

**KORELASI BENTUK, STRUKTUR DAN KONSTRUKSI
PADA BANGUNAN BENTANG BESAR
DENGAN STRUKTUR MEMBRAN**

(Studi Kasus : Convention Center Yayasan Pendidikan Telkom, Bandung)

Peneliti :

ANASTASIA MAURINA (20090027)

NANCY Y. NUGROHO (20010238)

RICKY KURNIADI

BENI TANAKA

KBI Teknologi dan Managemen



**FAKULTAS TEKNIK JURUSAN ARSITEKTUR
UNIVERSITAS KATOLIK PARAHYANGAN
2012**

ABSTRAK

KORELASI BENTUK, STRUKTUR DAN KONSTRUKSI PADA BANGUNAN BENTANG BESAR DENGAN STRUKTUR MEMBRAN (Studi Kasus : Convention Center Yayasan Pendidikan Telkom, Bandung)

Oleh
**Anastasia Maurina, Nancy Y. Nugroho,
Ricky Kurniadi & Beni Tanaka**

Perkembangan bentuk arsitektur akan dipengaruhi dan mempengaruhi teknologi struktur-konstruksi serta materialnya. Material membran pratarik merupakan teknologi material tekstil baru yang berpotensi sebagai material struktur bangunan bentang besar. Material ini yang bersifat fleksibel akan mewujudkan bentukan baru dalam arsitektur. Penelitian ini bertujuan mengkaji korelasi-kausal antara variabel bentuk (arsitektural), struktur dan konstruksi.

Convention Center Yayasan Pendidikan Telkom merupakan bangunan bentang besar permanen pertama di kota Bandung yang dirancang dengan menggunakan struktur membran. Bangunan ini dianggap sebagai objek penelitian yang tepat guna untuk mencari korelasi antar variabel.

Penelitian ini mengkaji terlebih dahulu perancangan bentuk, struktur dan konstruksi melalui observasi, lalu mengkaji hubungannya. Penelitian ini memperlihatkan bahwa hubungan antara bentuk, struktur dan konstruksi yang saling mempengaruhi. Perancangan bentuk arsitektural untuk bangunan bentang besar dengan struktur membran akan sangat dipengaruhi oleh struktur membran dan konstruksinya. Oleh sebab itu perancang/arsitek harus memiliki pengetahuan yang cukup baik mengenai struktur membran dan konstruksinya ketika proses merancang bentuk arsitekturalnya. Hal ini bermanfaat untuk mengembangkan keilmuan mengenai struktur bentang besar membran.

Kata kunci: struktur bangunan bentang besar, membran.

DAFTAR ISI

Abstraksi

Daftar Isi

BAB 1. PENDAHULUAN.....	1
1.1. Latar Belakang.....	1
1.2. Rumusan Permasalahan	2
1.3. Tujuan dan Manfaat Penelitian.....	3
1.4. Urgensi Penelitian	3
1.5. Metode Penelitian.....	4
<i>Kerangka Penelitian</i>	4
<i>Metode Pengumpulan Data</i>	5
<i>Variabel Penelitian</i>	5
<i>Tahapan Analisis</i>	6
<i>Sistematika Pembahasan</i>	6
BAB 2. HUBUNGAN BENTUK DAN STRUKTUR DALAM ARSITEKTUR.....	8
2.1. Heinz Frick: Hubungan antara Tugas, Bentuk, Konstruksi dan Bahan Bangunan	8
2.2. Angus J. MacDonald: Hubungan antara Struktur dan Arsitektur.....	9
<i>Ornamentasi Struktur</i>	9
<i>Struktur Sebagai Ornamen</i>	10
<i>Struktur Sebagai Arsitektur</i>	11
<i>Struktur Sebagai Penghasil Bentuk</i>	11
<i>Struktur yang Diabaikan Dalam Proses Pembuatan Bentuk dan Bukan Bagian dari Pembentukan Estetika</i>	11
2.3. Andrew W. Charleson: Hubungan antara Bentuk Arsitektural dan Bentuk Struktural	12
<i>Building Exterior</i>	13
<i>Building Function</i>	14
<i>Interior Structure</i>	14
<i>Structural Detailing</i>	15
BAB 3. STRUKTUR MEMBRAN	16
3.1. Tipe dan Perilaku Struktur Membran.....	16
3.1.1. Tipe Kelengkungan Permukaan	16
3.1.2. Tipe Sistem Pengaku	17
<i>Mechanically Prestressed</i>	17
<i>Pneumatically Prestressed</i>	19
3.2. Penyaluran Beban	20
3.3. Material	21
3.3.1. PVC Coated Polyester.....	21

3.3.2.	PTFE (PolyTetraFluoroEthylene) Coated Fibreglass.....	22
3.3.3.	EFTE (Ethylene-Tetra-Fluoro-Ethylene).....	22
3.3.4.	ePFTE.....	22
3.4.	Hubungan Konstruksi	23
3.4.1.	Hubungan Membran-Membran	23
	<i>Welded Seams</i>	24
	<i>Sewn Seams</i>	24
	<i>Glued Seams</i>	24
	<i>Clamping Plates, Keder Rail Joints</i>	25
	<i>Looped and Laced Joints</i>	25
3.4.2.	Hubungan Tepi Membran	26
3.4.3.	Hubungan Sudut Membran.....	26
3.5.	Proses Konstruksi	27
3.5.1.	Fabrikasi	27
	<i>Tahap Pengembangan</i>	27
	<i>Tahap Kompensasi</i>	27
	<i>Tahap Pembuatan Pola</i>	28
	<i>Tahap Pemotongan</i>	28
3.5.2.	Instalasi	29

BAB 4. BENTUK, SISTEM STRUKTUR DAN KONSTRUKSI CONVENTION

	CENTER YPT, BANDUNG.....	31
4.1.	Convention Center YPT, Bandung	31
4.1.1.	Tema dan Konsepsi	32
4.1.2.	Rancangan Bangunan.....	32
	<i>Gambar Prarencana</i>	33
	<i>Gambar Perubahan Struktur</i>	36
4.2.	Kajian Bentuk (Arsitektural).....	36
4.2.1.	Bentuk Bangunan.....	36
	<i>Bentuk Dasar</i>	36
	<i>Selubung Banugnan</i>	36
	<i>Artikulasi Bentuk</i>	37
4.2.2.	Ruang Dalam Bangunan	37
	<i>Elemen Pembentuk Ruang</i>	37
	<i>Organisasi Ruang</i>	38
	<i>Kualitas Ruang</i>	40
4.3.	Kajian Sistem Struktur	43
4.3.1.	Kajian Rancangan Struktur Membran	45
	<i>Pengembangan Bentuk Struktural</i>	45
	<i>Persyaratan Struktur</i>	46
	<i>Kekuatan Struktur Bangunan</i>	46
	<i>Kekakuan Struktur Bangunan</i>	48
	<i>Kestabilan Struktur Bangunan</i>	48

	<i>Penyaluran Beban</i>	51
	<i>Penyaluran Beban Gravitasi</i>	51
	<i>Penyaluran Beban Lateral</i>	52
4.3.2.	Elemen Struktur.....	53
	<i>Membran</i>	53
	<i>Bentuk Permukaan Membran</i>	53
	<i>Gaya yang Terjadi pada Membran</i>	54
	<i>Spesifikasi Material</i>	54
	<i>Busur Truss</i>	55
	<i>Bentuk</i>	55
	<i>Gaya yang Terjadi pada Busur Truss</i>	58
	<i>Material</i>	59
	<i>Pedestal dan Pondasi</i>	60
	<i>Bentuk</i>	60
	<i>Gaya yang Terjadi pada Pedestal</i>	60
4.4.	Kajian Konstruksi.....	61
4.4.1.	Sambungan.....	61
	<i>Sambungan Membran</i>	61
	<i>Permukaan Membran</i>	61
	<i>Tepian Membran</i>	62
	<i>Sudut Membran</i>	62
	<i>Sambungan Membran-Truss</i>	62
	<i>Sambungan Truss-truss</i>	64
	<i>Sambungan Truss-Pedestal</i>	65
4.4.2.	Proses Konstruksi.....	66
	<i>Fabrikasi</i>	66
	<i>Fabrikasi Busur Truss</i>	66
	<i>Fabrikasi Plat</i>	68
	<i>Fabrikasi Membran</i>	69
	<i>Instalasi di Lapangan</i>	70
	<i>Instalasi Pedestal</i>	70
	<i>Instalasi Busur Truss</i>	71
	<i>Instalasi Membran</i>	73

BAB 5.	KAJIAN KORELASI ANTARA BENTUK, SISTEM STRUKTUR DAN KONSTRUKSI	74
5.1.	Hubungan antara Bentuk dan Sistem Struktur.....	74
5.1.1.	Bentuk Bangunan – Rancangan Struktur Membran.....	74
5.1.2.	Bentuk Bangunan – Elemen Struktur.....	75
5.1.3.	Ruang Dalam Bangunan – Rancangan Struktur Membran.....	76
5.1.4.	Ruang Dalam Bangunan – Elemen Struktur.....	77
5.1.5.	Kesimpulan.....	79

5.2.	Hubungan Antara Sistem Struktur dan Konstruksi.....	80
5.2.1.	Rancangan Struktur Membran- Hubungan Konstruksi	80
5.2.2.	Rancangan Struktur Membran – Proses Konstruksi	82
5.2.3.	Elemen Struktur – Hubungan Konstruksi	83
5.2.4.	Elemen Struktur – Proses Konstruksi	84
5.2.5.	Kesimpulan.....	85
5.3.	Hubungan antara Konstruksi dan Bentuk.....	86
5.3.1.	Hubungan Konstruksi – Bentuk Bangunan.....	86
5.3.2.	Hubungan Konstruksi – Ruang dalam Bangunan.....	87
5.3.3.	Proses Konstruksi – Bentuk Bangunan.....	88
5.3.4.	Proses Konstruksi – Ruang Dalam Bangunan	90
5.3.5.	Kesimpulan	91
BAB 6.	KESIMPULAN.....	92
6.1.	Korelasi Antar Variabel : Bentuk, Struktur dan Konstruksi	92
6.1.1.	Korelasi Bentuk dan Struktur.....	92
6.1.2.	Korelasi Struktur dan Konstruksi	94
6.1.3.	Korelasi Konstruksi dan Bentuk	95
6.2.	Korelasi Bentuk, Struktur dan Konstruksi pada Bangunan Besar dengan Struktur Membran	98
6.3.	Penutup	100

Daftar Pustaka

Lampiran

BAB 1

PENDAHULUAN

1.1 LATAR BELAKANG

Perkembangan teknologi struktur-konstruksi serta material akan mewarnai perkembangan arsitektur. Adanya teknologi struktur-konstruksi material yang baru akan menciptakan bentukan-bentukan baru. Dan sebaliknya, bentukan baru yang merupakan hasil kreasi arsitek akan menuntut perkembangan teknologi struktur-konstruksi serta materialnya. Hal ini terlihat dari sejarah perkembangan arsitektur dunia yang dimulai dari menggunakan material batu, beton bertulang, baja dan material Membran Pratarik yang merupakan material struktur terkini.



Candi Prambanan
Material : batu



Sidney Opera House
Material : beton bertulang



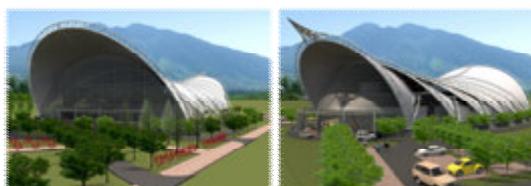
Bird Nest Stadium
Material : baja



Olympic Stadium
Material : Membran Pratarik

Material Membran Pratarik merupakan teknologi material tekstil baru yang berpotensi sebagai material struktur bangunan bentang besar. Material ini yang bersifat fleksibel akan mewujudkan bentukan baru dalam arsitektur. Material ini sangat ringan (jika dibandingkan dengan material struktur lainnya) yang akan membuat beban bangunan menjadi kecil dan akan berdampak pada pengurangan biaya konstruksi. Proses konstruksi yang relatif singkat juga menjadi potensi dari material ini.

Convention Center Yayasan Pendidikan Telkom merupakan bangunan bentang besar permanen pertama di kota Bandung yang dirancang dengan menggunakan struktur membran. Saat ini bangunan tersebut dalam proses konstruksi (Agustus 2011 – Juni 2012) sehingga bangunan ini dapat menjadi objek penelitian yang tepat guna untuk mencari korelasi bentuk (bentuk arsitektural), sistem struktur dan konstruksi pada bangunan bentang besar dengan struktur Membran.

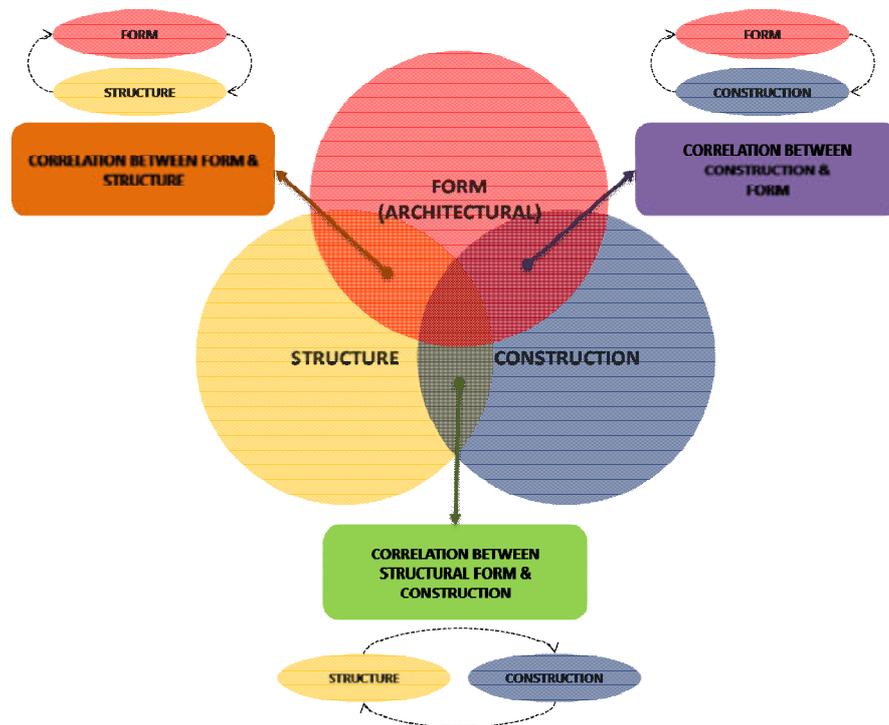


Convention Center Yayasan Pendidikan Telkom, Buah Batu, Bandung
Sumber : Konsultan Arsitektur

1.2 RUMUSAN PERMASALAHAN

Bentuk, sistem struktur dan konstruksi dapat saling mempengaruhi bentuk akhir sebuah arsitektur, terutama untuk bangunan bentang besar. Pada bangunan bentang besar dengan struktur membran, bagaimanakah :

1. Korelasi bentuk (arsitektural) dan sistem struktur ?
 - a. Apakah bentuk (arsitektural) mempengaruhi sistem struktur?
 - b. Apakah sistem struktur mempengaruhi bentuk (arsitektural)?
2. Korelasi struktur dan konstruksi ?
 - a. Apakah sistem struktur mempengaruhi konstruksi?
 - b. Apakah konstruksi mempengaruhi sistem struktur?
3. Korelasi konstruksi dan bentuk (arsitektural) ?
 - a. Apakah konstruksi mempengaruhi bentuk (arsitektural)?
 - b. Apakah bentuk (arsitektural) mempengaruhi konstruksi?



Skema Rumusan Permasalahan

Sumber : Peneliti

1.3 TUJUAN DAN MANFAAT PENELITIAN

TUJUAN PENELITIAN

Mengkaji faktor-faktor dari variabel : bentuk (arsitektural), sistem struktur dan konstruksi, yang mempengaruhi bentukan akhir sebuah bangunan bentang besar dengan struktur membran.

1. Mengkaji bentuk (arsitektural), struktur dan konstruksi
2. Mengkaji hubungan sebab-akibat dari :
 - a) bentuk (arsitektural) dan sistem struktur
 - b) sistem struktur dan konstruksi
 - c) konstruksi dan bentuk (arsitektural)

MANFAAT PENELITIAN

- Memberikan wawasan mengenai struktur membran
- Memberikan pedoman rancangan bangunan bentang besar dengan struktur membran.

1.4 URGENSI PENELITIAN

Material Membran Pratarik merupakan teknologi material tekstil baru yang berpotensi sebagai material struktur bangunan bentang besar. Material ini yang bersifat fleksibel akan mewujudkan bentukan baru dalam arsitektur. Material ini baru masuk Indonesia di awal tahun 2000an.

Penelitian mengenai penerapan material membran pratarik di Indonesia belum banyak sehingga kekurangan wawasan dalam pratik perancangan di lapangan. Dunia pendidikan berkewajiban untuk mengembangkan dan meningkatkan wawasan mengenai perancangan bangunan yang menerapkan material membran pratarik ini.

Studi kasus yang terpilih, Convention Center Yayasan Pendidikan Telkom, merupakan bangunan bentang besar permanen pertama di kota Bandung yang dirancang dengan menggunakan struktur membran. Bangunan ini sedang dalam proses konstruksi ketika penelitian ini dilakukan. Sehingga observasi lapangan dan wawancara dengan *stakeholder* dapat dilakukan secara optimal.

Agar dapat memanfaatkan material ini tepat guna dalam kaitan perancangan bentuk dan struktur-konstruksi, maka diperlukan penelitian ini.

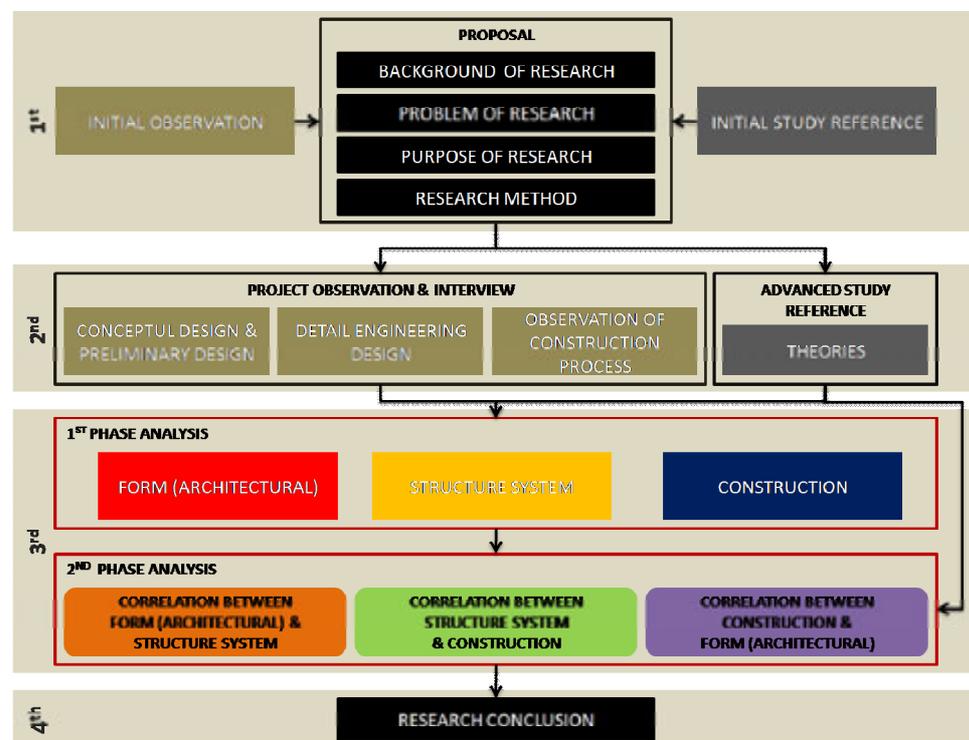
1.5 METODE PENELITIAN

Penelitian ini merupakan penelitian deskriptif-kualitatif. Metode yang digunakan adalah studi literatur dan observasi objek studi. Studi literatur digunakan dalam pengumpulan dasar-dasar teori struktur bangunan bentang besar dengan sistem membran. Pengamatan objek studi berupa observasi tahapan desain (melalui gambar-gambar dan wawancara) serta pengamatan tahapan konstruksi. Semua data objek studi yang diperoleh melalui studi literatur dan observasi objek studi kemudian dikaji berdasarkan dasar-dasar teori yang telah diperoleh sebelumnya.

KERANGKA PENELITIAN

Langkah-langkah penelitian:

1. Menyusun proposal penelitian melalui observasi awal dan studi literatur awal.
2. Studi literatur dan observasi objek studi serta wawancara dengan pihak terkait.
3. Tahap analisis, yang terdiri dari 2 tahap, yaitu :
 - a. Tahap 1 analisis, mengkaji masing-masing variabel terhadap objek studi
 - b. Tahap 2 analisis, menjadi hubungan antar variabel.
4. Tahap penarikan kesimpulan.



Skema Kerangka Penelitian

Sumber : Peneliti

METODE PENGUMPULAN DATA

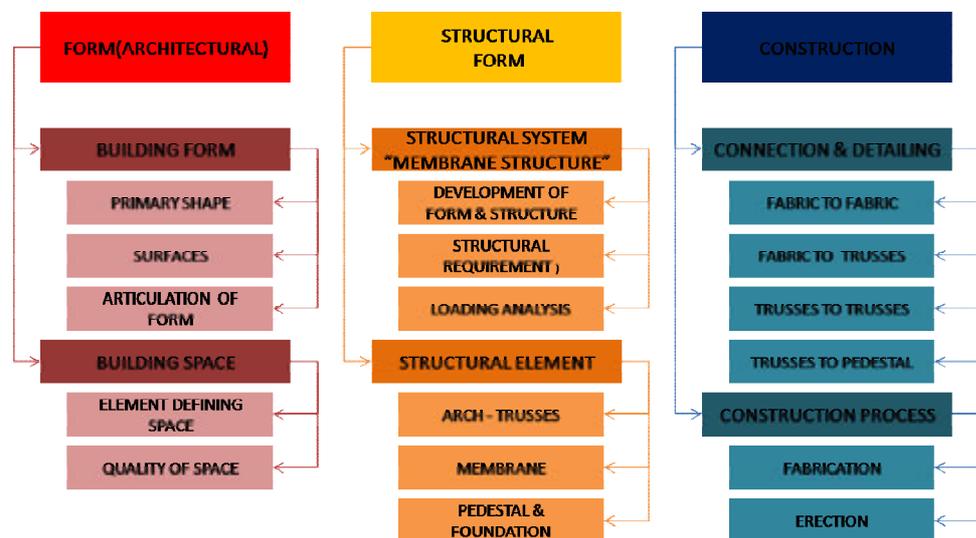
Data-data yang diperlukan dalam penelitian ini adalah :

- a. Data –data pada tahapan perancangan bangunan
 - Gambar-gambar perancangan bangunan pada tahapan “*preliminary design*”
 - Gambar kerja (*Detail Engineering Drawing*)
 - Wawancara dengan arsitek
- b. Data – data pada tahapan perancangan struktur
 - Gambar perbaikan struktur
 - Analisa struktur
 - Wawancara dengan ahli struktur
- c. Data – data pada tahapan konstruksi.
 - Proses fabrikasi elemen struktur
 - Proses ereksi elemen struktur
 - Wawancara dengan kontraktor

VARIABEL PENELITIAN

Terdiri dari 3 variabel utama, yaitu :

1. Bentuk (arsitektural)
2. Sistem struktur
3. Konstruksi



Bagan Variabel dan Sub-Variable Penelitian

Sumber : Peneliti

TAHAPAN ANALISIS

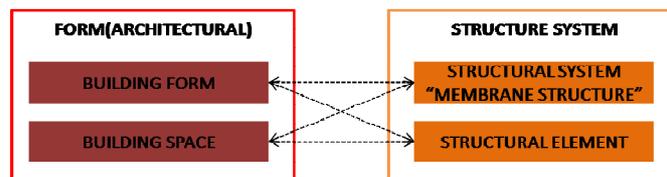
Analisis yang dilakukan pada penelitian ini terbagi atas 2 tahap, yaitu :

a. **TAHAP 1 : MENGENAL VARIABEL PENELITIAN**

Mengkaji masing-masing variabel dan sub variabel terhadap objek studi. Hasil dari kajian tahap 1 ini yang akan digunakan sebagai data pada tahap analisis selanjutnya.

b. **TAHAP 2 : MENGENAL HUBUNGAN ANTAR VARIABEL**

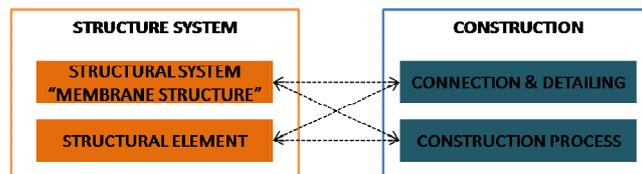
Tahap 2a : Hubungan Bentuk (Arsitektural) dan Sistem Struktur



Bagan Kajian Hubungan Variabel : Bentuk (Arsitektural) dan Sistem Struktur

Sumber : Peneliti

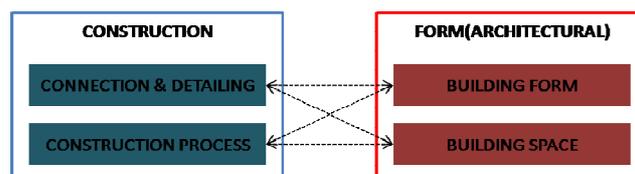
Tahap 2b : Hubungan Sistem Struktur dan Konstruksi



Bagan Kajian Hubungan Variabel : Sistem Struktur dan Konstruksi

Sumber : Peneliti

Tahap 2c : Hubungan Konstruksi dan Bentuk (Arsitektural)



Bagan Kajian Hubungan Variabel : Konstruksi dan Bentuk (Arsitektural)

Sumber : Peneliti

SISTEMATIKA PEMBAHASAN

Laporan penelitian ini ditulis dengan sistematika sebagai berikut:

BAB 1 : PENDAHULUAN

Pada bab ini akan dibahas mengenai latar belakang penelitian, rumusan permasalahan, tujuan dan manfaat penelitian, urgensi penelitian, metode penelitian dan sistematika pembahasan.

BAB 2 : HUBUNGAN BENTUK DAN STRUKTUR DALAM ARSITEKTUR

Bab ini berisi tentang studi literatur yang berkaitan dengan hubungan bentuk dan struktur dalam arsitektur.

BAB 3 : STRUKTUR MEMBRAN

Bab ini berisi tentang studi literatur yang berkaitan dengan sistem struktur membran.

BAB 4 : BENTUK, SISTEM STRUKTUR DAN KONSTRUKSI PADA CONVENTION CENTER YPT, BANDUNG

Bab ini berisi tentang hasil analisis dari masing-masing variabel terhadap objek studi.

BAB 5 : KAJIAN HUBUNGAN ANTARA BENTUK (ARSITEKTUR), SISTEM STRUKTUR DAN KONSTRUKSI

Bab ini berisi tentang hasil analisis dari hubungan antara ketiga variabel.

BAB 6 : KESIMPULAN

BAB 2

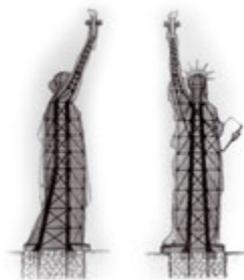
HUBUNGAN BENTUK DAN STRUKTUR DALAM ARSITEKTUR

"Bentuk dan gaya arsitektur selalu berhubungan erat dengan cara konstruksi dan bahan bangunan yang laku pada zaman itu. " (Heinz Frick .Sistem bentuk struktur bangunan. Kanisius: 1998. Hlm.13)

Hubungan antara bentuk dan struktur dalam arsitektur dapat berkaitan dalam berbagai cara yang beragam mulai dari dominasi struktur secara penuh pada arsitektur yang ekstrim hingga pengabaian sepenuhnya persyaratan struktural dalam penentuan bentuk bangunan dan pengolahan estetikanya. Menara Eiffel sebagai contoh yang jelas dimana dominasi struktur secara penuh pada bentuk dan Patung Liberty sebagai contoh dimana struktur tidak menentukan bentuk dan pengolahan estetikanya.



Menara Eiffel
Sumber : Internet



Patung Liberty
Sumber : Interne

2.1 HEINZ FRICK : HUBUNGAN ANTARA TUGAS, BENTUK, KONSTRUKSI DAN BAHAN BANGUNAN

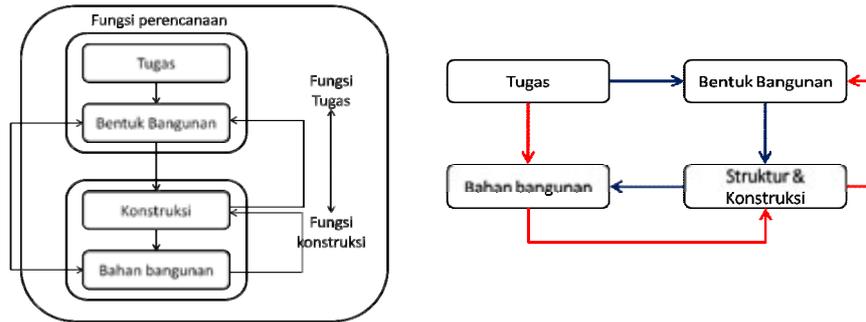
Hubungan antara tugas, bentuk, konstruksi dan bahan bangunan pada struktur bangunan dapat diartikan secara linear. Terdapat dua kemungkinan hubungan diantaranya, yaitu :

HUBUNGAN KE-1

Tugas menentukan bentuk bangunan. Bentuk bangunan menentukan struktur dan konstruksi. Struktur konstruksi menentukan material bangunan.

HUBUNGAN KE-2

Tugas menentukan bahan bangunan. Bahan bangunan menentukan sistem struktur dan konstruksi. Sistem konstruksi ini yang menentukan bentuk bangunan. Bentuk bangunan sebagai akibat.



Hubungan ke-1 (kiri) dan Hubungan ke-2 (kanan)
 Sumber: Sistem bentuk struktur bangunan.Hal.23

2.2 ANGUS J. MACDONALD: HUBUNGAN ANTARA STRUKTUR DAN ARSITEKTUR

Menurut Angus J. MacDonald dalam bukunya "Structure and Architecture", hubungan struktur dan arsitektur digolongkan menjadi:

1. **Struktur yang diekspos** dan **struktur yang disembunyikan** dari tampilannya.
2. **Struktur yang dihargai**, dimana bentuk yang diambil dinilai baik berdasarkan criteria teknis dan **struktur yang tidak dapat dihargai**, dimana bentuknya ditentukan dengan perhitungan persyaratan struktur yang kurang.

STRUKTUR	yang diekspos	yang disembunyikan
yang dihargai	Ornamentasi Struktur	Struktur sebagai penghasil bentuk
	Struktur sebagai arsitektur	
Yang tidak dihargai	Struktur sebagai ornamen	Struktur yang diabaikan

ORNAMENTASI STRUKTUR

Kategori ini merupakan salah satu versi dimana bangunan hanya memiliki perlindungan struktur yang terlihat dengan beberapa penyesuaian yang minimum untuk alasan visual. Contohnya adalah kuil Parthenon, Athena

Perlindungan struktur pada bangunan semakin disembunyikan dibalik bentuk ornament yang idak secara langsung berhubungan dengan fungsi strukturnya. Contohnya adalah Pallazo Valmarana, Vincenza. Pemisahan hubungan antara ornament dengan fungsi struktur yang demikian membuat struktur dan pekerjaan estetika menjadi terpisah.

Teknologi strukturnya sebagai persyaratan dan menggunakannya dalam bentuk dasar bangunan. Arsitektur dipengaruhi secara mendasar oleh teknologi struktur yang digunakan. Pertimbangan teknologi tidak diijinkan untuk menghambat daya imajinasi arsitekturnya.



Ornamentasi Struktur :
Parthenon, Athena (kiri) dan Pallazo Valmarana, Vicenza (kanan)
Sumber: internet

STRUKTUR SEBAGAI ORNAMEN

Hubungan antara struktur dan arsitektur dalam kategori ini meliputi manipulasi pada elemen struktur dengan kriteria visual sebagai kriteria utama. Kategori ini mementingkan efek visual. Proses desain lebih dikendalikan oleh pertimbangan visual dibandingkan pertimbangan teknis. Akibatnya kinerja struktur ini jauh dari ideal jika dinilai oleh kriteria teknis.

Struktur sebagai ornamen dapat dibedakan dalam tiga versi, sebagai berikut:

- **Struktur digunakan secara simbolik.** Struktur digunakan sebagai perbendaharaan visual yang dimaksudkan untuk menyampaikan ide tentang kemajuan dan dominasi teknologi di masa depan. Seringkali konteksnya tidak tepat dan struktur yang dihasilkan menjadi kurang baik secara teknis.
- **Struktur sebagai respon terhadap keadaan buatan yang diciptakan.** Pada bangunan jenis ini, bentuk struktur yang diekspos dibenarkan secara teknis, tetapi hanya sebagai solusi untuk permasalahan teknis yang tidak perlu yang diciptakan oleh para perencana bangunan.
- Struktur diekspresikan untuk menghasilkan bangunan yang menarik dengan menggunakan teknologi terkenal, tetapi dimana tujuan visual yang diinginkan tidak cocok dengan logika strukturalnya.



Struktur Sebagai Ornamen :
Kanopi pada Kantor Pusat Llyods (kiri) dan Renault Headquarters, Swindon UK (kanan)
Sumber: internet

Struktur bangunan diekspos namun tidak sempurna walaupun terlihat menarik secara visual. Struktur digunakan untuk menyampaikan ide teknis yang hebat (kebanyakan arsitektur teknologi tinggi masuk dalam kategori ini). Bentuk dan peranti visual yang dipakai bukan merupakan contoh teknologi yang sesuai dengan fungsinya.

STRUKTUR SEBAGAI ARSITEKTUR

Bangunan yang terdiri dari struktur dan hanya struktur. Bangunan dengan bentang yang sangat panjang dan sangat tinggi seringkali masuk dalam kategori ini. Bentuk bangunan ditentukan oleh criteria teknis murni. Arsitektur selanjutnya merupakan apresiasi dari bentuk struktur murni.



Struktur sebagai Arsitektur:
Crystal Palace (kiri), Patra Building (tengah) dan John Hancock Building (kanan)
Sumber: internet

STRUKTUR SEBAGAI PENGHASIL BENTUK

Struktur sebagai penghasil bentuk digunakan untuk menggambarkan hubungan antara struktur dan arsitektur dimana persyaratan structural diijinkan untuk sangat kental mempengaruhi bentuk bangunan walaupun struktur tersebut sebenarnya tidak diekspos. Dalam jenis hubungan ini digunakan susunan elemen yang paling pantas secara struktur dan arsitektur disesuaikan dengannya.

Bentuk struktur yang dihasilkan dapat digunakan untuk disumbangkan pada suatu gaya arsitektur atau bentuk bangunan sangat ditentukan untuk memenuhi persyaratan struktural, kepentingan arsitektural diletakkan di tempat lain.



Struktur sebagai Penghasil Bentuk:
Villa Savoye (kiri) dan Chrysler Building (kanan)
Sumber: internet

Dalam jenis hubungan ini bentuk struktur yang diambil sangat pantas secara struktur, tetapi kepentingan arsitekturnya tidak berdekatan dengan fungsi strukturnya.

STRUKTUR YANG DIABAIKAN DALAM PROSES PEMBUATAN BENTUK DAN BUKAN BAGIAN DARI PEMBENTUKAN ESTETIKA

Sejak pengembangan teknologi struktur dengan menggunakan baja dan beton bertulang, maka memungkinkan untuk merencanakan bangunan tanpa mempertimbangkan bagaimana struktur tersebut dapat didukung dan dibangun setidaknya pada proses tahap persiapan atau pendahuluan.

Komputer digunakan untuk membantu perencanaan bentuk yang kompleks untuk digambarkan dan mengontrol proses pemotongan dan pembuatan benda. Pengenalan computer ini member arsitek kebebasan yang tak terbatas dalam menentukan bentuk bangunan.



Struktur yang diabaikan:
Museum Guggenheim di Bilbao (kiri) dan Notre Dame du Haunt, Ronchamp (kanan)
Sumber: internet

Struktur dimaksudkan sebagai pendukung lapisan luar bangunan. Dalam arsitektur seperti ini, Insinyur struktur bertindak seabgai fasilitator.

2.3 ANDREW W. CHARLESON: HUBUNGAN ANTARA BENTUK ARSITEKTURAL DAN BENTUK STRUKTURAL

“Architectural form is an inclusive term that refers primarily to a building’s external outline or shape, and to a lesser degree references its internal organization and unifying principles “ (Andrew W. Charleson. Structure as Architecture. Architectural Press: 2005. Hlm.19)

“Structural form as a building’s primary or most visually dominant structural system“ (Andrew W. Charleson. Structure as Architecture. Architectural Press: 2005. Hlm.20)

Bentuk struktural dalam hubungannya dengan bentuk arsitektural dapat dikategorikan menjadi :

- *Structure as form-follower*
- *Structure as form-giver*

Menurut Andrew W. Charleson dalam bukunya yang berjudul “Structure as Architecture” membagi hubungan antara bentuk arsitektural dan bentuk struktural kedalam 3 kategori, yaitu :

1. Sintesis antara bentuk arsitektural dan bentuk struktural

Dalam hubungan ini, struktur mendefinisikan bentuk arsitektural, dan dapat juga mendefinisikan fungsi bangunan. Setidaknya, struktur sebagai selubung bangunan

2. *Consonant form*

Bentuk arsitektural memiliki hubungan dengan bentuk struktur, namun tidak sekuat jenis hubungan yang sebelumnya. Beberapa sistem struktur yang berbeda dapat mengakomodasi bentuk arsitektur yang sama

3. *Contrast form*

Bentuk arsitektural berbeda dengan bentuk struktural.

Beberapa hal faktor yang dapat dijadikan dasar untuk menentukan hubungan antara bentuk arsitektural dan bentuk struktural, yaitu sebagai berikut :

- *Building Exterior*
- *Building Function*
- *Interior Structure*
- *Structural Detailing*
- *Structure and Light*

BUILDING EXTERIOR

Karakteristik eksterior sebuah bangunan ditentukan oleh hubungan antara selubung dan struktur bangunan. Arsitek umumnya mengeksplor dan mengeksploitasi relasi hubungan antara kedua elemen tersebut dengan tujuan mengekspresikan ide-ide arsitektural dan umumnya meningkatkan kualitas desain.

Hal-hal yang dapat meningkatkan kualitas estetika adalah :

- **Modulation**, menghasilkan pola-pola yang variatif , ritme dan hirarki serta meningkatkan ketertarikan visual pada umumnya.
- **Depth & Texture**. Struktur dapat membentuk modul pada selubung bangunan. *Structural depth* merupakan prasyarat dan berperan penting dalam pembentukan modul. Variasi dari *surface depth* membentuk kesederhanaan, dan hubungan antara pencahayaan alami dan buatan menghasilkan bayangan yang memperhidup sebuah fasad bangunan. *Structural texture* lebih terkait hubungannya dengan material.
- **Screening & Filtering**. Struktur diluar bangunan dapat dijadikan sebagai pelindung ataupun *filter*, memberikan kualitas estetik pada fasad bangunan.
- **Structural Scale**, Dimensi dari struktur utama yang terekspos dapat mempengaruhi estetika fasad.



Dulles International Airport (kiri) dan Velasca Tower, Milan (kanan)

Sumber: internet

BUILDING FUNCTION

Integrasi antara struktur terhadap fungsi bangunan berkaitan satu sama lain. Pada level pragmatis tertentu terdapat konsep *critical functional dimensions* dimana seorang desainer memastikan perencanaan dimensi minimum struktur dari ruang yang dirancangnya. Struktur interior (susunannya dan detail konstruksi) berdampak terhadap *spatial character*, dan fungsi bangunan.

- **Maximizing functional flexibility.**
Kebebasan dalam terbatasnya struktur bangunan menghasilkan perencanaan ruang dan fungsi bangunan yang maksimal. Sebuah ruang dapat disusun oleh elemen arsitektural seperti dinding partisi. Fleksibilitas ruang dalam secara arsitektural dapat dicapai melalui penempatan struktur utama di luar selubung bangunan..
- **Subdiving space**
Elemen struktur dapat juga berfungsi sebagai pembagi ruang. Beberapa bangunan memperhitungkan *layout* ruang dalam terhadap struktur utama bangunan sebagai pembagi ruang.
- **Articulation circulation**
Struktur memiliki tradisi yang panjang terhadap *articulating circulation*. *Arcades* dan *Collonades* menegaskan sebuah sirkulasi selama beribu tahun. Dikarenakan kemampuannya untuk memberikan tatanan terhadap sebuah perencanaan, struktur sering dikaitkan sebagai tulang punggung yang menjelaskan rute sirkulasi utama. Adanya elemen struktur dapat secara harafiah maupun sebenarnya membatasi pergerakan terhadap sebuah axis.
- **Disrupting function**
Terkadang, elemen struktur mengganggu beberapa aspek fungsi sebuah bangunan. Contohnya adanya kolom di dalam ruang serbaguna, konstruksi yang berlebihan terutama dalam hal detail arsitektural sehingga ruang dalam menjadi lebih sempit.

INTERIOR STRUCTURE

Struktur berkontribusi terhadap kualitas dan karakter ruang dalamnya.

- **Surface structure**
Adanya struktur interior yang berhubungan terhadap struktur utama ataupun disesuaikan dengan selubung bangunan dipertimbangkan sebagai *surface structure*.
- **Spatial structure**
Struktur spasial seperti *free-standing column*, memiliki dampak yang riil terhadap ruang di sekitarnya. Pertimbangan seperti *free-plan column grids* yang meningkatkan dari segi konstruksi namun memiliki efek yang berbeda pada *interior architecture*.

- **Expressive structure**

Struktur berperan sebagai ekspersif baik dari permukaan bangunan maupun struktur spasial interior yang terekspresikan dari ide-ide yang dipikirkan.

STRUCTURAL DETAILING

Detail struktur yang diekspose dapat berkontribusi sebagai elemen arsitektural pada bangunan. Unsur estetika dan komunikasi melalui design dan konsep tercermin dalam detail tersebut misalnya detail pada bentuk maupun hubungan antara struktur utama dengan pendukungnya. *Structural detailing* sebagai proses desain terdiri dari potongan, elevasi bangunan serta hubungan antar struktur utama untuk mencapai syarat dari stabilitas, kekuatan dan kekakuan.

Kontras kualitas estetika hubungan konstruksi dikategorikan menjadi 4 bagian, yaitu:

- **Refined to utilitarian**

Refined structural details dijabarkan sebagai elegan dan murni. Segala penambahan komponen pada material tidak ditambahkan sebagaimana mengesankan bahwa detail tidak perlu adanya penambahan ornamen. Kebutuhan dari segi estetika dan teknis memecahkan sintesis dari keharusan terhadap struktur maupun sensibilitas artistiknya.

- **Simple to Complex**

Kualita sestetika tidak dimaksudkan untuk mengartikan keberadaan kesederhanaan dari struktur namun kenyataannya *simple to complex* memiliki maksud yang berbeda. Aspirasi terhadap bentuk arsitektur yang sederhana, transparan hanya menunjukkan kompleksitas dari struktur tersebut.

- **Lightness to Heaviness**

Perancang umumnya memaksimalkan pencahayaan alami dengan cara penggunaan dinding yang transparan. Kepekaan manusia juga menjadi salah satu motivasi dalam pembentukan *lightness detailing*.

- **Plain to decorative**

Structural Detailing dengan dekoratif dapat meningkatkan bangunan secara arsitektural seperti bangunan pilotis sehingga kolom yang diekspose menjadi nilai dekoratif tersendiri.

STRUCTURE AND LIGHT

Struktur dan cahaya adalah elemen yang saling bergantung dan diperlukan dalam arsitektur. Keberadaan elemen struktur dapat mengontrol cahaya, lokasi masuknya cahaya ke suatu gedung serta kuantitas dan kualitasnya, kebutuhan untuk pencahayaan alami pasti menentukan bentuk elemen struktural dan detail hubungannya.

BAB 3

STRUKTUR MEMBRAN

Struktur membran merupakan struktur *funicular* yang memanfaatkan gaya tarik murni sehingga disebut dengan '*tensile structure*'. Membran adalah suatu struktur permukaan fleksibel tipis yang memikul beban terutama melalui poses tegangan tarik. Struktur membran cenderung dapat menyesuaikan diri dengan cara struktur tersebut dibebani. Struktur membran sangat peka terhadap efek aerodinamika dari angin. Efek angin menyebabkan terjadinya *fluttering* (getaran). Dengan demikian, membran yang digunakan pada gedung harus distabilkan dengan cara tertentu, hingga bentuknya dapat tetap dipertahankan pada saat memikul berbagai kondisi pembebanan (Daniel L. Schodek, *Structure-second edition*, hlm 372). Dalam konstruksi modern, struktur membran dibangun dari material-material sintetis yang tipis dan ringan yang diberi kekuatan 'prategang' (*prestressed*) sehingga meningkatkan kekuatan tarik, kekakuan, kestabilan struktur serta mempertahankan bentuknya.

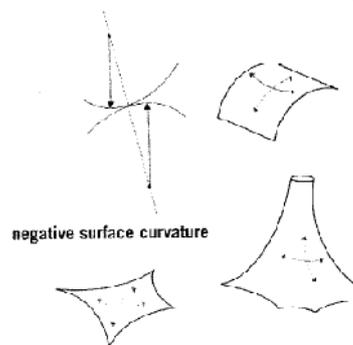
3.1 TIPE DAN PERILAKU STRUKTUR MEMBRAN

Prinsip pada struktur membran kuat terhadap tarik namun tidak kaku sehingga memerlukan struktur lain untuk mempertahankan bentuk permukaannya. Untuk meningkatkan kemampuan menyalurkan beban, membran perlu untuk diprategangkan dan dilengkungkan.

3.1.1 TIPE KELENGKUNGAN PERMUKAAN

Berdasarkan kelengkungannya, struktur membran dibagi atas :

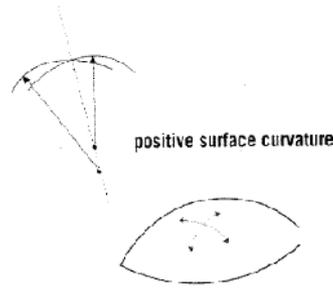
- **Bentuk anticlastic / *negative surface curvature***
Bentuk yang memiliki kelengkungan 2 arah yang berlawanan.



Bentuk anticlastic / *negative surface curvature*

Sumber: *Membrane Structure*. Hal.69

- **Bentuk synclastic / positive surface curvature**
Bentuk yang memiliki kelengkungan 2 arah yang searah.



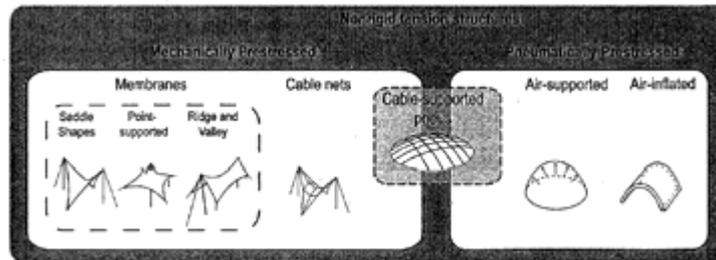
Bentuk synclastic / positive surface curvature

Sumber: Membrane Structure.Hal.69

3.1.2 TIPE SISTEM PENGAKU

Berdasarkan sistem pengakunya, struktur membran dibagi atas :

- Mechanically Prestressed (dikenal dengan struktur tenda)
- Pneumatically Prestressed



Sistem Pengaku pada Struktur Membran

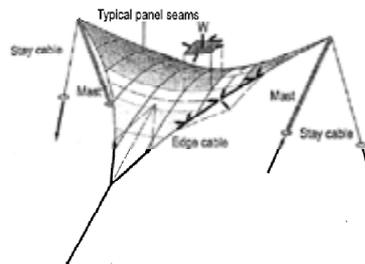
Sumber: Innovative Surface Structure.Hal.48

MECHANICALLY PRESTRESSED

Dalam tipe ini terdapat tiga konsep bentuk dasar dari struktur membran, yaitu: *Saddle Shapes*, *Ridge - Valley Shapes* dan *Point-supported Shapes*. Setiap konsep bentuk diatas dapat dibangun dari kombinasi *rigid edges* atau *cable edges* yang menghubungkan membran dengan struktur pengakunya.

Saddle Shapes

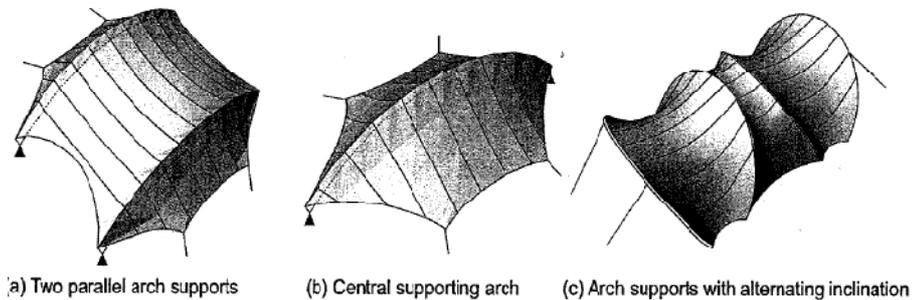
Saddle Shapes terbentuk ketika tepian membran terhubung ke poin pendukung yang tinggi dan rendah secara bergantian. Pada bentuk ini tepian membran berupa kabel (*cable edges*)



Saddle Shape Edges Cables

Sumber: Innovative Surface Structure.Hal.53

Saddle shapes juga dapat terbentuk ketika salah satu tepian membran didukung oleh elemen melengkung yang kaku.



Saddle Shape Rigid Edges

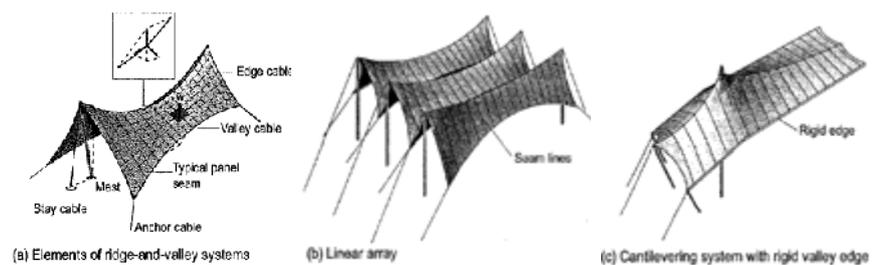
Sumber: *Innovative Surface Structure.Hal.53*

Pada bentuk ini, membrane terdiri dari 2 kelengkungan, kelengkungan utama (yang menghubungkan antara titik tinggi – bentuk busur terbalik) dan kelengkungan sekunder yang menggantung pada kelengkungan utama (yang menghubungkan antara titik rendah – bentuk busur). Kedua kelengkungan ini yang membuat membran tertarik.

Sambungan antar membran mengikuti kelengkungan utama akan menambah kekakuan dan kekuatan, dimana arah ini menahan gaya *uplift* akibat angin.

Ridge and Valley Shapes

Bentuk ini dapat dianggap sebagai *saddle shapes* yang sangat panjang.



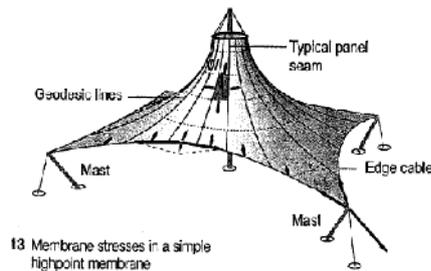
Ridge and Valley Shapes

Sumber: *Innovative Surface Structure.Hal.54*

Bentuk ini didukung oleh kabel yang disusun secara paralel atau radial pada puncak dan lembahnya. Kabel puncak ditarik ke bawah oleh membran. Kabel pada lembah berfungsi sebagai penahan gaya angin. Kabel ini juga dapat diganti dengan elemen kaku tanpa merubah bentuk geometri dari membran.

Point Supported Shapes

Bentuk ini adalah bentuk tenda pada umumnya, memiliki 1 titik puncak, atau dapat juga berbentuk tenda terbalik (memiliki 1 titik rendah).



Point Supported Shapes

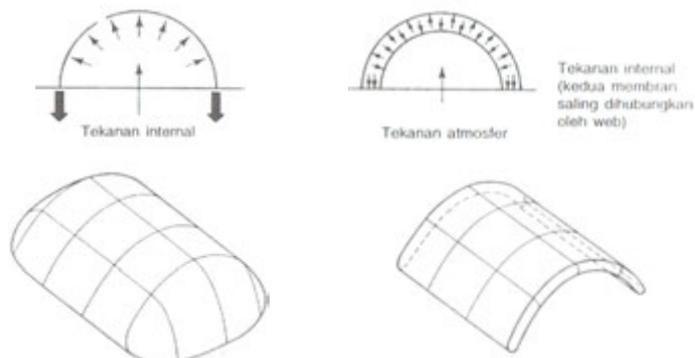
Sumber: *Innovative Surface Structure*. Hal.55

Strategi untuk mendukung titik puncak dan rendah bervariasi. Titik rendah dapat dihubungkan langsung ke pondasi. Titik puncak dapat digantung dari tiang-tiang penyangga yang ditempatkan di tengah, melalui cincin yang ditarik sehingga akan lebih mengakutkan membran.

PNEUMATICALLY PRESTRESSED

Pada jenis struktur pneumatik, membran memperoleh tegangan permukaan melalui tekanan udara, sehingga dapat termasuk ke dalam struktur membran yang dapat berdiri sendiri. Tetapi pada jenis struktur ini, memungkinkan diberi penguatan dengan penulangan (ber-rib).

Pneumatic Structure merupakan salah satu sistem struktur yang termasuk dalam kelompok *Soft Shell Structure* yang memiliki ciri khas semua gaya yang terjadi pada membrannya berupa gaya tarik. Pada *Pneumatic*, gaya tarik terjadi karena adanya perbedaan tekanan udara di dalam struktur *pneumatic* dengan tekanan udara diluar struktur ini. *Pneumatic Structure* dibagi dalam dua kelompok besar yaitu *Air-Inflated Structure* dan *Air-Supported Structure*.



Struktur yang ditumpu oleh udara (*air-supported structure*) (kiri) dan Struktur yang ditegangkan oleh udara (*air-inflated structure*) (kanan)

Sumber: *Structure*

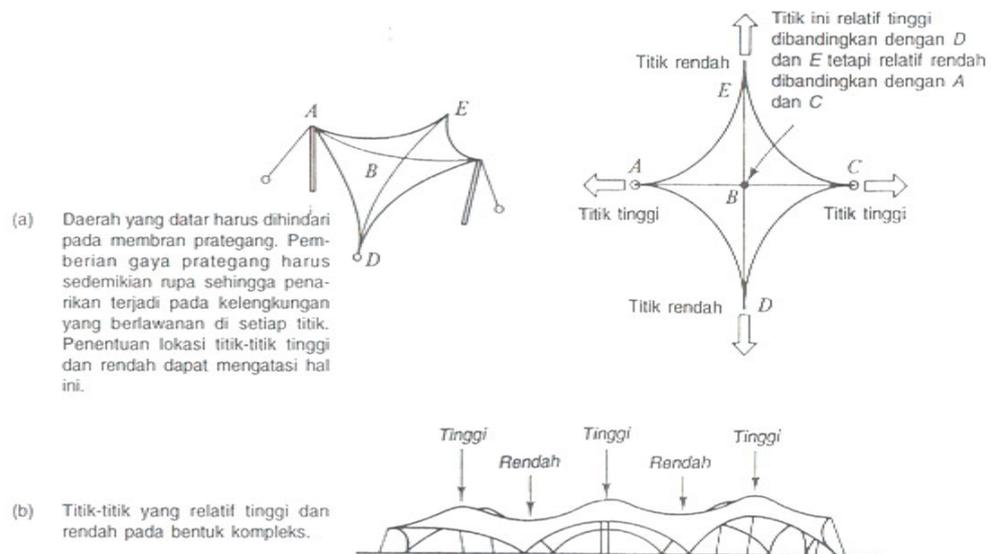
3.2 PENYALURAN BEBAN

Struktur membran mampu menahan beban merata eksternal baik beban vertikal (air hujan, salju dll) maupun horizontal (angin, gempa dll). Pada kondisi pembebanan secara vertikal yang merata, struktur bangunan menerima beban dan mendistribusikannya secara *two-way*.

Dengan memanfaatkan gaya tarik pada kabel struktur serta membran tenda, beban eksternal dan beban sendiri struktur disalurkan ke kolom-kolom serta kabel pendukung utama. Elemen-elemen struktur garis ini kemudian menyalurkan beban secara aksial menuju anker atau pondasi bangunan dan kemudian ke tanah. Untuk menjaga kestabilan struktur, setiap pembebanan dilawan oleh reaksi sehingga resultan sama dengan nol.

Dalam struktur tenda, terjadi gaya-gaya tarik murni pada elemen kabel dan membran. Dalam kondisi pembebanan secara vertikal, terjadi gaya tarik pada kabel dan membran sedangkan pada kolom struktur terjadi gaya tekan.

Penyaluran beban vertikal pada struktur membran relative kecil, karena bentuknya yang memiliki perbedaan ketinggian pada penutupnya sehingga bagian yang tinggi kemudian menransfer bebannya ke bagian yang lebih rendah. Oleh karena itu, dalam hal mendesain tenda, hal yang harus diperhatikan adalah tinggi rendahnya permukaan penutup.



Kelengkungan pada struktur membran

Sumber: Structure.hlm 383

3.3 MATERIAL

Karakteristik umum dari material membrane adalah kekuatan tinggi, tahan lama, mampu membersihkan sendiri, insulasi suara, insulasi panas dan *low rate flammable*.

Tipe membran yang umum digunakan dalam struktur membran kontemporer adalah :

1. PVDF/PVC Coated Polyester (**Polyvinyl DeneFlouride**)
2. PTFE Coated Fiberglass (**PolyTetraFluoroEthylene**)
3. ETFE (ethylene-tetra-fluoro-ethylene)
4. ePTFE

Faktor-faktor yang menentukan pemilihan material, adalah: anggaran, jangka waktu, fungsi bangunan, faktor kebakaran, persyaratan pencahayaan dan estetika.

3.3.1 PVC COATED POLYESTER

PVC Coated Polyester telah banyak digunakan untuk struktur kain selama lebih dari dua puluh tahun. Material ini mudah ditangani dan dilas dengan menggunakan las frekuensi tinggi. Para insinyur proyek biasanya menentukan jenis membran setelah melakukan analisis bentuk.

Ada beberapa jenis PVC kain - diklasifikasikan menurut lapisan permukaan, yaitu:

- a. **Acrylic** - Biasanya digunakan jika kain yang diinginkan berwarna. Jenis kain ini tidak memiliki kemampuan untuk membersihkan diri dan usia pemakaian yang lebih pendek dibandingkan dengan PVDF atau PTFE. Akrilik yang dilapis dapat dilas secara konvensional tanpa perawatan permukaan.
- b. **PVDF (Polyvinyl DeneFlouride)**- lapisan ini memiliki sifat yang sangat baik dan memiliki kemampuan untuk pemakaian jangka panjang. Bahan ini juga memiliki kemampuan untuk membersihkan diri dan melindungi PVC dan poliester. Tipe kain ini memiliki kemampuan *antiwick*. *Wicking* adalah masalah internal di mana air mengalir sepanjang garis benang kain menyebabkan perubahan warna dari kain dan memungkinkan terjadinya delaminasi.



Membran Tipe PVC

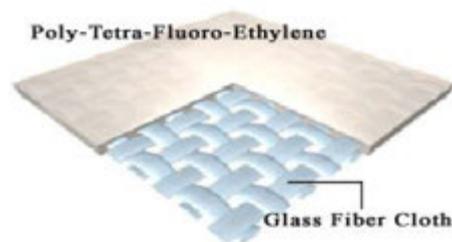
Sumber: Seminar HAKI 2011: Membrane Structure

3.3.2 PTFE (PolyTetraFluoroEthylene) COATED FIBREGLASS

PTFE menawarkan sifat membersihkan diri yang tinggi, ketahanan api dan masa pemakaian melebihi dua puluh lima tahun.

PTFE yang dilapisi fiberglass sangat mahal tetapi kompetitif dengan kaca. Masalah utama dengan PTFE adalah bahwa ia memerlukan penanganan yang sangat hati-hati selama fase konstruksi. Instalasi PTFE yang dilapisi fiberglass membutuhkan perawatan lebih banyak dan detail yang lebih kompleks daripada PVC dilapisi kain poliester.

Kain ini tidak dapat dilas dengan peralatan frekuensi tinggi konvensional tetapi menggunakan besi khusus. Sifat khusus dari PTFE memungkinkan untuk dilas dan unwelded menggunakan mesin yang sama. Hal ini memungkinkan panel yang rusak untuk diperbaiki di tempat.



Membran Tipe PTFE

Sumber: Seminar HAKI 2011: Membrane Structure

3.3.3 ETFE (ethylene-tetra-fluoro-ethylene)

ETFE membran jenis terdiri dari lapisan tipis etilena -tetra-fluoro-ethylena. Karena kehalusan nya, membran ETFE jauh lebih transparan (tranparancy tingkat $\approx 90\%$) dibandingkan dengan jenis membran lainnya sehingga dalam batas tertentu dapat menggantikan kaca sebagai bahan atap transparan.

Tipe membran ini biasanya tidak digunakan untuk struktur membran pratarik tetapi lebih digunakan sebagai penutup atap (non-struktural) atau struktur pneumatic.

3.3.4 ePTFE

ePTFE merupakan pengembangan material membrane PTFE sebagai. ePTFE ini lebih fleksibel dan memiliki perilaku yang lebih baik liat dari bahan membran lainnya dan lebih transparan daripada membran PTFE biasa (tingkat tranparancy $\approx 40\%$). Selain itu, adalah mungkin untuk didaur ulang sehingga dapat dinilai sebagai bahan berkelanjutan.

3.4 HUBUNGAN KONSTRUKSI

Struktur tenda merupakan konstruksi yang menggabungkan beberapa jenis elemen struktur serta material elemen berbeda. Oleh karena itu, digunakan berbagai jenis metode sambungan untuk menghubungkan elemen struktur tersebut sehingga memungkinkan penyaluran beban dari kepala hingga kaki bangunan tanpa hambatan. Berdasarkan fungsinya hubungan pada struktur tenda digolongkan menjadi:

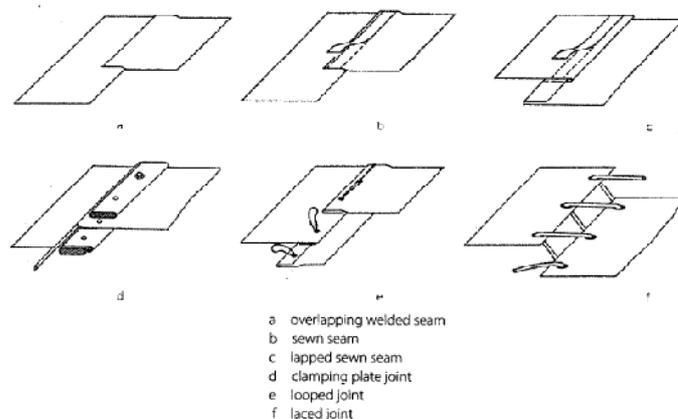
1. Hubungan membran – membran
2. Hubungan tepi membran
3. Hubungan sudut membran

3.4.1 HUBUNGAN MEMBRAN – MEMBRAN

Ukuran material membran terbatas (2,30 m – 2.60 m) oleh sebab itu membran dipotong dan digabung membentuk panel-panel. Tipe sambungan antar membran dibagi menjadi dua kategori, yaitu:

- **Sambungan permanen (*permanent joints*),**
contohnya : *welded seams* (las), *combination seams*, *sewn seams* (jahit), dan *glued seams*
- **Sambungan sementara / dapat digunakan kembali (*temporary joints*),**
contohnya : *clamping plates* (plat penjempit) and *keder rail joints*, *looped and laced joints*

Sambungan permanen dibuat ketika fabrikasi dan sambungan sementara atau dapat digunakan kembali biasanya dilakukan ketika proses instalasi di lokasi konstruksi.



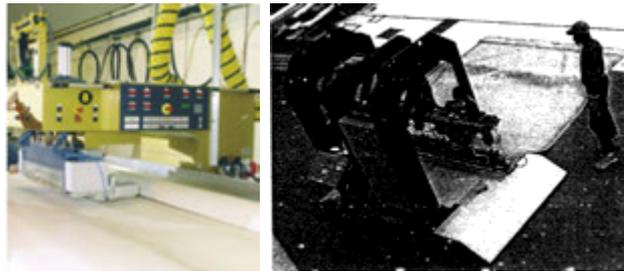
Sambungan membran

Sumber: *Tensile Surface Structure*.hlm 65

WELDED SEAMS

Tipe sambungan ini adalah cara yang paling umum digunakan. Kekuatan sambungan ini tergantung pada proses pengelasan itu sendiri dan suhu pengolahannya, selain itu juga bergantung pada kualitas lapisan dari membran dan daya rekatnya. Sambungan tipe ini meningkatkan kekuatan dan kekakuan membran.

Proses yang paling umum digunakan untuk tipe sambungan ini adalah : **Hi-frequency welded** (pengelasan dengan frekuensi tinggi) dan **hot element welded** (pengelasan dengan panas)



Hi Frequency Welding (kiri) dan Hot Element Welding (kanan)

Sumber: Mehler Brochure & Tensile Surface Structure.hlm 68

SEWN SEAMS

Tipe sambungan ini merupakan cara tradisional menyambungkan material dalam membangun tenda. Kekuatan mengandalkan kekuatan benang yang digunakan. Sambungan tipe ini membuat lubang pada membran yang membuat masuknya air hujan kedalam bangunan.



Tipe sambungan jahit (sewn seams)

Sumber: Tensile Surface Structure.hlm 70

GLUED SEAMS

Tipe sambungan ini hanya digunakan untuk menyambung membrane tipe silicone-coated glass fiber fabrics.



Glued Seams

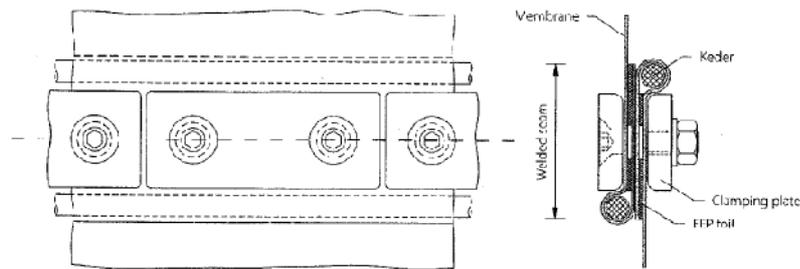
Sumber: internet

CLAMPING PLATES, KEDER RAIL JOINTS

Sambungan tipe ini digunakan untuk mentranfer gaya-gaya yang besar. Sambungan ini berupa panel membrane yang memiliki rel keder dan dijepit dengan baut diantara dua pelat yang terbuat dari aluminium atau stainless steel. Sambungan ini juga dapat digunakan pada hubungan tepi membran ke elemen struktur pendukungnya.

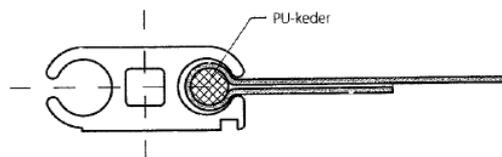
Gaya ditransfer melalui keder yang dipasang di tepi pelat logam pada setiap sisinya. Hal ini bertujuan untuk mencegah gesernya membrane keluar dari plat klem. Jika beban yang ditransfer ke bidang membran sepenuhnya, maka panjang plat harus sesuai dengan kelengkungan permukaan, untuk menghindari adanya perubahan bentuk pada membran.

Permasalahan yang terjadi pada tipe sambungan ini adalah muai susut material yang di dalam dan diluar plat klem, oleh karena itu membrane harus diprestress pada saat instalasi.



Clamping Plate, Butt Joint

Sumber: Tensile Surface Structure.hlm 71



Keder Rail

Sumber: Tensile Surface Structure.hlm 72

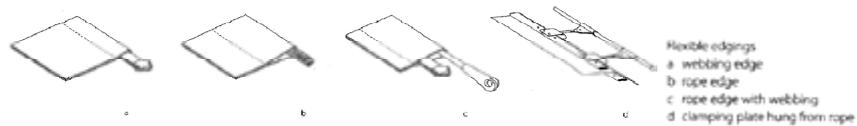
LOOPED AND LACED JOINTS

Tipe sambungan ini digunakan pada struktur membran sementara (temporary) dan struktur pneumatic, dimana beban yang ditanggungnya tidak besar. Kabel poliester sebagian besar digunakan sebagai tali dan bagian mata ikan sebagian besar terbuat dari baja galvanis atau stainless steel. Diameter dan panjang tali serta bentuk dan diameter mata ikan ditentukan tergantung pada beban yang ditransfernya. Sambungan yang terbuka ini dapat ditutup dengan strip membrane yang dilas atau dijahit di satu sisi dan diamankan dengan Velcro atau gesper ikat.

3.4.2 HUBUNGAN TEPI MEMBRAN

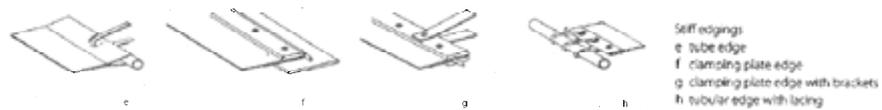
Gaya pada permukaan membran disalurkan ke elemen struktur pendukung melalui tepian membran. Tipe tepi membran ini terdiri dari :

- **Flexible edge** : jika elemen tepi berbentuk garis melengkung ke arah jangkar. Yang termasuk *flexible edge* adalah *webbing edge*, *rope edge*, *rope edge with webbing*, *clamping plate hung from rope*.
- **Stiff edge**: jika elemen tepi berbentuk garis lurus dan kaku. Yang termasuk dalam *stiff edge* adalah *tube edge*, *clamping plate edge*, *clamping plate edge with brackets*, *tubular edge with lacing*



Flexible edge

Sumber: *Tensile Surface Structure*.hlm 75

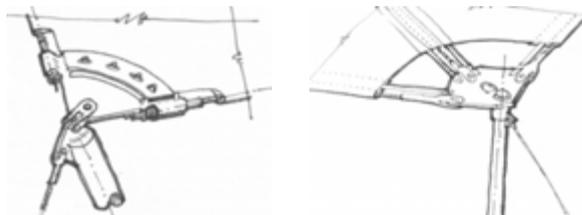


Stiff edge

Sumber: *Tensile Surface Structure*.hlm 75

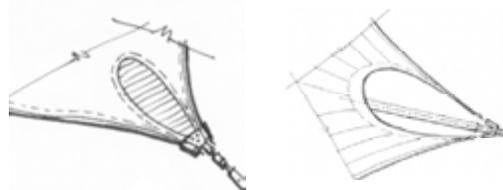
3.4.3 HUBUNGAN SUDUT MEMBRAN

Sudut membran diantara 2 sisi membran dijangkarkan melalui plat logam. Plat logam ini mengalirkan gaya dari membran ke elemen struktur pendukung. Daerah sudut ini beresiko memiliki tegangan yang tinggi yang memunculkan lipatan.



Hubungan sudut dengan clamp plate

Sumber: <http://fabricarchitecturemag.com/>



Hubungan sudut dengan loop cable

Sumber: <http://fabricarchitecturemag.com/>

3.5 PROSES KONSTRUKSI

3.5.1 FABRIKASI

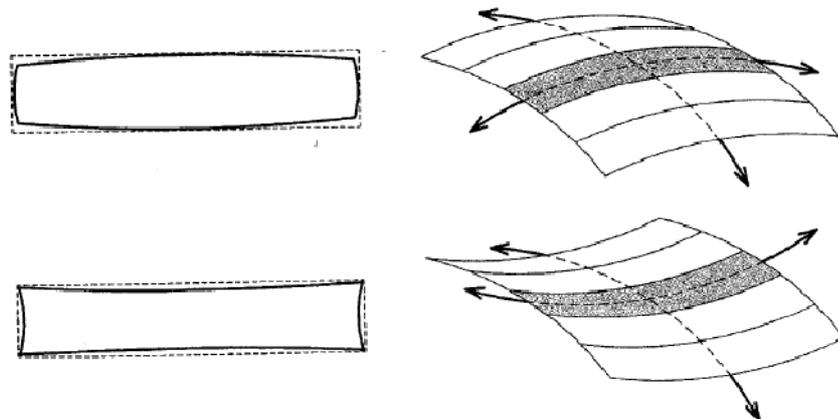
Agar dapat menggunakan membran kain dan foil sebagai elemen yang menyalurkan beban, membran harus dibagi menjadi strip, dipotong dan dihubungkan bersama sesuai dengan persyaratan desain geometris dan struktural. Persiapan pembuatan strip kain dari bahan gulungan dan menggabungkan potongan-potongan dideskripsikan sebagai proses fabrikasi.

Faktor-faktor yang mempengaruhi untuk proses pemotongan dan penyambungan ini adalah bentuk permukaan membrane, perilaku penyaluran beban dan proses pemasangannya. Hal ini memiliki pengaruh yang besar di sisi praktis dari konstruksi membran.

TAHAP PENGEMBANGAN

Yang dimaksud dengan tahap pengembangan adalah proses menciptakan pola pemotongan dua dimensi dari bentuk tiga dimensi.

Bentuk pola pemotongan dari bentuk permukaan *synclastic* adalah cembung, sedangkan bentuk permukaan *anticlastic* adalah cekung.



Bentuk pola dari permukaan synclastic (atas) dan dari permukaan anticlastic (bawah)

Sumber: Membrane Construction. Hlm.52

TAHAP KOMPENSASI

Karena sifat material membran yang fleksibel, maka membran dapat berubah bentuk dibawah pengaruh pembebanan (peregangan konstruksi) dan perubahan suhu. Peregangan yang dihasilkan harus ditentukan dalam tes sehingga dimensi geometris material harus diperbaiki agar persyaratan struktural tetap dipenuhi pada akhir seumur hidup.

Tahap kompensasi yang dimaksud adalah tahap dimana terjadi koreksi dari permukaan geometris yang dikembangkan untuk mengatasi peregangan akibat faktor struktural.

TAHAP PEMBUATAN POLA

Yang dimaksud dengan tahap ini adalah proses pembentukan pola pemotongan yang menghasilkan tatanan dan dimensi dari setiap strip membran pada permukaan membran. Hal ini bergantung pada bentuk permukaan yang akan diproduksi.

Salah satu parameter yang penting untuk penentuan tata letak strip, selain kesan optik dari struktur membran, adalah eksploitasi yang terbaik dari kekuatan materi yang tersedia - mengamati deformasi maksimum yang diizinkan. Perhitungan pola pemotongan juga memiliki dampak terhadap faktor ekonomi.

Kriteria untuk pembuatan pola dapat dibagi menjadi: Kriteria optik, Kriteria topologi, Kriteria tahap instalasi dan Kriteria pengolahan.

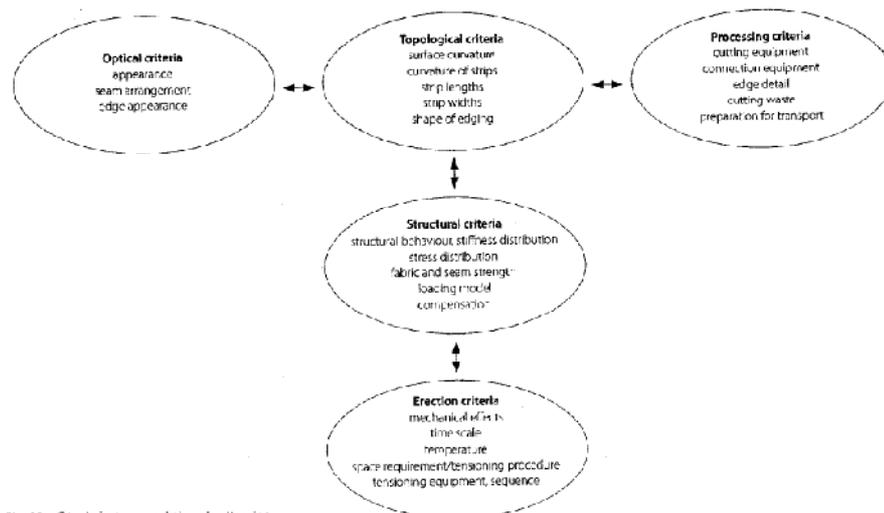


Fig. 89: Criteria for the calculation of patterning

Kriteria tahap pembuatan pola

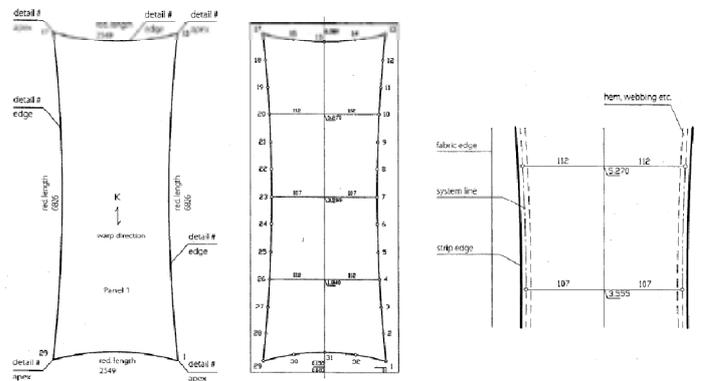
Sumber: *Membrane Construction*. Hlm.63

TAHAP PEMOTONGAN

Pola dan desain biasanya dilakukan oleh ahli struktur sedangkan bentuk permukaan, detail tepian membran dan sambungan ditentukan dalam diskusi dengan sang arsitek. Proses pemotongan, penggabungan, pengemasan dan pengiriman dilakukan oleh kontraktor/fabricator.

Tujuan dari proses pemotongan ini adalah untuk memproduksi pola setepat mungkin. Hal ini dilakukan dengan menerjemahkan gambar pemotongan strip individu ke kain dan memotongnya. Gambar-gambar pola pemotongan berisi spesifikasi penting dari material, detail pada

sambungan dan tepian serta bentuk pemotongan strip. Lebar sambungan yang diberikan harus memperhitungkan area sambungan.



Gambar skematik pola pemotongan

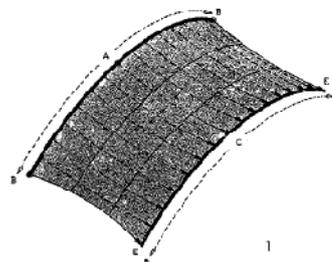
Sumber: *Membrane Construction*. Hlm.63

Proses pemotongan membran dapat dilakukan dengan manual (menggunakan gunting) atau menggunakan mesin potong, hal ini ditentukan menurut kemampuan kapasitas pemotongan, ketebalan dan bentuk geometri tepian.

3.5.2 INSTALASI

Ketika mendirikan struktur busur, tata letak strip dan bentuk tepian menentukan arah instalasi.

1. Jika arah warp sejajar dengan busur dan permukaan membran dijepit secara linear pada busur, maka proses pengencangan dilakukan tegak lurus terhadap busur. Hal ini dilakukan dengan menjepit membran pada satu busur dan kemudian menarik membran dan menjepitnya pada busur yang berlawanan, dimulai dari area tengah. Bagian tepi membran dikencangkan dengan mengencangkan tali tepi.



Arah warp sejajar dengan busur

Sumber: *Membrane Construction*. Hlm.147

2. Jika permukaan membran dijepit ke busur berupa titik, maka proses pengencangan dilakukan dengan memindahkan *corner fitting* dan memperpendek tali tepi. Bila menggunakan metode detail tepian ini, ketika proses pengencangan harus memperhatikan tegangan yang

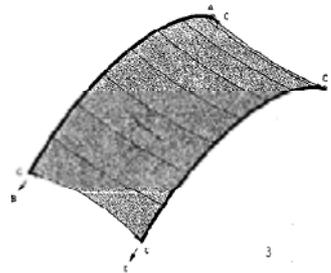
terjadi pada ujung membran. Distribusi tegangan pada membran adalah faktor yang paling penting dalam merencanakan urutan pengencangan. Tipe ini membuka gulungan tegak lurus dengan arah lengkungan.



Permukaan membran yang dijepit berupa titik ke busur pendukung

Sumber: Membrane Construction. Hlm.147

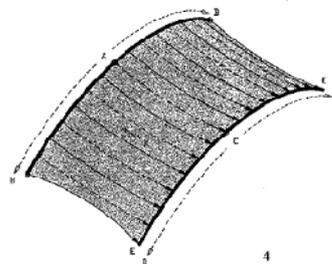
3. Jika warp terletak tegak lurus terhadap busur dan membran dipasang secara linear pada busur, membran dapat dipasang dengan sangat efisien jika detail tepian yang dipilih sesuai. Jika persyaratan struktural yang dihasilkan dari transfer beban memungkinkan, disarankan untuk menggunakan detail tepian membran kaku dengan rel keder. Setelah menjepit membran di kedua ujung busur, keder dapat ditarik melalui rel keder searah busur dan kemudian dikencangkan. Metode ini adalah metode yang paling cepat diantara metode sebelumnya.



Arah warp tegak lurus terhadap busur

Sumber: Membrane Construction. Hlm.147

4. Arah membuka gulungan membran tegak lurus dengan arah busur lalu dikencangkan ke arah busur berlawanan.



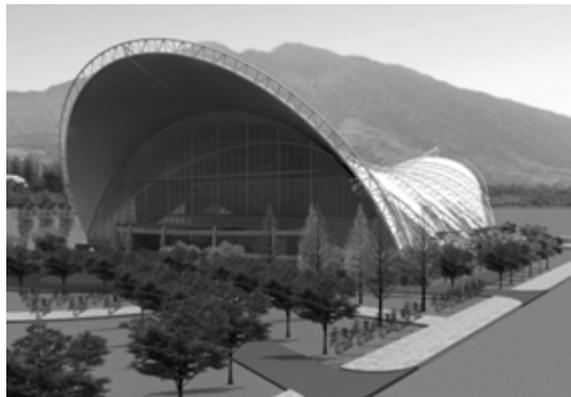
Arah membuka membran tegak lurus pada busur

Sumber: Membrane Construction. Hlm.147

BAB 4

BENTUK, SISTEM STRUKTUR DAN KONSTRUKSI CONVENTION CENTER YPT, BANDUNG

4.1 CONVENTION CENTER YPT, BANDUNG

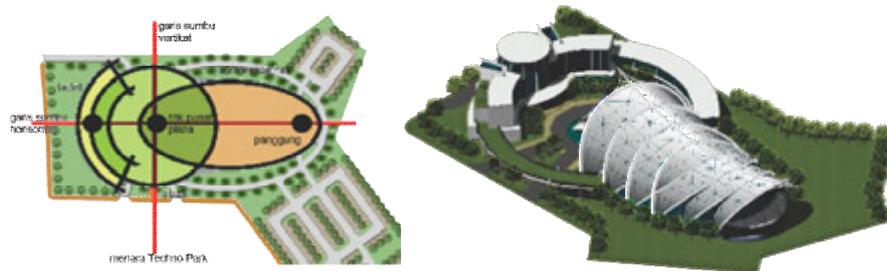


Desain Convention Center YPT, Bandung

Sumber: Arsitek

Fungsi Bangunan	:	Bangunan ini dirancang untuk dapat menampung kegiatan Seminar, Wisuda, Pesta/Perayaan/Pelantikan (Greetings & Ceremonies), Pentaas Musik & Pameran, dan dapat disewakan kepada masyarakat umum yang membutuhkan dengan kapasitas +/- 3.000 orang
Luas Bangunan	:	4.139 m ²
Tahap perancangan	:	Februari 2011 – Mei 2011
Tahap pembangunan	:	Juni 2011 – Juni 2012
Sistem struktur	:	Sistem struktur atas (Upper-Structure) untuk bangunan Convention Center adalah " Rigid-Frame " & menggunakan struktur atap rangka bidang (truss) pipa baja dengan penutup atap " Tension Membrane Polymer ".
Pondasi	:	Tiang pancang
Arsitek	:	Ir. Toni Sumartono, IAI dan tim
Konsultan Struktur	:	PT. WINASA
Kontraktor Membran	:	CV. Hegar Sumber Kreasi

4.1.1 TEMA DAN KONSEPSI



Konsep Perancangan

Sumber: Arsitek

Kawasan yang akan dirancang terdiri dari Bangunan Convention Center dan Hotel yang bertema kekinian, yaitu : “ **Dynamic – Contemporary** ”, yang diwujudkan dengan memanfaatkan teknologi dan material terbaru sehingga dapat menampilkan kesan dinamis dan futuristik

Gagasan bentuk bangunan *convention center* sendiri diadopsi dari bentuk “**Tunas Daun (Shoot)**” geometri dasar bangunan merupakan penggabungan dari lingkaran dan elips yang salah satu titik pusatnya berimpit dan menjadi titik pusat dari ruang terbuka penghubung kedua bangunan tersebut yang juga berfungsi sebagai ruang orientasi.

Kata ‘**Shoot**’ mengandung multi makna, yaitu Tunas, Pucuk, Saluran, menembak/menghasilkan, mengarungi & membuat hal tersebut sejalan dengan fungsi pendidikan. Sehingga bangunan ini memiliki **makna konotatif** sebagai berikut : “**Tempat membina, menempa & menghasilkan Tunas muda menjadi sarjana untuk diterjunkan ke masyarakat.**”

4.1.2 RANCANGAN BANGUNAN

Bangunan dirancang 3 lantai, yaitu:

- semi basement (untuk ruang pendukung),
- lantai utama,
- lantai mezzanine (untuk ruang seminar) dan tribun,

Sedangkan bagian panggung terdiri dari 2 lantai, untuk area persiapan. Namun pada pelaksanaannya, tribun dan mezzanine masuk dalam pembangunan tahap berikutnya.

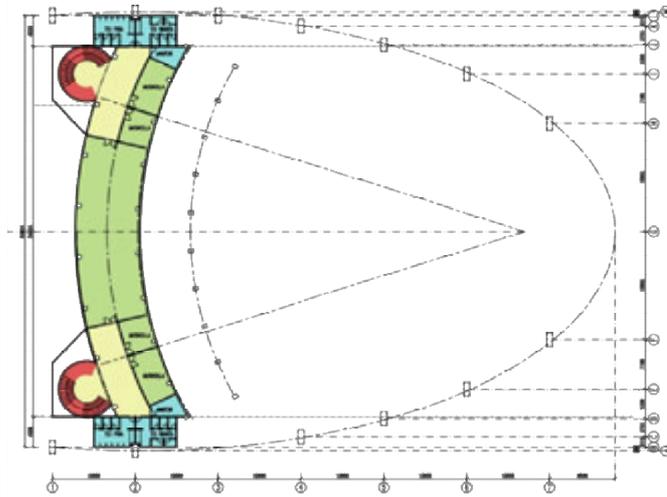
Pada tahap perhitungan struktur membran, terdapat penambahan elemen-elemen struktur sebagai perkuatan yang berdampak pada bentuk bangunan.

GAMBAR PRARENCANA



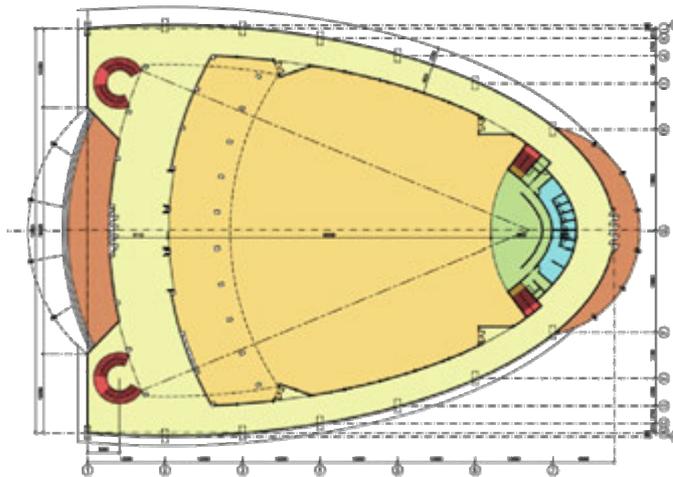
Rencana Tapak Pembangunan Tahap 1

Sumber: Arsitek



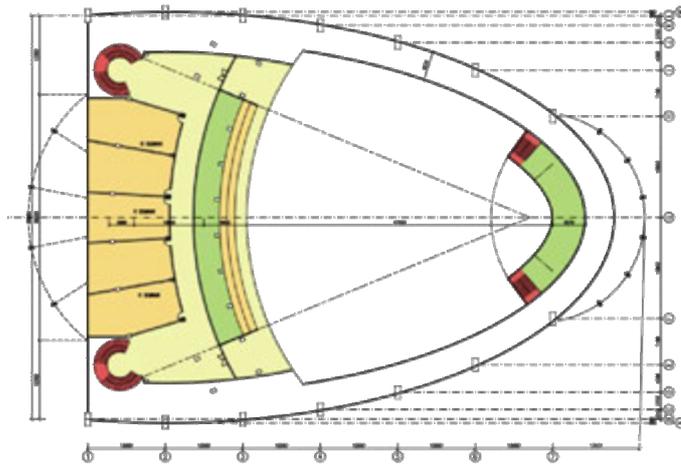
Denah Semi Basement

Sumber: Arsitek

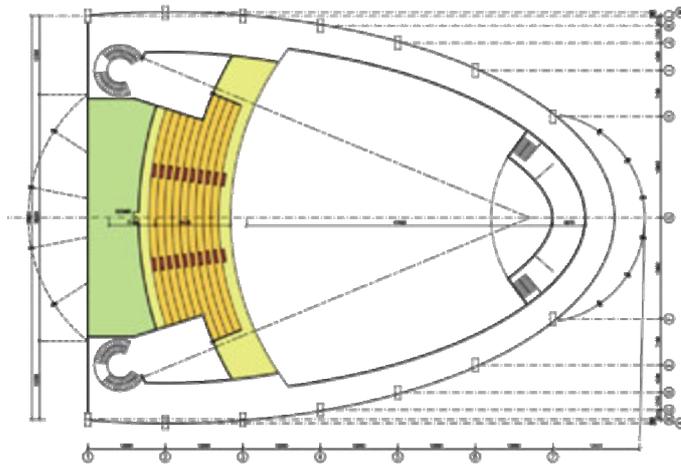


Denah Lantai Dasar

Sumber: Arsitek



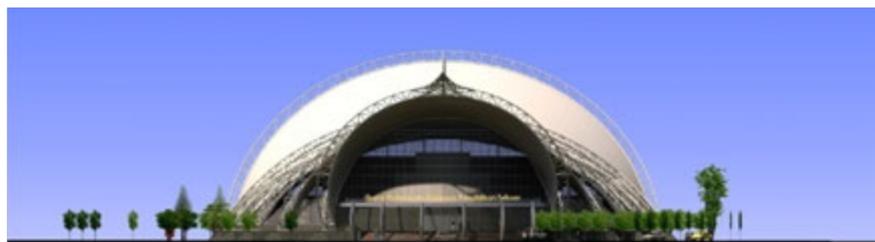
Denah Lantai Mezanine
Sumber: Arsitek



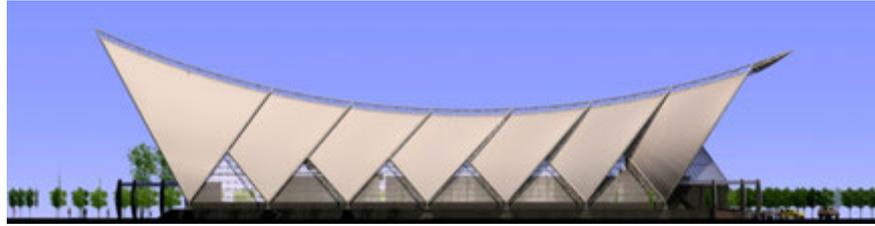
Denah Tribun
Sumber: Arsitek



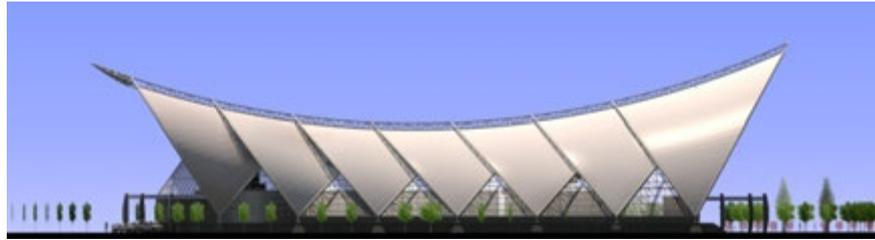
Tampak Dari Ruang Penerima
Sumber: Arsitek



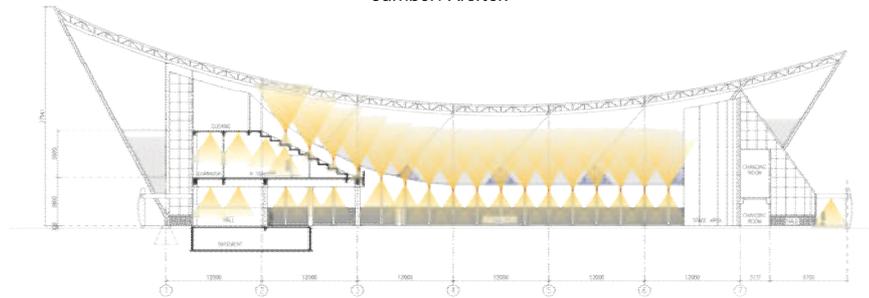
Tampak Dari Tempat Parkir
Sumber: Arsitek



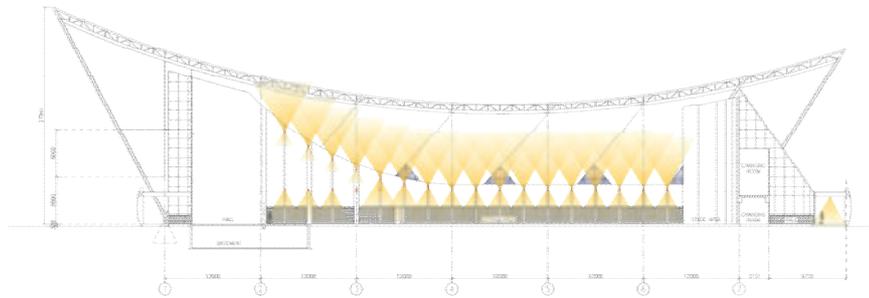
Tampak Dari Bandung Techno Park
Sumber: Arsitek



Tampak Samping
Sumber: Arsitek



Potongan Bangunan Melintang (dengan mezzanine dan tribun)
Sumber: Arsitek



Potongan Bangunan Melintang (tanpa mezzanine dan tribun)
Sumber: Arsitek

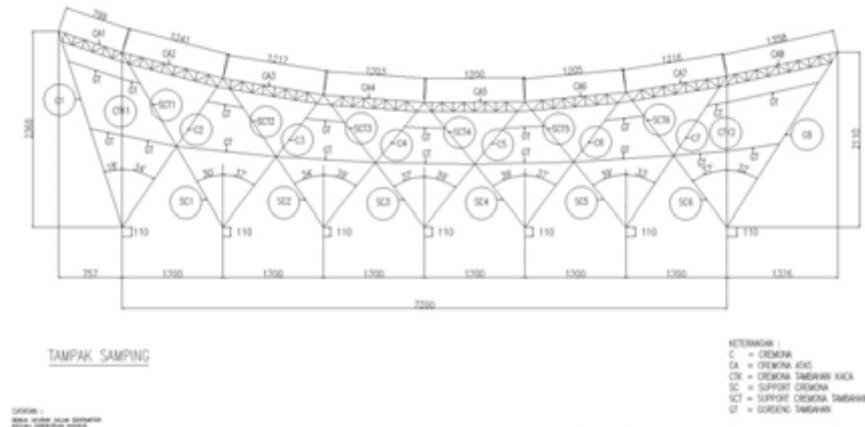


Perspektif
Sumber: Arsitek

GAMBAR PERUBAHAN STRUKTUR

Adanya perkuatan struktur dengan menambahkan elemen struktur:

- 6 buah busur truss tambahan
- Gording tambahan



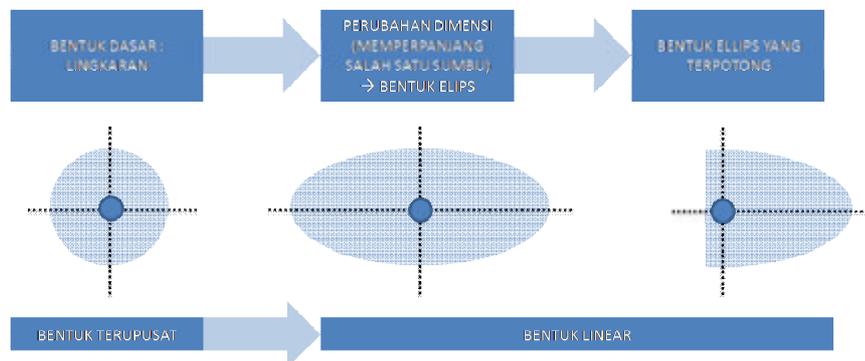
Tampak Samping Struktur
Sumber: Kontraktor Membran

4.2 KAJIAN BENTUK (ARSITEKTURAL)

4.2.1 BENTUK BANGUNAN

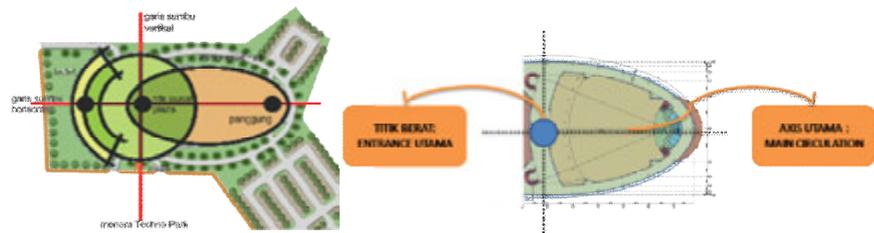
BENTUK DASAR

Bentuk dasar dari bangunan ini adalah lingkaran yang kemudian mengalami perubahan dimensi pada salah satu sumbu sehingga terbentuk bentuk elips (lihat gambar gagasan awal: site plan). Bentuk elips tersebut kemudian mengalami substraktif (dipotong). Bentuk terpusat mengalami perubahan menjadi bentuk linear.



Konsep Bentuk dasar
Sumber: Peneliti

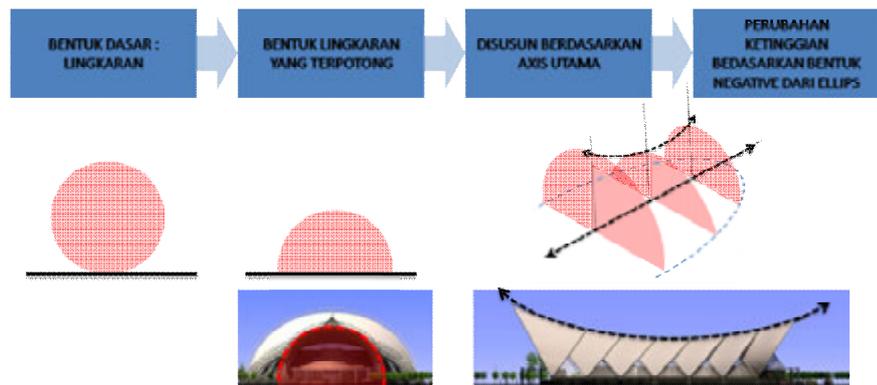
Sumbu memanjang merupakan sirkulasi utama di dalam bangunan. Pusat elips menjadi pusat dari ruang penerima (pada tapak) dan menjadi panggung (pada bangunan), sedangkan titik berat elips menjadi pintu masuk utama bangunan dan ruang utama.



Aplikasi Konsep Bentuk Dasar pada tapak (kiri) dan bangunan (kanan)
Sumber: Peneliti

SELUBUNG BANGUNAN

Untuk pembentukan selubung bangunan, bentuk dasar yang diambil adalah lingkaran yang terpotong dan kemudian disusun secara linear berdasarkan axis utama dan bentuk denah yang elips. Ketinggian puncak dirubah berdasarkan bentuk negatif dari elips.



Konsep Pembentukan Selubung Bangunan
Sumber: Peneliti

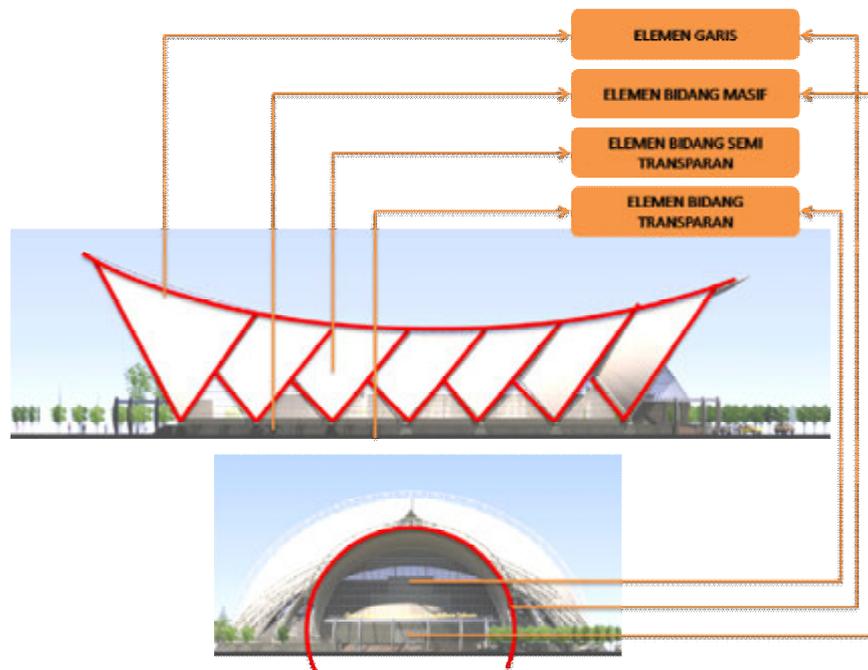


Bentukan Selubung Bangunan
Sumber: Peneliti

ARTIKULASI BENTUK

Bentuk selubung yang dihasilkan mengekspresikan gabungan elemen garis dan bidang yang menguatkan bentuk, yaitu :

- Elemen garis yang membentuk pola segitiga
- Elemen bidang, yang terdiri dari :
 - Bidang masif, yang berada pada bagian bawah bangunan
 - Bidang semi transparan, yang mengisi bidang atas diantara elemen garis.
 - Bidang transparan, yang mengisi bidang bawah diantara elemen garis dan bidang masif.



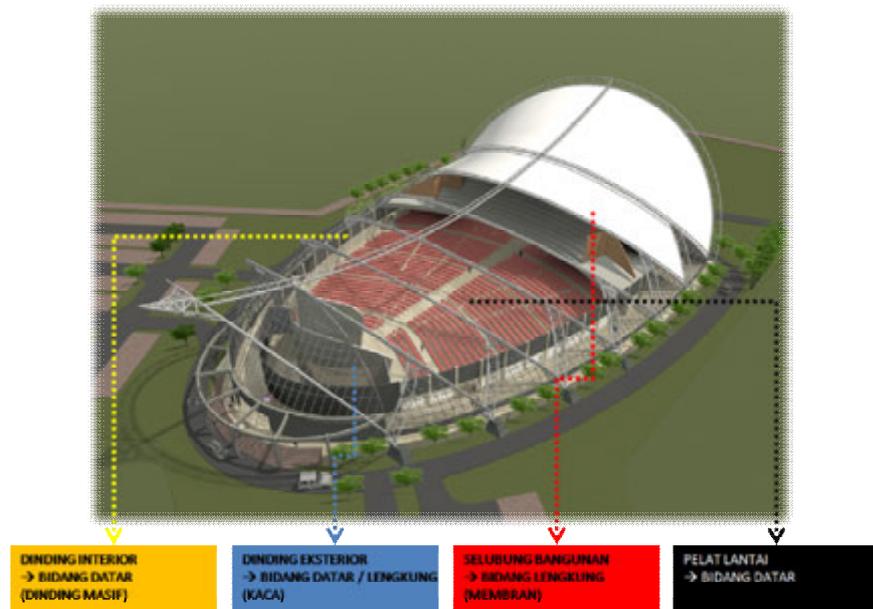
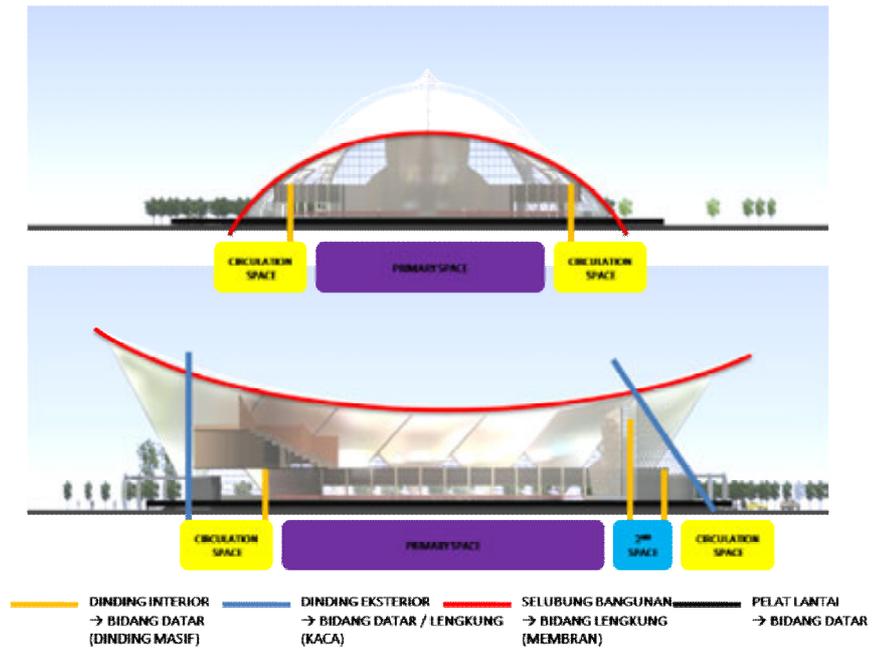
Artikulasi Bentuk Bangunan
Sumber: Peneliti

4.2.2 RUANG DALAM BANGUNAN

ELEMEN PEMBENTUK RUANG

Ruang dalam arsitektur terbentuk atas beberapa elemen bidang, yaitu:

- Elemen bidang horizontal, berupa pelat lantai. Tidak ada peninggian maupun penurunan bidang.
- Elemen bidang vertikal, berupa
 - dinding interior – masif, yang memisahkan ruang sirkulasi dan ruang utama
 - dinding ekterior – transparan, yang memisahkan ruang dalam dan ruang luar
- Elemen bidang melengkung, berupa selubung bangunan.



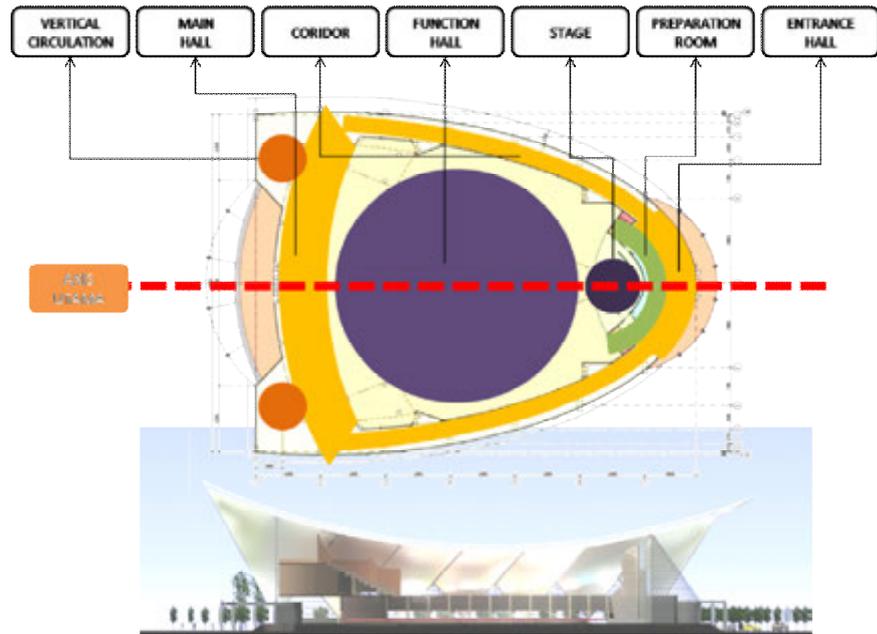
Elemen Pembentuk Ruang

Sumber: Peneliti

ORGANISASI RUANG

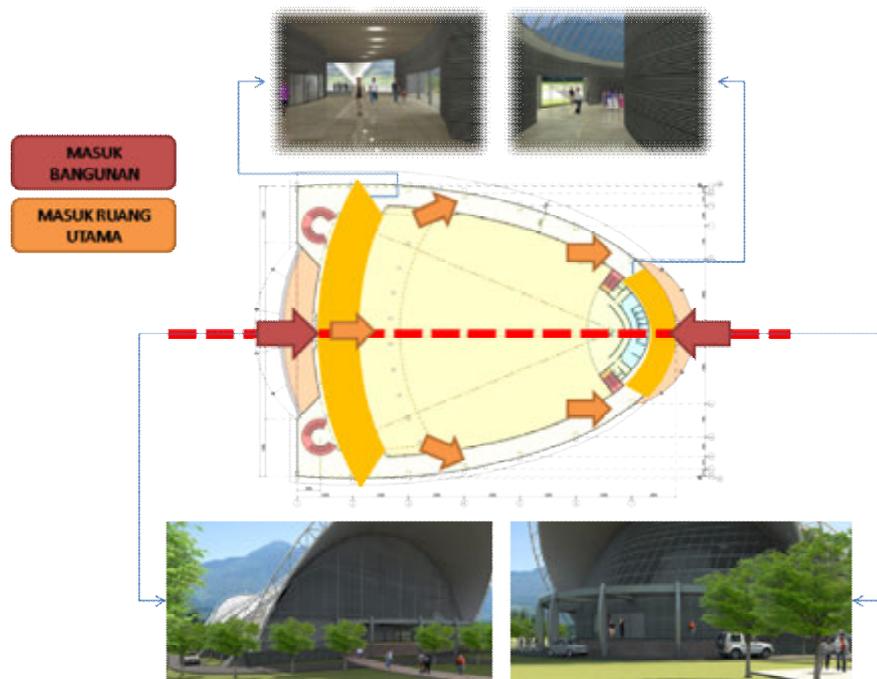
Ruang disusun secara linear mengikuti garis sumbu memanjang. Zona ruang terbagi atas :

- Ruang utama, yang berfungsi sebagai ruang pertemuan
- Ruang panggung
- Ruang penunjang, untuk menunjang panggung
- Ruang sirkulasi, berupa koridor dan hall penerima.



Organisasi Ruang Dalam
Sumber: Peneliti

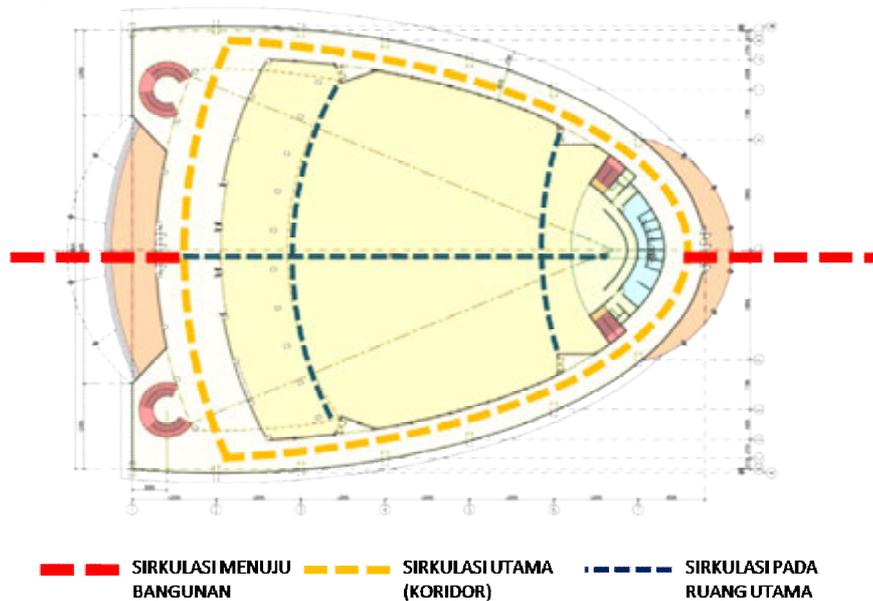
Garis sumbu memanjang pada bangunan memiliki peran yang penting pada penentuan titik masuk baik bangunan maupun ruang utama. Titik masuk bangunan utama dan titik masuk ruang utama berada pada sumbu memanjang bangunan. Titik masuk/keluar tambahan pada ruang utama berada disisinya secara simetris terhadap garis sumbu.



Organisasi Ruang Dalam
Sumber: Peneliti

Konfigurasi alur gerak pada bangunan ini memiliki 4 hirarki :

- Hirarki ke-1 adalah sirkulasi menuju bangunan, yang sesuai dengan sumbu memanjang bangunan.
- Hirarki ke-2 adalah sirkulasi utama (hall dan koridor) dimana jalur sirkulasi ini mengelilingi ruang utama secara simetris terhadap sumbu memanjang
- Hirarki ke-3 adalah sirkulasi utama pada ruang utama yang sesuai dengan sumbu memanjang bangunan
- Hirarki ke-4 adalah sirkulasi sekunder pada ruang utama. Sirkulasi ini berbentuk cabang dari sirkulasi utama pada ruang utama.



Konfigurasi Alur Gerak
Sumber: Peneliti

KUALITAS RUANG

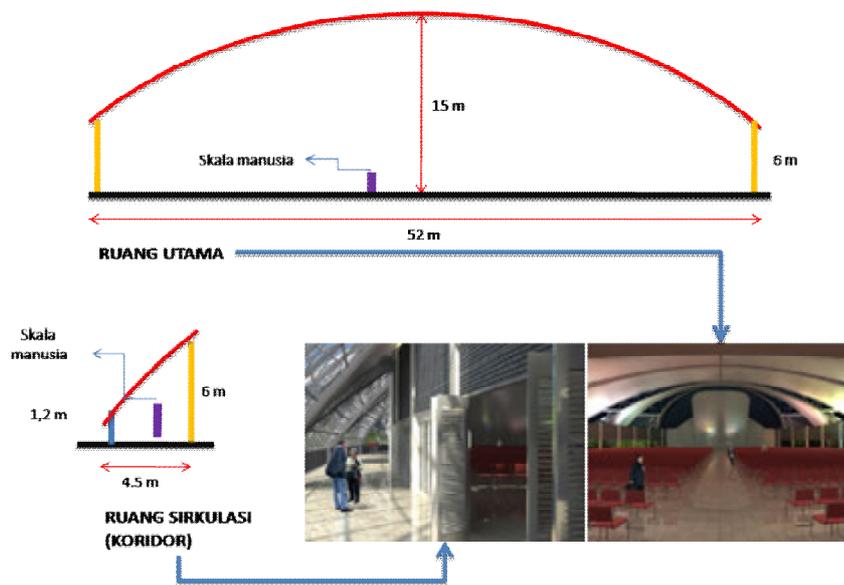
Proporsi dan skala ruang ditentukan oleh elemen pembentuk ruangnya.

- Pada ruang utama :
 - skala lebar : tinggi ruang terendah adalah 7:2,
 - skala panjang : tinggi ruang terendah adalah 5:1
- Pada ruang sirkulasinya ruang berbentuk trapesium :
 - Skala lebar : tinggi ruang terendah adalah 3:1
 - skala lebar : tinggi ruang tertinggi adalah 3:4

Proporsi dan skala ruang terhadap pengguna adalah sebagai berikut :

- Pada ruang utama, skala tinggi manusia : tinggi ruang adalah 1 : 10
- Pada ruang sirkulasi :
 - Skala tinggi manusia : tinggi ruang terendah adalah 1:1
 - Skala tinggi manusia : tinggi ruang tertinggi adalah 1:4

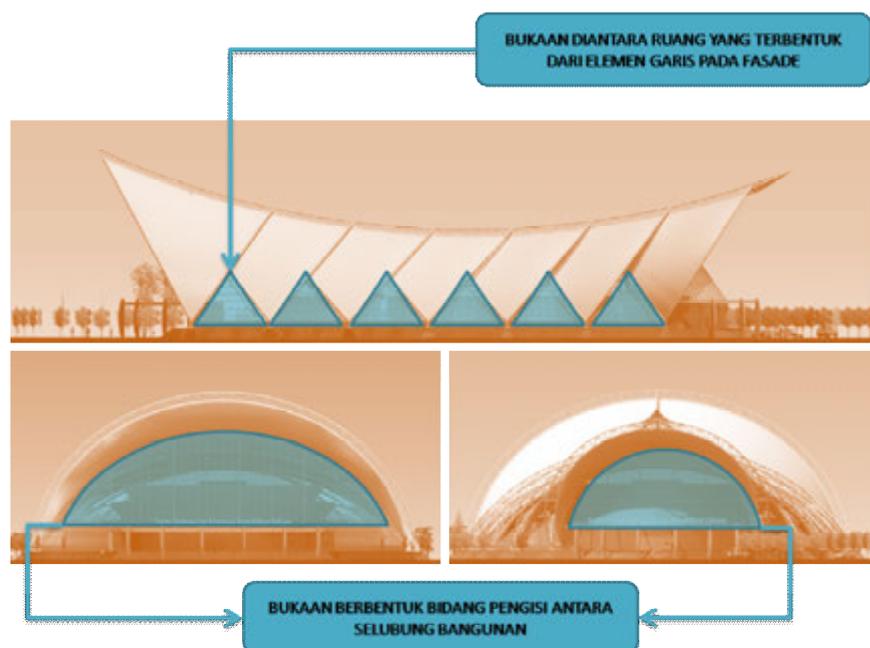
Dengan proposi dan skala tersebut, dihasilkan ruang yang sangat besar untuk mendukung konsepsi ruang yang megah.



Proporsi dan Skala Ruang Dalam

Sumber: Peneliti

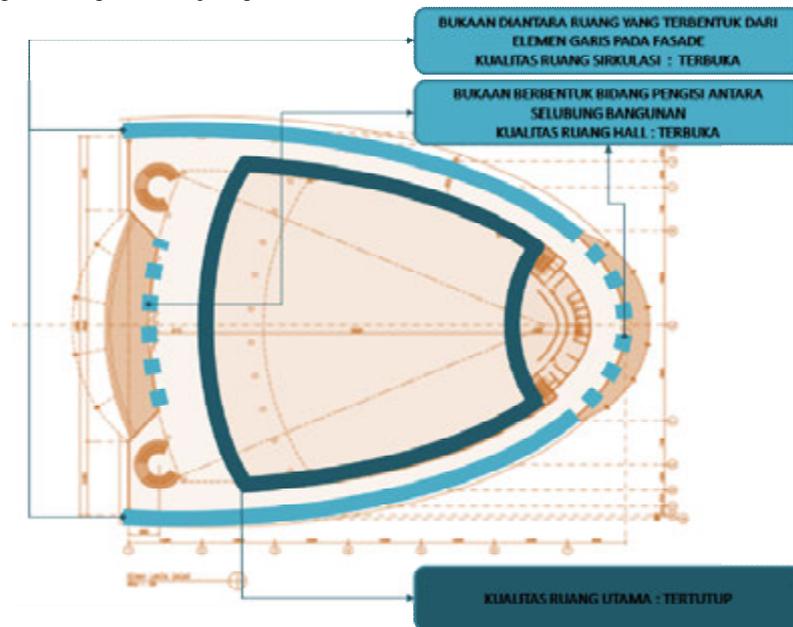
Kualitas ruang dalam ditentukan juga oleh derajat ketertutupannya. Bukan pada bangunan ini berada pada sisi panjang bangunan yang berbentuk segitiga dan yang berada pada sisi pendek bangunan yang berbentuk $\frac{1}{2}$ lingkaran. Selain itu selubung bangunan juga bersifat semi transparan yang memungkinkan cahaya langit masuk ke dalam bangunan.



Bukaan

Sumber: Peneliti

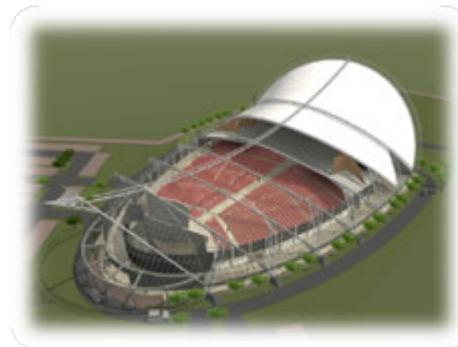
Pada ruang utama terdapat elemen dinding interior yang masif yang memisahkan ruang utama dengan ruang sirkulasi, sehingga adanya elemen dinding masif ini membuat kualitas ruangnya lebih tertutup dibanding dengan kualitas ruang sirkulasi. Hal ini disesuaikan dengan fungsi ruang utama yang membutuhkan fokus ke dalam.



Kualitas ruang: derajat ketertutupan

Sumber: Peneliti

4.3 KAJIAN SISTEM STRUKTUR

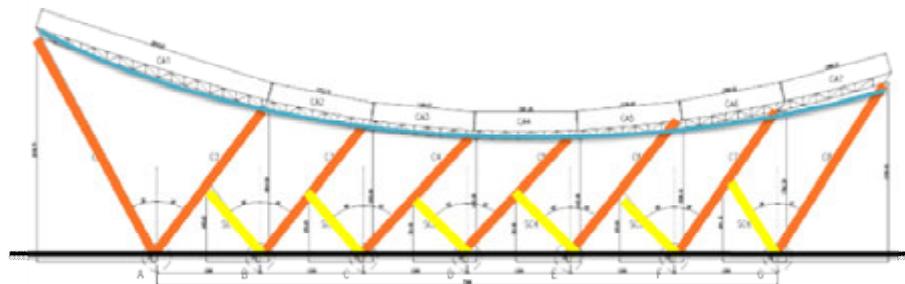


Rancangan sistem struktur awal

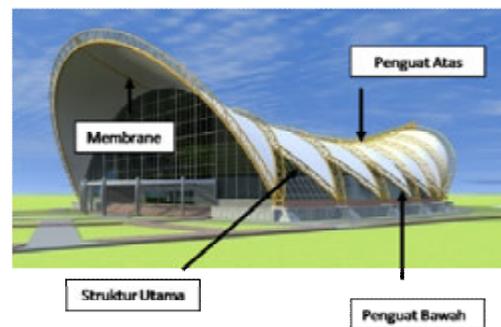
Sumber: Arsitek

Sistem struktur atas (Upper-Structure) untuk bangunan Convention Center adalah **struktur membran dan busur truss**. Pemilihan sistem struktur ini disebabkan karena anggaran biaya yang lebih rendah serta waktu konstruksi yang lebih singkat. Tantangan menggunakan sistem struktur ini adalah dibutuhkannya tenaga ahli dengan pengetahuan yang tinggi, baik dari arsitek, ahli struktur dan kontraktornya. Perancangan struktur ini mengalami perubahan ditengah waktu konstruksi karena perhitungan struktur yang akurat baru dapat dilakukan setelah konstruksi berjalan.

Rancangan sistem struktur awal adalah struktur membrane dengan 8 busur truss yang dimiringkan 30° yang dihubungkan dengan truss yang bersifat tarik pada puncak busur. Adanya 12 truss penguat (6 buah dimasing-masing sisi bangunan) yang dimiringkan 30° pada bagian bawah.



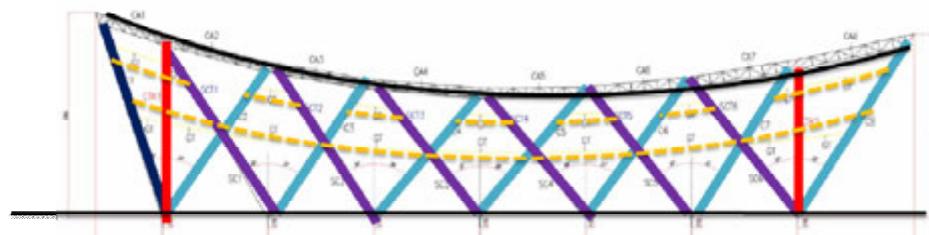
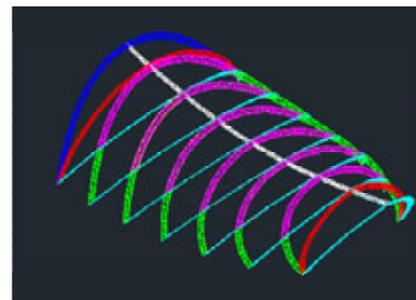
- Struktur utama, *Cremona*
- Struktur penguat atas, *Cremona atas*
- Struktur penguat bawah, *support*
- Membrane



Rancangan awal elemen struktur
Sumber: peneliti

Perubahan rancangan berupa penambahan 6 busur truss yang merupakan penerusan dari truss penguat di bagian bawah serta penambahan 2 buah busur truss untuk memegang fasade kaca. Adanya batang-batang tekan horizontal diantara truss yang membantu mengikat antar truss.

- Struktur utama, *Cremona*
- Struktur penguat atas, *Cremona atas*
- Struktur tambahan, *Cremona tambahan kaca*
- Struktur penguat bawah, *Support cremona*
- Struktur penguat tambahan, *Support Cremona tambahan dan Gardeng tambahan*
- Membrane



Rancangan akhir elemen struktur
Sumber: peneliti

4.3.1 KAJIAN RANCANGAN STRUKTUR MEMBRAN

PENGEMBANGAN BENTUK STRUKTURAL

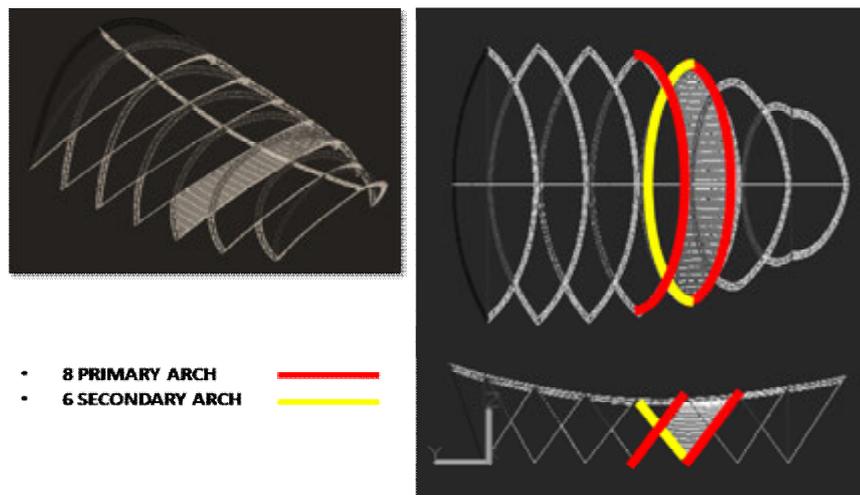
Bentuk permukaan membran yang diterapkan pada bangunan ini adalah bentuk anticlastic / *negative surface condition*. Bentuk ini memiliki dua kelengkungan yang berlawanan, yaitu :

- Kelengkungan primer (*primary curvature*), berbentuk busur terbalik
- Kelengkungan sekunder (*secondary curvature*), yang berbentuk busur.

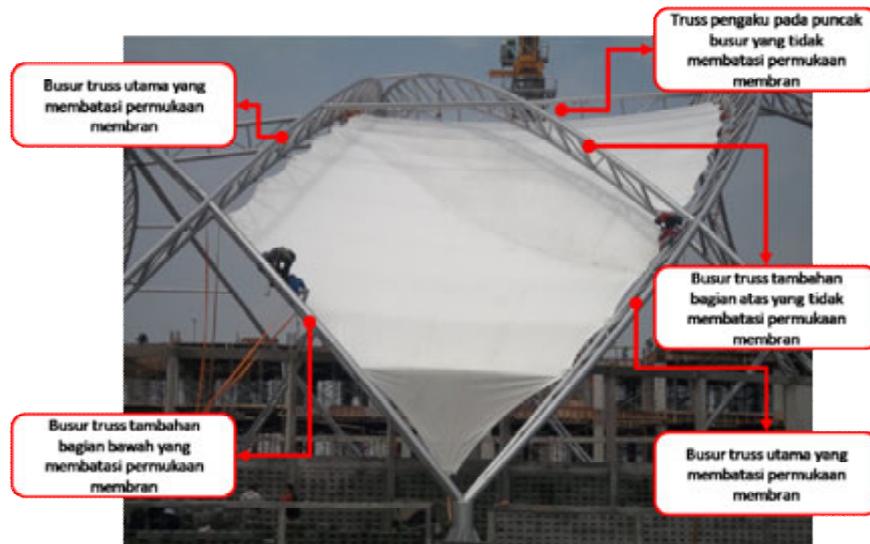


Bentuk Permukaan Membran
Sumber: peneliti

Bangunan ini terdiri dari 7 buah segmen membran berbentuk pelana (*saddle shape*), dimana masing-masing membran ini dibatasi oleh 2 buah busur truss utama dan bagian bawah busur truss tambahan. Busur truss tambahan bagian atas dan truss pengaku pada bagian puncak busur tidak memiliki peran dalam membatasi permukaan membran.



Tepi Permukaan Membran
Sumber: peneliti



Tepi Permukaan Membran pada salah satu segmen

Sumber: peneliti

PERSYARATAN STRUKTUR

Persyaratan sebuah struktur adalah kuat, kaku dan stabil.

KEKUATAN STRUKTUR BANGUNAN

Kekuatan bangunan berhubungan erat dengan kekuatan material elemen struktural dalam menyalurkan gaya-gaya akibat beban. Beban yang diperhitungkan adalah beban statis (berat sendiri dari membran dan busur truss) dan bebas dinamis (beban angin), dengan rumus :

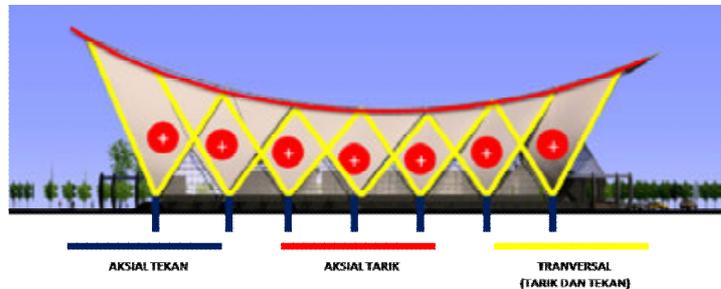
$$\text{Load , } F = 1.2 D + 1.3 W$$

Dimana,

- F = Total beban
- 1.2 = factor beban desain beban static
- D = Total beban static
= Berat rangka seluruh Cremona ditambah berat membrane yang disanggah
- 1.3 = factor beban desain beban angin
- W = beban angin.

- **Membran**, menyalurkan beban melalui **gaya aksial tarik** di sepanjang permukaannya. Kekuatan tarik membran warp/weft nya (dengan ketebalan 1 mm) adalah 120/110 kN/m atau 6000/5500 N/50mm
- **Busur truss**, seharusnya menyalurkan beban melalui gaya aksial tekan. Dikarenakan posisinya dimiringkan 30°, maka muncul gaya **momen** pada busur truss ini, sehingga busur truss ini menyalurkan beban secara **transversal (tarik dan tekan)**. Dimensi batang atas dan bawah yang digunakan adalah baja pipa dengan diameter 8", ketebalan 5mm, batang tegak menggunakan baja pipa dengan diameter 4", ketebalan 3mm dan batang diagonal menggunakan baja pipa dengan diameter 2,5", ketebalan 3mm.

- **Truss pengikat**, fungsinya adalah mengikat busur truss utama dan tambahan, sehingga gaya yang muncul adalah gaya tarik. Namun karena posisinya horizontal, maka truss harus menyalurkan bebannya sendiri secara transversal.



Gaya-gaya yang terjadi pada elemen struktural

Sumber: peneliti

Berdasarkan analisa struktur oleh PT. Winasat, didapatkan hasil perhitungan kekuatan sebagai berikut :

1. Masing-masing struktur busur truss pada saat dikonstruksi secara individual menimbulkan defleksi yang besar, namun setelah dirangkai menjadi satu konstruksi sudah tidak menimbulkan defleksi yang berlebihan.
2. Tegangan bending akibat beban beratnya sendiri untuk masing-masing struktur busur truss masih menunjukkan angka yang tinggi, tetapi pada saat dirangkai menjadi satu konstruksi menunjukkan nilai batas aman tegangan yang diijinkan dalam desain
3. Pada saat elemen membran dipasang pada konstruksi, baik defleksi maupun tegangan busur truss menunjukkan desain yang baik. Tegangan tarik menurut catalog adalah sebesar 120/110 kN/m atau setara dengan 10,9 kg/cm². Dari hasil perhitungan diperoleh tegangan tarik membrane sebesar 6,6 kg/cm². Ini berarti kekuatan membran masih layak untuk diterapkan.

Dari hasil analisa kekuatan struktur diatas, **dapat disimpulkan** bahwa :

Membran kuat menyalurkan beban melalui gaya tarik.

Busur truss tidak mampu melawan momen sehingga menimbulkan defleksi dan tegangan bending yang berlebihan pada saat dikonstruksi secara individual. Untuk mengatasi hal tersebut, ada beberapa alternatif agar busur truss kuat menahan momen yang muncul :

- Dimensi pipa dibesarkan agar pipa baja tersebut mampu menahan momen.
- Busur truss diganti dengan busur space truss, agar memiliki ketinggian struktur yang dapat melawan momen.
- Pada saat konstruksi dilakukan, diperlukan banyak penahan agar busur tidak melendut.

KEKAKUAN STRUKTUR BANGUNAN

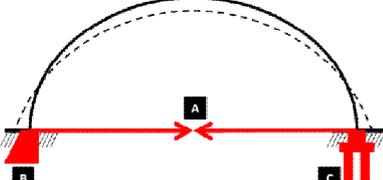
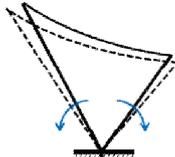
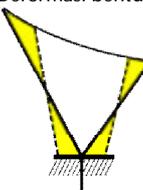
Kekakuan struktur berhubungan dengan material yang digunakan. Material yang digunakan sebagai elemen struktur adalah sebagai berikut:

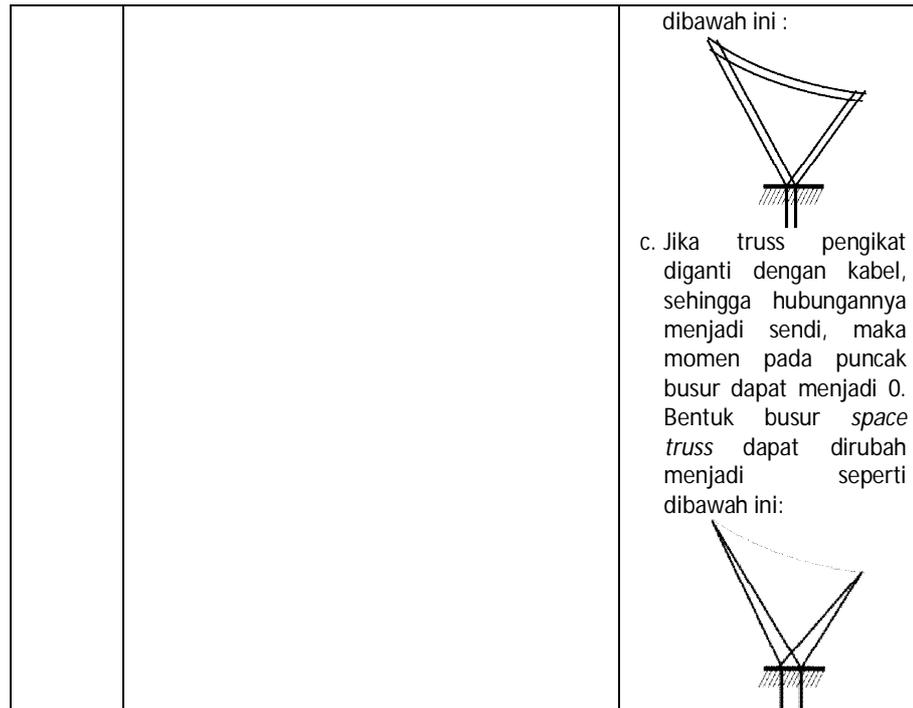
- **Busur truss**, menggunakan material pipa baja. Material pipa baja sebenarnya adalah material yang kaku, namun karena truss mengalami momen lentur, dan hasil perhitungan kekuatan menyatakan tidak mampu menahan momen lentur, maka dapat disimpulkan busur truss tidak kaku. Untuk meningkatkan kekakuan, dimensi batang dapat diperbesar atau merubah busur truss menjadi *space truss* yang lebih mampu melawan momen lentur.
- **Membran**. Material ini termasuk material yang fleksibel/tidak kaku. Untuk memperoleh kekakuannya, membran dilengkungkan kedua arah secara berlawanan.

KESTABILAN STRUKTUR BANGUNAN

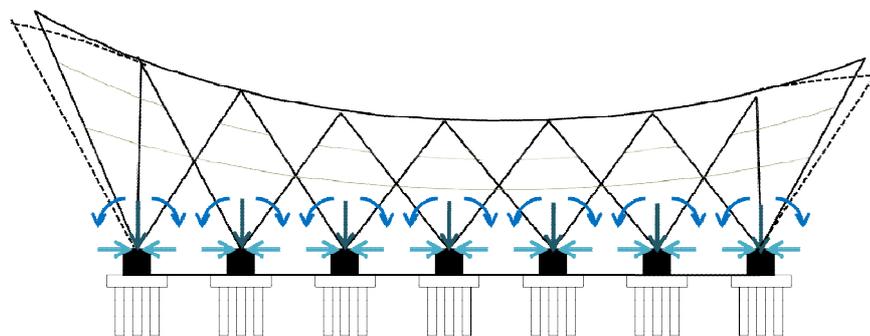
Bangunan ini dapat dipandang juga memiliki 7 pasang busur truss yang kemudian dirangkai saling menyilang. Dalam mengkaji kestabilan struktur seluruh bangunan, akan dilakukan kajian 1 pasang busur truss terlebih dahulu.

KAJIAN KESTABILAN 1 PASANG BUSUR TRUSS & MEMBRAN		
	Arah melintang bangunan	Arah memanjang bangunan
Kestabilan Membran		
	Gaya tarik arah kelengkungan utama akan distabilkan dengan gaya tarik arah kelengkungan sekunder, sehingga kestabilan ditentukan oleh tarikan pada setiap hubungan membran ke truss.	
Kestabilan Busur		
$\Sigma H = 0$	Aksi : Adanya gaya tekan horizontal yang mendorong ke luar pada tumpuan busur yang dapat menyebabkan deformasi bentuk.	Aksi : Adanya gaya tekan horizontal pada tumpuan dari masing-masing busur yang saling berlawanan.

	<p>Reaksi :</p> <ol style="list-style-type: none"> Dapat menggunakan <i>tension beam</i> diantara kaki busur → tidak ada Dapat dilawan dengan bentuk pedestal yang melawan gaya diagonalnya → tidak ada Dapat dilawan sepenuhnya oleh pondasi. Sehingga pondasi perlu diperbesar.  <p>Pada bangunan ini, reaksi tipe C yang dipilih.</p>	<p>Reaksi :</p> <p>Gaya tekan horizontal pada tumpuan akan saling menghilangkan, sehingga pondasi tidak menanggung gaya horizontal, sekalipun menanggung, hanya resultan dari gaya horizontal tersebut (relative kecil dibandingkan tidak ada busur yang melawan).</p>
<p>$\Sigma V = 0$</p>	<p>Aksi : Adanya gaya tekan vertikal dari busur truss</p> <p>Reaksi : Mengandalkan kekuatan tekan dari pondasi tiang pancang (6 mini pile segitiga dengan panjang sisinya adalah 28 cm)</p>	
<p>$\Sigma M = 0$</p>	<p>Aksi : Adanya momen negatif di tumpuan busur dan momen positif di puncak busur.</p> 	<p>Aksi : Adanya gaya momen yang besar pada tumpuan jepit akibat busur truss yang dimiringkan 30° ini. Adanya gaya momen ini dapat menyebabkan deformasi. Adanya truss penguat yang dihubungkan secara jepit menyebabkan momen pada puncak menjadi besar.</p>  <p>Deformasi bentuk</p>  <p>Bidang momen</p>
	<p>Reaksi : Momen dilawan dengan ketinggian elemen busurnya. (t busur di tumpuan = 150 cm, t busur di puncak = +/- 140 cm)</p>	<p>Reaksi :</p> <ol style="list-style-type: none"> Momen dapat dilawan dengan ketebalan elemen busur. Karena menggunakan busur truss, ketebalannya mengandalkan ketebalan pipa. Jika ketebalan pipa tidak mampu melawan momen, maka bentuk busur harus mengalami perubahan menjadi <i>space truss</i>, seperti



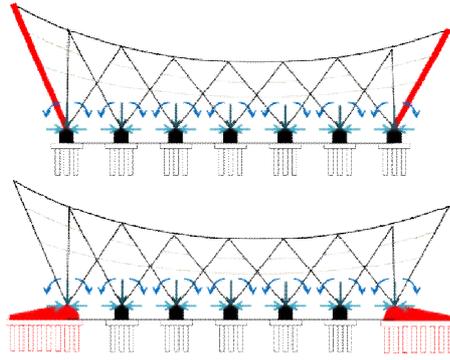
Setelah 7 pasang busur truss itu dirangkai, maka gaya momen pada busur-busur yang saling terikat dapat saling menahan busur satu dengan yang lainnya. Namun, gaya momen pada busur-busur truss terluar tidak ada yang mengimbangi, sehingga dapat terjadi deformasi bentuk. Busur truss terluar akan 'jatuh' dan menarik truss pengikat, sehingga ada perubahan bentuk pada truss pengikat.



Deformasi bentuk akibat gaya momen
Sumber: peneliti

Dari kondisi tersebut, busur terluar harus dirancang agar mampu menahan bentuknya sendiri, dengan :

- Memperbesar dimensi pipa, agar dapat menahan momen
- Mengganti busur truss menjadi busur space truss.
- Momen yang besar pada tumpuan dilawan dengan menggunakan pedestal.



Busur truss terluar, dimensi pipa diperbesar atau merubah menjadi *space truss* (atas)
Perubahan bentuk pada pedestal dan pondasi agar mampu melawan momen (bawah)

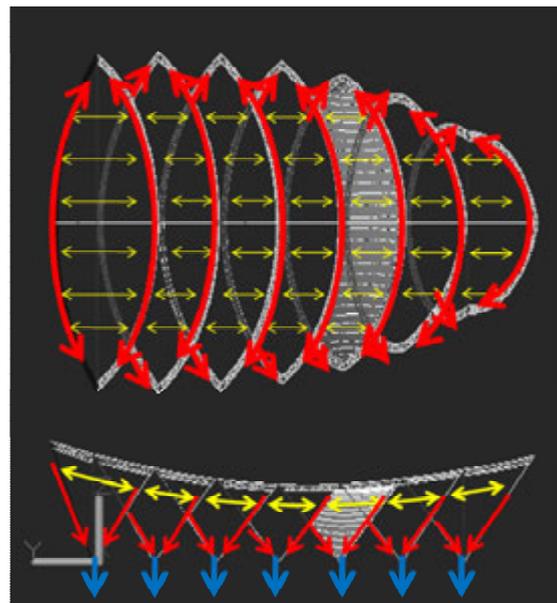
Sumber: peneliti

PENYALURAN BEBAN

PENYALURAN BEBAN GRAVITASIONAL

Yang termasuk ke dalam beban gravitasional adalah beban mati dan beban hidup. Beban mati yang diterima oleh struktur atap hanya beban struktural, yaitu berat sendiri dari rangka pipa baja dari busur truss, dan berat sendiri membran. Beban hidup yang diterima struktur atap adalah beban air hujan dan beban orang pada waktu pemeliharaan atap.

Beban gravitasional yang diterima oleh membran, akan disalurkan menuju busur truss searah dengan kelengkungan primer. Busur truss akan menyalurkan beban gravitasional tersebut menuju pedestal. Pedestal akan menyalurkan bebannya ke pondasi lalu ke tanah.



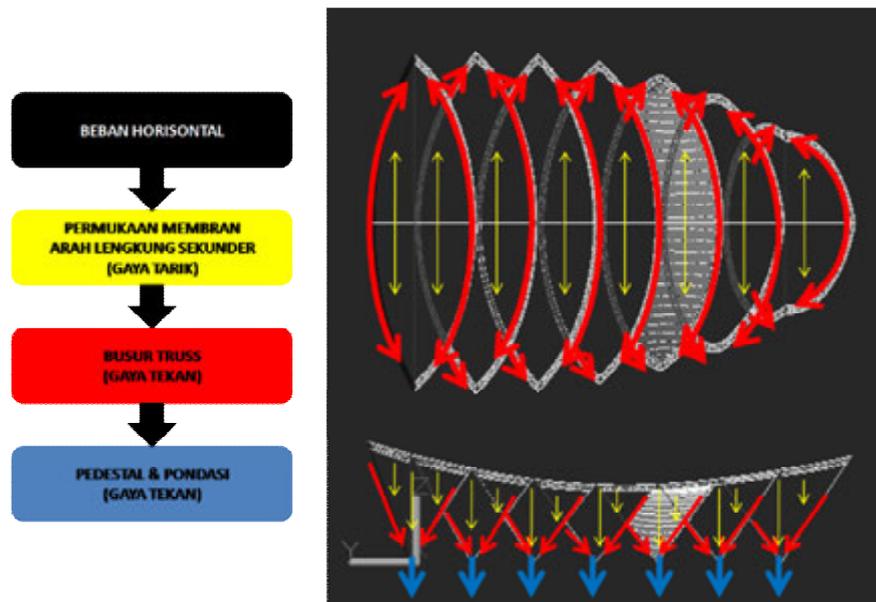
Penyaluran Beban Gravitasiional

Sumber: peneliti

PENYALURAN BEBAN LATERAL

Beban lateral terbesar pada bangunan ini adalah beban angin. Beban angin dapat menyebabkan sebagian permukaan membran mengalami beban tekan (*pressure*) dan sebagian lagi mengalami beban isap (*suction*). Sama halnya dengan permukaan membran, sebagian busur truss mengalami *pressure* dan sebagian mengalami *suction*.

Beban lateral/angin yang diterima oleh membran, akan disalurkan menuju busur truss searah dengan kelengkungan sekunder. Busur truss akan menyalurkan beban tersebut menuju pedestal. Pedestal akan menyalurkan bebannya ke pondasi lalu ke tanah.



Penyaluran Beban Lateral yang diterima oleh Membran

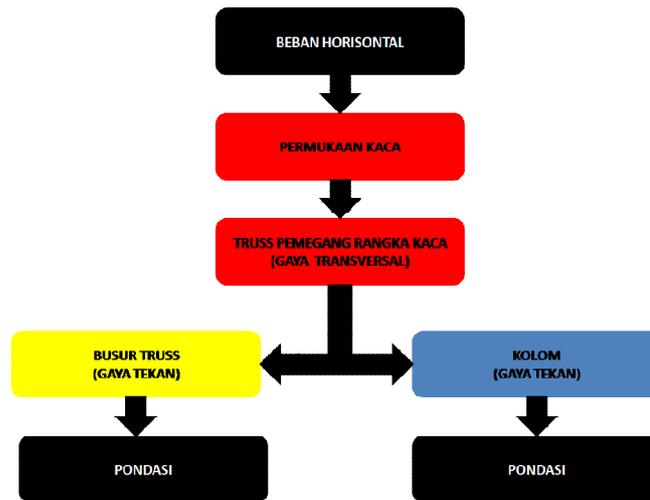
Sumber: peneliti

Beban lateral/angin dari depan atau belakang bangunan akan diterima oleh fasade kaca yang ditopang oleh truss, lalu disalurkan ke busur truss dan kolom yang menopang pemegang rangka kaca, lalu disalurkan ke pondasi.



Penyaluran Beban Lateral yang diterima oleh Fasade kaca

Sumber: peneliti



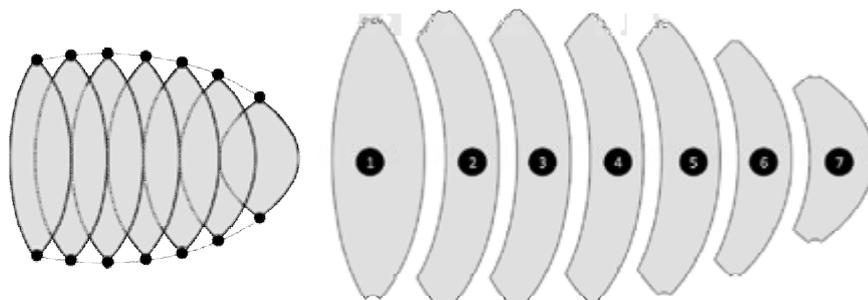
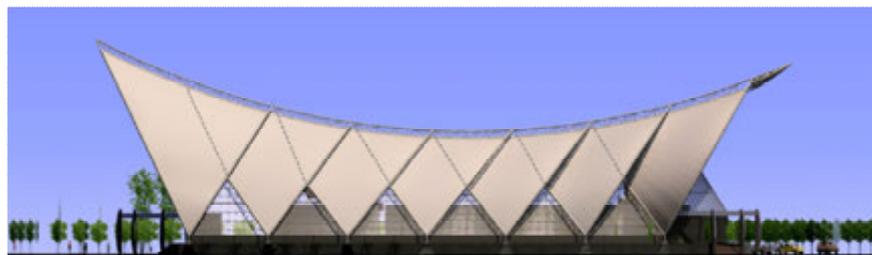
Bagan Penyaluran Beban Lateral yang diterima oleh Fassade kaca
 Sumber: peneliti

4.3.2 ELEMEN STRUKTUR

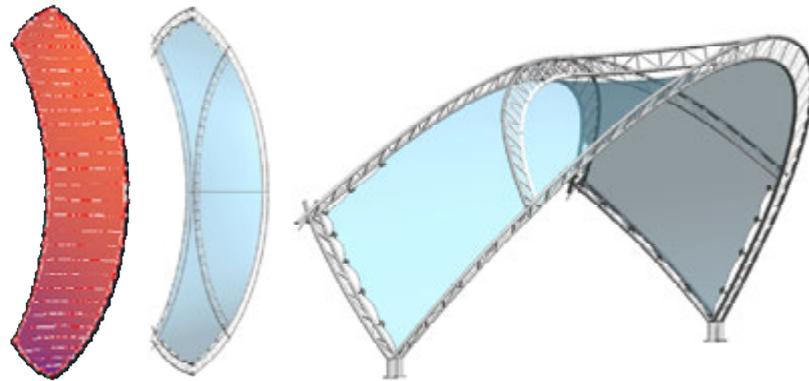
MEMBRAN

BENTUK PERMUKAAN MEMBRAN

Terdiri dari 7 segmen membran 'saddle shape' yang terpotong. Lebar segmen 1 adalah 15 m, segmen 2-6 adalah 12 m dan segmen 7 adalah 12m.



7 Segmen membran
 Sumber: peneliti



Membran segmen ke-5

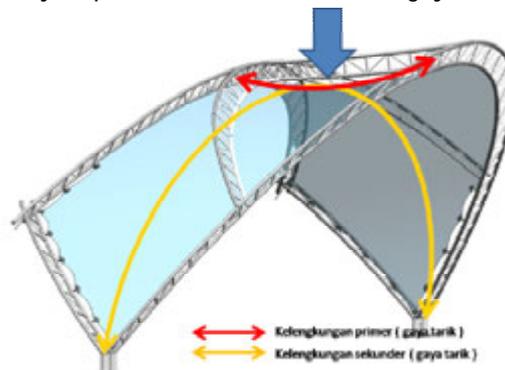
Sumber: peneliti

1 segmen membran dibagi atas 29 strip sejajar dengan kelengkungan utama. Kelengkungan membran terdiri dari 2, yaitu kelengkungan primer dan kelengkungan sekunder. Sag ratio untuk permukaan membran ini adalah (diambil dari segmen ke-5):

Tipe Kelengkungan	L (span)	F (sag)	L/f	Keterangan
Utama	1150 cm	40 cm	28,75	$L/f > 10 \rightarrow$ tegangan kecil
Sekunder	5450 cm	1450 cm	3,75	$L/f < 10 \rightarrow$ tegangan besar

GAYA YANG TERJADI PADA MEMBRAN

Beban-beban pada membran disalurkan secara 2 arah menuju busur truss. Gaya-gaya yang terjadi pada membran ini adalah gaya aksial tarik.



Penyaluran Beban pada Membran

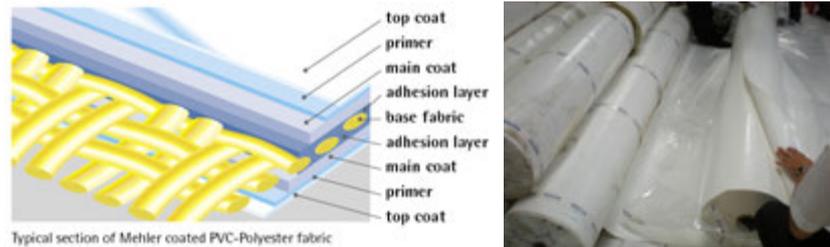
Sumber: peneliti

SPESIFIKASI MATERIAL

Spesifikasi material membran yang digunakan adalah :

- MERK : MEHLER TECHNOLOGIES
- TYPE : FR 1000 MEHATOP F - type III
- Thickness : 10mm
- Width : 250 cm
- Type of coating : PVC

- Type of finish : PVDF-lacquer on both sides, protected against microbial and fungal attack, UV-protected, low-wick
- Total weight : 1050 g/m²
- Tensile strength (warp/weft) : 120/110 kN/m
6000 / 5500 N/50 mm
- Tear strength (warp/weft) : 900 / 800 N



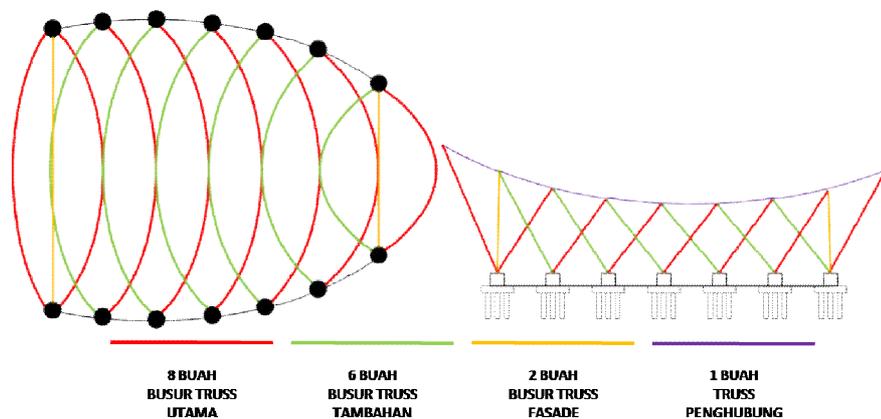
Membran FR 1000 MEHATOF F – type III
 Sumber: brosur Membran Mehler Technologies

BUSUR TRUSS

BENTUK

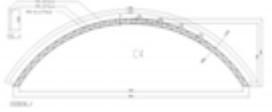
Busur truss yang digunakan merupakan busur jepit, dengan konfigurasi sebagai berikut :

KATEGORI	JUMLAH	POSISI
BUSUR TRUSS UTAMA	8 BUAH	MIRING 30°
BUSUR TRUSS TAMBAHAN	6 BUAH	MIRING 30°
BUSUR TRUSS FASADE	2 BUAH	TEGAK LURUS
TRUSS PENGHUBUNG	1 BUAH	TEGAK LURUS



Konfigurasi Busur Truss
 Sumber: peneliti

Bentuk masing-masing truss adalah sebagai berikut :

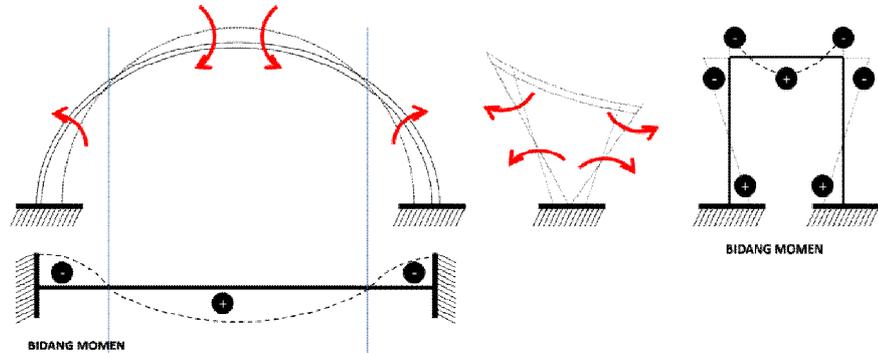
Truss	L	H	d	Ratio tinggi busur (1/5 – 1/8)	Ratio tebal busur (1/30 – 1/50)
Busur Truss Utama 1  Multiple curvature	63	23,5 (tertinggi)	1,41	1/2,68	1/44,68
Busur Truss Utama 2  Single curvature	63	20,5	1,38	1/3,07	1/45,65
Busur Truss Utama 3  Single curvature	64 (terbesar)	18,7	1,32	1/3,42	1/48,48
Busur Truss Utama 4  Single curvature	63	17,8	1,30	1/3,54	1/48,46
Busur Truss Utama 5  Single curvature	60,2	16,8 (terendah)	1,33	1/3,58	1/45,26
Busur Truss Utama 6  Single curvature	54,8	18,7	1,40	1/2,93	1/39,14
Busur Truss Utama 7  double curvature	46,4	20,3	1,42	1/2,28	1/32,67
Busur Truss Utama 8  double curvature	32,3 (terkecil)	23,4	1,47	1/1,38	1/21,97

Truss	L	H	d	Ratio tinggi busur (1/5 – 1/8)	Ratio tebal busur (1/30 – 1/50)
Busur Truss Tambahan 1  multiple curvature	64,0	22,6	1,50	1/2,83	1/42,66
Busur Truss Tambahan 2  multiple curvature	63	17,8	1,46	1/3,54	1/43,15
Busur Truss Tambahan 3  multiple curvature	60,2	17,8	1,43	1/3,38	1/42,10
Busur Truss Tambahan 4  multiple curvature	54,8	18,7	1,36	1/2,93	1/40,29
Busur Truss Tambahan 5  multiple curvature	46,4	20,3	1,42	1/2,28	1/32,67
Busur Truss Tambahan 6  multiple curvature	32,3 (terkecil)	23,4	1,53	1/1,38	1/21,11
Busur Truss Fasade 1  multiple curvature	63	19,6	1,42	1/3,21	1/44,36
Busur Truss Fasade 2  multiple curvature	32,3 (terkecil)	23,4	1,15	1/1,38	1/28,08

Dari bagan diatas dapat disimpulkan tinggi busur tidak optimal (terlalu tinggi). Ketinggian busur ditentukan oleh fungsi ruang bukan optimal/tidaknya struktur busur itu sendiri. Tebal busur dominan optimal, kecuali pada busur truss utama 8 dan busur truss fasade 2 (terlalu tebal).

GAYA YANG TERJADI PADA BUSUR TRUSS

Tipe busur yang dipilih adalah busur jepit, sehingga menimbulkan momen terhadap busur. Hal ini menyebabkan busur tidak lagi menyalurkan beban secara aksial.



Momen yang terjadi pada busur

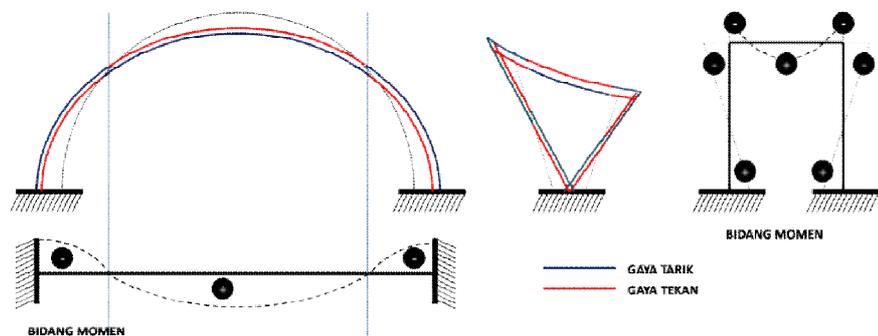
Sumber: peneliti

Busur pada area momen negatif,

- batang atas akan mengalami gaya tarik
- batang bawah akan mengalami gaya tekan
- Pipa bagian dalam akan mengalami gaya tekan
- Pipa bagian luar akan mengalami gaya tarik

Busur pada area momen positif,

- batang atas akan mengalami gaya tekan
- batang bawah akan mengalami gaya tarik.
- Pipa bagian dalam akan mengalami gaya tarik
- Pipa bagian luar akan mengalami gaya tekan



Gaya tarik-tekan yang terjadi pada busur

Sumber: peneliti

MATERIAL

Material yang digunakan untuk busur truss adalah baja pipa, dengan dimensi sebagai berikut:

- Batang atas dan bawah → baja pipa d = 8" t = 5mm
- Batang tegak → baja pipa d = 4" t = 3mm
- Batang miring → baja pipa d = 2,5" t = 3mm

Properti fisik material baja pipa adalah sebagai berikut :

ITEM	SATUAN	FORMULASI	NILAI
Pipa Mild Steel Diameter 8 inch			
Diameter luar pipa	cm	D_o	21,91
Tebal pipa	cm	t	0,5
Diameter dalam pipa	cm	$D_i = D_o - 2t$	20,91
Luas Penampang irisan pipa, A	cm ²	$0.785 (D_o^2 - D_i^2)$	33,61
Inersia penampang pipa, I	cm ⁴	$0.049 (D_o^4 - D_i^4)$	1924,61
Torsional penampang pipa, J	cm ⁴	$0.098 (D_o^4 - D_i^4)$	3849,22
Berat pipa per satuan panjang, w	kg / cm	$0.00785 A$	0,26
Pipa Mild Steel Diameter 4 inch			
Diameter luar pipa	cm	D_o	11,43
Tebal pipa	cm	t	0,32
Diameter dalam pipa	cm	$D_i = D_o - 2t$	10,79
Luas Penampang irisan pipa	cm ²	$0.785 (D_o^2 - D_i^2)$	11,16
Inersia penampang pipa	cm ⁴	$0.049 (D_o^4 - D_i^4)$	172,16
Torsional penampang pipa	cm ⁴	$0.098 (D_o^4 - D_i^4)$	344,32
Berat pipa per satuan panjang	kg / cm	$0.00785 A$	0,087
Pipa Mild Steel Diameter 2½ inch			
Diameter luar pipa	cm	D_o	7,30
Tebal pipa	cm	t	0,32
Diameter dalam pipa	cm	$D_i = D_o - 2t$	6,66
Luas Penampang irisan pipa	cm ²	$0.785 (D_o^2 - D_i^2)$	7,01
Inersia penampang pipa	cm ⁴	$0.049 (D_o^4 - D_i^4)$	42,74
Torsional penampang pipa	cm ⁴	$0.098 (D_o^4 - D_i^4)$	85,49
Berat pipa per satuan panjang	kg / cm	$0.00785 A$	0,05

Sifat fisik material baja struktural adalah

- Berat jenis, $\gamma = 0.077 \text{ N/cm}^3$
- Modulus Elastisitas, $\epsilon = 2.10\text{E}+07 \text{ N/cm}^2$

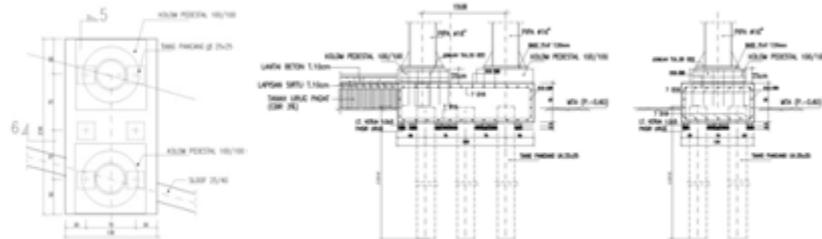
Karakteristik mekanis baja struktural adalah:

Jenis Baja	Tegangan putus minimum, fu (MPa or N/cm ²)	Tegangan putus minimum, fu (MPa or N/cm ²)
BJ 34	340	210
	34.000	21.000
BJ 37	370	240
	37.000	24.000
BJ 41	410	250
	41.000	25.000
BJ 50	500	290
	50.000	29.000
BJ 55	550	410
	55.000	41.000

PEDESTAL DAN PONDASI

BENTUK

Pedestal untuk masing-masing pipa utama berbentuk kotak 1,00 x 1,00 m dengan ketinggian 25 cm. Pedestal berdiri langsung diatas poor dengan dimensi 1,30 x 2,50 m dengan ketinggian 70 cm. Pondasi dalam berupa mini pile ukuran 25 x 25 cm sebanyak 6 buah sedalam 9 m.



Denah & Potongan Pedestal

Sumber: dokumen gambar kerja

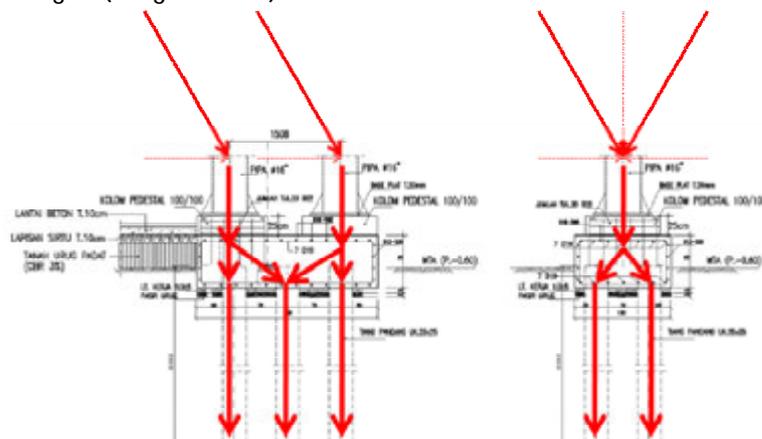


Pedestal pada proses konstruksi

Sumber: peneliti

GAYA YANG TERJADI PADA PEDESTAL

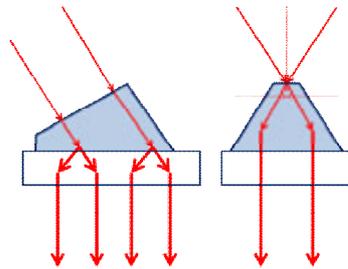
Bentuk pedestal tidak mengakomodasi gaya horizontal yang terjadi akibat bentuk busur, sehingga gaya horizontal dilawan dengan kekuatan sambungan (sangat riskan).



Penyaluran Beban pada Pedestal dan Pondasi

Sumber: peneliti

Agar beban pada sambungan tidak terlalu besar, gaya horizontal harus diakomodasi oleh pedestal maka bentuk pedestal dapat dirubah sebagai berikut :



Bentuk Pedestal yang dapat mengakomodasi gaya horisontal

Sumber: peneliti

4.4 KAJIAN KONSTRUKSI

4.4.1 SAMBUNGAN

SAMBUNGAN MEMBRAN

PERMUKAAN MEMBRAN

Hubungan membran-membran menggunakan sambungan permanen tipe *welded seam*. Proses yang digunakan adalah ***Hi-frequency welded*** (pengelasan dengan frekuensi tinggi).

Sambungan dibuat searah dengan kelengkungan primer, sehingga sambungan menjadi perkuatan struktur bukan perlemahan. Overlapping membrane dibuat selebar 4 cm. Membran yang posisinya lebih atas harus berada di atas membrane yang posisinya lebih rendah.



Sambungan Permukaan Membran

Sumber: peneliti

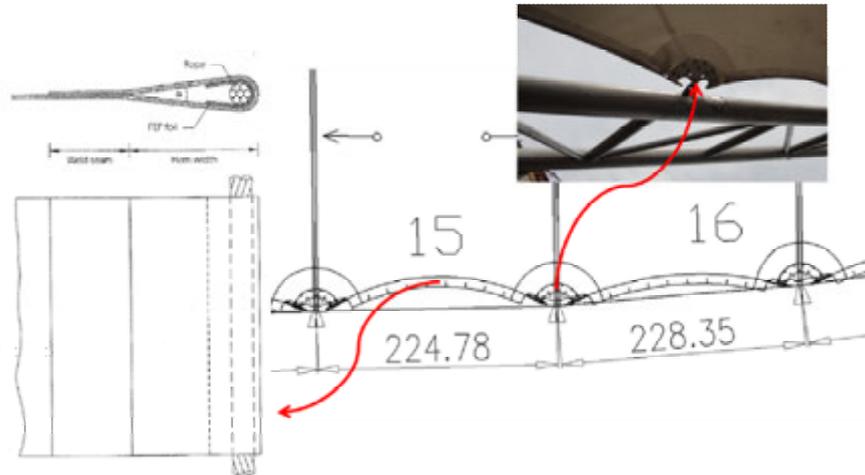


Hasil Sambungan Las pada Permukaan Membran

Sumber: peneliti

TEPIAN MEMBRAN

Pada tepian membran menggunakan tipe *Flexible edge – rope edge.*, yang diperkuat dengan *clamp plate* pada setiap sambungan permukaan membran, agar mencegah sambungan permukaan membran rusak.

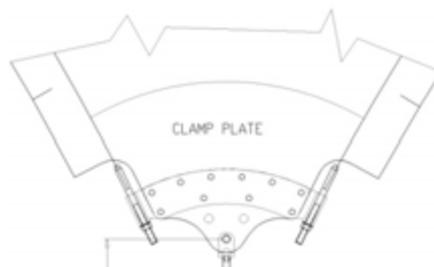


Tepian Membran

Sumber: peneliti

SUDUT MEMBRAN

Pada sudut membran, menggunakan tipe '*rope corner with clamp plate*'



Sudut Membran

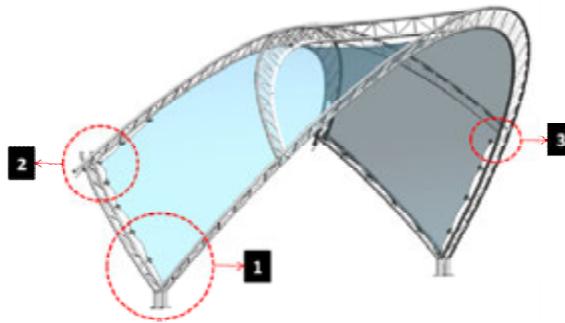
Sumber: peneliti

SAMBUNGAN MEMBRAN-TRUSS

Pada sambungan permukaan membran dengan truss adalah berupa sambungan titik, bukan garis. Camp plate pada tepian membran yang merupakan titik hubung dengan truss.

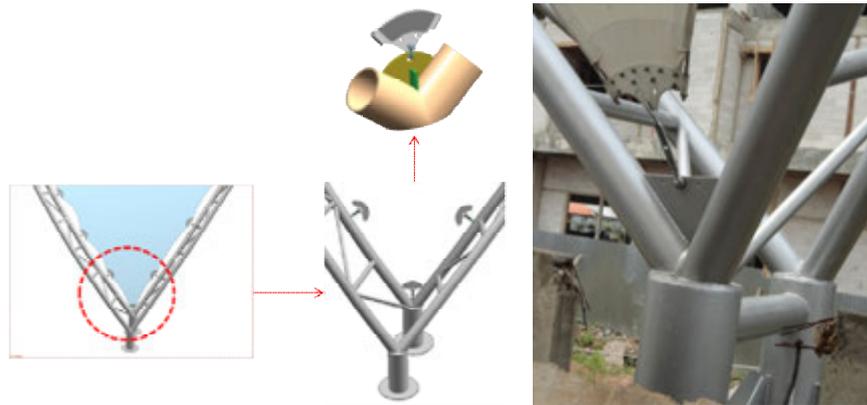
Pada sambungan ini, dipakai 3 detail, yaitu:

- Detail 1 : Clamp plate yang berhubungan dengan 2 batang truss-vertikal
- Detail 2 : Clamp plate yang berhubungan dengan 2 batang truss
- Detail 3 : Clamp plate yang berhubungan dengan 1 batang truss



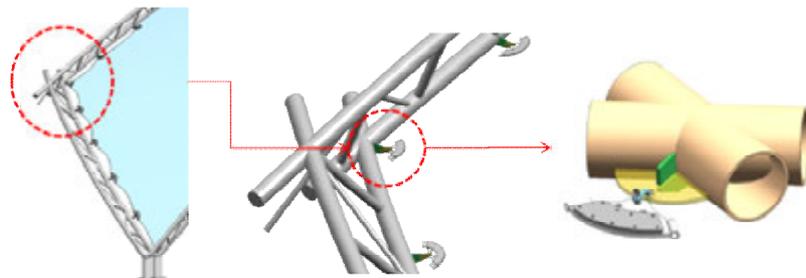
Detail Sambungan Permukaan Membran dengan Truss

Sumber: CV Sumber Hegar Kreasi



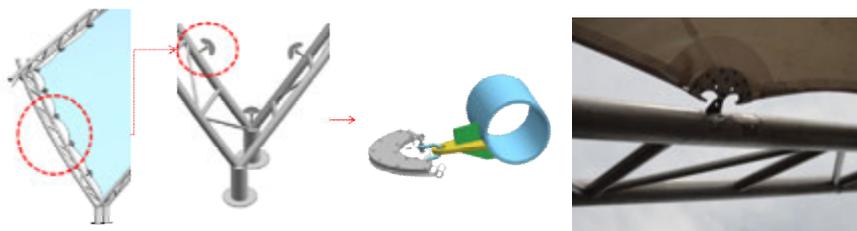
Detail Sambungan Permukaan Membran dengan Truss - 1

Sumber: CV Sumber Hegar Kreasi dan peneliti



Detail Sambungan Permukaan Membran dengan Truss - 2

Sumber: CV Sumber Hegar Kreasi dan peneliti



Detail Sambungan Permukaan Membran dengan Truss - 3

Sumber: CV Sumber Hegar Kreasi dan peneliti

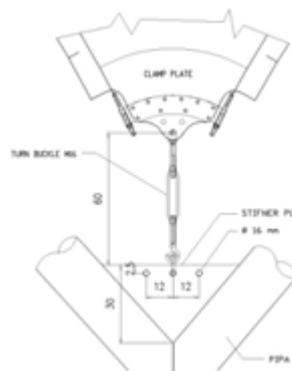
Pada truss disiapkan *stiffner plat* yang dilas untuk menyambungkan *clamp plate* pada membran.



Plat yang dipasang pada tumpuan (kiri) dan Plat yang dipasang pada batang truss (kanan)

Sumber: peneliti

Antara *clamp plate* dengan *stiffner plat* pada tumpuan disambungkan dengan *turn backle*.



Turn Backle

Sumber: peneliti

Kekuatan tarik dari sambungan mengandalkan kekuatan las antara stiffner plat dan truss.

SAMBUNGAN TRUSS-TRUSS

Sambungan antara batang truss menggunakan sambungan las tanpa plat pengaku, sehingga hubungannya menjadi jepit, tidak lagi hubungan sendi, yang merupakan hubungan antar rangka batang.



Sambungan las pada batang-batang truss

Sumber: peneliti

Batang truss utama dengan batang truss utama disambung dengan sambungan las, namun didalamnya diperkuat dengan baja pipa.

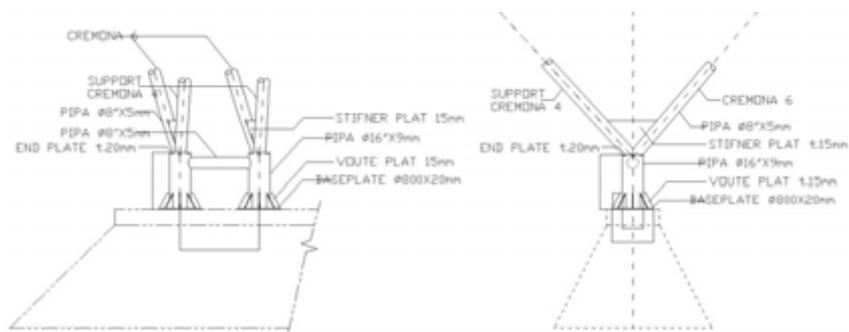


Sambungan las antar batang utama truss

Sumber: peneliti

SAMBUNGAN TRUSS-PEDESTAL

Batang-batang utama dari 2 buah busur yang bertumpu pada 1 pedestal di hubungkan dengan sebuah pipa baja vertikal dengan diameter 16" dengan tipe sambungan las. 2 buah pipa baja vertikal ini dihubungkan dengan pipa 8" untuk mengatasi gaya geser diantara batang-batang utama. Kemudian pipa baja vertikal ini dilas ke *baseplate* dengan perkuatan *voute plat* sebanyak 8 buah. Base plat kemudian diangkur kepada pedestal beton dibawahnya.



Sambungan truss - pedestal

Sumber: CV Sumber Hegar Kreasi



Angkur ke dalam pedestal (kiri) dan Baseplate-Vouteplat (kanan)

Sumber: peneliti



Sambungan batang-batang utama busur-pipa vertikal (kiri) dan pipa horizontal (kanan)

Sumber: peneliti

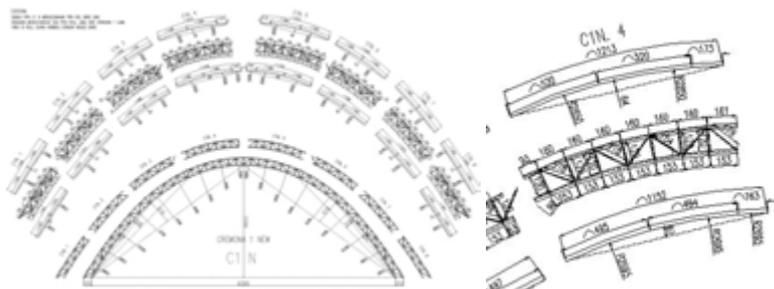
4.4.2 PROSES KONSTRUKSI

FABRIKASI

FABRIKASI BUSUR TRUSS

1. Perencanaan Fabrikasi

Karena panjang pipa terbatas, maka busur truss harus dibagi menjadi beberapa segmen. Hal ini juga mempermudah ketika memindahkan dari workshop ke lapangan. Panjang 1 segmen berkisar 5-6 m.



Perencanaan Fabrikasi 1 busur truss (kiri) dan 1 segmen busur truss (kanan)

Sumber: CV Hegar Sumber Kreasi

2. Roll batang-batang utama

Dalam proses ini dibutuhkan tingkat presisi yang tinggi, jika tidak, maka dimensi busur setelah batang-batang dirangkai akan berubah (tidak sesuai dengan perencanaan). Batang-batang yang sudah diroll kemudian diidentifikasi agar tidak tertukar saat perangkaian busur.



Alat rol baja profil (kiri) dan identifikasi baja hasil roll (kanan)

Sumber: peneliti

3. Pemotongan batang

Pipa baja dipotong sesuai dengan bentuk dan dimensi yang direncanakan. Pipa baja ukuran kecil dipotong dengan menggunakan alat pemotong sedangkan untuk ukuran yang besar menggunakan panas tinggi.



Pemotongan baja pipa dengan alat potong (kiri) dan pemotongan dengan menggunakan panas tinggi (kanan)

Sumber: peneliti

4. Penyambungan batang

Batang-batang yang telah dipotong kemudian disambung agar menjadi 1 segmen truss sepanjang 5-6 m. Teknik penyambungan menggunakan metode las.



Hasil las pada sambungan (kiri) dan 1 segmen truss (kanan)

Sumber: peneliti

5. *Stacking dan Identification*

Setelah disambung, segmen busur tersebut ditumpuk sesuai nomer busur dan siap untuk dibawa ke lapangan.



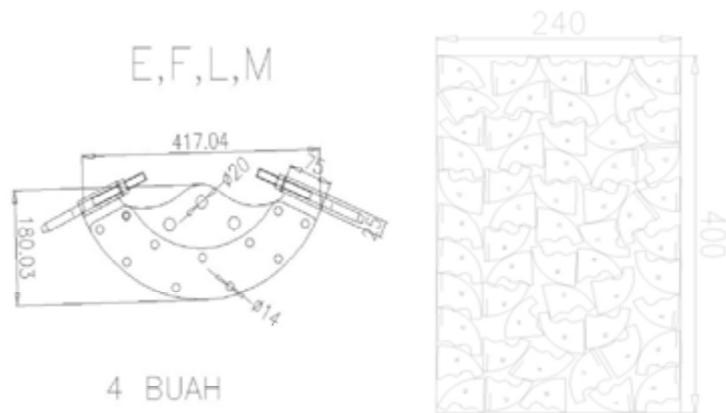
Stacking & Identification

Sumber: peneliti

FABRIKASI PLAT

1. Perencanaan Fabrikasi

Perancangan plat dilakukan dengan komputer. Lalu disusun dalam sebuah bidang ukuran 2,4 x 4 m agar efektif.



Perencanaan Fabrikasi Plat

Sumber: CV Hegar Sumber Kreasi

2. Pemotongan menggunakan laser digital

Hasil dari perencanaan melalui computer kemudian dihungkan dengan alat potong laser digital.



Pemotongan Plat

Sumber: Peneliti

3. Stacking dan identification

Setelah dipotong, kemudian hasilnya diidentifikasi dan disimpan untuk siap dibawa ke lapangan.



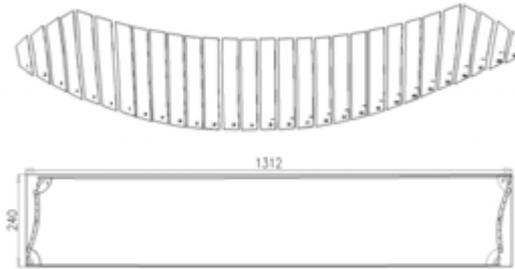
Base Plat (kiri) dan Clamp Plate (kanan)

Sumber: Peneliti

FABRIKASI MEMBRAN

1. Pembuatan pola

Pembuatan pola dibantu dengan program M-Panel. Desain pola akan berpengaruh pada tampilan akhir dan penyaluran bebannya. Faktor penting dalam pembuatan pola adalah bagaimana agar material tidak banyak terbuang. Lebar 1 buah pola adalah 2,30 m dan area overlapping sebesar 4 cm di kedua sisinya. Hal ini dikarenakan material yang ada memiliki lebar 2,50 m.



Pola 1 segmen membran yang terdiri dari 29 strip (atas) dan Pola 1 buah strip (bawah)

Sumber: CV Sumber Hegar Kreasi

2. Print dan pemotongan

Setelah proses pemolaan selesai, masing-masing pola diprint pada membran. Setelah diprint dilakukan pengukuran ulang atas hasil print, lalu setelah itu dipotong dengan menggunakan gunting.



Printer (kiri) dan Hasil print yang siap dipotong (kanan)

Sumber: Peneliti

3. Penyambungan

Sebelum disambung menggunakan HF welded, membran harus dipastikan bersih dari debu-debu. Adanya debu akan membuat sambungan tidak baik dan mempengaruhi kekuatannya.



Alat untuk menyambung garis lurus (kiri) dan Alat untuk menyambung garis lengkung (kanan)

Sumber: Peneliti

INSTALASI DI LAPANGAN

INSTALASI: PEDESTAL

1. Pembuatan pile cap dan tulangan pedestal beton
2. Pembuatan bekisting pedestal
3. Pemasangan angkur (dengan penyocokan mal angkur)
4. Pengecoran pedestal
5. Pemasangan base plat, dan pipa vertikal
6. Pemasangan pipa horisontal



***Pembuatan pile cap dan tulangan pedestal beton (kiri)
dan pembuatan bekisting pedestal (kanan)***

Sumber: Peneliti



Pemasangan angkur (kiri) dan Pengecoran pedestal (kanan)

Sumber: Peneliti



***Pemasangan base plat, pipa vertikal dan voute plat (kiri) dan
pemasangan pipa horisontal (kanan)***

Sumber: Peneliti

INSTALASI: BUSUR TRUSS

1. Penyambungan segmen busur menjadi busur yang utuh
2. Pengangkatan busur truss ke-1 dengan 3 mobile crane, 1 mobile crane menahan busur truss ke-1 dan 2 mobile crane mengangkat busur truss ke-2. Kedua busur saling menopang.
3. Pengelasan busur truss pada pedestal (baja pipa vertikal)



Penyambungan segmen busur(kiri) dan penyimpanan pada lapangan (kanan)

Sumber: Peneliti



Pengangkatan busur dengan 3 mobile crane

Sumber: Peneliti



2 busur yang saling menopang (kiri) dan Pengelasan kaki busur (kanan)

Sumber: Peneliti



2 pasang busur (kiri) dan 5 pasang busur (kanan)

Sumber: Peneliti

Dalam proses instalasi busur truss, terdapat beberapa masalah:

1. Busur truss mengalami defleksi.
Hal ini dapat mempengaruhi gaya tarik yang terjadi pada membran.
2. Busur truss "patah" pada sambungan busur truss tambahan.
Hal ini menyebabkan bentuk busur menjadi berubah seperti "meliuk"
3. Ketidakpresisian kaki busur dan pedestal.
Hal ini menyebabkan batang-batang perlu disesuaikan (dipotong dulu lalu disambung kembali), dan hal ini dapat mempengaruhi penyaluran beban dari busur pada pedestal.
4. Perubahan tinggi busur yang paling rendah.
Hal ini diakibatkan proses rol dan konstruksi busur yang tidak presisi dilapangan. Hal ini berpengaruh merubah bentuk truss pengikat. Bentukan truss pengikat menjadi seolah-olah patah
5. Busur truss paling luar berubah kemiringannya sehingga truss pengikat ikut turun dan merubah bentuk akhirnya.



Busur truss mengalami defleksi (kiri) dan Busur truss yang "meliuk" (kanan)

Sumber: Peneliti



Ketidakpresisian kaki busur-pedestal

Sumber: Peneliti



"patah" pada truss pengikat (kiri) dan perubahan bentuk truss pengikat (kanan)

Sumber: Peneliti

INSTALASI: MEMBRAN

1. Pemasangan stiffner plat pada sisi busur dan tumpuan
2. Pemasangan jaring pengaman
3. Pemasangan membran pada salah satu sisi busur
4. Membuka membran ke arah busur yang berlawanan.
5. Menghubungkan clamp plate pada stiffner plat dan mengencangkan



Pemasangan stiffner plat pada sisi busur (kiri) dan pada tumpuan (kanan)

Sumber: Peneliti



Pemasangan jaring pengaman (kiri) dan membran pada salah satu busur (kanan)

Sumber: Peneliti



Membuka membran (kiri) dan menyambungkan dengan busur lainnya (kanan)

Sumber: Peneliti



Menghubungkan sudut membran dan mengencangkannya

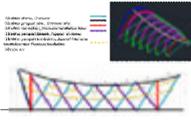
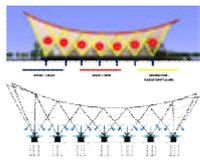
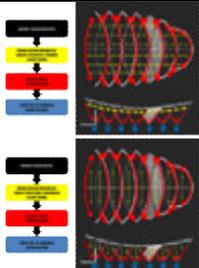
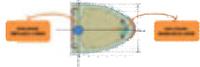
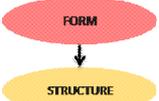
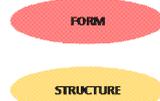
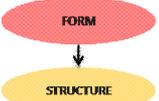
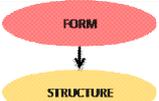
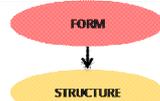
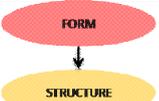
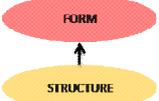
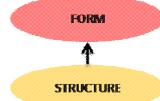
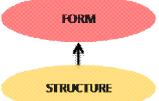
Sumber: Peneliti

BAB 5

KAJIAN KORELASI ANTARA BENTUK, SISTEM STRUKTUR DAN KONSTRUKSI

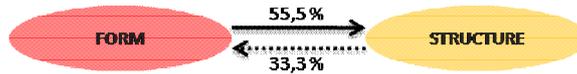
5.1 HUBUNGAN ANTARA BENTUK DAN SISTEM STRUKTUR

5.1.1 BENTUK BANGUNAN – RANCANGAN STRUKTUR MEMBRAN

		RANCANGAN STRUKTUR MEMBRAN		
		Pengembangan Bentuk Struktural	Persyaratan Struktur	Penyaluran Beban
				
BENTUK BANGUNAN	Bentuk Dasar 	Bentuk struktural ditentukan dari bentuk dasar. Bentuk dasar akan mengikat pengembangan bentuk strukturalnya.	Untuk memperoleh kekuatan, penambahan dan perubahan elemen tidak mempengaruhi bentuk dasar bangunan	Bentuk dasar akan mengikat penempatan elemen-elemen yang menyalurkan beban.
				
	Selubung Bangunan 	Bentuk Selubung bangunan sama dengan bentuk struktur yang dipilih.	Kekakuan bangunan ditentukan oleh pembentukan permukaan selubung bangunan	Yang membentuk selubung bangunan adalah elemen-elemen yang menyalurkan beban.
				
	Artikulasi Bangunan 	Artikulasi bangunan sangat ditentukan oleh bentuk, dimensi, tekstur dari bentuk struktur itu sendiri.	Kestabilan bangunan diperoleh dari konfigurasi elemen struktural yang akan membentuk artikulasi bangunan	Elemen-elemen yang menyalurkan beban akan membentuk artikulasi bangunan
				

Kesimpulan :

Bentuk dasar dan bentuk selubung bangunan yang ditentukan oleh arsitek akan menentukan rancangan sistem struktur yang digunakan, dan menjadi acuan untuk konfigurasi elemen-elemen struktur. Namun, konfigurasi, dimensi serta tekstur dari elemen-elemen struktur akan mempengaruhi artikulasi bentukan arsitektur yang terjadi.



Hubungan Sub Variabel Bentuk Bangunan dan Rancangan Struktur Membran

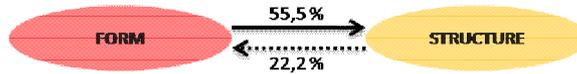
Sumber : Peneliti

5.1.2 BENTUK BANGUNAN – ELEMEN STRUKTUR

		ELEMEN STRUKTUR		
		Membran (Bentuk, Gaya, & Material)	Busur Truss (Bentuk, Gaya, & Material)	Pedestal & Pondasi (Bentuk, Gaya, & Material)
BENTUK BANGUNAN	Bentuk Dasar 	Bentuk dasar bangunan akan menentukan penempatan membran 	Bentuk dasar bangunan akan menentukan penempatan busur truss 	Bentuk dasar bangunan akan menentukan penempatan pedestal dan pondasi
	Selubung Bangunan 	Bentuk Selubung bangunan akan menentukan bentuk permukaan membran dan gaya yang terjadi pada membran.	Bentuk Selubung bangunan akan menentukan bentuk busur truss dan gaya yang terjadi pada truss	Selubung bangunan akan menentukan bentuk pedestal.
	Artikulasi Bangunan 	Bentuk, dimensi dan tekstur dari elemen membran serta penyesuaian bentuk akan mempengaruhi artikulasi bangunan.	Bentuk, dimensi dan tekstur dari elemen busur truss serta perubahan dan penambahan elemen akan mempengaruhi artikulasi bangunan.	Bentuk, dimensi dan tekstur dari elemen pedestal tidak berpengaruh terhadap artikulasi bangunan

Kesimpulan :

Bentuk dasar dan bentuk selubung bangunan yang ditentukan oleh arsitek akan menentukan konfigurasi dan bentuk dasar dari perancangan elemen-elemen strukturnya. Namun, perubahan, penyesuaian bentuk dan penambahan elemen-elemen struktur akan mempengaruhi artikulasi bentuk arsitektur yang terjadi.

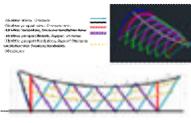
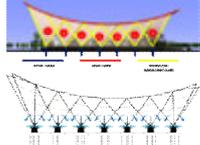
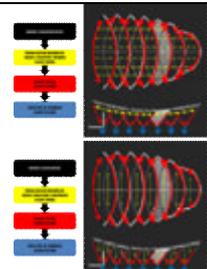
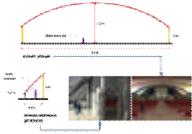
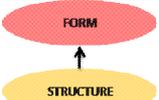
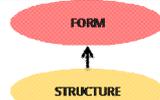


Hubungan Sub Variabel Bentuk Bangunan dan Elemen struktur

Sumber : Peneliti

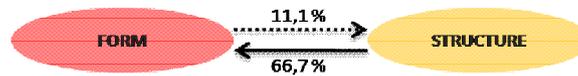
5.1.3 RUANG DALAM BANGUNAN – RANCANGAN STRUKTUR MEMBRAN

		RANCANGAN STRUKTUR MEMBRAN		
		Pengembangan Bentuk Struktural	Persyaratan Struktur	Penyaluran Beban
RUANG DALAM	Elemen Pembentuk Ruang 	Pengembangan bentuk struktural akan mempengaruhi bentuk ruang dalam.	Elemen struktur yang ditambahkan untuk memperoleh kekuatan, kekakuan dan kestabilan struktur bangunan, akan mempengaruhi bentuk ruang yang terjadi	Elemen-elemen penyalur beban merupakan elemen pembentuk ruang. Perubahan bentuk elemen akan mempengaruhi bentuk ruang.
	Organisasi Ruang 	Organisasi ruang yang linear yang menentukan konfigurasi elemen struktur yang linear.	Tidak ada hubungan antara organisasi ruang dan persyaratan struktur	Tidak ada hubungan antara organisasi ruang dan penyaluran beban.

RANCANGAN STRUKTUR MEMBRAN			
	Pengembangan Bentuk Struktural	Persyaratan Struktur	Penyaluran Beban
			
RUANG DALAM	Kualitas Ruang (proporsi & skala, bukaan) 	Perubahan, perbaikan dan penambahan elemen struktur dalam memenuhi persyaratan struktur akan mempengaruhi kualitas ruang dalam	Kualitas ruang akan ditentukan oleh elemen-elemen struktur yang menyalurkan beban & yang tidak menyalurkan beban.
	Pengembangan bentuk struktural akan mempengaruhi kualitas ruang		

Kesimpulan :

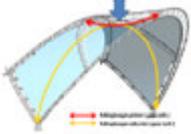
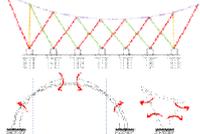
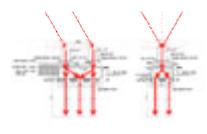
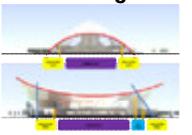
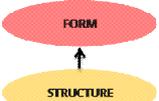
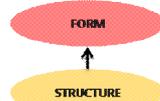
Karena elemen struktur adalah elemen pembentuk ruang, maka rancangan struktur membran akan mempengaruhi bentuk dan kualitas ruang dalam yang terjadi. Organisasi ruang hanya akan mempengaruhi pengembangan bentuk struktural (konfigurasinya).



Hubungan Sub Variabel Ruang Dalam dan Rancangan Sistem Struktur

Sumber : Peneliti

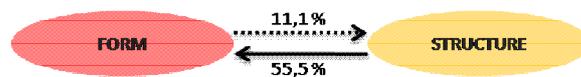
5.1.4 RUANG DALAM BANGUNAN – ELEMEN STRUKTUR

RANCANGAN STRUKTUR MEMBRAN			
	Membran (Bentuk, Gaya, & Material)	Busur Truss (Bentuk, Gaya, & Material)	Pedestal & Pondasi (Bentuk, Gaya, & Material)
			
RUANG DALAM	Elemen Pembentuk Ruang 	Bentuk busur truss akan mempengaruhi bentuk ruang dalamnya.	Tidak ada hubungan antara ruang dalam dan pedestal & pondasi
	Bentuk membran akan mempengaruhi bentuk ruang dalamnya.		

		RANCANGAN STRUKTUR MEMBRAN		
		Membran (Bentuk, Gaya, & Material)	Busur Truss (Bentuk, Gaya, & Material)	Pedestal & Pondasi (Bentuk, Gaya, & Material)
RUANG DALAM	Organisasi Ruang 	Tidak ada hubungan antara organisasi ruang dan elemen struktur membran	Ketinggian busur truss dipengaruhi oleh hirarki ruang organisasinya. (truss tertinggi = titik masuk bangunan)	Tidak ada hubungan antara organisasi ruang dan elemen pedestal dan pondasi.
	Kualitas Ruang (proporsi & skala, bukaan) 	Bentuk, dimensi dan material elemen membran akan mempengaruhi kualitas ruang dalam	Bentuk, dimensi dan material elemen busur truss akan mempengaruhi kualitas ruang dalam	Tidak ada hubungan antara kualitas ruang dan elemen pedestal dan pondasi.

Kesimpulan :

Rancangan elemen struktur (kecuali pedestal & pondasi) akan mempengaruhi bentuk dan kualitas ruang dalam yang dihasilkan. Sedangkan organisasi ruang akan mempengaruhi penempatan elemen struktur – busur truss.



Hubungan Sub Variabel Ruang Dalam dan Elemen struktur

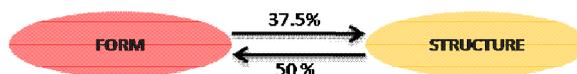
Sumber : Peneliti

5.1.5 KESIMPULAN

		SISTEM STRUKTUR						KORELASI					
		Rancangan Struktur Membran			Elemen Struktur								
		Pengembangan Bentuk Struktural	Persyaratan Struktur	Penyaluran Beban	Membran	Busur Truss	Pedestal & Pondasi	F ↓ S	F ↑ S	F S			
BENTUK	BENTUK BANGUNAN	Bentuk Dasar	F ↓ S	F S	F ↓ S	F ↓ S	F ↓ S	F ↓ S	F ↓ S	5	0	1	
	Selubung Bangunan	F ↓ S	F S	F ↓ S	F ↓ S	F ↓ S	F ↓ S	F ↓ S	F ↓ S	5	0	1	
	Artikulasi Bangunan	F ↑ S	F S	F ↑ S	F ↑ S	F ↑ S	F ↑ S	F ↑ S	F ↑ S	0	5	1	
	RUANG DALAM	Elemen Pembentuk Ruang	F ↑ S	F S	F ↑ S	F ↑ S	F ↑ S	F ↑ S	F ↑ S	F ↑ S	0	6	0
		Organisasi Ruang	F ↓ S	F S	F ↓ S	F ↓ S	F ↓ S	F ↓ S	F ↓ S	F ↓ S	2	0	4
		Kualitas Ruang	F ↑ S	F S	F ↑ S	F ↑ S	F ↑ S	F ↑ S	F ↑ S	F ↑ S	0	5	1
KORELASI		F → S	3	1	2	2	3	1	12				
		F ← S	3	3	3	3	3	1		16			
		F S	0	3	0	0	0	4			4		
KETERANGAN : 0 : Tidak mempengaruhi/dipengaruhi 1-2 : Sedikit mempengaruhi/dipengaruhi (pengaruh rendah) 3-4 : mempengaruhi/dipengaruhi (pengaruh sedang/saling mempengaruhi) 5-6 : Sangat mempengaruhi/dipengaruhi (pengaruh tinggi)													

Dari matriks diatas, dapat disimpulkan:

Perancangan sistem struktur lebih besar pengaruhnya terhadap perancangan bentuk arsitektural dibandingkan pengaruh perancangan bentuk (arsitektural) terhadap perancangan sistem struktur.



Hubungan Variabel Bentuk (Arsitektural) dan Sistem Struktur

Sumber : Peneliti

Korelasi faktor perancangan bentuk (arsitektural) dengan perancangan sistem struktur :

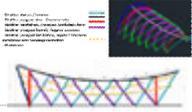
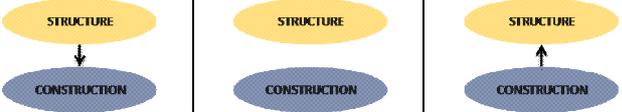
Faktor perancangan bentuk	Sifat korelasi	Level korelasi
Bentuk Bangunan		
a. Bentuk dasar	Mempengaruhi	Tinggi
b. Selubung bangunan	Mempengaruhi	Tinggi
c. Artikulasi bangunan	Dipengaruhi	Tinggi
Ruang Dalam		
a. Bentuk Ruang Dalam	Dipengaruhi	Tinggi
b. Organisasi Ruang	Tidak berhubungan	-
c. Kualitas Ruang Dalam	Dipengaruhi	Tinggi

Korelasi faktor perancangan sistem struktur dengan perancangan bentuk (arsitektural) :

Faktor perancangan sistem struktur	Sifat korelasi	Level korelasi
Rancangan Struktur Membran		
a. Pengembangan Bentuk	Saling berpengaruh	-
b. Persyaratan Struktur	Mempengaruhi	Sedang
c. Penyaluran Beban	Mempengaruhi	Rendah
Elemen Struktur		
a. Membran	Mempengaruhi	Rendah
b. Busur Truss	Saling berpengaruh	-
c. Pedestal & Pondasi	Tidak berhubungan	-

5.2 HUBUNGAN ANTARA SISTEM STRUKTUR DAN KONSTRUKSI

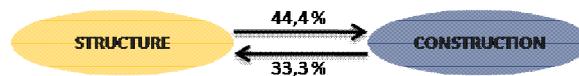
5.2.1 RANCANGAN STRUKTUR MEMBRAN – HUBUNGAN KONSTRUKSI

		HUBUNGAN KONSTRUKSI		
		Sambungan Membran	Sambungan Membran-Truss	Sambungan Truss (& Pedestal)
R. STR. MEMBRAN	Pengembangan Bentuk Struktural 			
	Bentuk permukaan membran akan mempengaruhi arah sambungannya.	Tidak ada hubungan pengembangan bentuk struktural dengan sambungan membran-truss	Sambungan truss-pedestal akan mempengaruhi bentuk strukturalnya	

		HUBUNGAN KONSTRUKSI		
		Sambungan Membran	Sambungan Membran-Truss	Sambungan Truss (& Pedestal)
RANCANGAN STRUKTUR MEMBRAN	Persyaratan Struktur 	Sambungan membran akan dipengaruhi oleh gaya yang bekerja pada membran agar sambungan menjadi perkuatan bukan perlemahan.	Sambungan Membran-Truss dipengaruhi oleh gaya-gaya yang bekerja pada membran dan busur truss	Sambungan antara truss dan pedestal akan mempengaruhi faktor kekuatan, kestabilan dan kekakuan bangunan
	Penyaluran Beban 	Arah penyaluran beban akan mempengaruhi arah sambungan membran	Sambungan Membran-Truss akan mempengaruhi penyaluran beban pada permukaan membran	Tidak ada hubungan antara penyaluran beban dan sambungan truss-pedestal

Kesimpulan :

Rancangan struktur membran (bentuk, persyaratan struktur dan penyaluran beban) akan mempengaruhi arah dan bentuk sambungan membrannya. Sambungan membran-truss akan mempengaruhi penyaluran beban pada permukaan membrannya. Sedangkan hubungan truss-pedestal akan berpengaruh pada bentuk rancangan struktur membran dan bagaimana struktur memenuhi persyaratannya.



Hubungan Sub Variabel Rancangan Struktur Membran dan Hubungan Konstruksi

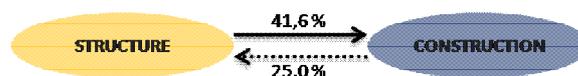
Sumber : Peneliti

5.2.2 RANCANGAN STRUKTUR MEMBRAN – PROSES KONSTRUKSI

		PROSES KONSTRUKSI			
		FABRIKASI		INSTALASI	
		Membran	Busur Truss	Membran	Busur Truss
RANCANGAN STRUKTUR MEMBRAN	Pengembangan Bentuk Struktural 	Bentuk Struktural akan menentukan proses pemolaan membran	Perubahan atau kegagalan proses fabrikasi busur truss akan mempengaruhi bentuk strukturalnya.	Bentuk struktur akan mempengaruhi instalasi membran di lapangan	Deformasi busur truss pada waktu instalasi akan mempengaruhi bentuk struktural
	Persyaratan Struktur 	Persyaratan kekuatan, kekakuan dan kestabilan membran akan mempengaruhi bentuk pemolaan membrane	Tidak ada hubungan persyaratan struktur dengan proses fabrikasi busur truss	Instalasi membran (proses pengencangan) dipengaruhi oleh persyaratan strukturnya.	Deformasi busur truss pada waktu instalasi akan mempengaruhi kekuatan, kekakuan dan kestabilan struktur
	Penyaluran Beban 	Bentuk pola 1 strip membran dipengaruhi oleh penyaluran beban pada permukaan membran	Tidak ada hubungan penyaluran beban dengan proses fabrikasi busur truss	Tidak ada hubungan penyaluran beban dengan proses instalasi membran	Tidak ada hubungan penyaluran beban dengan instalasi busur truss

Kesimpulan :

Proses fabrikasi dan instalasi membran sangat dipengaruhi oleh rancangan struktur membran itu sendiri (bentuk, persyaratan struktur, penyaluran beban). Namun proses fabrikasi dan instalasi busur truss dapat mempengaruhi sistem strukturnya (bentuk dan persyaratan struktur).



Hubungan Sub Variabel Rancangan Struktur Membran dan Proses Konstruksi

Sumber : Peneliti

5.2.3 ELEMEN STRUKTUR – HUBUNGAN KONSTRUKSI

		HUBUNGAN KONSTRUKSI		
		Sambungan Membran	Sambungan Membran-Truss	Sambungan Truss (& Pedestal)
ELEMEN STRUKTUR	Membran (Bentuk, Gaya, & Material) 	Bentuk sambungan antar membran, tepian membran dan sudut membrane akan mempengaruhi bentuk permukaan membran.	Tipe sambungan membran ke truss akan mempengaruhi bentuk permukaan membran	Tidak ada hubungan sambungan truss-pedestal dengan elemen struktur membran
	Busur Truss (Bentuk, Gaya, & Material) 	Tidak ada hubungan sambungan membran dengan elemen busur truss	Tidak ada hubungan sambungan membrane-truss dengan elemen busur truss	Tipe sambungan truss-pedestal akan dapat mempengaruhi bentuk busur truss dan gaya-gaya yang bekerja pada busur truss
	Pedestal & Pondasi (Bentuk, Gaya, & Material) 	Tidak ada hubungan sambungan membran dengan elemen pedestal & pondasi	Tidak ada hubungan sambungan membrane-truss dengan elemen pedestal & pondasi	Tipe Sambungan truss-pedestal akan mempengaruhi bentuk pedestalnya.

Kesimpulan :

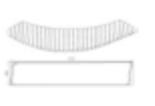
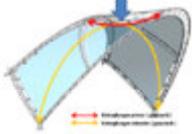
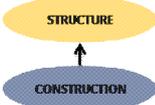
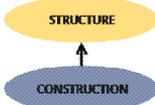
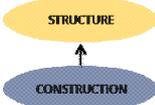
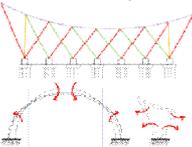
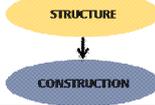
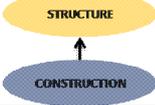
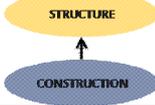
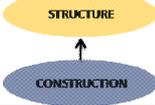
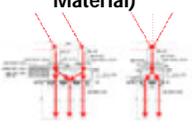
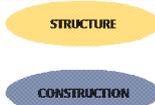
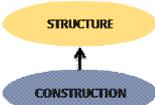
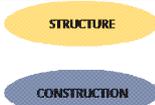
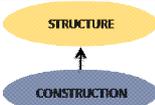
Sambungan pada membran dan sambungan membran-truss akan hanya mempengaruhi bentuk permukaan membran itu sendiri. Sedangkan sambungan truss-pedestal akan mempengaruhi bentuk busur truss dan bentuk pedestalnya.



Hubungan Sub Variabel Elemen Struktur dan Hubungan Konstruksi

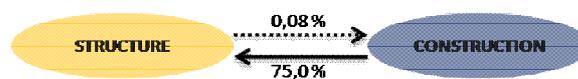
Sumber : Peneliti

5.2.4 ELEMEN STRUKTUR – PROSES KONSTRUKSI

		PROSES KONSTRUKSI			
		FABRIKASI		INSTALASI	
		Membran	Busur Truss	Membran	Busur Truss
					
ELEMEN STRUKTUR	Membran (Bentuk, Gaya, & Material) 	Kegagalan pada proses fabrikasi membran akan dapat mempengaruhi bentuk dan gaya yang terjadi pada permukaan membran	Perubahan-perubahan yang terjadi pada fabrikasi busur truss dapat mempengaruhi bentuk permukaan membran	Instalasi membran (proses pengencangan) dapat mempengaruhi bentuk dari permukaan membran	Perubahan bentuk, dimensi dan posisi pada lapangan dapat merubah bentuk dan dimensi permukaan membrannya.
					
	Busur Truss (Bentuk, Gaya, & Material) 	Karena bentuk permukaan membrane ditentukan oleh busur truss, maka proses fabrikasi membran sangat dipengaruhi oleh bentuk, dimensi dan lokasi busur truss	Perubahan-perubahan yang terjadi pada fabrikasi busur truss dapat mempengaruhi bentuk busur truss itu sendiri.	Proses instalasi membrane yang tidak benar (terlalu kencang) dapat mempengaruhi bentuk dan gaya yang terjadi pada busur truss	Perubahan bentuk, dimensi dan posisi pada lapangan dapat merubah bentuk busur truss dan gaya-gaya yang bekerja
					
	Pedestal & Pondasi (Bentuk, Gaya, & Material) 	Tidak ada hubungan fabrikasi membran dengan elemen pedestal & pondasi	Ketidakpresisian pada proses fabrikasi akan mempengaruhi gaya yang terjadi pada pedestal	Tidak ada hubungan instalasi membran dengan elemen pedestal & pondasi	Ketidakpresisian pada proses instalasi akan mempengaruhi gaya yang terjadi pada pedestal
					

Kesimpulan :

Proses fabrikasi dan instalasi baik membran maupun busur truss dapat mempengaruhi bentuk dari elemen strukturnya. Hanya saja, bentuk elemen busur truss yang mempengaruhi proses fabrikasi dari membran.



Hubungan Sub Variabel Elemen Struktur dan Proses Konstruksi

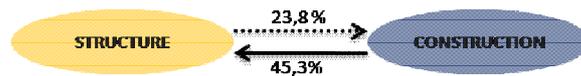
Sumber : Peneliti

5.2.5 KESIMPULAN

		KONSTRUKSI							KORELASI			
		Hubungan Konstruksi			Proses Konstruksi							
								Fabrikasi		Instalasi		
		Sambungan Membran	Sambungan Membran-Truss	Sambungan Truss-Pedestal	Membran	Busur Truss	Membran	Busur Truss	s ↓ c	s ↑ c	s ↓ c	
SISTEM STRUKTUR	R. STRUK. MEMBRAN											
	Pengemb. Bentuk Struktural	s ↓ c	s ↓ c	s ↑ c	s ↓ c	s ↑ c	s ↓ c	s ↑ c	3	3	1	
	Persyaratan Struktural	s ↓ c	s ↓ c	s ↑ c	s ↓ c	s ↑ c	s ↓ c	s ↑ c	4	2	1	
	Penyaluran Beban	s ↓ c	s ↑ c	s ↓ c	s ↓ c	s ↑ c	s ↓ c	s ↑ c	2	1	4	
	Membran	s ↑ c	s ↑ c	s ↓ c	s ↑ c	s ↑ c	s ↑ c	s ↑ c	0	6	1	
	Busur Truss	s ↓ c	s ↓ c	s ↑ c	s ↓ c	s ↑ c	s ↑ c	s ↑ c	1	4	2	
ELEMEN STRUKTUR	Pedestal & Pondasi	s ↓ c	s ↓ c	s ↑ c	s ↓ c	s ↑ c	s ↑ c	s ↑ c	0	3	4	
KORELASI	s → c	3	1	0	4	0	2	0	10			
	s ← c	1	2	4	1	4	2	5		19		
	s ↔ c	2	3	2	1	2	2	1			13	
KETERANGAN : 0 : Tidak mempengaruhi/dipengaruhi 1-2 : Sedikit mempengaruhi/dipengaruhi (pengaruh rendah) 3-4 : mempengaruhi/dipengaruhi (pengaruh sedang/saling mempengaruhi) 5-7 : Sangat mempengaruhi/dipengaruhi (pengaruh tinggi)												

Dari matriks diatas, dapat disimpulkan:

Perancangan konstruksi lebih besar pengaruhnya terhadap perancangan sistem struktur dibandingkan pengaruh perancangan sistem struktur terhadap konstruksi.



Hubungan Varibel Sistem Struktur dan Konstruksi

Sumber : Peneliti

Korelasi faktor perancangan sistem struktur dengan konstruksi :

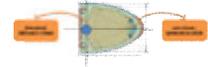
Faktor perancangan sistem struktur	Sifat korelasi	Level korelasi
Rancangan struktur membran		
a. Pengembangan bentuk	Saling berpengaruh mempengaruhi tidak berhubungan	-
b. Persyaratan struktur		sedang
c. Penyaluran beban		-
Elemen Struktur		
a. Membran	dipengaruhi	tinggi
b. Busur truss	dipengaruhi	sedang
c. Pedestal & Pondasi	tidak berhubungan	-

Korelasi faktor konstruksi dengan perancangan ssstem struktur :

Faktor perancangan sistem struktur	Sifat korelasi	Level korelasi
Hubungan konstruksi		
a. Sambungan Membran	dipengaruhi	sedang
b. Sambungan Membran-Truss	mempengaruhi	rendah
c. Sambungan Truss-Pedestal	mempengaruhi	sedang
Proses Konstruksi		
a. Fabrikasi Membran	dipengaruhi	sedang
b. Fabrikasi Busur Truss	mempengaruhi	sedang
c. Instalasi Membran	saling berpengaruh	-
d. Instalasi Busur Truss	mempengaruhi	tinggi

5.3 HUBUNGAN ANTARA KONSTRUKSI DAN BENTUK

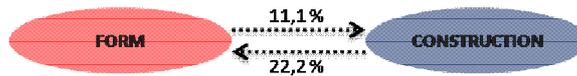
5.3.1 HUBUNGAN KONSTRUKSI – BENTUK BANGUNAN

		HUBUNGAN KONSTRUKSI		
		Sambungan Membran	Sambungan Membran-Truss	Sambungan Truss (& Pedestal)
				
BENTUK BANGUNAN	Bentuk Dasar 	Tidak ada hubungan bentuk dasar dengan sambungan membran	Tidak ada hubungan bentuk dasar dengan sambungan membran-truss	Tidak ada hubungan bentuk dasar dengan sambungan truss-pedestal
		FORM  CONSTRUCTION 	FORM  CONSTRUCTION 	FORM  CONSTRUCTION 
	Selubung Bangunan 	Bentuk Selubung bangunan akan mempengaruhi arah sambungan membran.	Tidak ada hubungan selubung bangunan dengan sambungan membran-truss	Tidak ada hubungan selubung bangunan dengan sambungan truss-pedestal
		FORM  ↓ CONSTRUCTION 	FORM  CONSTRUCTION 	FORM  CONSTRUCTION 

		HUBUNGAN KONSTRUKSI		
		Sambungan Membran	Sambungan Membran-Truss	Sambungan Truss (& Pedestal)
BENTUK BANGUNAN	Artikulasi Bangunan 	Sambungan membrane akan mempengaruhi artikulasi bangunan 	Pemilihan tipe sambungan membrane-truss akan mempengaruhi artikulasi bangunan 	Tidak ada hubungan artikulasi bangunan dengan sambungan truss-pedestal

Kesimpulan :

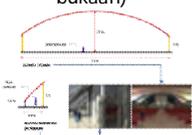
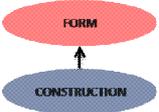
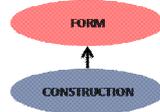
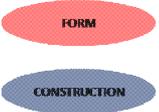
Bentuk dasar dan selubung bangunan pada dasarnya tidak berhubungan langsung dengan hubungan konstruksi, hanya saja selubung bangunan mempengaruhi arah sambungan membran. Hubungan konstruksi membran, membran-truss mempengaruhi artikulasi bangunan.



Hubungan Sub Variabel Bentuk Bangunan dan Hubungan Konstruksi
 Sumber : Peneliti

5.3.2 HUBUNGAN KONSTRUKSI – RUANG DALAM BANGUNAN

		HUBUNGAN KONSTRUKSI		
		Sambungan Membran	Sambungan Membran-Truss	Sambungan Truss (& Pedestal)
RUANG DALAM	Elemen Pembentuk Ruang 	Tidak ada hubungan elemen pembentuk ruang dalam dengan sambungan membran 	Tidak ada hubungan elemen pembentuk ruang dalam dengan sambungan membran-truss 	Tidak ada hubungan elemen pembentuk ruang dalam dengan sambungan truss-pedestal
	Organisasi Ruang 	Tidak ada hubungan organisasi ruang dengan sambungan membran 	Tidak ada hubungan organisasi ruang dengan sambungan membran-truss 	Tidak ada hubungan organisasi ruang dengan sambungan truss-pedestal

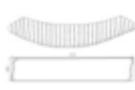
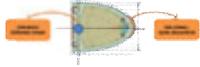
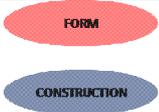
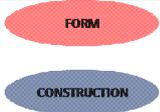
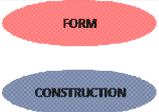
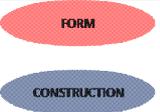
		HUBUNGAN KONSTRUKSI		
		Sambungan Membran	Sambungan Membran-Truss	Sambungan Truss (& Pedestal)
				
RUANG DALAM	Kualitas Ruang (proporsi & skala, bukaan) 	Sambungan membran akan membentuk tekstur dalam permukaan selubung yang akan mempengaruhi kualitas ruang dalam	Tipe sambungan membran-truss yang digunakan akan membentuk bentuk sambungan yang berbeda, sehingga menghasilkan permukaan dengan bentuk yang berlainan. Hal ini mempengaruhi kualitas ruangnya.	Tidak ada hubungan kualitas ruang dalam dengan sambungan truss-pedestal
				

Kesimpulan :

Hubungan konstruksi tidak memiliki pengaruh apapun terhadap elemen pembentuk ruang dalam dan organisasi ruang, tapi sambungan membran dan membran-truss dapat mempengaruhi kualitas ruang dalamnya.



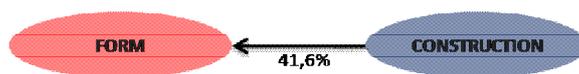
5.3.3 PROSES KONSTRUKSI – BENTUK BANGUNAN

		PROSES KONSTRUKSI			
		FABRIKASI		INSTALASI	
		Membran	Busur Truss	Membran	Busur Truss
					
BENTUK BANGUNAN	Bentuk Dasar 	Tidak ada hubungan bentuk dasar dengan fabrikasi membran	Tidak ada hubungan bentuk dasar dengan fabrikasi busur truss	Tidak ada hubungan bentuk dasar dengan instalasi membran	Tidak ada hubungan bentuk dasar dengan instalasi busur truss
					

		PROSES KONSTRUKSI			
		FABRIKASI		INSTALASI	
		Membran	Busur Truss	Membran	Busur Truss
BENTUK BANGUNAN	Selubung Bangunan 	Proses fabrikasi dimana dapat merubah bentuk permukaan akan mempengaruhi bentuk selubung bangunan	Ketidakpresisian dalam proses fabrikasi busur truss dapat mempengaruhi bentuk selubung bangunan.	Proses instalasi (pengencangan) dapat mempengaruhi bentuk selubung bangunan	Ketidakpresisian dalam proses instalasi busur truss dapat mempengaruhi bentuk selubung bangunan.
	Artikulasi Bangunan 	Tidak ada hubungan artikulasi bentuk dengan fabrikasi membran	Tidak ada hubungan artikulasi bentuk dengan fabrikasi busur truss	Tidak ada hubungan artikulasi bentuk dengan instalasi membran	Penambahan perkuatan pada instalasi busur truss akan mempengaruhi artikulasi bangunan.

Kesimpulan :

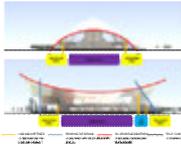
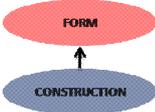
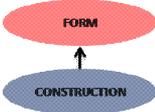
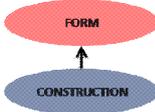
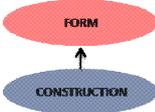
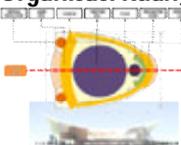
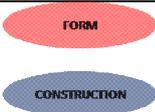
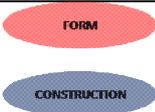
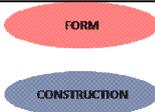
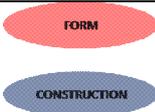
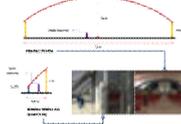
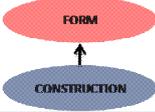
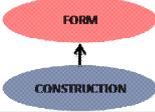
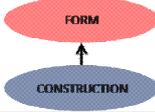
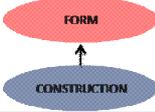
Proses konstruksi baik fabrikasi maupun instalasi mempengaruhi bentuk selubung bangunan. Hanya instalasi busur truss yang mempengaruhi artikulasi bangunan.



Hubungan Sub Variabel Bentuk Bangunan dan Proses Konstruksi

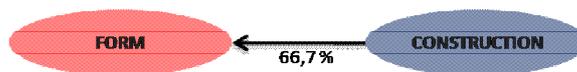
Sumber : Peneliti

5.3.4 PROSES KONSTRUKSI – RUANG DALAM BANGUNAN

		PROSES KONSTRUKSI			
		FABRIKASI		INSTALASI	
		Membran	Busur Truss	Membran	Busur Truss
					
RUANG DALAM	Elemen Pembentuk Ruang 	Proses fabrikasi dapat mempengaruhi bentuk ruang dalam yang terjadi.	Perubahan bentuk busur truss pada proses fabrikasi dapat mempengaruhi bentuk ruang dalam.	Instalasi membran akan mempengaruhi bentuk permukaan yang mempengaruhi bentuk ruang dalam.	Deformasi busur truss akan sangat mempengaruhi bentuk ruang dalam.
					
	Organisasi Ruang 	Tidak ada hubungan organisasi ruang dengan fabrikasi membran.	Tidak ada hubungan organisasi ruang dengan fabrikasi busur truss.	Tidak ada hubungan organisasi ruang dengan instalasi membran.	Tidak ada hubungan organisasi ruang dengan instalasi busur truss.
					
	Kualitas Ruang (proporsi & skala, bukaan) 	Fabrikasi membran menentukan permukaan membran yang akan mempengaruhi proporsi dan skala ruang dalam.	Perubahan bentuk busur truss pada proses fabrikasi dapat mempengaruhi kualitas ruang.	Bentuk permukaan membran dipengaruhi juga oleh proses pengencangan saat proses instalasi yang akan mempengaruhi kualitas ruang dalam.	Perubahan bentuk busur truss pada proses instalasi dapat mempengaruhi kualitas ruang.
					

Kesimpulan :

Proses konstruksi baik fabrikasi maupun instalasi mempengaruhi bentuk bentuk dan kualitas ruang dalam bangunan.



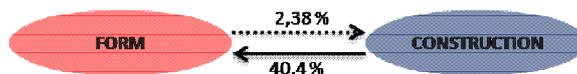
Hubungan Sub Variabel Bentuk Bangunan dan Proses Konstruksi
 Sumber : Peneliti

5.3.5 KESIMPULAN

		KONSTRUKSI						KORELASI				
		Hubungan Konstruksi			Proses Konstruksi							
					Sambungan Membran	Sambungan Membran-Truss	Sambungan Truss-Pedestal	Fabrikasi	Instalasi			
Membran	Busur Truss	Membran	Busur Truss	F				F	F			
BENTUK	BENTUK BANGUNAN	Bentuk Dasar	F	F	F	F	F	F	F	0	0	7
		Selubung Bangunan	F	F	F	F	F	F	F	1	4	2
		Artikulasi Bangunan	F	F	F	F	F	F	F	0	3	4
	RUANG DALAM	Elemen Pembentuk Ruang	F	F	F	F	F	F	F	0	4	3
		Organisasi Ruang	F	F	F	F	F	F	F	0	0	7
		Kualitas Ruang	F	F	F	F	F	F	F	0	6	1
KORELASI		F → C	1	0	0	0	0	0	0	1		
		F ← C	2	2	0	3	3	3	4		17	
		F ↔ C	3	4	6	3	3	3	2			24
KETERANGAN : 0 : Tidak mempengaruhi/dipengaruhi 1-2 : Sedikit mempengaruhi/dipengaruhi (pengaruh rendah) 3-4 : mempengaruhi/dipengaruhi (pengaruh sedang/saling mempengaruhi) 5-7 : Sangat mempengaruhi/dipengaruhi (pengaruh tinggi)												

Dari matriks diatas, dapat disimpulkan:

Perancangan konstruksi lebih besar pengaruhnya terhadap bentuk arsitektural dibandingkan pengaruh perancangan bentuk arsitektural terhadap konstruksi.



Hubungan Variabel Sistem Struktur dan Konstruksi

Sumber : Peneliti

Korelasi faktor konstruksi dengan bentuk (arsitektural) :

Faktor perancangan sistem struktur	Sifat korelasi	Level korelasi
Hubungan konstruksi		
a. Sambungan Membran	mempengaruhi	rendah
b. Sambungan Membran-Truss	mempengaruhi	rendah
c. Sambungan Truss-Pedestal	tidak berpengaruh	-
Proses Konstruksi		
a. Fabrikasi Membran	mempengaruhi	sedang
b. Fabrikasi Busur Truss	mempengaruhi	sedang
c. Instalasi Membran	mempengaruhi	sedang
d. Instalasi Busur Truss	mempengaruhi	sedang

Korelasi faktor perancangan bentuk (arsitektural) dengan konstruksi :

Faktor perancangan bentuk	Sifat korelasi	Level korelasi
Bentuk Bangunan		
a. Bentuk dasar	Tidak berpengaruh	-
b. Selubung bangunan	Mempengaruhi	sedang
c. Artikulasi bangunan	Mempengaruhi	sedang
Ruang Dalam		
a. Bentuk Ruang Dalam	Mempengaruhi	sedang
b. Organisasi Ruang	Tidak berhubungan	-
c. Kualitas Ruang Dalam	Mempengaruhi	Tinggi

BAB 6

KESIMPULAN

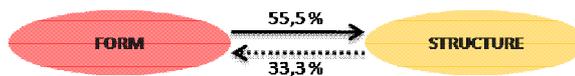
6.1 KORELASI ANTAR VARIABEL: BENTUK, STRUKTUR DAN KONSTRUKSI

6.1.1 KORELASI BENTUK DAN STRUKTUR

Kesimpulan korelasi antar sub-variabel adalah sebagai berikut:

1. Sub Variabel : Bentuk Bangunan dan Rancangan Struktur Membran

Bentuk dasar dan bentuk selubung bangunan yang ditentukan oleh arsitek akan menentukan rancangan sistem struktur yang digunakan, dan menjadi acuan untuk konfigurasi elemen-elemen struktur. Namun, konfigurasi, dimensi serta tekstur dari elemen-elemen struktur akan mempengaruhi artikulasi bentukan arsitektur yang terjadi.

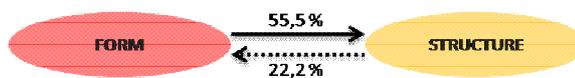


Hubungan Sub Variabel Bentuk Bangunan dan Rancangan Struktur Membran

Sumber : Peneliti

2. Sub Variabel : Bentuk Bangunan dan Elemen Struktur

Bentuk dasar dan bentuk selubung bangunan yang ditentukan oleh arsitek akan menentukan konfigurasi dan bentuk dasar dari perancangan elemen-elemen strukturnya. Namun, perubahan, penyesuaian bentuk dan penambahan elemen-elemen struktur akan mempengaruhi artikulasi bentukan arsitektur yang terjadi.

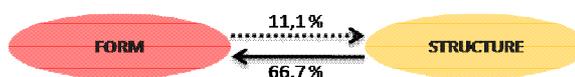


Hubungan Sub Variabel Bentuk Bangunan dan Elemen struktur

Sumber : Peneliti

3. Sub Variabel : Ruang Dalam dan Rancangan Struktur Membran

Karena elemen struktur adalah elemen pembentuk ruang, maka rancangan struktur membran akan mempengaruhi bentuk dan kualitas ruang dalam yang terjadi. Organisasi ruang hanya akan mempengaruhi pengembangan bentuk struktural (konfigurasinya).

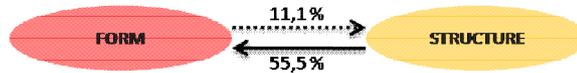


Hubungan Sub Variabel Ruang Dalam dan Rancangan Sistem Struktur

Sumber : Peneliti

4. Sub Variabel : Ruang Dalam dan Elemen Struktur

Rancangan elemen struktur (kecuali pedestal & pondasi) akan mempengaruhi bentuk dan kualitas ruang dalam yang dihasilkan. Sedangkan organisasi ruang akan mempengaruhi penempatan elemen struktur – busur truss.

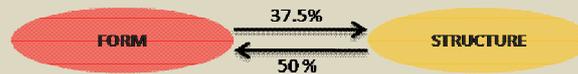


Hubungan Sub Variabel Ruang Dalam dan Elemen struktur

Sumber : Peneliti

Kesimpulan korelasi bentuk dan struktur adalah sebagai berikut:

Perancangan sistem struktur lebih besar pengaruhnya terhadap perancangan bentuk arsitektural dibandingkan pengaruh perancangan bentuk (arsitektural) terhadap perancangan sistem struktur.



Hubungan Varibel Bentuk (Arsitektural) dan Sistem Struktur

Sumber : Peneliti

Korelasi faktor perancangan bentuk (arsitektural) dengan perancangan sistem struktur :

Faktor perancangan bentuk	Sifat korelasi	Level korelasi
Bentuk Bangunan		
a. Bentuk dasar	Mempengaruhi	Tinggi
b. Selubung bangunan	Mempengaruhi	Tinggi
c. Artikulasi bangunan	Dipengaruhi	Tinggi
Ruang Dalam		
a. Bentuk Ruang Dalam	Dipengaruhi	Tinggi
b. Organisasi Ruang	Tidak berhubungan	-
c. Kualitas Ruang Dalam	Dipengaruhi	Tinggi

Korelasi faktor perancangan sistem struktur dengan perancangan bentuk (arsitektural) :

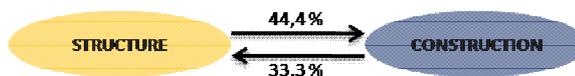
Faktor perancangan sistem struktur	Sifat korelasi	Level korelasi
Rancangan Struktur Membran		
a. Pengembangan Bentuk	Saling berpengaruh	-
b. Persyaratan Struktur	Mempengaruhi	Sedang
c. Penyaluran Beban	Mempengaruhi	Rendah
Elemen Struktur		
a. Membran	Mempengaruhi	Rendah
b. Busur Truss	Saling berpengaruh	-
c. Pedestal & Pondasi	Tidak berhubungan	-

6.1.2 KORELASI STRUKTUR DAN KONSTRUKSI

Kesimpulan korelasi antar sub-variabel adalah sebagai berikut:

1. Sub Variabel : Rancangan Struktur Membran dan Hubungan Konstruksi

Rancangan struktur membran (bentuk, persyaratan struktur dan penyaluran beban) akan mempengaruhi arah dan bentuk sambungan membrannya. Sambungan membran-truss akan mempengaruhi penyaluran beban pada permukaan membrannya. Sedangkan hubungan truss-pedestal akan berpengaruh pada bentuk rancangan struktur membran dan bagaimana struktur memenuhi persyaratan strukturnya.

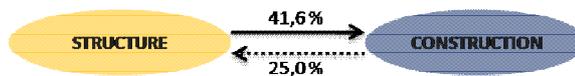


Hubungan Sub Variabel Rancangan Struktur Membran dan Hubungan Konstruksi

Sumber : Peneliti

2. Sub Variabel : Rancangan Struktur Membran dan Proses Konstruksi

Proses fabrikasi dan instalasi membran sangat dipengaruhi oleh rancangan struktur membran itu sendiri (bentuk, persyaratan struktur, penyaluran beban). Namun proses fabrikasi dan instalasi busur truss dapat mempengaruhi sistem strukturnya (bentuk dan persyaratan struktur).



Hubungan Sub Variabel Rancangan Struktur Membran dan Proses Konstruksi

Sumber : Peneliti

3. Sub Variabel : Elemen Struktur dan Hubungan Konstruksi

Sambungan pada membran dan sambungan membran-truss akan hanya mempengaruhi bentuk permukaan membran itu sendiri. Sedangkan sambungan truss-pedestal akan mempengaruhi bentuk busur truss dan bentuk pedestalnya.

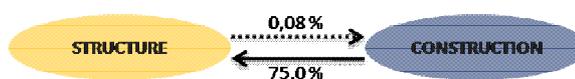


Hubungan Sub Variabel Elemen Struktur dan Hubungan Konstruksi

Sumber : Peneliti

4. Sub Variabel : Elemen Struktur dan Proses Konstruksi

Proses fabrikasi dan instalasi baik membran maupun busur truss dapat mempengaruhi bentuk dari elemen strukturnya. Hanya saja, bentuk elemen busur truss yang mempengaruhi proses fabrikasi dari membran.

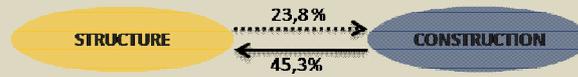


Hubungan Sub Variabel Elemen Struktur dan Proses Konstruksi

Sumber : Peneliti

Kesimpulan korelasi struktur dan konstruksi adalah sebagai berikut:

Perancangan konstruksi lebih besar pengaruhnya terhadap perancangan sistem struktur dibandingkan pengaruh perancangan sistem struktur terhadap konstruksi.



Hubungan Variabel Sistem Struktur dan Konstruksi

Sumber : Peneliti

Korelasi faktor perancangan sistem struktur dengan konstruksi :

Faktor perancangan sistem struktur	Sifat korelasi	Level korelasi
Rancangan struktur membran		
a. Pengembangan bentuk	Saling berpengaruh mempengaruhi tidak berhubungan	-
b. Persyaratan struktur		sedang
c. Penyaluran beban		-
Elemen Struktur		
a. Membran	dipengaruhi	tinggi
b. Busur truss	dipengaruhi	sedang
c. Pedestal & Pondasi	tidak berhubungan	-

Korelasi faktor konstruksi dengan perancangan sistem struktur :

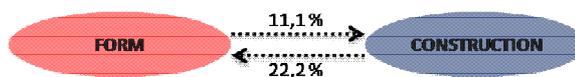
Faktor perancangan sistem struktur	Sifat korelasi	Level korelasi
Hubungan konstruksi		
a. Sambungan Membran	dipengaruhi	sedang
b. Sambungan Membran-Truss	mempengaruhi	rendah
c. Sambungan Truss-Pedestal	mempengaruhi	sedang
Proses Konstruksi		
a. Fabrikasi Membran	dipengaruhi	sedang
b. Fabrikasi Busur Truss	mempengaruhi	sedang
c. Instalasi Membran	saling berpengaruh	-
d. Instalasi Busur Truss	mempengaruhi	tinggi

6.1.3 KORELASI KONSTRUKSI DAN BENTUK

Kesimpulan korelasi antar sub-variabel adalah sebagai berikut:

1. Sub Variabel : Bentuk Bangunan dan Hubungan Konstruksi

Bentuk dasar dan selubung bangunan pada dasarnya tidak berhubungan langsung dengan hubungan konstruksi, hanya saja selubung bangunan mempengaruhi arah sambungan membran. Hubungan konstruksi membran, membran-truss mempengaruhi artikulasi bangunan.



Hubungan Sub Variabel Bentuk Bangunan dan Hubungan Konstruksi

Sumber : Peneliti

2. **Sub Variabel : Rancangan Struktur Membran dan Hubungan Konstruksi**

Hubungan konstruksi tidak memiliki pengaruh apapun terhadap elemen pembentuk ruang dalam dan organisasi ruang, tapi sambungan membran dan membran-truss dapat mempengaruhi kualitas ruang dalamnya.

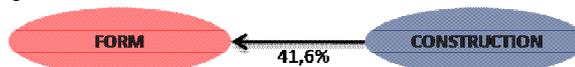


Hubungan Sub Variabel Ruang Dalam dan Hubungan Konstruksi

Sumber : Peneliti

3. **Sub Variabel : Rancangan Struktur Membran dan Hubungan Konstruksi**

Proses konstruksi baik fabrikasi maupun instalasi mempengaruhi bentuk selubung bangunan. Hanya instalasi busur truss yang mempengaruhi artikulasi bangunan.

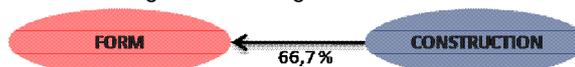


Hubungan Sub Variabel Bentuk Bangunan dan Proses Konstruksi

Sumber : Peneliti

4. **Sub Variabel : Rancangan Struktur Membran dan Hubungan Konstruksi**

Proses konstruksi baik fabrikasi maupun instalasi mempengaruhi bentuk bentuk dan kualitas ruang dalam bangunan.

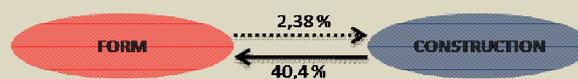


Hubungan Sub Variabel Bentuk Bangunan dan Proses Konstruksi

Sumber : Peneliti

Kesimpulan korelasi konstruksi dan bentuk adalah sebagai berikut:

Perancangan konstruksi lebih besar pengaruhnya terhadap bentuk arsitektural dibandingkan pengaruh perancangan bentuk arsitektural terhadap konstruksi.



Hubungan Variabel Sistem Struktur dan Konstruksi

Sumber : Peneliti

Korelasi faktor konstruksi dengan bentuk (arsitektural) :

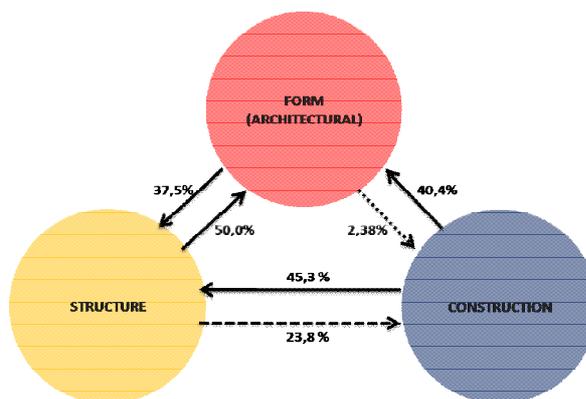
Faktor perancangan sistem struktur	Sifat korelasi	Level korelasi
Hubungan konstruksi		
a. Sambungan Membran	mempengaruhi	rendah
b. Sambungan Membran-Truss	mempengaruhi	rendah
c. Sambungan Truss-Pedestal	tidak berpengaruh	-
Proses Konstruksi		
a. Fabrikasi Membran	mempengaruhi	sedang
b. Fabrikasi Busur Truss	mempengaruhi	sedang
c. Instalasi Membran	mempengaruhi	sedang
d. Instalasi Busur Truss	mempengaruhi	sedang

Korelasi faktor perancangan bentuk (arsitekural) dengan konstruksi :

Faktor perancangan bentuk	Sifat korelasi	Level korelasi
Bentuk Bangunan		
a. Bentuk dasar	Tidak berpengaruh	-
b. Selubung bangunan	Mempengaruhi	sedang
c. Artikulasi bangunan	Mempengaruhi	sedang
Ruang Dalam		
a. Bentuk Ruang Dalam	Mempengaruhi	sedang
b. Organisasi Ruang	Tidak berhubungan	-
c. Kualitas Ruang Dalam	Mempengaruhi	Tinggi

6.2 KORELASI BENTUK, STRUKTUR DAN KONSTRUKSI PADA BANGUNAN BENTANG BESAR DENGAN STRUKTUR MEMBRAN

Hubungan antara bentuk, struktur dan konstruksi pada bangunan bentang besar dengan struktur membran dapat dinyatakan sebagai berikut:



Bagan hubungan bentuk, struktur dan konstruksi

Sumber : Peneliti

1. Bentuk mempengaruhi struktur (37,5%) dan konstruksi (2,38%)
Bentuk dipengaruhi struktur (50,0%) dan konstruksi (40,4%)
2. Struktur mempengaruhi bentuk (50,0%) dan konstruksi (23,8%)
Struktur dipengaruhi bentuk (37,5%) dan konstruksi (45,3%)
3. Konstruksi mempengaruhi bentuk (40,4%) dan struktur (45,3%)
Konstruksi dipengaruhi bentuk (2,38%) dan struktur (23,8%)

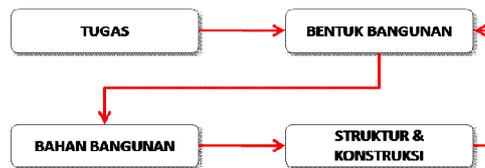
Perancangan bentuk arsitektural untuk bangunan bentang besar dengan struktur membran akan sangat dipengaruhi oleh struktur membran dan konstruksinya. Oleh sebab itu perancang/arsitek harus memiliki pengetahuan yang cukup baik mengenai struktur membran dan konstruksinya ketika proses merancang bentuk arsitekturalnya.

Peran konstruksi pada perancangan bangunan bentang besar dengan struktur membran sangat besar dalam mempengaruhi perancangan bentuk dan strukturnya.

HUBUNGAN ANTARA TUGAS, BENTUK, KONSTRUKSI DAN BAHAN BANGUNAN BERDASARKAN HEINZ FRICK

Hubungan antara tugas, bentuk, konstruksi dan bahan bangunan pada perancangan bangunan ini yaitu :

1. Tugas menentukan bentuk bangunan
2. Bentuk bangunan menentukan material bangunan
3. Material bangunan menentukan struktur dan konstruksi



Hubungan antara Tugas, Bentuk, Konstruksi dan Bahan Bangunan

Sumber : Peneliti

Dalam perancangan bangunan bentang besar dengan struktur membran, hubungan seperti ini tidak ideal, karena perancangan struktur dan konstruksi berada pada urutan paling akhir. Sedangkan perancangan struktur dan konstruksi pada sistem struktur membran yang memiliki pengaruh paling besar dalam menentukan bentuk bangunan.

HUBUNGAN ANTARA STRUKTUR DAN ARSITEKTUR BERDASARKAN ANGUS J. MACDONALD

Pada kasus perancangan 'Convention Center" Yayasan Pendidikan Telkom ini, hubungan struktur dan arsitektur pada bangunan ini termasuk kategori **STRUKTUR SEBAGAI ORNAMEN**. Efek visual pada bangunan ini dipentingkan dan proses desain lebih dikendalikan oleh pertimbangan visual dibandingkan pertimbangan teknik. Hal ini mengakibatkan kinerja struktur ini jauh dari ideal jika dinilai oleh kriteria teknis. Struktur pada bangunan ini digunakan secara simbolik untuk menyampaikan ide tentang kemajuan teknologi, namun struktur yang dihasilkan menjadi kurang baik secara teknis.

HUBUNGAN ANTARA BENTUK ARSITEKTURAL DAN BENTUK STRUKTURAL BERDASARKAN ANDREW W. CHARLESON

Bentuk struktural dalam hubungannya dengan bentuk arsitektural pada bangunan dengan struktur membran dapat dikategorikan sebagai "**STRUCTURE AS FORM-GIVER**". Pada bangunan ini terjadi **sintesis** antara bentuk arsitektural dan bentuk strukturalnya. Struktur memiliki peran dalam mendefinisikan bentuk arsitekturalnya.

6.3 PENUTUP

Perancangan bentuk (arsitektural) bangunan bentang besar dengan sistem struktur membran (dengan elemen pendukung busur) sangat dipengaruhi oleh sistem struktur dan konstruksinya. Faktor-faktor yang mempengaruhi bentuk adalah :

- **Rancangan struktur membran** : bentuk struktural, persyaratan struktur, dan penyaluran beban
- **Elemen struktur** : membran dan busur
- **Hubungan konstruksi** : sambungan membran dan sambungan membran-busur
- **Proses konstruksi** : fabrikasi & instalasi elemen struktur (membran dan busur)

Faktor-faktor tersebut **harus dikuasai** oleh arsitek dalam proses perancangan bentuk.

DAFTAR PUSTAKA

1. Bechthold, Martin. 2008. *Innovatieve Surface Structure: Technology and Applications*. New York: Taylor & Francis.
2. Charleson, Andrew W. 2005. *Structure as Architecture*. Oxford: Architectural Press.
3. Ching, Francis DK. 1996. *Arsitektur: Bentuk-Ruang & Susunannya*, terj. Ir. Paulus Hanoto Adjie. Jarata:Erlangga
4. Frick, Heinz. 1998. *Sistem Bentuk Struktur Bangunan : Dasar-dasar konstruksi dalam Arsitektur*. Yogyakarta:Kanisius.
5. Koch, Klaus-Michael. 2004. *Membran Structure*. New York:Prestel
6. MacDonald, Angus J. 2001. *Struktur & Arsitektur*, terj. Dr. Ir. Pariatmono dan Ir. Paulus Hanote Adjie. Jakarta : Erlangga.
7. Schodek, Daniel L. 1999. *Struktur*, edisi kedua, terj. Ir. Bambang Suryoatmono, M.Sc., Ph.D. Jakarta : Erlangga.
8. Schueller, Wolfgang. 1983. *Horizontal-Span Building Structures*. Toronto : John Wiley, & Sons.
9. Seidel, Michael. 2009. *Tensile Surface Structures: A Practical Guide to Cable and Membrane Construction*, terj. David Sturge. Berlin : Erns & Sohn.
10. Tugas mahasiswa MK. Struktur dan Konstruksi Bangunan Bentang Besar. Semester Padat 2011. UNPAR.