

BAB V

PEMBAHASAN

5.1 Umum

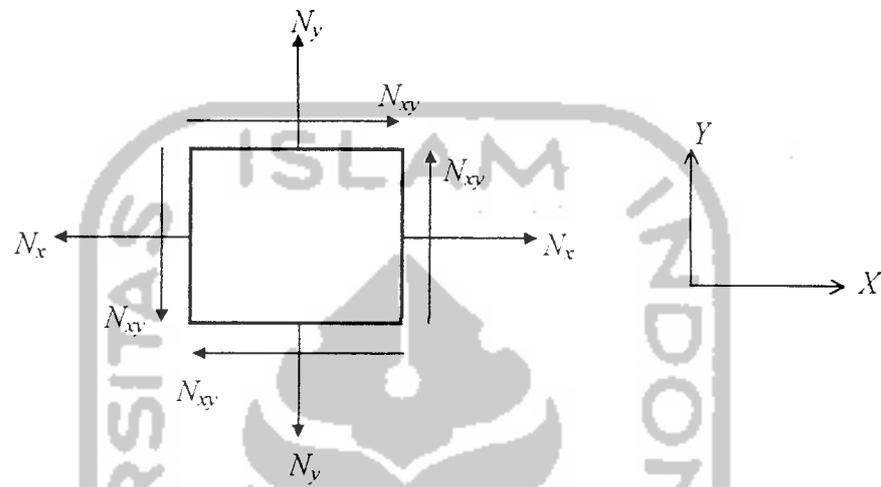
Seperti telah disebutkan pada bab sebelumnya bahwa ruang lingkup Tugas Akhir ini dibatasi hanya masalah struktur atap cangkang Paraboloid Hiperbolik dan balok tepi, maka pembahasan yang dilakukan meliputi tinjauan gaya-gaya yang terjadi pada atap cangkang dan balok tepi dalam hubungannya dengan desain tulangan, serta tinjauan terhadap kestabilan atap cangkang.

5.2 Tinjauan Gaya-Gaya yang Terjadi

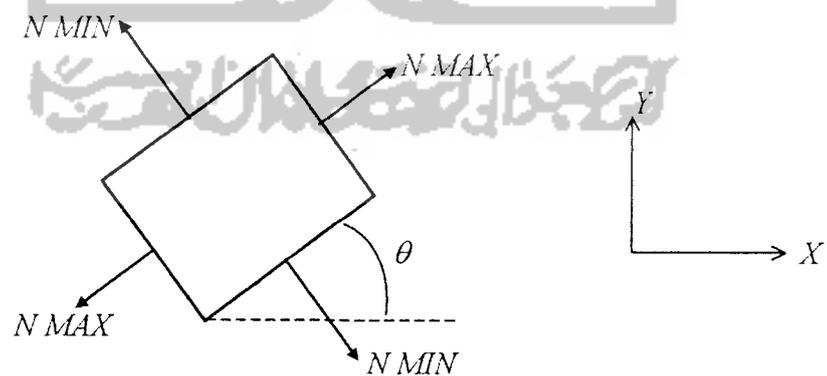
5.2.1 Gaya-gaya pada plat cangkang

Gaya-gaya yang terjadi pada plat cangkang yaitu akibat aksi membran dan aksi lentur dari hasil analisis struktur dengan SAP90 terdiri dari gaya-gaya yang bekerja pada arah transversal (sejajar sumbu X), pada arah longitudinal (sejajar sumbu Y), pada arah diagonal, serta gaya-gaya yang bekerja pada arah gaya atau tegangan utama (gaya-gaya MAX dan MIN). Dengan kata lain, hasil SAP90 memberikan nilai gaya atau tegangan dalam dua arah, yaitu pada arah gaya atau tegangan yang umum (arah transversal, arah longitudinal dan arah diagonal), serta pada arah gaya atau tegangan utama (arah yang tergantung pada sudut θ). Arah

gaya atau tegangan yang umum serta arah gaya atau tegangan utama dapat dilihat pada gambar 5.1 dan 5.2 berikut.



Gambar 5.1 Arah gaya atau tegangan yang umum



Gambar 5.2 Arah gaya atau tegangan utama

Desain tulangan yang direncanakan pada bab sebelumnya menggunakan arah gaya atau tegangan yang umum (transversal, longitudinal dan diagonal). Apabila desain tulangan direncanakan dengan menggunakan arah gaya atau tegangan utama, harus diperhatikan besarnya sudut gaya atau tegangan utama yang terjadi yang diukur berlawanan arah dari jarum jam. Besar sudut pada arah gaya atau tegangan utama dapat dilihat pada tabel 5.1 berikut.

Tabel 5.1 sudut pada arah gaya atau tegangan utama

No. Elemen	N_{MAX} (kN/m)	N_{MIN} (kN/m)	sudut θ (°)	No. Elemen	N_{MAX} (kN/m)	N_{MIN} (kN/m)	sudut θ (°)
1	268,70	-408,40	32,70	33	42,577	-134,88	-74,53
2	640,31	195,24	32,09	34	42,982	-17,877	-87,04
3	351,20	-188,82	36,93	35	116,96	-51,689	-84,69
4	270,64	-61,533	46,63	36	140,79	-63,888	52,18
5	304,07	-61,533	46,63	37	91,028	-35,539	76,30
6	70,545	-156,05	63,37	38	53,493	-74,912	-74,75
7	342,81	-730,74	4,57	39	67,241	-138,88	-66,09
8	18,852	-692,57	-13,96	40	31,345	-132,70	60,47
17	66,864	-114,71	-27,24	49	9,4835	-52,581	-81,51
18	66,080	-245,47	-77,96	50	51,751	-43,996	-78,15
19	295,23	85,792	-39,31	51	51,636	-50,422	-82,90
20	148,90	-18,128	55,83	52	75,959	-54,003	-81,92
21	71,590	-927,99	9,00	53	94,808	-72,762	-81,18
22	91,915	-178,65	30,48	54	44,519	-73,669	-78,87
23	-132,72	-713,15	0,65	55	35,523	-95,936	-76,18
24	-77,474	-314,55	3,78	56	92,258	-101,72	-77,01

Dari tabel 5.1 terlihat bahwa besar sudut pada arah gaya atau tegangan utama besarnya berbeda-beda. Hal ini juga berlaku untuk arah gaya pada momen (M_{MAX} dan M_{MIN}) yang juga tergantung pada besarnya sudut θ .

5.2.2 Gaya-gaya pada balok tepi

Gaya-gaya yang timbul pada balok tepi dari hasil analisis struktur dengan SAP90 terdiri dari gaya-gaya yang bekerja pada bidang yang sejajar dengan tinggi dan bentang balok tepi (bidang 1-2), serta gaya-gaya yang bekerja pada bidang yang sejajar dengan lebar dan bentang balok tepi (bidang 1-3).

Akibat dari beban-beban vertikal yang bekerja pada atap cangkang, maka gaya-gaya yang timbul selain akibat dari pembebanan, juga diakibatkan oleh kelengkungan plat cangkang, sehingga gaya-gaya yang timbul akibat kelengkungan plat cangkang tersebut diuraikan ke arah vertikal (bekerja pada bidang 1-2) dan ke arah horisontal (bekerja pada bidang 1-3). Hal ini mengakibatkan desain tulangan pada balok tepi terdiri dari tulangan untuk menahan gaya-gaya yang bekerja pada bidang 1-2 dan tulangan untuk menahan gaya-gaya yang bekerja pada bidang 1-3.

5.3 Tinjauan Kestabilan Atap Cangkang

Kestabilan pada atap cangkang terutama didasarkan pada besarnya tegangan tekuk yang terjadi. Tegangan tekuk ini timbul akibat gaya aksial tekan yang bekerja pada atap cangkang.

Ditinjau dari letak tumpuannya, struktur atap cangkang Paraboloid Hiperbolik ini hanya ditumpu oleh balok tepi pada tepi-tepi memanjangnya, sehingga tegangan tekuk kritis ditinjau terhadap kelengkungan cangkang yang tegak lurus terhadap tumpuan (balok tepi). Nilai tegangan tekuk kritis tersebut dikalikan dengan faktor aman untuk memperoleh tegangan yang diijinkan,

kemudian tegangan ijin yang diperoleh tersebut dibandingkan dengan nilai tegangan tekan yang terjadi akibat gaya-gaya aksial tekan arah transversal.

Besarnya tegangan tekuk kritis pada cangkang :

$$\sigma_{cr} = \frac{2E}{\sqrt{3(1-\nu^2)}} \frac{fd}{a^2}$$

dimana : E = modulus elastisitas bahan beton (MPa)

d = tebal plat cangkang (mm)

f = tinggi puncak parabola dari tumpuan (mm)

a = setengah bentang jarak antar tumpuan (mm)

ν = rasio Poisson (untuk plat cangkang digunakan nilai $\nu = 0$)

sehingga :

$$\sigma_{cr} = \frac{2.27800}{\sqrt{3(1-0^2)}} \frac{10000.120}{12000^2} = 267,5056 \text{ MPa}$$

Tegangan batas praktis :

$$\sigma_{pr} = \frac{f'_c}{1 + \frac{f'_c}{\sigma_{cr}}} = \frac{35}{1 + \frac{35}{267,5056}} = 30,9056 \text{ MPa}$$

Tegangan tekan yang diijinkan pada cangkang :

$$\sigma_{per} = 0,25\sigma_{pr} = 0,25.30,9056 = 7,7376 \text{ MPa}$$

Nilai-nilai tegangan tekan (σ) akibat gaya aksial tekan arah transversal dapat dilihat pada tabel 5.2.

Tabel 5.2 Nilai tegangan tekan akibat gaya aksial tekan transversal

No. Elemen	N_x maks (kN/m)	σ (MPa)	No. Elemen	N_x maks (kN/m)	σ (MPa)
1	697,83	5,8153	33	125,92	1,0493
2	114,02	0,9502	34	70,150	0,5846
3	689,93	5,7494	35	73,089	0,6091
4	381,59	3,1799	36	110,36	0,9197
5	152,41	1,2701	37	68,535	0,5711
6	476,07	3,9673	38	111,71	0,9309
7	37,275	0,3106	39	129,00	1,0750
8	230,65	1,9221	40	142,62	1,1885
17	94,560	0,7880	49	51,288	0,4274
18	314,78	2,6232	50	50,343	0,4195
19	285,17	2,3764	51	48,860	0,4072
20	149,20	1,2433	52	52,091	0,4341
21	246,81	2,0568	53	71,608	0,5967
22	98,386	0,8199	54	82,207	0,6851
23	133,39	1,1116	55	88,433	0,7369
24	102,24	0,8520	56	179,51	1,4959

Dari tabel 5.2 di atas terlihat bahwa tegangan-tegangan tekan yang terjadi pada atap cangkang Paraboloid Hiperbolik lebih kecil dari tegangan tekan yang diijinkan, sehingga dapat dikatakan bahwa struktur atap cangkang tersebut mampu (aman/stabil) dalam menerima beban-beban yang bekerja.