : $\phi 8 - 150$

$$A_{st} = 2 \cdot \frac{1}{4} \cdot 3,14 \cdot 8^2 = 100,53 \text{ mm}^2.$$

Sehingga luas total tulangan satu type *shear wall* adalah :

$$A_{h \text{ tot.}} = \frac{100,53 \cdot 3800}{150} = 2345,7 \text{ mm}^2 > A_{h \text{ min}} \dots\dots\dots \text{Ok.}$$

Maka dipakai tulangan 2 $\phi 8-150$.

b. Penulangan Vertikal

Berdasarkan SK SNI T-15-1991-03 pasal 3.7.3 butir 2, untuk baja deform dan f_y 400 Mpa bahwa luas tulangan vertikal minimum adalah :

$$A_{v \text{ min}} = 0,15 \% \cdot A_g$$

Jarak antar tulangan vertikal yaitu < 200 mm pada daerah sendi plastis dan < 300 mm pada daerah lainnya.

Adapun tulangan vertikal minimal yang dibutuhkan adalah sebagai berikut:

$$\text{a). } A_v \text{ min pada sayap (flens) : } 0,15\% \cdot 600 \cdot 600 = 540 \text{ mm}^2.$$

$$\text{Tulangan pada sayap diambil } \phi 8, A_s = 50,265 \text{ mm}^2.$$

$$\text{Jumlah tulangan yang dibutuhkan adalah : } \frac{540}{50,265} = 10,74 \text{ buah, diambil}$$

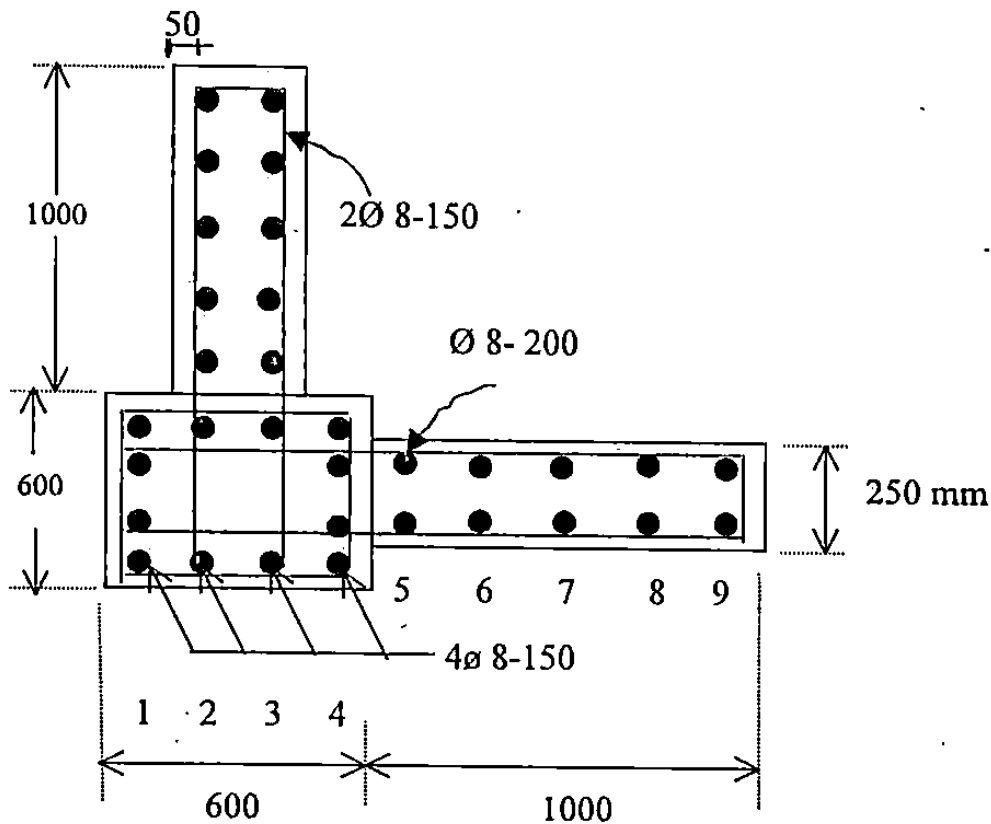
tulangan sebanyak 12 buah.

$$\text{b). } A_v \text{ min pada badan (web) : } 0,15\% \cdot 1000 \cdot 250 = 375 \text{ mm}^2.$$

$$\text{Tulangan pada badan diambil } \phi 8, A_s = 50,265 \text{ mm}^2.$$

$$\text{Jumlah tulangan yang dibutuhkan adalah : } \frac{375}{50,265} = 7,5 \text{ buah, diambil}$$

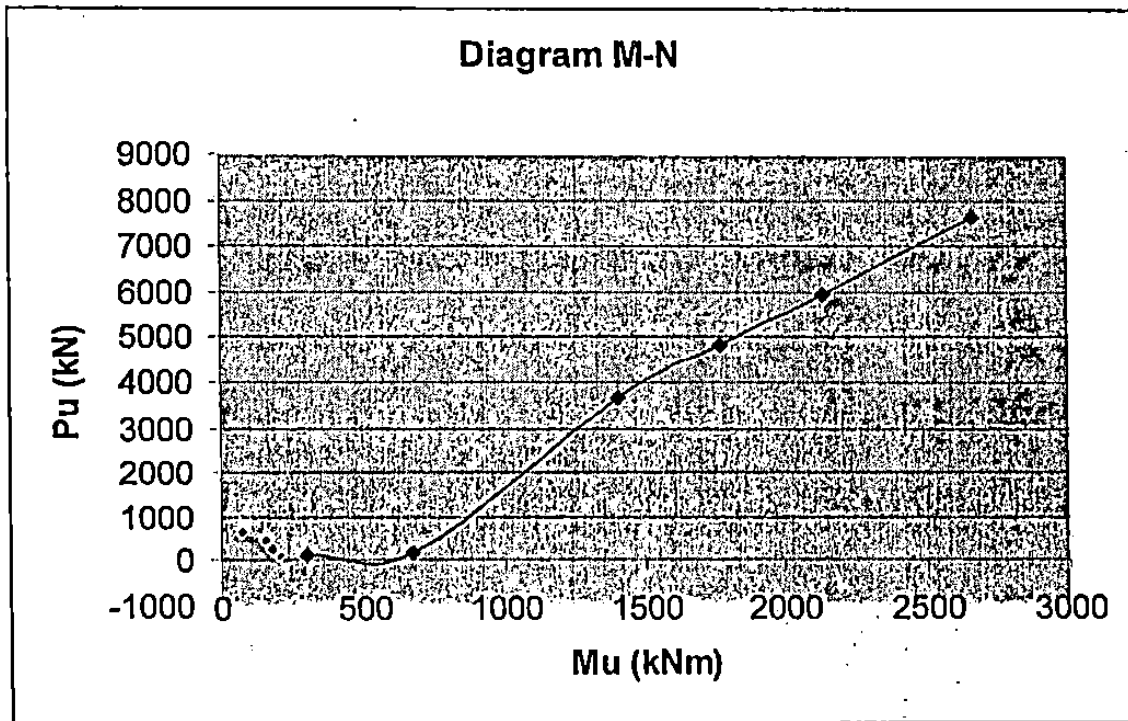
Dengan demikian susunan tulangan pada elemen shear wall lantai 4 s/d 5 adalah sebagai berikut.



Gambar 4.4. Susunan Tulangan Pada Shear Wall Lantai 4 s/d 5.

Berdasarkan persyaratan jarak tulangan vertikal pada daerah sendi plastis sebesar 200 mm maka tidak dimungkinkan tulangan pada *shear wall* pada lantai 4 s/d 5 dipasang sesuai dengan hitungan yang ada. Dengan demikian tulangan yang terpasang sama dengan tulangan pada lantai 1 s/d 3, oleh sebab itu tidak perlu dicek kekuatan tulangan yang ada karena berdasarkan perencanaan elemen shear wall pada lantai 1 s/d 3 tulangan yang terpasang telah aman.

Dengan demikian berdasarkan nilai gaya normal dan momen pada berbagai variasi letak garis netral maka dapat dicek kapasitas tegangan yang terjadi pada *shear wall* lantai 1 s/d 5, dengan menggunakan diagram interaksi M-N seperti pada gambar 4.5 dibawah ini



Gambar 4.5. Diagram Interaksi M-N Pada Elemen Shear Wall Lantai 1 s/d 5

Berdasarkan Diagram Interaksi M-N diatas, maka tulangan yang terpasang pada shear wall lantai 1 s/d lantai 5 mampu menahan beban yang