

BAB III

METODOLOGI PENELITIAN

Bab ini akan menguraikan mengenai metodologi penelitian, variabel penelitian, tahap penelitian, instrumen penelitian, serta skema alur penelitian yang diterapkan untuk mencari jawaban atas permasalahan dan tujuan penelitian.

3.1 Metodologi Penelitian

Penelitian ini termasuk jenis penelitian terapan (*applied research*) dengan mencoba menemukan jawaban atas masalah yang ditemukan untuk kemudian memberikan rancangan desain yang paling sesuai sebagai perbaikan. Penelitian ini menerapkan pendekatan kuantitatif dengan proses penelitian yang menggunakan cakupan data berupa angka, serta dilakukan secara manual dan simulasi komputer. Metode penelitian yang diterapkan adalah eksperimen dari studi observasi data lapangan. Tujuan dari penelitian eksperimen adalah untuk mengetahui hubungan sebab akibat dengan cara memberikan suatu perlakuan untuk dibandingkan dengan kasus dasar. Variabel bebas dalam penelitian dapat direkayasa sedemikian rupa untuk mengetahui tingkat kausalitas (Suryabrata, 2005).

3.2 Variabel Penelitian

Variabel penelitian merupakan segala sesuatu yang ditentukan dan diamati oleh peneliti dengan tujuan untuk memperoleh informasi mengenai hal tersebut, untuk kemudian ditarik kesimpulan (Sugiyono, 2015). Kerlinger (1973, dalam Sugiyono, 2015) mengemukakan bahwa variabel merupakan sifat yang akan dipelajari dalam sebuah penelitian. Variabel juga dapat dikatakan sebagai atribut suatu entitas yang memiliki variasi antara satu dan lainnya (Hatch dan Farhady, 1981 dalam Sugiyono, 2015).

3.2.1 Variabel Bebas

Variabel bebas (variabel independen) yaitu kelompok gejala yang mempengaruhi dan menjadi sebab terjadinya perubahan atau munculnya

variabel terikat (Sugiyono, 2015). Variabel bebas dalam penelitian ini dapat dilihat dalam tabel 3.1.

Tabel 3.1 *Variabel bebas*

No.	Variabel Bebas	Elemen	Topik
1.	Desain selubung bangunan	Pembayangan; fenestrasi; material	OTTV; Konsumsi energi bangunan
2.	Perangkat bangunan	Sistem HVAC; energi alternatif	Konsumsi energi bangunan

3.2.2 Variabel Terikat

Variabel terikat (variabel dependen) adalah variabel yang menjadi akibat dari adanya variabel bebas (Sugiyono, 2015). Implementasi dan saran tindakan atas variabel bebas dalam pemecahan masalah penelitian dilandasi oleh kondisi variabel terikat. Lihat variabel terikat pada tabel 3.2.

Tabel 3.2 *Variabel terikat*

No.	Variabel Terikat	Keterangan
1.	OTTV	Nilai transfer termal menyeluruh yang diderita bangunan
2.	Konsumsi energi bangunan	Tingkat konsumsi energi bangunan secara menyeluruh

3.2.3 Variabel Kontrol

Variabel kontrol merupakan atribut yang diatur konstan (dikendalikan) untuk menghindari munculnya pengaruh faktor luar yang tidak diteliti. Sehingga pengaruh variabel bebas terhadap variabel terikat dapat diamati dengan baik (Sugiyono, 2015). Lihat variabel kontrol pada tabel 3.3.

Tabel 3.3 *Variabel kontrol*

No.	Variabel Kontrol	Keterangan
1.	Orientasi dan kedalaman bangunan	Desain bangunan eksisting yang tidak dapat diubah
2.	Infiltrasi dan laju pertukaran udara luar	Ditetapkan sesuai standar bangunan dengan fungsi kantor dalam Sefaira
3.	Kepadatan pengguna bangunan	Ditetapkan mengikuti data profil ASN Pemerintah Provinsi Jawa Tengah

3.3 Tahap Penelitian

Penelitian ini setidaknya memiliki lima tahapan, yaitu (1) Kajian Pustaka; (2) Penentuan Obyek Penelitian; (3) Pengumpulan Data; (4) Kompilasi dan Interpretasi Data; (5) Simulasi dan Analisis Data; serta penarikan (6) Kesimpulan dan Saran.

3.3.1 Kajian Pustaka

Tahap ini diawali dengan melakukan kajian pustaka mengenai konsep transfer termal pada selubung bangunan serta konservasi energi bangunan. Kajian pustaka juga mencakup pemilihan studi kasus sebagai preseden pada penelitian terdahulu yang membahas topik serupa. Wisma Dharmala Sakti dipilih sebagai preseden karena merupakan bangunan tinggi tropis dengan fungsi kantor, memiliki fasad bidang kaca yang cukup luas, serta elemen pembayangan yang dominan.

Hasil kajian tersebut memunculkan kesimpulan awal bahwa desain selubung bangunan menjadi faktor utama dalam usaha melakukan konservasi energi bangunan. Selain itu, perangkat lain (sistem HVAC, perangkat listrik, lampu, dll) yang diaplikasikan pada bangunan juga memiliki pengaruh yang cukup besar terhadap konsumsi energi.

3.3.2 Penentuan Obyek Penelitian

Gedung Kantor Gubernur Jawa Tengah dipilih sebagai obyek penelitian. Desain bangunan berlantai banyak serta material kaca sebagai selubung dianggap menarik untuk diteliti lebih lanjut berkenaan dengan OTTV. Efek elemen peneduh bangunan yang dominan pada tiap lantai juga patut diamati lebih jauh. Faktor lain yang berpengaruh adalah lokasi bangunan berada Kota Semarang yang panas. Hal-hal tersebut akan mempengaruhi besarnya nilai perpindahan panas matahari ke dalam bangunan yang selanjutnya bermuara pada konsumsi energi bangunan. Selain itu, besarnya biaya operasional bangunan perkantoran mengindikasikan konsumsi energi yang juga besar. Narasumber yang merupakan ASN Sekretariat Daerah Pemerintah Provinsi Jawa Tengah juga mengemukakan bahwa pemerintah daerah bersama pemerintah pusat

secara berkala masih terus mengusahakan peningkatan performa bangunan untuk mewujudkan penghematan biaya belanja operasional bangunan. Atas beberapa alasan tersebut, maka gedung Kantor Gubernur Provinsi Jawa Tengah menjadi obyek yang menarik untuk dikaji lebih lanjut.

3.3.3 Pengumpulan Data

Proses pengumpulan data dilakukan setelah melalui tahap kajian pustaka dan penentuan obyek penelitian. Yang dimaksud data pada pembahasan ini adalah data terkait obyek penelitian yang bersumber dari lapangan, data dan keterangan pemilik/pengelola, serta data dan keterangan dari pihak lain yang berwenang. Pengambilan data dilakukan dengan menerapkan teknik wawancara, observasi, pengukuran, serta pencatatan.

Data lapangan sendiri terbagi menjadi data primer dan data sekunder. Data primer didapatkan dari observasi dan pengukuran langsung obyek bangunan terkait fisik serta perangkat bangunan. Data primer juga dikumpulkan melalui wawancara dengan ASN Sekretariat Daerah Pemerintah Provinsi Jawa Tengah selaku pengelola bangunan. Sedangkan data sekunder berupa gambar bangunan, spesifikasi teknis bangunan, dan perangkat bangunan lainnya, didapatkan dari pihak PT. Pola Dwipa dan studi literatur dari berbagai sumber.

Tabel 3.4 Jenis data dan teknik pengumpulan

No.	Data	Elemen	Definisi Operasional	Teknik Pengumpulan
1.	Selubung bangunan	Dinding	Material, nilai-U, dimensi	PT. Pola Dwipa, studi lapangan
		Lantai	Material, nilai-U, dimensi	
		Atap	Material, nilai-U, dimensi	
		Bidang kaca	Material, nilai-U, SHGC, dimensi	
		WWR	Luas fasad, luas bidang kaca	

2.	Elemen pembayangan	Perangkat peneduh	Bentuk, dimensi	PT. Pola Dwipa, studi lapangan
3.	Penggunaan ruang/bangunan	Beban desain	Kepadatan pengguna	Wawancara ASN Setda Prov Jateng
		Desain suhu	<i>Setpoint temp, setback temp</i>	
		Jadwal HVAC	Waktu operasi, <i>ramp up time</i>	
		Jadwal harian	<i>Internal loads, HVAC system operating on</i>	
4.	HVAC	Jenis HVAC	Spesifikasi	Wawancara ASN Setda Prov Jateng, studi lapangan, studi literatur
		Ventilasi alami	Integrasi dengan HVAC, skenario dan kontrol bukaan bangunan	
5.	Energi alternatif	PV	Efisiensi, orientasi, kemiringan, luas bidang	Wawancara ASN Setda Prov Jateng, studi lapangan
6.	Zoning	Zoning HVAC	Strategi zoning HVAC	Wawancara ASN Setda Prov Jateng, studi lapangan

Selain data internal dari obyek penelitian, penelitian ini juga perlu mengambil data eksternal berupa data geografis serta data iklim yang telah disediakan oleh aplikasi Sefaira. Melalui mesin EnergyPlus, Sefaira mengambil data-data tersebut dari stasiun meteorologi terdekat, yaitu Stasiun Meteorologi Klas II Ahmad Yani Semarang.

3.3.4 Kompilasi dan Interpretasi Data

Data-data yang berhasil didapatkan pada tahap sebelumnya kemudian dikumpulkan, disusun, serta dikelompokkan supaya dapat dipelajari dan dilakukan interpretasi. Kualitas data juga perlu diperiksa ulang terkait ketepatan dan kebenaran teknik pengukuran, pengamatan, serta pencatatan.

Data primer maupun sekunder merupakan data kuantitatif untuk dilakukan perhitungan serta komparasi dengan teori serta peraturan terkait indeks perpindahan panas pada bangunan gedung, terutama menurut Peraturan Walikota Semarang Nomor 24 Tahun 2019 tentang Bangunan Gedung Hijau. Selain itu, data-data tersebut juga digunakan untuk melakukan simulasi tingkat konsumsi energi bangunan menggunakan aplikasi Sefaira. Hasil simulasi tingkat konsumsi energi bangunan kemudian dibandingkan dengan standar dan ketentuan GBCI maupun panduan PSBE Kementerian ESDM.

3.3.5 Simulasi dan Analisis Data

Pada tahap ini, data yang telah dikompilasi akan dianalisis secara kuantitatif melalui dua acara:

- a. Nilai transfer termal menyeluruh (OTTV) berdasarkan Peraturan Walikota Semarang Nomor 24 Tahun 2019 tentang Bangunan Gedung Hijau.

Tahap perhitungan OTTV menggunakan Ms.Excel adalah:

- Kumpulkan data karakteristik termal material selubung bangunan: elemen buram (nilai k , α , ρ); dan elemen transparan (nilai k , SC , $SHGC$). Data karakteristik termal material buram didapatkan dari SNI 6389-2020 dan sumber pendukung lain. Sedangkan karakteristik termal material transparan didapatkan dari aplikasi WINDOW 7.2.
- IDENTIFIKASI SPESIFIKASI DINDING EKSTERIOR. Tentukan jumlah tipe konstruksi dinding bangunan. Kelompokkan dinding sesuai tipe konstruksinya, kemudian hitung luas masing-masing tipe konstruksi dinding. Tentukan nilai α , hitung Nilai-U, dan hitung pula nilai T_{Dek} masing-masing tipe konstruksi dinding.
- IDENTIFIKASI SPESIFIKASI SISTEM FENESTRASI BANGUNAN. Tentukan dan kelompokkan masing-masing jenis sistem fenestrasi yang dimiliki bangunan. Tentukan dan hitung Nilai-U dan SC_k kaca pada aplikasi WINDOW 7.2. Identifikasi

ada/tidak ada elemen peneduh pada masing-masing jenis sistem fenestrasi. Hitung pula luas masing-masing kelompok jenis sistem fenestrasi bangunan untuk mengetahui nilai WWR.

- IDENTIFIKASI SISTEM PENEDUH BANGUNAN. Hitung masing-masing dimensi jenis elemen peneduh (panjang, tinggi/lebar, dan sudut kemiringan). Hitung dan tentukan nilai SC_{eff} elemen peneduh sesuai SNI 6389-2020.
- Lihat nilai *Solar Factor* (SF) berbagai orientasi untuk Kota Semarang pada SNI 6389-2020. Lakukan perhitungan interpolasi SF untuk setiap arah hadap bangunan (120° , 210° , 300° , 30°).
- IDENTIFIKASI FASAD. Bagi dan kelompokkan fasad bangunan berdasarkan tipe dinding, tipe elemen peneduh, dan tipe sistem fenestrasi yang serupa. Hal ini dilakukan untuk mempermudah perhitungan OTTV. Lakukan langkah ini pada masing-masing orientasi fasad bangunan.
- Berbekal data (α , Nilai-U, 1-WWR, TDek) pada poin 2, lakukan PERHITUNGAN KONDUKSI DINDING BURAM bangunan.
- Dari data hitung (Nilai-U, WWR, ΔT) pada poin 3, lakukan PERHITUNGAN KONDUKSI BIDANG TRANSPARAN bangunan.
- Dari data hitung (WWR, SC_k , SC_{eff} , SF) pada poin 3, 4, 5, lakukan PERHITUNGAN RADIASI BIDANG TRANSPARAN bangunan.

BIDANG SISI	JENIS DINDING	LUAS (M2)	KONDUKSI DINDING BURAM					KONDUKSI BIDANG TRANSPARAN				RADIASI BIDANG TRANSPARAN				
			α	Uw (W/m2.K)	1-WWR	TDek	SUBTOTAL (W/m2.K)	Uf (W/m2.K)	WWR	ΔT (K)	SUBTOTAL (W/m2.K)	WWR	SC_k	SC_{eff}	SF	SUBTOTAL (W/m2.K)
BARAT LAUT	W2-BL-1A	21.84	0.5	1.873475144	0.009736048	10	0.091201219									
	W1-BL-1A	60.23	0.5	2.08806428	0.026849916	10	0.280321752									
	F1A-BL-1A	34.45						5.807	0.015357	5	0.44590375	0.015357	0.61	0.51671	188.7	0.913268387
	W2-BL-1B	7.78	0.5	1.873475144	0.003468244	10	0.032488346									
	W1-BL-1B	52.12	0.5	2.08806428	0.023234561	10	0.242576286									
	F1C-BL-1A	44.77						5.807	0.019958	5	0.579480722	0.019958	0.61	0.581392	188.7	1.335422453
	W1-BL-2A	45.82	0.5	2.08806428	0.020426086	10	0.213254901									
	F2A-BL-1A	41.54						5.814	0.018518	5	0.538321334	0.018518	0.702	0.502957	188.7	1.233580167
	W1-BL-2B	41.16	0.5	2.08806428	0.018348706	10	0.191566384									
	F2A-BL-1B	39.2						5.814	0.017475	5	0.507997022	0.017475	0.702	0.502957	188.7	1.164091058
	W1-BL-3A	865.98	0.5	2.08806428	0.386044998	10	4.030433855									
	F3-BL-1A	747.72						5.814	0.333326	5	9.689784015	0.333326	0.702	0.50601	188.7	22.33922623
	W1-BL-12A	138.82	0.5	2.08806428	0.061884532	10	0.646094399									
	F12-BL-1A	101.78						5.814	0.045372	5	1.318977982	0.045372	0.702	0.494213	188.7	2.969932924
	SUBTOTAL	2243.21					5.727937142				13.08046482					29.95552122

Gambar 3.1 Perhitungan konduksi dinding buram, konduksi bidang transparan, dan radiasi bidang transparan

- Lakukan perhitungan konduksi dinding buram, konduksi bidang transparan, dan radiasi bidang transparan pada masing-masing fasad bangunan.

- REKAPITULASI OTTV. Lakukan rekapitulasi perhitungan OTTV, sehingga dapat diketahui OTTV parsial masing-masing fasad maupun OTTV total bangunan. Hasil perhitungan pada tahap ini adalah nilai OTTV eksisting bangunan.

REKAPITULASI OTTV						
BIDANG SISI	LUAS (M2)	KONDUKSI DINDING	KONDUKSI BIDANG	RADIASI BIDANG TRANSPARAN	SUBTOTAL (OTTV PARSIAL) (W/M2)	LUAS x SUBTOTAL
TENGGERA	3005.61	5.647354268	13.32574045	23.01987374	41.99296846	126214.4859
BARAT DAYA	1410.322	6.226424479	11.55067644	18.70286309	36.47996401	51448.49581
BARAT LAUT	2243.21	5.727937142	13.08046482	29.95552122	48.76392318	109387.7201
TIMUR LAUT	1620.24	6.346030393	11.17217869	22.05148593	39.56969501	64112.40265
JUMLAH	8279.382					351163.1045
				TOTAL OTTV (W/M2)		42.41416866

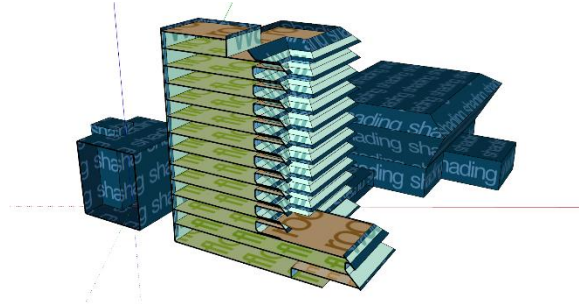
Gambar 3.2 Ringkasan perhitungan OTTV

- Lakukan analisis dan evaluasi terhadap hasil perhitungan OTTV eksisting bangunan. Jika OTTV tidak memenuhi standar yang ditentukan dalam Peraturan Walikota Semarang Nomor 24 Tahun 2019 tentang Bangunan Gedung Hijau, cari opsi alternatif strategi perbaikan desain berdasarkan kajian literatur yang telah dilakukan pada tahap sebelumnya.
 - Ulangi kembali langkah perhitungan OTTV bangunan hingga mendapatkan performa selubung bangunan yang paling optimal.
 - Strategi perbaikan yang menghasilkan OTTV paling optimal akan menjadi dasar retrofit pada tahap perhitungan konsumsi energi bangunan menggunakan aplikasi Sefaira.
- b. Simulasi menggunakan aplikasi Sefaira untuk mengetahui tingkat konsumsi energi bangunan.

Tahap simulasi menggunakan aplikasi sefaira adalah:

- Kumpulkan dan siapkan data bangunan sesuai subbab 3.3.3.
- Buat model 3D desain bangunan Kantor Gubernur Provinsi Jawa Tengah menggunakan *SketchUp Studio Educational (Student) Version*. Model 3D bangunan harus dilakukan simplifikasi berupa: (1) Bidang-bidang bangunan harus tanpa ketebalan; (2) Hanya modelkan selubung bangunan meliputi elemen lantai, dinding eksterior, fenestrasi, atap, dan elemen peneduh; (3) Modelkan dinding interior dan plafon hanya jika perlu.

- Jalankan plugin Sefaira pada *SketchUp Studio Educational (Student) Version*.
- Tentukan dan atur definisi masing-masing bidang massa bangunan: *roof, floor, wall, shading, fixed glazing, operable glazing, internal wall, ceiling*, dst.

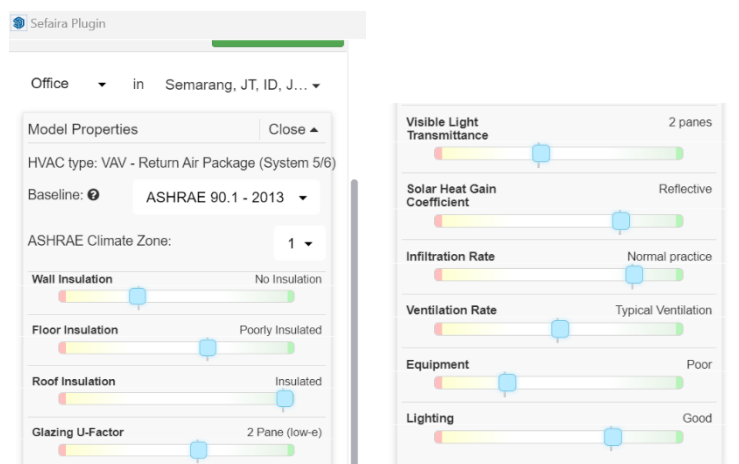


Gambar 3.3 Entity palette model 3D bangunan

- Tentukan lokasi bangunan. Pilih sumber data/stasiun meteorologi terdekat. Dalam kasus ini, sumber data cuaca diambil dari Stasiun Meteorologi Klas II Ahmad Yani Semarang. Jika Sefaira tidak memiliki database cuaca di lokasi yang diinginkan, unggah database cuaca (.epw) secara manual.

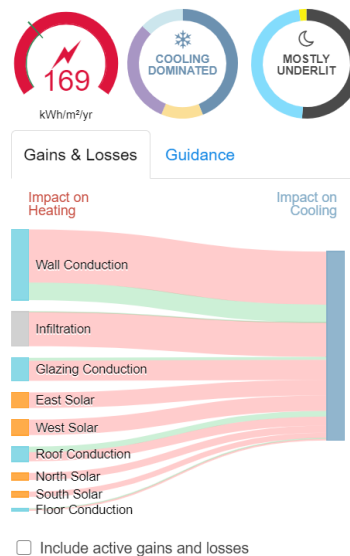


Gambar 3.4 Lokasi dan sumber data cuaca



Gambar 3.5 Model properties Sefaira Plugin

- Masukkan data “*model properties*” untuk analisis cepat di tahap awal: *wall insulation, floor insulation, roof insulation, glazing u-factor, visible light transmittance, solar heat gain coefficient, infiltration rate, ventilation rate, equipment, dan lighting*.
- Klik “*update analysis*” untuk melakukan analisis cepat tahap awal.
- Pada tahap ini, intensitas konsumsi energi bangunan (EUI) sudah muncul. Nilai EUI masih belum final, hanya bersifat gambaran umum, karena data yang dimasukkan belum menyeluruh.



Gambar 3.6 EUI; Gain & Losses Diagram

- Klik “*upload to Sefaira*” untuk melakukan analisis lanjutan dengan data yang lebih lengkap dan hasil simulasi yang lebih menyeluruh. Model pada *SketchUp Studio Educational (Student) Version* akan diunggah ke Sefaira web.
- Buka Sefaira web. Masuk ke *project* yang akan dianalisis.
- Masukkan data-data bangunan, antara lain: (1) *Envelope*; (2) *Shading*; (3) *Space Use*; (4) *Air-side*; (5) *Water-side*; (6) *Natural Ventilation*; (7) *PV*; (8) *Zoning*; dan (10) *HVAC System Type*.
- Klik “*analyze/update analysis*”. Sefaira akan melakukan proses simulasi.
- Ketika proses simulasi selesai, keluaran data dari Sefaira web adalah: (1) *Peak Loads*; (2) *Zone Sizing*; (3) *Energy Breakdown* – mencakup *energy use, energy cost, dan CO₂ emission* tahunan

maupun bulanan; (4) *Free Area*; (5) *Building Comfort* – mencakup *dry bulb temperature*, *operative temperature*, dan *PMV*; serta (6) *Plant Sizing*.

- Keluaran lain simulasi Sefaira juga berupa file HTML EnergyPlus yang berisi (1) *Component Sizing Summary*; (2) *Climatic Data Summary*; (3) *Envelope Summary*; (4) *HVAC Sizing Summary*; (5) *Outdoor Air Summary*; (6) *Zone Component Load Summary*; (7) *Tariff Report*; serta (8) *Economics Result Summary Report*. Laporan hasil simulasi yang lebih detail dan terperinci ini dapat digunakan untuk melakukan analisis energi bangunan dengan lebih mendalam, misalnya untuk mencari tau komponen bangunan yang perlu dilakukan retrofit supaya konsumsi energi bangunan dapat diturunkan.

Kantor Gubernur Jawa Tengah

Semarang, Jawa Tengah, ID

Weather location: Semarang Achmad Yani Intl AP, ID-JT, ID

AIA 2030 COMMITMENT

Updated Project

Share Project

			Annual Cooling Ener...	Annual Electricity De...	EUI	Annual Energy Cost
 	Baseline Concept	VRF Fan Coils	213  24%	5,240,356  15%	313  14%	\$3,241,994,630
 	Non-DX	VRF Fan Coils	302  7%	6,791,029  9%	406  10%	\$4,201,332,364
 	Non-DX no Fan Power	VRF Fan Coils	289  2%	6,282,964	376  2%	\$3,887,013,309
 	Non-NatVent	VRF Fan Coils	293  4%	6,363,616  2%	381  4%	\$3,936,909,825
 	Non-DX no Fan (L13 ... 16,990 m ²	HWAC System Type ⓘ VRF Fan Coils	281 kWh/m ² /yr	6,226,314 kWh	366 kWh/m ² /yr	\$3,851,966,704

Clone

Del

Export tcd

Gambar 3.7 Hasil simulasi Sefaira web

- Hasil simulasi pada tahap ini merupakan kondisi eksisting bangunan. Dari nilai EUI yang muncul, dapat diketahui apakah konsumsi energi bangunan eksisting sudah memenuhi standar maksimum yang ditentukan GBCI untuk gedung terbangun (EUI bangunan fungsi perkantoran: 250 kWh/m²/th).
- Sesuai ketentuan Kementerian ESDM dalam PSBE, retrofit gedung terbangun tetap harus dilakukan untuk menurunkan konsumsi energi bangunan minimal sebesar 20%.
- Lakukan analisis terkait bagian bangunan yang perlu dilakukan perbaikan, sehingga angka konsumsi energi bangunan dapat diturunkan.

- Hasil retrofit pada tahap perhitungan OTTV akan dijadikan strategi dasar retrofit simulasi aplikasi Sefaira. Proses retrofit akan dilanjutkan untuk elemen lain pada bangunan di aplikasi Sefaira.
- Opsi alternatif strategi retrofit bangunan dapat dilakukan langsung melalui Sefaira web, dengan cara *clone project* dan ulangi langkah simulasi energi. Hasil alternatif strategi retrofit bangunan dapat dibandingkan secara langsung di Sefaira web.

Pada bagian akhir, data hasil perhitungan dan simulasi akan dikompilasi dalam program *Microsoft Excel* serta dalam aplikasi Sefaira.

3.3.6 Kesimpulan dan Saran

Bagian ini merupakan tahap akhir yang berisi tentang penarikan kesimpulan penelitian yang didasarkan pada rumusan masalah dan tujuan penelitian. Bagian ini juga akan menyimpulkan rekomendasi perbaikan desain terbaik untuk diaplikasikan pada obyek studi.

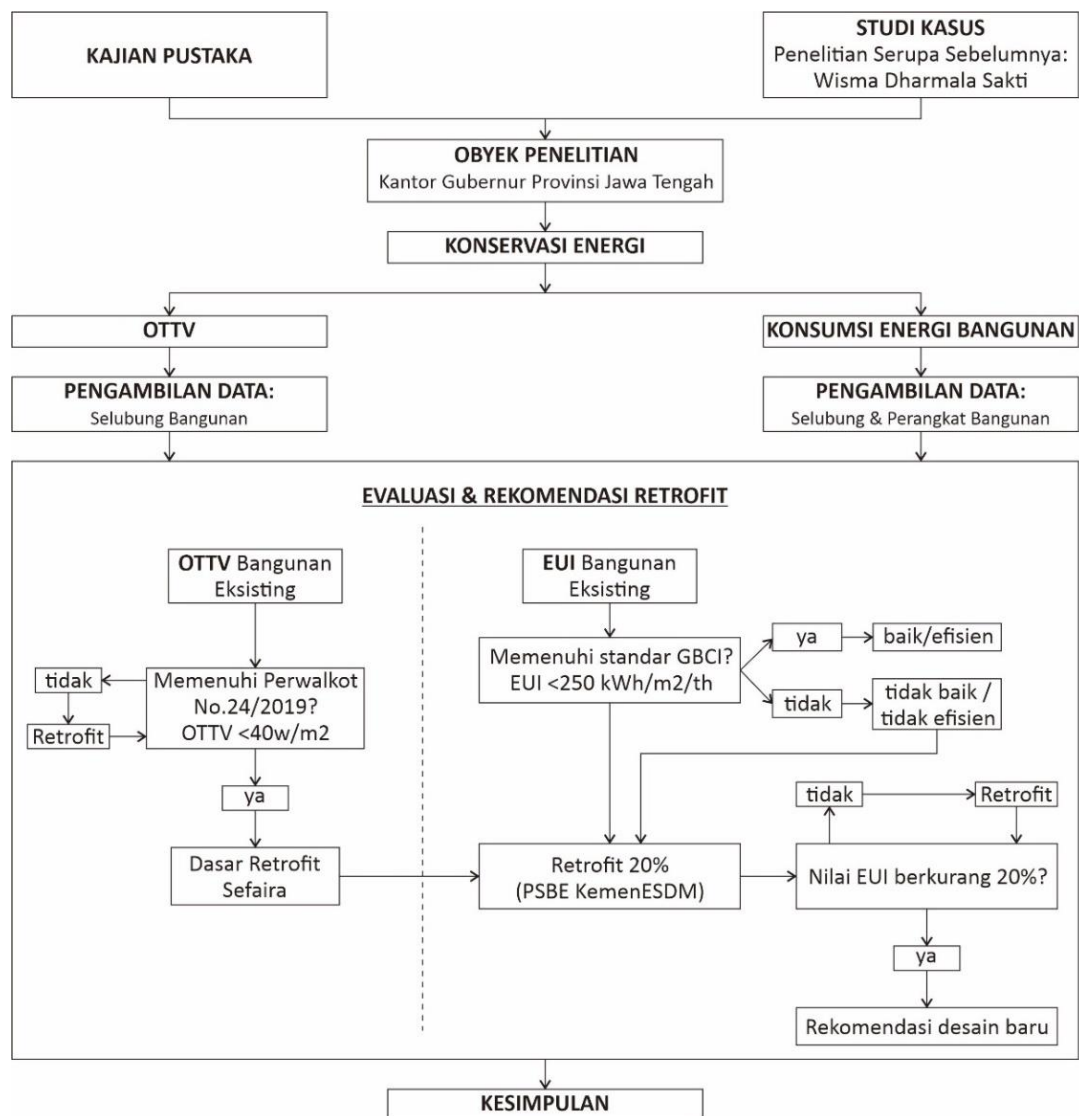
3.4 Instrumen Penelitian

Kegiatan penelitian adalah melakukan pengukuran dan simulasi terhadap sebuah fenomena, sehingga harus terdapat alat yang digunakan untuk mengukur. Alat ukur yang dimaksud biasa dikenal sebagai instrumen penelitian (Sugiyono, 2015). Instrumen penelitian yang digunakan pada penelitian ini antara lain:

- a. Gambar DED bangunan untuk menentukan titik pengukuran dan pengamatan pada bangunan.
- b. Kamera *Insta360 One X2* untuk mendokumentasikan obyek ketika melakukan observasi maupun pengukuran.
- c. Perekam suara (telepon seluler) dan alat tulis untuk mendokumentasikan keterangan narasumber ketika proses wawancara.
- d. Ms.Excel untuk menghitung nilai transfer termal menyeluruh bangunan berdasarkan Peraturan Walikota Semarang Nomor 24 Tahun 2019 tentang Bangunan Gedung Hijau.

- e. *SketchUp Studio Educational (Student) Version (License Certificate No.1508445)* untuk pemodelan 3D bangunan dan simulasi energi.
- f. Aplikasi *Sefaira* untuk melakukan simulasi dan analisis tingkat konsumsi energi bangunan.

3.5 Skema Alur Penelitian



Gambar 3.8 Skema alur penelitian