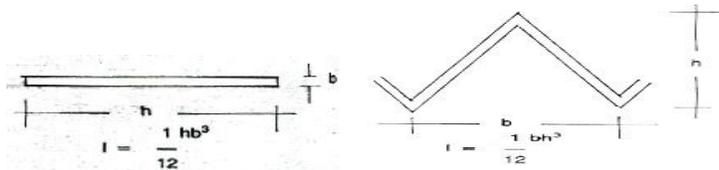


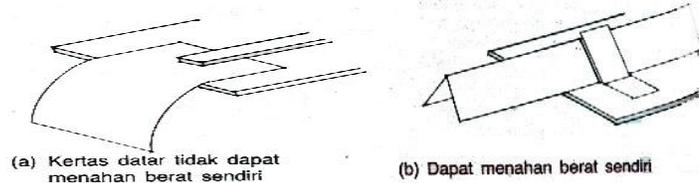
STRUKTUR PERMUKAAN BIDANG

1. STRUKTUR LIPATAN

Bentuk lipatan ini mempunyai kekakuan yang lebih dibandingkan dengan bentuk-bentuk yang datar dengan luas yang sama dan dari bahan yang sama pula. Karena momen energi yang didapat dari bentuk lipatan akan jauh lebih besar daripada momen energi yang didapat dari bidang datar. Dari hasil perhitungan untuk lipatan harga momen energi : $I = 1/12 bh^3$, sedangkan untuk bidang datar didapat hasil : $I = 1/12 hb^3$



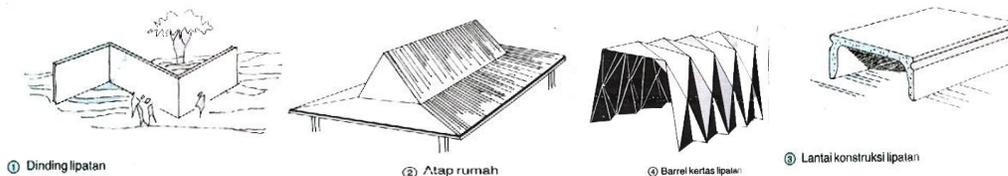
Dengan bentuk lipatan ini, gaya-gaya akibat benda sendiri dan gaya-gaya luar dapat di tahan oleh bentuk itu sendiri



Maka di sini dapat kita ambil suatu pengertian atau defenisi untuk bentuk konstruksi lipat, yaitu: bentuk yang terjadi dari lipatan dari bidang-bidang datar di mana kekakuan dan kekuatannya terletak pada keseluruhan bentuk itu sendiri.

a. Konstruksi lipatan

berdasarkan bentuk-bentuk yang ada pada alam, manusia mencoba untuk mempergunakan bentuk-bentuk itu untuk kebutuhan hidupnya. Bentuk lipatan ini sekarang banyak dipergunakan untuk dinding, atap, lantai, bangunan dengan

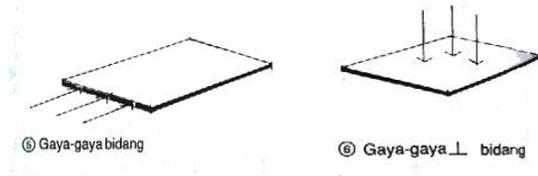


berbagai bahan dan bentuk,

b. Penyaluran gaya

Sebelum kita meninjau penyaluran gaya pada konstruksi lipatan, terlebih dahulu kita meninjau gaya pada bentuk datar. Dalam satu bidang datar semua gaya yang bekerja dapat diuraikan menjadi:

Gaya sejajar dan gaya tegak lurus. Gaya sejajar bidang akan lebih kuat untuk dipikul bidang tersebut daripada jika gaya dengan besar yang sama tersebut bekerja tegak lurus



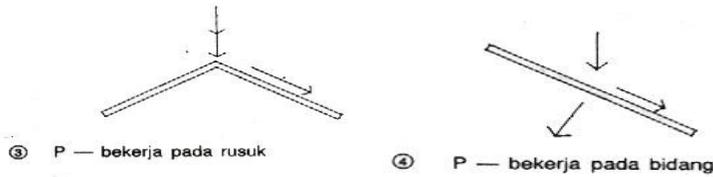
Selain itu bidang datar lebih mudah jatuh dibandingkan dengan bentuk lipatan. Hal ini disebutkan tidak adanya titik kumpul penahan gaya dan setiap titik menjadi penahan gaya dan momen. Jika gaya tersebut bekerja pada lipatan, maka akan terjadi sbb:



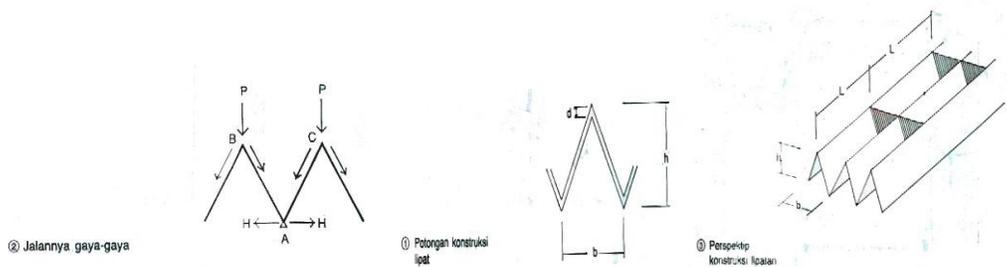
Gaya dengan arah memanjang akan dipikul oleh bidang datar dari lipatan. Gaya dengan arah melintang, yang diuraikan menjadi dua gaya di mana masing-masing besarnya lebih kecil daripada gaya arah melintang tersebut



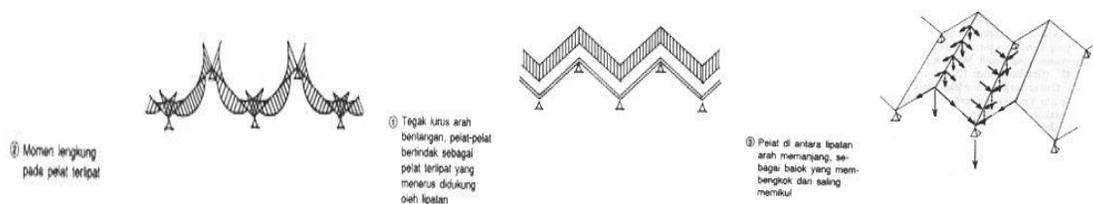
Untuk gaya P yang bekerja pada tengah-tengah bidang, gaya diuraikan menjadi gaya sejajar bidang dan gaya tegak lurus. Sedangkan untuk gaya P yang bekerja pada rusuk-rusuk lipatan(garis lipatan) akan diuraikan sejajar pada masing-masing bidang datar yang berselisihan itu . Besarnya kemiringan bidang datar menentukan besarnya gaya bekerja



Untuk menjaga perubahan bentuk lipatan, maka perlu untuk mempertahankan jarak h dan b serta tebal d . Gaya P yang bekerja pada rusuk (B) dan (C) dan gaya H yang bekerja pada rusuk (A) akan mengakibatkan perubahan besar pada jarak b dan h . Karena itu rusuk-rusuk (A),(B),(C), harus dipegang dan ditahan dengan jalan: tumpuan dipegang teguh, atau rusuk merupakan sesuatu yang kaku. Jadi disini dapat ditrangkan, bahwa yang sebenarnya menahan gaya-gaya adalah tiap-tiap bidang, sedangkan rusuk-rusuk berfungsi sebagai pemegang dan pengaku bidang. Bidang lipatan ini ada kemungkinan akan dapat melentur, tergantung kepada panjang L . Untuk harga h dan b panjang L harus ditentukan supaya tak terjadi lenturan tersebut.



Pada tempat-tempat mencapai panjang L tersebut, diadakan bidang pengaku yang menahan terjadinya lenturan. Momen lentur yang terjadi ini adalah akibat beban merata pada lipatan atau akibat beban sendiri. Besarnya momen yang terjadi tergantung dari besarnya sudut. Makin besar sudutnya makin besar momen yang



terjadi Menurut pengalaman, sudut yang paling efektif adalah sudut 45° .

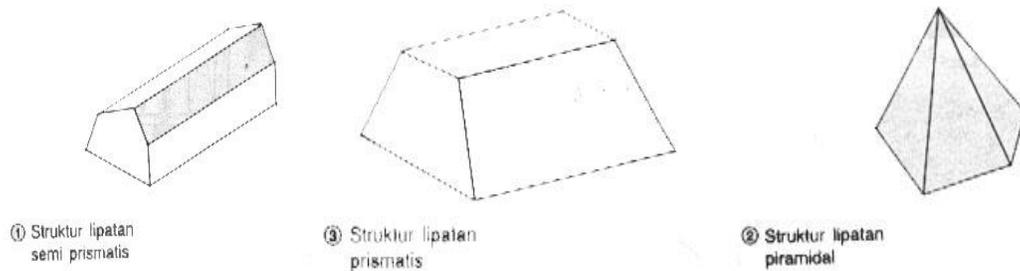
Dari uraian gaya yang telah diterangkan, dapat disimpulkan bahwa pada konstruksi lipatan yang sangat perlu diperhatikan ialah: pencegahan adanya deformasi dan kekakuan harus dicapai

c. Bentuk dasar

Bentuk prismatis ialah bentuk yang terdiri dari bidang-bidang datar bersudut siku-siku dan bidang-bidang yang melintang tegak lurus pada kedua belah sisi ujung bidang datar bersudut siku-siku tersebut,

Bentuk piramidal ialah bentuk yang terdiri dari bidang-bidang datar berbentuk segitiga.

Bentuk semiprismatis ialah bentuk yang terjadi dari gabungan kedua di sisi atas.



d. Keuntungan dan kerugian struktur lipatan

segi konstruksinya adalah sebagai bidang vertikal yang dapat menggantikan kolom-kolom dan sekaligus menjadi *bearing wall*

bidang horizontal dapat menggantikan balok-balok.

Ditinjau dari segi bentuknya, maka bentuk konstruksi lipatan sangat sesuai untuk bentuk-bentuk baik pula untuk digunakan mengatur akustik dan cahaya. Hanya kesulitannya di Indonesia mengenai pelaksanaannya berhubungan kekurangan alat yang modern dan tenaga yang terlatih.

2. STRUKTUR CANGKANG (Shell-Structure)

Dalam alam dikenal bentuk perisai dari tumbuh-tumbuhan maupun binatang, meskipun tipis tetapi relative kuat dan kokoh, seperti kulit buah labu yang kering, kulit telur, kulit kerang dan kulit tempurung kepala kita.

Struktur cangkang adalah pelat yang melengkung ke satu arah atau lebih yang tebalnya jauh lebih kecil daripada bentangnya. Gaya-gaya yang harus didukung dalam struktur cangkang disalurkan merata melalui permukaan bidang sebagai gaya-gaya membran yang diserap oleh bentuk strukturnya. Dengan demikian tidak terdapat gaya lintang dan momen lentur. Struktur cangkang dapat dibangun setelah:

1. Ditemukan beton bertulang sebagai bahan bangunan yang dapat memikul tegangan tarik maupun tekan.
2. dikembangkannya teori membran yang digunakan sebagai dasar untuk menghitung struktur cangkang.

a. Penyaluran gaya dalam cangkang

Dalam struktur cangkang murni semua gaya-gaya yang disalurkan melalui permukaan bidang sebagai gaya-gaya normal, dengan demikian tidak terdapat gaya-lintang dan gaya lentur. Gaya normal yang bekerja merata melalui permukaan bidang ini dikenal sebagai gaya-gaya membrane.

Pada balok, gaya-gaya dipikul oleh materinya, sedangkan pada cangkang, bentuk itu sendiri memikul gaya. Jadi dalam struktur cangkang bentuknya memegang peranan besar.

b. Bentuk-bentuk dasar dari cangkang

Dalam analisa geometric pembagian bentuk didasarkan atas hukum aljabar dan *transcendental surface*. Atas dasar ini bentuk-bentuk cangkang di sini dibagi menurut kelengkungan permukaan sebagai berikut:

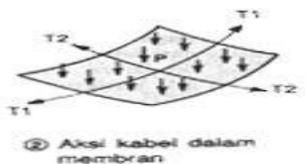
1. Cangkang melengkung ke satu arah
2. Cangkang melengkung ke dua arah
3. Cangkang dengan bentuk bebas (*free form*)

3. MEMBRAN DAN STRUKTUR MEMBRAN

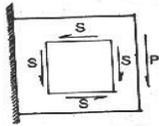
A. Membran

Membran adalah suatu lembaran bahan tipis sekali dan hanya dapat menahan gaya tarik murni. *Soap film* adalah membran yang paling tipis, setipis kira-kira 0,25 milimeter yang dapat membentang lebar. Suatu struktur dapat bertahan dalam dua dimensi, tidak dapat menerima tekan dan geser karena tipisnya terhadap bentangan yang besar

Terlihat sepotong membran yang memikul beban sebagai gaya normal. Elemen melendut dan mengadakan lengkungan pada bidang itu dalam dua arah yang satu tegak lurus terhadap lainnya seperti dua kabel menahan beban

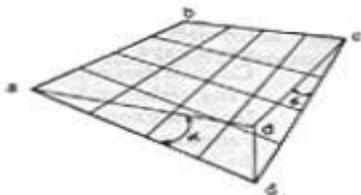


Dapat dibuktikan bahwa sepotong bahan kertas yang tipis dapat menahan gaya geser dengan cara dibebani oleh gaya oleh gaya di sisi tepi yang tidak terapat, dan timbul gaya tangensial. Beban tegak lurus pada kertas tidak dapat dipikul.

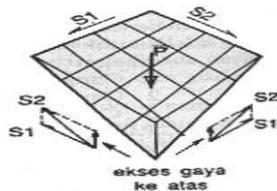


③ Perkembangan geser pada bidang membran

Sepotong membrane bujur sangkar yang miring ke arah satu sudut. Sisi a – d' miring terhadap sisi a – d, dan sisi c – d' miring terhadap sisi c – d; selisih d – d' ini disebut kemiringan geometri dari permukaan membran



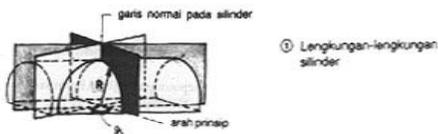
④ Pemutarannya geometri



⑤ Bagian gaya normal yang dipukul oleh gaya geser membran

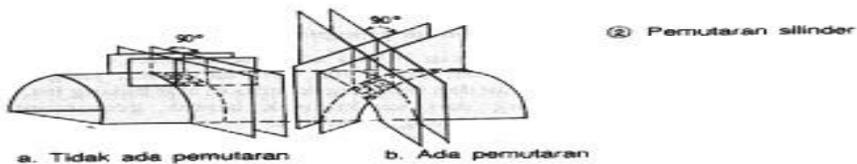
b) lengkungan dan tekanan membran prinsipal

Gambar di bawah, tampak bahwa pada sumbu memanjang tidak ada pemotongan lengkungan tetapi garis lurus. Tegak lurus pada pemotongan lengkungan itu adalah minimum dan pemotongan-pemotongan lainnya lebih memanjang.



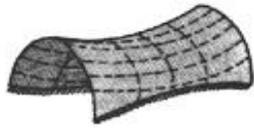
Gambar(a) memperlihatkan bahwa pemotongannya mendatar tidak ada pemutarannya dan garis lain tegak lurus padanya

Gambar(b) memperlihatkan adanya pemutarannya adanya garis-garis sehingga menjadi jajaran genjang.



Pada gambar di bawah ini, tampak garis-garis dair prinsip lengkungan secara garis besar. Tegangan tarik pada suatu titik dari membrane tidak sama besar, tetapi tergantung kepada arah masing-masing lengkungan. Garis-garis prinsip untuk tegangan disebut *garis-garis*

trayektori tegangan pada bentuk permukaan geometri suatu membrane yang tergantung dari sifat bentuk permukaan dan cara pembebanan beserta kondisi dari perletakan atau landasan



① Garis-garis lengkungan prinsipial

c. Struktur membran

Walaupun membran tidak begitu stabil tidak begitu stabil, dapat di carikan untuk dimanfaatkan sebagai struktur. Keuntungan struktur ini ialah ringan, ekonomis dan dapat membentang luas.

Aksi struktur membran dapat ditingkatkan daya tariknya dengan tarikan sebelum pembebanan.

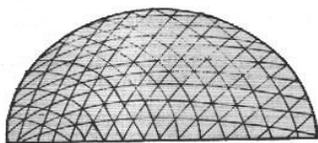
4. STRUKTUR PNEUMATIK

Bentuk struktur pneumatik adalah karakteristik merupakan lengkungan dua arah dari lengkungan sinklastik. bentuk dengan lengkungan searah dan lengkungan anti klasik tidak mungkin digunakan..

Lengkungan kubah adalah bentuk yang cocok untuk struktur membran pneumatic, karena dapat menutupi ruangan dan dapat di tekan oleh udara yang besarnya atau kecepatannya sama ke semua arah.

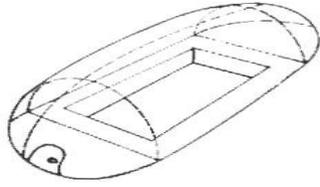
Tegangan membrane dalam bola atau dalam kubah bergantung pada tekanan udara dari dalam dan garis radius, yakni $\sigma = 1/2 \cdot p \cdot r$ (p = tekanan udara, r = radius kubah)

Kubah Birdair yang dapat menutup bentangan 300 meter, kabel-kabelnya diletakkan pada anyaman segitiga dengan jarak 3 meter



② Kubah pneumatik oleh Birdair

Tekanan lebih udara hanya $0,0095 \text{ kg/cm}^2$ sudah cukup untuk menahan struktur itu Pintu untuk masuk orang mengurangi tekanan udara bila terbuka, tetapi tidak berpengaruh karena volume udara dalam ruang jauh lebih besar daripada lubang pintu



④ Atap pneumatik penutup kolam renang

Tekanan dinamis dari angin yang berkembang, di masukkan ke dalam bangunan kubah, disalurkan melalui pipa-pipa yang berakhir pada lubang-lubang datar untuk mengatur perbedaan-perbedaan tekanan udara.

Atap membrane dapat di buat dari kain, plastic, baja aluminium dan beton tulang. Dari membrane metal dapat di buat atap bulat yang memikul beban dengan daya tarik cukup kaku dan sifatnya permanent.

Beton tulang dengan tulangan baja gradasi tinggi atau beton prategang dapat menahan gaya tarik yang besar. Metal ringan cenderung akan meleku, sedangkan beton tidak, maka tebalnya beton perlu ditingkatkan. Tetapi bilamana cenderung tebal akan mempunyai ciri khas dari pelat