

BAB II

TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Umum

Struktur cangkang telah banyak dikenal dalam penggunaan untuk pesawat terbang, peti kemas dan pada bangunan (atap, pondasi dan silo). Kekuatan cangkang untuk struktur tidak banyak digunakan pada masa lampau karena kesulitan dalam penggunaan materialnya. Teori cangkang adalah bagian dari elastisitas yang berhubungan dengan deformasi elastis di bawah pengaruh beban kerja. Untuk memudahkan, struktur cangkang dianggap homogen, isotropis dan elastis.

2.1.1 Definisi cangkang

Cangkang tipis adalah struktur tiga dimensi yang terdiri dari satu atau lebih plat lengkung atau plat lipat yang tebalnya kecil dibandingkan dengan dimensi struktur lainnya. Cangkang tipis mempunyai karakter perilaku daya dukung tiga dimensi yang ditentukan oleh bentuk geometrinya, oleh kondisi perletakan dan oleh sifat beban yang bekerja padanya (SK SNI T-15-1991-03).

2.1.2 Geometri struktur

Permukaan struktur cangkang dapat melengkung dalam satu atau dua arah. Permukaan yang melengkung dalam satu arah (lengkung tunggal) dapat

dikembangkan (dibuka). Contohnya adalah silinder dan kerucut. Permukaan yang melengkung dalam dua arah tidak dapat dikembangkan. Suatu permukaan dikatakan mempunyai lengkung positif jika titik-titik pusat jari-jari lengkung utama untuk setiap titik berada pada sisi yang sama terhadap permukaan, yaitu lengkungannya memiliki arah yang sama. Jika jari-jari utama berada pada sisi yang berlawanan dengan permukaan, maka struktur cangkang dikatakan berlingkungan negatif. Cangkang Paraboloid Hiperbolik dan Konoid adalah struktur cangkang yang berlingkungan negatif.

2.1.3 Perilaku struktur

Perilaku struktur yang ideal adalah memikul beban hanya dengan gaya-gaya membran atau sebidang dan menyebarkan gaya-gaya ini ke seluruh bagian secara merata. Untuk konstruksi busur (*arch*), keadaan ini akan tercapai bila bentuknya seperti untaian kabel yang dibebani. Untuk struktur cangkang, persyaratan ini tidak berlaku mutlak. Struktur cangkang memikul beban terutama dengan gaya-gaya membran jika kondisi tumpuannya tepat. Beban atau kekakuan struktur cangkang yang sangat bervariasi akan menghasilkan momen lentur sebagai pemikul beban atau pemulih kompatibilitas. Luas daerah yang mengalami lentur tergantung pada geometri struktur (Mark Fintel, 1987).

Sebagai akibat cara elemen struktur ini memikul beban dalam bidang (terutama dengan cara tarik dan tekan), struktur cangkang dapat lebih tipis dan mempunyai bentang yang relatif besar. Struktur setipis ini menggunakan material yang relatif baru dikembangkan, misalnya beton-bertulang yang didesain khusus untuk membuat permukaan cangkang.

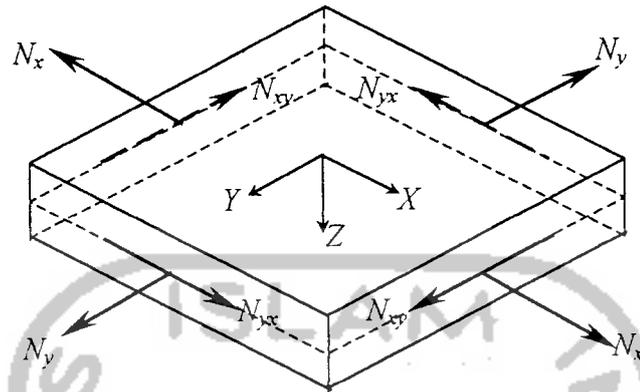
Struktur cangkang seperti kubah (*dome*) yang memiliki kelengkungan positif akan menyalurkan beban ke tumpuan terutama dengan gaya busur tekan jika struktur ditumpu di sepanjang tepinya. Gaya luar yang bekerja pada tepi struktur akan diredam dengan cepat. Cangkang dengan lengkungan negatif memanfaatkan gaya geser sebidang sebagai mekanisme utama. Struktur cangkang dengan lengkungan tunggal memiliki perilaku seperti balok lengkung yang tepi-tepi memanjangnya tidak ditumpu. Respon struktur cangkang dengan lengkungan negatif terhadap beban tepi umumnya berupa momen yang menyebar lebih jauh ke dalam struktur daripada yang dialami oleh cangkang dengan lengkungan positif.

2.1.4 Gaya-gaya dalam

Pengaruh tegangan dalam cangkang akibat beban luar dibedakan menjadi dua tipe, yaitu aksi membran dan aksi lentur.

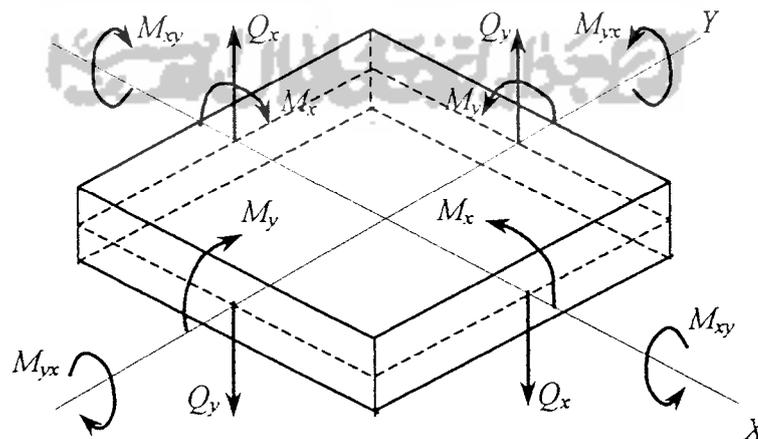
Pada aksi membran diasumsikan cangkang tidak mampu menahan momen dan beban luar yang tidak pada bidang permukaan. Jadi, hanya mampu pada bidang permukaan saja. Disini terdapat gaya-gaya dalam N_x , N_y , N_{xy} dan N_{yx} .

Gaya-gaya tersebut terlihat pada gambar 2.1.



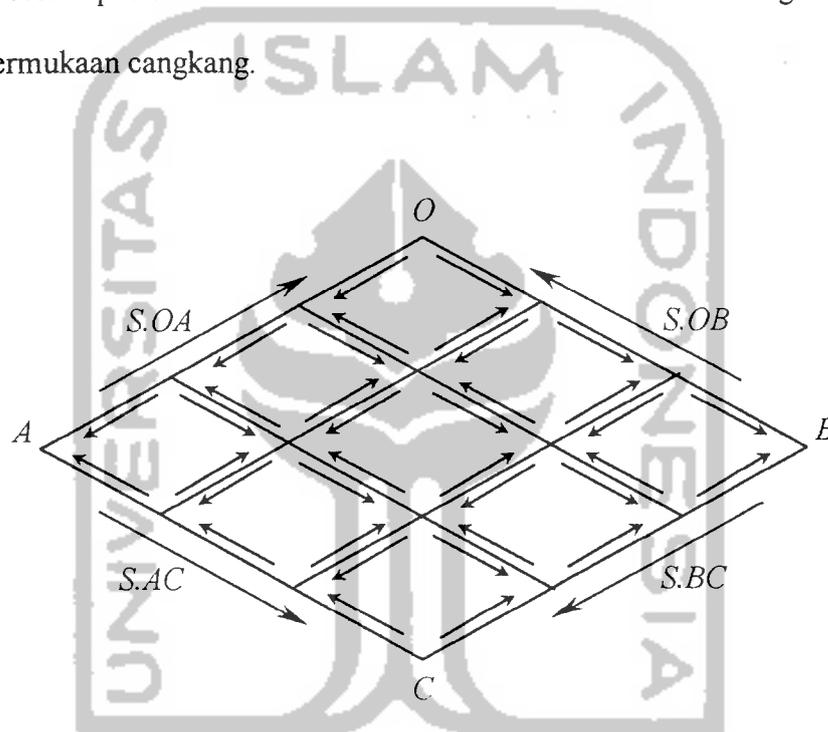
Gambar 2.1 Gaya-gaya dalam pada aksi membran

Pada aksi lentur terdapat gaya-gaya dalam berupa gaya geser (Q_x dan Q_y), momen (M_x dan M_y), dan momen torsi (M_{xy} dan M_{yx}). Gaya-gaya dalam pada aksi lentur terlihat pada gambar 2.2.



Gambar 2.2 Gaya-gaya dalam pada aksi lentur

Pada struktur cangkang juga bekerja gaya geser seperti terlihat pada gambar 2.3. Gaya geser interior dan perlawanannya membentuk persamaan keseimbangan. Gaya geser yang bekerja pada tepi OA , OB , AC , dan BC harus dilawan oleh bagian penopang tepi ($S.OA$, $S.OB$, $S.AC$ dan $S.BC$), seperti perletakan atau pengikat, sesuai posisi elemen struktur secara keseluruhan. Hal ini tergantung dari bentuk permukaan cangkang.



Gambar 2.3 Gaya geser yang bekerja pada cangkang

2.2 Macam-Macam Cangkang

Struktur cangkang tipis dapat dibedakan menurut metode pembentukannya dan bentuknya.

2.2.1 Metode pembentukannya

Menurut pembentukannya struktur cangkang dapat dibedakan menjadi dua, yaitu :

- a. Struktur cangkang putar yang dibentuk dengan memutar suatu garis lengkung terhadap suatu sumbu yang sebidang dengannya (*Shell of revolution*).
- b. Struktur cangkang translasional yang dibentuk dengan menggerakkan suatu garis lengkung terhadap garis lengkung lainnya (*Shell of translation*).

2.2.2 Bentuknya

Bentuk cangkang dapat dibagi menjadi dua, yaitu :

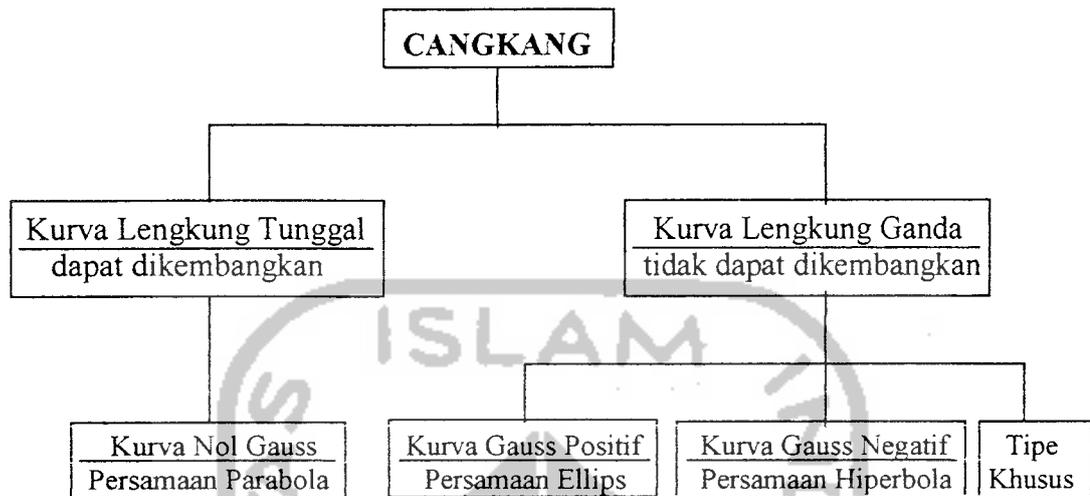
- a. Struktur yang memiliki lengkung tunggal.

Struktur jenis ini mempunyai sifat dapat dibuka, misalnya pada bentuk silinder (*cone*). Pada bentuk ini jika dibuka dapat menjadi empat persegi panjang atau bentuk juring datar.

- b. Struktur yang memiliki lengkung ganda.

Pada struktur ini tidak memiliki ciri-ciri seperti struktur yang memiliki lengkung tunggal. Jadi, struktur ini bila dibuka tidak ditemui suatu bentuk tertentu atau tidak akan merupakan bidang datar akibat pembebanan.

Gambar 2.4 memperlihatkan penggolongan struktur cangkang secara garis besar (G.S. Ramaswamy, 1968).



Gambar 2.4 Penggolongan struktur cangkang

2.3 Cangkang Paraboloid Hiperbolik

Dari klasifikasi cangkang dapat diketahui bahwa cangkang Paraboloid Hiperbolik termasuk cangkang yang memiliki kurva lengkung ganda dan dibentuk dari kurva yang digerakkan terhadap kurva lain.

2.3.1 Macam-macam atap cangkang Paraboloid Hiperbolik

Atap cangkang Paraboloid Hiperbolik mempunyai tiga tipe bentuk struktur, yaitu :

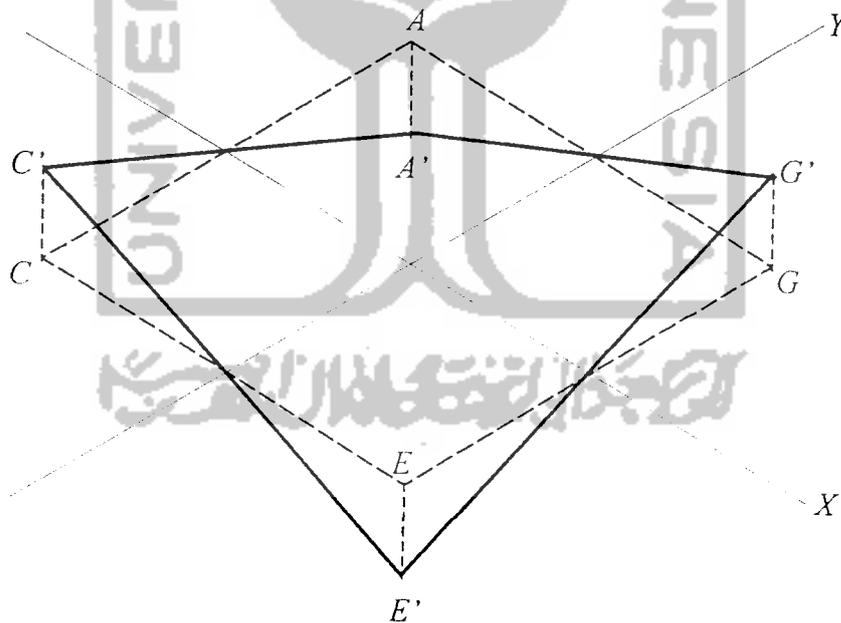
- a. tipe pelana (*saddle type*)
- b. tipe payung (*umbrella type*)
- c. tipe payung terbalik (*inverted-umbrella type*)

2.3.2 Definisi permukaan

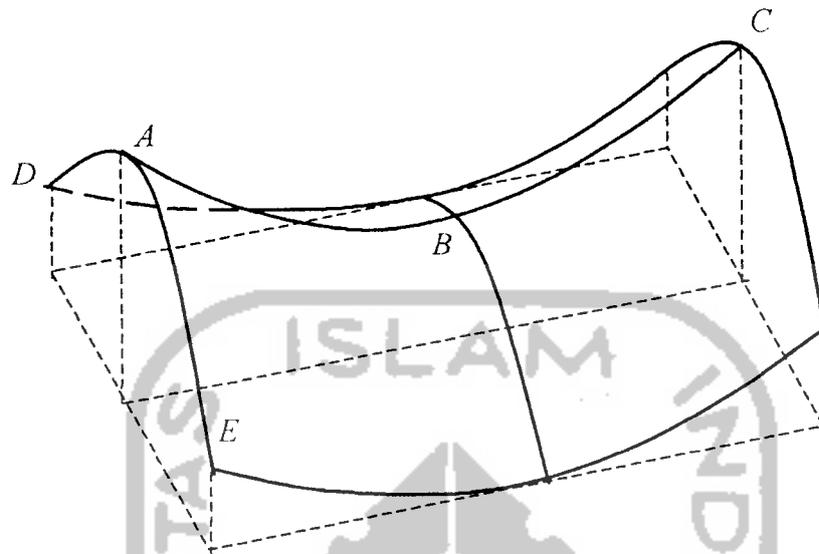
Permukaan lengkung ganda Paraboloid Hiperbolik didefinisikan sebagai jajaran genjang yang dilengkungkan atau seperti sebuah kurva yang digeser.

Pertama, permukaan dapat diperlihatkan sebagai persegiempat horisontal $ACEG$ seperti pada gambar 2.5. Persegiempat tersebut dilengkungkan oleh gerakan vertikal dari A, E, C dan G ke posisi baru A', E', C' dan G' .

Atau dapat juga dibentuk dengan cara menggerakkan sebuah parabola DAE sepanjang parabola ABC seperti pada gambar 2.6.



Gambar 2.5 Pembentukan struktur cangkang dari persegi empat



Gambar 2.6 Pembentukan struktur cangkang dari gerak kurva

2.4 Komponen Penunjang pada Cangkang

Seperti struktur lainnya, struktur cangkang juga ditumpu oleh balok dan kolom. Karena kolom di tengah-tengah ruangan dapat dihindari, maka struktur cangkang hanya ditumpu oleh balok-balok dan kolom-kolom di pinggir ruangan.

Gaya-gaya yang bekerja pada struktur cangkang diteruskan menuju tumpuan tepi, dalam hal ini adalah balok tepi. Balok tepi memikul beban yang bekerja secara transversal dari panjangnya dan mentransfer beban tersebut ke kolom vertikal yang menumpunya. Kolom tersebut dibebani secara aksial oleh balok, kemudian mentransfer beban tersebut ke tanah.

2.4.1 Balok tepi

Balok tepi berfungsi menerima beban dari struktur cangkang. Balok tepi menerima beban yang bekerja secara transversal dan longitudinal. Beban-beban

yang bekerja secara transversal adalah beban-beban berat sendiri balok dan beban-beban dari struktur cangkang. Beban-beban yang bekerja secara longitudinal adalah gaya-gaya geser pada tepi struktur cangkang.

2.4.2 Kolom

Kolom adalah batang tekan vertikal dari struktur yang menerima beban dari balok tepi. Kolom meneruskan beban-beban dari elevasi atas ke elevasi yang lebih bawah hingga akhirnya sampai ke tanah melalui pondasi. Karena kolom merupakan komponen tekan, maka keruntuhan pada suatu kolom dapat menyebabkan runtuhnya lantai yang bersangkutan.

Keruntuhan kolom struktural merupakan hal yang sangat berbahaya. Oleh sebab itu, dalam merencanakan kolom perlu lebih diperhatikan kekuatannya, yaitu dengan memberikan kekuatan cadangan yang lebih tinggi daripada yang dilakukan pada perencanaan balok, terlebih lagi karena keruntuhan komponen tekan tidak memberikan peringatan awal yang cukup jelas.