



UNIVERSITAS INDONESIA

**KLASIFIKASI MEKANISME ARSITEKTUR KINETIK
KARYA SANTIAGO CALATRAVA**

SKRIPSI

**Diajukan sebagai salah satu syarat untuk memperoleh gelar
Sarjana Arsitektur Fakultas Teknik Universitas Indonesia**

**MEITHA KRISTINA
0706269281**

**FAKULTAS TEKNIK
PROGRAM STUDI ARSITEKTUR
DEPOK
JUNI 2011**

HALAMAN PERNYATAAN ORISINALITAS

Skripsi ini adalah hasil karya saya sendiri dan semua sumber baik yang dikutip maupun dirujuk telah saya nyatakan dengan benar.

Nama : Meitha. Kristina

NPM : 0706269281

Tanda Tangan : 

Tanggal : 22 Juni 2011

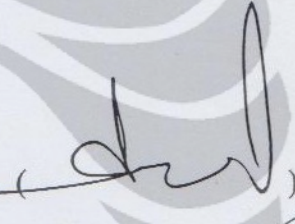
HALAMAN PENGESAHAN

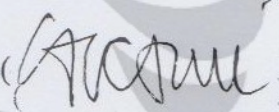
Skripsi ini diajukan oleh :

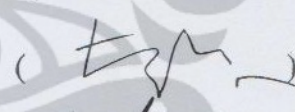
Nama : Meitha Kristina
NPM : 0706269281
Program Studi : Arsitektur
Judul Skripsi : Klasifikasi Mekanisme Arsitektur Kinetik Karya
Santiago Calatrava

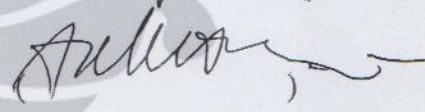
Telah berhasil dipertahankan di hadapan Dewan Penguji dan diterima sebagai bagian persyaratan yang diperlukan untuk memperoleh gelar Sarjana Arsitektur pada Program Studi Arsitektur, Fakultas Teknik, Universitas Indonesia

DEWAN PENGUJI

Pembimbing : Dr. Ir. Hendrajaya Isnaeni, M.Sc. 

Penguji : Dr. Ir. Laksmi Gondokusumo Siregar, M.Si. 

Penguji : Ir. Teguh Utomo Atmoko, MURP. 

Penguji : Ir. Sukisno, M.Si. 

Ditetapkan di : Depok

Tanggal : 22 Juni 2011

KATA PENGANTAR

Puji syukur saya panjatkan kepada Tuhan Yang Maha Esa, karena atas berkat dan rahmat-Nya, saya dapat menyelesaikan skripsi ini. Penulisan skripsi ini dikakukan dalam rangka memenuhi salah satu syarat untuk mencapai gelar Sarjana Arsitektur pada Fakultas Teknik Universitas Indonesia. saya menyadari bahwa, tanpa bantuan dan bimbingan dari berbagai pihak, dari masa perkuliahan sampai penyusunan skripsi ini, sangatlah sulit bagi saya untuk menyelesaikan skripsi ini. Oleh karena itu, saya mengucapkan terima kasih kepada:

Pada kesempatan ini saya ingin mengucapkan terima kasih kepada:

- Allah SWT yang maha agung yang telah memberikan anugrah saya dapat menjalani dan menyelesaikan skripsi.
- Bapak Dr. Ir Hendrajaya Isnaeni M.sc, sebagai pembimbing skripsi saya, yang telah sabar membimbing dan membantu selama menjalani bimbingan skripsi.
- Ibu Chiquita M Pitono, yang telah meminjamkan buku Santiago Calatrava dalam dua jilid yang merupakan buku master dari skripsi saya.
- Bapak dan mas Indra yang sudah support dan membantu secara mental maupun makanan sampai merawat dikala saya sakit selama bergadang skripsi.
- Alm. Ibu saya yang telah memacu semangat saya dikala saya drop selama menjalani skripsi ini.
- Andhika Surya, yang telah membantu saya baik secara mental ataupun semangat dalam menjalani skripsi dan juga bantu mendiskusikan skripsi.
- Keluarga mas Andhika yang sudah membantu saya dalam refresing jika menemukan kepenatan.
- Sahala Alberto, yang telah membantu berdiskusi mengenai bahan skripsi.

- Terima kasih kepada *kimo* kucing anggora kosan seberang yang sekarang menjadi hak milik, yang selalu menghibur dan menemani dikala menjalani skripsi.
- Teman-teman satu bimbingan Anin dan Iis.
- Sahabat-sahabat yang bersama-sama berjuang dalam skripsi yaitu Hasri, Citra, Siwi, Kice, Maya, Janah, Puspa, dan Rizka.
- Terima kasih juga kepada Nina yang telah berbagi Tips dalam menjalani skripsi.
- Terima kasih kepada angkata 2007 yang telah bersama-sama berjuang selama empat tahun hingga skripsi.
- Saya banyak berterima kasih kepada Santiago Calatrava, Alexander Tzonis, dan Michael A. Fox yang telah memberikan inspirasi mekanisme arsitektur kinetik sebagai bahan skripsi saya.
- Saya juga berterima kasih kepada tesis S2 dari Vienna dan Arab Saudi yang telah memberikan beberapa bagian materi tesisnya untuk saya bahas dalam skripsi saya.
- Laptop Lenovo yang kerap kali menemani saat menjalani kerja praktik.

Saya memohon maaf apabila dalam proses pengerjaan saya sering melakukan kesalahan dan kelalaian. Saya menyadari bahwa, skripsi ini masih jauh dari kata “sempurna”. Akhir kata, saya berharap Tuhan Yang Maha Esa berkenan membalas segala kebaikan semua pihak yang telah membantu. Semoga skripsi ini membawa manfaat bagi pengembangan ilmu.

Depok, Juni 2011

Meitha Kristina

**HALAMAN PERNYATAAN PERSETUJUAN PUBLIKASI TUGAS
AKHIR UNTUK KEPENTINGAN AKADEMIS**

Sebagai sivitas akademik Universitas Indonesia, saya yang bertanda tangan di bawah ini :

Nama : Meitha. Kristina
NPM : 0706269281
Program Studi : Arsitektur
Departemen : Arsitektur
Fakultas : Teknik
Jenis Karya : Skripsi

Demi pengembangan ilmu pengetahuan, menyetujui untuk memberikan kepada Universitas Indonesia Hak Bebas Royalti Noneksklusif (*Non-exclusive Royalty-Free Right*) atas karya ilmiah saya yang berjudul :

KLASIFIKASI MEKANISME ARSITEKTUR KINETIK
KARYA SANTIAGO CALATRAVA

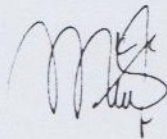
Beserta perangkat yang ada (jika diperlukan). Dengan Hak Bebas Royalti Noneksklusif ini Universitas Indonesia berhak menyimpan, mengalihmedia/formatkan, mengelola dalam bentuk pangkalan (*database*), merawat, dan penulis/pencipta dan sebagai pemilik Hak Cipta.

Demikian pernyataan ini saya buat dengan sebenarnya.

Dibuat di : Depok

Pada tanggal : 22 Juni 2011

Yang menyatakan



(Meitha Kristina)

ABSTRAK

Nama : Meitha Kristina
Program Studi : Arsitektur
Judul : Klasifikasi Mekanisme Arsitektur Kinetik Karya
Santiago Calatrava

Santiago Calatrava merupakan salah satu arsitek yang terkenal dengan keunikan karyanya. Adapun beberapa karya Calatrava menarik perhatian banyak orang dikarenakan adanya pergerakan yang mempengaruhi bentuk dari karyanya. Pergerakan yang terjadi dilatarbelakangi oleh mekanisme arsitektur kinetik.

Beberapa karya Santiago Calatrava memiliki kemiripan dalam penggunaan mekanisme arsitektur kinetik maka kemiripan penggunaan mekanisme arsitektur kinetik dapat dijadikan klasifikasi. Selain itu juga dapat diklasifikasikan berdasarkan tipologi struktur, tujuan penggunaan mekanisme arsitektur kinetik, jenis mekanisme arsitektur kinetik dan jenis sambungan yang digunakan, serta penggunaan analogi yang digunakan.

Kata kunci:

Tipologi struktur, tujuan penggunaan mekanisme arsitektur kinetik, jenis mekanisme arsitektur kinetik dan jenis sambungan, serta analogi yang digunakan.

ABSTRACT

Name : Meitha Kristina
Study Program : Architecture
Title : Santiago Calatrava's Kinetic Architecture Mechanism Classification.

Santiago Calatrava is one of the world famous architect because of his work is uniqueness. Some of his work attract many people for its movement that affect the shape of the building because of kinetic architecture mechanism.

Many Calatrava's works have resemblance that can be analyze based on kinetic architecture mechanism classification. Beside that the Classification can be based on the structure's typology, the purpose from using kinetic architecture mechanism, the type of kinetic architecture mechanism, the joints, and the analogy.

Key word:

The structure's typology, the purpose from using kinetic architecture mechanism, the type of kinetic architecture mechanism and its joint, and the analogy.

DAFTAR ISI

HALAMAN JUDUL	i
HALAMAN PERNYATAAN ORISINALITAS	ii
LEMBAR PENGESAHAN	iii
KATA PENGANTAR	iv
LEMBAR PERSETUJUAN PUBLIKASI KARYA ILMIAH	vi
ABSTRAKSI	vii
DAFTAR ISI	viii
DAFTAR GAMBAR	ix
DAFTAR TABEL	xiv
1. PENDAHULUAN	1
1.1 Latar Belakang	1
1.2 Pertanyaan Penulisan	3
1.3 Tujuan Penulisan	4
1.4 Ruang Lingkup Bahasan	4
1.5 Dasar Teori	4
1.6 Sistematika Penulisan	5
1.7 Kerangka Berfikir	6
2. ARSITEKTUR KINETIK	7
2.1 Arsitektur Kinetik	7
2.2 Tipologi Kinetik Struktur	10
2.2.1 Embedded Kinetic Structure	10
2.2.2 Deployable Kinetic Structure	14
2.2.3 Dinamic Kinetic Structure	17
2.3 Tujuan Aplikasi Kinetik dalam Struktur	21
2.3.1 Peoptimalisasi Ruang	21
2.3.2 Desain yang Multifungsi	22
2.3.3 Adaptasi sesuai Konteks	23
2.3.4 Mobilitas	24
2.4 Mekanisme Struktur Kinetik	25
2.4.1 Mekanisme Jenis Pertama	25
2.4.2 Mekanisme Jenis Kedua	27
2.4.3 Mekanisme Jenis Ketiga	28
2.4.4 Mekanisme Jenis Keempat	29
2.4.5 Mekanisme Jenis Kelima	30
2.5 Tipe Joint Kinetik Struktur	31
2.5.1 <i>Pin joint</i>	31
2.5.2 <i>Sliding joint</i>	33
2.5.3 <i>Sliding pin joint</i>	33
2.5.4 <i>sprikal joint</i>	34

3. Study Kasus dan Analisis Karya Santiago Calatrava	36
3.1 Biografi Santiago Calatrava	37
3.2 Karya Santiago Calatrava dan Analisis Mekanisme Arsitektur Kinetik	44
3.2.1 Planetarium	44
3.2.2 Ernestine Warehouse	49
3.2.3 Kuwait Pavilion	56
3.2.4 Shadow Machine	60
3.2.5 Montjuic Telecom Tower	62
3.2.6 BCE plaza (fountain / air mancur)	67
3.2.7 Floatong pavilion	69
3.2.8 Milwaukee Art Museum	73
3.2.9 Pavilion on an Island	76
3.2.10 Stadelhofen Railway Station	79
3.2.11 Alody Communication Hall	82
3.2.12 Emergency Center	84
4. KLASIFIKASI dan KESIMPULAN	87
4.1 Tipologi dan Struktur Kinetik	87
4.2 Tujuan Penggunaan Mekanisme Kinetik Arsitektur	88
4.3 Jenis Mekanisme Arsitektur Kinetik dan Komponennya (Sambungan)	89
DAFTAR PUSTAKA	95

DAFTAR GAMBAR

Gambar 2.1	tenda bangsa indian	8
Gambar 2.2	Drawbrige	8
Gambar 2.3	Pintu zaman romawi menggunakan aplikasi kinetik	9
Gambar 2.4	Pintu zaman romawi menggunakan aplikasi kinetik	9
Gambar 2.5	Pintu zaman romawi menggunakan aplikasi kinetik	9
Gambar 2.6	Pintu zaman romawi menggunakan aplikasi kinetik	9
Gambar 2.7	Embedded kinetic stucture	10
Gambar 2.8	Rotating house	11
Gambar 2.9	Metro St Lazare	12
Gambar 2.10	Metro St Lazare	12
Gambar 2.11	GucklHupf	13
Gambar 2.12	Deployable kinetic architecture	14
Gambar 2.13	ReCover Accordion Shelter, Haiti	14
Gambar 2.14	Robert Kronenburg, portable architecture	15
Gambar 2.15	Public school new york	16
Gambar 2.16	Public school new york	16
Gambar 2.17	Public school new york	16
Gambar 2.18	Public school new york	16
Gambar 2.19	Public school new york	16
Gambar 2.20	Public school new york	16
Gambar 2.21	Public school new york	16
Gambar 2.22	Dynamic kinetic structure	17
Gambar 2.23	Pintu geser tradisional jepang dan otomatis	18
Gambar 2.24	Pintu yang dapat berfungsi meja ping pong dan lemari buku	18
Gambar 2.25	Eskalator dan lift	19

Gambar 2.26	Institut du Monde Arabe	19
Gambar 2.27	Contoh ruangan mengaplikasikan pengoptimalisasi ruang ...	21
Gambar 2.28	Dynamic tower	22
Gambar 2.29	Moderating Skyights Kinetic Group	24
Gambar 2.30	Markies, Almere, Netherlands	24
Gambar 2.31	Ilustrasi mekanisme jenis pertama	25
Gambar 2.32	Ilustrasi pergerakan putar pada mekanisme jenis pertama ...	26
Gambar 2.33	Ilustrasi pergerakan pada mekanisme jenis pertama	26
Gambar 2.34	Ilustrasi mekanisme jenis kedua	27
Gambar 2.35	Ilustrasi pergerakan pada mekanisme jenis kedua	27
Gambar 2.36	Ilustrasi mekanisme jenis ketiga	28
Gambar 2.37	Ilustrasi pergerakan pada mekanisme jenis ketiga	28
Gambar 2.38	Ilustrasi sambungan jenis keempat	29
Gambar 2.39	Ilustrasi pergerakan pada mekanisme jenis keempat	29
Gambar 2.40	Ilustrasi mekanisme jenis kelima	30
Gambar 2.41	Ilustrasi pergerakan mekanisme jenis kelima	30
Gambar 2.42	Ilustrasi sambungan engsel dalam	31
Gambar 2.43	Ilustrasi sambungan engsel samping	32
Gambar 2.44	Ilustasi sliding joint	33
Gambar 2.45	Ilustasi sliding pin joint	33
Gambar 2.46	Ilustasi sprikal joint	34
Gambar 3.1	Santiago Calatrava	37
Gambar 3.2	Railway Station in Zurich	38
Gambar 3.3	The Alamillo Bridge in Valencia	39
Gambar 3.4	Alexander Tzonis	40
Gambar 3.5	Leonardo da Vinci	41
Gambar 3.6	Ilustrasi Leornado da Vinci Flying Machine	42
Gambar 3.7	Ilustrasi sayap kelelawar	42

Gambar 3.8	Ilustrasi kinetik sayap kelelawar	42
Gambar 3.9	Ilustrasi mekanis kinetic sayap kelelawar	43
Gambar 3.10	Sketsa mata sebagai analogi	44
Gambar 3.11	Bangunan Planetarium	45
Gambar 3.12	Bangunan dan sketsa Planetarium	45
Gambar 3.13	Tampak depan Planetarium	47
Gambar 3.14	Tampak atas dan sketsa Planetarium	46
Gambar 3.15	Sketsa tampak samping Planetarium	46
Gambar 3.16	Sketsa tampak samping Planetarium	47
Gambar 3.17	Tampak samping Planetarium	47
Gambar 3.18	Ilustrasi potongan Planetarium dengan mekanisme arsitektur kinetik	47
Gambar 3.19	Ilustrasi perspektif Planetarium dengan mekanisme arsitektur kinetik	48
Gambar 3.20	Ernstings Warehouse	49
Gambar 3.21	Sketsa siteplan Ernstings Warehouse	50
Gambar 3.22	Sketsa analogi Ernstings Warehouse	50
Gambar 3.23	Sketsa tampak timur Ernstings Warehouse	51
Gambar 3.24	Sketsa tampak utara Ernstings Warehouse	51
Gambar 3.25	Sketsa tampak selatan Ernstings Warehouse	52
Gambar 3.26	Sketsa tampak barat Ernstings Warehouse	52
Gambar 3.27	Ilustrasi potongan Ernstings Warehouse	53
Gambar 3.28	Ilustrasi perspektif Ernstings Warehouse	53
Gambar 3.29	Kuwait Pavilion	56
Gambar 3.30	Ilustrasi analogi Kuwait Pavilion	56
Gambar 3.31	Sketsa mekanisme kinetik Kuwait Pavilion : tampak samping terbuka, tampak samping agak tertutup, dan tampak atas tertutup	57

Gambar 3.32	Proses terbuka dan tertutup Kuwait Pavilion	57
Gambar 3.33	Ilustrasi gambar peotongan mekanisme arsitektur kinetik pada Kuwait Pavilion	58
Gambar 3.34	Ilustrasi gambar perspektif mekanisme arsitektur kinetik pada Kuwait Pavilion	58
Gambar 3.35	Pergerakan dinamis Shadow Machine	60
Gambar 3.36	Sketsa analogi Shadow Machine	60
Gambar 3.37	Ilustrasi potongan mekanisme arsitektur kinetik pada Shadow Machine	61
Gambar 3.38	Ilustrasi perspektif mekanisme arsitektur kinetik pada Shadow Machine	61
Gambar 3.39	Montjuic Telecom Tower	62
Gambar 3.40	Sketsa analogi Montjuic Telecom Tower	62
Gambar 3.41	Sketsa perspektif Montjuic Telecom Tower	63
Gambar 3.42	Sketsa potongan Montjuic Telecom Tower	63
Gambar 3.43	Gambar perspektif mekanisme arsitektur kinetik Montjuic Telecom Tower	63
Gambar 3.44	Gambar perspektif mekanisme arsitektur kinetik Montjuic Telecom Tower	64
Gambar 3.45	Ilustrasi potongan Montjuic Telecom Tower	64
Gambar 3.46	Ilustrasi perspektif Montjuic Telecom Tower	64
Gambar 3.47	BCE Plaza	67
Gambar 3.48	Sketsa analogi Floating Pavilion	67
Gambar 3.49	BCE Plaza fountain (air mancur)	67
Gambar 3.50	Ilustrasi gambar potongan BCE plaza	68
Gambar 3.51	Ilustrasi gambar perspektif BCE plaza	68
Gambar 3.52	Floating Pavilion	69
Gambar 3.53	Sketsa Floating Pavilion	70

Gambar 3.54	Model Floating Pavilion	70
Gambar 3.55	Ilustrasi potongan Floating Pavilion	71
Gambar 3.56	Ilustrasi perspektif Floating Pavilion	72
Gambar 3.57	Milwaukee Art Museum	73
Gambar 3.58	Suasana ruangan di dalam atap Milwaukee Art Museum	73
Gambar 3.59	Analogi Milwaukee Art Museum	74
Gambar 3.60	Ilustrasi perspektif Milwaukee Art Museum	75
Gambar 3.61	Barcelona Railways Station	76
Gambar 3.62	Sketsa analogi pavilion on an island	77
Gambar 3.63	Ilustrasi tampak depan Pavilion on an Island	77
Gambar 3.64	Ilustrasi perspektif Pavilion on an Island	78
Gambar 3.65	Sketsa analogi Stadelhofen Railways Station	79
Gambar 3.66	Pintu bawah tanah Stadelhofen Railways Station	80
Gambar 3.67	Ilustrasi aksonometri Stadelhofen Railways Station	80
Gambar 3.68	Ilustrasi potongan Stadelhofen Railways Station	81
Gambar 3.69	Alody Communication Hall	82
Gambar 3.70	Ilustrasi perspektif Alody Communication Hall	83
Gambar 3.71	Ilustrasi potongan Alody Communication Hall	83
Gambar 3.72	Emergency Center	84
Gambar 3.73	Mekanisme Emergency Center	84
Gambar 3.74	Ilustrasi potongan pada Emergency Center	85
Gambar 3.75	Ilustrasi perspektif pada Emergency Center	85

DAFTAR TABEL

Tabel 2.1 Kesimpulan tiga tipologi	20
Tabel 2.2 Jenis mekanisme dan jenis sambungan	35
Tabel 4.1 Klasifikasi kedua belas karya Santiago Calatrava	93



BAB I

PENDAHULUAN

1.1 Latar belakang

Beberapa tahun belakang ini terdapat warna baru dalam dunia arsitektur yakni dengan adanya adaptasi mesin. Meskipun seharusnya pengaplikasian mesin terdapat dalam otomotif ataupun elektronik. Dalam pengaplikasian bangunan, mekanisme mesin kinetik dapat digunakan baik dalam skala besar maupun dalam skala kecil. Adaptasi mesin memberikan pergerakan pada bangunan arsitektur yang memberikan kesan bergerak pada bangunan yang diam. Pergerakan yang terdapat pada bangunan dengan menggunakan aplikasi mesin didalamnya dikenal dengan istilah mekanisme arsitektur kinetik.

Mekanisme arsitektur kinetik kini banyak merebut perhatian banyak orang dikarenakan bangunan terlihat sangat modern dalam penggunaan teknologi dan pergerakan yang terjadi membuat orang secara refleks melihat keunikan pergerakan pada bangunan. Semakin berkembangnya teknologi dan semakin banyak pengaplikasian dalam dunia arsitektur, maka semakin banyak arsitek yang menggunakan aplikasi mekanisme arsitektur kinetik dalam desain bangunannya. Salah satu arsitek terkenal yang menggunakan mekanisme arsitektur kinetik adalah Santiago Calatrava. Karya yang dihasilkannya arsitektural baik dalam skala yang besar maupun dalam skala yang kecil banyak menerapkan mekanisme arsitektur kinetik.

Dalam karyanya, Calatrava banyak terinspirasi dari karya Leonardo da Vinci berupa mekanisme dari *Flying Machine*. Leonardo da Vinci mengambil mekanisme *Flying Machine* dari analogi sayap kelelawar. Cara berfikir Leonardo menginspirasi Calatrava tidak hanya belajar dari mekanisme namun juga belajar dari cara berfikir Leonardo yakni dengan memulai dari membuat tujuan karya kemudian dianalogikan pemikiran tujuan karyanya dengan organisme. Lalu mencoba mengaplikasikan analogi dengan mekanisme kinetik. Hasil pemikiran ini

membawa Calatrava sebagai salah satu arsitek didunia yang memiliki keunikan dalam hasil karyanya.

Mekanisme kinetik dalam arsitektur tidak lepas dari sistem pendukungnya berupa struktur dan komponennya. Struktur kinetik dibagi mejadi tiga jenis tipologi yang mendukung struktur yakni *embedded kinetic structure* yang biasanya terdapat pada bangunan skala yang besar dan bersifat tetap, *deployable kinetic structure* bersifat dapat dipindah-pindahkan, dan *dynamic kinetic structure* biasanya dalam skala yang kecil dan biasanya berupa interior.¹ Struktur kinetik juga memiliki tujuan dalam penggunaannya, terdapat empat jenis tujuan penggunaan mekanisme arsitektur yakni pengoptimalisasi ruang yaitu dengan mengoptimalisasi ruang sesuai dengan ruang yang dibutuhkan dan bersifat fleksibel. Tujuan yang kedua adalah desain yang multifungsi yakni ruang yang memiliki banyak fungsi. Tujuan yang ketiga adalah adaptasi sesuai dengan konteks yakni baik bangunan ataupun ruang dapat disesuaikan terlebih dahulu sesuai lingkungannya. Sedangkan tujuan yang keempat adalah mobilitas, dimana karya arsitektur dapat berpindah tempat dengan mudah baik secara manual atau menggunakan mesin.²

Mekanisme arsitektur kinetik tak lepas dari peran serta sistem yang mempengaruhinya, sistem merupakan susunan dari beberapa komponen yaitu komponen *bar* dan komponen sambungan atau *joint*. Komponen *bar* hampir memiliki kesamaan tiap mekanisme sedangkan komponen sambungan dibagi menjadi lima jenis yakni sambungan engsel dalam, sambungan engsel luar, *slidding joint*, *slidding pin joint*, dan sambungan putar.³ Sambungan ini pun mempengaruhi pergerakan mekanisme arsitektur kinetik yang terbagi menjadi lima jenis yaitu mekanisme jenis pertama dengan menggunakan sambungan engsel dalam dan sambungan putar. Mekanisme jenis kedua menggunakan komponen sambungan engsel samping. Mekanisme jenis ketiga menggunakan komponen sambungan engsel dalam. Mekanisme jenis keempat menggunakan

¹ Michael A. Fox and Bryant P. Yeh, *Intelligent Kinetic System*, p. 3-4 sumber <http://robotecture.com/Papers/Pdf/iksov.pdf>

² Michael A. Fox, *Physical change*, p.31

³ Alexander Tzonis. *san tiago calatrava's creative process fundamentals*,berlin: birkhauser,1995, P.9

komponen sambungan engsel dalam. Sedangkan mekanisme jenis kelima merupakan mekanisme gabungan dari mekanisme jenis kedua dan mekanisme jenis ketiga dengan menggunakan komponen sambungan engsel dalam dan komponen sambungan engsel samping.⁴ Namun dari lima jenis sambungan hanya digunakan tiga jenis pada aplikasi lima jenis mekanisme yakni sambungan engsel dalam, sambungan engsel samping, dan sambungan putar. Kelima jenis mekanisme dan ketiga jenis sambungan akan dikaitkan dengan keduabelas karya Calatrava sehingga akan menghasilkan klasifikasi karya Calatrava berdasarkan mekanismenya. Berdasarkan klasifikasinya hanya terpakai empat jenis mekanisme dari lima jenis mekanisme yang diklasifikasikan yakni mekanisme jenis pertama, mekanisme jenis kedua, mekanisme jenis ketiga, dan mekanisme jenis keempat.

Selain adanya klasifikasi dua belas karya Calatrava yang berkaitan erat dengan mekanisme arsitektur kinetik beserta komponen sambungannya tetapi juga dapat diklasifikasikan dengan analogi. Hal ini dikarenakan setiap karya Calatrava memiliki latar belakang analogi dan mekanisme juga ditentukan berdasarkan analoginya.

Sehingga klasifikasi yang dikaitkan dengan dua belas karya Calatrava berdasarkan mekanisme arsitektur kinetik, jenis sambungannya, dan analogi yang digunakan. Tetapi ketiga kategori klasifikasi terhadap kedua belas karya Calatrava tersebut ditambahkan dengan klasifikasi berdasarkan teori yaitu klasifikasi berdasarkan tipologi struktur yang digunakan dan tujuan penggunaan mekanisme.

1.2 Pertanyaan Penulisan

- Daya tarik yang melatarbelakangi pergerakan atau mekanisme dari beberapa karya arsitektur Santiago Calatrava ?
- Apakah ada kemiripan dari beberapa karya Santiago Calatrava terutama dalam penggunaan mekanismenya sehingga dapat diklasifikasikan ?

⁴ Angeliki Fotiadou. *Analysis of Design Support for Kinetic Structures*, p. 11

- Tipologi struktur yang mempengaruhi mekanisme arsitektur kinetik yang mempengaruhi karya Santiago Calatrava ?
- Apakah latar belakang Tujuan dari penggunaan mekanisme arsitektur kinetik dari karya Santiago Calatrava ?
- Apakah jenis-jenis mekanisme arsitektur kinetik dan jenis sistem pendukung mekanisme arsitektur kinetik yang mempengaruhi karya Santiago Calatrava ?

1.3 Tujuan penulisan

Tujuan penulisan skripsi ini adalah mengenal lebih jauh mengenai mekanisme arsitektur kinetik melalui teori mekanisme arsitektur kinetik berupa jenis tipologi kinetik, tujuan penggunaan mekanisme kinetik arsitektur, dan jenis-jenis mekanisme arsitektur kinetik. Namun tujuan utama dari skripsi ini adalah mengklasifikasikan karya Calatrava berdasarkan pembahasan dalam teori dan mengklasifikasikan berdasarkan kemiripan mekanisme arsitektur kinetik yang digunakan dalam desainnya.

1.4 Ruang Lingkup Bahasan

Ruang lingkup bahasan teori mekanisme arsitektur kinetik adalah pengertian mekanisme arsitektur kinetik, tipologi kinetik, macam-macam tujuan akhir penggunaan mekanisme arsitektur, jenis-jenis mekanisme arsitektur kinetik, dan dua belas penjelasan karya Calatrava berdasarkan latar belakang bangunan serta jenis penggunaan mekanismenya dan klasifikasinya.

1.5 Dasar Teori

Dasar teori yang digunakan adalah pengertian mekanisme arsitektur kinetik, jenis tipologi kinetik, macam-macam tujuan akhir penggunaan

mekanisme arsitektur kinetik, jenis-jenis mekanisme arsitektur kinetik, dan penjelasan dua belas karya Calatrava berdasarkan mekanisme arsitektur kinetik.

1.6 Sistematika Penulisan

Penulisan tugas akhir ini disusun dengan mekanisme:

BAB I Pendahuluan :

Berisi penjelasan mengenai latar belakang, permasalahan, tujuan penulisan, ruang lingkup pembahasan, dasar teori yang digunakan, sistematika penulisan, dan kerangka pemikiran. Bab inilah yang mendasari penulisan tugas akhir ini.

BAB II Arsitektur Kinetik :

Berisi penjelasan mengenai pengertian mekanisme arsitektur kinetik, sejarah mekanisme arsitektur kinetik dan aplikasinya dalam sejarah, jenis-jenis tipologi kinetik struktur dan aplikasi dalam arsitektur, serta tujuan akhir penggunaan mekanisme arsitektur kinetik serta aplikasinya dalam bidang arsitektur.

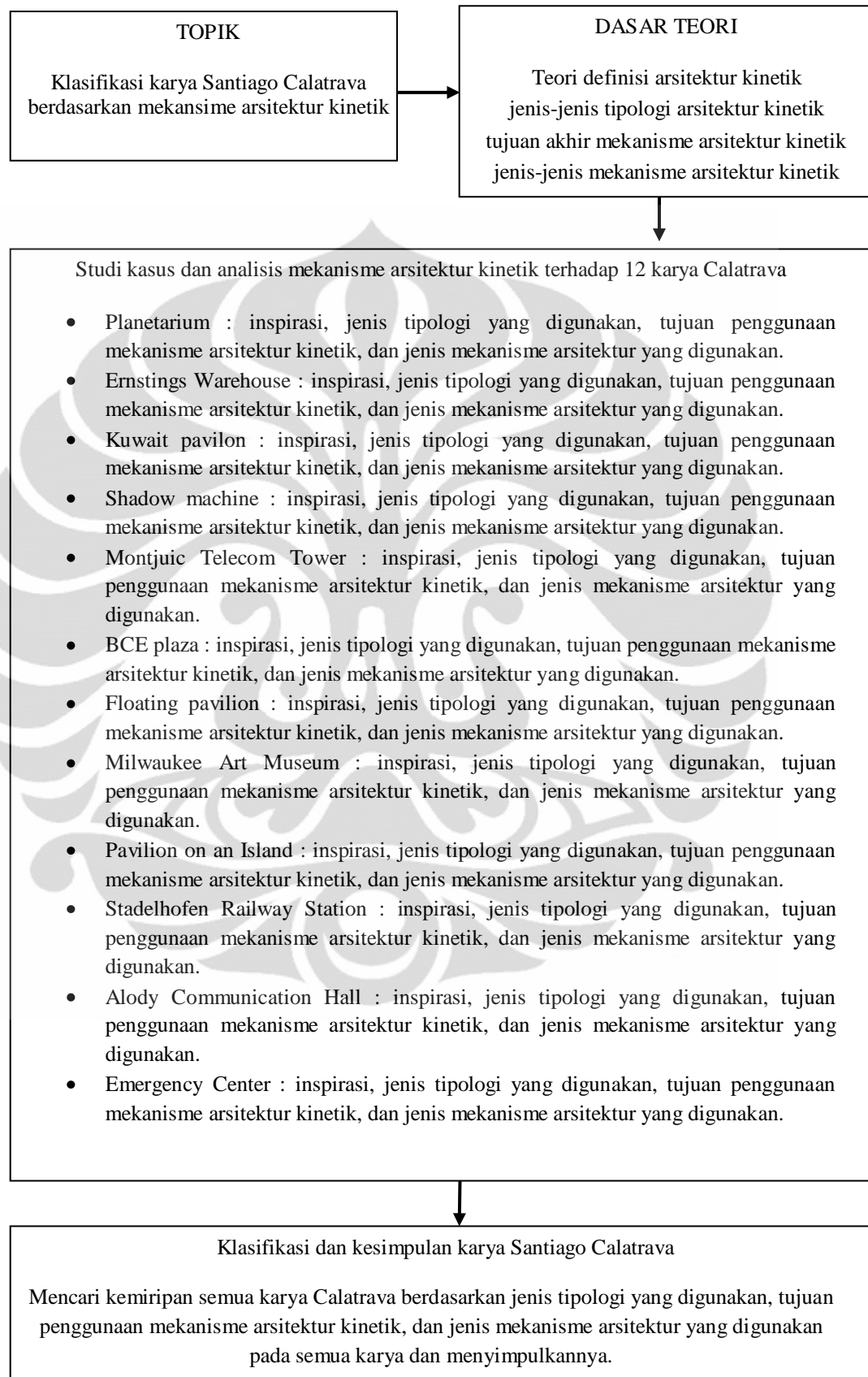
BAB III Studi Kasus dan Analisis Karya Santiago Calatrava :

Berisikan mengenai Biografi Santiago Calatrava, studi kasus dan analisis pada masing-masing karya Calatrava (berjumlah dua belas karya) berdasarkan inspirasinya, jenis tipologi kinetik yang digunakan, tujuan penggunaan mekanisme arsitektur kinetik, dan jenis mekanisme yang digunakan.

BAB IV Kesimpulan dan Klasifikasi Dua Belas Karya Santiago Calatrava :

Klasifikasi keduabelas karya Santiago Calatrava berdasarkan kemiripan Pada jenis tipologi kinetik yang digunakan, tujuan penggunaan mekanisme arsitektur kinetik, dan jenis mekanisme yang digunakan hingga menghasilkan kesimpulan dari keseluruhan materi.

1.7 Kerangka Berfikir



BAB II

ARSITEKTUR KINETIK

2.1 Arsitektur kinetik

Arsitektur dan struktur merupakan dua hal yang tidak dapat dipisahkan. Seiring waktu inovasi struktur mendorong inovasi baru dalam arsitektur yakni dengan kemajuan sistem struktur, pengembangan bahan material struktur, dan adaptasi mekanisme dalam struktur.

Kemajuan sistem struktur dalam hal berkembangnya sistem-sistem struktur menciptakan sistem yang baru maupun merupakan gabungan dari beberapa sistem membentuk satu hal yang baru, seperti sistem pondasi ataupun sistem utama struktur pada konstruksi suatu bangunan. Berkembangnya sistem struktur ini lebih banyak terlihat pada bangunan tinggi atau bangunan bentang lebar. Pengembangan bahan material struktur memungkinkan terbentuknya sistem struktur yang lebih kuat, lebih fleksibel baik dari hal bentangan dan kemampuan dalam pembebanan. Sedangkan adaptasi mekanisme dalam struktur memungkinkan struktur untuk melakukan pergerakan dan berubah untuk memenuhi fungsinya sesuai yang dibutuhkan manusia. Pergerakan struktur dalam mekanismenya biasa dibantu oleh mesin, struktur yang mengadaptasi mesin dalam pergerakannya dapat disebut sebagai struktur kinetik.

Arsitektur kinetik merupakan suatu karya arsitektur yang menggunakan mekanisme pergerakan struktur kinetik dalam bangunannya. Menurut R. Kronenburg, definisi arsitektur kinetik adalah sistem atau bagian dari suatu bangunan yang dapat melakukan perubahan perpindahan, tempat ataupun bentuk geometri.¹

Sehingga secara garis besar dari definisi tersebut maka arsitektur kinetik bersifat fleksible, dapat berubah bentuk dan dapat dipindah-pindahkan (transportable).

¹ Robert Kronenburg, *Transportable Environments 2*. (London: Spon Press, 2003)

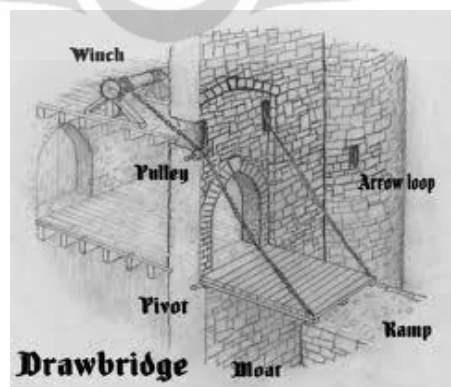
Sejarah arsitektur kinetik dimulai dari kebutuhan manusia untuk berpindah-pindah. Pada jaman dahulu bisa dilihat dari bangsa nomaden yang membutuhkan mobilitas untuk mendukung cara hidup mereka yang menyesuaikan dengan sumber makanan serta kondisi iklim setempat, sehingga mendorong mereka untuk menciptakan tempat tinggal yang mampu dan mudah untuk dipindahkan, seperti tenda yang mudah untuk dibongkar dan dipasang diberbagai lokasi sehingga bersifat fleksibel dan mudah dipindah-pindahkan.



Gambar 2.1 Tenda bangsa indian, mudah dibongkar dan dipindahkan
 Sumber: http://www.solarnavigator.net/www.arabiantents.com/tents_marquees.htm

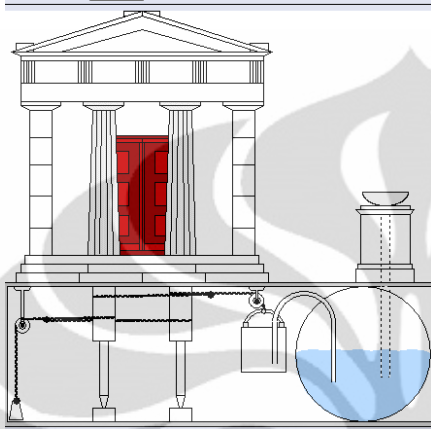
Penerapan arsitektur kinetik yang lebih berkembang selanjutnya pada abad pertengahan. Di eropa manusia sudah dapat membuat arsitektur kinetik dengan dasar mekanisme mesin sederhana salah satu contoh adalah drawbrige.

Drawbrige merupakan gerbang sekaligus dapat berfungsi sebagai jembatan jika terbuka yang dapat bergerak dengan menggunakan mekanisme mesin meskipun masih dibantu dengan tenaga manusia. Sistem ini masih terlihat sangat sederhana namun dapat mencerminkan kemajuan mekanisme teknologi.

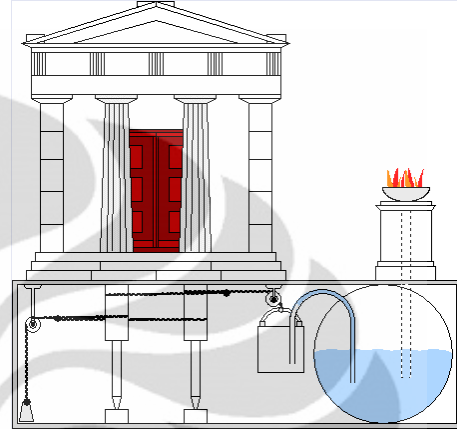


Gambar 2.2 Drawbridge
 Sumber: <http://advancedcomputertips.com/search/drawbridge>

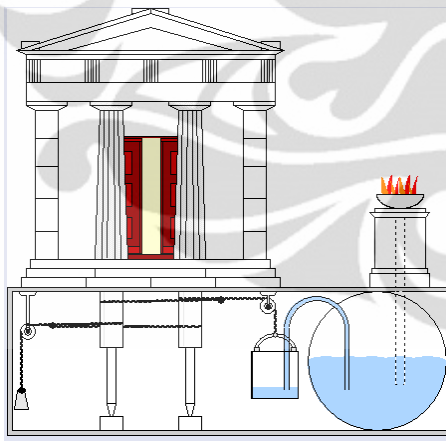
Contoh penerapan bentuk arsitektur kinetik sederhana lain bisa dilihat pada teknologi pintu kerajaan romawi dengan menggunakan tenaga uap, sistem ini sudah digunakan pada abad pertengahan.²



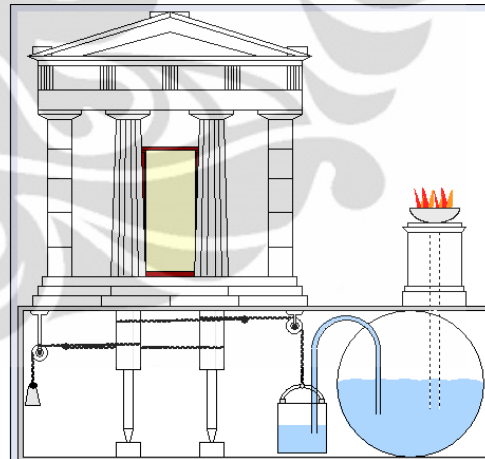
Gambar 2.3 Tahap pertama api belum menyala



Gambar 2.4 Tahap kedua api menyala memberikan efek panas sehingga air naik dan mengisi ember



Gambar 2.5 Tahap ketiga air yang terisi pada ember semakin lama semakin penuh membuat pintu bergerak terbuka



Gambar 2.6 Tahap keempat kondisi ember yang terisi air mulai penuh sehingga pintu terbuka lebar

² www.kaskus.us/7526459

Dasar prinsip kerja arsitektur kinetik adalah struktur kinetik, prinsip dasar ini banyak digunakan oleh arsitek dalam mendesain beberapa tahun belakangan ini. Pengertian dari struktur kinetik terdiri atas kata struktur dan kata kinetik. Definisi dari struktur adalah sesuatu yang dapat mengatur secara pasti akan suatu kesatuan yang bekerja sama terhadap gaya aksi reaksi.³ Sedangkan pengertian kinetik adalah hubungan pergerakan antara material dengan energi yang bersifat aksi mendorong material untuk melakukan suatu pergerakan reaksi.⁴ Sehingga definisi dari struktur kinetik adalah gabungan dari komponen struktur yang saling terkait apabila salah satu bagian dari komponen tersebut diberikan energi berupa aksi, maka struktur yang lain akan memberikan respon gerakan berupa reaksi.

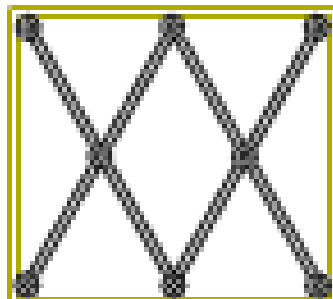
2.2 tipologi kinetik struktur

Kinetik struktur dalam arsitektur memiliki 3 macam tipologi diantaranya⁵ :

2.2.1 Embedded Kinetic Structures

Embedded kinetic struktur adalah sistem yang terdapat pada bangunan arsitektur dengan kondisi lokasi yang tetap. Pergerakan yang disebabkan dari sistem ini dapat mengakibatkan perubahan bentuk pada bangunan dikarenakan komponen dari sistem ini hampir terdapat sebagian besar dari bangunan arsitektur.

Sistem tersebut dapat diumpamakan dengan tubuh memiliki komponen otot yang dapat melakukan pergerakan dalam tubuh yang mampu merubah postur tubuh.



Gambar 2.7 Embedded Kinetic Structures

³ www.merriam-webster.com/structure

⁴ www.merriam-webster.com/kinetic

⁵ Michael A. Fox and Bryant P. Yeh, *Intelligent Kinetic System*, p. 3-4 sumber <http://robotecture.com/Papers/Pdf/ikssov.pdf>

Adapun beberapa contoh dari sistem kerja Embedded Kinetic Structures adalah penggunaan sistem pada *rotating house*, *Metro St Lazare*, dan *GucklHupf*.

a. Rotating House

Rotating House merupakan sebuah rumah yang dapat berputar 360 derajat dan melakukan putaran sebanyak 100 kali. Konsep yang ingin dihadirkan dari rumah ini, dimana tiap dinding akan menghasilkan pemandangan keluar rumah yang berbeda dikarenakan perputaran rumah. Perputaran disebabkan dengan bantuan gas menggunakan sistem fluida.⁶ Perputaran yang terjadi dikendalikan oleh tombol secara manual.



Gambar 2.8 Rotating house, 1st ASCAAD International Conference, e-Design in ArchitectureKFUPM, Dhahran, Saudi Arabia, p.148

Sumber: http://www.isprs.org/proceedings/XXXVIII/5-W16/pdf/murphy_etal.pdf

Rotating House dikategorikan Embedded Kinetic Structure berdasarkan mekanisme geraknya. Gerakan yang dihasilkan berupa perputaran namun pergerakan yang terjadi tetap pada porosnya atau tidak berpindah tempat.

b. Metro St Lazare

Metro St Lazare merupakan suatu stasiun yang menggunakan mekanisme struktur kinetik pada pintu masuknya. Terinspirasi dari lensa yang dapat mengatur cahaya. Pengaturan terhadap cahaya dapat berupa pergerakan dan perbedaan intensitas cahaya, hal ini diaplikasikan dengan pergerakan geser atau *slidding* pintu dan material.

⁶ 1st ASCAAD International Conference, e-Design in ArchitectureKFUPM, Dhahran, Saudi Arabia, p.148



Gambar 2.9 Metro st Lazare
Sumber: <http://kineticarchitecture.net>

Terdapat dua pintu geser selebar 5,5 meter dan tinggi 3,5 meter, dengan berat 1600 kg dan pergerakannya menggunakan mesin. Penggunaan material pada pintu yang menggunakan kaca yang dilapis dengan konstruksi stain less steel yang terdiri dari 108 panel ganda, 9 beam posisi cross, dan 11 beam posisi longitudinal.⁷



Gambar 2.10 Metro st Lazare
Sumber: <http://kineticarchitecture.net>

Metro St Lazare dikategorikan Embedded Kinetic Structures dikarenakan pergerakan terjadi pada pintu yang merupakan bagian besar dari bangunan sehingga pergerakan yang terjadi terlihat hampir keseluruhan bangunan. Pergerakan yang terjadi pada pintu merupakan sistem geser dan diatur oleh mesin secara manual (nyala atau matinya mesin dikendalikan oleh manusia).

⁷ http://blog.kineticarchitecture.net/2011/03/st_lazare/

c. GucklHupf



Gambar 2.11 GucklHupf
Sumber: <http://kineticarchitecture.net>

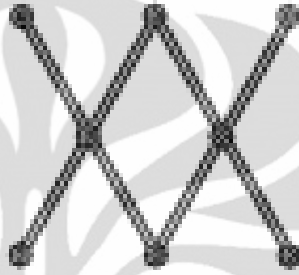
GucklHupf dibangun sekitar tahun 1993, keunikan bangunan ini dapat berubah bentuk dari kotak hingga berubah bentuk tidak terlihat kotak. Bangunan ini memiliki dua lantai yang hampir keseluruhannya berbahan dasar kayu baik dinding, lantai ataupun struktur. Perubahan bentuk bangunan menggunakan kayu slongsongan atau engsel yang berfungsi sebagai poros agar dinding (dinding datar ataupun dinding siku) dapat berputar. Perputaran yang terjadi dapat berskala besar maupu kecil, berskala besar merupakan suatu dinding dengan ukuran besar yang dapat berputar, sedangkan dalam skala kecil dapat berupa jendela. Sensasi yang didapatkan dari perubahan bangunan ini adalah perubahan secara eksterior dan sensasi interior.

Sensasi eksterior didapatkan perubahan bentuk dan adanya perubahan dinding siku yang dapat menghasilkan ruangan tersendiri. Sedangkan dari segi interior yang berubah-ubah akibat bukaan (jendela ataupun dinding) yang dapat berputar (dari dinding tertutup jika diputar akan menghasilkan bukaan), perubahan rotasi dari dinding dapat menimbulkan bukaan sehingga mendapatkan sensasi baru dari tidak adanya bukaan hingga adanya bukaan.⁸

⁸<http://rolu.terapad.com/index.cfm?fa=contentNews.newsDetails&newsID=154875&from=list>

2.2.2 Deployable Kinetic Structures

Deployable kinetic structures terjadi pada lokasi yang bersifat sementara, dapat dipindah, dan dapat dibongkar-pasang. Peruntukan untuk sistem ini pada bangunan pertunjukan ataupun untuk shelter atau naungan korban bencana alam, tempat tinggal, bahkan sebagai tempat pertunjukan sementara (tenda sirkus).



Gambar 2.12 Deployable Kinetic Structures

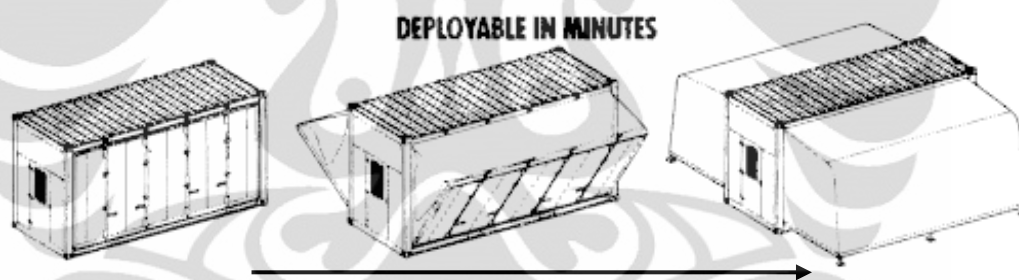
Contoh pemakaian sistem Deployable Kinetic Structures terdapat pada shelter bencana alam yaitu pada reCover Accordion Shelter untuk penanganan bencana alam di Haiti, public school new york, dan Markies, Mobile Expandible Container Camp, dan Almere, Netherlands.



Gambar 2.13 reCover Accordion Shelter, Haiti

Shelter ini memuat maksimal 4 orang dan mudah dalam penggunaannya dengan cara dilipat dan dibawa⁹. Sistem ini dikategorikan ke dalam Deployable Kinetic Structures dikarenakan mekanisme gerak yang terjadi dengan cara dilipat dan dapat dibawa, lebih bersifat sementara dan mudah dalam berpindah. Mekanisme struktur ini tidak dipecah masih dalam satu kesatuan namun dapat dibongkar dan dipasang kembali.

Contoh yang kedua adalah MECC merupakan pemanfaatan dari box container yang sudah tidak terpakai yang dijadikan fasilitas kesehatan atau laboratorium, pemanfaatan ini dianggap bagus dikarenakan sifat dari container yang memiliki besaran yang cukup untuk aktivitas didalamnya ditambah dengan adanya sisi kiri-kanannya ekstensi membuat ruangan semakin besar disamping itu, dengan ekstensi lantai dari “sayap kiri dan sayap kanan” berasal dari dinding container yang dijadikan lantai cukup kuat dan mendukung untuk adanya ekstensi¹⁰.



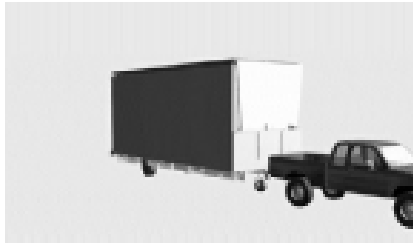
Gambar 2.14 Robert Kronenburg, *portable architecture*, p.265

Contoh ketiga adalah public school new york dirancang oleh FTL patner Todd Dalland. Tujuan dari rancangan *shelter* ini adalah untuk memberikan wadah kegiatan pendidikan (sekolah) yang bersifat *transportable* atau mobilitas agar dapat menjangkau para siswanya. Keunggulan lain dari *shelter* ini adalah mobilitas, sehingga dapat memberikan nuansa tempat lain bagi para siswanya.¹¹

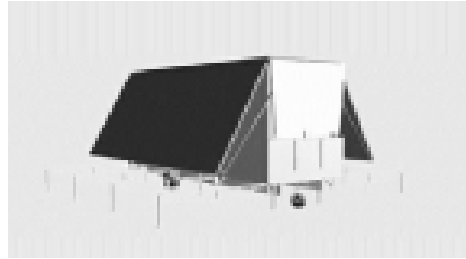
⁹ <http://inhabitat.com/emergency-shelter-reCover-Accordion-Shelter-Haiti>

¹⁰ Robert Kronenburg, *Portable Architecture*, P.265

¹¹ Robert Kronenburg, *Portable Architecture*, p.24



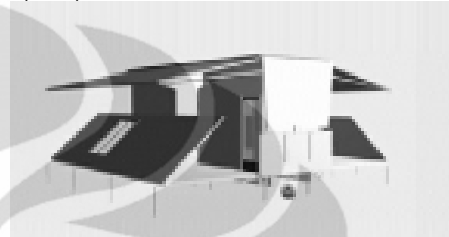
Gambar 2.15 Langkah pertama shelter berbentuk box yang ditarik menggunakan kendaraan (transportable)



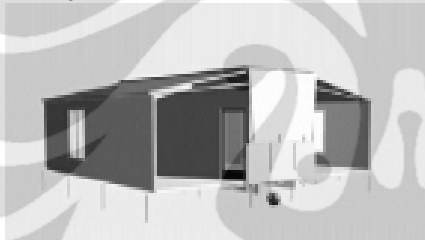
Gambar 2.16 Langkah kedua box shelter melebarkan "sayap lapis pertama" dari sisi kiri dan kanan box untuk memberbesar bentuk yang berfungsi sebagai atap sisi pelebaran kanan dan kiri



Gambar 2.17 Langkah ketiga box shelter melebarkan "sayap lapis kedua" dari sisi kiri-kanan box yang berfungsi sebagai lantai dan dinding tambahan di kiri dan kanan box



Gambar 2.18 Langkah keempat "sayap lapis kedua" mulai membentuk lantai dan menegakan dinding



Gambar 2.19 Langkah kelima menyambungkan dinding yang berasal dari "sayap lapis kedua" dengan atap yang berasal dai "sayap lapis pertama"



Gambar 2.20 Langkah keenam mulai menambahkan komponen

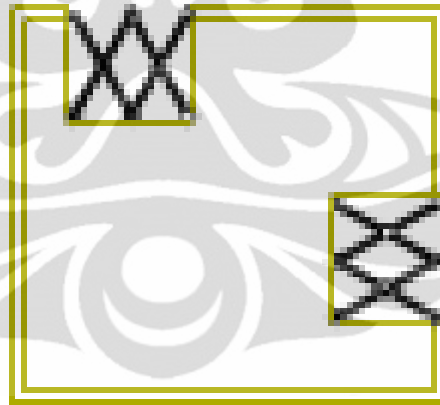


Gambar 2.21 Robert Kronenburg, portable architecture, p.24

Sistematika dari public school new york dirancang oleh FTL patner Todd Dalland hampir sama dengan mekanisme dari sistem Mobile Expandible Container Camp (MECC: Mobile Expandible Container Camp). Kesamaan yang terjadi dikarenakan adanya kesamaan pemanfaatan pelebaran dari “sayap kanan dan kiri” dengan menggunakan dinding eksisting yang dapat dijadikan lantai ekstensi.

2.2.3 Dynamic Kinetic Structures

Dynamic kinetic structures paling mudah ditemukan dan bersifat umum karena sistem ini bergerak secara mandiri meskipun tetap menjadi bagian dari arsitektur secara keseluruhan. Pergerakan dari sistem ini tidak terlalu mempengaruhi bentuk bangunan arsitektur dikarenakan komponen sistem ini hanya sebagian kecil dari bangunan. Contoh aplikasi dari sistem ini berupa pintu, ceiling, partisi, jendela, dan dinding.



Gambar 2.22 Dynamic Kinetic Structures

Dinamic Kinetic Structures sejak jaman dahulu sudah digunakan dikarenakan aplikasinya yang sederhana dan mudah ditemukan (merupakan bagian kebutuhan dasar). Contoh aplikasi dari sistem ini adalah pintu yang sudah dikenal semenjak zaman dahulu hingga penerapan saat ini. Pintu geser merupakan aplikasi yang digunakan oleh bangsa jepang pada era kerajaan dan terdapat hampir seluruh masyarakatnya menggunakan hingga saat ini, namun aplikasi

pintu geser kini sudah berkembang menggunakan mesin otomatis dengan bantuan sensor seperti pintu geser yang terdapat di mall.



Gambar 2.23 Pintu geser tradisional jepang dan pintu geser otomatis

Selain penggunaan pada pintu sebagai akses sistem ini juga dapat berfungsi pada interior, seperti pintu yang dapat diputar hingga dapat digunakan sebagai meja tenis ataupun lemari perpustakaan yang dapat digunakan sebagai pintu jika diputar.



*Gambar 2.24 Pintu yang dapat berfungsi sebagai meja pimpong dan lemari buku,
sumber: <http://kineticarchitecture.net>*

Kebanyakan aplikasi dari sistem ini adalah berupa utilitas seperti lift dan eskalator, dikarenakan bersifat bergerak namun tidak merubah bentuk dari bangunan (aplikasi yang bersifat mandiri).

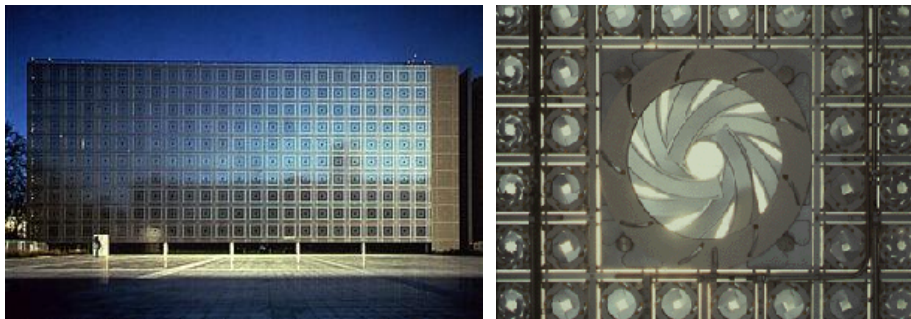


Gambar 2.25 Escalator dan lift
Sumber: <http://archive.kaskus.us>

Penggunaan aplikasi ini terdapat pada akses, utilitas, dan interior, namun juga terdapat pada eksterior bangunan. Meskipun terdapat pada eksterior bangunan skala untuk sistem ini kecil dan tidak terlalu mempengaruhi bentuk bangunan, contoh aplikasi yang sudah diterapkan oleh sistem ini terdapat pada bangunan *Institut du Monde Arabe*.

Institut du Monde Arabe atau lebih dikenal dengan *Arab World Institute* didirikan pada tahun 1980an di daerah Rue des Fosses Saint Bernard di Paris, Perancis. Bangunan ini dirancang oleh arsitek bernama Jean Nouvel, keunikan karyanya terletak pada fasad bangunan yang dapat bergerak membesar dan mengecil sesuai dengan rangsang cahaya.

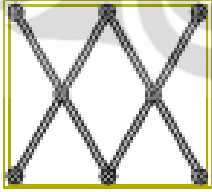
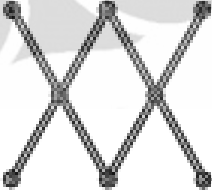
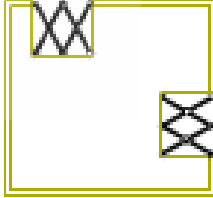
Pergerakan yang terjadi bertujuan untuk mengurangi intensitas cahaya yang masuk pada bangunan.¹²



Gambar 2.26 Institut du Monde Arabe,
<http://www.paris-tourisme.com/museums/monde-arabe/index.html>

¹² <http://www.paris-tourisme.com/museums/monde-arabe/index.html>

Tabel 2.1 Kesimpulan dari ketiga tipologi struktur kinetik

	Embedded kinetic structures	Deployable kinetic structures	Dynamic kinetic structures
Lokasi bangunan	tetap	sementara	tetap
mobilitas	tidak	iya	tidak
Pengaruh bangunan keseluruhan	mempengaruhi	mempengaruhi	tidak mempengaruhi
Penerapan terhadap bangunan	eksterior	eksterior	interior+eksterior
Aplikasi struktur			

2.3 tujuan aplikasi kinetik dalam arsitektur

Aplikasi kinetik dalam arsitektur berdasarkan tujuannya dapat dibagi menjadi empat yakni berupa pengoptimalisasian ruang, desain yang multifungsi, adaptasi yang sesuai konteks, dan mobilitas.¹³

2.3.1 Pengoptimalisasian ruang

Sistem kinetik yang mampu mengadaptasi ruang secara fleksibel sesuai dengan perubahan kebutuhan manusia. Sesuai perkembangan zaman saat ini kebutuhan manusia akan ruang terus berubah-ubah dan terjadi dengan cepat. Kondisi ini mendorong manusia untuk membuat desain ruang yang mampu berubah menyesuaikan suatu fungsi atau kebutuhan, prinsip sederhananya jika dibutuhkan untuk menampung pengguna dengan jumlah yang banyak maka ruangan tersebut akan membesar, sedangkan apabila ruang tidak dibutuhkan untuk menampung jumlah pengguna yang banyak maka ruang akan mengecil, tanpa merubah fungsi ruangan.

Contoh aplikasi sederhana yang bertujuan untuk optimalisasian ruang adalah pemakaian partisi pada suatu ruang. Jika menginginkan ruang yang lebih kecil (kondisi b) dari ruang yang aslinya (kondisi a) maka partisi akan membagi dua ruangan sehingga menghasilkan ruang yang lebih kecil.



Gambar 2.27 Kondisi a dan kondisi b (Smart Glass International),
Sumber :Michael A.fox, *Physical change*, p.35

¹³ Michael A. Fox, *Physical change*, p.31

Dynamic tower merupakan contoh kedua yang menggunakan tujuan pengoptimalisasian ruang. Berawal dari kebutuhan manusia untuk mendapatkan pemandangan yang berubah dan sesuai keinginan, hal ini mendorong munculnya sistem dynamic tower yang berotasi. Sehingga tujuan dari pengoptimalisasian ruang tidak hanya sebagai perubahan besaran ruang ruang namun juga mengoptimalkan fungsi ruang untuk memenuhi keinginan pengguna untuk mendapatkan pemandangan yang berganti-ganti .



*Gambar 2.28 Dynamic tower
Sumber: Michael A. Fox, Physical change*

Sehingga tujuan dari penggunaan optimalisasian ruang untuk memberikan kenyamanan fungsi dari segi ukuran ruang, namun juga dapat meningkatkan kualitas ruangan sesuai dengan kebutuhan yang diinginkan.

2.3.2 Desain yang multifungsi

Desain yang multifungsi merupakan sistem yang memiliki tujuan untuk mewadahi berbagai macam fungsi dalam satu ruang dengan besaran ruang yang tetap. Penggunaan tujuan dari aplikasi ini banyak digunakan pada interior, contohnya pada penggunaan furnitur pintu yang dapat digunakan untuk meja pimpong.

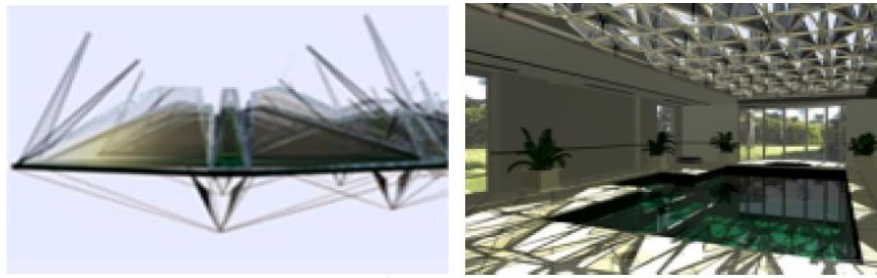


Gambar 2.24 Pintu yang dapat berfungsi sebagai meja pingpong,
<http://kineticarchitecture.net>

2.3.3 Adaptasi sesuai konteks

Adaptasi sesuai konteks merupakan suatu aplikasi kinetik pada bangunan yang memiliki tujuan agar dapat beradaptasi dengan memperhatikan konteks atau lingkungan sekitar. Terdapat tiga faktor yang mempengaruhinya yaitu bentuk bangunan, aktifitas pengguna, dan pola iklim. Ketiga faktor ini saling berkaitan dan saling mempengaruhi, apabila aplikasi kinetik digunakan untuk menjawab kebutuhan dari salah satu faktor maka akan mempengaruhi faktor lainnya.

Salah satu contoh penggunaan tujuan adaptasi sesuai konteks adalah *Moderating Skylights Kinetic Group* merupakan contoh aplikasi yang menerapkan sistem kinetik agar bangunan dapat beradaptasi dengan lingkungan, hal ini dikarenakan pergerakan secara kinetik dari *skylights* (komponen dalam arsitektur) yang memperhatikan cahaya matahari (lingkungan sekitar). Bangunan ini masuk kedalam tiga faktor yang mempengaruhi yakni bentuk *skylights* yang bergerak secara kinetik membuka dan menutup dapat merubah bentuk atap bangunan, ditinjau berdasarkan pola iklim atap bergerak membuka secara kinetik bertujuan untuk memasukan cahaya matahari dari luar bangunan menuju ke dalam bangunan, hal ini juga mempengaruhi aktifitas yakni jika terdapat cahaya matahari yang masuk maka aktifitaspun dapat dijalankan. Ketiga faktor tersebut saling berkaitan untuk memperkuat tujuan adaptasi sesuai konteks ditinjau dari penggunaan kinetik dalam arsitektur.



Gambar 2.29 Moderating Skyights Kinetic Group

2.3.4 Mobilitas

Tujuan terakhir penggunaan dari aplikasi kinetik dalam arsitektur adalah mobilitas. Definisi mobilitas arsitektur adalah suatu bangunan atau komponen dari bangunan dengan variasi konstruksi yang berifat fleksibel, dapat berpindah tempat, dan fleksibel dalam geometri. Mobilitas dalam arsitektur sudah terjadi sejak jaman dahulu sesuai yang telah dijelaskan diatas, mulai dari berpindah tempat tinggal menggunakan tenda hingga menggunakan bantuan transportasi. contoh untuk saat ini yang banyak dikenal oleh masyarakat adalah rumah berpindah menggunakan mobil, tenda sirkus menggunakan bantuan container, ada pula pemakaian untuk rumah sakit darurat dan sekolah.

Contoh penggunaan aplikasi kinetik dalam arsitektur dengan tujuan mobilitas adalah rumah *Markies, Almere, Netherlands*. Tujuan dari *Markies* merupakan suatu rumah yang bergabung dengan mobil sehingga memungkinkan terjadinya pergerakan (mobilitas). Penerapan kinetik pada *Markies* adalah berupa mobilitas dan kemudahan untuk berpindah, namun disisi lain dari segi struktur juga memiliki penerapan aplikasi kinetik berupa ekstensi untuk memperbesar ruangan dari struktur yang bergerak dengan bantuan mesin.¹⁴



Gambar 2.30 Markies, Almere, Netherlands p.167

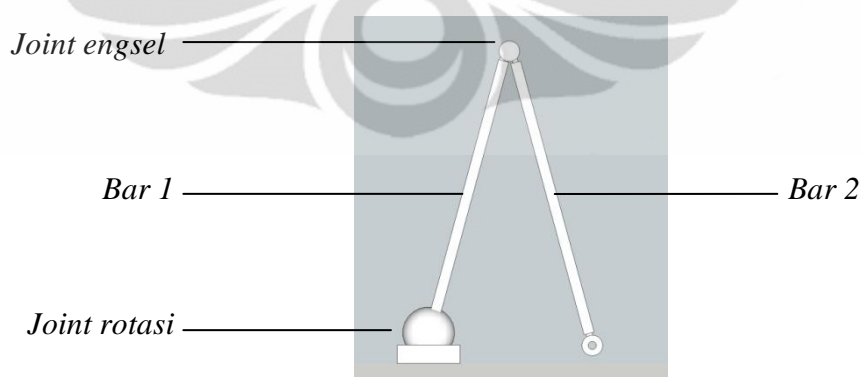
¹⁴ Robert Kronenburg, *portable architecture*, p.167

Apapun tujuan aplikasi kinetik dalam arsitektur pada garis besarnya adalah memberikan kemudahan dan kenyamanan untuk memenuhi kebutuhan manusia dan fungsi ruangan .

2.4 mekanisme struktur kinetik

Arsitektur kinetik tidak jauh dari pergerakan struktur kinetik sebagai dasar utama. Pergerakan inilah yang bisa kita sebut dengan mekanisme, definisi mekanisme menurut *J. Volmer* adalah alat mekanikal untuk meyalurkan pergerakan atau gaya suatu titik dari keseluruhan pada alur tertentu terdiri dari komponen saling berhubungan dari pergerakan mereka yang telah dihubungkan oleh *Joint*. Apabila dikaitkan dengan struktur maka dapat dilihat sebagai komponen struktur yang dihubungkan oleh *joint* sehingga mampu melakukan pergerakan. Mekanisme struktur kinetik dapat dibedakan menjadi beberapa jenis berdasarkan mekanisme pergerakan berdasarkan *bar*, *joint*, dan *axis*. Terdapat lima jenis diantaranya¹⁵ :

2.4.1 Jenis pertama



Gambar 2.31 ilustrasi mekanisme jenis pertama

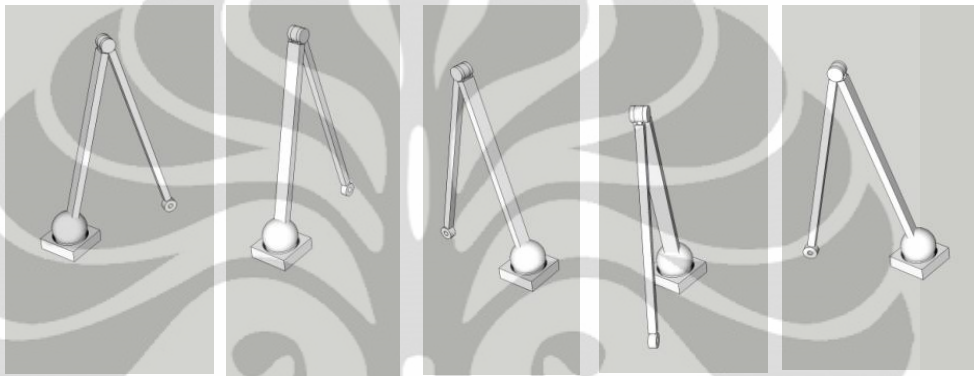
Pada jenis mekanisme pertama, *bar 1* tetap pada satu posisi tertentu namun masih dapat melakukan gerakan rotasi sedangkan pada *bar 2* hanya dapat

¹⁵ Angeliki Fotiadou. *Analysis of Design Support for Kinetic Structures*, p. 11

bergerak sepanjang salah satu sumbu (misalnya sepanjang sumbu x). Posisi *bar 1* dan *bar 2* terletak pada satu garis meskipun terpisah seperti dua tulang yang disambung dengan sendi.

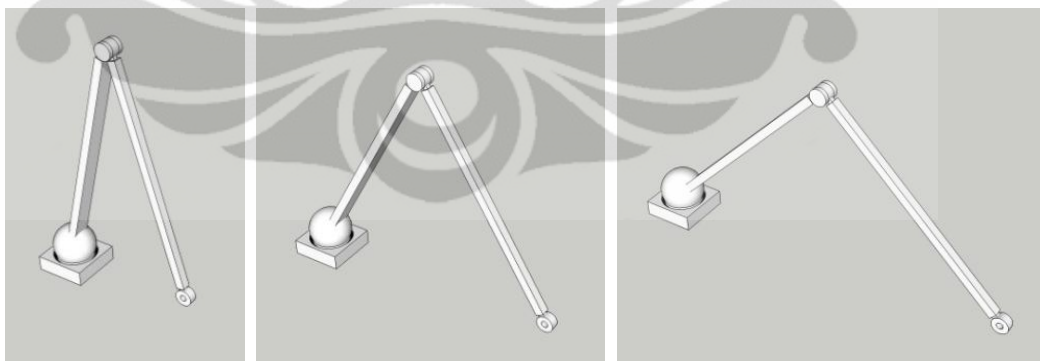
Tahapan mekanisme jenis pertama:

a. pergerakan pada *bar 1*



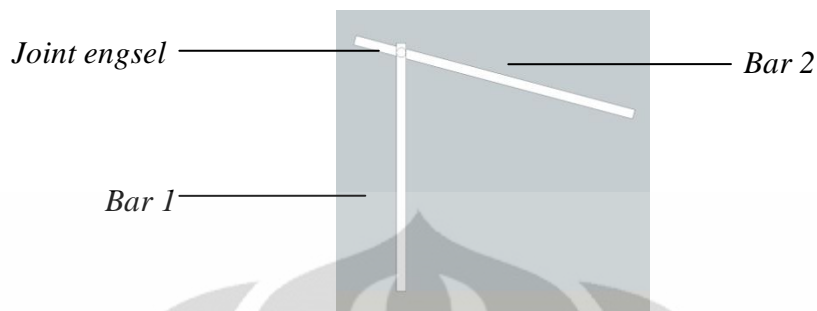
Gambar 2.32 ilustrasi mekanisme jenis pertama (melakukan putaran)

b. Tidak ada Pergerakan pada *bar 2*



Gambar 2.33 ilustrasi mekanisme jenis pertama (melakukangerakan satu sumbu)

2.4.2 Jenis kedua



Gambar 2.34 ilustrasi mekanisme jenis kedua

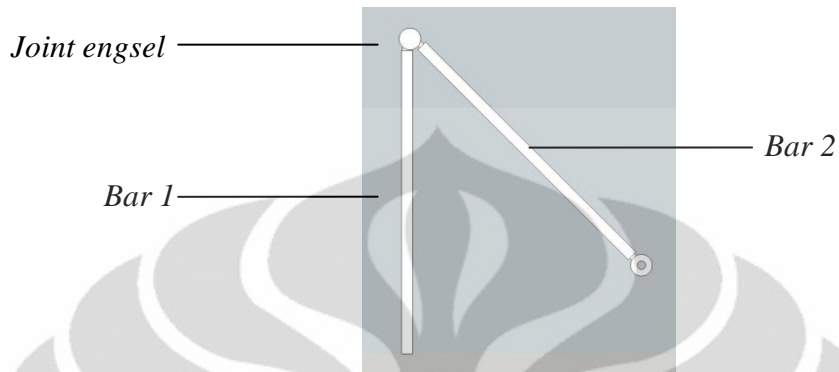
Pada mekanisme jenis kedua hampir memiliki kesamaan dengan jenis pertama. Kesamaan pada *bar 1* yang tidak bergerak, namun pada *bar 1* jenis kedua tidak bergerak sama sekali dan pergerakan hanya terjadi pada *bar 2*. Pergerakan yang terjadi pada *bar 2* pada jenis kedua juga mirip dengan pergerakan *bar 2* pada jenis pertama yakni melakukan pergerakan pada satu sumbu misalnya hanya pada satu sumbu x. Posisi *bar 1* dan *bar 2* pada jenis kedua terletak bersebelahan lalu dihubungkan oleh engsel yang posisinya tidak terletak pada ujung *bar 2*.

Tahapan mekanisme jenis kedua:



Gambar 2.35 ilustrasi mekanisme jenis kedua melakukan gerak pada satu sumbu

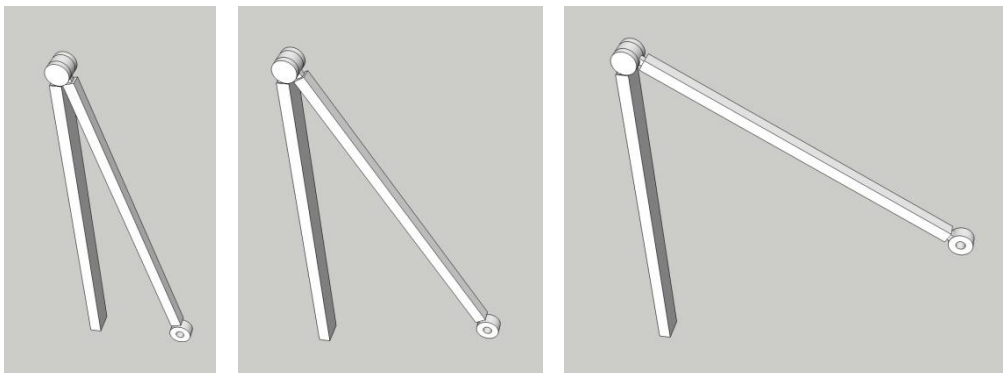
2.4.3 Jenis ketiga



Gambar 2.36 ilustrasi mekanisme jenis ketiga

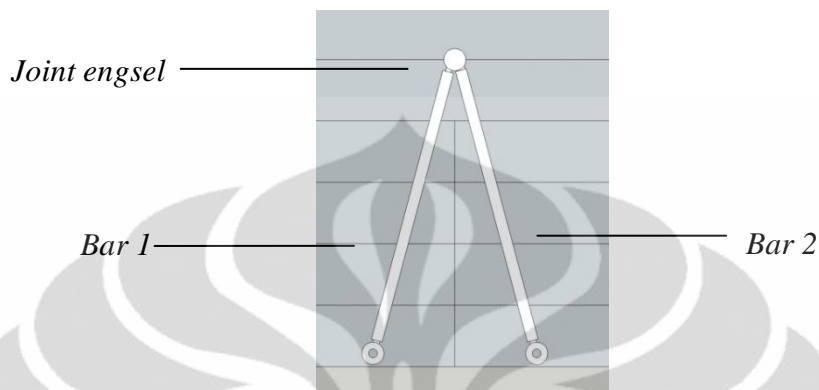
Pada mekanisme jenis ketiga hampir sama dengan mekanisme jenis pertama dan kedua jika ditinjau dari segi arah pergerakan dimana *bar 2* bergerak searah pada salah satu sumbu. Jika ditinjau berdasarkan pergerakan dan posisi *bar 1*, jenis ketiga hampir menyerupai jenis kedua yakni diam dan tidak melakukan pergerakan. Sedangkan jika ditinjau berdasarkan posisi *bar 1* dan *bar 2* menyerupai jenis pertama yakni terletak seperti satu garis dan dihubungkan seperti sendi menghubungkan antar tulang. Posisi engsel terletak pada ujung-ujung *bar 1* dan *bar 2*.

Tahapan mekanisme jenis ketiga:



Gambar 2.37 ilustrasi mekanisme jenis ketiga melakukan gerak pada satu sumbu

2.4.4 Jenis keempat



Gambar 2.38 ilustrasi mekanisme jenis keempat

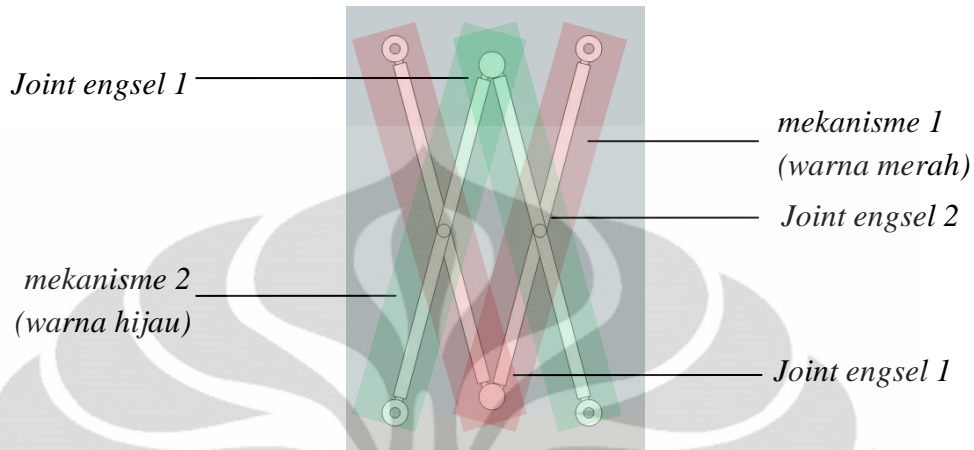
Pada jenis keempat dapat juga disebut dengan mekanisme payung memiliki mekanisme yang hampir sama dengan jenis ketiga ditinjau dari segi pergerakan *bar 2*, posisi antar *bar*, dan jenis penghubung. Pergerakan *bar 2* yang bergerak berdasarkan satu sumbu x, sedangkan posisi antar *bar* terdapat pada satu garis (satu sumbu) seperti posisi antar tulang yang berada pada satu garis lurus dihubungkan oleh sendi. Engsel pada jenis ini sama dengan engsel pada jenis pertama dan jenis ketiga dapat menggerakkan masing-masing *bar* pada satu sumbu dan menghubungkan ujung-ujung *bar* dalam satu garis lurus. Pada mekanisme ini *bar 1* juga melakukan mekanisme pergerakan yang sama dengan *bar 2* yakni searah pada sumbu x namun berlawanan arah. Disaat *bar 1* dan *bar 2* saling bertolak berlawanan arah pada sumbu x *bar* akan mengalami reaksi naik pada sumbu y dan akan membuat posisi engsel bergerak turun berdasarkan sumbu y. Sehingga jika mekanisme ini meregang secara maksimal (*bar 1* dan *bar 2* saling bertolak) akan membentuk satu garis lurus antara *bar 1*-engsel-*bar 2*.

Tahapan mekanisme jenis keempat:



Gambar 2.39 ilustrasi mekanisme jenis keempat saat melakukan pergerakan

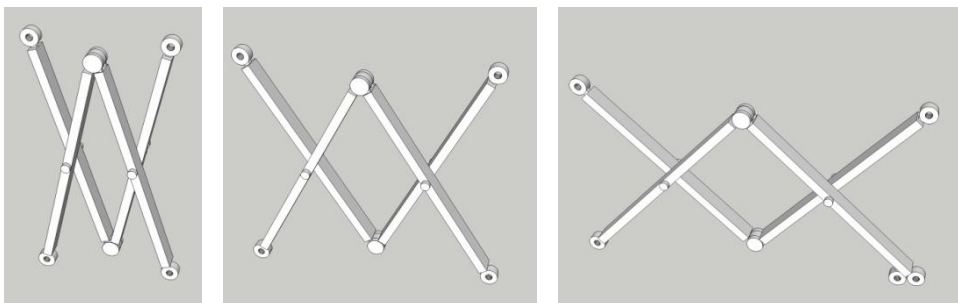
2.4.5 Jenis kelima



Gambar 2.40 ilustrasi mekanisme jenis kelima

Pada jenis kelima memiliki mekanisme lebih rumit karna memiliki dua jenis mekanisme yaitu mekanisme jenis kedua dan mekanisme jenis ketiga. Kedua mekanisme ini dihubungkan oleh engsel yang terdapat pada jenis kedua dikarenakan letak bar bersebelahan dan tidak pada satu garis. Sedangkan untuk penghubung dalam satu mekanisme dihubungkan oleh engsel yang sama dengan jenis pertama, jenis ketiga dan jenis keempat dikarenakan letak antar *bar* berada dalam satu garis lurus seperti sendi yang menghubungkan antar tulang. Namun mekanisme jenis kelima dapat dianalisa merupakan gabungan dari dua mekanisme yang sama yakni mekanisme jenis keempat yang kemudian dari dua mekanisme ini dihubungkan dengan engsel jenis kedua.

Tahapan mekanisme jenis kelima:



Gambar 2.41 ilustrasi mekanisme jenis kelima saat melakukan pergerakan

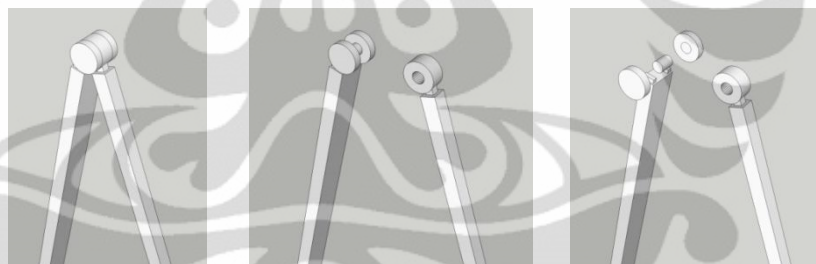
2.5 tipe *joint* kinetic struktur

Pada setiap mekanisme kinetik yang terjadi tidak lepas dari fungsi penggerak utama yakni berupa penghubung atau *joint*. Tipe penghubung atau *joint* kinetic struktur terdapat empat jenis yaitu *pin joint*, *sliding joint*, *sliding pin joint*, dan *sprikal joint*¹⁶:

2.5.1 *Pin joint*

Pin joint atau menggunakan sistem engsel terdapat dua jenis yakni engsel yang menghubungkan dua *bar* dalam satu garis atau satu sumbu atau disebut dengan sambungan engsel dalam dan engsel yang menghubungkan dua *bar* dengan posisi bersebelahan atau disebut dengan sambungan engsel samping.

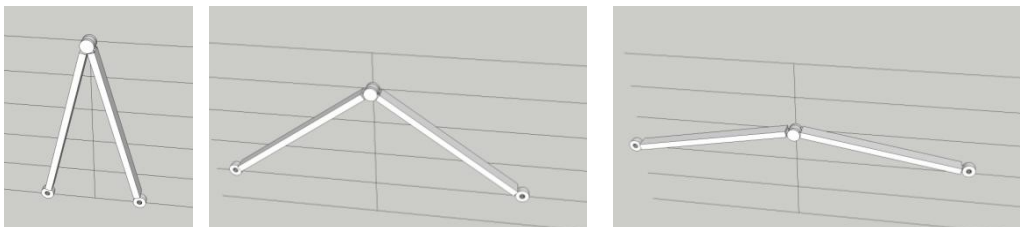
- Sistem sambungan engsel dalam



Gambar 2.42 ilustrasi sambungan engsel dalam

Jenis mekanisme yang menggunakan sistem ini adalah jenis pertama, jenis ketiga, jenis keempat, dan jenis kelima.

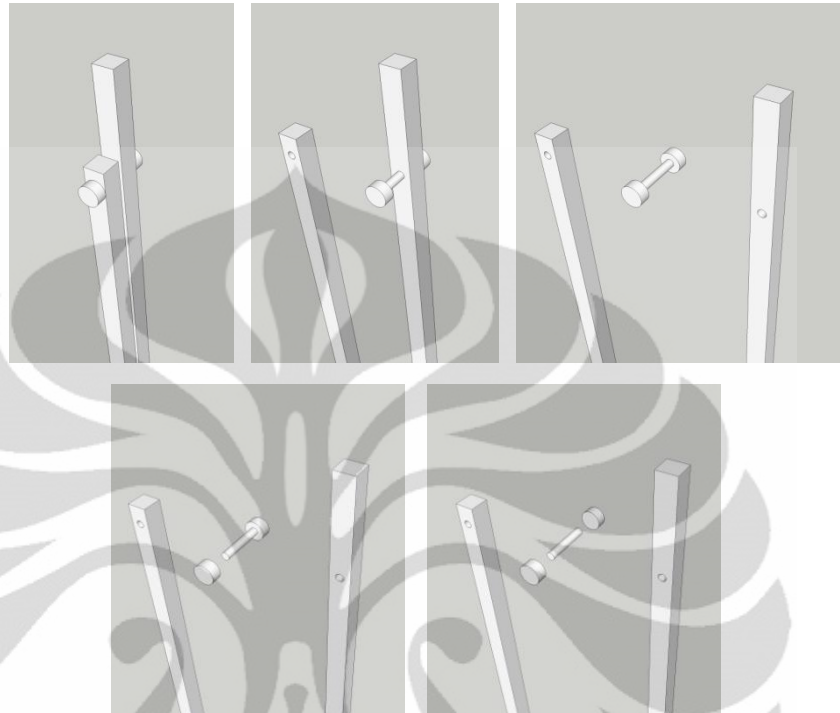
Contoh mekanisme sambungan engsel dalam :



Gambar 2.39 ilustrasi mekanisme jenis keempat saat melakukan pergerakan

¹⁶ Alexander Tzonis. *san tiago calatrava's creative process fundamentals*, berlin: birkhauser, 1995, P.9

- Sistem sambungan engsel samping



Gambar 2.43 ilustrasi sambungan engsel samping

Contoh Jenis mekanisme yang menggunakan sistem ini adalah jenis kedua.



Gambar 2.35 ilustrasi mekanisme jenis kedua melakukan gerak pada satu sumbu

Dari kedua jenis engsel yang dapat mempengaruhi mekanisme pergerakan hanya sebatas satu sumbu yakni pada sumbu x.

2.5.2 *Slinding joint*



Gambar 2.44 ilustrasi *slidding joint*
san tiago calatrava's creative process fundamentals, Alexander tzonis, ed. P.9

Slidding joint merupakan jenis *joint* dengan menggeser *bar* satu terhadap *bar* yang lain dengan bantuan *slidding*. Pergerakan yang terjadi pada penghubung ini hampir sama dengan *pin joint* yakni hanya pada satu sumbu yakni sumbu x.

2.5.3 *Sliding pin joint*

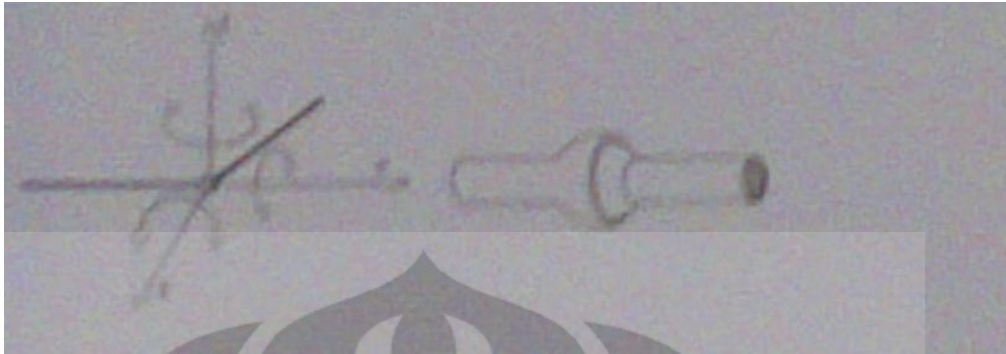


Gambar 2.45 ilustrasi *slidding pin joint*
san tiago calatrava's creative process fundamentals, Alexander tzonis, ed. P.9

Slidding pin joint merupakan gabungan dari *pin joint* dan *slidding joint*, hal ini juga mempengaruhi dari mekanisme geraknya yang merupakan mekanisme gabungan dari mekanisme gerak *pin joint* yang bergerak searah satu sumbu dan sama halnya dengan mekanisme gerak *slidding joint* yang bergerak searah satu sumbu. Namun jika keduanya digabung tidak bisa bekerja dalam satu sumbu yang sama harus pada sumbu yang berbeda.

Jika dilihat pada gambar *pin joint* mempengaruhi pergerakan yakni searah sumbu y, sedangkan *slidding joint* mempengaruhi pergerakan searah pada sumbu x. Sehingga *slidding pin joint* memiliki dua pergerakan yakni pada sumbu x dan sumbu y.

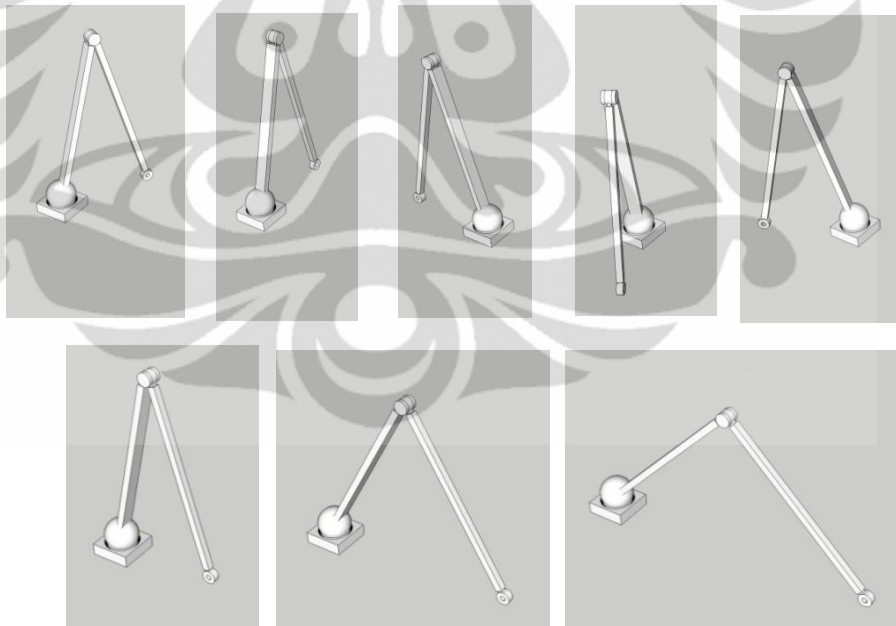
2.4.4 sprikal joint



Gambar 2.46 ilustrasi sprikal joint
san tiago calatrava's creative process fundamentals, Alexander tzonis, ed. P.9

Sprikal joint atau yang lebih dikenal dengan penghubung rotasi merupakan jenis penghubung yang bekerja sangat kompleks yakni pada sumbu x, sumbu y, dan sumbu z. Hal ini dikarenakan *Sprikal joint* melakukan perputaran secara bebas atau berotasi. Penggunaan *Sprikal joint* atau penghubung rotasi adalah pada mekanisme jenis pertama.


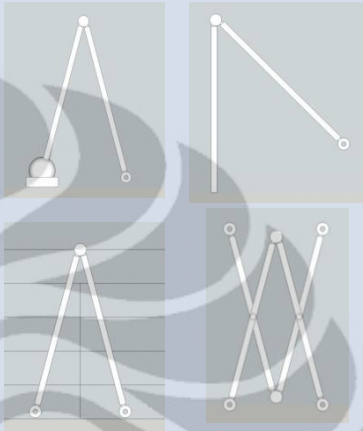
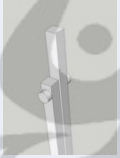


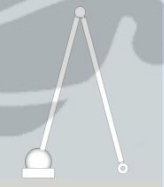
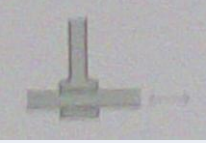
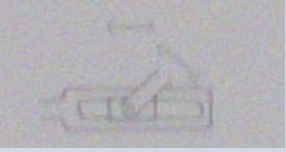
Contoh mekanisme *Sprikal joint* atau penghubung rotasi :



Gambar 2.32 ilustrasi mekanisme jenis pertama (melakukan putaran)

Sehingga dapat disimpulkan bahwa mekanisme dan penghubung memiliki keterkaitan. Jika dikaitkan dengan pembahasan diatas maka hanya terdapat dua jenis penghubung yang digunakan oleh lima jenis mekanisme yakni *pin joint* dan *Sprikal joint*.

Tabel 2.2 Jenis mekanisme dan jenis sambungan

Jenis sambungan (joint)	Jenis mekanisme
<p>Engsel tengah (menghubungkan dua bar dalam satu sumbu)</p> 	<p>Jenis 1, 3, 4, dan 5</p> 
<p>Engsel samping (menghubungkan dua bar tidak satu sumbu)</p> 	<p>Jenis 2</p> 
<p>Sambungan putar (rotating joint)</p> 	<p>Jenis 1</p> 
<p><i>Sliding joint</i></p> 	<p>Tidak ada</p>
<p><i>Sliding pin joint</i></p> 	<p>Tidak ada</p>

BAB III

STUDI KASUS dan ANALISIS KARYA SANTIAGO CALATRAVA

Keunikan suatu karya arsitektur juga dapat terlihat dari penerapan suatu sistem mekanisme yang khusus dimiliki oleh suatu bangunan, seiring perkembangan jaman semakin banyak bangunan yang menerapkan arsitektur kinetik sebagai salah satu ide desainnya. Disadari atau tidak oleh sang arsitek namun istilah arsitektur kinetik kini mempunyai arti dan memberi warna tersendiri dalam dunia arsitektur.

Sejak zaman dahulu mekanisme kinetik sudah mulai diterapkan mulai dari hal-hal yang sangat kecil dan berada dilingkungan sekitar namun banyak manusia belum menyadarinya. Hingga sejalan perkembangan zaman serta didukung oleh teknologi, banyak ide-ide orisinal dan inovatif lahir dalam bangunan-bangunan yang menggunakan suatu sistem mekanisme sebagai salah satu desain utama dalam bangunan, selain dari berbagai hal yang dapat dinilai oleh masyarakat umum seperti bentuk bangunan, material yang digunakan, interior, dan lain-lain.

Santiago Calatrava adalah seorang arsitek yang akhir-akhir ini dikenal dunia sebagai salah satu arsitek yang inovatif dan unik, terutama kemampuannya menciptakan bangunan-bangunan dalam skala besar yang menerapkan mekanisme dalam bangunan baik secara kecil hingga yang bersifat struktural dan secara khusus didesain untuk masing-masing karyanya berdasarkan konsep awal dan kebutuhan, sehingga banyak pengamat yang melihatnya sebagai suatu karya arsitektur kinetik. Untuk mengenal lebih jauh mengenai karya yang dihasilkan oleh Calatrava terlebih dahulu mengenai biografi Calatrava dengan beberapa inspirasi karyanya. Inspirasinya terhadap mekanisme mesin yang telah dibuat oleh Leonardo da Vinci hingga pendapat seorang peneliti arsitektur bernama Tzonis serta perlu diketahui juga beberapa karya Calatrava yang sukses disebarkan.

3.1 Biografi Santiago Calatrava



Gambar 3.1 Santiago Calatrava

Santiago Calatrava lahir di kota Valencia, Spanyol tanggal 28 juli 1951. Calatrava tumbuh dalam keluarga yang secara ekonomi sangat mapan, bisnis keluarganya berfokus pada ekspor bahan pertanian yang merupakan industri utama kota Valencia saat itu.

Ayah Calatrava adalah seseorang yang sangat menyukai seni, saat dia berumur delapan tahun setelah ayahnya mengajak dirinya untuk mengunjungi The Prado di kota Madrid yang merupakan museum terbesar Spanyol,

Calatrava mulai menunjukkan kertertarikannya terhadap seni yang kemudian mulai mengikuti kelas seni di Valencia.

Tahun 1930an Calatrava pergi belajar ke Paris dalam program pertukaran pelajar, yang kemudian dilanjutkan sekolah di Swiss dan Jerman, petualangan dia mengenyam pendidikan awal di berbagai negara Eropa yang akhirnya membuat dia mahir dalam tujuh bahasa.

Pada pertengahan tahun 1968, dengan cita-cita awal Calatrava untuk menjadi seorang artis seni, dia melanjutkan sekolahnya di Ecole des Beaux-Arts (Sekolah Seni Murni) di Paris namun karena gejolak ekonomi yang memburuk saat itu mendorong terjadinya banyak protes dari kalangan mahasiswa terhadap pemerintahan sehingga menyebabkan terganggunya proses belajar disekolahnya, Calatrava memutuskan untuk kembali ke Spanyol. Di Valencia, Calatrava memulai jejaknya di bidang arsitektur dengan mengambil pendidikan di *Escuela Technica Superior de Arquitectura de Valencia* (Universitas Teknik Arsitektur Valencia). Setelah menyelesaikan pendidikan arsitekturnya selama lima tahun, dia melanjutkan jenjang pendidikannya selama empat tahun mengambil ilmu teknik sipil di universitas *Swiss Federal Institute of Technology* yang terletak di Zurich, Swiss. Calatrava lulus dari universitas tersebut dengan memiliki gelar ganda Ph.D

yaitu dalam engineering struktur dan teknik sains. Di universitas ini pula Calatrava mengambil gelar doktornya dengan menuliskan tesisnya yang berjudul *'foldability of frames'*.

Alasan utama Calatrava mengambil ilmu teknik sipil setelah ilmu arsitektur dikarenakan banyak hal yang menurutnya masih belum terjawab dalam bidang arsitektur. Karena latar pendidikan kuliah Calatrava-lah yang memberikan dia predikat sebagai salah satu arsitek yang berkemampuan sebagai insinyur.

Pada tahun 1981, Calatrava membuka kantor arsitek pertamanya yang di Zurich yang dimana proyek pertamanya yang terbangun adalah Pabrik Jakem di Munchwilen, Swiss tahun 1983, kemudian menyusul dibukanya kantor keduanya di Paris tahun 1989. Calatrava memenangkan proposal desain dan konstruksi Stadelhofen Railway Station in Zurich yang kini menjadi kantornya.



Gambar 3.2 Railway Station in Zurich

Sumber: http://www.greatbuildings.com/buildings/Stadelhofen_Railway_Stati.html

Di awal-awal karirnya yaitu sekitar tahun akhir 1980an hingga awal 1990an, Calatrava dikenal karena karyanya yang sebagian besar adalah jembatan-jembatan di hampir seluruh Eropa. Desain-desain jembatannya adalah karya yang mengasah Calatrava untuk mengkombinasikan kemampuan arsitektur dan engineeringnya. Hal ini yang mendukung Calatrava menciptakan desain jembatan yang tidak biasa seperti pada umumnya, namun mempunyai bentuk yang indah dan struktur yang menarik sehingga mudah dibedakan hasil karya jembatannya dengan jembatan lainnya.

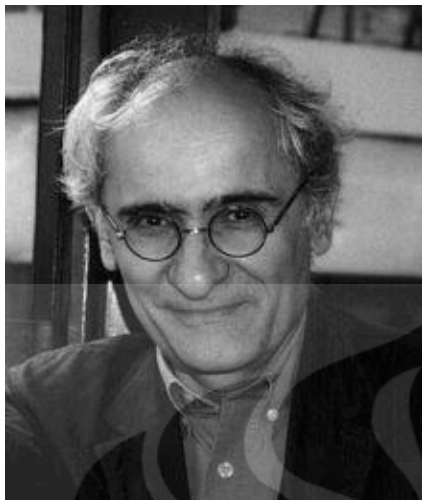


Gambar 3.3 The Alamillo Bridge in Valencia
 Sumber : <http://benjaminwey2000.wordpress.com>

Karya arsitektur Calatrava yang unik akhirnya membuka jalan ke Amerika Serikat yang masuk dalam pameran museum seni modern di New York pada tahun 1993, Awal tahun 2000 dia mendesain jembatan pertamanya di Amerika yang terletak di California, yang kemudian disusul oleh beberapa desain jembatan lagi di seluruh Texas. Di tahun 2001, Calatrava mendesain bangunan tambahan untuk Milwaukee Art Museum yang merupakan karya monumental bagi sekitarnya sehingga menarik pengunjung untuk datang dan menikmati museum serta karyanya. Meskipun desain Calatrava yang ambisius dan sulit pada akhirnya merupakan salah satu karya Calatrava yang dikenal seluruh dunia karena keunikan bentuk dan mekanisme pada sun-shade berukuran besar yang mampu bergerak.

Semenjak Milwaukee Art Museum, banyak karya Calatrava yang merupakan bangunan-bangunan skala besar bermunculan di seluruh dunia dan hampir sebagian besar menjadi suatu ikon atau landmark bagi daerah sekitarnya, karena keunikan dan mekanisme yang diadaptasi dalam bangunannya.

Sampai sekarang Calatrava masih terus merancang, selama perjalanan karirnya dari awal hingga kini dia telah banyak memenangkan kompetisi dan menerima banyak penghargaan karena kemampuan uniknya dalam merancang dan dedikasinya terhadap dunia arsitektur. Keunikan karya Calatrava menarik perhatian seorang ilmuwan sekaligus seorang peneliti dalam bidang arsitektur bernama Alexander Tzonis untuk meneliti karya Calatrava.



Gambar 3.4 Alexander Tzonis
analogical dreamwork dan *analysis problem solving*.²

Alexander Tzonis lahir 8 november 1937 di Yunani. Semasa karirnya, Tzonis banyak telah membuat kontribusi terhadap teori arsitektur, dan sejarah. Selain itu, Tzonis juga mendirikan Desain Knowledge Systems (DKS), sebuah lembaga penelitian multidisiplin untuk studi metodologi arsitektur dan pengembangan desain alat berpikir.¹ Menurut Tzonis, latar belakang pemikiran desain Calatrava terdiri atas dua macam yakni

Mencoba untuk mengartikan *analogical dreamwork* melalui pemaknaan masing-masing kata yang terdiri dari dua kata yakni *analogy* dan *dreamwork*, masing-masing kata memiliki makna tersendiri. Sehingga pengertian *analogical dreamwork* dapat diartikan dari masing-masing kata yang digabungkan maknanya. Analogi berasal dari bahasa Yunani, analogi dipecah menjadi dua makna kata yakni *ana-* yang memiliki pengertian menurut, sedangkan *logos-* memiliki pengertian perbandingan yang berlandaskan. Sehingga pengertian analogi adalah perbandingan yang berlandaskan. Pendapat yang berbeda mengenai analogi dinyatakan oleh Lorents, analogi adalah suatu relasi persamaan antara dua atau lebih pernyataan yang memungkinkan ditariknya kesimpulan-kesimpulan pada jenis relasi yang bersangkutan.³ Sehingga secara garis besar pengertian analogi adalah membandingkan dua hal atau lebih dengan dasar pemikiran atau nalar. Sedangkan *dreamwork* berasal dari *dream* dan *work*. *Dream* dapat diartikan mimpi atau impian, sedangkan *work* adalah pekerjaan⁴. Maka *dreamwork* adalah pekerjaan impian atau pekerjaan berdasarkan mimpi atau impian. Sehingga secara garis besar pengertian *analogical dreamwork* adalah pekerjaan impian yang bermula dari membandingkan sesuatu benda atau pun khayalan.

¹ www.tzonis.com

² Alexander Tzonis. *san tiago calatrava's creative process fundamentals*, Berlin: Birkhauser, 1995, P.9

³ <http://kamus.filsafat.lorent.bagus.com>, hal 42-46.

⁴ Kamus Indonesia-Inggris, John M. Echols dan Hassan Shadilly hal. 198 dan hal. 652.

Sedangkan defnisi *Analysis problem solving* secara garis besar adalah menganalisis suatu permasalahan terutama desain.

Analogical dreamwork dan *analysis problem solving* memiliki keterkaitan dalam satu proses tahapan desain Calatrava. Langkah pertama dalam proses desain Calatrava menggunakan dasar pemikiran *Analogical dreamwork*, merupakan tahapan mencari suatu bentuk atau ide desain yang sebagian besar terinspirasi dari tubuh manusia dan alam. Kemudian dilanjutkan dengan tahapan dasar pemikiran *analysis problem solving*, merupakan cara untuk dapat mewujudkan ide (mewujudkan tahapan *Analogical dreamwork*) dan pada tahapan ini juga menggunakan mekanisme kinetik atau yang lebih dikenal dengan mekanisme arsitektur kinetik.

Beberapa karya arsitektur Calatrava mendapatkan inspirasi dari karya visioner yang mampu melihat teknologi kedepan dari masanya yaitu Leonardo Da Vinci dengan karya *Flying Machine*.



Gambar 3.5 Leonardo da Vinci

Beliau lahir di propinsi Firenze, Italia, tanggal 15 April 1452 dan meninggal di Clos Luce, perancis, 2 mei 1519. Semasa hidupnya beliau adalah seorang arsitek, musisi, pelukis, dan pematung. Salah satu karyanya yang terkenal adalah *flying machine*.⁵

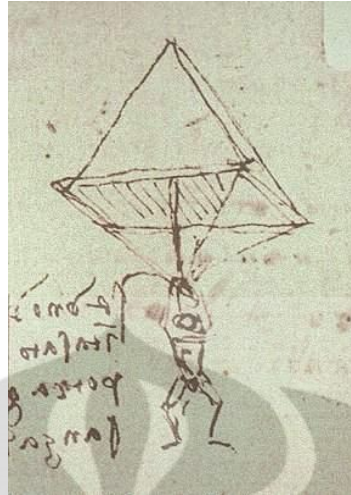
Konsep pembuatan *flying machine* berawal dari ide Leonardo da Vinci agar manusia dapat terbang dan dapat merasakan dunia dengan menggunakan mesin, hal ini dinyatakan dalam bukunya *leornado*

da vinci's small booklet pada tahun 1505 :⁶

“take flight and fill the world with it's great frame” and “other kinds of flying insect as machine, working according to mathematica law”.

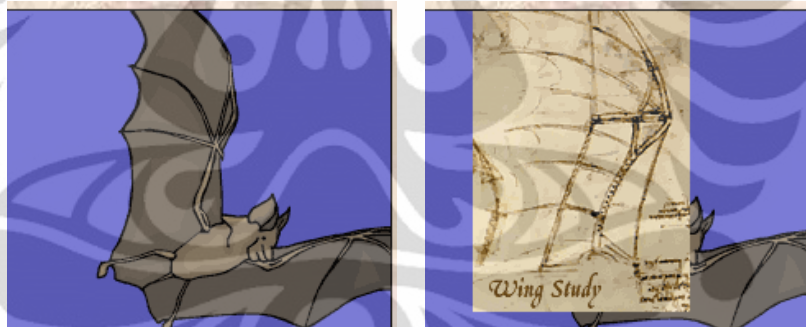
⁵ <http://www.angelfire.com/electronic/awakening101/leonardo.html>

⁶ Leonardo da Vinci, *leornado da vinci'ssmall booklet* in 1505, In floerenc, under the title *sul volo degli uccelli condex atlanticus, on the flight of birds*

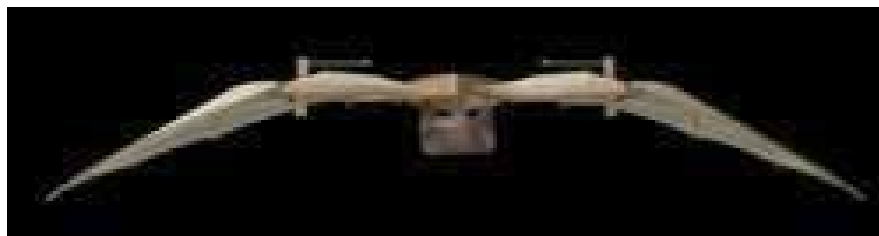


Gambar 3.6 ilustrasi Leonardo da Vinci Flying Machine
<http://www.angelfire.com/electronic/awakening101/leonardo.html>

Kemudian pemikiran ide tersebut dikembangkan pada penelitian sayap terutama pada sayap kelelawar. Percobaan ini sudah berlangsung dari tahun 1490 hingga tahun 1500.



Gambar 3.7 Ilustrasi sayap kelelawar
 sumber: <http://www.angelfire.com/electronic/awakening101/leonardo.html>



Gambar 3.8 Ilustrasi mekanis kinetic sayap kelelawar
 sumber: <http://www.angelfire.com/electronic/awakening101/leonardo.html>



Gambar 3.9 Ilustrasi mekanis kinetic sayap kelelawar
 sumber:<http://www.angelfire.com/electronic/awakening101/leonardo.html>

Penelitian sifat sayap kelelawar yang dapat bergerak secara dinamis merupakan mekanisme pergerakan kinetik meskipun peruntukan penelitian ini dikhususkan dalam bidang mesin. Dasar penggunaan mekanisme mesin dapat juga diterapkan dalam bidang arsitektur yang diterapkan dalam beberapa karya Calatrava, hal tersebut tercantum dalam buku *santiago calatrava's creative process fundamentals*.⁷

'a machine is a combination of rigid bodies which are so equipped that, by means of their (mechanical) natural force, it can be force to impart specific effects while executing specific movements'

Maka proses mendesain Calatrava hampir menyerupai proses desain Leonardo yakni bermula dari analogi hingga menggunakan mekanika kinetik dalam mewujudkan analoginya.

⁷ Tzonis, Alexander. *santiago calatrava's creative process fundamentals*, berlin: birkhauser, 1995, P.13

3.2 Karya Santiago Calatrava dan analisis mekanisme arsitektur kinetik

Terdapat dua belas karya Calatrava yang menggunakan mekanisme arsitektur kinetik baik aplikasi dengan skala besar maupun dengan skala yang kecil diantaranya :

3.2.1 Planetarium

L'Hemisfèric (planetarium) Valencia, Spanyol merupakan sebuah museum seni dan pengetahuan yang dibuka pada april 1998. Dalam merancang bangunan ini, Calatrava terinspirasi dari mata sehingga bentuk bangunan ini menyerupai bentuk mata. Calatrava memberikan alasan utama mengenai inspirasinya yang diterapkannya pada bangunan planetarium yakni jika dilihat dari sudut pandang filsafat fungsi utama bangunan ini sebagai pusat ilmu seni dan ilmu pengetahuan, maka dibutuhkan mata pengetahuan atau *"eyes of knowledge"* agar orang-orang dapat membuka diri melalui perumpaan mata terhadap ilmu seni dan ilmu pengetahuan.⁸



Gambar 3.10 sketsa mata sebagai analogi
<http://dreabanana.blogspot.com/2010/10/rip-off-d.html>

Analogi mata pada bangunan Planetarium yang diterapkan oleh Calatrava tidak hanya sebatas pada bentuk yang menyerupai mata tetapi juga pada pergerakan mata yang dapat berkedip. Untuk menyempurnakan analoginya, Calatrava menggunakan dua media yakni media air dan struktur kinetik untuk menyempurnakan analogi pada bangunannya.

⁸ <http://www.arcspace.com/architects/calatrava/planetarium/>

Media air digunakan oleh Calatrava untuk menyempurnakan bentuk mata. Hal ini dikarenakan, bangunan yang dibentuk oleh Calatrava hanya sebatas setengah mata maka pentingnya fungsi air guna mencerminkan bangunan agar terlihat sebagai analogi mata yang utuh.⁹

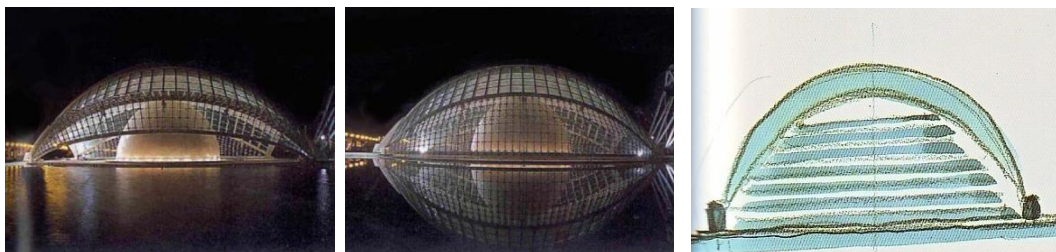
“As the site is close to the sea, and Valencia is so dry, I decided to make water a major element for the whole site using it as a mirror for the architecture.”



Gambar 3.11 Bangunan L'Hemisfèric (planetarium di valencia)
Sumber: <http://www.arcspace.com/architects/calatrava/planetarium/>

Media kedua yang digunakan oleh Calatrava untuk menyempurnakan analogi mata adalah media struktur kinetik. Hal tersebut dikarenakan, struktur kinetik dapat membantu fasad bangunan dapat bergerak menyesuaikan analogi pergerakan berkedip pada mata.

Jenis Tipologi struktur kinetik yang digunakan pada bangunan Planetarium adalah *Embedded Kinetik struktur*. Dikarenakan mekanisme arsitektur kinetik yang terdapat pada Planetarium terdapat dalam skala yang besar dan hampir terdapat pada keseluruhan fasad bangunan (menempel pada bangunan utama sehingga pergerakan yang terjadi seakan-akan mempengaruhi bentuk bangunan).



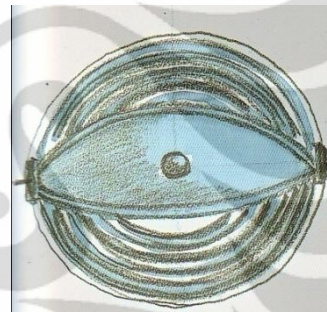
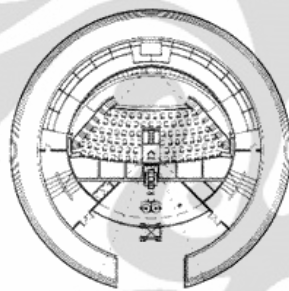
Gambar 3.12 Inspirasi berupa mata pada bangunan L'Hemisfèric (planetarium di valencia) dan Sketsa tampak depan Planetarium
sumber: san tiago calatrava's creative process sketchbooks p.195

⁹ Tzonis, Alexander. *san tiago calatrava's creative process sketchbooks*, berlin: birkhauser, 1995, P.193

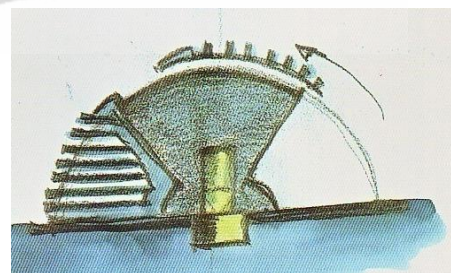
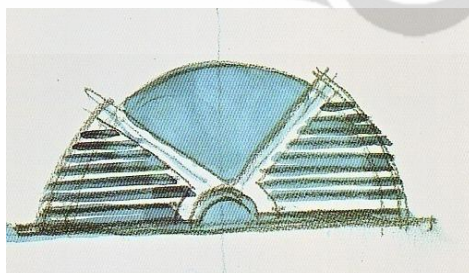
Jika kedua media digabungkan yakni media pemakaian mekanisme arsitektur kinetik dan media air maka akan menghasilkan tujuan dari pemakaian mekanisme arsitektur kinetik yakni *mengadaptasikan bangunan terhadap lingkungan sekitar*. Hal ini dikarenakan di kawasan Valencia merupakan kawasan yang kurang akan air sehingga Calatrava mencoba untuk membuat pradigma yang berbeda dengan menambahkan unsur air disamping untuk memenuhi analoginya.



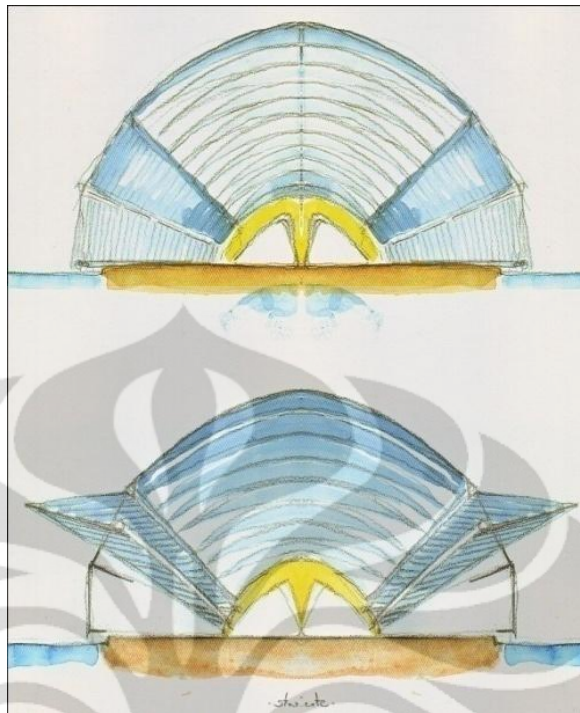
Gambar3.13 gambar tampak depan Planetarium
Sumber: <http://www.arcspace.com/>



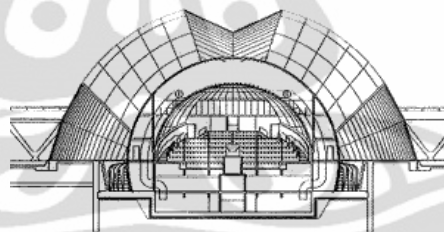
Gambar 3.14 Gambar dan Sketsa tampak atas Planetarium
sumber: san tiago calatrava's creative process sketchbooks p.189 dan
<http://www.arcspace.com/>



Gambar 3.15 Sketsa tampak samping Planetarium
sumber: san tiago calatrava's creative process sketchbooks p.189

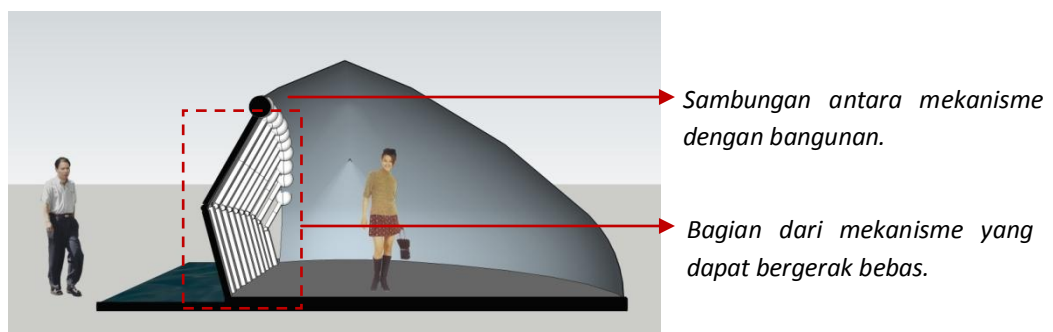


*Gambar 3.16 Sketsa tampak samping Planetarium
sumber: san tiago calatrava's creative proces sketchbooks p.189*



*Gambar 3.17 Gambar tampak samping Planetarium
Sumber: <http://www.arcspace.com/>*

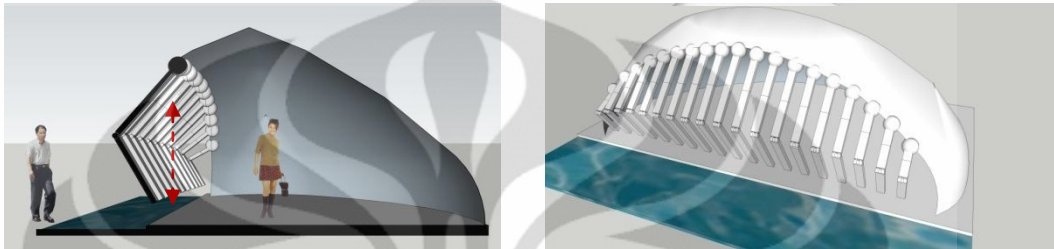
Sesuai yang telah dijelaskan diatas bahwa mekanisme kinetik pada bangunan ini menyatu dengan bangunannya sehingga terdapat sambungan yang menghubungkan mekanisme dengan bangunannya.



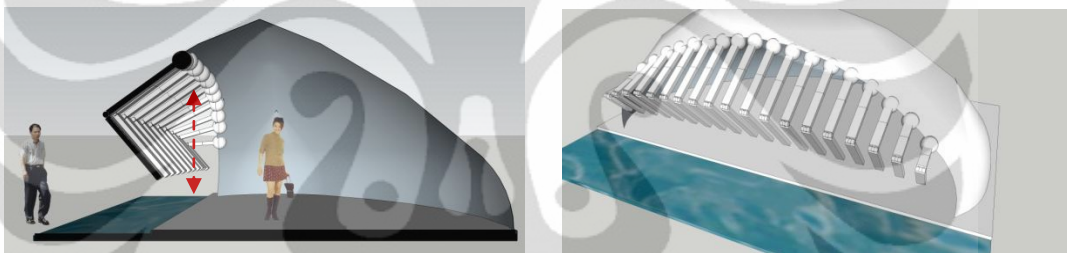
Gambar 3.18 Ilustrasi potongan Planetarium dengan mekanisme arsitektur kinetik

Akibat terdapat penghubung antara sistem mekanisme dan bangunan, maka penghubung berfungsi sebagai pengikat (mekanisme yang pasif) dalam terjadinya pergerakan. Sehingga setiap gerakan pada mekanisme peracuan pada penghubung yang mengikat. Pada kasus bangunan planetarium, pengikat terdapat pada bagian atas bangunan mempengaruhi gerak mekanisme yakni bergerak secara vertikal.

Ilustrasi potongan dan perspektif Planetarium dengan mekanisme arsitektur kinetik proses satu

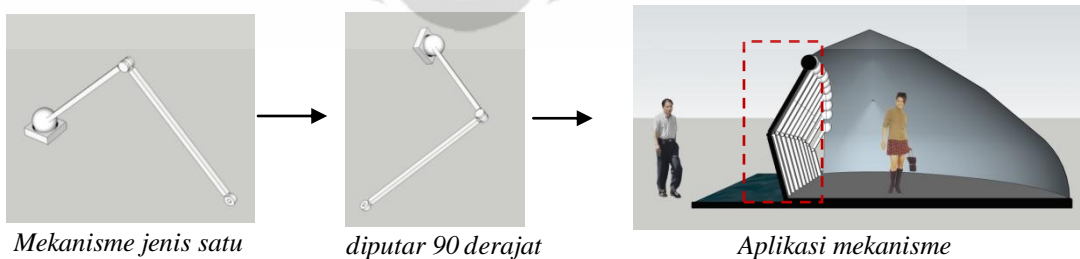


Gambar 3. 18 Ilustrasi potongan dan gambar 3.19 perspektif Planetarium dengan mekanisme arsitektur kinetik proses satu



Gambar 3. 18 Ilustrasi potongan dan gambar 3.19 perspektif Planetarium dengan mekanisme arsitektur kinetik proses dua

Jenis mekanisme yang digunakan pada bangunan Planetarium adalah jenis pertama (pada BAB II). Pada BAB II menjelaskan jenis mekanisme yang digunakan bersifat horizontal namun pada bangunan ini pengaplikasian mekanisme diputar 90 derajat sehingga sistem bekerja secara vertikal.

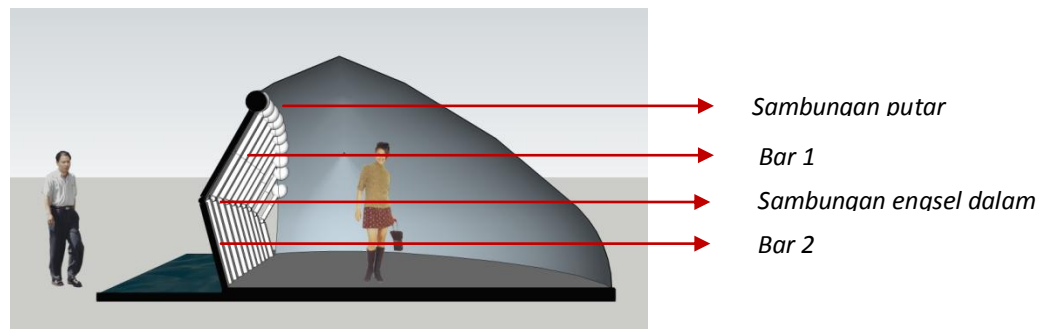


Mekanisme jenis satu

diputar 90 derajat

Aplikasi mekanisme

Latar belakang hingga terjadinya mekanisme gerak tak lepas dari kendali sistem sambungan atau *joint*. Sesuai dengan penjelasan pada BAB II, terdapat dua jenis sambungan yang terdapat pada mekanisme jenis satu yakni sambungan putar dan sambungan engsel dalam.



Gambar 3.18 Ilustrasi gambar potongan mekanisme arsitektur kinetik pada Planetarium

Jenis sambungan putar merupakan sambungan yang menghubungkan antara bangunan dengan mekanisme kinetik. Meskipun sambungan putar dapat melakukan gerakan pada tiga di arah yakni sumbu x, sumbu y, dan sumbu z. Namun pada bangunan ini sambungan putar hanya melakukan pada satu sumbu. Sedangkan jenis sambungan yang kedua adalah sambungan engsel dalam yakni sambungan yang menghubungkan dua *bar* dalam satu sumbu.



Gambar 2.42 dan gambar 2.46 Sambungan dalam dan sambungan putar
sumber: san tiago calatrava's creative process sketchbooks p.194

3.2.2 Ernestine Warehouse



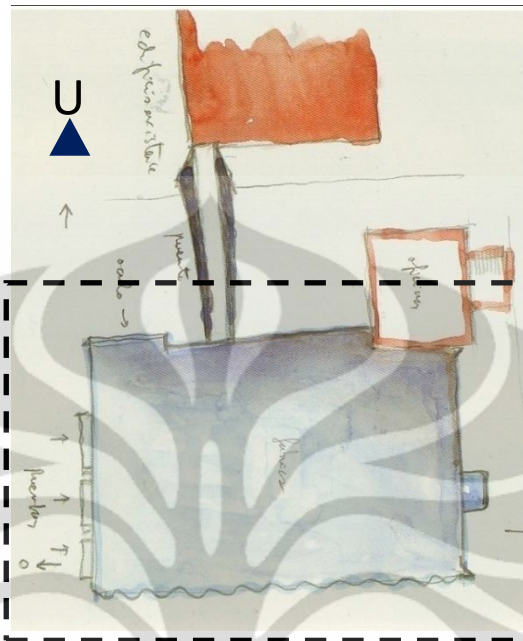
Gambar 3.20 Ernstings Warehouse
Sumber: <http://kibsgaard.se/CALT/EW/EW.htm>

Ernstings Warehouse merupakan pabrik tekstil yang terletak di kota Coesfeld-Lette, Germany dibangun sekitar tahun 1983 – 1985. Berdasarkan Letak bangunan ini tepat berada disamping bangunan *eksistingnya* yaitu Ernestine.¹⁰

Dalam mendesain Ernstings Warehouse, Calatrava mencoba mengkaitkan desainnya dengan *siteplan*. Percobaan yang dilakukan yakni dengan menentukan arah mata angin bangunan, hal ini dikarenakan arah mata angin sangat

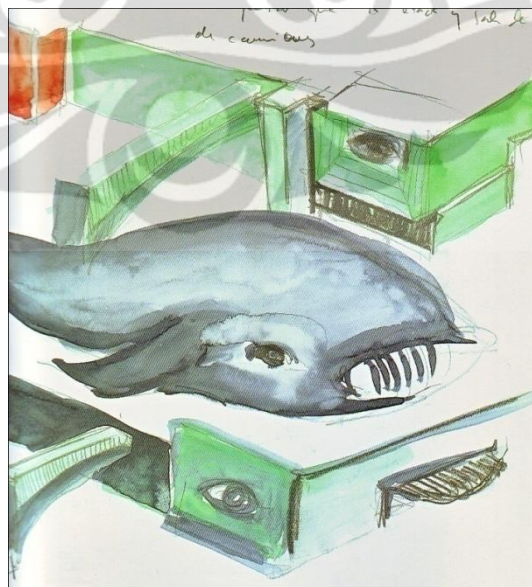
¹⁰ <http://kibsgaard.se/CALT/EW/EW1.htm>

berpengaruh pada gerakan matahari. Pengaruh matahari terhadap bangunan juga akan mempengaruhi desain fasad pada bangunan.



Gambar 3.21 Sketsa siteplan Ernstings Warehouse
sumber: san tiago calatrava's creative process sketchbooks p.86

Calatrava mencoba untuk menghubungkan antara mata angin dengan desain analogi yang berpengaruh pada fasad bangunan. analogi yang digambarkan oleh Calatrava terinspirasi dari organisme ikan paus.

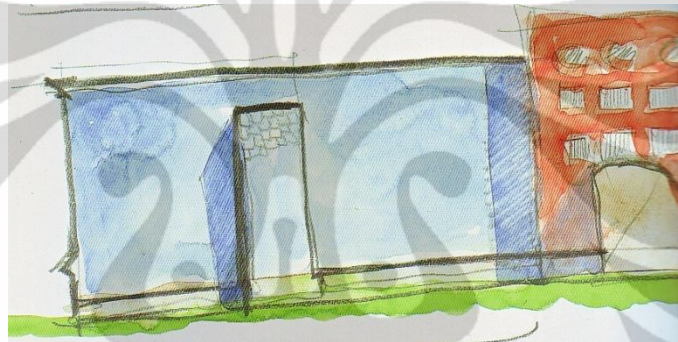


Gambar 3.22 Sketsa analogi Ernstings Warehouse
sumber: san tiago calatrava's creative process sketchbooks p.91

Sehingga jika digabungkan antara analogi dengan arah mata angin akan terbentuk empat macam fasad yang berbeda-beda pada bangunan ini yakni fasad timur, fasad utara, fasad selatan, dan fasad barat. Dari keseluruhan fasad, Calatrava menggunakan tiga macam bahan material yang bersifat lebih ekonomis yakni beton, batu bata, dan aluminium.¹¹ Namun dari ketiga bahan tersebut yang lebih diexpose dalam desain fasad adalah sifat dari bahan material aluminium.

a. Fasad timur

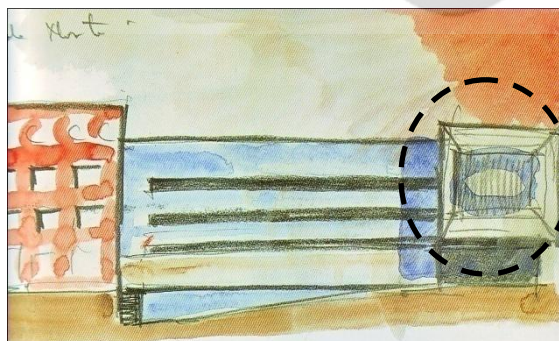
Fasad timur lebih terlihat lebih sederhana menggunakan bahan material aluminium yang dibentuk dengan datar. Hal ini disamping untuk menyelaraskan dengan fasad tetangganya, juga untuk memantulkan sinar matahari.



Gambar 3.23 Sketsa tampak timur Ernstings Warehouse
sumber: san tiago calatrava's creative process sketchbooks p.88

b. Fasad utara

Fasad utara didesain seakan-akan lebih menerima cahaya matahari, namun jika dilihat secara analogi bentuk fasad utara menyerupai mata.



Gambar 3.24 Sketsa tampak utara Ernstings Warehouse
sumber: san tiago calatrava's creative process sketchbooks p.89
<http://kibsgaard.se/CALT/EW/EW.htm>

¹¹ Tzonis, Alexander. *san tiago calatrava's creative process sketchbooks*, berlin: birkhauser, 1995, P.87

c. Fasad selatan

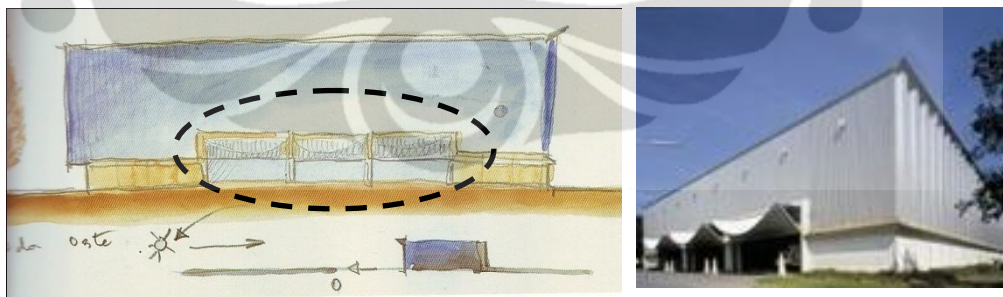
Fasad selatan menggunakan mekanisme arsitektur kinetik yang seakan-akan memperlihatkan gelombang secara vertikal dengan dinamis. Kedinamisan gelombang bermaksud untuk menangkal sinar matahari yang mengenai fasad selatan pada bangunan. Meskipun hampir sama dengan fasad timur namun untuk fasad selatan hanya sedikit mendapatkan sinar sehingga sinar yang terpantul tidak terlalu mencolok dan lebih berkesan indah.



Gambar 3.25 Sketsa tampak selatan Ernstings Warehouse
sumber: san tiago calatrava's creative process sketchbooks p.88
<http://kibsgaard.se/CALT/EW/EW.htm>

d. Fasad barat

Fasad barat menggunakan aplikasi yang sama dengan fasad selatan yakni mekanisme arsitektur kinetik. Pada fasad ini lebih mengutamakan akses keluar dan masuk bangunan.



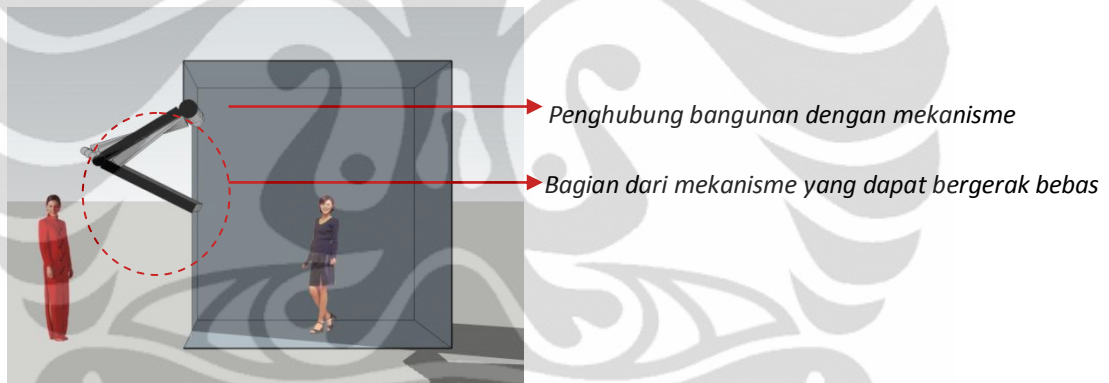
Gambar 3.26 Sketsa tampak barat Ernstings Warehouse
sumber: san tiago calatrava's creative process sketchbooks p.88 dan
<http://kibsgaard.se/CALT/EW/EW.htm>

Tujuan dari akhir mekanisme arsitektur kinetik pada fasad bagian barat adalah untuk mengadaptasikan bangunan terhadap lingkungan sekitar. Hal ini dikarenakan bagian barat merupakan bagian terpanas dari pancaran matahari sehingga fasad barat digunakan sebagai akses yang dapat terbuka dan tertutup

mengakibatkan suhu didalam ruangan tidak terlalu panas. Maka dapat dikategorikan bahwa mekanisme yang terdapat pada bangunan ini terbentuk untuk *mengadaptasikan diri terhadap lingkungan sekitar*.

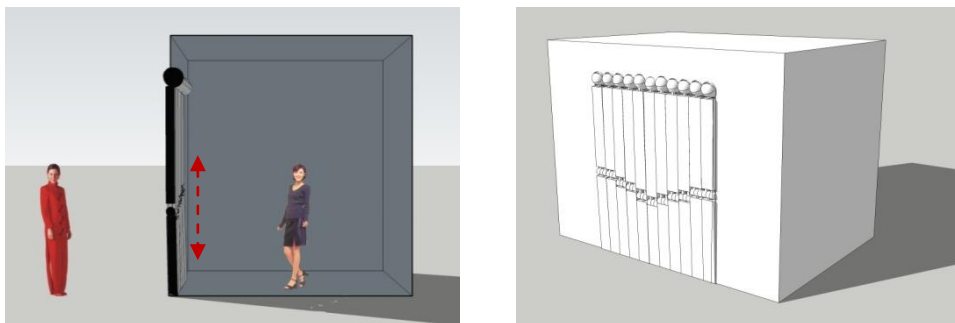
Diantara keempat fasad pada bangunan Ernstings Warehouse, pada fasad barat akan dibahas lebih banyak mengenai mekanisme arsitektur kinetik. Hal ini dikarenakan pada fasad ini merupakan satu-satunya akses yang menggunakan mekanisme arsitektur kinetik pada pintu dengan skala yang besar dan seolah-olah mempengaruhi bentuk bangunan jika terjadi pergerakan. Maka struktur kinetik yang digunakan pada mekanisme ini termasuk *Embedded Kinetic Structure*.

Aplikasi mekanisme kinetik yang terdapat pada pintu menggunakan mekanisme jenis pertama dan mekanisme ini menempel langsung pada bangunan utamanya dengan menggunakan sambungan.

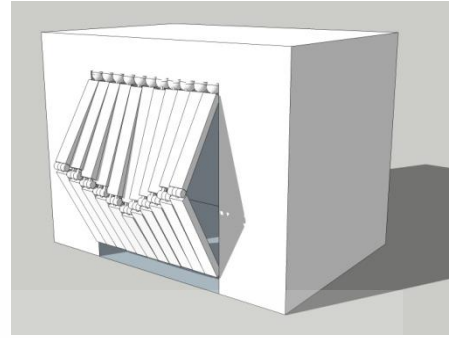
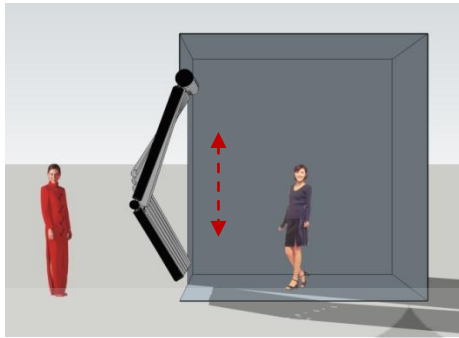


Gambar 3.27 ilustrasi potongan Ernstings Warehouse

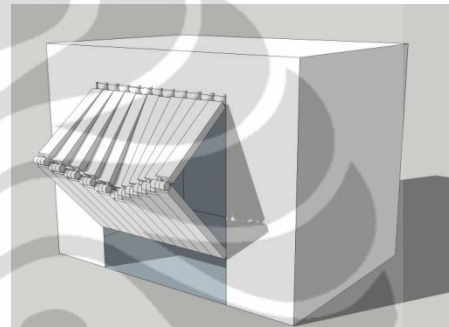
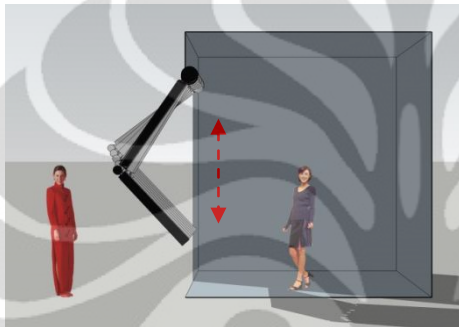
Sambungan yang menempel langsung pada bangunan dapat mempengaruhi gerak pada mekanisme kinetik pada pintu. pergerakan yang terjadi pada pintu beracuan pada sambungan yang menghubungkan antara pintu (mekanisme kinetik) dengan bangunan sehingga pergerakan yang terjadi secara vertikal.



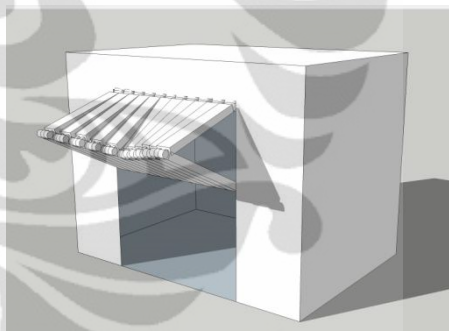
Gambar 3.27 dan gambar 3.28 perspektif ilustrasi potongan Ernstings Warehouse



Gambar 3.27 dan gambar 3.28 perspektif ilustrasi potongan Ernstings Warehouse

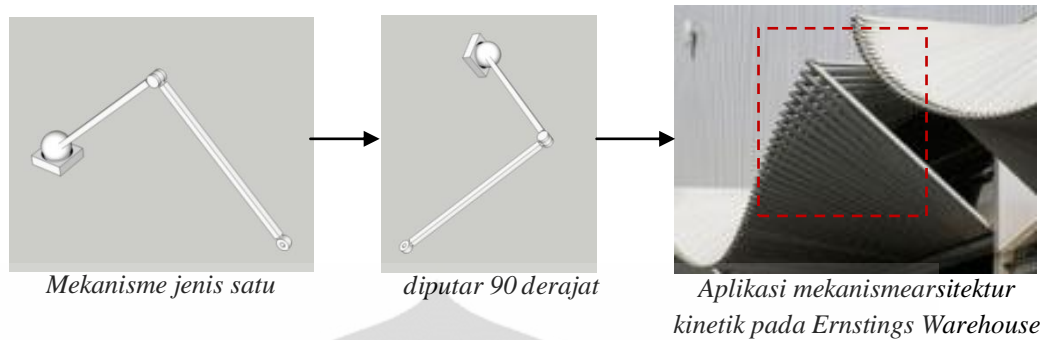


Gambar 3.27 dan gambar 3.28 perspektif ilustrasi potongan Ernstings Warehouse

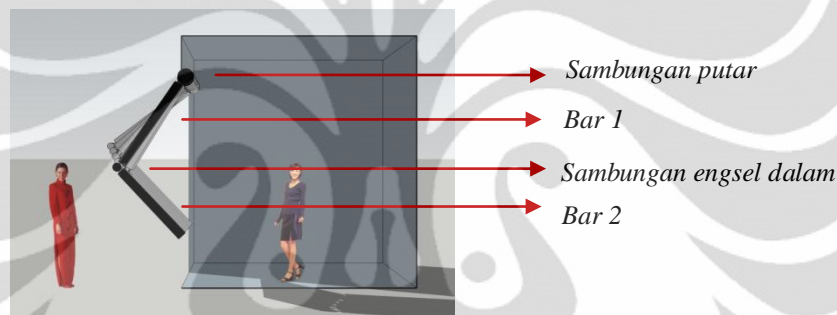


Gambar 3.27 dan gambar 3.28 perspektif ilustrasi potongan Ernstings Warehouse

Mekanisme yang digunakan pada bangunan ini termasuk kedalam mekanisme jenis pertama (BAB II). Aplikasi mekanisme kinetik pada bangunan ini mengalami modifikasi penggunaan dari penggunaan pada bidang horizontal sesuai dengan BAB II diputar hingga 90 derajat. Sehingga gerakan yang terjadi pada bidang vertikal.

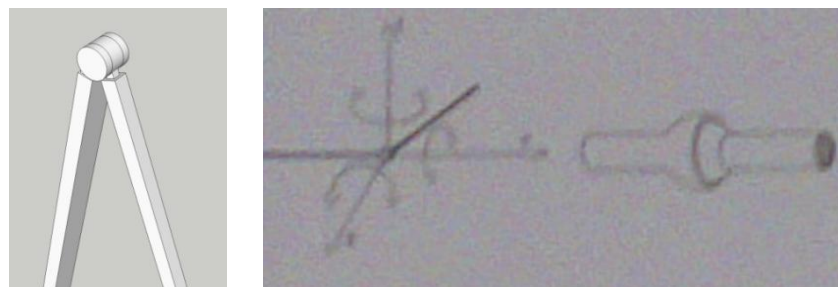


Sistem yang bekerja pada mekanisme tidak terlepas dari sambungan atau *joint* yang berfungsi sebagai penggerak mekanisme. Pada bangunan ini terbagi dua jenis sambungan yakni sambungan putar dan sambungan engsel dalam.



Gambar 3.26 ilustrasi potongan Ernstings Warehouse

Sambungan putar pada bangunan ini berfungsi sebagai penghubung antara bangunan dengan mekanisme arsitektur kinetik (pintu). sambungan putar dapat melakukan gerakan berdasarkan sumbu x, sumbu y, dan sumbu z. Namun pada mekanisme Ernstings Warehouse, sambungan putar hanya mengalami gerakan putar pada satu sumbu. Sedangkan pada sambungan engsel berfungsi sebagai penghubung antar dua bar.



Gambar 2.42 dan gambar 2.46 Sambungan dalam, sambungan putar, dan Sketsa tampak samping mekanisme Planetarium

sumber: san tiago calatrava's creative process sketchbooks p.194

3.2.3 Kuwait pavilion

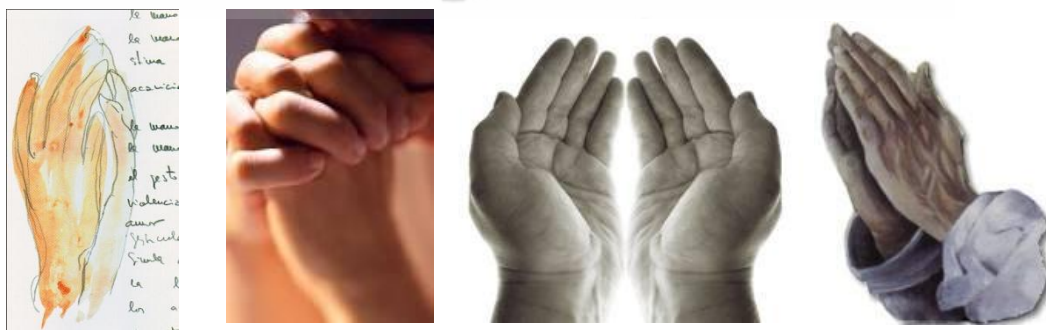
Kuwait pavilion terletak di Sevilla, Spanyol. Tujuan bangunan ini untuk memperkenalkan negara Kuwait kepada Internasional.¹² Bangunan ini terdiri tiga lantai terletak dibawah tanah berbentuk kubah dengan material marmer yang berfungsi untuk ruang pameran. Sedangkan pada bagian paling atas dari bangunan ini tepat berada diatas tanah terdapat struktur yang bersifat dinamis karena menggunakan mekanisme arsitektur kinetik. Fungsi struktur dinamis pada atap bangunan untuk menarik perhatian orang-orang untuk mengunjungi bangunan ini dikarenakan yang terlihat pada museum ini hanyalah mekanisme dari struktur arsitektur kinetik.



Gambar 3.29 Kuwait Pavilion

sumber: http://en.wikiarquitectura.com/index.php/Kuwait_Pavilion_Expo'92

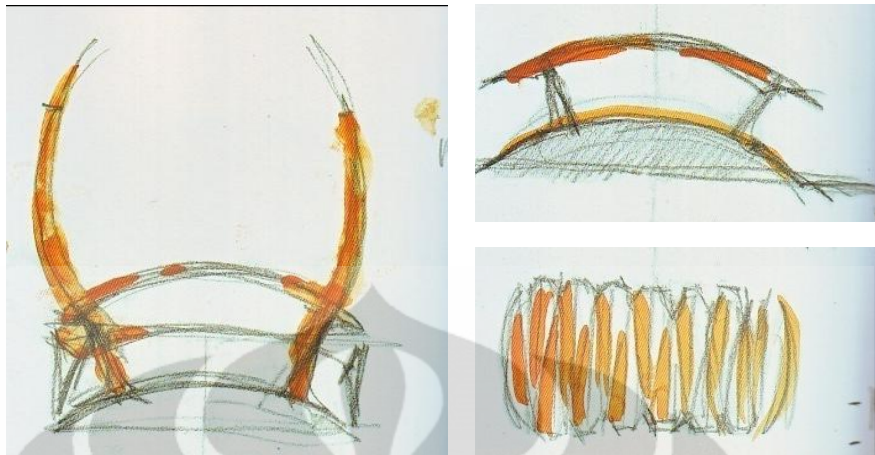
Bentuk dari struktur dinamis pada bagian atap bangunan *kuwait pavilion*, Calatrava menganalogikan dari sepasang tangan yang bergerak berirama, berdoa, atau kedua tangan yang mengadiah ke langit.



Gambar 3.30 Sketsa sepasang tangan kuwait pavilion

sumber: *san tiago calatrava's creative process sketchbooks p.222*

¹² http://en.wikiarquitectura.com/index.php/Kuwait_Pavilion_Expo'92



*Gambar 3.31 Sketsa mekanisme kinetik kuwait pavilion: tampak samping terbuka, tampak samping agak tertutup, tampak atas tertutup.
sumber: san tiago calatrava's creative process sketchbooks p.222*

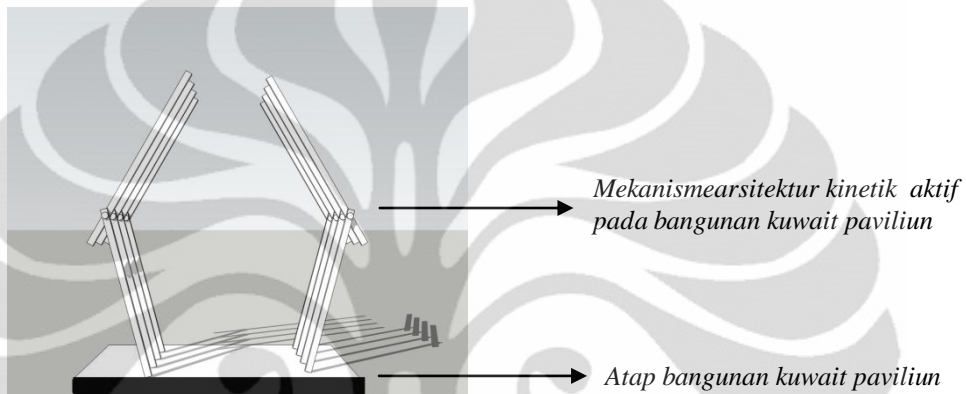
Calatrava mengambil analogi tangan dikarenakan proses pergerakan tangan mulai dari tertutup, setengah terbuka, dan terbuka memiliki maknanya masing-masing. Kondisi struktur sedang tertutup seperti kerang memiliki pengertian merupakan perlindungan bagi orang-orang kuwait, untuk kondisi setengah terbuka memiliki pengertian perlindungan untuk masyarakat kuwait dari bahaya badai gurun, dan untuk kondisi terbuka memiliki pengertian orang-orang kuwait selalu membuka diri untuk menjelajah dengan berlayar.¹³



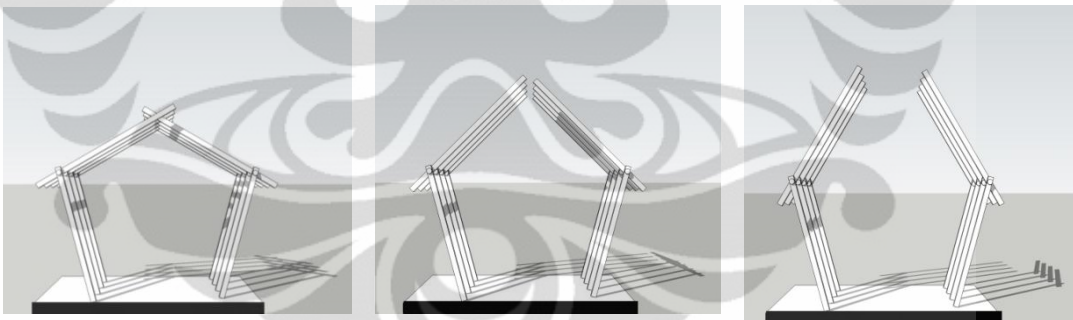
*Gambar 3.32 Proses terbuka dan tertutup kuwait pavilion
sumber: san tiago calatrava's creative process sketchbooks p.222*

¹³ rp@solo-photography.com rp@solo-photography.com

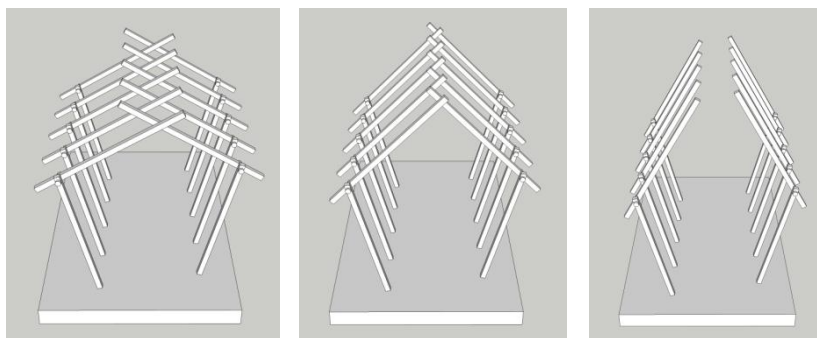
Jika ditinjau berdasarkan pemakaian struktur kinetik yang melatar belakangi mekanisme arsitektur kinetik pada atap struktur bangunan *Kuwait Pavilion* termasuk kedalam tipologi *Embedded Kinetic Structure*. Hal ini dikarenakan jika terjadi pergerakan pada atap bangunan ini akan mempengaruhi tampilan keseluruhan dari bangunan dan bergerak dalam skala yang besar. Namun dikarenakan mekanisme menempel pada atap bangunan sehingga membatasi pergerakan mekanisme kinetik.



Gambar 3.33 Ilustrasi gambar peotongan mekanisme arsitektur kinetik pada kuwait paviliun dengan menggunakan jenis mekanisme kedua (BAB II)

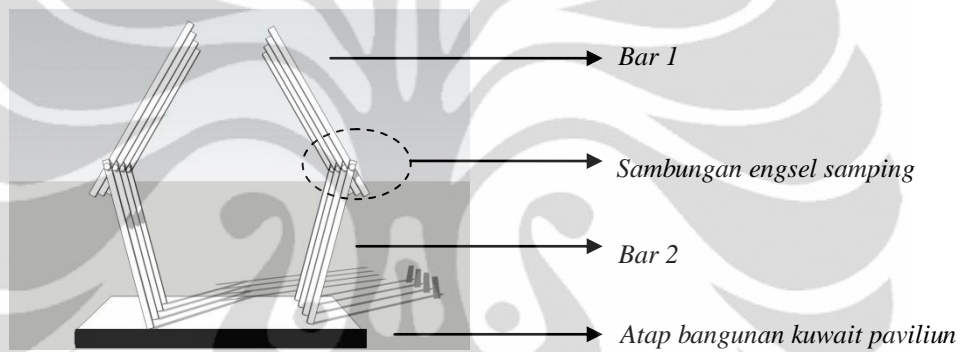


Gambar 3.33 Ilustrasi gambar peotongan mekanisme arsitektur kinetik pada kuwait paviliun dengan menggunakan jenis mekanisme kedua (BAB II)



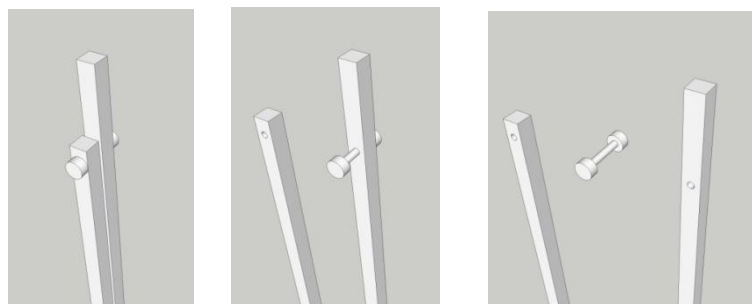
Gambar 3.34 Ilustrasi gambar perspektif mekanisme arsitektur kinetik pada kuwait paviliun dengan menggunakan jenis mekanisme kedua (BAB II)

Menempelnya mekanisme dengan atap bangunan tidak terlepas dari media perantara, yakni berupa bar yang lebih bersifat pasif. Hal ini didukung sesuai dengan jenis mekanisme arsitektur kinetik yang digunakan pada bangunan ini yakni menggunakan mekanisme jenis kedua (BAB II). Dimana pada mekanisme ini terdapat dua komponen yakni komponen pertama berupa *bar* dan komponen kedua berupa sambungan engsel samping/sebelah. Terdapat dua jenis *bar* dalam satu mekanismenya yakni jenis *bar* bersifat pasif dikarena sebagai media perantara antara atap bangunan dengan struktur mekanisme dan jenis *bar* bersifat aktif dikarenakan hanya terikat pada penghubung sehingga masih dapat bergerak bebas meskipun harus searah pada satu sumbu.



Gambar 3.33 Ilustrasi gambar peotongan mekanisme arsitektur kinetik pada kuwait paviliun dengan menggunakan jenis mekanisme kedua (BAB II)

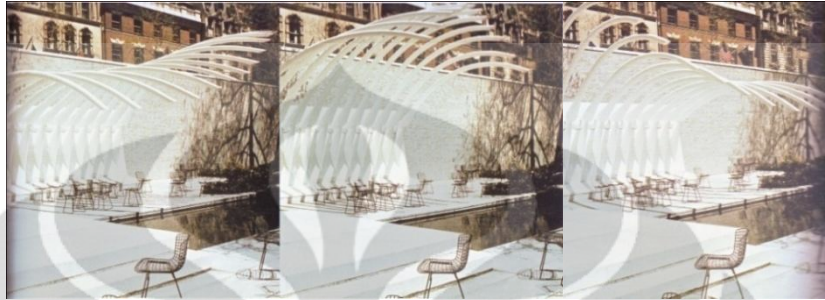
Komponen yang kedua adalah sambungan engsel samping/sebelah berfungsi menghubungkan dua *bar* pasif dan *bar* aktif yang berpotongan dalam satu titik pertemuan namun saling bersebelahan letak posisi *bar*-nya, sehingga pergerakan yang terjadi hanya sebatas satu sumbu.



Gambar 2.43 ilustrasi sambungan engsel samping

3.2.4 Shadow machine

Shadow machine merupakan teduhan yang bersifat dinamis sehingga akibat kedinamisannya membuat efek bayangan berbeda-beda. Hal ini memberikan daya tarik tersendiri bagi orang yang berteduh dibawah teduhan ini.



Gambar 3.35 Pergerakan dinamis shadow machine
sumber: san tiago calatrava's creative process sketchbooks p.356-357

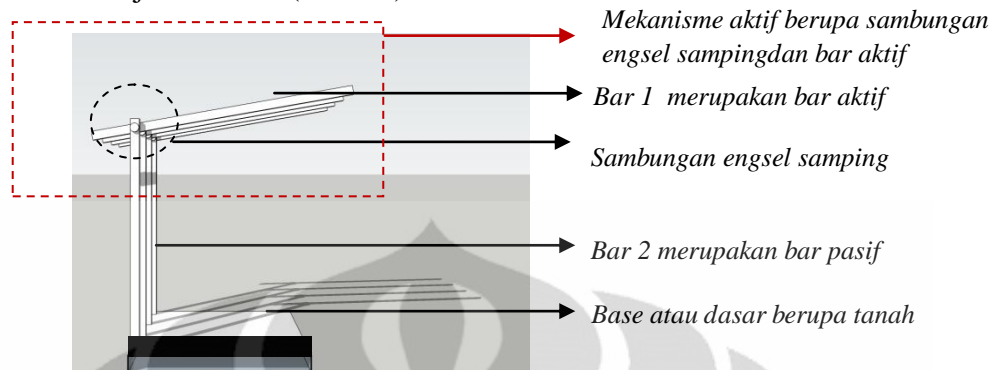
Dalam membuat *Shadow Machine*, Calatrava menganalogikan dari pergerakan jari-jari pada satu tangan. Untuk mewujudkan analogi *Shadow Machine* dengan menggunakan mekanisme arsitektur kinetik. Tujuan penggunaan akhir mekanisme arsitektur kinetik pada *Shadow Machine* adalah adaptasi terhadap lingkungan sekitar dikarenakan pergerakan mempengaruhi jatuh bayangan.

Jika ditinjau berdasarkan tipologi kinetik, *shadow machine* merupakan jenis tipologi *dynamic kinetic structure*. Hal ini dikarenakan *shadow machine* masih dalam skala yang kecil dan tidak terdapat pada bangunan besar tanpa harus merubah bangunan utama.

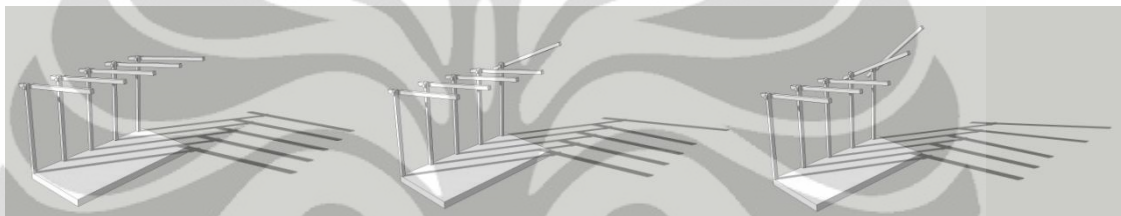


Gambar 3.36 Sketsa gambar tangan dan mekanisme arsitektur kinetik shadow machine
sumber: san tiago calatrava's creative process sketchbooks p.220

Mekanisme arsitektur kinetik pada *Shadow Machine* menggunakan mekanisme jenis kedua (BAB II).

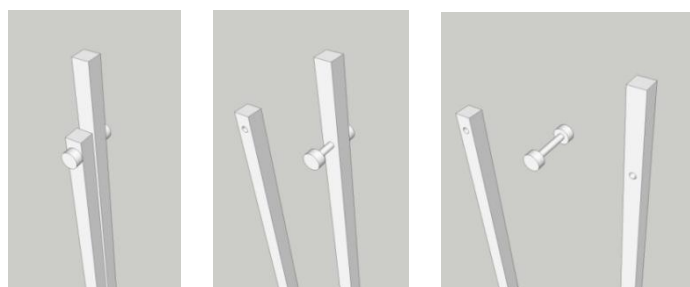


Gambar 3.37 Ilustrasi potongan mekanisme arsitektur kinetik pada shadow machine dengan menggunakan jenis mekanisme kedua (BAB II)



Gambar 3.38 Ilustrasi perspektif mekanisme arsitektur kinetik pada shadow machine dengan menggunakan jenis mekanisme kedua (BAB II)

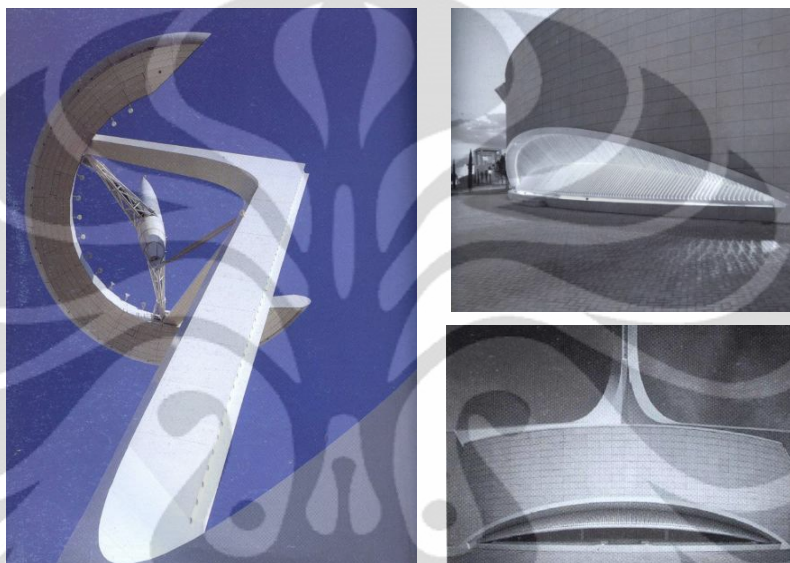
Pada mekanisme jenis kedua terdapat dua jenis komponen yaitu komponen bar dan komponen sambungan engsel samping. Komponen *bar* terdapat dua jenis yakni komponen *bar* pasif yang berfungsi sebagai media penghubung antara mekanisme dengan *base* atau dasar, sedangkan *bar* aktif merupakan *bar* yang lebih bersifat bebas dikarenakan hanya terikat dengan sambungan yang bersifat dinamis juga sehingga pergerakan *bar* dua juga ditentukan oleh sambungan. Komponen yang kedua adalah komponen sambungan engsel samping, fungsi engsel ini menghubungkan dua *bar* yang saling berpotongan sehingga letak *bar* bersampingan.



Gambar 2.43 ilustrasi sambungan engsel samping

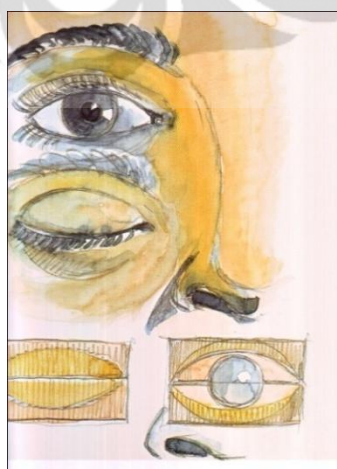
3.4.5 Montjuic Telecom Tower

Montjuic Telecom Tower terletak di Barcelona, Spanyol dibangun dengan tujuan untuk Olimpiade Barcelona Games pada tahun 1992.¹⁴ Daya tarik *Montjuic Telecom Tower* terletak pada desain *tower*, namun *base* dari *tower* yang berfungsi sebagai kantor juga memberikan daya tarik tersendiri terutama pada akses pintu masuk yakni menggunakan mekanisme arsitektur kinetik.



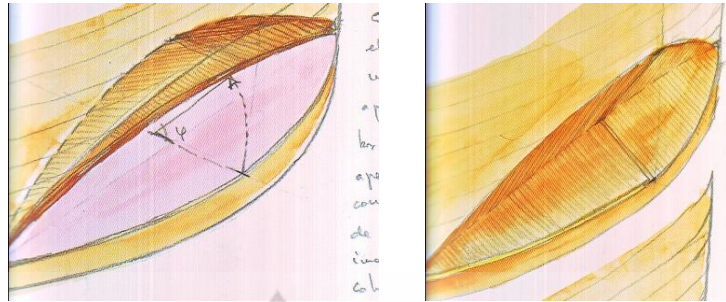
Gambar 3.39 *Montjuic Telecom Tower*
sumber: Philip Jordio, San Tiago Calatrava, 1998 p.108-109

Analogi yang diusulkan oleh Calatrava akan karyanya ini berasal dari pergerakan mata yang berkedip.

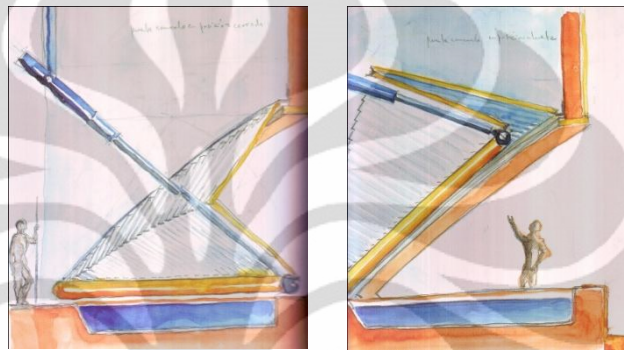


Gambar 3.40 Sketsa gambar mata dan mekanisme arsitektur kinetik *Montjuic Telecom Tower*
sumber: San Tiago Calatrava's creative process sketchbooks

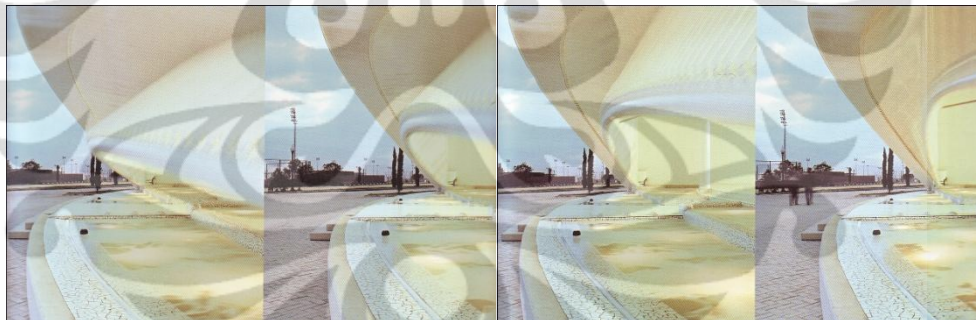
¹⁴ <http://www.worldsiteguides.com/europe/spain/barcelona/montjuic-communications-tower/>



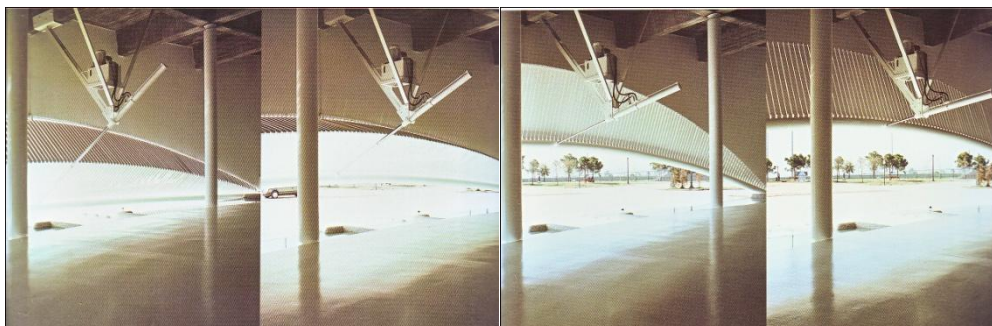
Gambar 3.41 Sketsa perspektif Montjuic Telecom Tower
sumber: san tiago calatrava's creative process sketchbooks



Gambar 3.42 Sketsa mekanisme arsitektur kinetik Montjuic Telecom Tower
sumber: san tiago calatrava's creative process sketchbooks

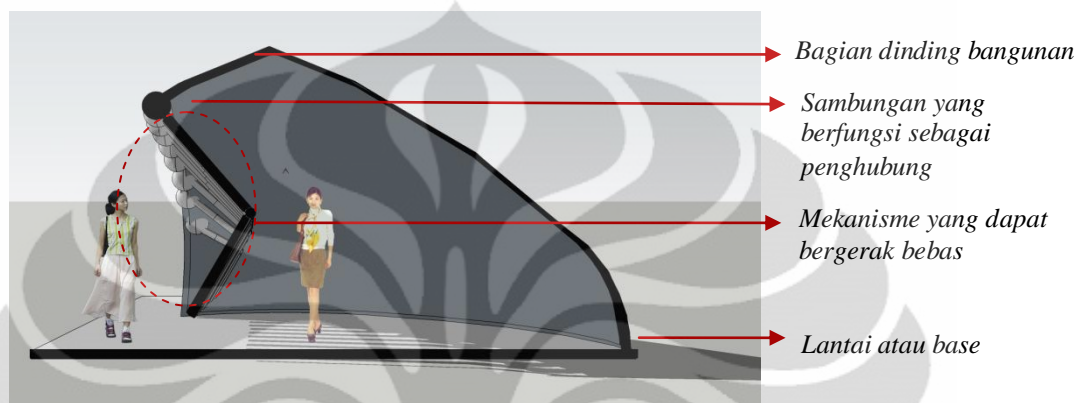


Gambar 3.43 gambar perspektif mekanisme arsitektur kinetik Montjuic Telecom Tower
sumber: san tiago calatrava's creative process sketchbooks p.334-335



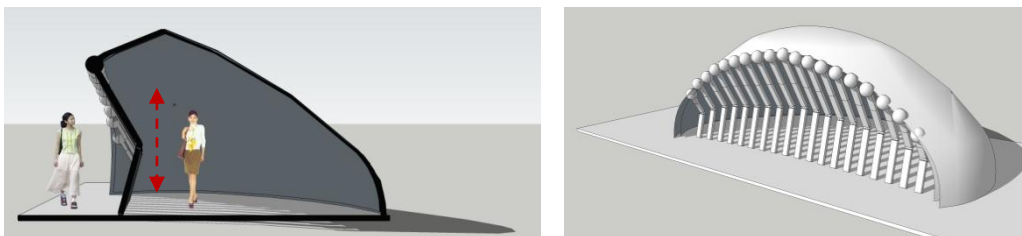
Gambar 3.44 gambar perspektif mekanisme arsitektur kinetik Montjuic Telecom Tower
sumber: san tiago calatrava's creative process sketchbooks p.336-337

Jenis Tipologi struktur yang digunakan pada bangunan ini adalah *Embedded Kinetic Structure*. Hal ini dikarenakan pergerakan yang terjadi pada *Montjuic Telecom Tower* mempengaruhi bentuk bangunan dan dalam skala yang besar. Mekanisme arsitektur kinetik menempel pada bangunan ini dengan adanya media penghubung berupa sambungan.

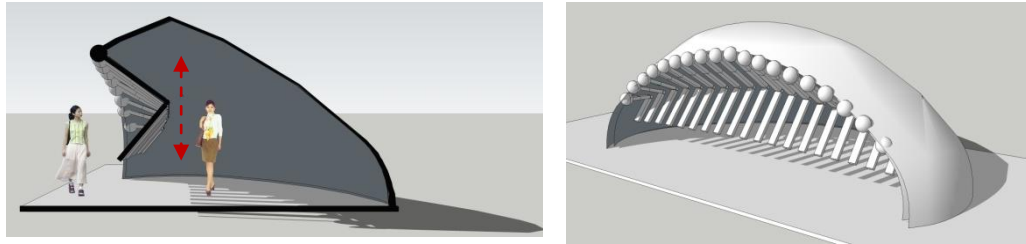


Gambar 3.45 ilustrasi potongan Montjuic Telecom Tower

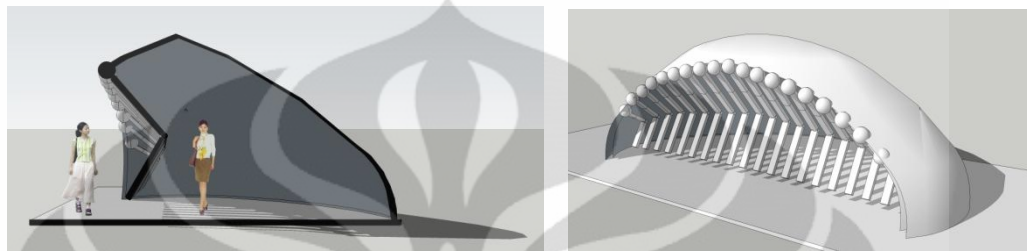
Jenis mekanisme yang terdapat pada bangunan ini adalah mekanisme jenis pertama (bab II). Dengan mengalami perputaran 90 derajat dari penjelasan dalam bab II (mekanisme jenis pertama bergerak pada bidang horiontal). Dikarenakan adanya media pengikat antara mekanisme dengan bangunan yang terletak bagian atas, membuat pergerakan mekanisme terbatas secara vertikal. Pergerakan mekanisme secara vertikal yang terjadi tidak biasa dikarenakan arah tekuk menghadap kearah dalam bangunan, namun tetap mengutamakan gerakan mekanisme yang berasal dari analogi mata.



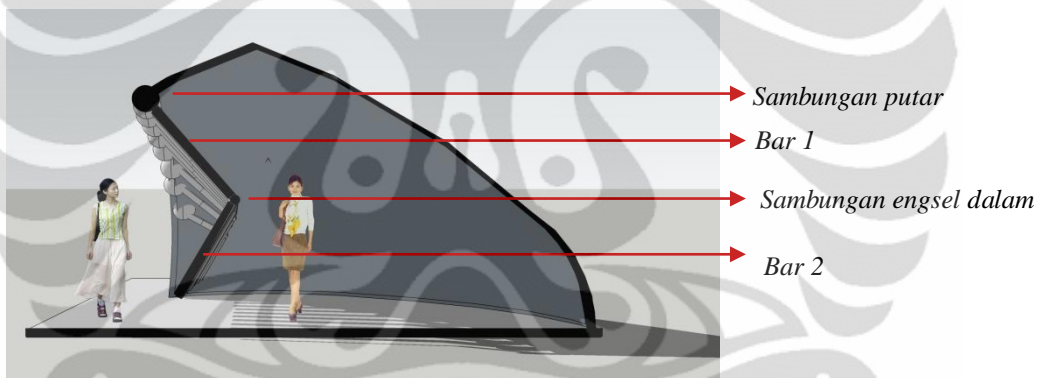
Gambar 3.45 ilustrasi potongan dan gambar 3.46 ilustrasi perspektif Montjuic Telecom Tower



Gambar 3.45 ilustrasi potongan dan gambar 3.46 ilustrasi perspektif Montjuic Telecom Tower



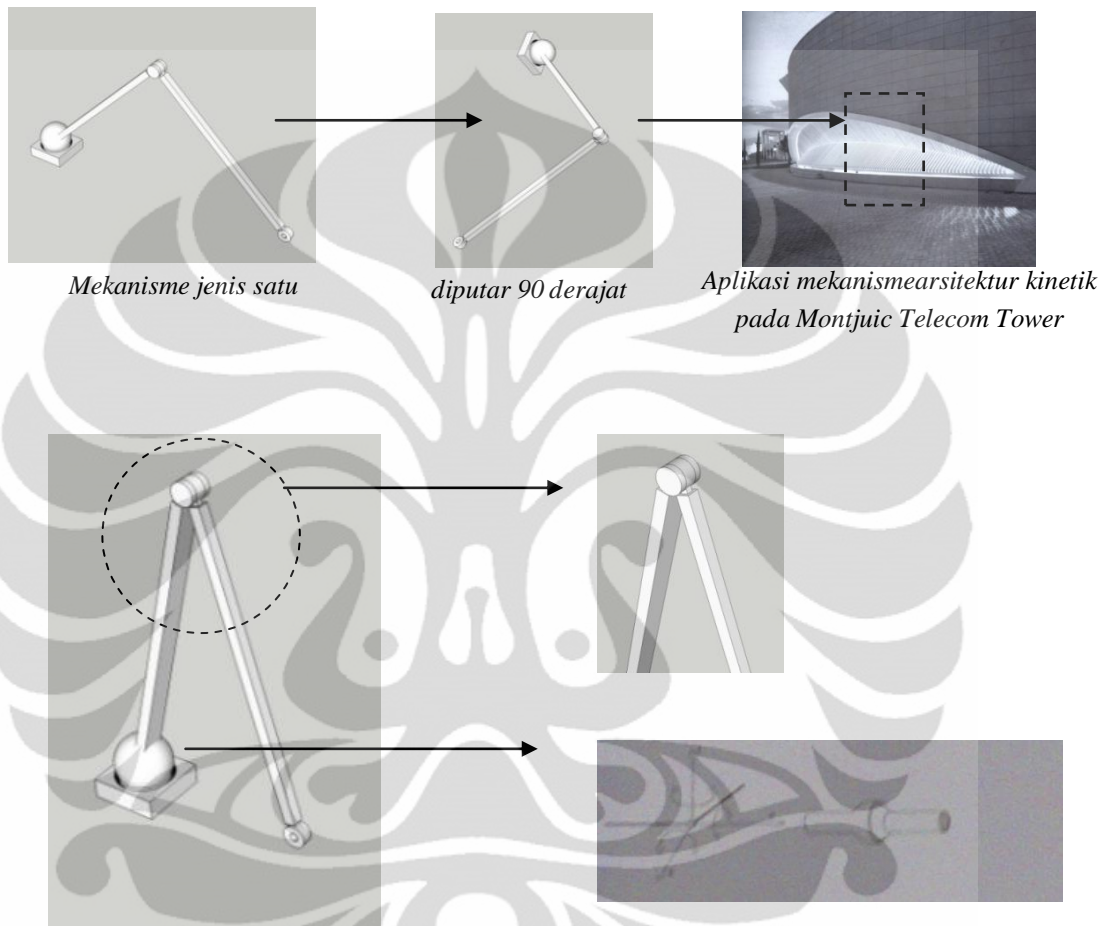
Gambar 3.45 ilustrasi potongan dan gambar 3.46 ilustrasi perspektif Montjuic Telecom Tower



Gambar 3.45 ilustrasi potongan Montjuic Telecom Tower

Latar belakang dari pergerakan mekanisme tak terlepas dari komponen yang mempengaruhi pergerakan mekanisme. Terdapat dua komponen yang mempengaruhi mekanisme pada bangunan yakni komponen *bar* dan komponen sambungan atau *joint*. Komponen *bar* terdapat dua yang masing-masing bergerak sama yakni bergerak dengan aktif. Sedangkan komponen yang kedua adalah komponen sambungan dalam mekanisme ini terdapat dua jenis sambungan yakni sambungan putar dan sambungan engsel dalam. Sambungan putar berfungsi sebagai penghubung antara bangunan dengan sistem mekanisme. Seharusnya sambungan putar dapat melakukan gerakan dalam tiga sumbu yaitu sumbu x, sumbu y, dan sumbu z. Namun aplikasi dalam bangunan ini hanya melakukan

gerakan dalam satu sumbu secara vertical. Jenis sambungan yang kedua adalah sambungan engsel dalam yang berfungsi menghubungkan dua *bar* dalam satu titik sehingga kedua *bar* dapat bergerak aktif namun hanya bergerak dalam satu sumbu atau satu bidang.



Gambar 2.33 Ilustrasi mekanisme jenis pertama, gambar 2.35 joint atau sambungan engsel dalam dan gambar 2.46 sambungan putar pada Montjuic Telecom Tower

3.4.6 BCE plaza

BCE plaza merupakan hasil karya Calatrava yang dimenangkan melalui sayembara pada tahun 1987-1992, terletak di Lambert Allen Galler yang diapit oleh dua bangunan Bay Square. Mayoritas zona dari dua bangunan yang mengapit *BCE plaza* adalah zona komersial yang terdiri dari ruko, toko, kantor hukum, dan bank.¹⁵ Terdapat beberapa unsur yang menarik dari *BCE plaza* yakni berupa atap yang menaungi, air mancur, dan pintu keluar.



Gambar 3.47 BCE Plaza
sumber: <http://kibsgaard.se/CALT/BCE/BCE.htm>

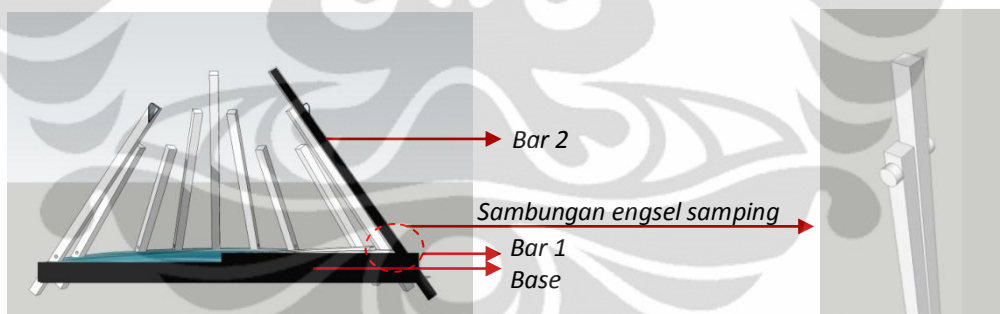
Dari ketiga unsur yang paling menarik perhatian pengunjung dan menggunakan mekanisme arsitektur kinetik adalah air mancur yang terdapat di tengah-tengah *landscape BCE plaza*. Analoji dari air mancur ini menyepai proses bunga dari bunga kuncup hingga mekar.



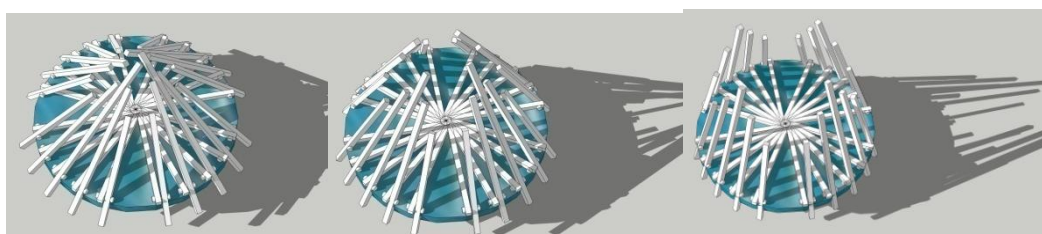
Gambar 3.48 Sketsa analogi bunga dan gambar 3.49 BCE plaza
sumber: san tiago calatrava's creative process sketchbooks p.258 dan
<http://kibsgaard.se/CALT/BCE/BCE.htm>

¹⁵ <http://kibsgaard.se/CALT/BCE/BCE.htm>

Jenis tipologi struktur yang digunakan pada air mancur BCE plaza adalah tipologi *Dynamic Kinetic Structure*. Hal ini dikarenakan pergerakan kinetik yang terjadi tidak terlalu mempengaruhi bentuk bangunan, air mancur BCE plaza dapat digolongkan sebagai bagian dari interior, dan memiliki skala yang kecil. Mekanisme yang mempengaruhi setiap pergerakannya berasal dari mekanisme jenis kedua (bab II). Hal ini dikarenakan adanya bagian dari mekanisme berupa media yang menghubungkan antara *base* dengan sistem mekanisme. Mekanisme yang digunakan oleh *BCE plaza* tidak terlepas dari komponen yang mempengaruhi gerak, yakni terdapat dua komponen yakni komponen *bar* dan komponen sambungan engsel samping. Pada komponen *bar* terdapat dua jenis yakni *bar* yang bersifat pasif dikarenakan sebagai penghubung antara sistem mekanisme dengan *base*. Sedangkan *bar* aktif dikarenakan *bar* tidak terikat kecuali pada sambungan sehingga dapat bergerak bebas searah. Komponen yang kedua adalah sambungan engsel samping yang berfungsi sebagai penghubung antara *bar* 1 yang terhubung dengan *base* dengan *bar* 2 hingga terjadi perpotongan disatu titik, sehingga dapat menghasilkan pergerakan satu sumbu.



Gambar 3.50 Ilustrasi gambar potongan BCE plaza menggunakan mekanisme jenis pertama dan gambar 2.43 sambungan engsel samping (bab II)



Gambar 3.51 Ilustrasi gambar perspektif BCE plaza menggunakan mekanisme jenis pertama

3.2.7 Floating Pavilion (opera di Palma de Mallorca)

Floating pavilion merupakan salah satu project Calatrava yang sudah diajukan pada juni 2007, namun pembangunan ini terhambat. Letak bangunan berada ditengah-tengah danau dengan ruangan utama berada dibawah air sedangkan sisa ruangnya berada diatas air, sehingga seakan-akan bangunan ini mengapung ditengah-tengah air. Bangunan ini memiliki dua zona utama yakni zona komersial yang berada dibawah air dan zona rekreasi yang berada diatas air.¹⁶



Gambar 3.52 *Floating Pavilion*
Sumber: <http://viewfrommadrid.blogspot.com>

Konsep yang diajukan oleh Calatrava terhadap bangunan ini adalah proses penganalogian bunga dari kuncup hingga berbunga. Analogi tersebut diterapkan dalam mekanisme arsitektur kinetik pada atap bangunan yakni zona rekreasi.

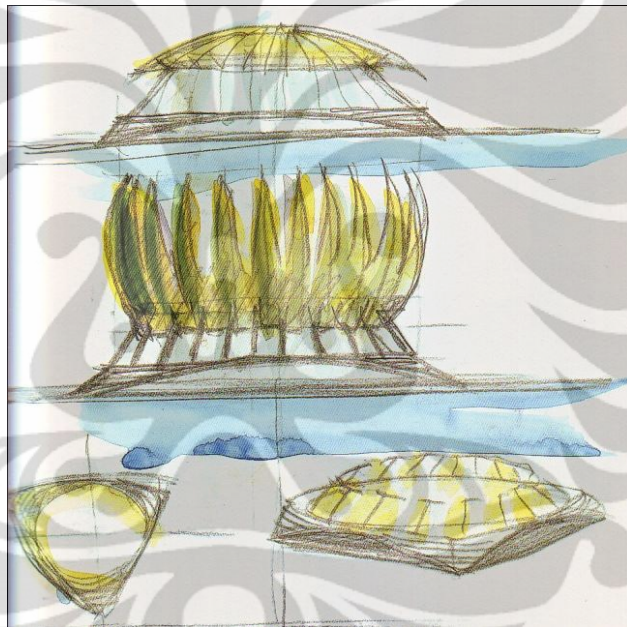


Gambar 3.48 *Sketsa analogi bunga*
sumber: *san tiago calatrava's creative process sketchbooks p.258*

¹⁶ <http://www.thepolisblog.org/2010/07/iconic-architecture-ethics-and-politics.html>

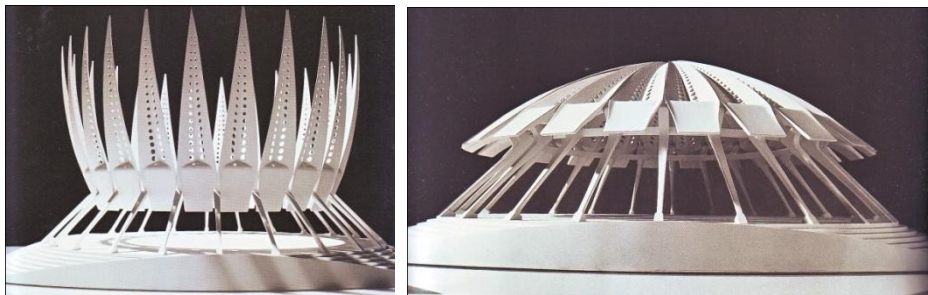
Tujuan penggunaan akhir mekanisme arsitektur kinetik pada *Floating Pavilion* adalah *adaptasi terhadap lingkungan sekitar*. Hal ini dikarenakan penggunaan aplikasi mekanisme yang terjadi merupakan lanjutan proses dari analogi bunga di tengah danau.

Jika ditinjau berdasarkan tipologi kinetik, *Floating Pavilion* merupakan jenis tipologi *Embedded Kinetic Structure*. Hal ini dikarenakan pergerakan yang terjadi pada *Floating Pavilion* dapat mempengaruhi bentuk bangunan dan terjadi dalam skala yang besar. adanya jenis tipologi tak lepas dari pengaruh mekanisme yang melatarbelakanginya, yaitu mekanisme kinetik jenis kedua (bab II).



Gambar 3.53 Sketsa Floating Pavilion

sumber: *san tiago calatrava's creative process sketchbooks p.259*

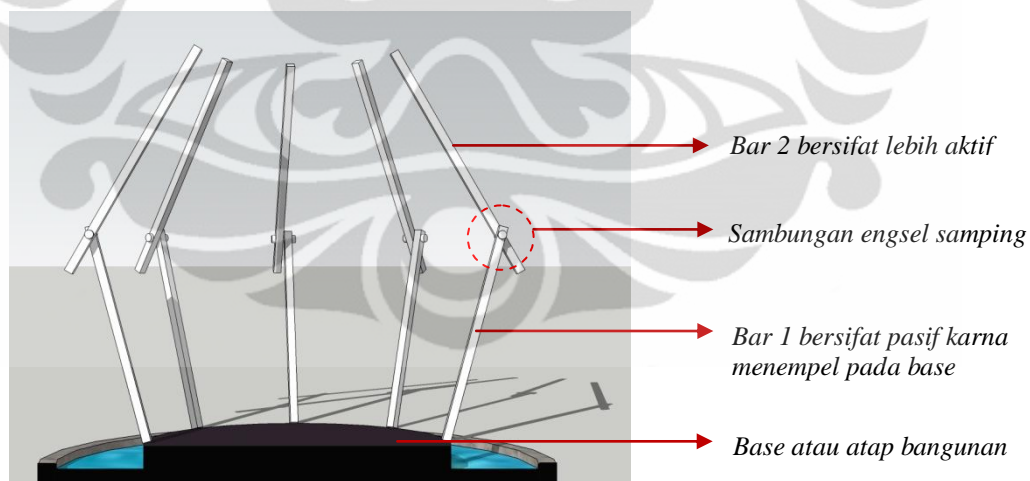


Gambar 3.54 model Floating Pavilion

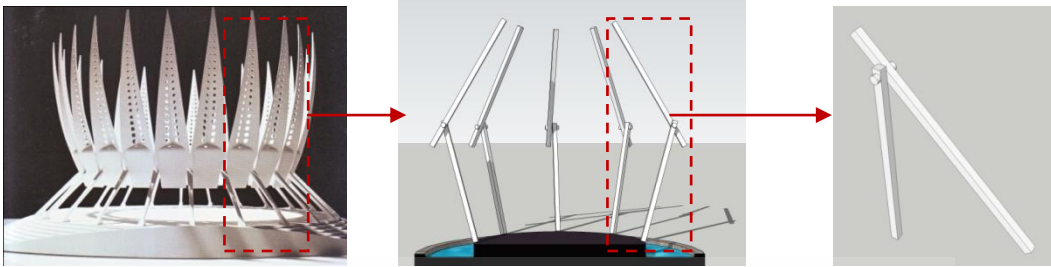
sumber: *san tiago calatrava's creative process sketchbooks p.312-313*

Pada mekanisme jenis kedua terdapat media penghubung antara sistem mekanisme dengan atap bangunan. sehingga media penghubung tersebut yang masih menjadi bagian sistem mekanisme (komponen mekanisme) memiliki pergerakan yang pasif. Hal ini pula yang harus diketahui bahwa sistem mekanisme terdiri dari beberapa komponen yang mempengaruhi gerak mekanisme ini. Komponen tersebut terdiri dari dua jenis yakni komponen *bar* dan komponen sambungan engsel samping.

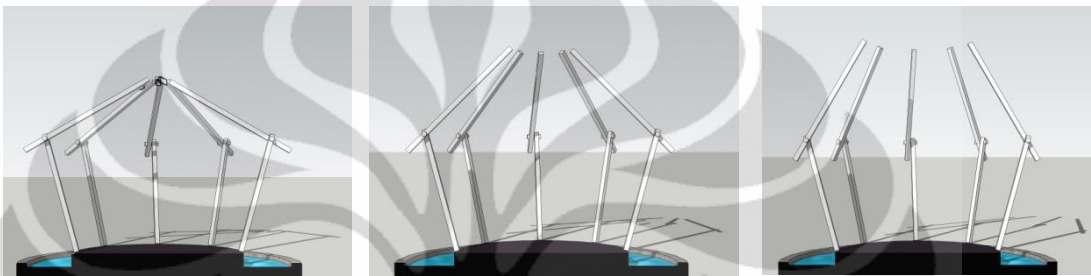
Komponen *bar* terdapat dua jenis yakni *bar* 1 yang bersifat pasif dikarenakan menempel langsung dengan *base* yaitu atap bangunan dan *bar* 2 yang bersifat aktif dikarenakan hanya terikat pada sambungan engsel dalam yang juga bersifat bebas namun hanya terbatas dalam satu sumbu. Komponen yang kedua adalah komponen sambungan engsel samping yang berfungsi menghubungkan antara dua *bar* pasif dan *bar* aktif hingga saling berpotongan di satu titik sehingga letak kedua *bar* saling bersampingan atau bersebelahan.



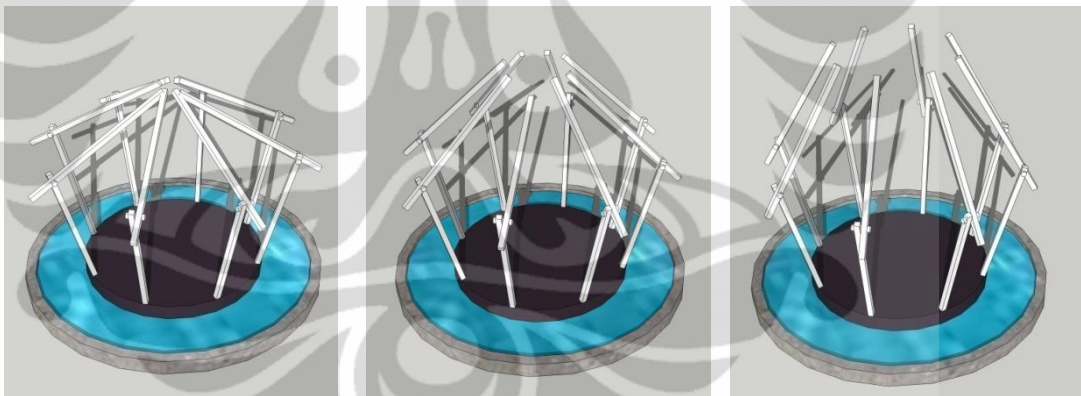
Gambar 3.55 Ilustrasi potongan mekanisme arsitektur kinetik pada floating pavilion dengan menggunakan jenis mekanisme kedua (BAB II)



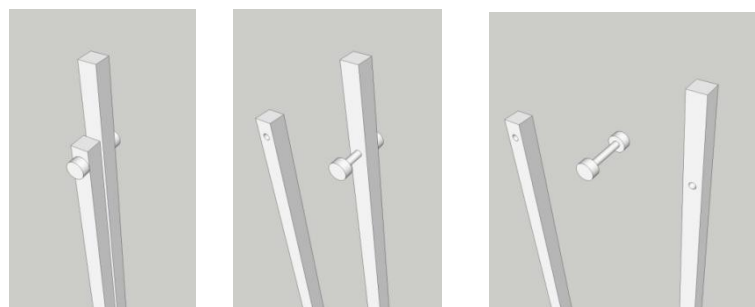
Gambar 3.54 model, gambar 3.55 ilustrasi potongan floating pavilion, dan gambar 2.35 ilustrasi mekanisme arsitektur kinetik jenis kedua (bab II)



Gambar 3.55 Ilustrasi gambar potongan mekanisme arsitektur kinetik pada floating pavilion dengan menggunakan jenis mekanisme kedua (BAB II)



Gambar 3.56 Ilustrasi gambar perspektif mekanisme arsitektur kinetik pada floating pavilion dengan menggunakan jenis mekanisme kedua (BAB II)



Gambar 2.43 Ilustrasi sambungan engsel samping pada floating pavilion (BAB II)

3.2.8 Milwaukee Art Museum

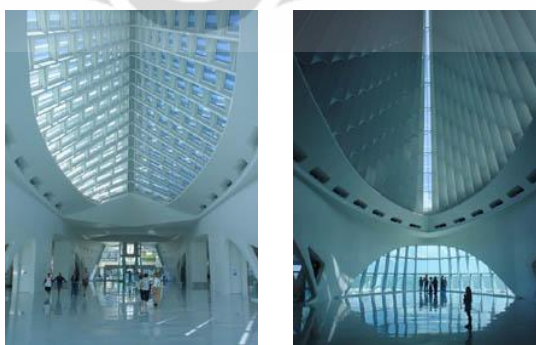
Milwaukee Art Museum adalah bangunan museum yang resmi dibuka pada tanggal 8 Mei 2001. Keunikan pada bangunan ini yakni terletak pada struktur dinamis yang terletak di atap bangunan dan memiliki fungsi untuk menarik perhatian pengunjung.¹⁷

Pada bagian atap bangunan tidak hanya berupa atap struktur yang dinamis namun atap struktur dinamis menempel pada suatu ruang yang terletak pada atap bangunan. Sehingga jika ‘sayap’ struktur yang dinamis melingkupi ruangan di atas atap bangunan maka suasana di dalam ruangan tersebut akan menjadi lebih gelap dan sebaliknya jika sayap terbuka suasana dalam ruangan yang berada di atas bangunan akan lebih terang. Maka mekanisme pergerakan struktur yang digunakan pada atap bangunan termasuk ke dalam *adaptasi terhadap lingkungan sekitar*.



Gambar 3.57 Milwaukee Art Museum

sumber: <http://www.galinsky.com/buildings/milwaukeeart/index.htm>

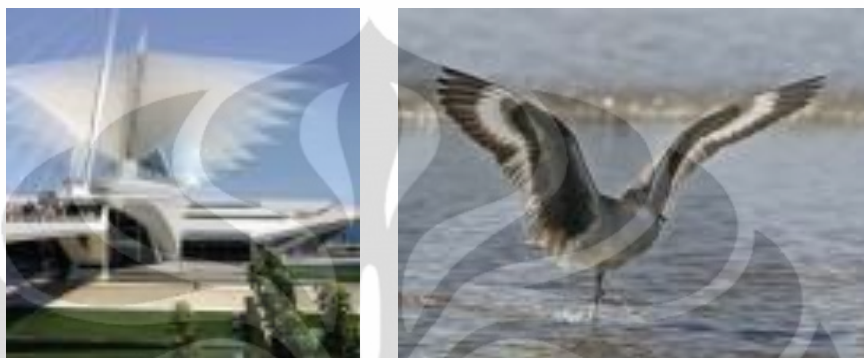


Gambar 3.58 suasana ruang di atas atap Milwaukee Art Museum

sumber: <http://www.galinsky.com/buildings/milwaukeeart/index.htm>

¹⁷ <http://www.galinsky.com/buildings/milwaukeeart/index.htm>

Struktur yang dinamis pada atap bangunan merupakan analogi akan sayap burung. Dikarenakan letak bangunan museum ini berada ditepi danau, maka mahluk hidup yang kerap kali berada ditepi danau adalah burung. Oleh karena itu, sayap burung merupakan analogi yang diambil oleh Calatrava untuk menyesuaikan konteks bangunan terhadap lingkungannya.



Gambar 3.59 gambar analogi Milwaukee Art Museum
sumber: <http://www.galinsky.com/buildings/milwaukeeart/index.htm>

Jika ditinjau berdasarkan tipologi kinetik, *Milwaukee Art Museum* merupakan jenis tipologi *Embedded Kinetic Structure*. Hal ini dikarenakan pergerakan yang terjadi pada *Milwaukee Art Museum* terutama pada atap bangunan dapat mempengaruhi bentuk bangunan dan terjadi dalam skala yang besar.

Sistem kerja mekanime arsitektur kinetik pada *Milwaukee Art Museum* menggunakan mekanisme jenis ketiga (BAB II). Mekanisme yang terdapat pada bangunan ini menempel pada ruangan yang terdapat pada atap bangunan sehingga mempengaruhi mekanisme struktur.

Terdapat satu media yang menghubungkan antara sistem mekanisme dengan ruangan yang terdapat pada atap bangunan. Media tersebut merupakan salah satu komponen dari sistem mekanisme kinetik jenis ketiga. Adapun terdapat dua jenis komponen di dalam sistem mekanisme jenis ketiga yaitu komponen *bar* dan komponen sambungan engsel dalam. Komponen *bar* terbagi atas dua macam yaitu *bar* pasif berfungsi sebagai media penghubung antara ruangan yang berada diatap bangunan dengan sistem mekanisme dan jenis *bar* kedua adalah *bar* bersifat aktif yang terikat dengan sambungan engsel dalam sehingga mengalami gerak satu sumbu.

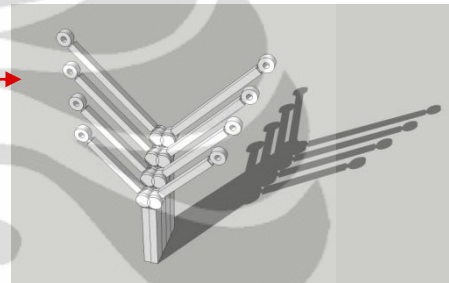


Mekanisme arsitektur kinetik dengan menggunakan jenis mekanisme ke tiga

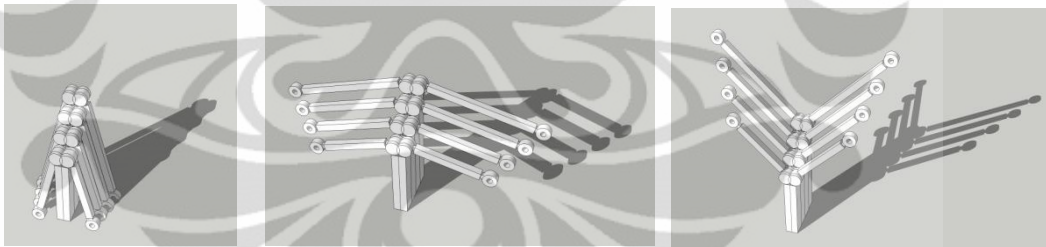
Ruang di bawah 'sayap' yang terletak diatas atap bangunan

Gambar 3.57 Milwaukee Art Museum

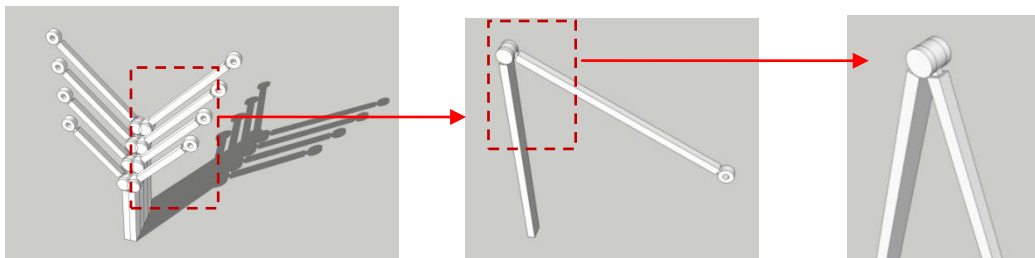
sumber: <http://www.galinsky.com/buildings/milwaukeeart/index.htm>



Gambar 3.57 Milwaukee Art Museum dan gambar 3.60 dengan menggunakan jenis mekanisme ketiga (BAB II)



Gambar 3.60 Ilustrasi perspektif mekanisme arsitektur kinetik pada Milwaukee Art Museum dengan menggunakan jenis mekanisme ketiga (BAB II)



Gambar 3.60 Ilustrasi perspektif Milwaukee Art Museum, gambar 2.37 mekanisme jenis ketiga, dan gambar 2.42 ilustrasi sambungan dalam pada Milwaukee Art Museum (BAB II)

3.2.9 Pavilion on an Island

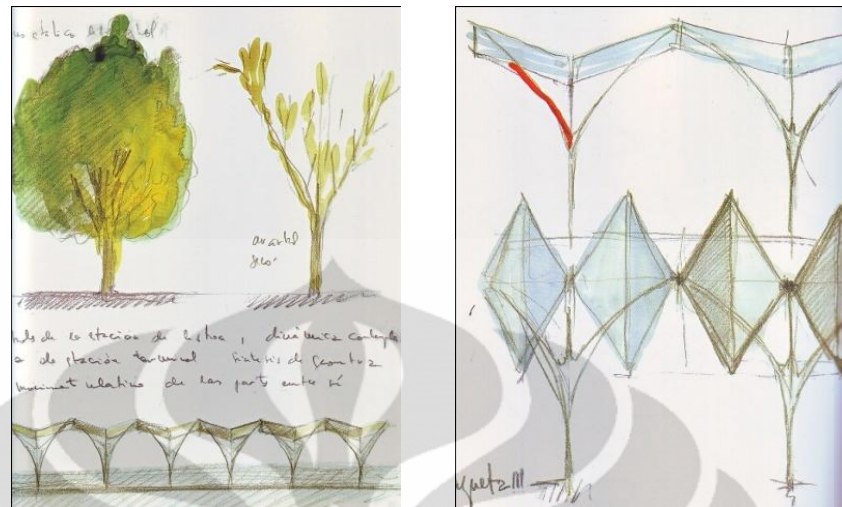
Pavilion on an Island merupakan salah satu project Calatrava dengan konsep atap bangunan yang menggunakan mekanisme arsitektur kinetik yaitu dimana atap dapat dibuka dan ditutup. Salah satu bangunan karya Calatrava yang menggunakan konsep ini adalah *Barcelona Railway Station* yang terletak di Barcelona, Spanyol.¹⁸ Tujuan penggunaan mekanisme kinetik pada atap bangunan *Barcelona Railway Station* agar pengunjung yang berada didalamnya dapat merasakan matahari secara langsung. Namun apabila terjadi hujan maka atap akan tertutup menggunakan mekanisme kinetik sehingga pengunjung yang berada didalam stasiun tidak terkena hujan. Jika dikaitkan antara penggunaan atap bangunan dalam desain dengan lingkungan, karya Calatrava *Pavilion on an Island* termasuk bangunan yang peduli akan lingkungan sekitar.



Gambar 3.61 Barcelona Railway Station
sumber: smu.edu/newsinfo/releases/m0011photos-b.html

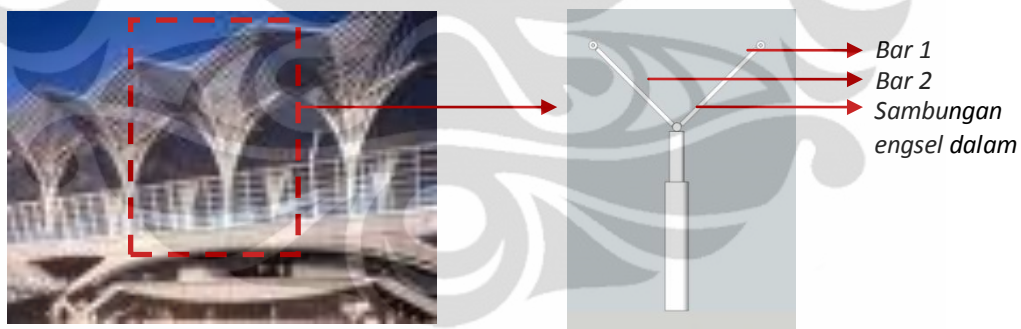
Calatrava menganalogikan atap bangunan ini dengan ujung lengkung dari dua pohon yang saling bertemu. Dikarenakan ujung pohon merupakan suatu bagian yang lentur sehingga kedua ujung kedua pohon seakan-akan bergerak naik dan turun dikarenakan adanya gerakan angin ataupun dikarenakan tetesan air. Namun dari pertemuan dua ujung lengkung pohon yang bersifat dinamis (gerakan naik dan turun) diaplikasikan oleh Calatrava dengan menggunakan media struktur mekanisme kinetik sehingga pergerakan yang terjadi seperti pergerakan pada mekanisme kinetik pada payung.

¹⁸ smu.edu/newsinfo/releases/m0011photos-b.html



Gambar 3.62 Sketsa analogi pavilion on an island
sumber: san tiago calatrava's creative process sketchbooks p.274-275

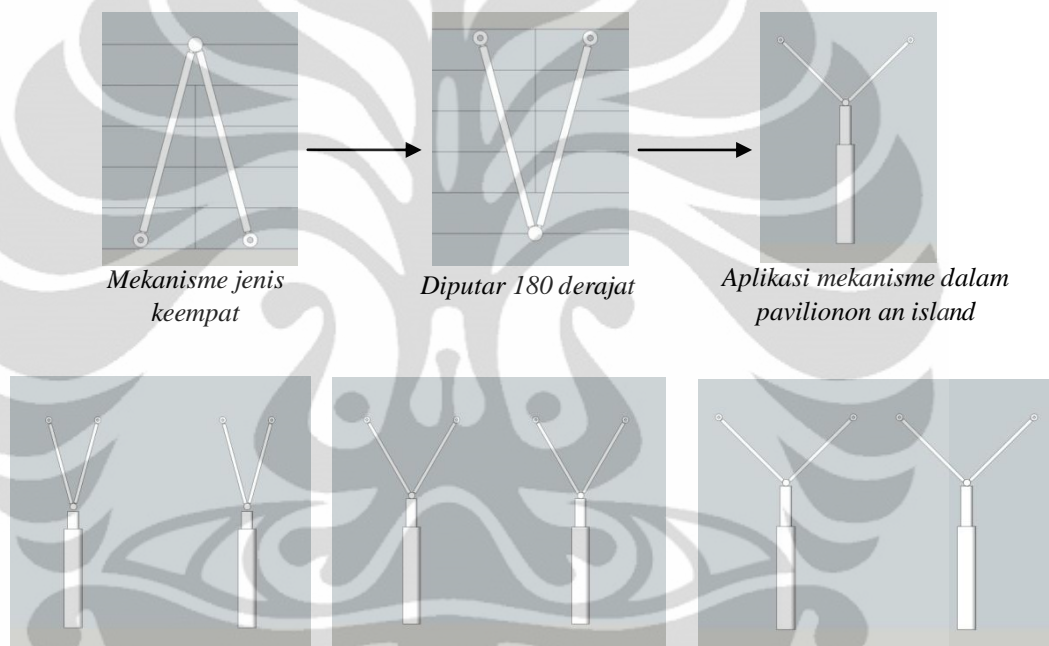
Jika ditinjau berdasarkan tipologi kinetic, *Pavilion on an Island* merupakan jenis tipologi *Embedded Kinetic Structure*. Hal ini dikarenakan pergerakan yang terjadi pada bangunan *Pavilion on an Island* dapat mempengaruhi bentuk bangunan dan terjadi dalam skala yang besar. Mekanisme payung lebih mengkhhususkan terhadap mekanisme jenis keempat (bab II).



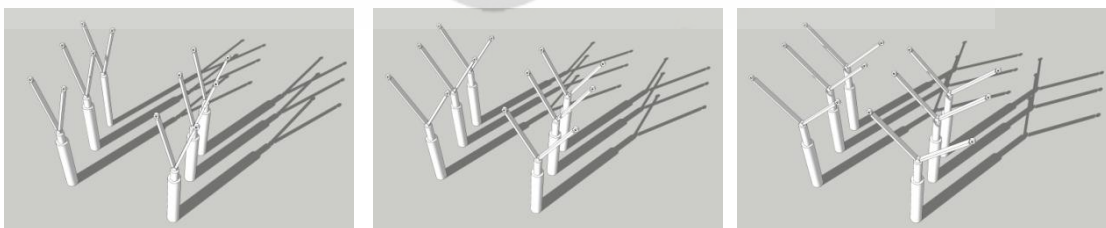
Gambar 3.61 perspektif dan gambar 3.63 ilustrasi tampak depan mekanisme arsitektur kinetik *Pavilion on an Island* jenis kelima sesuai yang tercantum dalam bab II

Pada mekanisme jenis keempat, pengaplikasian dalam *Pavilion on an Island* diputar 180 derajat mekanismenya yang terdapat pada bab II, namun secara garis besar pergerakan mekanisme yang terjadi sama antara sebelum diputar ataupun sesudah diputar 180 derajat. Untuk memahami lebih lanjut mekanisme jenis keempat dengan mengetahui komponen dari sistem yang terdapat dalam sistem mekanisme jenis keempat. Terdapat dua jenis komponen yaitu *bar* dan sambungan engsel dalam. Komponen *bar* terdapat dua yang memiliki fungsi yang sama yakni lebih bergerak aktif. Dimana kedua ujung masing-masing *bar* bertemu disatu titik

yang dijadikan acuan oleh sambungan. Komponen yang kedua adalah sambungan engsel dalam yang berfungsi sebagai titik temu antar kedua ujung *bar*, disamping itu fungsi lain dari sambungan ini sebagai titik acuan. Sehingga titik acuan berada diposisi tengah mekanisme. Namun acuan sendiri masih dapat bergerak secara vertikal sehingga membuat masing-masing *bar* (tidak terikat oleh sambungan) yang saling berjauhan atau terletak diujung atas akan bergerak sebaliknya secara horizontal. Maka mekanisme yang terjadi semakin naik secara vertikal sambungan engsel dalam ke atas membuat kedua ujung dari jenis *bar* yang berlainan semakin menjauh dan begitu pula sebaliknya.



Gambar 3.63 ilustrasi tampak depan mekanisme arsitektur kinetik jenis keempat sesuai yang tercantum dalam bab II

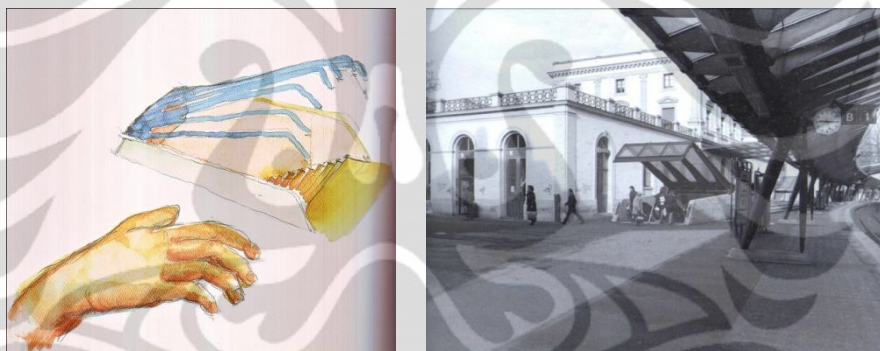


Gambar 3.64 ilustrasi perspektif mekanisme arsitektur kinetik jenis keempat sesuai yang tercantum dalam bab II

3.2.10 Stadelhofen Railway Station.

Stadelhofen Railway Station merupakan salah satu stasiun yang memiliki daya tarik baik arsitektur dalam skala yang besar (bangunan inti) ataupun beberapa aplikasi arsitektur dalam skala yang kecil. Salah satu yang menjadi daya tarik pada *Stadelhofen Railway Station* yang dapat dikategorikan arsitek dalam skala kecil adalah pintu masuk tangga bawah tanah. Pintu masuk tangga bawah tanah dapat dikategorikan menarik dikarenakan memiliki analogi dan menggunakan mekanisme arsitektur kinetik.

Analogi yang digunakan oleh Calatrava dalam mendesain pintu tangga bawah tanah yang merupakan akses penghubung menuju *Stadelhofen Railway Station* menggunakan analogi pergerakan tangan. Aplikasi analogi ini digunakan oleh Calatrava pada tahun 1983 hingga tahun 1990.



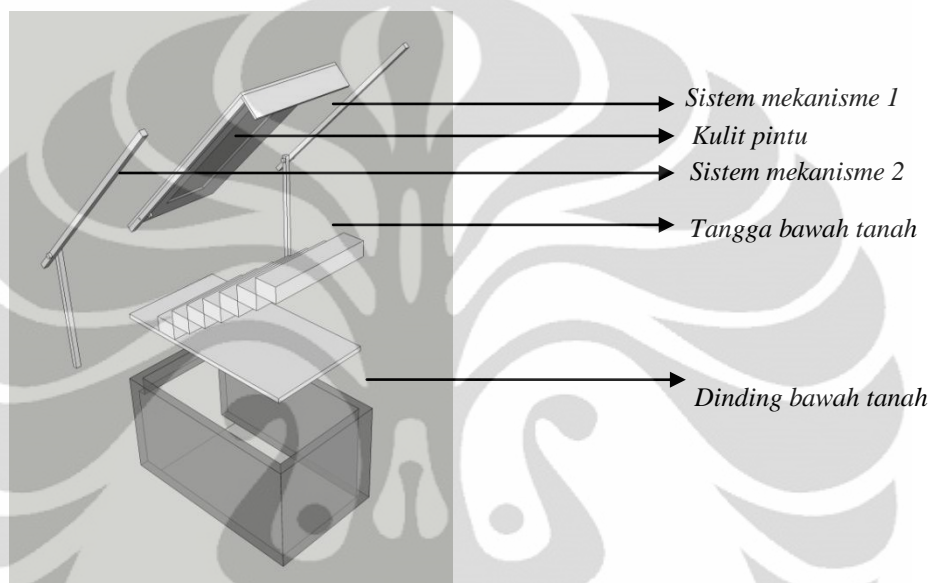
Gambar 3.65 Sketsa analogi pintu bawah tanah dan gambar 3.66 pintu bawah tanah *Stadelhofen Railway Station*

sumber: san tiago calatrava's creative process sketchbooks p.150
philip Jordio, san tiago calatrava, 1998 p.135

Untuk mewujudkan analoginya, Calatrava menggunakan unsur struktur yang melatarbelakangi terjadinya mekanisme pada pengaplikasian pintu. Berdasarkan penggunaan tipologi struktur yang digunakan oleh Calatrava, beliau menggunakan tipologi *Dynamic Kinetic Structure* dikarenakan pintu ini berskala kecil dan tidak terlalu mempengaruhi bentuk bangunan utamanya.

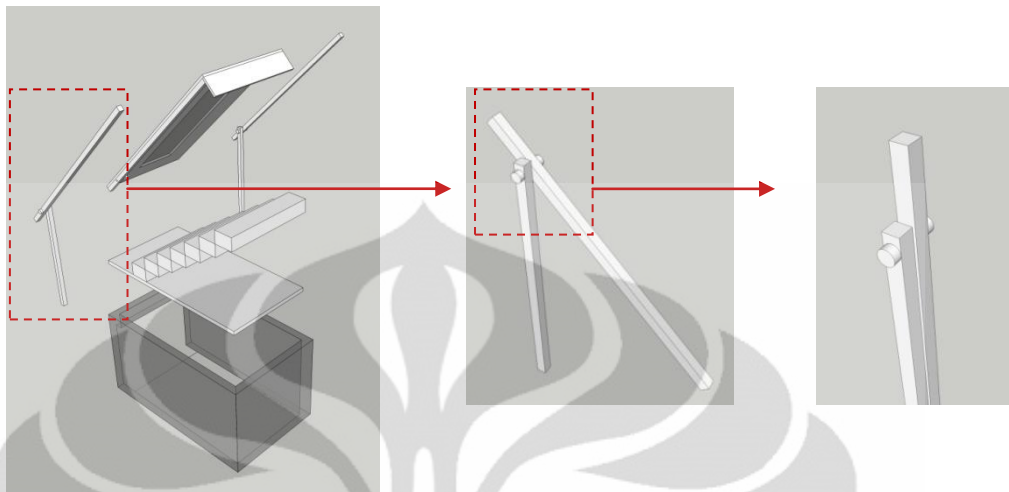
Sedangkan jika ditinjau dari jenis pemakaian mekanisme pada pintu ini menggunakan mekanisme arsitektur kinetik jenis kedua (bab II) berdasarkan mekanisme dan pergerakan yang terjadi pada pintu tangga bawah tanah.

Untuk mendukung terjadinya pergerakan sesuai analogi, Calatrava menyusun sistem pintu yang terdiri atas kulit pintu dan rangkanya. Mekanisme yang terjadi hanya terdapat pada rangka dikarenakan rangka merupakan penggerak utama pada kulit pintu. Rangka yang digunakan adalah mekanisme jenis kedua yang terletak pada kedua sisi pintu agar pintu dapat terbuka dan tertutup pada bidang vertikal.

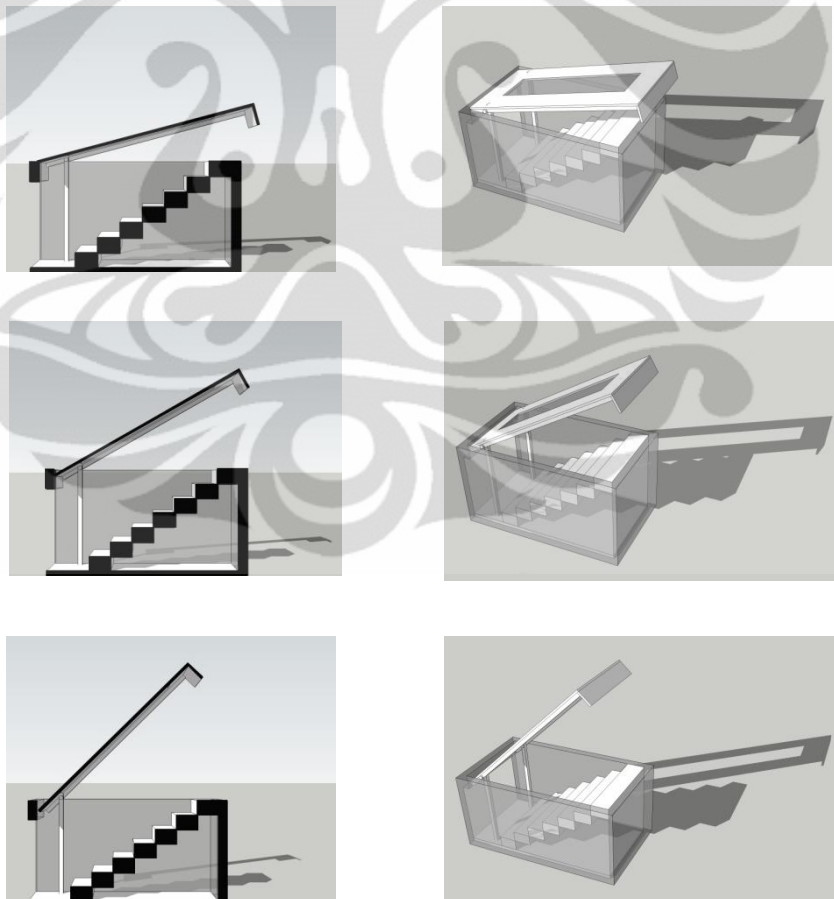


Gambar 3.67 Ilustrasi aksonometri mekanisme pada Stadelhofen Railway Station

Komponen yang terdapat pada masing-masing sistem mekanisme jenis kedua, terdiri dari *bar* dan sambungan engsel samping. Komponen *bar* terdiri dua jenis yakni *bar* yang bersifat pasif dikarenakan *bar* ini menempel pada dinding bawah tanah dan berperan sebagai acuan penggerak. Sedangkan jenis *bar* yang kedua adalah *bar* aktif yang berfungsi sebagai penggerak kulit pintu dikarenakan *bar* ini menempel pada kulit pintu. Komponen kedua adalah sambungan engsel samping berfungsi sebagai penghubung antara dua *bar* dalam satu titik persilangan sehingga memungkinkan pergerakan yang terjadi hanya satu arah secara vertikal.



Gambar 3.67 Ilustrasi aksonometri, gambar 2.35 mekanisme jenis kedua, dan gambar 2.43 sambungan engsel samping (bab II) pada Stadelhofen Railway Station



Gambar 3.67 Ilustrasi aksonometri dan gambar 3.68 ilustrasi potongan Stadelhofen Railway Station

3.2.11 Alody Communication Hall

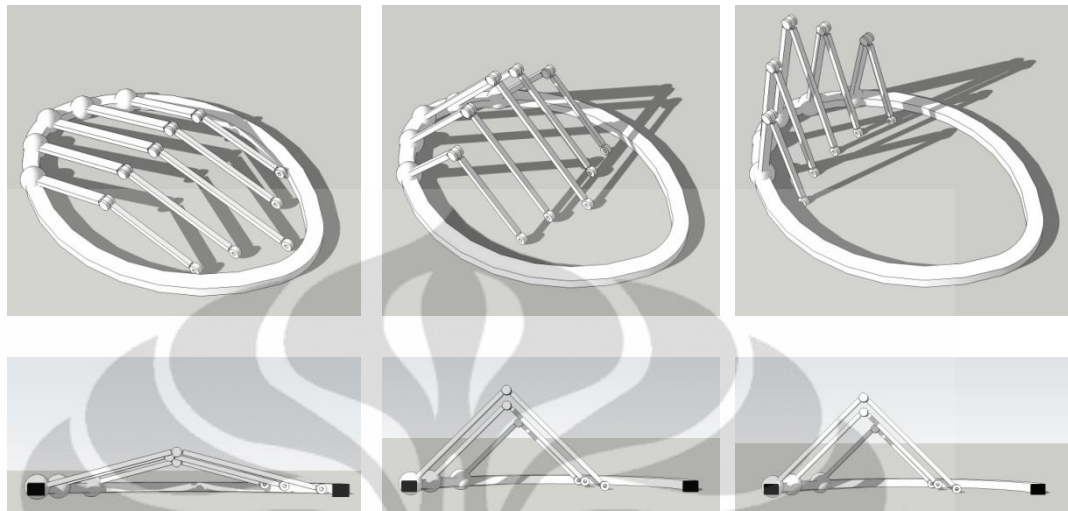
Alody Communication Hall merupakan salah satu rancangan Calatrava dalam mendesain karya ini, Calatrava tidak hanya memperhatikan arsitektur rancangannya dalam skala yang besar namun juga arsitektur dalam skala yang kecil. Salah satu contoh rancangan Calatrava yang merupakan arsitektur berskala kecil namun memiliki sangat memiliki keunikan adalah pintu bawah tanah yang merupakan akses menuju *Alody Communication Hall*.



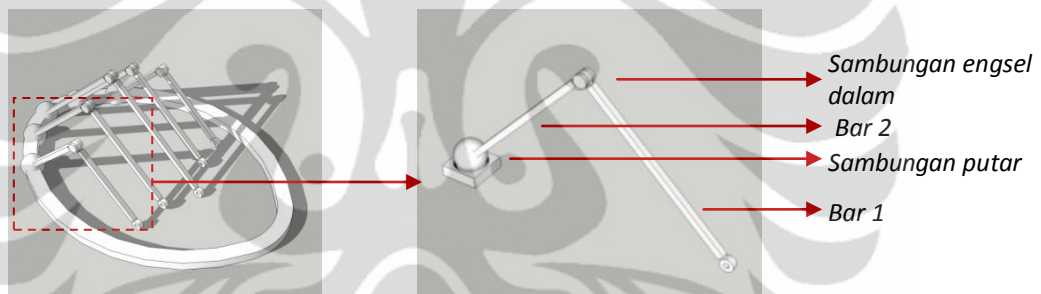
Gambar 3.69 *Alody Communication Hall*
sumber: san tiago calatrava's creative process sketchbooks p.160-161

Pada bagian pintu ini, Calatrava menggunakan analogi mata yang sedang berkedip jika dilihat secara tampak atas. Maka untuk mewujudkan analogi tersebut dibutuhkan mekanisme yang tepat. Dari keseluruhan mekanisme yang digunakan pada pintu bawah tanah ini menggunakan jenis tipologi *Dynamic Kinetic Architecture*, hal ini dikarenakan pintu dalam skala yang kecil dan tidak terlalu merubah bangunan utamanya.

Mekanisme yang digunakan pada pintu bawah tanah yang merupakan akses *Alody Communication Hall* menggunakan mekanisme jenis pertama (bab II).



Gambar 3.70 Ilustrasi perspektif dan gambar 3.71 potongan mekanisme arsitektur kinetik jenis pertama pada pintu bawah tanah akses *Alody Communication Hall*



Gambar 3.70 Ilustrasi perspektif dan gambar 2.33 mekanisme arsitektur kinetik jenis pertama

Mengetahui secara mendalam mengenai mekanisme jenis pertama yang diterapkan pada pintu bawah tanah ini, terlebih dahulu mengetahui komponen sistem mekanisme yang terdapat pada pintu ini yang menyerupai dengan komponen sistem mekanisme jenis pertama. Komponen terdapat dua jenis yakni *bar* dan sambungan. *Bar* terdapat dua dan mekanisme dari kedua *bar* ini sama bersifat aktif. Sedangkan sambungan terbagi menjadi dua jenis yakni sambungan putar dan sambungan engsel dalam. Sambungan putar merupakan media penghubung antara permukaan tanah dengan sistem mekanisme. Sebenarnya sambungan putar dapat bergerak dalam tiga dimensi namun karna terbatas menjadi acuan maka hanya sebatas satu dimensi atau sumbu. Sambungan yang kedua adalah sambungan engsel dalam yang berfungsi menghubungkan dua *bar* dalam satu sumbu sehingga mengakibatkan pergerakan pada satu sumbu.

3.2.12 Emergency center

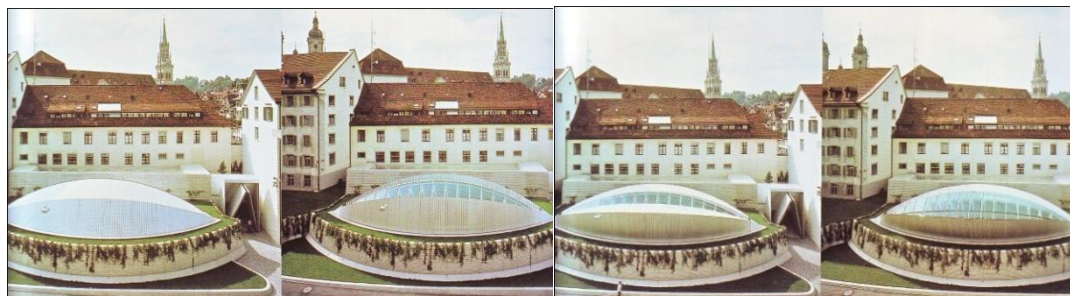
Emergency Center terletak di Moosbruggstrasse, Switzerland. Peresmian bangunan ini dibuka pada tahun 1998. Bangunan ini memiliki keunikan tersendiri yakni bagian bangunan berupa ruang aktivitas berada dibawah tanah sedangkan ruang yang menonjol keluar hanyalah atap. Tujuan adanya atap yang terdapat diatas tanah selain berfungsi menarik perhatian pengunjung juga berfungsi sebagai *sky light*.¹⁹



Gambar 3.72 Emergency Center

sumber: <http://www.galinsky.com/buildings/emergency/index.htm>

Komponen *sky light* adalah baja dan kaca dengan ketebalan baja sekitar tujuh centimeter dan berat total hingga dua ton. Rangka baja pada *Sky light* menggunakan mekanisme arsitektur kinetik yang berfungsi untuk mengatur banyaknya cahaya yang masuk kedalam ruangan yang berada di bawah tanah. Sehingga semakin terbuka baja *sky light* maka semakin banyak cahaya yang diterima oleh ruang yang berada dibawah tanah namun sebaliknya jika tertutup baja *sky light* maka tidak ada cahaya yang masuk ke dalam ruangan dibawahnya. Maka bangunan ini dikategorikan *adaptasi terhadap lingkungan sekitarnya*.



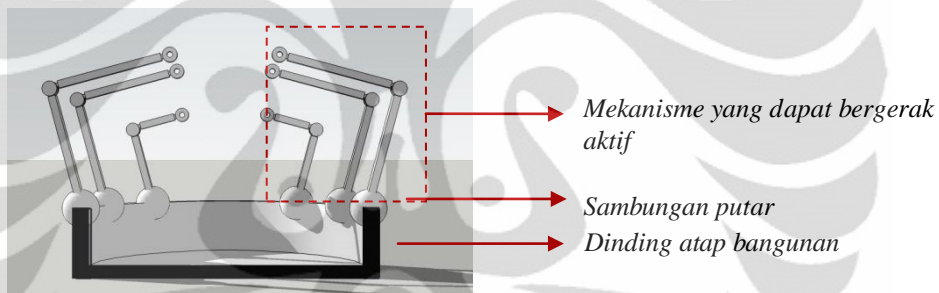
Gambar 3.73 Emergency Center mekanisme arsitektur kinetik

sumber: *san tiago calatrava's creative process sketchbooks p.321-322*

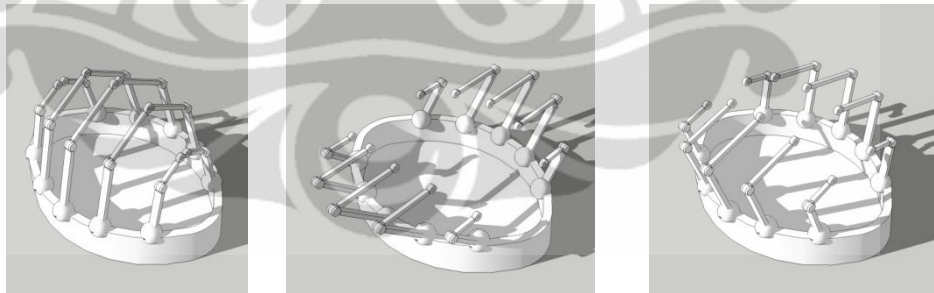
¹⁹ <http://www.galinsky.com/buildings/emergency/index.htm>

Analogi yang digunakan oleh Calatrava dalam mendesain *Emergency Center* adalah analogi mata. Untuk mewujudkan analoginya, Calatrava menggunakan sistem mekanisme yang tepat yaitu mekanisme jenis pertama, namun secara garis besar mekanisme yang digunakan dilatarbelakangi oleh tipologi struktur yang digunakan. Pada bangunan *Emergency Center* menggunakan jenis tipologi *Embedded Kinetic Structure* dikarenakan *sky light* pada bangunan ini berskala besar dan mempengaruhi bentuk bangunan jika terjadi pergerakan.

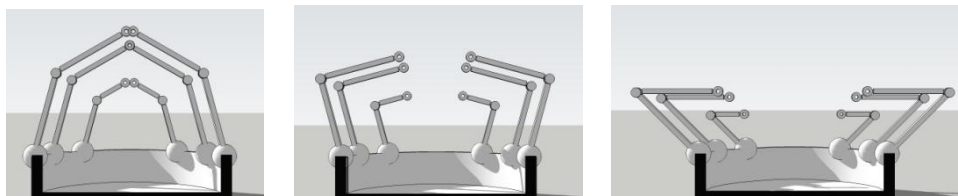
Mekanisme yang digunakan pada bangunan ini adalah mekanisme jenis pertama. Hal ini dikarenakan pergerakan membuka dan menutup *sky light* terpaku pada salah satu ujung mekanismenya yang berfungsi sebagai media penghubung antara atap *sky light* dengan sistem mekanisme sehingga membuat ciri mekanisme ini sama dengan ciri mekanisme jenis pertama.



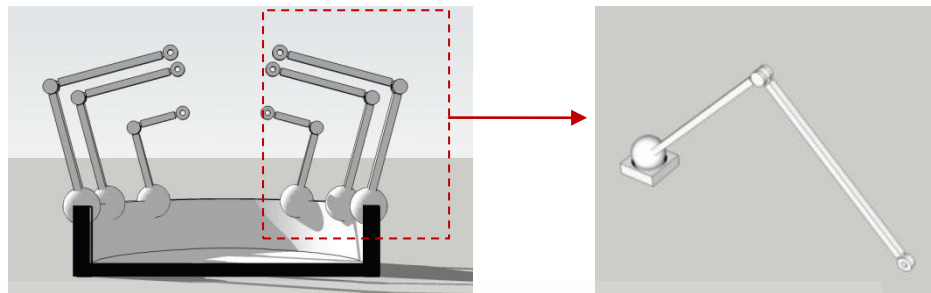
Gambar 3.74 Ilustrasi potongan pada mekanisme jenis pertama pada *sky light emergency center*



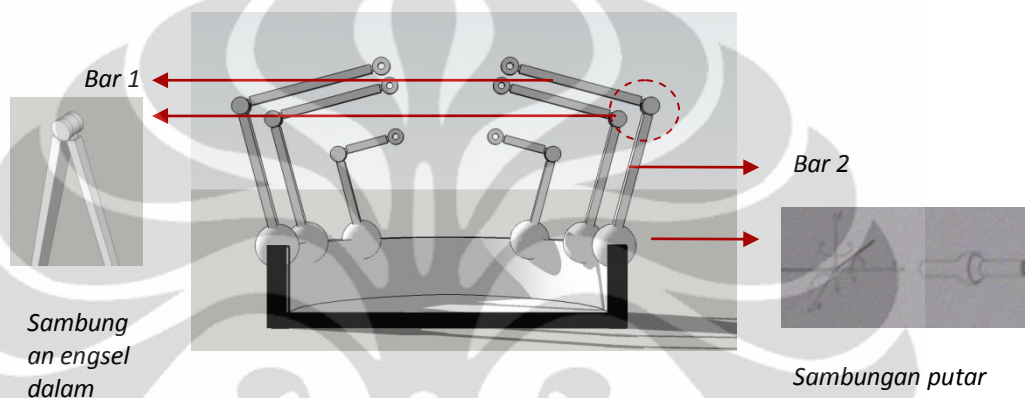
Gambar 3.75 Ilustrasi perspektif pada mekanisme jenis pertama pada *sky light emergency center*



Gambar 3.74 Ilustrasi potongan pada mekanisme jenis pertama pada *sky light emergency center*



Gambar 3.74 Ilustrasi potongan dan gambar 2.33 pada mekanisme jenis pertama pada sky light emergency center



Gambar 3.74 Ilustrasi potongan, gambar 2.42 sambungan engsel dalam, dan gambar 2.46 sambungan putar pada mekanisme jenis pertama pada sky light emergency center

Pergerakan mekanisme tidak terlepas dari sistem komponen mekanisme jenis pertama dalam menggerakkan *sky light*. Oleh karena itu mengenal komponen yang terdapat pada bangunan ini agar dapat dikategorikan kedalam mekanisme jenis pertama. Terdapat dua komponen pada mekanisme bangunan ini yakni komponen *bar* dan komponen sambungan. Komponen *bar* berjumlah dua pada tiap mekanismenya yang dapat bergerak aktif namun hanya sebatas satu sumbu. Komponen yang kedua adalah sambungan, terdapat dua jenis sambungan yaitu sambungan putar dan sambungan engsel dalam. Sambungan putar merupakan media yang menghubungkan antara dinding atap bangunan dengan sistem mekanisme. Meskipun pada sambungan putar dapat melakukan perputaran hingga menghasilkan pergerakan dalam tiga dimensi yakni sumbu x, sumbu y, dan sumbu z, dalam mekanisme bangunan ini hanya melakukan pergerakan pada satu sumbu. Sedangkan sambungan engsel dalam berfungsi menghubungkan dua ujung *bar* pada satu sumbu sehingga dapat menghasilkan pergerakan pada satu sumbu seiring dengan pergerakan yang dihasilkan oleh sambungan putar.

BAB IV

KLASIFIKASI dan KESIMPULAN

Pada bab III telah dibahas mengenai studi kasus dan analisis dua belas karya Calatrava baik dalam skala besar maupun dalam skala yang kecil yang dikaitkan dengan mekanisme arsitektur kinetik. Pembahasan mekanisme arsitektur kinetik pada masing-masing karya Calatrava meliputi tipologi struktur kinetik yang digunakan, tujuan akhir penggunaan mekanisme arsitektur kinetik, dan jenis mekanisme kinetik beserta tipe sambungan yang digunakan. Masing-masing pembahasan yang digunakan pada masing-masing karya Calatrava dapat diklasifikasikan guna mengaitkan antara satu karya dengan karya yang lain.

4.1 tipologi struktur kinetik

Jenis-jenis tipologi struktur kinetik terdapat tiga macam yakni *Embedded Kinetic Structure*, *Deployable Kinetic Structure*, dan *Dynamic Kinetic Structure* (sesuai yang telah dijelaskan pada bab II). Secara garis besar *Embedded Kinetic Structure* merupakan salah satu struktur kinetik dengan ciri memiliki skala yang besar dan jika terjadi pergerakan dapat mempengaruhi bentuk bangunannya. Ciri yang dimiliki *Deployable Kinetic Structure* secara garis besar dapat dipindah-pindahkan, bersifat sementara dengan pengaplikasian pada tenda sirkus ataupun pada tenda pengungsian atau *shelter*. Sedangkan ciri dari tipologi jenis ketiga *Dynamic Kinetic Structure* adalah memiliki skala yang kecil, biasanya aplikasi dari tipologi ini adalah bidang interior. Dari ketiga jenis tipologi jika dikaitkan dengan dua belas Calatrava hanya menggunakan tipologi *Embedded Kinetic Structure* dan *Dynamic Kinetic Structure*. Hal ini dikarenakan Calatrava lebih banyak mendesain bangunan dengan skala yang besar (menggunakan mekanisme arsitektur kinetik) oleh karena itu desain bangunan Calatrava dengan menggunakan skala yang besar dikategorikan kedalam tipologi *Embedded Kinetic Structure*. Namun dari karya Calatrava dalam skala yang besar, Calatrava juga memperhatikan dari skala kecil berupa detail dari bagian skala yang besar (masih berupa bagian dalam skala yang besar serta menggunakan mekanisme arsitektur kinetik) oleh karena itu bagian detail skala kecil dari bangunan skala yang besar

dikategorikan kedalam tipologi *Dynamic Kinetic Structure*. diterapkan dalam skala yang besar berupa gabungan struktur dengan bangunan utamanya dan juga dalam skala yang kecil berupa interior.

Dari dua belas karya Calatrava sebagian besar karyanya menggunakan tipologi *Embedded Kinetic Structure* yaitu *Planetarium, Ernstings Warehouse, Kuwait pavilion, Montjuic Telecom Tower, Floating pavilion, Milwaukee Art Museum, Pavilion on an Island, dan Emergency Center*. Hal ini dikarenakan hampir keseluruhan karya Calatrava tersebut menggunakan skala yang besar pada segi ukuran bangunan dan ukuran besar dari mekanime kinetik yang digunakan pada bangunan. Sedangkan beberapa karya Calatrava yang menggunakan tipologi *Dynamic Kinetic Structure* yaitu *Shadow Machine, BCE Plaza, Stadelhofen Railway Station, dan Aldoy Communication Hall*. Hal ini dikarenakan ukuran dari karya Calatrava yang dikategorikan *Dynamic Kinetic Structure* memiliki ukuran yang kecil pada skala bangunan dan biasanya berfungsi sebagai interior.

4.2 Tujuan penggunaan mekanisme kinetik arsitektur

Tujuan penggunaan mekanisme arsitektur terbagi menjadi empat yaitu pengoptimalisasi ruang, desain yang multifungsi, adaptasi sesuai konteks, dan mobilitas (sesuai yang telah dijelaskan dalam bab II). Pengertian secara garis besar mengenai optimalisasi ruang adalah dimana suatu ruang dapat berfungsi dengan baik secara besaran yang fleksibel sehingga apabila manusia membutuhkan ruang yang kecil maka ruangan dapat memberikan besaran ruang yang kecil begitu pula sebaliknya. Sedangkan desain yang multifungsi adalah dimana satu ruangan dapat memiliki fungsi yang banyak. Adaptasi sesuai konteks memiliki makna bangunan yang terbangun dikarenakan memperhatikan lingkungan sekitar. Tujuan penggunaan mekanisme yang terakhir adalah mobilitas yang memiliki tujuan agar dapat mudah dipindah-pindahkan baik secara manual ataupun dengan bantuan mesin.

Dari keempat tujuan penggunaan mekanisme arsitektur kinetik sebagian besar karya Calatrava lebih condong kearah adaptasi sesuai konteks. Hal ini dikarenakan beberapa bangunan Calatrava yang menggunakan mekanisme kinetik

memanfaatkan lingkungan sekitar seperti cahanya matahari ataupun air. Penggunaan cahaya matahari merupakan adaptasi sesuai konteks yang terdapat pada bangunan *Ernstings Warehouse*, *Shadow Machine*, *Milwaukee Art Museum*, dan *Emergency Center*. *Ernstings Warehouse* menggunakan mekanisme arsitektur kinetik pada pintu dengan tujuan memperhatikan arah matahari yang panas dari arah barat sehingga pintu yang dibuatpun bersifat dinamis sehingga membuat suhu udara didalam ruangan tidak terlalu panas. Hal ini juga diterapkan pada *Milwaukee Art Museum* dan *Emergency Center* dengan memainkan pencahayaan sehingga membuat kualitas ruang didalam ruangan beragam sesuai dengan pergerakan pada mekanisme. Sedangkan *Shadow Machine* menggunakan permainan bayangan yang berasal dari cahaya matahari, disamping berfungsi sebagai teduhan juga memiliki fungsi keindahan jatuhnya bayangan. Penggunaan air sebagai adaptasi terhadap konteks sekitar terdapat pada *Planetarium* dan *Floating Pavilion* memberi tambahan sentuhan keindahan bagi desain.

4.3 Jenis mekanisme arsitektur kinetik dan komponennya (sambungan).

Terdapat lima jenis mekanisme arsitektur kinetik dan lima jenis sambungan sesuai yang telah dijelaskan pada bab II. Namun dalam pengaplikasian pada dua belas karya Calatrava hanya menggunakan empat mekanisme arsitektur kinetik yaitu jenis pertama sampai dengan jenis keempat dan hanya menggunakan tiga jenis sambungan yaitu sambungan engsel dalam, sambungan engsel samping dan sambungan putar. Mayoritas dari dua belas karya Calatrava menggunakan mekanisme jenis pertama dan mekanisme jenis kedua. Adapun beberapa karya Calatrava yang menggunakan mekanisme arsitektur jenis pertama dengan menggunakan sambungan engsel dalam dan sambungan putar adalah *Planetarium*, *Ernstings Warehouse*, *Montjuic Telecom Tower*, *Alody Communication Hall*, dan *Emergency Center*. Meskipun pada mekanisme jenis pertama bergerak (melakukan mekanisme) pada bidang horizontal (bab II), ternyata tidak keseluruhan dari mekanisme jenis pertama melakukan mekanisme pada bidang horizontal seperti *Planetarium*, *Ernstings Warehouse*, dan *Montjuic Telecom Tower*. Ketiga jenis bangunan tersebut melakukan pergerakan pada bidang

vertical namun sistem pergerakan mekanisme sama hanya bidang pergerakannya saja yang berbeda.

Sedangkan penggunaan mekanisme arsitektur kinetik pada jenis kedua dengan menggunakan sambungan samping adalah *Kuwait Pavilion*, *Shadow Machine*, *BCE Plaza*, *Floating Pavilion*, dan *Stadelhofen Railway Station*. Mekanisme jenis ketiga dengan menggunakan sambungan engsel dalam dikhususkan pada bangunan *Milwaukee Art Museum*. Mekanisme jenis keempat dikenal juga dengan mekanisme payung dengan menggunakan sambungan engsel dalam juga hanya diaplikasikan pada satu bangunan yakni pada *Pavilion on an Island*.

Terlepas dari kesimpulan dari tiga kategori teori yang dikaitkan dengan dua belas karya arsitektur Santiago Calatrava terdapat materi lain yang terdapat pada analisis bab III yakni dalam setiap langkah mendesain, Calatrava selalu menggunakan tiga tahapan desain. Tahapan awal melihat dari segi fungsional bangunan. Kemudian pada tahapan kedua fungsional dapat disamakan kemiripan fungsional dengan hal yang lain (yang dikenal dengan istilah analogi). Hampir di tiap karyanya Calatrava mengambil analogi pada organisme sehingga menghasilkan desain yang unik. Untuk mewujudkan analogi organisme yang cenderung dapat bergerak atau dinamis pada tiap bangunannya, maka Calatrava menggunakan mekanisme arsitektur kinetik sebagai tahapan ketiga. Meskipun pada tahapan ketiga sudah dibahas sebelumnya di bab IV yaitu jenis mekanisme arsitektur kinetik dan komponennya (sambungan), namun tahapan ketiga coba untuk lebih dikaitkan dengan tahapan kedua.

Ketiga tahapan diatas dapat ditarik benang merah terhadap dua belas karya Calatrava. Jika dikategorikan berdasarkan fungsi bangunan terdapat lima jenis yakni fungsi sebagai museum, gudang, kantor, stasiun, dan sarana umum. Bangunan yang memiliki fungsi sebagai museum adalah *Planetarium*, *Kuwait pavilion*, dan *Milwaukee Art Museum*. Sedangkan fungsi sebagai gudang terdapat pada *Ernstings Warehouse*. Fungsi sebagai kantor dapat ditemukan pada bangunan *Montjuic Telecom Tower*, *Floating Pavilion*, dan *Emergency Center*. Fungsi sebagai stasiun dapat ditemukan pada *Pavilion on an Island*, Fungsi

terakhir adalah sarana umum terdapat pada *Shadow Machine* sebagai tempat teduhan, *BCE Plaza* sebagai air mancur, sedangkan *Stadelhofen Railway* dan *Station Alody Communication Hall* sebagai pintu akses menuju stasiun. Dari kelima fungsi bangunan dapat dikaitkan dengan skala bangunan ternyata dengan fungsi bangunan seperti Planetarium, gudang, kantor, dan stasiun memiliki skala bangunan yang besar, pengecualian pemakaian skala bangunan besar hanya terdapat pada fungsi bangunan sebagai sarana umum dikarenakan fungsi bangunan hanya sebagai pintu atau air mancur.

Dari tahapan fungsi yang dikaitkan dengan skala bangunan, Calatrava mengaitkan dengan fungsi dan skala dengan analogi organisme. Permulaan pemikiran dari Calatrava adalah melihat fungsi bangunan secara garis besar jika fungsi bangunan tersebut sebagai tempat umum dan mengharuskan adanya daya tarik untuk pengunjung maka Calatrava mencoba dengan desain yang menarik pula dalam skala yang besar. Adapun desain yang menarik diambil dari penganalogian dengan mata, tangan, sayap burung, pohon, dan bunga. Beberapa kategori bangunan terhadap analoginya yaitu untuk analogi mata terdapat pada bangunan *Planetarium*, *Ernstings Warehouse*, *Montjuic Telecom Tower*, *Alody Communication Hall*, dan *Emergency Center*. Analogi tangan terdapat pada *Kuwait Pavilion*, *Shadow Machine*, dan *Stadelhofen Railway Station*. Analogi sayap burung hanya terdapat pada satu bangunan yakni *Milwaukee Art Museum*, sedangkan analogi pohon juga hanya terdapat pada *Pavilion on an Island*, dan analogi terakhir adalah analogi bunga terdapat pada bangunan *Floating Pavilion* dan *BCE plaza*.





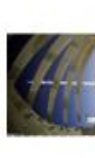







Aplikasi mekanisme arsitektur kinetik pada bangunan erat kaitannya dengan analogi dikarenakan Calatrava mengambil mekanisme arsitektur kinetik berasal dari analogi. Biasanya mekanisme jenis pertama terinspirasi dari mata dikarenakan pergerakan mata berkedip memberikan inspirasi mekanisme yang akan ditaruh pada bangunan meskipun aplikasinya berbeda-beda. Contoh bangunan yang menggunakan analogi mata dan menggunakan aplikasi jenis pertama dengan tipe sambungan putar dan sambungan engsel dalam adalah *Planetarium*, *Ernstings Warehouse*, *Montjuic Telecom Tower*, *Alody*













Communication Hall, dan *Emergency Center*. Sedangkan analogi tangan erat kaitannya dengan mekanisme jenis kedua dengan menggunakan jenis sambungan engsel samping. Adapun contoh bangunan yang menggunakan mekanisme jenis kedua dengan analogi tangan adalah *Kuwait Pavilion*, *Shadow Machine*, dan *Stadelhofen Railway Station*. Namun tidak hanya analogi tangan yang menggunakan mekanisme jenis kedua tetapi juga pada penganalogian bunga yang terdapat pada *Floating Pavilion* dan *BCE plaza*. Sedangkan mekanisme jenis ketiga dan keempat masing-masing hanya dimiliki oleh satu bangunan dan masing-masing memiliki satu analogi yang berbeda. Mekanisme jenis ketiga menggunakan jenis sambungan engsel dalam dengan analogi sayap burung. Sedangkan mekanisme jenis keempat yang dikenal dengan mekanisme payung menggunakan sambungan engsel dalam berpasangan dengan analogi pohon.

Kesimpulan dari materi skripsi ini adalah keterkaitan antara fungsi, analogi dan mekanisme adalah tidak setiap fungsi memiliki analogi tertentu ataupun mekanisme tertentu. Namun keterkaitan analogi dengan mekanisme sangat erat dimana tiap satu jenis analogi memiliki satu jenis mekanisme, bahkan terdapat dua jenis analogi dengan satu sistem mekanisme. Hal ini sudah dapat dipastikan dengan analogi jenis tertentu.

Kesimpulan tidak hanya sebatas pada teori namun kesimpulan yang terjadi juga secara praktikal. Meskipun mekanisme kinetik arsitektur sudah banyak diterapkan dalam dunia arsitektur namun hanya banyak dikembangkan didalam dunia arsitektur diluar negeri. Hal ini sangat bertolak belakang dengan arsitektur Indonesia yang belum banyak dikembangkan baik secara teoritikal ataupun praktikal. Hal ini terjadi dikarenakan belum adanya keberanian bagi para arsitek muda untuk mendobrak dunia arsitektur dengan warna baru dengan adanya pencampuran teknologi dengan arsitektur. Disamping itu harga yang mahal menjadikan mekanisme arsitektur kinetik tidak terlalu disentuh keberadaannya secara praktikal. Namun jika secara teori mekanisme arsitektur kinetik dapat terus berkembang maka untuk jangka waktu kedepannya dapat membuka peluang bagi arsitektur Indonesia menemukan warna baru dalam arsitektur praktika

4.1 Tabel Klasifikasi Kedua belas Karya Santiago Calatrava

jenis bangunan	tipologi struktur kinematik	tujuan akhir bangunan	jenis mekanisme ansitektur kinematik	jenis sambungan	jenis fungsi	jenis analogi
planetarium 	emb added kinetic structure	adaptasi terhadap lingkungan	jenis pertama	sambungan engsel dalam dan sambungan putar	museum	mata 
Ernstings Warehouse 	emb added kinetic structure	adaptasi terhadap lingkungan	jenis pertama	sambungan engsel dalam dan sambungan putar	gudang	mata 
Kuwait Pavilion 	emb added kinetic structure	tidak ada	jenis kedua	sambungan engsel samping	museum	tangan (jari-jari) 
shadow machine 	dynamic kinetic structure	adaptasi terhadap lingkungan	jenis kedua	sambungan engsel samping	sarana taduahan (sarana umum)	tangan (jari-jari) 
Montjuic Telecom Tower 	emb added kinetic structure	tidak ada	jenis pertama	sambungan engsel dalam dan sambungan putar	kantor	mata 
BCE Plaza 	dynamic kinetic structure	tidak ada	jenis kedua	sambungan engsel samping	air mancur (sarana umum)	bunga 

Floating Pavilion 	embedded kinematic structure	adaptasi terhadap lingkungan	jenis kedua	sambungan engsel samping	kantor	bunga 
Milwaukee Art Museum 	embedded kinematic structure	adaptasi terhadap lingkungan	jenis ketiga	sambungan engsel dalam	museum	sayap burung 
Pavilion on an Island 	embedded kinematic structure	adaptasi terhadap lingkungan	jenis keempat	sambungan engsel dalam	stasiun	pohon 
Stadelhofen Railways Station 	dynamic kinematic structure	tidak ada	jenis kedua	sambungan engsel samping	pintu / akses (sarana umum)	lengan (jan-jari) 
Alody Communication Hall 	dynamic kinematic structure	tidak ada	jenis pertama	sambungan engsel dalam dan sambungan putar	pintu / akses (sarana umum)	mata 
Emergency Center 	embedded kinematic structure	adaptasi terhadap lingkungan	jenis pertama	sambungan engsel dalam dan sambungan putar	kantor	mata 

Daftar pustaka

1. Echols, John M dan Shadilly, Hassan. *Kamus Indonesia-Inggris*, hal. 198 dan hal. 652.
2. Fotiadou, Angeliki. *Analysis of Design Support for Kinetic Structures*. Vienna. 2007.
3. Fox, Michael A. *Psycal Change/Interactive Architecture*
4. Fox, Michael A and Yeh, Bryant P. *Intelligent Kinetic System*, p. 3-4
sumber: <http://robotecture.com/Papers/Pdf/iksov.pdf>
5. <http://advancedcomputertips.com/search/drawbridge>
6. <http://dreabanana.blogspot.com/2010/10/rip-off-d.html>
7. http://en.wikiarquitectura.com/index.php/Kuwait_Pavilion_Expo'92
8. <http://inhabitat.com/emergency-shelter-reCover-Accordion-Shelter-Haiti>
9. <http://kamus filsafat lorent bagus.com>
10. <http://kibsgaard.se/CALT/BCE/BCE.htm>
11. <http://kibsgaard.se/CALT/EW/EW.htm>
12. <http://rolu.terapad.com/index.cfm?fa=contentNews.newsDetails&newsID=154875&from=list>
13. <http://www.angelfire.com/electronic/awakening101/leonardo.html>
14. <http://www.galinsky.com/buildings/emergency/index.htm>
15. <http://www.galinsky.com/buildings/milwaukeeart/index.htm>
16. http://www.greatbuildings.com/buildings/Stadelhofen_Railway_Stati.html
17. <http://www.paris-tourisme.com/museums/monde-arabe/index.html>
18. http://www.solarnavigator.net/www.arabiantents.com/tents_marquees.htm
19. <http://viewfrommadrid.blogspot.com>
20. Kronenburg, Robert. *Portable Architecture*.
21. Kronenburg, Robert. *Transportable Environments 2*. London: Spon Press, 2003
22. Leonardo da Vinci. *Leornada Vinci's small booklet in 1505*, In floerenc, under the title *sul volo degli uccelli condex atlanticus*, on the flight of birds

23. smu.edu/newsinfo/releases/m0011photos-b.html
24. Tzonis, Alexander. *santiago calatrava's creative process fundamentals*, berlin: birkhauser, 1995.
25. Tzonis, Alexander. *santiago calatrava's creative proces sketchbooks*, berlin: birkhauser, 1995.
26. www.arcspace.com
27. www.kaskus.us/7526459
28. www.kineticarchitecture.net
29. www.merriam-webster.com/structure
30. www.tzonis.com
31. 1st ASCAAD International Conference, e-Design in Architecture KFUPM, Dhahran, Saudi Arabia Sumber:
http://www.isprs.org/proceedings/XXXVIII/5-W16/pdf/murphy_etal.pdf

