

BAB III

METODE PENELITIAN

3.1 Lokasi dan Objek Penelitian

Objek penelitian kajian kenyamanan termal dilakukan di ruang kelas gedung A jurusan Jurusan Pengairan Fakultas Teknik Universitas Brawijaya, Kota Malang pada koordinat $7^{\circ}56'57.7''\text{S}$ $112^{\circ}36'48.1''\text{E}$ dengan ruang yang diteliti adalah ruang kelas teori yang berada pada sisi bangunan yang berbeda.



Gambar 3.1 Fasad gedung A jurusan Teknik Pengairan

3.2 Metode Umum

Metode yang digunakan pada penelitian ini adalah metode analisis deskriptif dengan pendekatan kuantitatif yang dipadukan dengan penggunaan kuesioner dan simulasi digital. Metode deskriptif digunakan untuk membuat deskripsi atau gambaran yang faktual berdasarkan fakta dan hubungan antar variable yang diteliti, yang dimaksud kuantitatif pada penelitian ini adalah data, yang berupa penjabaran angka. Pada penelitian ini terdapat kriteria keadaan zona nyaman, optimal, hangat nyaman, dsb yang merupakan tingkat kepuasan dan kenyamanan ruang dan pengguna, namun data tersebut diolah dan di analisis melalui bentuk statistik angka dan di dapatkan hasil perhitungan yang juga berupa angka. Metode kuesioner digunakan untuk mendapatkan data – data objektif dan subjektif dari pengguna ruang, sedangkan metode simulasi digital digunakan untuk mengetahui jenis rekayasa bukaan ventilasi alami terbaik yang dapat diterapkan pada ruang kuliah gedung Jurusan Pengairan.

3.3 Variabel Penelitian

Dalam penelitian ini, variabel yang diteliti akan disesuaikan dengan rumusan masalah yang telah ada, setiap rumusan masalah memiliki variabel yang berbeda karena metode yang dilakukan juga berbeda.

1. Tingkat kenyamanan termal ruang

Variabel yang diteliti (Temperatur Efektif) : temperatur udara, kelembaban relatif dan kecepatan udara

2. Tingkat kepuasan pengguna pada aspek kenyamanan termal

Variabel yang diteliti (PMV dan PPD) : temperatur udara, temperatur radiasi, kecepatan angin, kelembaban relatif, aktivitas pengguna dan pakaian

3. Kinerja ventilasi alami dan rekayasa bukaan ventilasi alami

- Variabel bebas : - Jenis bukaan
 : - Posisi bukaan
 : - Pembayang matahari
- Variabel terikat : - Kecepatan aliran udara

3.4 Metode dan Instrumen Pengumpulan Data

Terdapat beberapa tahapan yang dilakukan dalam pengumpulan data pada penelitian ini yaitu tahap pengukuran lapangan dan kuesioner yang masing – masing memiliki metode dan instrument penelitian yang berbeda untuk menunjang pengumpulan data yang efektif.

3.4.1 Pengukuran lapangan

Pada tahapan ini dilakukan pengukuran langsung di ruang kuliah pada interval waktu pukul 07.00 – 17.00, disesuaikan dengan jam operasional gedung dan ruang kuliah. Pengukuran dilakukan di lantai 2 dan 4 dengan titik pengukuran berada di tengah ruang kelas dan diluar jendela. Pengukuran ini bertujuan untuk memperoleh besaran temperatur udara, kecepatan angin dan kelembaban relatif pada ruang. Alat ukur yang digunakan adalah termometer basah – kering, *hotwire thermal* dan *anemometer digital*.

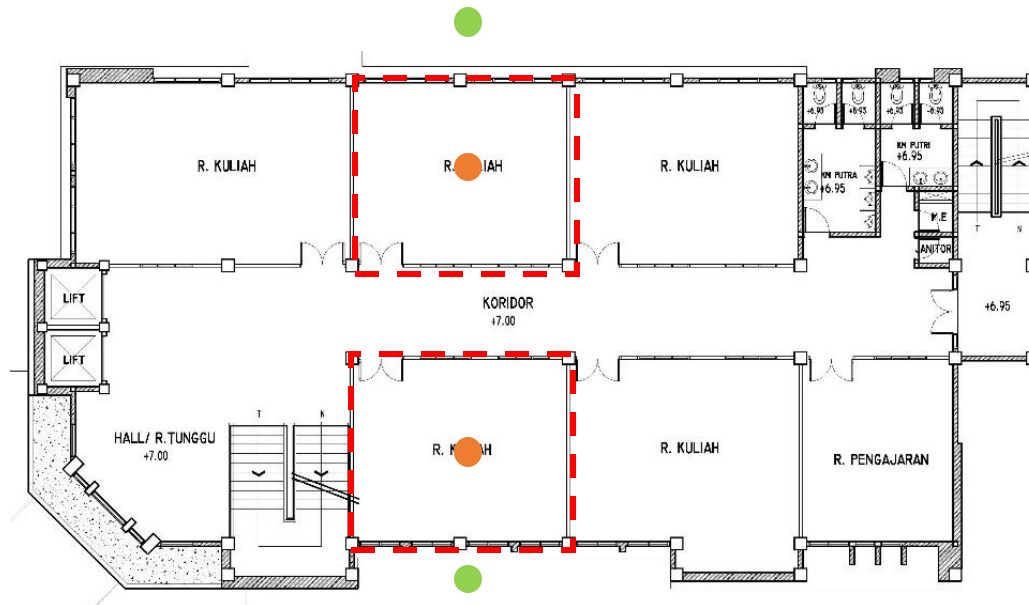


Hotwire anemometer



Termometer basah-kering

Gambar 3.2 Instrumen penelitian



Keterangan : ● Titik ukur ruang dalam ● Titik ukur ruang luar □ Ruang yang diteliti

Gambar 3.3 Titik ukur pada ruangan yang diteliti

3.4.2 Kuesioner

Tahap pengumpulan data yang selanjutnya menggunakan metode kuesioner yang bertujuan mendapatkan data mengenai tingkat persepsi termal dan kepuasan pengguna ruang pada kondisi eksisting dan kondisi yang diinginkan. Penggunaan kuesioner juga untuk mengetahui jenis aktivitas yang dilakukan oleh pengguna ruang guna mencari nilai metabolisme dan juga terdapat pilihan jenis pakaian yang dikenakan oleh responden, guna mengetahui nilai insulasi yang dihasilkan dari *level of clothing* gabungan.

3.5 Metode dan Instrumen Analisis Data

Terdapat beberapa tahapan yang dilakukan dalam analisis data pada penelitian ini, yaitu menghitung nilai dari variabel yang diteliti kemudian menghitungnya ke dalam rumus PMV, PPD dan *psychometric* yang telah ditetapkan. Setelah mengevaluasi, kemudian diberikan rekomendasi terhadap rekayasa dimensi dan posisi bukaan pada ruang yang kemudian dilakukan simulasi terhadap alternatif desain untuk menunjang hasil yang valid.

3.5.1 Perhitungan rumus

Pada tahapan ini hasil dari kuesioner yang telah diisi oleh pengguna di hitung berdasarkan rumus nilai tingkat metabolisme dan nilai tingkat pakaian yang telah ditetapkan. Hasil dari seluruh responden kemudian di jumlahkan untuk mendapatkan nilai rata-rata dari tingkat metabolisme dan pakaian.

Tabel 3.1 Jenis aktivitas dan tingkat metabolisme

Aktivitas	W/m ²	Tingkat Metabolisme
Duduk santai	58	1
Berdiri santai	70	1,2
Aktivitas sendentari (kantor/sekolah)	70	1,2
Berdiri / aktivitas ringan	93	1,6
Mengajar	95	1,6
Berjalan (2 km/jam)	110	1,9
Berdiri / aktivitas sedang	116	2
Berjalan (5 km/jam)	200	3,4

Sumber: Satwiko, 2004

Tabel 3.2 Jenis dan nilai pakaian

	Deskripsi	Clo
Pakaian dalam, celana	Celana dalam pendek sekali	0,02
	Celana dalam pendek	0,03
	Celana dalam	0,04
	Celana kaki ½ wool	0,06
	Celana kaki panjang	0,10
Pakaian dalam, baju	Bra	0,01
	Baju tanpa lengan	0,06
	Oblong	0,09
	Baju lengan panjang	0,12
	Half slip nylon	0,14
Baju	Tube top	0,06
	Lengan pendek	0,09
	Blus ringan lengan panjang	0,15
	Baju ringan lengan panjang	0,20
	Deskripsi	Clo
	Baju normal lengan panjang	0,25
	Baju flannel lengan panjang	0,30
	Lengan panjang blus kerah tinggi	0,34
Celana	Celana pendek	0,06
	Celana pendek selutut	0,11
	Celana panjang ringan	0,20
	Celana panjang normal	0,25
	Celana panjang flannel	0,28
	Celana terusan	0,28
Sweater	Tanpa lengan	0,12
	Sweater tipis	0,20
	Lengan panjang berkerah (tipis)	0,26
	Sweater	0,28
	Sweater tebal	0,35
	Lengan panjang berkerah (tebal)	0,37

Sumber: Satwiko, 2004

Setelah nilai dari variabel aktivitas dan pakaian di dapatkan selanjutnya adalah menghitung nilai PMV dan PPD menggunakan rumus indeks kenyamanan termal PMV dan PPD (Fanger dalam Satwiko, 2004).

$$PMV = (0,303 \cdot e^{-0,036M+0,028})[(M-W)-H-Ec-Cres-Eres]$$

$$H = \epsilon \sigma (Ar/ADU) f_{cl} [(t_{cl}+273)^4 + f_{cl} h_c (t_{cl}-t_a)]$$

$$t_{cl} = t_{sk} - I_{cl} k_{cl} f_{cl} [(t_{cl}+273)^4 - (t_r+273)^4] - I_{cl} f_{cl} h_c (t_{cl}-t_a)$$

$$k_{cl} = \epsilon \sigma (Ar/ADU) = 39,60 \cdot 10^{-9}$$

$$h_c = 2,38 \cdot (t_{cl}-t_a)^{0,25} \text{ atau } 12,1 \cdot (Var)^{0,5} \text{ dipilih lebih besar}$$

$$F_{cl} = 1,00 + 1,29 \cdot I_{cl} \text{ apabila } I_{cl} < 0,078 \text{ m}^2 \text{ } ^\circ\text{C/W} \text{ atau}$$

$$1,05 + 0,645 \cdot I_{cl} \text{ apabila } I_{cl} \geq 0,078 \text{ m}^2 \text{ } ^\circ\text{C/W}$$

$$t_{sk} = 35,7 - 0,028 \cdot (M-W)$$

$$Ec = 3,05 \cdot 10^{-3} \cdot [5733 - 6,99 \cdot (M-W) - p_a] + 0,42 \cdot (M-W-58,15)$$

$$C_{res} = 0,0014 \cdot M \cdot (34-t_a)$$

$$E_{res} = 1,72 \cdot 1-5 \cdot M \cdot (5867-p_a)$$

$$PPD = 100 - 95 \cdot e^{-(0,03353 \cdot PMV^4 + 0,2179 \cdot PMV^2)}$$

Keterangan :

M = Kecepatan metabolisme, W/m²

W = Tenaga mekanis efektif, W/m²

P_a = Kelembaban, tekanan parsial uap air, P_a

t_a = Temperatur udara, °C

t_f = Temperatur permukaan rata-rata, °C

f_{cl} = Faktor area pakaian. Perbandingan antara permukaan tubuh yang tertutup pakaian dan yang terbuka.

V_{ar} = Kecepatan angin relatif yang mengenai tubuh, termasuk jika tubuh bergerak, m/dtk

t_{cl} = Temperatur permukaan pakaian, °C

I_{cl} = Isolator pakaian, m² °C/W

E_c = Pertukaran panas secara penguapan pada kulit ketika manusia mengalami sensasi netral, W/m²

C_{res} = Pertukaran panas konvektif respiratori, W/m²

E_{res} = Pertukaran panas evaporatif respiratori, W/m²

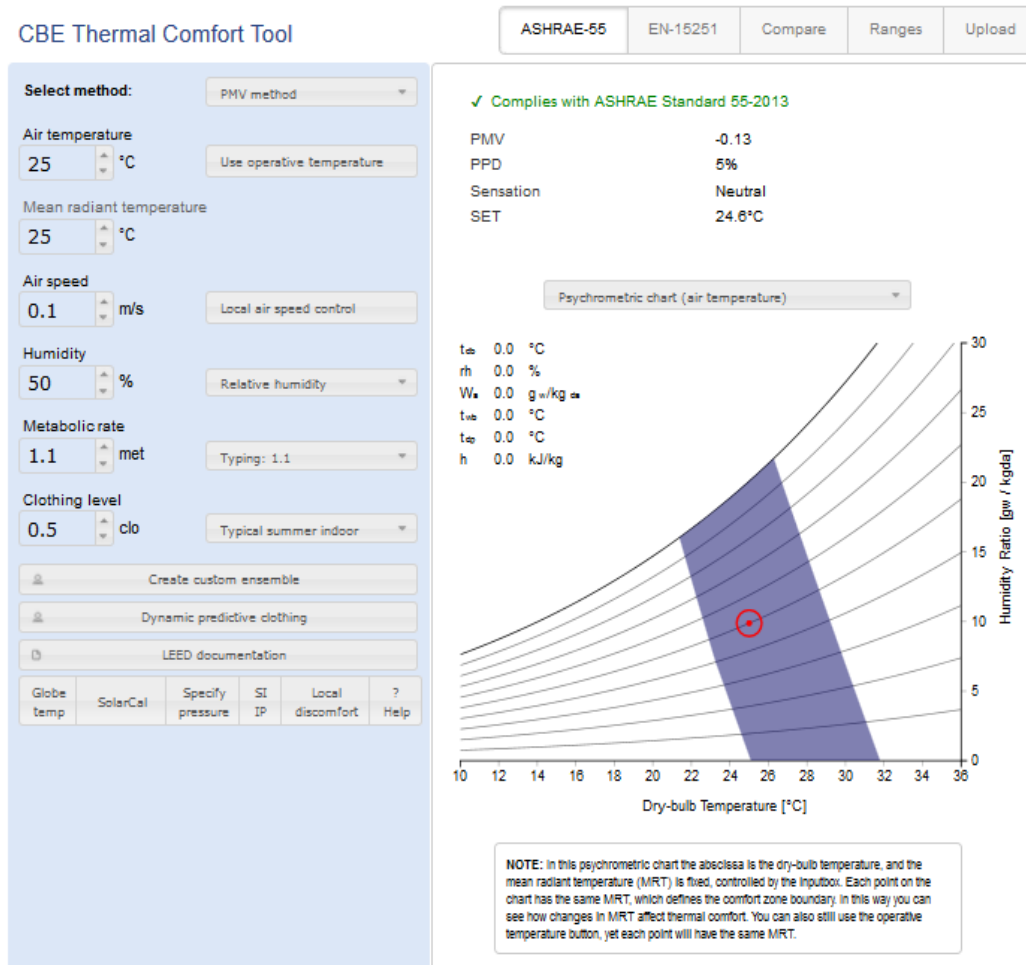
T_{sk} = Temperatur kulit, °C

H = Kehilangan panas kering. Kehilangan panas melalui kulit akibat konveksi, radiasi, dan konduksi.

PMV = Predicted Mean Vote

PPD = Predicted Percentage Of Dissatisfied

Berdasarkan persamaan tersebut, dapat dilihat bahwa perhitungan PMV sangat rumit bila dilakukan secara manual. Untuk itu dapat dilakukan dengan menggunakan perhitungan PMV dengan software atau komputerisasi (Sugini, 2014).



Gambar 3.4 CBE thermal comfort tool

Sumber: comfort.cbe.berkeley.edu

Setelah di dapatkan nilai PMV (*predicted mean vote*), PPD (*predicted percentaged of disstatisfied*) dan nilai TE (temperatur efektif). Kemudian hasilnya dievaluasi berdasarkan tabel standar PMV dan PPD serta SNI 03-6572-2001.

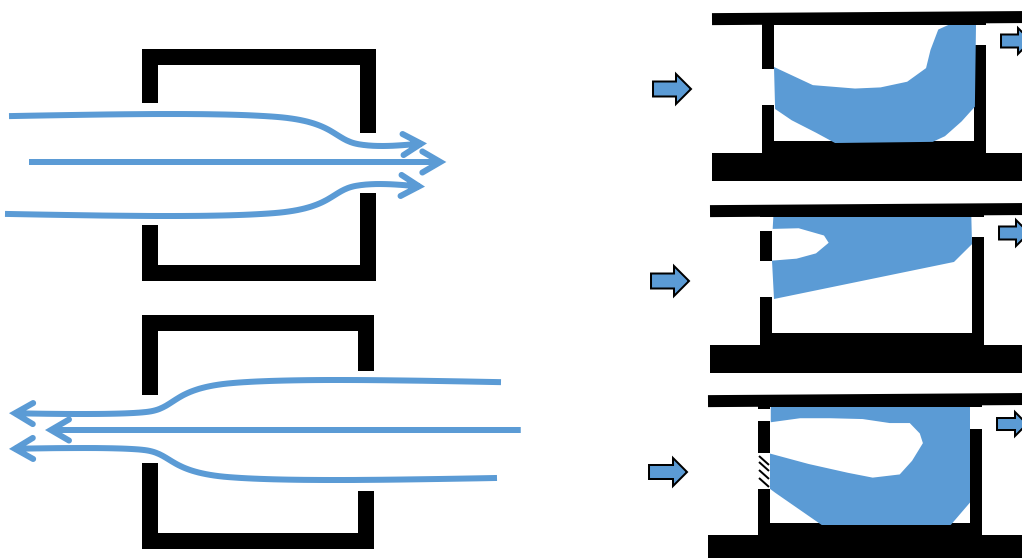
Tabel 3.3 Skala nilai PMV dan PPD

PMV	Sensai Termal	PPD
+3	Panas	100
+2	Hangat	75
+1	Agak hangat	25
0	Netral	5
-1	Agak sejuk	25
-2	Sejuk	75
-3	Dingin	100

Sumber: Satwiko, 2004

3.5.2 Alternatif desain

Setelah dilakukan evaluasi dan hasil variabel yang diteliti tidak sesuai dengan standar serta tingginya tingkat kenyamanan termal dan ketidakpuasan pengguna, maka dilakukan rekayasa bukaan ventilasi alami pada ruang dengan 2 alternatif dari masing – masing variabel bebas (jenis bukaan, posisi bukaan dan pembayang matahari) terhadap variabel terikatnya (kecepatan aliran udara). Dimensi dan posisi bukaan pada ruang dapat mengubah kecepatan udara di dalam ruangan, sedangkan posisi dan jenis bukaan pada ruangan mempengaruhi aliran udara di dalam ruangan (Lippsmeier, 1980).

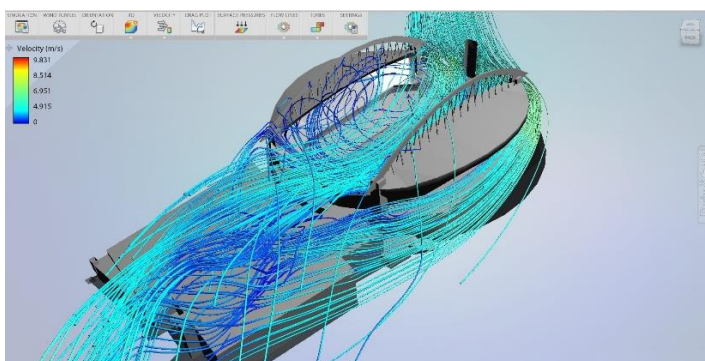


Gambar 3.5 Pengaruh dimensi dan posisi bukaan terhadap aliran udara

Sumber: Lippsmeier, 1980

3.5.3 Simulasi

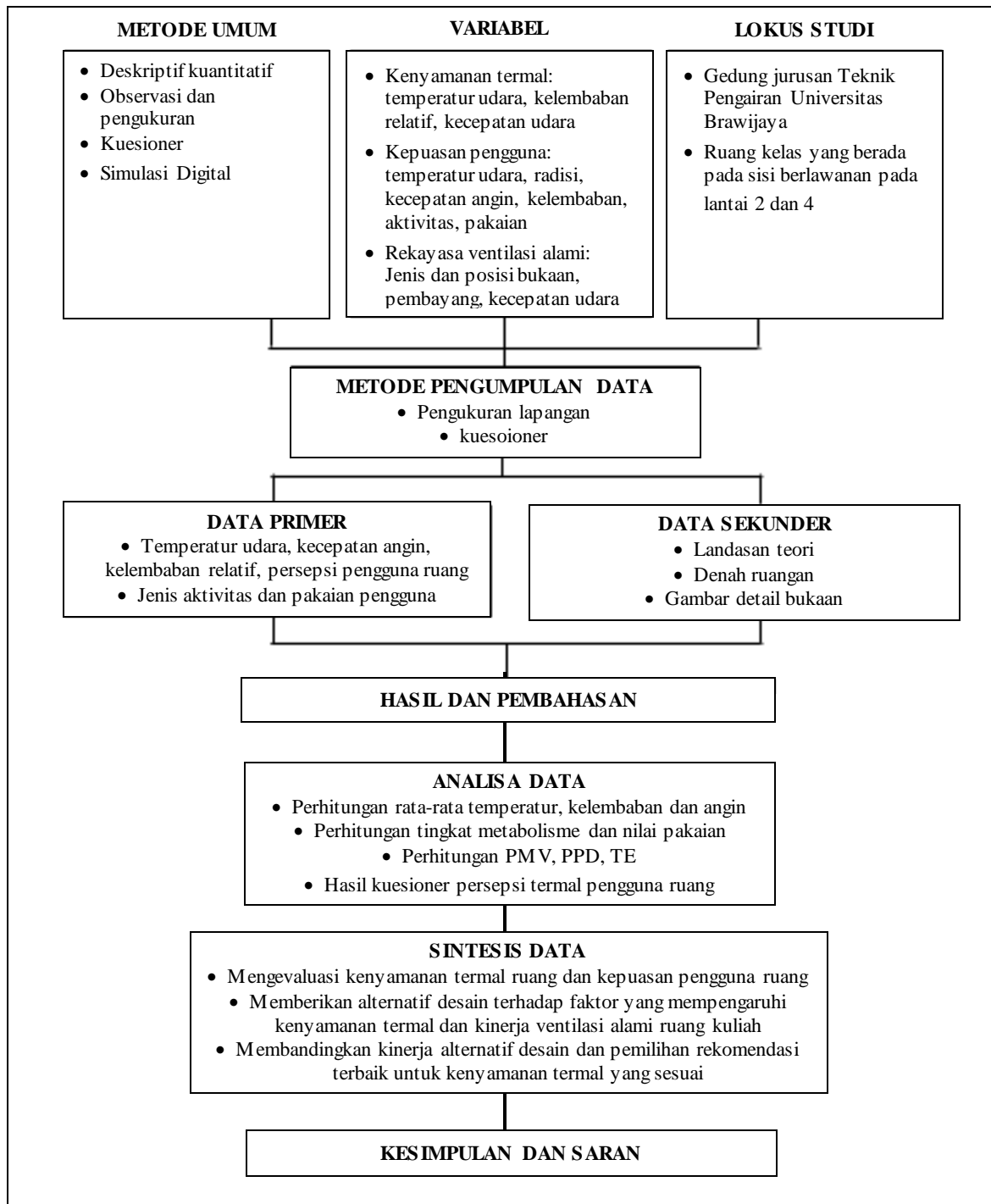
Setelah didapatkan 2 alternatif untuk setiap variabel maka dilakukan kombinasi terhadap masing – masing alternatif dan digunakan software Autodesk Flow Design untuk mengetahui kecepatan dan pola aliran udara di dalam ruangan yang memiliki pengaruh besar terhadap terhadap kenyamanan termal ruang kuliah yang diteliti.



Gambar 3.6 Simulasi aliran angin menggunakan software Ansys

3.6 Kerangka Alur Penelitian

Untuk lebih memudahkan dan jelas mengenai langkah langkah yang akan dilakukan, maka disusun diagram alur penelitian dari tahap awal persiapan hingga akhir penyelesaian.



Gambar 3.7 Diagram kerangka alur penelitian