

## **BAB II**

### **TINJAUAN PUSTAKA**

#### **2.1. *Folding Architecture***

*Folding Architecture* merupakan teknik pencarian bentuk menggunakan media kertas. Menurut Taliawo dkk (2018), media kertas adalah media yang dekat dengan semua kalangan terlebih para arsitek. Konsep arsitektur *folding* memandu arsitek untuk memberikan perlakuan terhadap media kertas tersebut. Perlakuan tersebut mewujudkan selembar kertas menjadi sebuah bentuk unik berdimensi. Perlakuan ini merupakan kegiatan yang sudah cukup biasa dan sangat luas, mulai dari melipat, membuka, menggandakan, memotong, menggulung, bentuk dan masih banyak lagi (Gregory et al., 2017).

##### **2.1.1. Definisi *Folding***

Gilles Deleuze mengangkat teori lipat dalam bidang filsafat dan memulai diskusi di alam yang berbeda seperti bahasa, bioskop dan sampai batas tertentu dalam arsitektur. Dan kemudian tokoh arsitektur seperti Peter Eisenman, Greg Lynn, Jeffry Kipnis dan beberapa orang lain mulai menerapkan filosofi Deleuze dalam proses konseptualisasi. Adapun ungkapan pendapat para tokoh arsitektur dalam mendefinisikan *folding* sebagai berikut.

- Gilles Deleuze

Menurut Deleuze (1993), “*a fold is always within a fold and the smallest element of the continuous is not the point which is never a part but is the fold*”. Pada *fold* tersebut terdapat dua bagian berbeda dari sebuah materi yang sulit untuk dipisahkan karena bergantung pada kekuatan energi di sekelilingnya. Deleuze juga mengaitkan ide mengenai *fold* dengan sebuah *object event*. “*This new object for Deleuze is not concerned with framing space but rather with a time based alteration that implies a continuous change of matter, un through the agency of the fold.*”. Bahwa objek itu tidak hanya dapat dijelaskan melalui bentuk, tetapi dapat dikaitkan hubungannya dengan waktu, dalam kata lain bentuk dalam *fold* selalu berubah-ubah dan tidak mempunyai kesamaan satu-sama lain bila digunakan dalam masa maupun kondisi serta bangunan yang berbeda.

- Peter Eisenman

Peter Eisenman dalam Adams (1995), “*Foldings` potential in creating space can be used as a generative strategy for catering to the new trends of corporate organisation structuring.*” Eisenman mengaplikasikan karakteristik Folding dalam lingkungan sosial dimana *folding* merupakan cara dalam pengembangan suatu lingkungan yang menjadi penghubung antara sosial, budaya, ekonomi dengan lingkungan sekitarnya.

- Jeffrey Kipnis

Menurut Jeffrey Kipnis dalam Lynn (1993), menjelaskan *folding* dengan cara lain, yaitu dengan menggunakan istilah *de-formation*. “*De-Formation can be defined as that which highlights new aesthetic forms like folding, smoothing and their role in the engenderment to new spatial typologies*”. Dalam kata lain, terminologi tersebut bisa dihubungkan dengan objek-objek yang dapat merefleksikan pergantian dari sebuah konsentrasi akan semiotik menuju kepada geometri, tipologi, maupun event. Konsep “*fold*” dalam *de-formation* ini menurutnya, mirip seperti yang telah dijelaskan oleh Deleuze dalam bukunya. “*Fold*” dapat dijelaskan dengan membandingkan aspek filosofis, seni, dan lain-lain. Hubungan antara bentuk yang terbangun dan kondisi site, dan pengaruh-pengaruh kontekstual lainnya dari *folding* dapat dimengerti dengan baik dengan menggunakan teknik-teknik arsitektural.

- Greg Lynn

Menurut Lynn (1993), “*if there is a single effect produced in Architecture by folding it will be the ability to integrate unrelated elements within a single mixture.*” Lynn menggunakan teori kuliner dalam pandangannya terhadap *folding* dengan menggunakan istilah-istilah seperti memukul, menyatukan, memotong, merobek-robek, pencampuran dll. Ia mengatakan bahwa campuran harus merupakan elemen yang menjaga keutuhan dalam penyatuan elemen *fold* lainnya yang terus menerus. Lynn menggunakan istilah ‘campuran’ (*blending*) dalam keterkaitannya dengan teori kuliner dimana jika beberapa bahan dicampur, bahan-bahan tersebut dapat mempertahankan karakteristiknya.

Inilah yang membuat makna *folding* bukan hanya sekedar lipat-melipat bidang, namun dapat disimpulkan sebagai proses transformasi bentuk yang terbentuk dari sebuah bidang dua dimensi yang diolah sesuai dengan karakteristik sebuah lembaran bidang yang cenderung memiliki sifat dinamis dan menghasilkan bentuk yang berbeda-beda, untuk dapat diwujudkan dalam sebuah bentukan tiga dimensi yang membentuk sebuah dimensi ruang dan dapat menampung kegiatan manusia didalamnya.

### **2.1.2. Penggunaan Metode *Folding* Dalam Karya Arsitektur**

Metode *folding* memiliki beberapa persamaan dan kriteria yang dapat diwujudkan apabila akan diterapkan pada perancangan arsitektur, apabila dalam *folding* dituntut merubah bentuk lembaran bidang menjadi suatu bentuk lain yang memiliki makna dan nilai tertentu, sedangkan dalam arsitektur juga dituntut untuk merubah/ menciptakan sebuah ruang menjadi lebih baik dan bermakna dengan cara mengolah dan mewadahi kebutuhan manusia yang ada di dalamnya. Maka untuk memadukan keduanya munculah sebuah pendekatan *folding architecture* yaitu proses merubah suatu bidang dua dimensi yang diolah sedemikian rupa dan dengan teknik tertentu untuk menghasilkan sebuah bentukan ruang tiga dimensi yang didalamnya dapat difungsikan maupun dimasukkan berbagai fasilitas untuk mewadahi kegiatan manusia.

Dalam menghasilkan sebuah bentukan massa, hal yang terpenting adalah mengetahui proses penciptaannya. Mencoba mengutarakan apa yang ada dalam pikiran menuju ke suatu benda terwujud. Dan penjelasan yang paling baik akan hal tersebut adalah dengan mendemonstrasikan/ mempraktekannya. Karena apa yang diutarakan tanpa percobaan secara langsung, dapat membuat persepsinya menjadi sulit bahkan salah dimengerti. Dan mengerti bagaimana cara membuatnya dan juga tahap-tahap untuk mendapatkan bentuk dari tahap awal sampai menuju tahap akhir adalah hal yang paling penting. Dalam proses pengerjaannya memerlukan suatu tindakan *trial-error* untuk mendapatkan sebuah bentuk dan ruang yang diinginkan, dan proses inilah yang membuat suatu karya tidak dapat sama persis dengan karya yang lainnya. Sama halnya seperti yang ditulis Vyzoviti (2003), bahwa *folding* merupakan proses generatif yang selalu berubah-ubah sesuai dengan waktu,

lingkungan, ruang, serta fungsi yang akan diwadahnya walaupun dilakukan melalui proses yang sama.

### **2.1.3. Proses Generatif Dalam *Folding Architecture***

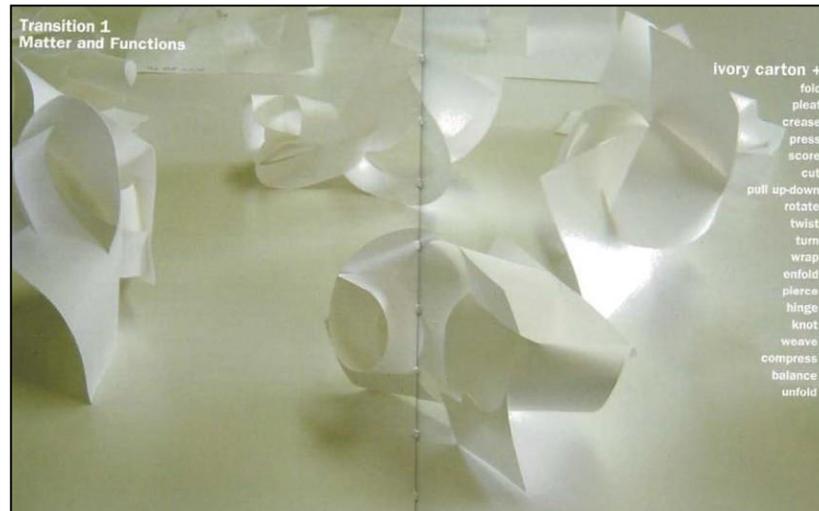
Menurut Vyzoviti (2003), “*Folding as a generatif process in architectural design is essentially experimental: agnostic, non-linear and bottom up*”. *Folding* berpotensi menghasilkan ruang yang dapat digunakan sebagai strategi yang generatif untuk mengantarkan kepada tren baru pada struktur organisasi yang ada. Proses *folding* dalam arsitektur ditekankan pada eksperimen – eksperimen model bentuk yang dilakukan. Proses pembentukan model tersebut menjadi poin utama dalam proses *folding* ini, dengan cara atau proses yang sama sekalipun, tidak akan menjamin suatu hasil *folding* memiliki kesamaan persis satu sama lainnya.

Berdasarkan kedinamisan bentuk serta fleksibilitasnya, fungsi dari *folding* tersebut dapat diartikan sebagai generator perancangan dengan fase-fase transisi. Fase – fase perancangan tersebut menurut Vyzoviti (2003) adalah:

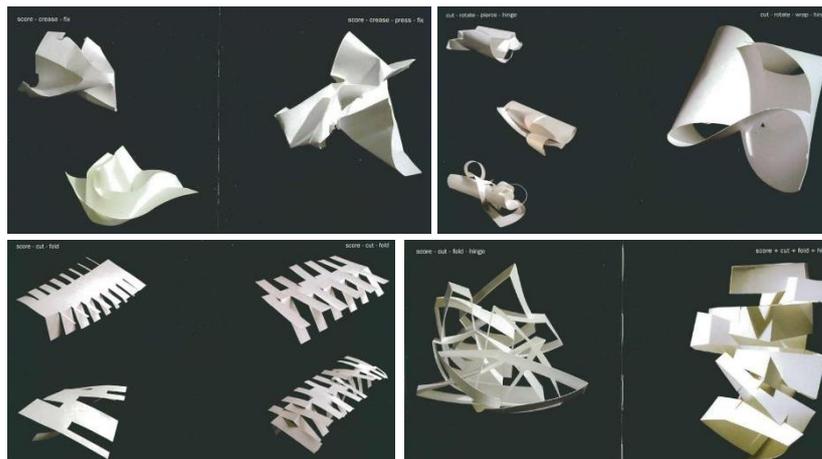
#### *a. Matter and Functions*

Sebuah bidang datar seperti material kertas dapat digunakan dalam proses penemuan bentuk ini, karena karakteristik dari material ini yang mudah dilipat sehingga material tersebut menjadi lebih bermassa dan dapat berdiri dengan strukturnya sendiri. Pada gambar 2.1 terlihat dengan mentransformasikan selembar kertas dua dimensi ke dalam keadaan yang lebih bermassa tiga dimensi, melalui sebuah perlakuan dan mempertahankan kesatuan dari material tersebut. Perlakuan tersebut bersifat intuitif, melipat/membuka, menekan, meremas, melipit, merobek, memutar, memuntir, menarik, membungkus, melilit, menusuk, menggantung, memampatkan, mengikat, dan lain sebagainya (lihat gambar 2.2). Memaknai sebuah proses lipatan ini sebagai diagram dalam mewadahi beberapa fungsi yang ada, proses ini dapat menghasilkan sebuah karakteristik baru/

transformasi dalam usaha pengaktualisasian bentuk. Dengan proses ini maka perancang dapat dengan bebas mengekspresikan bentuk yang diinginkannya.



**Gambar 2. 1** *Matter dan function*  
Sumber: Vyzoviti, 2003

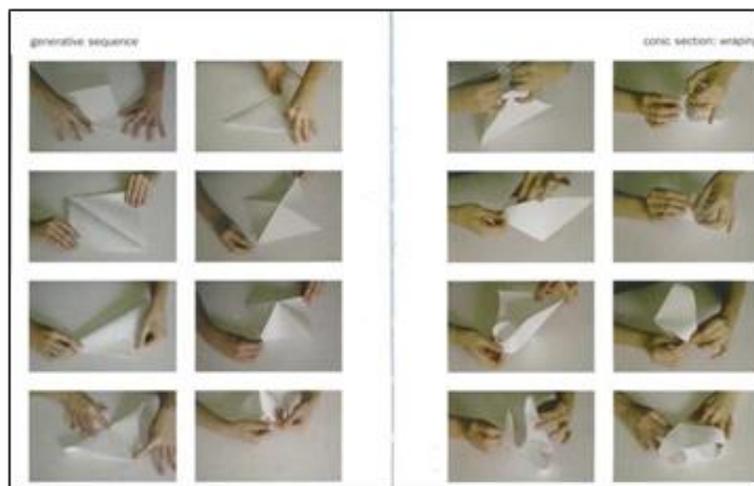


**Gambar 2. 2** Contoh *matter and function*  
Sumber: Vyzoviti, 2003

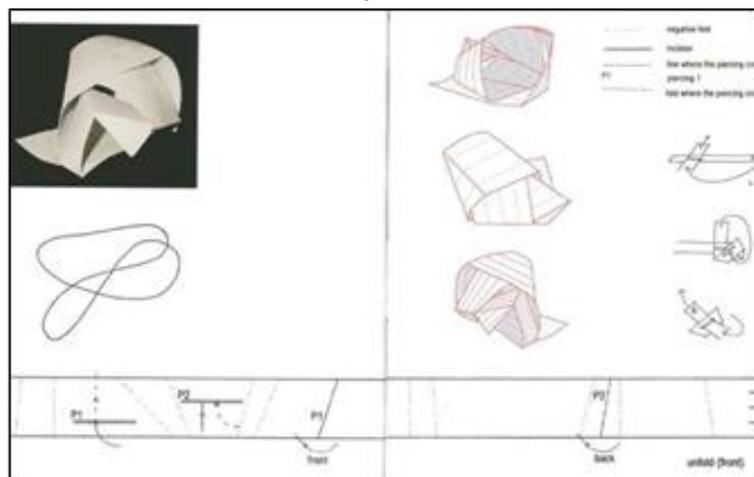
#### b. Algorithms

*Folding* merupakan sebuah proses pembentukan yang cenderung dinamis, tidak tetap, dan selalu berubah-ubah (lihat gambar 2.3). Perlakuan yang berulang atau repetitif pada pelipatan kertas memberikan suatu tanda dari respon yang intuitif ke dalam teknik-teknik yang utama, seperti triangulasi (membagi area dengan segitiga-segitiga untuk tujuan tertentu), *stress forming*, melipat dengan tingkatan bersusun, melipat pada lipatan, membentuk pola seperti carikan, kurva, spiral, dan berkelok-kelok. Pada gambar 2.4 transformasi generatif pada kertas lipat dapat disusun dalam

sebuah *sequence*, dan sangat bergantung pada kesuksesan dalam proses hasil transformasi. Bentuk generatif, teknik yang beragam, proses lipatan, pemetaan transformasi bentuk, rencana yang terarah dan penerapannya, dalam kata lain sebuah proses untuk mendapatkan bentuk merupakan definisi dari algoritma pada *folding*. Proses ini menjadi dokumentasi dan membutuhkan notasi sebagai kelengkapan instruksi dengan waktu sebagai variabelnya. Dalam kata lain proses ini merupakan sebuah cara untuk menemukan suatu bentuk akhir yang sesuai dan tepat dan melalui proses *trial-error*, yang nantinya baru akan dimasukkan unsur penentu rancangan lainnya.



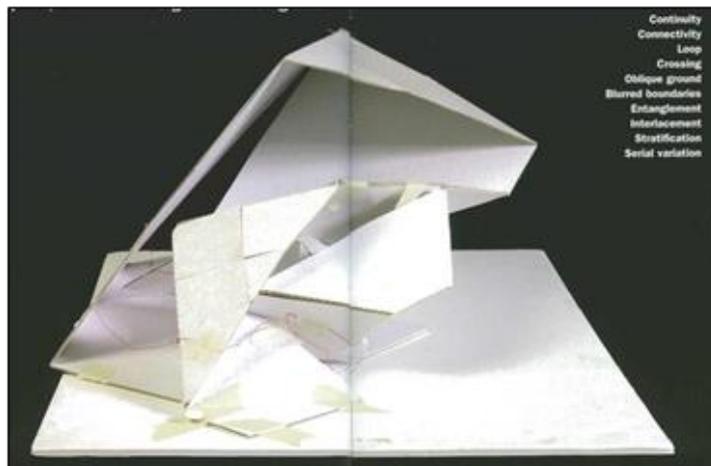
**Gambar 2. 3** Proses melipat dengan jenis transisi *algorithm*(1)  
Sumber: Vyzoviti, 2003



**Gambar 2. 4** Proses melipat dengan jenis transisi *algorithm*(2)  
Sumber: Vyzoviti, 2003

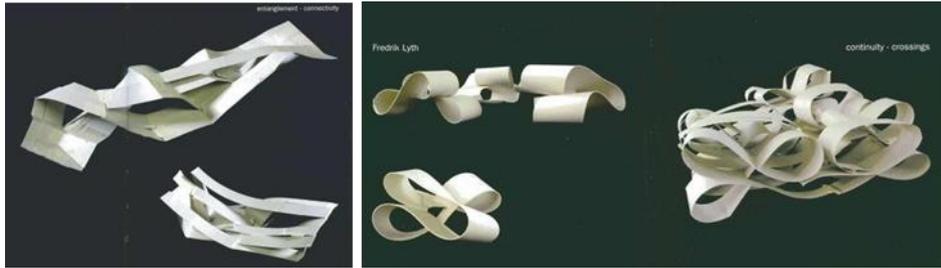
c. *Spatial, Structural, and Organizational Diagram*

Selama proses transformasi gubahan bentuk tiga dimensi maka secara spontan terdapat ruang-ruang yang kemudian muncul akibat penambahan volume pada kertas. Pemetaan pada pelipatan kertas sebagai sebuah diagram spasial membutuhkan suatu abstraksi dari hubungan spasialnya. Hal-hal yang berkaitan dengan topologi sangat krusial untuk menggambarkan kemunculan/ keberadaan ruang sebagai hasil dari pelipatan kertas; *proximity* (kedekatan); *separation* (pemisahan); *spatial succession* (pergantian spasial); *enclosure* (pembatasan); serta *contiguity* (keterhubungan) (lihat gambar 2.5). Tahap ini dimaksudkan untuk mengamati dan membentuk ruang di antara lipatan sebagai ruang yang aktual. Gambar 2.6 menunjukkan bukan hanya sebagai ruang virtual yang nantinya akan terbangun ataupun bentukan geometris yang abstrak, namun lebih ke bagaimana mengakomodasi ruang dalam program-program yang diinginkan. Dengan proses ini maka kebutuhan ruang dan fasilitas dalam mewadahi kegiatan manusia dilakukan melalui diagram-diagram yang disesuaikan maupun menyesuaikan dengan bentukan volume pembentuknya.



**Gambar 2. 5** Contoh proses melipat dengan jenis transisi *spatial, structural, and organizational diagrams* (1)

Sumber: Vyzoviti, 2003

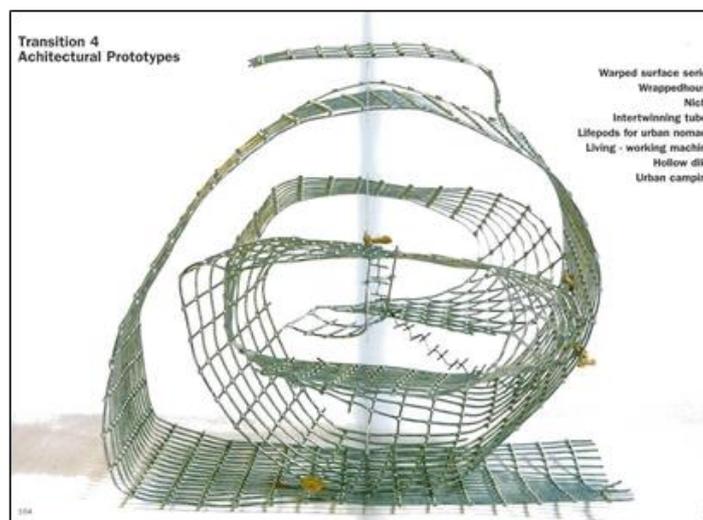


**Gambar 2. 6** Contoh proses melipat dengan jenis transisi *spatial, structural, and organizational diagrams* (2)

Sumber: Vyzoviti, 2003

#### d. *Architectural Prototypes*

Dalam desain *folding* secara generatif, hasil bentukan arsitektural akhir bukanlah menjadi hal utama yang harus disoroti. Namun, bagaimana caranya kita tahu dan mengenal suatu cara, material, serta mengembangkan proses pencarian spasial, struktural, dan pengorganisasian suatu desain menuju sebuah hasil akhir keterbangunan (lihat gambar 2.7). Tahap ini dimaksudkan untuk menyertakan kelengkapan arsitektural ke dalam diagram yang mengenalkan material, program, serta konteksnya. Kemudian kelengkapan arsitektural tersebut dapat kita kenal sebagai diagram spasial, struktural, atau organisasi, dan proses ini pun nantinya dapat dijadikan sebagai strategi dalam mengatur kekompleksitasan dengan mengintegrasikan elemen-elemen yang terbagi-bagi ke dalam suatu kesinambungan dapat dilihat pada gambar 2.8.



**Gambar 2. 7** Contoh proses melipat jenis transisi *architectural prototype*(1)

Sumber: Vyzoviti, 2003



**Gambar 2. 8** Contoh proses melipat jenis transisi *architectural prototype*(2)  
Sumber: Vyzoviti, 2003

Dari fase perancangan proses generatif tersebut maka dapat diambil sebuah kesimpulan tahapan proses pencarian desain yang nantinya akan dilakukan, proses tahapan tersebut meliputi:

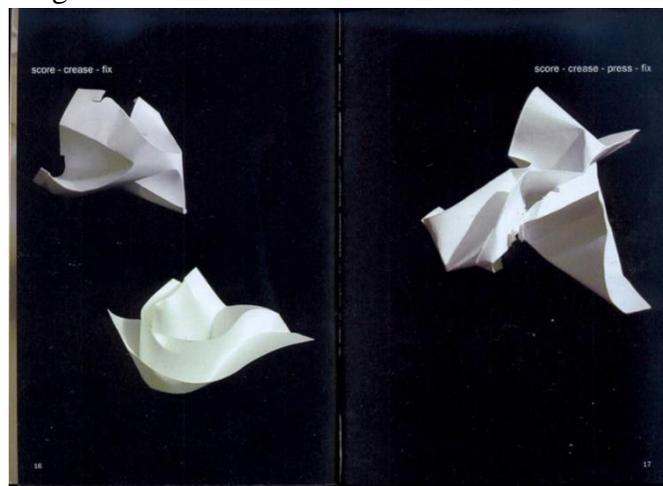
1. Penjabaran dan fungsi *folding* terhadap arsitektur; yaitu dilakukan dengan memecah satu persatu teknik *folding* yang ada untuk dianalisa dan dikaitkan dengan ranah arsitektural. Sehingga dapat diketahui teknik mana saja yang cocok digunakan dalam proses perancangan nantinya.
2. Proses eksperimen model bentuk *folding*; pada proses ini dilakukan beberapa eksperimen model-model ruang-bangun arsitektur dengan media bidang kertas menggunakan teknik-teknik *folding* dari hasil analisa yang telah didapatkan sebelumnya. Model inilah yang nantinya akan digunakan sebagai patokan bentuk bangunan objek desain yang akan dirancang.
3. Pemasukan diagram fungsi dan organisasi ruang; proses ini dilakukan dengan memasukkan fungsi-fungsi ruang serta diagram organisasi ruang ke dalam bentuk bangunan yang didapat sebelumnya, yang nantinya akan dijumpai beberapa perubahan dalam prosesnya.
4. Penyelesaian arsitektural; langkah terakhir dalam proses perancangan ini adalah finishing arsitektural, dimana pada proses dilakukan penerapan material, struktural, serta detail arsitektural yang lainnya, sehingga bangunan menjadi layak dan memungkinkan untuk dibangun dan difungsikan.

#### 2.1.4. Karakteristik *Folding* Pada Arsitektur

Metode *folding* diperkenalkan oleh Deleuze telah merangsang pemikiran baru dalam dunia arsitektur. Sebagai akibatnya *folding* telah dapat dijadikan sebagai substansi arsitektur, yang diwujudkan dalam sebuah wujud tiga dimensi dan dapat diwujudkan dan memiliki karakteristik desain tersendiri. Teknik-teknik dalam mendapatkan sebuah bentukan yang sesuai dengan pendekatan *folding* dilakukan secara bertahap dan satu-persatu untuk mendapatkan sebuah bentukan yang diinginkan (lihat gambar 2.9, 2.10, 2.11, dan 2.12). Teknik-teknik *folding* tersebut meliputi:

1. *Fold*, yaitu dengan membentuk lipatan-lipatan sederhana terhadap bentukan bidang yang digunakan.
2. *Press*, menekan bidang untuk mendapatkan sebuah lekukan halus.
3. *Crease*, dengan memampatkan bidang untuk mempertegas garis lekukan lipatannya.
4. *Compress*, dengan sedikit meremas bidang untuk mendapatkan bentukan/ kerutan yang acak.
5. *Score*, memberi goresan/ garis-garis penanda pada sisi bidang yang akan dilipat.
6. *Pleat*, membentuk lipatan ganda yang saling berlawanan arah.
7. *Hinge*, membuat sisi bidang menumpu dengan sisi bidang yang lain.
8. *Knot*, saling menyimpul silangkan antar bidang bentukan.
9. *Pierce*, dengan menembuskan sisi bidang satu ke bidang lainnya.
10. *Wrap*, dengan membuat bidang yang melingkupi ruang yang diwadahi.
11. *Weave*, dengan teknik menggulung sebagian bidang untuk mendapatkan permukaan yang lengkung.
12. *Rotate*, melipat bidang tidak tegak lurus dengan garis lipatannya (diputar).
13. *Twist*, dengan memutar bidang secara berlawanan (dipelintir) untuk mendapatkan bentuk yang kontradiksi dari sebelumnya.
14. *Cut*, memotong sebagian sisi bidang untuk mendapatkan lubang maupun celah.

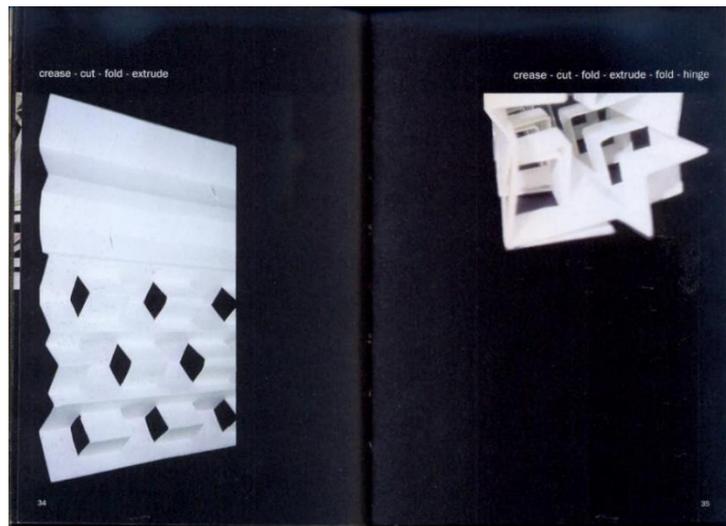
15. *Unfold*, membuka/ mengembangkan hasil lipatan untuk mendapatkan garis dan tekstur tertentu.
16. *Enfold*, melipat bidang yang sudah terlipat sebelumnya untuk mendapatkan kesan cakupan ruang.
17. *Extrude*, memunculkan tonjolan bidang untuk mendapatkan tekstur maupun sebagai perluasan bentuk.
18. *Balance*, dengan memunculkan bidang penupang tegak untuk menyeimbangkan hasil bentuk yang didapat agar bisa berdiri tegak.
19. *Pull*, dengan menarik bidang ke atas/ kebawah untuk memperoleh *space* atau lubang.



**Gambar 2. 9** Teknik – teknik *folding* (1)  
Sumber: Vyzviti, 2003



**Gambar 2. 10** Teknik – teknik *folding* (2)  
Sumber: Vyzviti, 2003



**Gambar 2. 11** Teknik – teknik folding (3)  
Sumber: Vyzviti, 2003



**Gambar 2. 12** Teknik – teknik *folding* (4)  
Sumber: Vyzviti, 2003

Dari proses pembentukan bentuk dengan teknik *folding* tersebut menghasilkan sebuah karakteristik khas tersendiri dari bentuk yang dihasilkan. Karakteristik dari objek desain dalam *folding architecture* menurut Deleuze (1995) dideskripsikan sebagai berikut:

- 1) *Extention*: bentuk yang tak terbatas, tersusun atas beberapa bagian yang saling sambung-menyambung (*serial variability*).
- 2) *Multiplicity*: bentuk sebagai hasil penggandaan segmen tertentu, dengan tekstur bentuk/ motif yang berulang-ulang.

- 3) *Curvilinearity*: memiliki bentuk-bentuk kurva dan bersudut dan cenderung berasal dari bidang geometri (*non Euclidean geometries*).
- 4) *Stratification*: berlapis-lapis dan bertumpuk satu sama lain untuk mendapatkan sebuah volume bidang.
- 5) *Continuity*: sifat topologi dari permukaan prinsip-prinsip sifat kertas yang terus terhubung dan dalam satu alur permukaan.
- 6) *Fluidity*: bentuk yang mengalir dan meliuk-liuk sebagai gambaran dari sebuah gulungan bidang datar.

## **2.2. Bentuk**

Geometri akan selalu ada dalam arsitektur dari berbagai macam sudut pandang bangunan. Baik dari penerapan denah, permainan fasad bangunan, secara dua dimensional maupun tiga dimensional tidak lepas dari bentuk geometri. Dilihat dari unsur-unsur keseluruhan. Menurut Yatmo & Atmowidirjo dalam Pertiwi & Mahendra (2017), bentuk-bentuk ini mungkin akan mempengaruhi perancangan di dalam konsep arsitektur. Sisi lain dari geometri adalah keteraturan yang diciptakannya. Manusia cenderung ingin menghasilkan suatu keteraturan dalam kehidupannya. Arsitektur yang merupakan fasilitas untuk memenuhi kebutuhan hidup juga dituntut menerapkan keteraturan. Sehingga bentuk-bentuk yang diciptakan tidak lepas dari bentuk-bentuk teratur. Bentuk geometri muncul untuk memperkuat kesan ruang dan menciptakan suatu keteraturan di dalamnya (Pertiwi & Mahendra, 2017).

### **2.2.1. Pengertian Bentuk**

Bentuk memanglah salah satu hasil eksekusi dan penyelesaian bagi desain. Bentuk diperoleh dengan berbagai cara dan telah melalui beberapa pemikiran-pemikiran yang mampu mempengaruhi hasil akhirnya. Bagaimana bentuk itu didapat dan dihasilkan dipengaruhi oleh berbagai macam hal yang akan dibahas oleh beberapa tokoh berikut ini.

- Francis D. K. Ching

Bentuk diartikan sebagai alat pokok bagi perancang, dimana dibutuhkan kepekaan untuk memilih, menguji dan memanipulasi unsur-unsur berbagai bentuk dasar juga organisasi ruang dan perubahan-perubahan

yang terjadi sehingga berkait satu sama lain, bermakna, ditunjang dengan pengorganisasian ruang, struktur dan kesatuan yang tepat (Ching, 1995).

- Hugo Haring  
Hugo Haring dalam Ven (1987), mendefinisikan bentuk sebagai suatu perwujudan dari organisasi ruang yang merupakan hasil dari suatu proses pemikiran. Proses ini didasarkan atas pertimbangan fungsi dan usaha pernyataan diri/ekspresi.
- Suriawidjaja & Sutedjo (1986)  
Suriawidjaja & Sutedjo (1986), mendefinisikan bentuk sebagai unsur yang memiliki garis, lapisan, volume, tekstur dan warna, dimana kombinasi kesemuanya akan menghasilkan pengekspresian bangunan.

### **2.2.2. Bentuk Dasar Dalam Arsitektur**

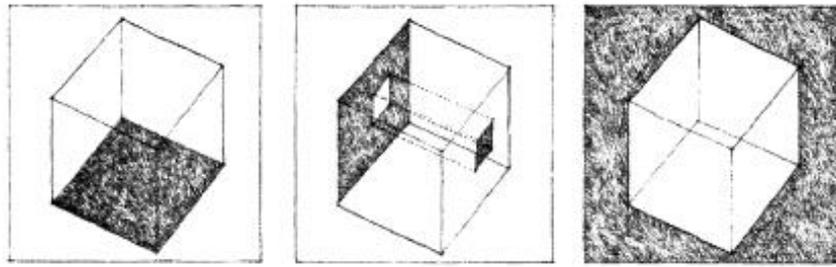
Menurut Bacon (1974), bentuk arsitektural adalah titik sentuh antara massa dan ruang. Bentuk-bentuk arsitektural, tekstur, material, modulasi cahaya dan bayangan, warna, semua berkombinasi untuk menghadirkan suatu kualitas atau roh yang mengartikulasikan ruang. Kualitas arsitektur akan ditentukan oleh keahlian sang desainer dalam menggunakan dan menghubungkan elemen-elemen ini, baik di dalam ruang interior maupun di dalam ruang di sekeliling bangunan.

#### **a. Bentuk dasar**

Bentuk dasar merujuk pada garis batas khusus sebuah figur bidang atau konfigurasi permukaan suatu bentuk volumetris. Ia merupakan alat bantu utama bagi kita dalam mengenali, mengidentifikasi, dan mengkategorikan suatu bentuk dan figur khusus. Persepsi kita akan bentuk dasar akan tergantung pada derajat kontras visual yang ada disepanjang kontur yang memisahkan sebuah figur dari lantai dasarnya ataupun antara sebuah bentuk derajat areanya (lihat gambar 2.13)

Di dalam arsitektur, lebih memperhatikan bentuk-bentuk dasar yang berupa (Ching, 1995):

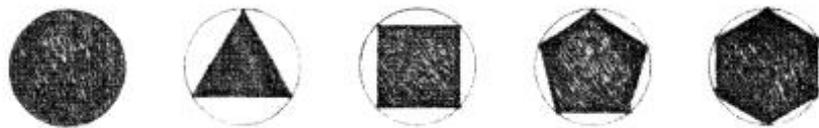
- Bidang lantai, dinding, dan langit-langit yang membentuk ruang.
- Bukaan-bukaan pintu dan jendela di dalam suatu ruang spasial.
- Siluet dan kontur suatu bentuk bangunan.



**Gambar 2. 13** Bentuk dasar dalam arsitektur  
Sumber: Ching, 2008

b. Bentuk – Bentuk Dasar yang Utama

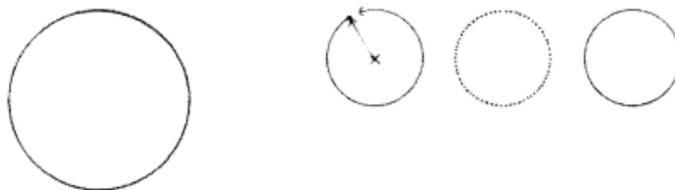
Dari geometri kita mengenal bentuk-bentuk dasar teratur yaitu lingkaran, dan rangkaian tak terhingga poligon teratur yang dapat dimasukkan di dalamnya dari sekian bentuk ini yang paling penting adalah bentuk-bentuk dasar utama yaitu, lingkaran, segitiga, dan bujursangkar, seperti pada gambar 2.14.



**Gambar 2. 14** Bentuk – bentuk dasar  
Sumber: Ching, 2008

1) Lingkaran

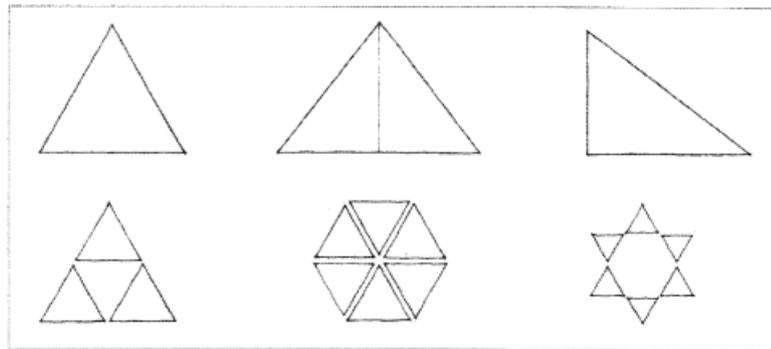
Lingkaran merupakan sebuah figur yang memusat, introvert, yang normalnya adalah stabil dan memiliki titik tengah sendiri di dalam lingkungannya. Lingkaran yang diletakkan di tengah-tengah sebuah bidang akan menguatkan sifat kepusatannya (lihat gambar 2.15). Namun, bila diasosiasikan dengan bentuk-bentuk lurus maupun bersudut atau penempatan sebuah elemen di sepanjang kelilingnya, maka hal ini dapat menyebabkan gerakan berputar yang sangat terasa di dalam lingkaran tersebut.



**Gambar 2. 15** Lingkaran  
Sumber: Ching, 2008

## 2) Segitiga

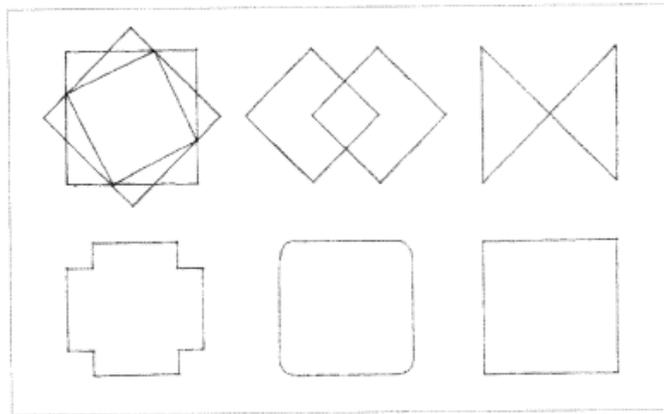
Segitiga merupakan sebuah figur bidang yang ditutup oleh tiga sisi dan memiliki tiga buah sudut. Segitiga menekankan stabilitas pada gambar 2.16, jika diletakkan pada salah satu sisinya, segitiga merupakan sebuah figur yang luar biasa stabil. Namun, jika dijungkit dan berdiri di salah satu titik sudutnya, entah ia akan seimbang dalam kondisi kelabilan maksimum atau cenderung jatuh ke salah satu sisinya.



**Gambar 2. 16** Segitiga  
Sumber: Ching, 2008

## 3) Bujursangkar

Bujursangkar merupakan sebuah figur bidang yang memiliki empat sisi yang sama panjangnya dan empat buah sudut tegak lurus. Bujursangkar melambangkan kemurnian dan rasionalitas, pada gambar 2.17 seluruh persegi panjang lainnya dapat dianggap sebagai variasi bujursangkar, karena merupakan penyimpangan dari kondisi normalnya dengan cara menambahkan ketinggian atau lebar. Seperti halnya segitiga, bujursangkar stabil jika diletakkan di atas salah satu sudutnya. Namun, jika garis diagonalnya menjadi vertikal dan horisontal, bujursangkar berada di dalam kondisi puncak keseimbangannya.



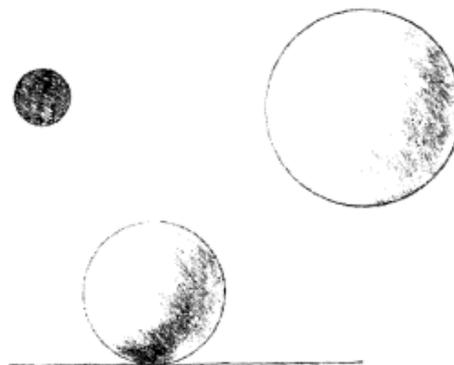
**Gambar 2. 17** Bujursangkar  
Sumber: Ching, 2008

c. Bentuk – Bentuk Solid Primer

Bentuk – bentuk dasar primer dapat dipanjangkan atau diputar untuk menghasilkan bentuk atau bentuk padat (solid) volumetris yang berbeda, biasa, dan mudah dikenali. Lingkaran menghasilkan bola dan tabung; segitiga menghasilkan kerucut dan limas; bujursangkar menghasilkan kubus.

1) Bola

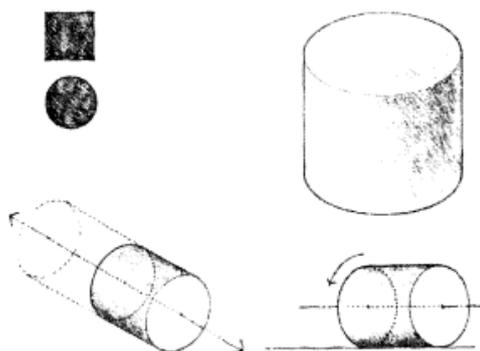
Bola adalah sebuah solid yang dihasilkan dari putaran sebuah setengah lingkaran di sepanjang garis tengahnya, yang jarak seluruh titik di permukaannya sama ke titik pusatnya. Seperti halnya lingkaran yang menjadi sumber kemunculannya, bola memiliki pusat sendiri dan biasanya stabil di dalam lingkungannya. Pada gambar 2.18 dari segala titik pandang, bola mempertahankan bentuk dasar melingkarnya.



**Gambar 2. 18** Bola  
Sumber: Ching, 2008

## 2) Tabung

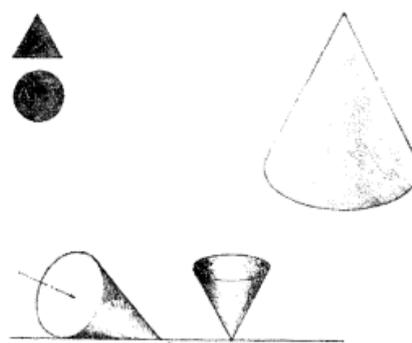
Tabung merupakan sebuah solid yang dihasilkan dari perputaran sebuah persegi pada salah satu sisinya. Tabung terpusat pada sumbu yang melewati titik pusat kedua permukaan lingkarannya. Pada gambar 2.19 terlihat tabung dapat diperpanjang dengan mudah di sepanjang arah sumbunya.



**Gambar 2. 19** Tabung  
Sumber: Ching, 2008

## 3) Kerucut

Kerucut ialah sebuah solid yang dihasilkan dari perputaran sebuah segitiga siku – siku pada salah satu sisinya, seperti pada bentuk solid tabung. Kerucut merupakan bentuk yang sangat stabil bila ditumpukan pada alas lingkarannya seperti digambar 2.20.

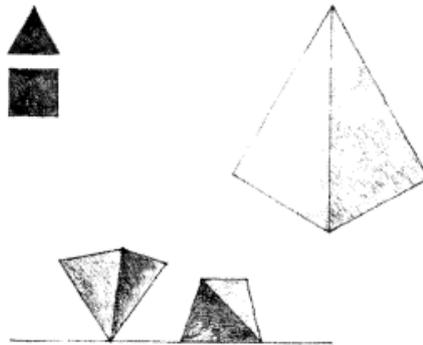


**Gambar 2. 20** Kerucut  
Sumber: Ching, 2008

## 4) Limas

Limas adalah sebuah polyhedron (solid bersisi banyak) yang memiliki sebuah alas polygonal dan permukaan segitiga yang bertemu pada sebuah titik bersama. Limas memiliki sifat – sifat yang serupa dengan kerucut. Namun, karena seluruh permukaannya

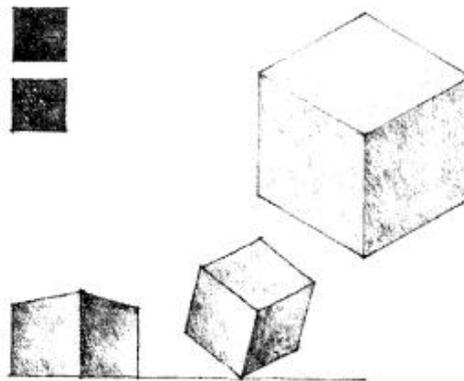
merupakan bidang datar, limas dapat duduk dalam cara yang stabil diatas sembarang permukaannya (lihat gambar 2.21).



**Gambar 2. 21** Limas  
Sumber: Ching, 2008

### 5) Kubus

Kubus merupakan sebuah solid prismatic yang disatukan oleh enam buah sisi bujursangkar yang sama, sudut antara dua muka manapun yang berdekatan adalah tegak lurus. Karena kesetaraan dimensinya, kubus merupakan sebuah bentuk yang statis yang kurang memiliki arah atau pergerakan. Kubus merupakan bentuk yang stabil kecuali jika berdiri diatas salah satu ujung atau sudutnya terlihat di gambar 2.22.



**Gambar 2. 22** Kubus  
Sumber: Ching, 2008

### 2.2.3. Faktor ó Faktor Yang Mewujudkan Bentuk

Menurut Hendraningsih dkk (1982), terdapat faktor – faktor yang mewujudkan bentuk, yaitu:

#### a. Fungsi

Batasan fungsi secara umum dalam arsitektur adalah pemenuhan terhadap aktivitas manusia, tercakup di dalamnya kondisi alami. Sedangkan bangunan yang fungsional adalah bangunan yang dalam pemakaiannya memenuhi kebutuhan secara tepat dan tidak mempunyai unsur-unsur yang tidak berguna.

Aktivitas timbul dari kebutuhan manusia baik itu kebutuhan jasmani maupun kebutuhan rohani. Kebutuhan dapat berupa kegiatan, cahaya, udara, kebahagiaan, perlindungan, kesejukan, kenyamanan dan lainnya. Berkembang dan berubahnya fungsi tergantung dari waktu dan masyarakat.

#### b. Simbol

Dalam dunia arsitektur, pengenalan simbol merupakan suatu proses yang terjadi pada individu dan pada masyarakat. Melalui panca indera, manusia mendapat rangsangan dan kemudian menjadi pra persepsi, selanjutnya terjadi pengenalan objektif (fisik). Kemudian terwujudlah persepsi. Persepsi sangat dipengaruhi oleh pengalaman termasuk pengalaman pendidikan yang menentukan tingkat intelektual manusia.

Arsitek sebagai pewujud bentuk dapat menampilkan simbol sesuai dengan nilai-nilai yang ada dalam masyarakat, sehingga mudah dikenal oleh masyarakat. Simbol dapat pula timbul dari gagasan murni arsitek, tergantung pada kemampuan dan citra arsitek untuk mengeluarkan hal-hal yang baru. Simbol tadi mungkin dapat diterima dan diakui masyarakat setelah melalui proses adaptasi yang membutuhkan waktu relatif lama.

#### c. Teknologi dan struktur bahan

Teknologi struktur dan bahan merupakan faktor yang penting dalam arsitektur. Apakah yang dibangun hanya berupa atap sederhana, berupa ruangan besar untuk beribadah, berdagang, ruang susun tidaklah menjadi masalah. Bahan yang digunakan harus disusun dan dikonstruksikan dalam

jumlah tertentu. Struktur pun mengandung keindahan karena struktur dibuat berdasarkan hukum keindahan.

#### **2.2.4. Transformasi Bentuk**

Arsitektur dapat kita lihat sebagai produk dan sebagai proses. Sebagai proses, arsitektur adalah segenap proses penciptaan lingkungan binaan (*built-environment*). Sebagai produk, arsitektur adalah lingkungan binaan itu sendiri.

Transformasi ialah bagian dari unsur rupa desain. Transformasi merupakan penggambaran bentuk yang menekankan pada pencapaian karakter, dengan cara memindahkan wujud atau *figure* dari objek lain ke objek yang digambar. Transformasi menjadi ciri umum perancangan atau menjadi bagian dari proses perancangan karena transformasi ialah langkah membuat pola kesenangan, kreatifitas tingkat tinggi serta pengertian yang mendalam tentang semua hal yang berkaitan dengan kesenangan merancang.

Dilihat dari proses desain, terdapat beberapa strategi transformasi (Antoniades, 1990) yaitu:

1. Strategi Tradisional, merupakan evolusi progresif suatu bentuk melalui langkah - langkah penyesuaian yang di batasi oleh faktor-faktor eksternal (site, view, orientasi, arah angin, kriteria lingkungan), faktor internal (fungsi, program, kriteria struktur), faktor artistik (daya guna, maksud/tujuan) dan sikap serta pandangan arsitek dalam batasan biaya dan kriteria pragmatis lainnya.
2. Strategi Adopsi (*borrowing*), merupakan proses desain yang berpijak pada substansi dari luar bidang arsitektur seperti: seni lukis, patung, artefak, dan juga dari mempelajari benda-benda dua dan tiga dimensi dengan tetap berpegang pada interpretasi mengenai fungsi. Strategi ini sering disebut sebagai *pictorial transferring* dan dapat dikategorikan juga sebagai *pictorial metaphor*.
3. *De-Construction* atau *De-Composition*, merupakan proses desain dengan cara membongkar seluruh struktur menjadi bagian-bagiannya dalam rangka menemukan suatu cara dan kemungkinan-kemungkinan

penggabungan baru, untuk menciptakan struktur dan komposisi yang berbeda.

### **2.2.5. Ekspresi Bentuk**

Menurut Smithies dalam Surasetja (2007) ekspresi adalah apa yang telah kita lihat menurut pengaruh atau pengalaman sebelumnya. Oleh karena tiap orang memiliki keunikan latar belakang dan pengalaman yang berbeda-beda, maka tanggapan terhadap ekspresi yang dimunculkan oleh suatu obyek juga akan berbeda-beda.

Keunikan latar belakang dan pengalaman yang berbeda diakibatkan oleh tingkat pendidikan yang berbeda, agama yang berbeda atau juga akibat/pengaruh media masa yang dikonsumsi oleh pengamat. Tidak dapat dipungkiri bahwa sebagian dari tanggapan itu bersifat subyektif. Meskipun demikian terdapat aspek ekspresi yang dapat dilihat secara obyektif. Dan setiap kerangka teori arsitektural senantiasa mengandung ekspresi sebagai sebuah prinsip.

Ekspresi dapat dipengaruhi oleh beberapa aspek, yakni:

- Fungsi, fungsi dapat melahirkan bentuk yang ekspresif misalnya kita membuat sebuah lumbung padi dengan menitikberatkan pada pemenuhan fungsi, maka akan muncul bentuk lumbung padi yang dapat menghindari terjadinya pembusukan padi, menghindari gangguan tikus dan sebagainya.
- Struktur, penonjolan struktur sebagai elemen estetis pada sebuah bangunan dapat melahirkan bentuk yang ekspresif pula.
- Budaya, misalnya pada bangunan tradisional. Ekspresi yang dimunculkan merupakan hasil tampilan budaya.

### **2.3. Aliran Udara (Angin)**

Angin merupakan salah satu unsur cuaca dan iklim. Berdasarkan Frick et al. (2008), menyatakan bahwa angin terjadi karena perbedaan radiasi yang diterima oleh permukaan bumi dimana perbedaan radiasi tersebut dapat mengakibatkan adanya perbedaan panas permukaan bumi dan suhu udara. Hal tersebut mengakibatkan pergerakan udara atau angin karena perbedaan tekanan udara yang ditimbulkan. Udara yang lebih panas mempunyai tekanan udara yang lebih rendah,

sehingga udara dingin yang bertekanan tinggi akan bergerak kemenuju daerah yang lebih panas. adalah udara yang bergerak dari daerah bertekanan udara tinggi ke daerah bertekanan udara rendah. Beberapa hal penting tentang angin meliputi:

1. Kecepatan Angin

Kecepatan angin dapat diukur dengan suatu alat yang disebut Anemometer.

2. Kekuatan Angin

Kekuatan angin ditentukan oleh kecepatannya, makin cepat angin bertiup makamakin tinggi/besar kekuatannya.

3. Arah Angin

### **2.3.1. Faktor ó Faktor Yang Mempengaruhi Aliran Udara (Angin)**

Adapun faktor-faktor yang menyebabkan terjadinya aliran udara atau angin antara lain:

1. Gradien barometris, gradien barometris merupakan bilangan yang menunjukkan perbedaan tekanan udara dari dua isobar yang jaraknya 111 km. Semakin besar gradien barometrisnya, semakin cepat pula kecepatan anginnya.
2. Lokasi Kecepatan angin di dekat garis khatulistiwa lebih cepat daripada kecepatan angin di daerah yang jauh dari garis khatulistiwa.
3. Tinggi lokasi di permukaan bumi, gunung, pohon, dan topografi yang tidak rata menciptakan gaya gesekan besar yang menghambat laju udara. Akan tetapi, semakin tinggi suatu tempat, gaya gesekan ini semakin kecil sehingga semakin tinggi lokasinya, kecepatan angin semakin cepat.
4. Waktu Angin bergerak lebih cepat pada siang hari, dan sebaliknya lebih lambat pada malam hari.

### **2.3.2. Standar Kecepatan Angin**

Dalam kaitannya dengan kenyamanan termal, kecepatan angin memiliki standar tertentu. Adapun standar kecepatan angin tersebut berupa bahwa dalam mempertahankan kondisi nyaman, kecepatan udara yang jatuh di atas kepala berkisar antara 0,15-0,25 m/s. Lippsmeier (1997) menjelaskan karakteristik nyaman yang dirasakan untuk kecepatan angin tertentu, antara lain:

1. 0,25 m/s terasa nyaman tanpa dirasakan adanya gerakan udara;
2. 0,25-0,5 m/s terasa nyaman dengan adanya gerakan udara;

3. 1-1,5 m/s terjadi aliran udara yang ringan hingga tidak menyenangkan
4. di atas 1,5 m/s terasa tidak menyenangkan.

Berdasarkan skala Beauford dalam Satwiko (2008) untuk kecepatan angin terbagi menjadi 12 yang telah disajikan pada tabel 2.1.

**Tabel 2. 1** Skala beauford untuk kecepatan angin

Nomor Beauford	Gejala	Kecepatan rata – rata(m/s)
0	Tidak ada angin, asap membumbung tegak lurus, permukaan air danau tenang	<0.5
1	Pergerakan udara lemah, asap sedikit condong	1.7
2	Hembusan angin sepoi-sepoi basa, daun gemerisik	3.3
3	Angin lemah, ranting bergerak, riak kecil di air	5.2
4	Angin sedang, cabang kecil bergerak	7.4
5	Angin kuat, cabang besar bergerak, suara keras, ombak berbuih putih	9.8
6	Angin sangat keras, daun-daun terlepas, berjalan agak sulit	12.4
7	Angin puyuh, batang pohon kecil melengkung, ranting patah	15.2
8	Angin puyuh kuat, cabang pohon mungkin patah, cabang yang lebih besar melengkung	18.2
9	Angin puyuh sangat kuat, pohon kecil tercabut, genting beterbangan, bangunan rusak	21.4
10	Topan, bangunan berat rusak, pohon tumbang atau tercabut	25.1
11	Topan badai, bangunan hancur, seluruh hutan tercabut, manusia dan hewan dapat terbawa	29.0
12	Topan badai seperti diatas, tetapi lebih hebat lagi	>29.0

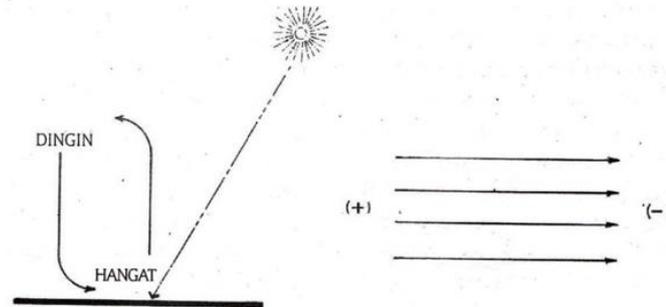
Sumber : Satwiko (2008)

### 2.3.3. Prinsip ó Prinsip Dasar Aliran Udara (Angin)

Udara bergerak mengikuti hukum-hukum alam tertentu, sehingga pergerakan udara ini relatif teratur dan dapat diprediksi (Boutet, 1987). Adapun prinsip-prinsip dasar aliran udara (Lechner, 2007), antara lain:

### 1. Pergerakan udara

Udara bergerak karena adanya arus konveksi natural yang disebabkan oleh perbedaan suhu atau karena adanya perbedaan tekanan (lihat

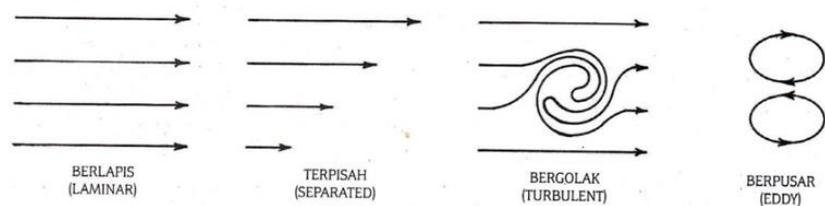


gambar 2.23)

**Gambar 2. 23** Pergerakan udara karena adanya perbedaan tekanan  
Sumber: Lechner, 2007

### 2. Tipe – tipe aliran udara

Ada empat tipe dasar aliran udara: terdiri atas arus berlapis (*laminar*), terpisah (*separate*), bergolak (*turbulent*), dan berpusar (*eddy*). Pola aliran udara *laminar* (berlapis) yang cenderung sejajar dan mudah diprediksi, pola aliran udara *turbulent* (bergolak) yang acak dan susah diprediksi, pola aliran udara *separated* (terpisah) yang kecepatannya berkurang walaupun tetap bergerak sejajar dan aliran udara memutar yang dipengaruhi oleh aliran udara berlapis atau bergolak (lihat gambar 2.24).



**Gambar 2. 24** Tipe-tipe pola aliran udara  
Sumber: Lechner, 2007

### 3. Kelambanan (*Inertia*)

Udara mempunyai massa, sehingga pergerakannya cenderung di jalur yang lurus. Oleh karena itu, bila dipaksa mengubah arahnya, aliran udara ini akan mengikuti bentuk kurva dan tidak pernah membentuk sudut yang benar.

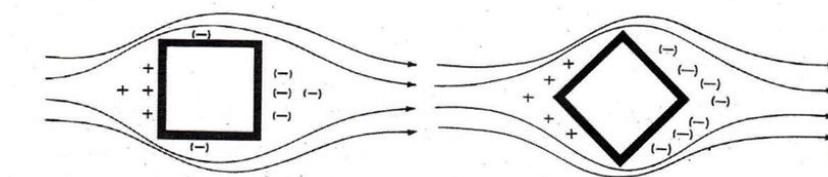
### 4. Konservasi udara

Garis-garis yang menggambarkan aliran udara harus digambar secara

terusmenerus karena udara yang mendekati suatu bangunan harus setara dengan udara yang keluar dari bangunan tersebut.

5. Area dengan tekanan udara yang tinggi dan rendah

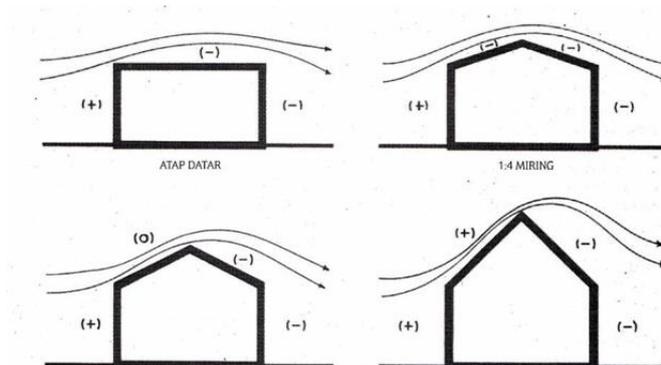
Dapat dilihat pada gambar 2.25 sewaktu angin mencapai permukaan bangunan, ia akan memadatkan dan menciptakan tekanan positif (+). Kemudian udara akan dibelokkan ke sisi bangunan tersebut, sehingga tercipta tekanan negatif (-).



**Gambar 2. 25** Aliran udara menciptakan area tekanan positif dan negatif

Sumber: Lechner, 2007

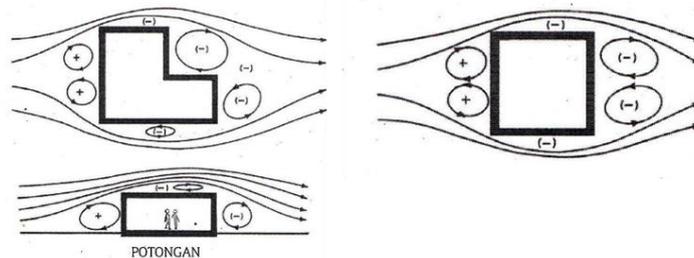
Di sisi lain, tekanan yang tercipta pada bagian atap bergantung pada kelandaian atap itu sendiri digambar 2.26.



**Gambar 2. 26** Tekanan yang pada atap bergantung di kelandaian atap

Sumber: Lechner, 2007

Digambar 2.27, sebenarnya pada area-area bertekanan tinggi dan rendah ini juga terdapat aliran udara bergolak dan berpusar (*eddy*).

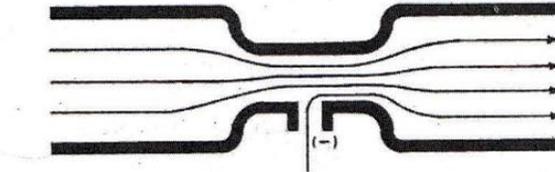


**Gambar 2. 27** Pola aliran udara bergolak dan berpusar pada area bertekanan

Sumber: Lechner, 2007

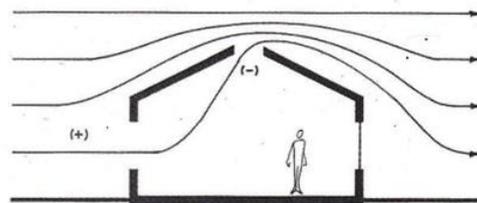
## 6. Efek Bernouli

Efek Bernouli pada gambar 2.28, menjelaskan peningkatan kecepatan cairan akan menurunkan tekanannya, sehingga menyebabkan tekanan negatif pada pembatasan tabung “venturi”.



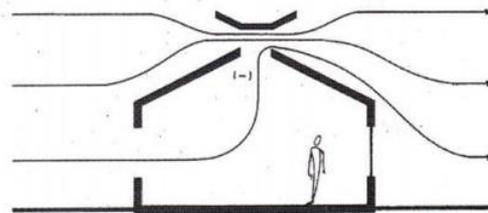
**Gambar 2. 28** Efek bernoulli pada tabung venturi  
Sumber : Lechner, 2007

Tabung venturi akan menggambarkan efek bernouli, ketika kecepatan udara meningkat, tekanannya menurun (lihat gambar 2.29).

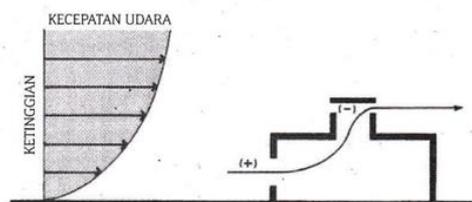


**Gambar 2. 29** Efek venturi  
Sumber: Lechner, 2007

Efek Venturi menyebabkan udara dibuang melalui lubang di atap, dan pada atau dengan bubungan (lihat gambar 2.30 dan gambar 2.31).



**Gambar 2. 30** Tabung venturi digunakan sebagai ventilator atap  
Sumber: Lechner, 2007

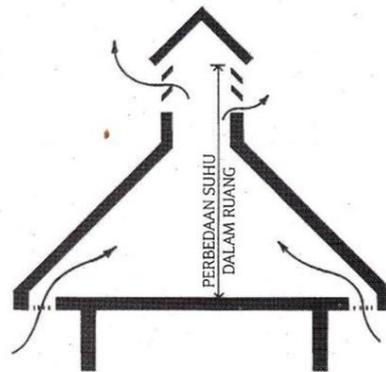


**Gambar 2. 31** Kecepatan udara yang meningkat dengan ketinggian di atas bagian dasarnya  
Sumber : Lechner, 2007

Tekanan pada bubungan atap akan lebih rendah disbanding tekanan yang ada di jendela di bagian dasar. Akibatnya meskipun tanpa bantuan faktor geometri tabung “*venture*”, efek Bernoulli akan membuang udara melalui lubang-lubang angin yang terdapat di bagian atap.

#### 7. Efek cerobong asap

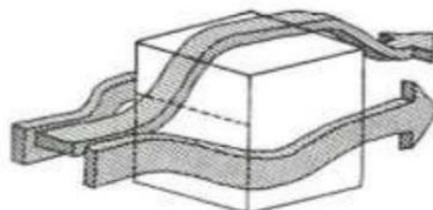
Efek cerobong asap merupakan gabungan dari efek Bernoulli dan efek venturi, dimana pembuangan udara dari bangunan dilakukan melalui aksi konveksi alami. Efek cerobong asap akan membuang panas meskipun perbedaan suhu ruang dalam lebih besar daripada perbedaan suhu ruang luar diantara lubang-lubang vertikal (lihat gambar 2.32).



**Gambar 2. 32** Efek cerobong asap  
Sumber: Lechner, 2007

#### 2.3.4. Pola Aliran Udara Dan Kecepatan Angin Pada Skala Lingkungan

Menurut Boutet (1987), ada 3 hal yang mempengaruhi pola aliran udara dan kecepatan angin pada skala lingkungan, yakni bentuk lahan, vegetasi, dan bangunan. Struktur bangunan membelokkan, menghalangi, dan mengarahkan aliran udara di sekitarnya, serta mengurangi maupun menambah kecepatan aliran udaranya. Pada gambar 2.33, ketika aliran udara menuju permukaan bangunan, sepertiga aliran udara naik ke atas bangunan sementara dua per tiga aliran udara membelok ke sisi bangunan.

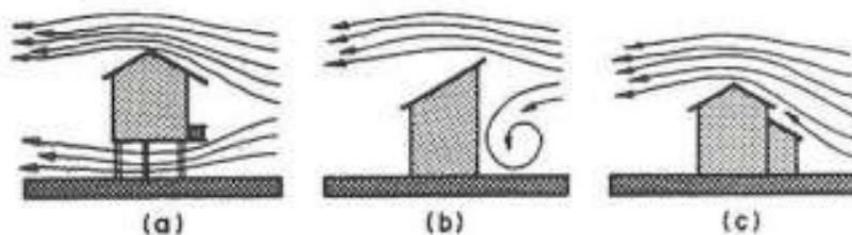


**Gambar 2. 33** Prinsip aliran udara pada bangunan  
Sumber: Boutet, 1987

### 2.3.5. Pola Aliran Udara Dan Kecepatan Angin Pada Skala Bangunan

Menurut Boutet (1987), aliran udara pada skala bangunan dipengaruhi oleh beberapa hal, antara lain: bangunan itu sendiri, vegetasi di sekitar bangunan, pagar di sekitar bangunan, dan bangunan sekitarnya. Adapun pada bangunan itu sendiri, terdapat beberapa faktor yang berpengaruh terhadap pola aliran udara dan kecepatan angin, seperti konfigurasi, orientasi, tinggi, teritis, bentuk atap, dan bentuk-bentuk arsitektural lainnya.

Konfigurasi dan orientasi bangunan terhadap arah datangnya angin mempengaruhi pola pergerakan aliran udara dan kecepatan angin. Seperti terlihat pada gambar 2.34 berikut, pada bangunan berbentuk panggung, aliran udara menyebar ke bagian atap dan bawah panggung; pada bangunan beratap jengki, sebagian besar aliran udara terhalang oleh dinding bangunan; dan pada bangunan beratap planar, aliran udara mengikuti bentuk atap (Boutet, 1987).



**Gambar 2. 34** Aliran udara dikonfigurasi dan orientasi bangunan yang berbeda  
Sumber: Boutet, 1987

## 2.4. Bangunan Tinggi

### 2.4.1. Definisi Bangunan Tinggi

Definisi bangunan gedung menurut UU No. 28 tahun 2002 tentang Bangunan Gedung, adalah wujud fisik hasil pekerjaan konstruksi yang menyatu dengan tempat kedudukannya, sebagian atau seluruhnya berada di atas dan/atau di dalam tanah dan/atau air, yang berfungsi sebagai tempat manusia melakukan kegiatannya, baik untuk hunian atau tempat tinggal, kegiatan keagamaan, kegiatan usaha, kegiatan sosial, budaya, maupun kegiatan khusus. Fungsi bangunan gedung dibedakan menjadi beberapa macam. Penggolongan bangunan gedung menurut fungsinya diatur dalam UU No. 28 tahun 2002 tentang Bangunan Gedung pasal 5 yaitu:

- (1) Fungsi bangunan gedung meliputi fungsi hunian, keagamaan, usaha, sosial dan budaya, serta fungsi khusus.

- (2) Bangunan gedung fungsi hunian sebagaimana dimaksud dalam ayat (1) meliputi bangunan untuk rumah tinggal tunggal, rumah tinggal deret, rumah susun, dan rumah tinggal sementara.
- (4) Bangunan gedung fungsi usaha sebagaimana dimaksud dalam ayat (1) meliputi bangunan gedung untuk perkantoran, perdagangan, perindustrian, perhotelan, wisata dan rekreasi, terminal, dan penyimpanan.
- (5) Bangunan gedung fungsi sosial dan budaya sebagaimana dimaksud dalam ayat (1) meliputi bangunan gedung untuk pendidikan, kebudayaan, pelayanan kesehatan, laboratorium, dan pelayanan umum. Bangunan gedung selain digolongkan berdasarkan fungsi bangunannya, juga digolongkan berdasarkan ketinggiannya.

Menurut Perda Kota Pontianak No. 3 tahun 2008 tentang Bangunan Gedung pasal 5 ayat (7), bangunan gedung berdasarkan ketinggiannya dibagi menjadi 3 (tiga) yaitu:

- (7) Klasifikasi bangunan gedung berdasarkan ketinggian dibedakan atas klasifikasi:
  - Bangunan gedung bertingkat tinggi dengan jumlah lantai lebih dari 8 (delapan) lantai.
  - Bangunan gedung bertingkat sedang dengan jumlah lantai 5 (lima) sampai dengan 8 (delapan) lantai.
  - Bangunan gedung bertingkat rendah dengan jumlah lantai 1 (satu) sampai dengan 4 (empat) lantai.

#### **2.4.2. Karakteristik**

Karakteristik gedung bertingkat menurut Mulyono (2000) dikelompokkan menjadi:

- Gedung bertingkat rendah (*Low Rise Building*)  
Gedung bertingkat rendah, dengan jumlah lantai 1 - 3 lantai, dengan tinggi < 10 m.
- Gedung bertingkat sedang (*Medium Rise Building*)  
Bangunan bertingkat sedang, dengan jumlah lantai 3 - 6 lantai, dengan tinggi < 20 m.

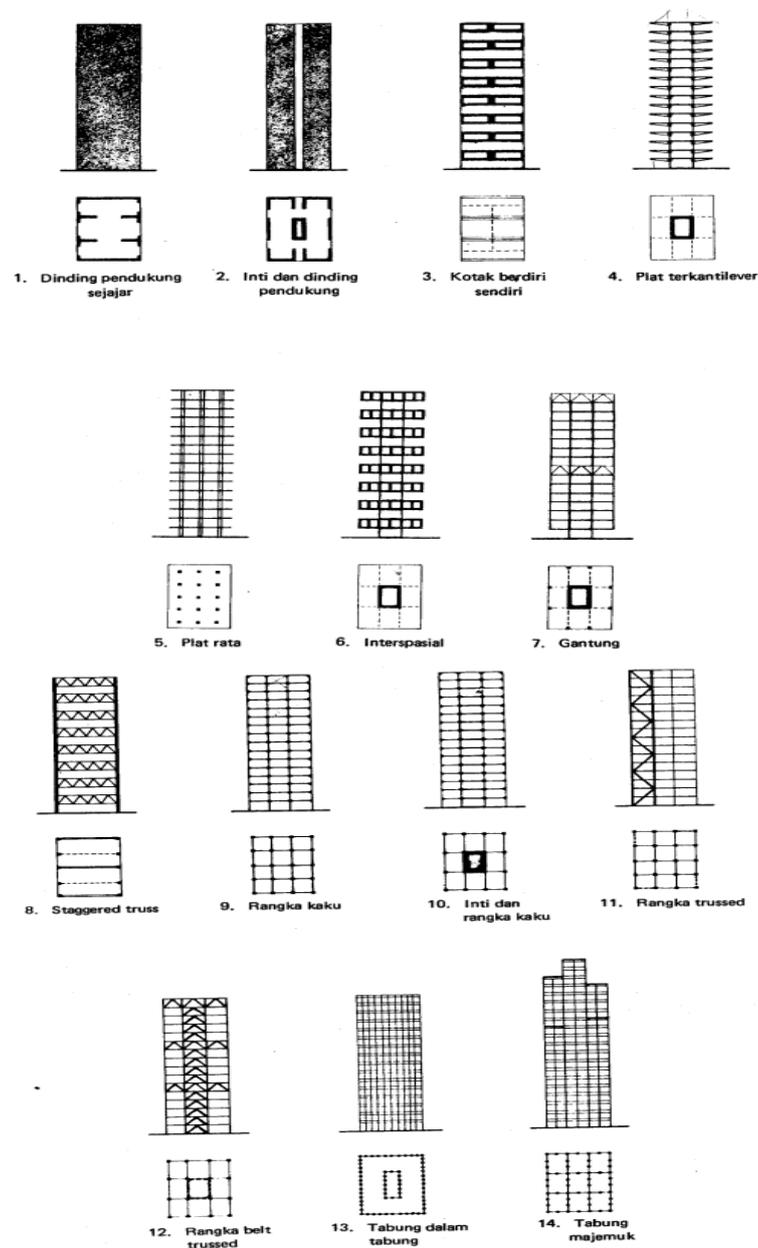
- Gedung bertingkat tinggi (*High Rise Building*)  
Bangunan bertingkat tinggi, dengan jumlah lantai > 6 lantai, tingginya > 20 m.

### 2.4.3. Sistem ó Sistem Bangunan Tinggi

Perpaduan dari unsur-unsur struktur dasar seperti kolom, balok, dinding dan plat akan membentuk struktur tulang dari bangunan. Sistem-sistem bangunan tinggi pendukung beban yang lazim dijumpai diantaranya (Schueller, 2001):

1. Dinding Pendukung Sejajar (*Parallel Bearing Walls*).
2. Inti dan Dinding Pendukung Fasad (*Core and Façade Bearing Walls*)
3. Boks Berdiri Sendiri (*Self Supporting Boxes*)
4. Plat Kantilever (*Cantilevered Slab*)
5. Plat Rata (*Flat Slab*)
6. Interparsial (*Interpartial*)
7. Gantung (*Suspension*)
8. Rangka Selang Seling (*Straggered Truss*)
9. Rangka Kaku (*Rigid Truss*)
10. Rangka Kaku dan Inti (*Rigid Frame and Core*)
11. Rangka Truss (*Trussed Frame*)
12. Rangka Belt-Trussed dan Inti (*Belt-Trussed Frame and Core*)
13. Tabung Dalam Tabung (*Tube in Tube*)
14. Kumpulan Tabung (*Banded Tube*)

Bentuk daripada sistem – sistem bangunan tinggi diatas, telah disajikan pada gambar 2.35.



**Gambar 2. 35** Sistem – sistem pada bangunan tinggi  
Sumber: Schueller, 1989

#### 2.4.4. Beban Struktur

Berdasarkan SNI-1727-2020, perencanaan kekuatan dan dimensi struktur bangunan tinggi didasarkan pada kombinasi beban-beban sebagai berikut.

##### a. Beban Hidup

Beban hidup merupakan beban yang ada pada bangunan, yang letaknya dapat dipindahkan. Beban hidup umumnya meliputi massa penghuni, perabot – perabot yang tidak bersifat permanen, serta instalasi

mesin – mesin yang sewaktu – waktu dapat dipindahkan. Berdasarkan pengertian dan contoh beban hidup tersebut, dapat diketahui bahwa beban hidup suatu gedung tidak selamanya tetap jumlahnya. Namun, beban hidup ini kerap menjadi pertimbangan karena akan ada masa di mana beban hidup suatu gedung akan cenderung lebih padat dari kondisi rata-ratanya.

b. Beban Hidup

Beban mati berasal dari total massa struktur bangunan itu sendiri. Sehingga, dapat disimpulkan bahwa beban mati merupakan beban yang tidak dapat dipindahkan dan memiliki nilai beban yang konstan. Berat sendiri material beton bertulang berasal dari konstruksi pelat lantai, balok, kolom, dinding geser, hingga pondasi, serta adanya perkuatan yang bersifat struktural seperti *bracing*. Adapun pemasangan dan instalasi yang tidak bersifat struktural, namun dikategorikan sebagai beban mati, seperti instalasi pipa, *lift*, instalasi air bersih, tangga, dan plafon. Adapun beban mati berasal dari material kaca sebagai pembentuk fasad. Semakin dinamis sebuah fasad, maka perhitungan bebannya pun semakin rumit.

c. Beban Angin

Beban angin adalah beban yang bekerja pada struktur bangunan akibat pengaruh struktur yang mempertahankan posisi tegaknya terhadap dorongan angin, sehingga energi kinetik angin akan berubah menjadi energi potensial memberi beban terhadap bangunan. Efek beban angin pada suatu struktur bergantung pada berat jenis dan kecepatan udara, sudut luas angin, bentuk dan kekakuan struktur bangunan. Beban angin disebabkan oleh selisih tekanan udara. Tekanan tiup minimal harus ditentukan 25 kg/m<sup>2</sup>, dan di tepi perairan sampai sejauh 5 km dari pantai ditentukan minimum 40 kg/m<sup>2</sup>.

Beban gempa adalah beban yang muncul pada suatu struktur bangunan akibat pergerakan tanah yang disebabkan oleh gempa bumi (baik tektonik, maupun vulkanik). Sehingga, gempa mengakibatkan beban pada struktur karena adanya interaksi tanah terhadap karakteristik

respon struktur. Baik tidaknya respon struktur bangunan terhadap beban gempa bergantung pada riwayat waktu pembebanan. Besar kecilnya kekuatan beban gempa dipengaruhi nilai percepatan tanah dalam satu kali getaran di dalam gempa tersebut.

## **2.5. Simulasi Dalam Arsitektur**

Simulasi dan model pada penelitian arsitektur digunakan sebagai salah satu strategi penelitian yang berhubungan dengan skala ruang dan kerumitan lingkup penelitian. Secara umum, strategi simulasi dan model dapat digunakan dalam pengembangan teori atau menguji suatu teori (Groat & Wang, 2013).

### **2.5.1. Strategi Simulasi Dalam Arsitektur**

Strategi simulasi model berkembang pada kegiatan penelitian yang membutuhkan argumentasi logis, proses eksperimental, dan penelitian korelasi. Clipson dalam (Groat & Wang, 2013), membagi simulasi model menjadi empat tipe: ikonik, analog, operasional, dan matematikal. Ikonik dan analog digunakan jika objek penelitian berhubungan langsung dengan konteks fisik. Ikonik digunakan untuk melakukan uji material atau produk, sedangkan analog digunakan untuk menguji suatu kondisi fisik tertentu. Simulasi model operasional digunakan jika objek penelitian yang diuji berhubungan dengan interaksi manusia pada suatu kondisi fisik, tetapi lebih menekankan pada pengumpulan data. Model matematika adalah sistem perhitungan yang digunakan untuk mewadahi hubungan – hubungan di kehidupan nyata yang bersifat abstrak menjadi nilai – nilai kuantitatif. Teknologi komputer yang saat ini mengalami perkembangan cukup pesat, terutama dalam hal pengembangan perangkat lunak (*software*), menjadikan teknologi komputer sebagai perangkat taktis dalam simulasi model.

Teknologi komputer memiliki kemampuan untuk meniru kondisi nyata dengan kondisi buatan yang hampir sama, baik pada skala mikro dan makro, sesuai dengan perhitungan operasional yang telah ditentukan. Penggunaan teknologi komputer pada simulasi model memberikan kontribusi positif, terutama untuk mengurangi kesalahan rancangan pada bangunan. Penggunaan perangkat lunak pada simulasi model untuk penelitian pada teknologi pergerakan angin, tekanan dan penghawaan angin antara lain adalah *Computational Fluid Dynamics* (CFD).

### 2.5.2. *Computational Fluid Dynamic (CFD)*

Simulasi CFD saat ini banyak digunakan sebagai salah satu metode penelitian dalam pengembangan alternatif rancangan penghawaan alami. Hal ini karena simulasi CFD relatif lebih murah dan kondisi batasan obyek penelitian yang mudah dikontrol (Santamouris & Allard, 1998).

Media CFD mensimulasikan gerak fluida berdasarkan pada suatu kondisi dengan menggunakan dasar-dasar perhitungan fluida bergerak. Simulasi CFD dapat memprediksi secara rinci pergerakan angin (fluida bergerak) di sekitar obyek penelitian, baik di dalam maupun di luar bangunan (Santamouris & Allard, 1998). Namun demikian, karena model simulasi CFD menggunakan banyak asumsi, akurasi model tersebut harus divalidasi dengan menggunakan data eksperimen lainnya sebagai pembanding, seperti *on-site experiment*, *wind-tunnel experiment*, dan perhitungan matematika (*numerical validation*).

Simulasi CFD dilakukan melalui tiga tahapan, yaitu *pre-processing*, *solving*, dan *post-processing* (Tuaika, 2008). *Pre-processing* merupakan pembuatan model obyek penelitian dengan format *Computer Aided Design (CAD)*, membuat mesh sesuai desain, kemudian meenerapkan kondisi batas dan sifat fluidanya. *Solvers* (program inti pencari solusi) CFD menghitung kondisi-kondisi yang diterapkan pada saat *pre-processing*. Sementara itu, *Post-processing* adalah langkah terakhir dalam analisis CFD. Hal yang dilakukan pada langkah ini adalah mengorganisasi dan menginterpretasi data hasil simulasi CFD berupa gambar, kurva, atau animasi.