

# BAB I

## PENDAHULUAN

### 1.1 Latar Belakang

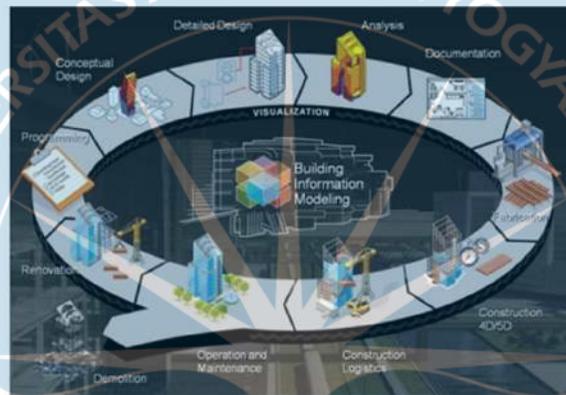
Pada saat ini perkembangan teknologi telah berkembang pesat di berbagai bidang [1]. Tak bisa dipungkiri juga dalam bidang arsitektur mengalami perkembangan yang dapat mengubah sistem kerja para arsitek sehingga harus berinovasi untuk menyesuaikan diri dengan perkembangan teknologi yang mutakhir [2]. Lebih jauh lagi, penggunaan teknologi digital telah memungkinkan arsitek untuk melakukan inovasi desain arsitektur yang kompleks ditinjau dari segi bentuk, struktur, fungsi, material dan lingkungan yang sebelumnya tidak mungkin dilakukan dengan teknik konvensional [1].

*Building Information Modeling* (BIM) dan desain bangunan hijau adalah dua tren di industri *Architecture, Engineering and Construction* (A/E/C) yang telah berkembang pesat saat ini. Keduanya merupakan konsep penting yang saling menguatkan, mendukung dan menguntungkan dalam proses desain [3][4]. BIM merupakan representasi digital dari bentuk fisik dan karakteristik fungsional suatu fasilitas[5][6]. BIM sebagai dasar pengembangan suatu desain dan konstruksi melalui teknologi pemodelan yang mengaitkan serangkaian proses untuk menghasilkan, berkomunikasi dan menganalisis model bangunan [6][7] yang dapat diandalkan dalam pengambilan keputusan pada siklus hidup bangunan [5][6]. BIM itu sendiri dapat digunakan sebagai suatu metoda untuk mencapai satu atau beberapa tujuan yang spesifik [8].

Stanford University Center for Integrated Facilities Engineering (CIFE) berdasarkan 32 jenis proyek yang menggunakan BIM menunjukkan manfaat sebagai berikut (1) mengurangi perubahan hingga 40%, (2) akurasi estimasi biaya sebesar 3%, (3) pengurangan waktu hingga 80% untuk menghasilkan perkiraan biaya, (4) penghematan hingga 10% dari nilai kontrak melalui deteksi kesalahan pemodelan, dan (5) mengurangi waktu proyek hingga 7% [8].

Pada tahun 2007 menurut *U.S. General Services Administrator*, BIM biasanya dibuat dalam satu aplikasi [9] tetapi di saat ini karena pemodelan objek menjadi lebih umum maka pengumpulan informasi dapat dilakukan dari sejumlah aplikasi yang berbeda, misalnya program ruang awal dari satu aplikasi, dilanjutkan dengan penambahan elemen arsitektur di aplikasi kedua dan kemudian dengan elemen bangunan di aplikasi ketiga, dan seterusnya [9].

BIM dalam penerapannya terdiri dari 3D – 7D [10] dan 8D [11] di antaranya pemodelan dalam bentuk 3D dengan elemen panjang, lebar dan tinggi yang berbasis objek pemodelan parametrik [6] dan penambahan elemen waktu untuk penjadwalan menjadikan BIM 4D. Perkiraan biaya yang terintegrasi dengan penjadwalan sesuai hasil pemodelan merupakan BIM 5D, kemudian BIM dapat dimanfaatkan untuk analisis energi dan pertimbangan dampak lingkungan yang disebut BIM 6D. Setelah elemen-elemen informasi yang terkandung dalam BIM itu lengkap, maka dapat digunakan pemilik untuk melakukan manajemen fasilitas seperti perawatan dan operasional yang disebut BIM 7D [6][12][13]. Menambahkan informasi keselamatan pada model selama fase desain dan pelaksanaan konstruksi disebut BIM 8D [11] [14].



Gambar 1.1 Siklus Bangunan

Sumber: Building Information Modelling in Design, Construction, and Operation [15]

Implementasi BIM di Indonesia saat ini masih rendah / terbatas dan penggunaannya hanya pada proyek besar dalam fase desain [6][16]–[18]. Penerapan BIM di Indonesia terdokumentasi mulai pada tahun 2012 [16] dan terbatas pada pemodelan 3D [17][18]. Menurut Peraturan Menteri Pekerjaan Umum dan Perumahan Rakyat tahun 2018 tentang pembangunan gedung negara bahwa penerapan BIM dilakukan pada bangunan dengan kriteria luas diatas 2000 m<sup>2</sup> / diatas dua lantai [15][19]. Menurut Peraturan Pemerintah No. 16 tahun 2021 tentang bangunan gedung bahwa penerapan BIM diwajibkan sampai 5D pada bangunan bertingkat menengah 3 - 6 lantai / kurang dari 20 m dan bertingkat tinggi diatas 6 lantai / lebih dari 20 m [14][20], namun penerapan BIM sampai 8D hanya diwajibkan untuk bangunan pencakar langit dan super tinggi [14]. Konsep BIM ini untuk percepatan pembangunan infrastruktur dan sebagai pijakan dalam mencapai tujuan konstruksi nasional [21].

Fenomena pemanasan global dan meningkatnya ketergantungan penggunaan energi tak terbarukan pada bangunan gedung menjadi urgensi dari penelitian ini. Penggunaan BIM untuk pemodelan energi dapat memungkinkan simulasi energi diseluruh desain, konstruksi, dan operasi bangunan [22]. Semua informasi komponen bangunan yang relevan dimasukkan dalam model dengan mempertahankan dan melacak fungsionalitas fitur berkelanjutan dengan cara yang lebih baik dan berjangka panjang [3][4]. Hal ini biasa disebut dengan desain *Building Energy Analysis* (BEA) [23] atau juga *Building Energy Modeling* (BEM) [24].

Evaluasi artikel selama beberapa tahun terakhir (2016-2021) menunjukkan bahwa integrasi BIM ke BEM semakin menarik minat di antara para peneliti dan industri [24]. Metode integrasi model, Archicad dan EcoDesigner dapat disebut sebagai sistem gabungan BIM ke BEM karena BEM diproduksi langsung dari BIM dan desain / proses simulasi energi dilakukan secara bersamaan [24][25]. Potensi BEM berbasis BIM bisa memiliki hasil analisis yang baik seakurat perangkat lunak *building performance simulation* (BPS) tingkat lanjut, namun interoperabilitas penuh antara BIM dan alat bantu BEM lainnya belum tercapai dengan baik [24].

Analisis energi dengan bantuan BIM 6D / gabungan BIM dan BEM akan membantu para arsitek pada tahap awal desain untuk menghasilkan model yang efisien terhadap energi [24]. Perangkat lunak yang kompatibel dengan BIM 6D dapat membantu dalam integrasi data yang terkait dengan konsumsi energi dan sangat penting untuk digunakan dalam melakukan evaluasi kinerja suatu bangunan. Di saat ini sudah banyak ide yang diungkapkan dan diimplementasikan untuk meningkatkan efisiensi energi [26][27] namun hal ini dilakukan pada fase akhir dari sebuah desain [24]. Misalnya, memasang lampu pendar (neon), lampu LED, jendela berlapis ganda, bangunan fasad ganda dan atap panel surya yang digunakan untuk menghasilkan energi. Penerapan prinsip-prinsip desain ramah lingkungan dengan penerapan *renewable energy* menghasilkan produk dengan biaya yang lebih tinggi [28][29].

Pertumbuhan pembangunan di Indonesia saat ini telah berkembang pesat [30], tak terkecuali pada Kota Ambon. Tren pembangunan pada kota ini yaitu penerapan arsitektur kontemporer. Dalam penerapannya digunakan fasad transparan dengan menggabungkan *aluminum composite panel* (ACP) dan kaca sebagai material pilihan untuk fasad bangunan, penggunaan ACP untuk meningkatkan estetika [31][32] dan kinerja energi bangunan [32].

ACP berlubang sebagai material fasad ganda dalam penerapannya pada siang hari mampu mereduksi panas, sehingga bisa mengurangi temperatur udara dalam ruangan sebesar 8°C dibandingkan dengan bangunan tanpa fasad ganda, tetapi hal ini belum bisa memenuhi standar suhu ruangan yang nyaman [33]. Begitu pula dengan material kaca, jika sinar matahari langsung mengenai bidang kaca maka akan merambatkan panas sebesar 80% - 90% sehingga meningkatkan temperatur udara dalam ruangan [34]. Hal ini berbanding lurus dengan peningkatan konsumsi energi pada bangunan gedung dalam penggunaan sistem pendingin ruangan [35], begitu pula posisi geografis dan ketinggian suatu daerah dari permukaan laut dapat juga mempengaruhi kinerja sistem pendingin [36].

Energi listrik merupakan salah satu kebutuhan utama bagi manusia selain sandang, pangan dan papan [37]. Pada Kota Ambon, sumber kebutuhan energi ini masih mengandalkan pasokan energi listrik tambahan dari kapal pembangkit energi listrik dengan kapasitas 60 MW [38]–[42]. Kota ini dirancang sesuai dengan rencana strategis pengembangan kawasan pesisir sebagai Kota Pantai [43], dan sesuai pengelolaan wilayah pesisir dan pulau-pulau kecil untuk pembangunan berkelanjutan [44].

Peningkatan efisiensi energi dapat memiliki manfaat seperti penurunan tingkat konsumsi sumber daya alam yang terbatas dan mengurangi jumlah karbon dioksida [45]. Terdapat dua cara untuk mewujudkan peningkatan efisiensi energi antara lain (1) menurunkan konsumsi energi pada konsumen dan (2) mengurangi dampak merugikan terhadap lingkungan [46].

Menurunkan konsumsi energi pada konsumen dengan mengatur penggunaan sistem penghawaan dan pencahayaan terkadang sangat kontradiktif, artinya jika kita memanfaatkan sistem pencahayaan alami secara maksimal sepanjang hari dengan dampak radiasi panas. Hal ini berarti panas yang masuk juga akan semakin besar dan meningkatkan temperatur udara sehingga menambah beban pendingin ruangan [35][47].

Desain *fleksibel shading* dengan pendekatan biomimikri pada tumbuhan mimosa merupakan salah satu cara efisiensi energi yang bisa dimanfaatkan karena dapat mereduksi radiasi sebesar 26.3% [48]. Desain model *shading* horizontal dapat memblokir radiasi matahari dan *Shading* vertikal dapat menghalangi silau dengan baik, terutama di orientasi barat [49]. Fasad ini bisa digunakan untuk efisiensi energi secara maksimal di bangunan gedung dengan beradaptasi sepenuhnya dalam perubahan iklim untuk menyediakan kenyamanan maksimal bagi penghuni sesuai perubahan waktu [50]. Dengan mengatur

proses masuknya cahaya alami ke dalam bangunan untuk meminimalkan panas, hal ini dapat membantu mengurangi konsumsi energi [33][35] dan untuk mengetahui tingkat keberhasilan suatu desain *fleksibel shading* dapat dilakukan dengan simulasi model bangunan [51].

Dalam Penelitian ini, dilakukan penerapan *perforated aluminum* sebagai *fleksibel shading* untuk mengetahui dampaknya pada *Energy Efficiency and Conservation* (EEC) untuk kebutuhan perkantoran berlantai rendah dan tinggi. Mengingat model *fleksibel shading* yang ada saat ini hanya di desain khusus untuk bangunan gedung tertentu saja. Dari hasil desain, diharapkan model *fleksibel shading* ini dapat membantu mengurangi konsumsi energi pada sistem pencahayaan dan beban pendingin ruangan. Setelah sinar matahari langsung tidak mengenai bidang *fleksibel shading* maka panel tersebut akan terbuka dan penghuni bisa leluasa melihat panorama di luar bangunan melalui kaca masif yang ada.

## **1.2 Rumusan Masalah**

Masalah yang dibahas dalam penelitian ini sebagai berikut :

Bagaimana dampak penerapan *perforated aluminum* sebagai *fleksibel shading* pada *Energy Efficiency and Conservation* (EEC) dengan pendekatan berbasis *Building Information Modeling* (BIM) sesuai standar Green Building Council Indonesia (GBCI) dan ASEAN-USAID pada bangunan kantor.

## **1.3 Batasan Penelitian**

Dalam Penelitian ini digunakan batasan masalah sebagai berikut :

1. Simulasi 3D model sesuai gambar rencana Kantor Kementerian Hukum dan HAM Provinsi Maluku.
2. Simulasi 3D model dengan *perforated aluminum* sebagai *fleksibel shading*.
3. *Software* BIM yang digunakan adalah *Software* Graphisoft Archicad 24 untuk memodelkan bangunan dan simulasi energi dalam mengetahui tingkat konsumsi energi pada pencahayaan dan sistem pendingin dalam bangunan.

## **1.4 Tujuan Penelitian**

Adapun Tujuan dari penelitian ini sebagai berikut :

Mengetahui dampak penerapan *perforated aluminum* sebagai *fleksibel shading* pada *Energy Efficiency and Conservation* (EEC) dengan pendekatan berbasis *Building*

*Information Modeling* (BIM) sesuai standar Green Building Council Indonesia (GBCI) dan ASEAN-USAID pada bangunan kantor.

### 1.5 Manfaat Penelitian

Penelitian ini diharapkan bisa memberikan beberapa manfaat sebagai berikut :

1. Bidang Pendidikan dan Riset, diharapkan penelitian ini memberikan kontribusi dalam pengembangan ilmu dan pengetahuan dalam bidang BIM pada penerapan *software* BIM dilingkungan pendidikan dan berkontribusi dalam menentukan aturan untuk intensitas konsumsi energi pada sistem pendingin perkantoran di Indonesia.
2. Bidang Konstruksi, diharapkan penelitian ini bisa memberikan informasi untuk penerapan strategi efisiensi energi dengan menggunakan *software* BIM dalam bidang perencanaan bangunan gedung.

### 1.6 Keaslian Penelitian

Adapun penelitian terdahulu tentang BIM, EEC dan *Fleksibel Shading*, berikut penjabaran macam-macam penelitian untuk melihat keaslian penelitian ini.

Tabel 1.1 Penelitian Terdahulu Tentang BIM

| No | Penelitian  | Tahun | Temuan Kemajuan  |
|----|---|-------|--|
| 1  | P. Szalapaj, "The Digital Design Process in Contemporary Architectural Practice".[52]   | 2005  | Menurut Szalapaj beberapa peran dari penggunaan teknologi digital dalam bidang arsitektur adalah sebagai berikut (1) Alat bantu presentasikan desain arsitektur, (2) Alat simulasi, (3) Alat Evaluasi, (4) Sebagai alat bantu untuk proses perancangan ke konstruksi dan (5) Sebagai penerjemah informasi digital ke dalam proses <i>manufacturing</i> /pembangunan.   |
| 2  | S. Azhar, A. Nadeem, J. Mok, and Leung Brian, "Building Information Modeling (BIM): A New Paradigm for Visual Interactive Modeling and Simulation for Construction Projects," [53]      | 2008  | <i>Building Information Modelling</i> (BIM) merupakan seperangkat teknologi yang menggunakan permodelan tiga dimensi untuk membantu arsitek mengerjakan suatu model tanpa perlu membaginya menjadi beberapa model yang berbeda. Proses manajemen menjadi lebih leluasa dan informatif karena bermuara pada satu model informasi sehingga dapat bekerja secara kolaborasi hingga meminimalisir konflik informasi antara berbagai pihak yang terlibat dalam proyek.  |
| 3  | O. Hafeez, P. R. Flores, S. Azhar, A. Nadeem, J. Y. N. Mok, and B. H. Y. Leung, "Building Information Modeling (BIM) A New Paradigma for Visual Interactive Modeling and Simulation for | 2008  | Stanford University Center for Integrated Facilities Engineering (CIFE) berdasarkan 32 jenis proyek yang menggunakan BIM menunjukkan manfaat seperti (CIFE, 2007): (1) Hingga 40% penghapusan perubahan yang tidak dianggarkan. (2) Akurasi estimasi biaya dalam 3%. (3) Pengurangan waktu hingga 80% untuk menghasilkan perkiraan biaya. (4) Penghematan hingga 10% dari nilai kontrak melalui deteksi kesalahan pemodelan. (5) Pengurangan waktu proyek hingga 7%. BIM memiliki manfaat representasi geometris yang akurat dari bagian-bagian bangunan di lingkungan data yang terintegrasi. |

|    |   |            |   |
|----|---|------------|---|
|    | Construction Projects,” [8]   |            |   |
| 4  | “National BIM Standard - United States V2,”[5]  | 2012       | <i>Building Information Modeling</i> adalah representasi digital dari fisik dan karakteristik fungsional suatu fasilitas.   |
| 5  | P. Read, E. Krygiel, and J. Vandezande, <i>Mastering Autodesk Revit Architecture 2013</i> [54]  | 2012       | Aplikasi Revit merupakan suatu aplikasi BIM yang menggunakan model tunggal, parametrik, 3D untuk menghasilkan rencana, bagian, elevasi, perspektif, detail, dan jadwal.   |
| 6  | “National BIM Standard - United States V2,”[5]<br>J. Pantiga and A. Soekiman, “Kajian Implementasi <i>Building Information Modeling</i> (BIM) di Dunia Konstruksi Indonesia,” [6].              | 2012, 2021 | BIM berfungsi sebagai sumber informasi bersama yang dapat diandalkan sebagai dasar pengambilan keputusan selama siklus hidup bangunan.  |
| 7  | F. Denis, <i>The guide to Building Information Modelling (BIM) - Belgian Guide For The Construction Industry</i> , 1st ed [55]  | 2015       | Dari beberapa pengertian BIM, dapat disimpulkan bahwa BIM adalah platform perangkat lunak yang memungkinkan untuk mengkoordinasikan dan menggabungkan pekerjaan para pihak yang berbeda dalam satu model informasi bangunan yang terhubung satu dengan yang lainnya.  |
| 8  | S. P. Zotkin, E. v. Ignatova, and I. A. Zotkina, “The Organization of Autodesk Revit Software Interaction with Applications for Structural Analysis,”[56]                                       | 2016       | BIM berkontribusi penuh dalam sepanjang siklus perancangan karena BIM tidak hanya dalam bentuk representasi grafis, melainkan juga informasi tentang bangunan yang disimpan dalam data base. Keuntungan utama teknologi BIM dibandingkan dengan metode permodelan lainnya adalah ketersediaan informasi tentang bangunan ataupun struktur yang dapat digunakan pada semua tahap perancangan meliputi tahap desain arsitektur, perhitungan teknik, konstruksi, rekonstruksi dan juga pemeliharaan. |
| 9  | I. H. Suroyo, “Pelatihan Perencanaan Konstruksi Dengan Sistem Teknologi <i>Building Information Modeling</i> (Bim) I Prinsip Dasar Sistem Teknologi Bim Dan Implementasinya Di Indonesia,” [57] | 2018       | BIM adalah proses dimana para <i>stakeholder</i> yaitu <i>owner</i> , arsitek, kontraktor dan <i>engineer</i> saling bekerjasama untuk mengefisienkan, mengelola dan membagikan informasi data dan geometri yang relevan bagi kegiatan konstruksi, fabrikasi dan perwujudan sebuah bangunan.  |
| 10 | Y. Marizan, “Studi Literatur Tentang Penggunaan <i>Software</i> Autodesk Revit Studi Kasus Perencanaan Puskesmas Sukajadi Kota Prabumulih,”[58]   | 2019       | Studi literatur tentang penggunaan <i>software</i> autodesk revit pada studi kasus perencanaan Puskesmas Sukajadi Kota Prabumulih menyebutkan bahwa penggunaan revit mampu meningkatkan efisiensi pada lama waktu perencanaan hingga dua kali lipat atau hingga sebesar 50% dan pemanfaatan sumber daya manusia yang lebih sedikit sebesar 26,66% sehingga dapat menghemat biaya sebesar 48,37%.  |

|    |   |      |   |
|----|---|------|---|
| 11 | G. Alfalah, A. Al-Sakkaf, N. Elshaboury, and M. Abdelkader, "An Extensive Comparison between Architectural Software's of ArchiCAD® and Revit®," [59]  | 2021 | Adapun program bantu yang dapat digunakan dalam proses BIM antara lain Graphisoft Archicad dan Autodesk Revit yang sejatinya memiliki cara kerja dan potensi masing-masing. Kriteria pemilihan dipilih sehubungan dengan perspektif arsitektur, Hasil studi kasus menunjukkan bahwa pemilihan ArchiCAD® atau Revit®, sebagai perangkat lunak BIM, sangat mempengaruhi tujuan dan karakteristiknya. bahwa ArchiCAD® dan Revit® memiliki skor yang sedikit mirip, masing-masing 0,645 dan 0,632 dalam hal 20 karakteristik. Perbedaan hasil ini menggambarkan perlunya perbaikan perangkat lunak <i>Building Information Modeling</i> dari perspektif arsitektur. |
| 12 | A. Muhsin, R. S. Yasyfa Prawiradinata, and Y. Nur Razaq, "Perbandingan Antara Alur Kerja BIM Dengan CAD Pada Proses Renovasi Rumah Tinggal." [60]   | 2021 | Perbandingan antara alur kerja BIM (Archicad) dengan CAD pada proses renovasi rumah tinggal menggunakan aplikasi BIM (Archicad) dapat menghemat waktu perencanaan sebesar 36.3%. Penggunaan BIM dapat meminimalisir sumber daya manusia yang lebih efisien.   |
| 13 | P. Christian and S. R. Kamurahan, "Pengaruh Aplikasi Material Fasade Bangunan Terhadap Upaya Konservasi Energi Dengan Pendekatan Evaluasi Desain Berbasis BIM ( <i>Building Information Modeling</i> )," [61] | 2021 | Perangkat lunak untuk evaluasi energi adalah fitur EcoDesigner yang terintegrasi dalam Archicad v. 24. Dapat melakukan simulasi evaluasi energi.  |

Tabel 1.2 Penelitian Terdahulu Tentang EEC

| No | Penelitian   | Tahun | Temuan Kemajuan   |
|----|--|-------|---|
| 1  | R. S. Nickerson, <i>Psychology and Environmental Change</i> [46]   | 2003  | Terdapat dua cara dalam mewujudkan peningkatan efisiensi :<br>(1) Menurunkan tingkat konsumsi energi dari konsumen dan<br>(2) Mengurangi dampak merugikan terhadap lingkungan.  |
| 2  | I. Fitriani, "Evaluasi Efisiensi Energi Listrik Pada Bangunan Rumah Sakit Dr. Sayidiman Kabupaten Magetan" [62]    | 2017  | Diperlukan simulasi menggunakan Ecotect dengan plug-in Radiance yang dapat melakukan simulasi pencahayaan agar dapat dibandingkan dengan simulasi pencahayaan dari Ecotect. Nilai karakteristik material pada penelitian ini sebagian besar masih menggunakan asumsi-asumsi yang penulis sesuaikan dengan data <i>default</i> material bawaan Ecotect. Material yang ada di Indonesia tidak sepenuhnya memiliki sifat-sifat termal yang sama dengan material yang disediakan Ecotect. |
| 3  | A. W. Biantoro and D. S. Permana, "Analisis Audit Energi Untuk Pencapaian Efisiensi Energi Di Gedung Ab, Kabupaten | 2017  | Untuk meningkatkan efisiensi energi pada sistem tata cahaya, sebaiknya perusahaan melakukan penggantian lampu yang ada saat ini dengan lampu jenis LED yang menghasilkan iluminansi sama tetapi lebih hemat energi  |

|   |   |      |  |
|---|---|------|--|
|   | Tangerang, Banten,” [63]  |      |  |
| 4 | I. Ardiansyah and R. Azizah, “Pengukuran Greenship New Building Ver. 1.2 pada Bangunan Baru Rumah Atsiri Indonesia (Final Assessment),” [64]  | 2020 | Perencanaan dan perancangan dengan gagasan <i>green building</i> mampu mengubah iklim mikro menjadi lebih baik. Di lingkup Indonesia, <i>green building</i> tengah menjadi tren dalam perancangan desain arsitektur yang beriringan dengan tumbuhnya kesadaran terhadap sertifikasi bangunan hijau oleh organisasi non-profit <i>Green Building Council Indonesia</i> (GBCI).  |
| 5 | P. Christian and S. R. Kamurahan, “Pengaruh Aplikasi Material Fasade Bangunan Terhadap Upaya Konservasi Energi Dengan Pendekatan Evaluasi Desain Berbasis BIM ( <i>Building Information Modeling</i> ),” [61] | 2021 | Penggunaan energi yang berkaitan dengan material bangunan dibagi dalam dua fase, yakni (1) proses produksi dan konstruksi dan (2) fase operasional. Sebagai salah satu faktor penentu dari sisi penggunaan material bangunan adalah kaca yang digunakan sebagai material fasade bangunan dan memiliki pengaruh yang besar, dimana semakin tebal dan gelap warna kaca semakin rendah angka solar factor kaca, juga makin kecil penerimaan radiasi panas matahari, sebaliknya semakin tipis dan cerah warna kaca maka penerimaan radiasi panas yang masuk kedalam bangunan makin besar. Aspek yang berpengaruh pada kenyamanan termal adalah (1) Radiasi sinar matahari yang menghasilkan cahaya dan panas mempengaruhi kinerja pendinginan ruangan dan desain pencahayaan bangunan. Hal ini dipengaruhi oleh tata letak bangunan dan material yang digunakan pada selubung bangunan. (2) Suhu udara dan kelembaban relative tinggi menjadi alasan untuk menggunakan AC guna mencapai kenyamanan manusia dan lingkungan dalam ruangan yang diinginkan.(3) Kelembaban relatif memiliki dampak yang besar terhadap lingkungan dalam ruangan dan kenyamanan termal. |

Tabel 1.3 Penelitian Terdahulu Tentang *Fleksibel Shading*

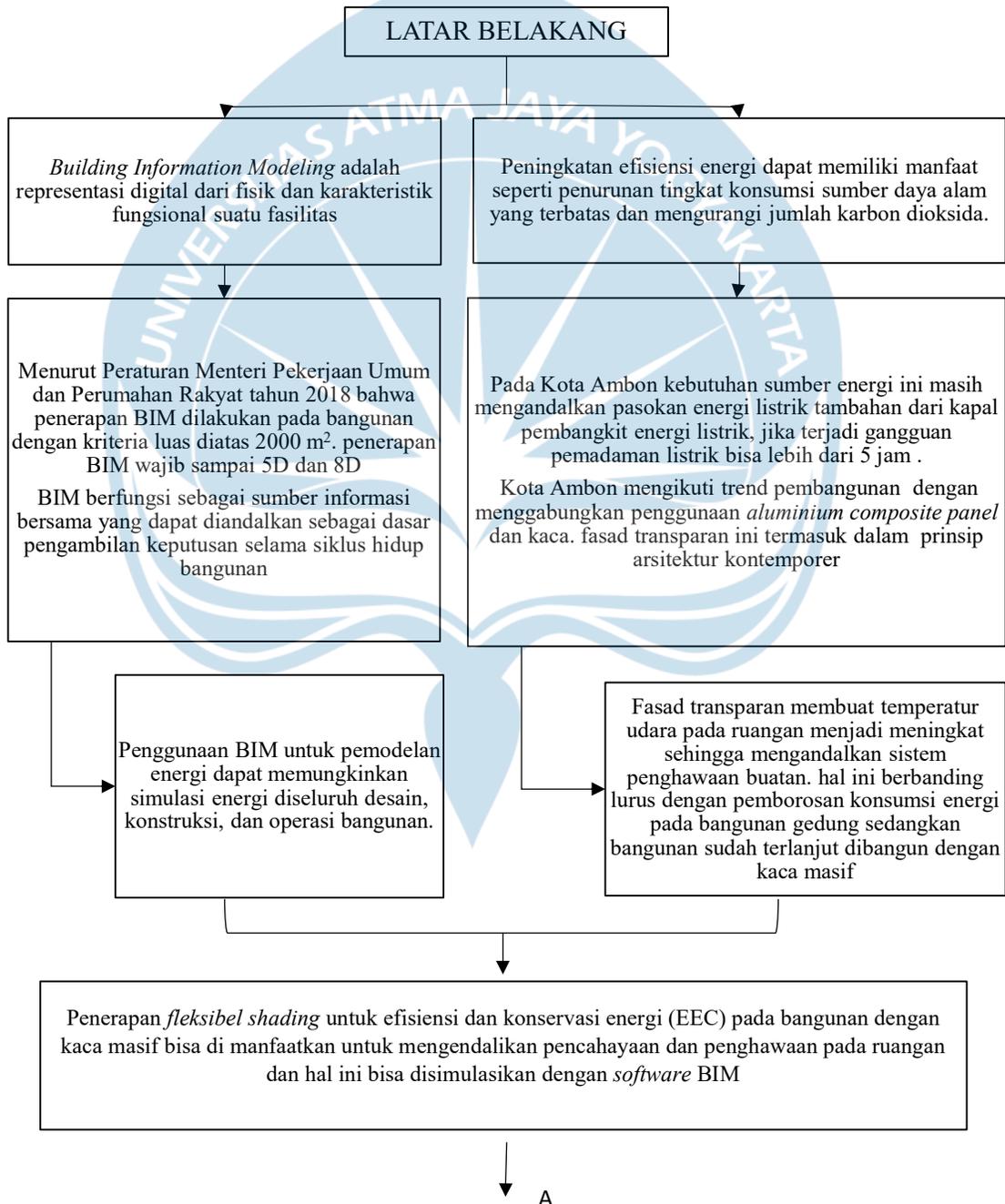
| No | Penelitian  | Tahun | Temuan Kemajuan   |
|----|---|-------|---|
| 1  | K. Akbar, A. M. N, and A. Soekirno, “Penerapan <i>Kinetic Façade</i> dengan Pendekatan Biomimicry pada Pusat Robotika Surabaya,” [51]                       | 2014  | Untuk mengetahui tingkat keberhasilan suatu <i>kinetic façade</i> dibutuhkan metode simulasi. Pendekatan untuk pusat robotika ini menggunakan pendekatan biomimicry atau meniru alam, dengan tujuan mendapatkan parameter atau karakteristik dan pedoman dalam perancangan sistem <i>kinetic façade</i> . Menggunakan sampel bulan Juni dan Desember karena pada bulan Juni, jalur lintas matahari condong ke utara, sebaliknya pada bulan Desember condong ke arah selatan, pada ke 4 sisi bangunan pada jam 09.00, 12.00, dan 15.00 Daylight pada bulan juni pukul 9 : (1) bukaan fasad 55° lux optimum 150-250, (2) bukaan fasad 60° lux optimum 150-250, (3) bukaan fasad 70° lux optimum 250-500 (4) bukaan fasad 80° lux optimum 500-750. |
| 2  | G. Dwi, R. Widasari, and J. Arsitektur, “Penerapan Desain Fasad yang Menyesuaikan Iklim dan Cuaca Setempat pada Perancangan The Hills Resort Lembang,” [65] | 2019  | Konsep <i>smart facade</i> memiliki sistem pengendalian otomatis sehingga akan berpengaruh pada pengurangan konsumsi energi serta biaya operasional pengelola maupun pengguna bangunan. Hal ini diterapkan pada perancangan The Hills Resort Hotel Lembang.   |

|   |   |      |   |
|---|---|------|---|
| 3 | B. M. Riwanto, M. B. Susetyarto, and ..., "Desain Kisi-Kisi Gigi Balang Pada Stadion Sepak Bola BMW Dengan Konsep Arsitektur Bioklimatik Di Tanjung Priok, Jakarta Utara," [66] | 2019 | Penggunaan <i>fleksibel shading</i> untuk cahaya matahari dan angin akan masuk pada saat terbuka sehingga bangunan tidak memerlukan pencahayaan buatan dan pendingin buatan dan pada saat tertutup maka cahaya matahari hanya sedikit yang masuk ke bangunan tetapi angin tetap dapat masuk leluasa, untuk studi rancangan Stadion Sepak Bola BMW yang dirancang sesuai standar FIFA, dengan tuntutan kenyamanan termal dan visual yang prima.  |
| 4 | J. A. Ibrahim and H. Z. Alibaba, "Kinetic Façade As a Tool for Energy Efficiency," [50]   | 2019 | <i>Fleksibel shading</i> ini digunakan untuk memaksimalkan energi secara efektif di gedung-gedung dan beradaptasi sepenuhnya dengan perubahan kondisi iklim yang menyediakan kenyamanan maksimal untuk penghuni dengan perubahan waktu  |
| 5 | H. Bintang and D. I. Kolor, "Hotel bintang 3 di Kolor, sumenep, madura," [67]   | 2020 | Pendekatan arsitektur hijau dapat meningkatkan kenyamanan pengguna dan menghemat energi, hal ini dapat dicapai dengan penggunaan <i>fleksibel shading</i> untuk penghawaan alami dan diharapkan dapat menjadi solusi desain untuk Hotel Bintang 3 Di Kolor, Sumenep, Madura.  |
| 6 | G. Anandhita, "Biomimikri Gerak Adaptif Tumbuhan Mimosa Sebagai Fasad Kinetik ," [48]   | 2020 | Pendekatan biomimikri, meniru perilaku tumbuhan mimosa menggunakan algoritma model generatif dapat direinterpretasi menjadi fasad kinetik untuk merespon radiasi dan sudut matahari. Hasil simulasi radiasi pada <i>software</i> Rhino 6.0 + GH + Ladybug desain <i>fleksibel shading</i> bisa mereduksi radiasi sebesar 26.3%. Sesuai studi (Kuru, 2019) fasad adaptif dapat mengurangi beban pendingin sebesar 19% dan meningkatkan kenyamanan 67,5%.   |
| 7 | W. Destiawan and L. Purwanto, "Penerapan Fasad Kinetik Pada Teknologi Vertikal Garden (Greenscreen Panel) Dalam Upaya Kenyamanan Thermal Ruang Dalam Hunian," [68]              | 2021 | Perubahan fasad secara otomatis sesuai dengan iklim sekitar dapat menciptakan kenyamanan termal bagi penghuni. Untuk mendapatkan parameter <i>fasade kinetic</i> maka pendekatan meniru alam dapat digunakan sebagai sarana, apalagi ditunjang dengan penggunaan teknologi <i>vertical garden</i> . Penggabungan antara fasad kinetik dan teknologi <i>vertical garden</i> mempunyai kendala pada penerapan vegetasi fasad.   |
| 8 | S. M. Hosseini, F. Fadli, and M. Mohammadi, "Biomimetic kinetic shading facade inspired by tree morphology for improving occupant's daylight performance," [69]                 | 2021 | Pendekatan biomimikri ini memberikan peluang untuk menghemat energi sebesar 82% dan mengurangi cahaya buatan dan ventilasi mekanik sebesar 65%. Studi terhadap 625 bentuk menunjukkan <i>kinetic shading</i> kompleks mencapai tingkat tinggi dalam penerangan siang hari sebesar 85,5% sementara mengurangi perolehan panas matahari lebih dari 90%, bentuk kinetik kompleks menunjukkan kinerja yang signifikan untuk mencegah ketidaknyamanan visual dengan mengurangi <i>Daylight Glare Probability</i> (DGP) |
| 9 | S. Dai, M. Kleiss, M. Alani, and N. Pebryani, "Reinforcement learning-based generative design methodology for the kinetic facade," [49]   | 2022 | Hasil percobaan menunjukkan bahwa fasad kinetik horizontal murni berkinerja baik dalam memblokir radiasi matahari dan silau dalam orientasi barat daya. Selain itu, fasad kinetik vertikal murni memiliki kinerja yang baik dalam memblokir silau tetapi tidak begitu baik dalam memblokir radiasi matahari. Dari hasil percobaan kinerja fasad gabungan vertikal dan horisontal mampu mengurangi radiasi matahari 78,3%,   |

|  |  |  |   |
|--|--|--|---|
|  |  |  | DGP 7,1 % dari pada fasad vertikal murni dan radiasi 29,7 %,<br>DGP 5,1 % dari pada fasad horizontal murni. |
|--|--|--|---|

Berdasarkan temuan kemajuan dari penelitian sebelumnya sesuai tabel 1.1 s/d 1.3 disimpulkan bahwa pendekatan berbasis BIM terhadap EEC bisa dimanfaatkan sehingga dapat mengetahui tingkat konsumsi energi dan inovasi penghematan energi dengan penerapan desain *Fleksibel Shading*.

### 1.7 Kerangka Berpikir





## 1.8 Jadwal Penelitian

Tabel 1.4 Jadwal Penelitian

| No. | Waktu                        | Kegiatan   |
|-----|------------------------------|--|
| 1   | Juni-Agustus 2022            | Draf Proposal Tesis  |
| 2   | September 2022               | Perbaikan Proposal   |
| 3   | September 2022               | Merumuskan BAB II & BAB III                                |
| 4   | September -<br>November 2022 | Pengambilan data dan pengolahan hasil<br>Merumuskan BAB IV |
| 5   | Desember 2022                | Merumuskan BAB V   |