

## Abstrak

# IMPLEMENTASI ELEMEN *DOUBLE SKIN FAÇADE* ADAPTIF BI-METAL UNTUK MERESPON TEMPERATUR UDARA DAN TEMPERATUR RADIASI

Konteks : Kota Bandung

Oleh  
Joddy Jeremy  
NPM: 2015420133

Kulit bangunan sebagai lapisan pembatas antara ruang luar dan ruang dalam bangunan memiliki peran penting dalam mengatur tingkat radiasi sinar matahari yang diteruskan ke ruang dalam bangunan untuk kenyamanan termal ruang dalam bangunan. Umumnya kulit bangunan memiliki desain yang statis, namun pada zaman ini mulai banyak implementasi kulit bangunan adaptif pada bangunan dengan tujuan meningkatkan performa termal bangunan.

Beberapa sistem yang digunakan untuk menggerakkan elemen *double-skin facade* adaptif antara lain : Mekanikal, kimiawi, dan sistem material. Penelitian ini akan lebih dalam membahas mengenai implementasi sistem material dari segi performa material kumparan bimetal sebagai sistem material penggerak elemen *double-skin facade* adaptif pada *double-skin facade*, dan mencoba menghasilkan beberapa rancangan elemen *double-skin facade* adaptif dengan sistem penggerak material ini sebagai pembuktian bahwa material ini dapat digunakan sebagai sistem penggerak elemen *double-skin facade* adaptif. Kemampuan material kumparan bimetal dalam menggerakkan benda tanpa memerlukan energi lain selain dari yang diterimanya dari lingkungan menjadikan pemanfaatan material ini dalam sistem menjadi sangat hemat energi (tidak membutuhkan energi tambahan sama sekali), sehingga harapannya penelitian ini mampu mendorong pengembangan rancangan model elemen *double-skin facade* adaptif yang menerapkan material ini pada sistem penggeraknya.

Penelitian merupakan penelitian eksperimental dengan menguji tiga model bentuk, dengan pendekatan kuantitatif. Eksperimen dilakukan dalam dua tahap, yaitu : uji kinerja sistem penggerak dan uji rancangan purwa-rupa *double-skin facade* adaptif terhadap perubahan temperatur. Rancangan purwa-rupa *double-skin facade* adaptif yang diuji merupakan modifikasi sedikit dari rancangan kulit bangunan adaptif yang telah ada yang memiliki karakteristik sesuai dengan hasil analisis kinerja sistem penggerak.

Uji kinerja sistem penggerak menunjukkan sistem penggerak lebih mampu menggerakkan beban simetris dibanding beban momen yang terlihat dari besaran beban yang dapat digerakan dan besar perpindahan sudut yang dihasilkan.

Uji rancangan elemen *double-skin facade* adaptif terhadap perubahan temperatur menunjukkan purwa-rupa dengan rancangan yang kebutuhan perpindahan sudutnya yang kecil dari posisi terbuka ke posisi tertutup lebih sensitif terhadap perubahan temperatur dibanding dengan rancangan yang membutuhkan perpindahan sudut besar. Pembesaran dimensi modul dan perubahan besaran bukaan purwa-rupa dapat dilakukan dengan mengimplementasikan beberapa elemen bergerak sebagai penutupnya namun kompleksitas modul juga meningkat.

Penelitian ini menunjukkan penerapan material bi-metal sebagai sistem penggerak elemen *double-skin facade* adaptif merupakan sesuatu yang mungkin dilakukan, namun rancangan elemen *double-skin facade* adaptif perlu diperhatikan dimana elemen bergeraknya tidak menimbulkan torsi selama pergerakannya.

**Kata-kata Kunci** : rentang temperatur, kulit bangunan, adaptif, bergerak



## Abstract

### ***THERMO-BIMETAL ADAPTIVE DOUBLE SKIN FAÇADE ELEMENT IMPLEMENTATION TO RESPOND CHANGES IN AIR AND GLOBE TEMPERATURE***

***Context : BANDUNG***

***by***

***Joddy Jeremy***

***NPM: 2015420133***

*Building façade has an important role in conditioning the interior climate of a building. Generally, building façades have a static design. In this day and age, many views the performance of a static building facades no longer comply to the current standards. Research and innovation in façade designs has led to implementations of adaptive façade elements with the aim of improving the thermal performance of the building.*

*There are some systems that can be used to drive the changes in adaptive façade elements. Changes through means of mechanical systems, chemical reactions, and material behavior is often used in the more current adaptive façade designs. In this research, implementations of smart materials that can respond to changes in temperature in the form of displacement for the drive system will be discussed. Several thermo-bimetal adaptive double-skin façade element prototypes will be produced as a proof that this material can be used as a drive system for an adaptive façade that uses no energy other than those it received from the environment. This research aims to inspire and push the implementations of this new-age material on future adaptive façade designs.*

*This experimental research is done in two stages with quantitative approach. First is to test the performance of the material as the drive systems and then testing some design prototypes with this drive system to changes in temperature. The designs of the prototypes are based on current adaptive façade designs with similar drive characteristics to the performance of the material.*

*The drive system performance test shows that thermo-bimetal coil is more efficient in moving symmetrical load that causes no torque. This is shown through the large angular displacement it's able to achieve and the weight that it can move.*

*The test of several adaptive double skin façade elements prototypes design to changes in temperature shows that designs with large angular displacement needs requires large temperature changes in the environment to move fully, and vice versa. Small angular displacement needs requires small temperature changes in the environment to trigger the movement, resulting in a more sensitive elements to small temperature changes. Enlargement of the modules dimensions can be done by implementing several openings on one module, or implementing several moving elements as a cover on one openings. Complexity of the modules increases with each additions of element or drive system.*

*This research shows that the application of thermo-bimetal as an adaptive double skin façade element drive system is possible, but the design of the moving parts needs to cause no torque throughout the movement of the element.*

***Key words : temperature changes, façade, adaptive, moving.***



## **PEDOMAN PENGGUNAAN SKRIPSI**

Skripsi yang tidak dipublikasikan ini, terdaftar dan tersedia di Perpustakaan Universitas Katolik Parahyangan, dan terbuka untuk umum dengan ketentuan bahwa hak cipta ada pada penulis dengan mengikuti aturan HaKI dan tata cara yang berlaku di lingkungan Universitas Katolik Parahyangan.

Referensi kepustakaan diperkenankan dicatat, tetapi pengutipan atau peringkasan hanya dapat dilakukan seizin pengarang dan harus disertai dengan kebiasaan ilmiah untuk menyebutkan sumbernya.

Memperbanyak atau menerbitkan sebagian atau seluruh skripsi haruslah seijin Rektor Universitas Katolik Parahyangan.



## UCAPAN TERIMA KASIH

Puji syukur penulis panjatkan ke hadirat Tuhan Yang Maha Esa karena penulis dapat menyelesaikan penelitian ini. Penelitian ini dibuat untuk memenuhi tugas akhir Fakultas Teknik Program Studi Arsitektur, Universitas Parahyangan. Selama proses penelitian berlangsung, penulis mendapatkan bimbingan, arahan, dukungan, dan saran. Untuk itu rasa terima kasih sedalam-dalamnya penulis sampaikan kepada:

- Tuhan Yesus atas penyertaan-Nya hingga saat ini.
- Orang tua, adik-adik, dan keluarga yang telah menyayangi, membimbing, dan merawat hingga penulis bisa sampai titik ini dan menyemangati dan mendoakan selama pengerjaan skripsi.
- Dosen pembimbing, Ibu Wulani Enggar Sari S.T, M.T. yang telah dengan kasih dan sabar membimbing dengan memberi waktu, saran, pengarahan, dan masukan yang telah diberikan serta berbagai ilmu yang berharga.
- Dosen penguji, Ibu Ryani Gunawan, S.T., M.T. atas bimbingan, masukan, dan pinjaman bukunya yang digunakan di penelitian ini.
- Dosen penguji Ibu Irma Subagio, ST. MT. atas bimbingan dan masukan-masukan kritisnya yang mendorong peningkatan kualitas penulisan ini.
- Pendeta Handoyo Santoso, D. Min atas dukungan dan doa-doanya selama proses menjalani kuliah hingga saat ini.
- Bang Jajat yang telah mengantar dan turut merawat hingga penulis bisa menyelesaikan tulisan ini.
- Teman-teman penulis Wilson, Vanessa, Kristoforus, Eliza, Micella dan Jessica atas semangat, dukungan, dan bantuan-bantuan yang diberikan selama proses perkuliahan terutama di masa-masa tersulit.
- Teman-teman penulis Nathan, Alessandro, Christian, Bram, Anastasia, Timothy, Finna, Thalia, Jack, dan Grace atas kebersamaan selama menjalani proses perkuliahan.
- Teman-teman Malat Janice, Regina, Stevanus, Jovanca, dan Nesia atas kebersamaan selama menjalani proses perkuliahan.

Bandung, 27 Mei 2019

Joddy Jeremy





## DAFTAR ISI

Abstrak.....	i
Abstract.....	iii
PEDOMAN PENGGUNAAN SKRIPSI.....	v
UCAPAN TERIMA KASIH.....	vii
DAFTAR ISI.....	ix
DAFTAR GAMBAR.....	xiii
DAFTAR TABEL.....	xv
DAFTAR DIAGRAM.....	xvii
DAFTAR GRAFIK.....	xix
DAFTAR LAMPIRAN.....	xxi
<b>BAB 1 PENDAHULUAN.....</b>	<b>1</b>
1.1. Latar Belakang.....	1
1.2. Pertanyaan Penelitian.....	3
1.3. Tujuan Penelitian.....	3
1.4. Manfaat Penelitian.....	4
1.5. Ruang Lingkup Penelitian.....	4
1.6. Kerangka Penelitian.....	5
<b>BAB 2 TINJAUAN PUSTAKA.....</b>	<b>7</b>
2.1. Kenyamanan Termal.....	7
2.1.1. Definisi.....	7
2.1.2. Faktor yang Mempengaruhi.....	7
2.1.3. Pentingnya Kenyamanan Termal.....	7
2.1.4. Strategi <i>Heat Avoidance</i> sebagai Upaya Mencapai Kenyamanan Termal di Lingkungan Tropis.....	8
2.1.5. Nilai Pengukuran yang Umum Digunakan.....	10
2.2. <i>Double Skin Façade</i> .....	12
2.2.1. Definisi.....	12
2.2.2. Konsep dan Fungsionalitas dari <i>Double Skin Façade</i> .....	13
2.3. Kinetis.....	14
2.3.1. Jenis Pergerakan.....	14

2.3.2.	Perbedaan Desain Statis dan Desain Dinamis .....	14
2.3.3.	Pergerakan Spasial Geometri .....	15
2.3.4.	Tantangan Rancangan Kinetis.....	15
2.4.	Arsitektur Adaptif.....	15
2.4.1.	Kata Adaptif.....	15
2.4.2.	Arsitektur Berkemampuan Adaptasi ( <i>Adaptable Architecture</i> ) ....	16
2.4.3.	Tipologi dari Kemampuan Adaptasi .....	18
2.4.4.	Kategorisasi.....	20
2.4.5.	Tingkatan Adaptasi .....	22
2.5.	Kulit Bangunan Adaptif.....	23
2.5.1.	Kategori Elemen Kulit Bangunan Responsif .....	24
2.5.2.	Karakterisasi.....	27
2.5.3.	Faktor Eksternal .....	27
2.6.	Material Bi-metal sebagai Sistem Penggerak.....	29
2.6.1.	Cara Kerja Material Bi-metal.....	29
2.6.2.	Kalkulasi Perpindahan Mekanis.....	30
2.7.	Preseden Rancangan Elemen <i>Double-skin Façade</i> adaptif Bi-metal, <i>Bloom</i> oleh Doris Kim Sung.....	30
<b>BAB 3</b>	<b>METODE PENELITIAN .....</b>	<b>33</b>
3.1.	Jenis Penelitian.....	33
3.2.	Tempat dan Waktu Penelitian .....	33
3.3.	Skenario Penelitian .....	34
3.3.1.	Uji Kinerja Sistem Penggerak.....	37
3.3.2.	Eksplorasi Rancangan Elemen <i>double-skin facade</i> adaptif Berdasarkan Kinerja Sistem Penggerak .....	38
3.3.3.	Uji Rancangan Purwa-rupa Elemen <i>double-skin facade</i> adaptif terhadap Perubahan Temperatur.....	38
3.4.	Teknik Pengumpulan Data.....	39
3.5.	Tahap Analisis Data .....	39
3.6.	Tahap Penarikan Kesimpulan .....	40

3.6.1.	Kinerja Material Bimetal sebagai Sistem Penggerak Elemen <i>double-skin facade</i> adaptif .....	40
3.6.2.	Karakteristik Rancangan Elemen <i>double-skin facade</i> adaptif yang Dihasilkan dengan Sistem Penggerak Material Bimetal .....	40
<b>BAB 4 Perubahan Elemen <i>Double-Skin Facade</i> Adaptif terhadap Perubahan Temperatur .....</b>		
	<b>Temperatur .....</b>	<b>41</b>
4.1.	Data temperatur .....	41
4.2.	Analisa Instalasi <i>Bloom</i> dengan Teori-Teori .....	44
4.3.	Uji Kinerja Sistem Penggerak .....	46
4.3.1.	Performa Material Terhadap Beban Momen .....	46
4.3.2.	Performa Material terhadap Beban Simetris .....	49
4.4.	Analisis Kinerja Sistem Penggerak .....	52
4.5.	Eksplorasi Rancangan Elemen <i>Double-skin Façade</i> Adaptif Berdasarkan Kinerja Sistem Penggerak .....	53
4.5.1.	Karakteristik Bentuk .....	53
4.5.2.	Respon .....	53
4.6.	Uji Rancangan Purwa-rupa Elemen <i>Double-skin Façade</i> Adaptif terhadap Perubahan Temperatur .....	54
4.6.1.	Purwa-rupa 1 (Kotak) .....	54
4.6.2.	Purwa-rupa 2 (Segi-6) .....	58
4.6.3.	Purwa-rupa 3 (Lingkaran) .....	62
4.7.	Analisis Kinerja Purwarupa-purwarupa Elemen <i>Double-skin Facade</i> Adaptif terhadap Perubahan Temperatur .....	65
4.7.1.	Analisis Terhadap Teori yang Digunakan .....	65
4.7.2.	Analisis Pergerakan Purwarupa-purwarupa Elemen <i>Double-skin Facade</i> Adaptif terhadap Perubahan Temperatur .....	66
<b>BAB 5 Kesimpulan dan Saran terhadap Perubahan Temperatur .....</b>		
5.1.	Kinerja Material Bi-Metal sebagai Sistem Penggerak Elemen <i>double-skin facade</i> adaptif .....	69
5.2.	Karakteristik Rancangan Elemen <i>Double-Skin Facade</i> Adaptif yang Dihasilkan dengan Sistem Penggerak Material Bimetal .....	69
5.3.	Saran Pengembangan Penelitian .....	70

5.4. Saran Pengembangan Rancangan dari Penelitian .....	70
DAFTAR PUSTAKA.....	73
LAMPIRAN.....	75

## DAFTAR GAMBAR

Gambar 2.1 Porsi strategi pendinginan bangunan pada iklim tropis Sumber : Lechner, 2000 .....	9
Gambar 2.2. Pergerakan spasial objek.....	15
Gambar 2.3. Macam rotasi objek.....	15
Gambar 2.4. Kategorisasi dari keseluruhan sistem sebuah bangunan .....	21
Gambar 2.5. Tingkatan adaptasi berdasarkan kerumitannya .....	22
Gambar 2.6. Konsep karakterisasi untuk adaptivitas kulit bangunan .....	27
Gambar 2.7. Skematik peran kulit bangunan adaptif.....	28
Gambar 2.8. Material bi-metal.....	29
Gambar 2.9. <i>Bloom</i> oleh Doris Kim Sung .....	31
Gambar 3.1. Susunan percobaan.....	36
Gambar 3.2. Pengujian beban momen pada material.....	37
Gambar 3.3. Pengujian beban simetris pada material .....	38
Gambar 4.1. Perubahan bentuk kulit bangunan terhadap perubahan temperatur.....	44
Gambar 4.2. Perubahan besaran bukaan akibat deformasi sirip <i>thermo-bimetal</i> terhadap temperatur .....	45
Gambar 4.3. Perubahan posisi beban momen pada kumparan ketika diberdirikan .....	46
Gambar 4.4. Kulit bangunan sisi Barat <i>Council House 2</i> dalam posisi tertutup dan terbuka .....	54
Gambar 4.5. Ilustrasi arah hadap bidang 2 dimensi terhadap 3 sumbu.....	55
Gambar 4.6. Skema rancangan purwa-rupa 1 .....	56
Gambar 4.7. Posisi awal dan akhir purwarupa 1 pada percobaan.....	56
Gambar 4.8. Elemen <i>double-skin facade</i> adaptif pada sisi Selatan bangunan <i>Institut de la Monde Arabe</i> .....	58
Gambar 4.9. Skema pergerakan elemen <i>double-skin facade</i> adaptif sisi Selatan bangunan <i>Institut de la Monde Arabe</i> .....	58
Gambar 4.10. Skema rancangan purwa-rupa 2 .....	59
Gambar 4.11. Posisi awal dan akhir purwarupa 2 pada percobaan.....	60
Gambar 4.12. Elemen <i>double-skin facade</i> adaptif <i>Institut de la Monde Arabe</i> .....	62
Gambar 4.13. Skema rancangan purwa-rupa 3 .....	62



## DAFTAR TABEL

TABEL 3.1 Tahapan penelitian .....	33
TABEL 3.2 Rincian alat-alat yang digunakan pada penelitian .....	34
TABEL 3.3 Rincian bahan-bahan yang digunakan pada penelitian .....	35
TABEL 3.4 Perubahan bukaan pada purwa-rupa .....	39
TABEL 3.5 Pergerakan purwa-rupa terhadap kenaikan temperatur udara .....	39
TABEL 3.6 Pergerakan purwa-rupa terhadap kenaikan temperatur radiasi .....	39
TABEL 3.7 Komparasi pergerakan purwa-rupa terhadap kenaikan temperatur.....	40
TABEL 4.1 Data pengukuran iklim Bandung .....	41
TABEL 4.2 Data radiasi matahari berdasarkan perhitungan dengan lama penyinaran matahari .....	41
TABEL 4.3 Data temperatur radiasi berdasarkan perhitungan dengan temperatur udara, kelembaban, dan radiasi matahari .....	42
TABEL 4.4 Data rentang terbesar perubahan temperatur pada tahun 2017 .....	43
TABEL 4.5 . Data rentang rata-rata temperatur udara dan temperatur radiasi Bandung tahun 2017 .....	43
TABEL 4.6 Data beban momen yang digunakan dalam percobaan .....	46
TABEL 4.7 Korelasi torsi yang ditimbulkan oleh beban terhadap pergerakan sudut (turun) beban .....	46
TABEL 4.8 Data beban simetris yang diuji .....	49
TABEL 4.9 Strategi respon elemen <i>double-skin facade</i> adaptif.....	54
TABEL 4.10 Data rancangan purwa-rupa 1 .....	55
TABEL 4.11 Data rancangan purwa-rupa 2 .....	59
TABEL 4.12 Data perubahan presentase bukaan pada purwa-rupa 2.....	60
TABEL 4.13 Data rancangan purwa-rupa 3 .....	63
TABEL 4.14 Hubungan kebutuhan perpindahan sudut dengan rentang temperatur yang dibutuhkan untuk pergerakan penuh.....	66
TABEL 5.1 Komparasi karakteristik bentuk elemen <i>double-skin facade</i> adaptif yang diuji .....	69
TABEL 5.2 Saran pengembangan rancangan .....	71





## **DAFTAR DIAGRAM**

Diagram 1.1 Kerangka Penelitian .....	5
Diagram 3.1. Skenario Penelitian .....	34



## **DAFTAR GRAFIK**

Grafik 4.1 Besar perpindahan sudut (turun) terhadap besar torsi .....	47
Grafik 4.2. Perpindahan sudut beban momen terhadap kenaikan temperatur udara.....	47
Grafik 4.3. Besar perpindahan sudut beban momen per kenaikan temperatur udara.....	48
Grafik 4.4. Perpindahan sudut beban momen terhadap kenaikan temperatur radiasi .....	48
Grafik 4.5. Besar perpindahan sudut beban momen per kenaikan temperatur radiasi.....	49
Grafik 4.6. Perpindahan sudut beban momen terhadap kenaikan temperatur udara.....	50
Grafik 4.7. Besar perpindahan sudut beban simetris per kenaikan temperatur udara.....	50
Grafik 4.8. Perpindahan sudut beban simetris terhadap kenaikan temperatur radiasi .....	51
Grafik 4.9. Besar perpindahan sudut beban momen per kenaikan temperatur radiasi.....	51



## **DAFTAR LAMPIRAN**

Hasil Pengukuran Pergerakan terhadap Kenaikan Temperatur.....	75
---	----



# BAB I

## PENDAHULUAN

### 1.1. Latar Belakang

Secara historis, keberadaan bangunan muncul dikarenakan adanya kebutuhan manusia untuk berlindung dari kondisi lingkungan eksternal. Kulit dari bangunan berperan sebagai pembatas fisik antara ruang luar dan ruang dalam bangunan. Kulit bangunan berfungsi sebagai cangkang yang membantu untuk menjaga kenyamanan ruang dalam dengan berperan sebagai moderator antara kondisi ruang luar dan ruang dalam bangunan, sekaligus memfasilitasi pengkondisian ruang dalam.

*Double Skin Façade* merupakan salah satu upaya desain pasif pada kulit bangunan untuk mengatur temperatur ruang dalam. *Double Skin Façade* adalah konstruksi kulit bangunan yang terdiri dari beberapa lapisan, antara lain : kulit bagian luar, kulit bagian dalam, dan rongga udara diantaranya. Konsep dari *Double Skin Façade* bergantung pada mitigasi radiasi matahari yang terserap oleh lapisan luar, dimana peristiwa tersebut menciptakan pergerakan udara pada rongga udara sehingga juga meningkatkan ventilasi pada ruang dalam bangunan.

Sistem lain yang juga dapat membantu meningkatkan performa kulit bangunan dalam penyesuaian dengan temperatur lingkungan adalah melalui penerapan elemen *double-skin facade* adaptif pada kulit bagian luar atau dalam rongga udara *double skin facade*. Berdasarkan penemuan dari salah satu proyek *International Energy Agency – Energy Conservation in Buildings and Community Systems Programme* (IEA-ECBCS, 2011), pengembangan, aplikasi, dan implementasi dari elemen kulit bangunan yang mampu merespon pada kondisi lingkungan disekitarnya dapat menyediakan langkah awal untuk hal tersebut (Loonen, Trčka, Cóstola, & Hensen, 2013). Penggunaan elemen kulit bangunan ini pada bangunan memungkinkan bangunan untuk bereaksi pada lingkungan luar disekitarnya (Drozdowski, 2011; Loonen et al., 2013).

Elemen kulit bangunan yang merespon kondisi lingkungan disekitarnya, yang dapat juga disebut elemen *double-skin facade* adaptif, memiliki tingkat fleksibilitas tertentu agar dapat beradaptasi pada perubahan cuaca lingkungan luar disekitarnya untuk mencapai kebutuhan kondisi iklim ruang didalamnya. Dalam konteks kenyamanan temperatur, kebutuhan untuk regulasi energi panas yang bersumber dari pancaran sinar matahari langsung ataupun radiasi dari objek-objek di sekitar bangunan oleh kulit bangunan

menyarankan elemen kulit bangunan untuk bertindak berdasarkan prinsip arsitektur adaptif yang berfokus pada adaptasi iklim. Bentuk respon elemen kulit bangunan terhadap perubahan kondisi iklim di lingkungan sekitarnya didasari pada kebutuhan untuk mencapai kenyamanan termal pada ruang dalam. Elemen kulit bangunan diharapkan menjadi suatu sistem yang hemat energi, yang mampu merespon perubahan keadaan cuaca lingkungan sekitarnya, secara tidak kontinu.

Elemen *double-skin facade* adaptif dalam pengoperasiannya membutuhkan geometri yang memungkinkan terjadinya perubahan atau pergerakan, dimana geometri tersebut didasari pada sistem yang digunakan. Sistem yang digunakan memiliki kapabilitas untuk mengalami atau mengadakan perubahan untuk merespon kondisi cuaca. Sistem yang umum digunakan pada elemen *double-skin facade* adaptif antara lain sistem mekanikal yang memanfaatkan elemen bergerak dan prosedur pengaturannya pada ruang luar atau ruang dalam bangunan atau terintegrasi pada kulit bangunan (*double-skin facade*) untuk membantu meregulasi tingkat paparan sinar matahari dan radiasi matahari yang masuk ke ruang dalam bangunan. Sistem lain yang umum digunakan adalah sistem kimiawi yang terintegrasi pada lapisan kaca, dimana sifat optisnya dapat dimanipulasi melalui stimulan listrik (*electrochromic glass*) atau gas (*gasochromic*), untuk mengatur tingkat sinar dan radiasi matahari yang masuk ke dalam ruangan.

Pemanfaatan kedua sistem yang sebelumnya telah disebutkan sebagai sistem penggerak elemen *double-skin facade* adaptif masih membutuhkan energi dari bangunan (listrik untuk menciptakan pergerakan atau reaksi kimiawi). Tingkatan selanjutnya adalah bagaimana elemen *double-skin facade* adaptif dapat bergerak dengan memanfaatkan sistem yang mampu bekerja dengan energi-energi yang sudah tersedia melimpah di lingkungan sekitarnya (panas, cahaya, angin, dan lain-lain). Sistem lain yang dapat diterapkan yang merupakan kombinasi sistem mekanikal dan kimiawi pada elemen *double-skin facade* adaptif adalah melalui pemanfaatan material, dimana kemampuan respon elemen kulit bangunan didasari pada sifat material. Sistem ini memanfaatkan reaksi material yang mengubah salah satu atau lebih sifat materialnya (kimiawi, mekanikal, elektrikal, magnetik, atau termal) berdasarkan stimulan dari lingkungan disekitarnya (panas, cahaya, atau pergerakan udara yang ada di lingkungan sekitarnya). Perubahan ini bersifat langsung dan dapat kembali ke kondisi semula, dan dalam perubahannya tidak membutuhkan energi tambahan dari bangunan untuk mengaktifkannya. Karakteristik ini menjadikan pemanfaatan material pada sistem elemen kulit bangunan responsif menjadi menarik.



Penelitian ini berfokus pada eksplorasi beberapa rancangan elemen *double-skin facade* adaptif dengan memanfaatkan material *bi-metal* sebagai sistem penggerak. Eksplorasi desain yang dimaksud berusaha menemukan bentuk elemen *double-skin facade* adaptif berdasarkan material bimetal yang tersedia di pasaran, dengan tujuan membantu kondisi termal ruangan dengan cara menangkal atau memasukan sinar matahari langsung.

## 1.2. Pertanyaan Penelitian

Kulit bangunan yang ditemui saat ini umumnya bersifat statis. Berdasarkan standar-standar baru yang berlaku, performa kulit bangunan statis dalam mengondisikan temperature luar dinilai kurang sehingga mendorong implementasi kulit bangunan adaptif pada bangunan-bangunan baru. Elemen *double-skin facade* adaptif umumnya menggunakan sistem mekanikal atau kimiawi yang masih menggunakan energi listrik untuk mengoperasikannya. Pemanfaatan sistem material sebagai sistem penggerak elemen kulit bangunan masih jarang ditemukan dan masih sedikit data yang tersedia mengenai iterasi rancangan dan performanya terhadap regulasi temperatur ruang dalam bangunan. Berdasarkan hal-hal tersebut, penelitian ini berusaha untuk meneliti pemanfaatan sistem material khususnya material kumparan bimetal pada elemen *double-skin facade* adaptif. Beberapa pertanyaan penelitian yang muncul antara lain :

1. Bagaimana kinerja material bimetal sebagai sistem penggerak elemen *double-skin facade* adaptif?
2. Bagaimana karakteristik rancangan elemen *double-skin facade* adaptif yang dihasilkan dengan sistem penggerak material bimetal?

## 1.3. Tujuan Penelitian

Penelitian ini dilakukan sebagai upaya penerapan konsep pemanfaatan material bimetal sebagai material baru yang dapat digunakan sebagai sistem penggerak elemen *double-skin facade* adaptif. Purwarupa rancangan elemen *double-skin facade* adaptif yang dihasilkan mampu bergerak sebagai respon terhadap tingkat temperatur di lingkungan sekitar bangunan dan mengubah geometrinya untuk menyesuaikan jumlah sinar matahari yang masuk ke ruang dalam sebagai mekanisme pengendalian iklim ruang dalamnya.

Pada penelitian ini diharapkan mampu :

- Mengetahui kinerja material *bi-metal* sebagai sistem penggerak elemen *double-skin facade* adaptif

- Mengetahui karakteristik rancangan elemen *double-skin facade* adaptif yang dihasilkan dengan sistem penggerak material bimetal

#### **1.4. Manfaat Penelitian**

Penelitian ini diharapkan dapat mendorong penerapan rancangan arsitektur adaptif dengan mengaplikasikan material yang tergolong baru di dunia arsitektur ini pada rancangan kulit bangunan, sebagai salah satu pilihan sistem yang dapat digunakan yang tidak memerlukan energi tambahan selain yang diterimanya dari lingkungan.

Rancangan elemen *double-skin facade* adaptif yang dihasilkan melalui penelitian ini, jika mampu beroperasi sesuai yang diharapkan, mampu merespon kondisi cuaca lingkungan sekitar dan menyesuaikan kondisi termal ruang dalam bangunan agar mendekati kondisi optimal ketika diaplikasikan pada kulit bangunan. Pengetahuan mengenai implementasi sistem material bi-metal dari penelitian ini dalam lingkup lebih luas diharapkan mampu mendorong pembaharuan bahan bangunan yang telah ada dengan implementasi sistem material bi-metal sehingga mampu meningkatkan nilai dan performa termal dari bahan bangunan tersebut. Pembaharuan bahan bangunan menjadi bahan bangunan adaptif yang dihasilkan beroperasi menggunakan mekanisme yang sederhana dan memiliki rancangan yang sederhana pula sehingga mampu diproduksi dengan mudah dan terjangkau, sehingga impian besarnya, bahan bangunan adaptif ini mampu diaplikasikan pada kulit bangunan sederhana atau bangunan-bangunan darurat/sementara untuk menyediakan bangunan-bangunan tersebut kondisi termal yang lebih nyaman (*habitable*) bagi penghuninya.

#### **1.5. Ruang Lingkup Penelitian**

Ruang lingkup penelitian dibatasi pada pembahasan sebagai berikut:

1. Lingkup pembahasan penelitian adalah batasan kemampuan material bimetal yang tersedia sebagai sistem penggerak elemen *double-skin facade* adaptif yang kemudian dijadikan bahan pertimbangan dalam merancang
2. Lingkup pembahasan efektifitas penangkalan radiasi matahari dilihat dari kinerja dari modul elemen *double-skin facade* adaptif terhadap perubahan temperatur di lingkungan sekitarnya dalam bentuk perubahan besaran bukaan.

## 1.6. Kerangka Penelitian

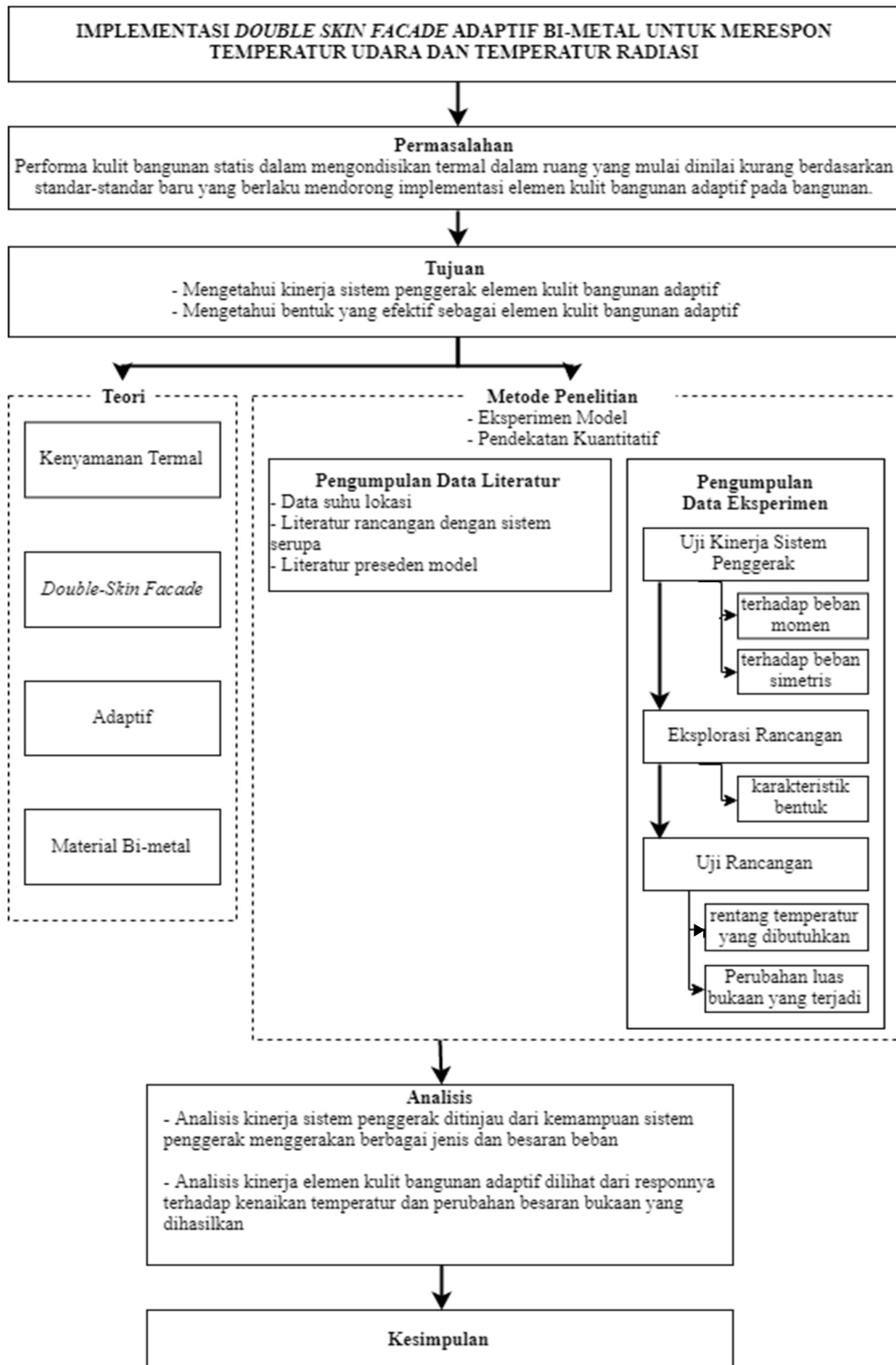


Diagram 1.1 Kerangka Penelitian

