

# BAB I

## PENDAHULUAN

### A. Latar Belakang

#### 1. Arti Kata dalam Judul

Dalam Kamus Besar Bahasa Indonesia Offline 1.3 menyebutkan, bahwa:

- a. **Pengembangan:** adalah proses, cara perbuatan meningkatkan (mutu, manfaat, daya kerja) dari sesuatu,
- b. **Model:** adalah (1) pola (contoh, acuan, ragam, dan sebagainya) dari sesuatu yang akan dibuat atau dihasilkan; (4) barang tiruan yang kecil dengan bentuk (rupa) persis seperti yang ditiru,
- c. **Sistem:** adalah (1) perangkat unsur yang secara teratur saling berkaitan sehingga membentuk suatu totalitas,
- d. **Ventilasi:** adalah (1) pertukaran udara; perputaran udara secara bebas di dalam ruangan; (2) (lubang) tempat udara dapat keluar masuk secara bebas,
- e. **Ruang:** (fisik) adalah rongga yang berbatas atau terlingkung oleh bidang,
- f. **Gambar:** adalah tiruan barang (orang, binatang, tumbuhan, dan sebagainya) yang dibuat dengan coretan pensil dan sebagainya, pada kertas dan sebagainya, Setiawan, (2011).
- g. **CFD (*Computational Fluid Dynamics*):** adalah software aplikasi dari *Macrovision Corporation* untuk simulasi gerakan udara (gas), air, dan temperature dari sebuah model.

## 2. Arti Judul Keseluruhan

Dari arti setiap kata dapat ditarik makna keseluruhan judul yaitu : *Proses cara meningkatkan daya kerja tiruan kesatuan piranti pertukaran keluar masuk udara pada rongga berbatas dinding penghasil tiruan barang yang dicetak dengan software aplikasi simulasi gerakan aliran udara dan penyebaran suhu.*

### B. Alasan Obyek Studi

Pemilihan obyek studi dipilih pada ruang gambar “basemen” SMK Negeri 2 Wonosari ini dengan alasan sebagai berikut:

1. Lembaga Pendidikan SMK tertua setelah SMK 1 yang ada di Wonosari, yang dulunya ST berubah menjadi STM pada tahun 1975,
2. Belum pernah dilakukan penelitian pada obyek bangunan di lembaga SMK baik oleh mahasiswa S1 maupun S2,
3. Merupakan sekolah unggulan yang berinduk langsung ke Dinas Pendidikan Propinsi DIY.

### C. Tinjauan Ruang Basemen

Kebanyakan ruang “basemen” digunakan untuk: tempat parkir, gudang, ruang kontrol atau bak air dalam tanah. Jarang ditemui “basemen” difungsikan untuk aktivitas padat seperti di SMK Negeri 2 Wonosari ini. Hal itu karena keterbatasan sarana ruang belajar dan lahan untuk bangunan ruang baru. Penambahan sarana ruang belajar yang mungkin hanya ke arah vertikal tetapi terkendala pada kebutuhan dana yang besar. Mengingat ketergantungan SMK pada pemerintah masih dominan maka penambahan sarana bisa

terpenuhi bila ada bantuan dana dari pemerintah. Oleh karena itu keberadaan ruang gambar “basemen” tersebut sampai sekarang (2014) tetap diperlukan sejak selesai dibangun sekitar tahun 2000 yang lalu.



Gambar 1. Situasi ruang gambar “basemen” telah padat bangunan dua lantai. (sketsa penulis).

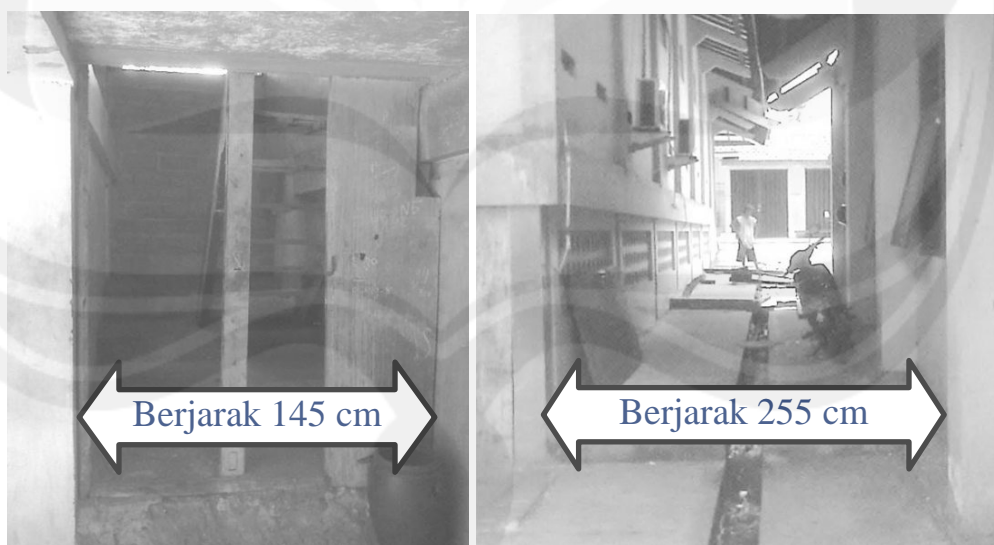
Ruang gambar “basemen” SMK Negeri 2 Wonosari, adalah studio menggambar ruang bawah tanah pada salah satu bangunan dua lantai Bidang Keahlian Teknik Bangunan di SMK Negeri 2 Wonosari. Lokasinya di tepi jalan raya (Gambar 1), sehingga bisa mempengaruhi efek termal yang menurut pendapat beberapa penulis di bawah ini akibat emisi gas buang kendaraan bermotor yang melewatinya.

Menurut Nikolopoulou dan Lykoudis (2006), jalan mempengaruhi kenyamanan termal bangunan di sekitarnya dengan sinar matahari dan angin (Maidinita, 2009: 23). Ditulis Suharto (2012: 36) penyebab ketidaknyamanan di sekitar jalan a.l. gas CO, CO<sub>2</sub>, NO<sub>2</sub>, SO<sub>2</sub>, Pb dan HC. Priambodo (2002: 21) menulis emisi karbon penyebab pemanasan ke udara, juga dijelaskan

Kemenhut RI (2012: 5). Duarsa (2008: 181) menjelaskan urutan penyumbang pemanasan udara adalah: CO<sub>2</sub> 61%, CH<sub>4</sub> 15%, CFC 12%, N<sub>2</sub>O 4% dan gas lain sebesar 8%.

Dimensi ruang gambar “basemen” ini 8.40 x 6.82 x 3.11 m<sup>3</sup>, berjajar ruang gudang “basemen” yang berukuran sama, di depan ke dua ruang itu ada selasar 1.73 x 16.95 x 3.15 m<sup>3</sup>.

Situasi bangunan sekitar “basemen” yang padat akan berpengaruh terhadap kelancaran aliran udara dan cahaya alami di dalamnya. Bangunan yang berada pada arah hadap ventilasi sangat berpotensi menghalangi aliran udara dari luar site. Sebelah barat dan selatan dipadati bangunan dua lantai, yang terdekat berjarak 1,45 m dan 2,55 m. (Gambar 1, 2 dan 3).



Gambar 2. Gedung dua lantai sebelah barat laut (kiri), dan gedung sebelah barat daya berjarak 2,55 m (kanan), (foto: penulis)

Menurut Kirmanto, (2006: 11) jarak bebas minimum 4 m (lantai dasar), setiap kenaikan tingkat di atasnya, ditambah 0,50 m hingga jarak bebas maksimum 12,5 m.



Gambar 3. Pintu masuk “basemen”. Depan ventilasi berdiri gedung ruang kelas dua lantai. (foto: penulis)



Gambar 4. Ventilasi di sisi lain sudut timur dan barat laut. (foto: penulis)

Aspek ketidaknyamanan termal berikutnya, minimnya bukaan dan lubang ventilasi yang hanya satu arah (Gambar 4 dan 5).



Gambar 5. Ventilasi utama sisi barat ruang “basemen” (foto: penulis)

Bukti kuat bahwa ruang gambar “basemen” tidak nyaman adalah dipasangnya dua buah kipas pada lubang ventilasi sisi selasar yang mengarah ke dalam ruangan. Kipas tersebut tipe “Exhaust Fan” (Gambar 6) tetapi karena dipasang mengarah ke dalam ruangan dan tanpa dipasang kipas pembuang udara ke luar, maka hanya berakibat mengaduk-aduk udara kotor, tanpa menghasilkan pergantian udara segar yang dibutuhkan. Kecuali itu kondisi ventilasi yang hanya satu arah, sehingga tidak terjadi kelancaran aliran udara seperti pada ventilasi dua arah.



Gambar 6. Dua Exhaust Fan dipasang di sisi ruang. (foto: penulis)

Banyaknya jumlah pengguna (pakaian dan aktivitasnya) dalam ruang gambar “basemen” ikut menentukan tingkat kenyamanan termal di dalamnya. Pengguna ruang gambar “basemen” berjumlah 18 orang terdiri 16 siswa dan dua orang guru. Kegiatan siswa termasuk dalam pelajaran menggambar. Pemakaian ruang gambar “basemen” SMK Negeri 2 Wonosari tahun pelajaran 2012/2013 dimuat dalam tabel di bawah ini. Dalam jadwal tersebut terdapat penggunaan ruang gambar “basemen” selama enam hari kerja Senin sampai dengan Sabtu (24 x 45 menit), istirahat sebanyak dua kali yaitu pada jam 10.00 – 10.15 WIB, dan 11.45 – 12.00 WIB.



Tabel 1. Jadwal pemakaian ruang gambar “basemen”.

No	Hari	Jam ke	Waktu	Pelajaran
1	Senin	8–9	12.45–14.15	Menggambar konstruksi turap
2	Selasa	7–8	12.00–13.30	Menggambar konstruksi turap
3	Rabu	3–6	08.30–11.45	Menggambar konstruksi atap
4	Kamis	7–10	12.00–15.00	Menggambar teknik dasar
5	Jum’at	1–6	07.00–11.45	Teknik gambar manual
6	Sabtu	1–6	07.00–11.45	Teknik gambar manual

Sumber: Program Pembelajaran Teknik Bangunan SMK Negeri 2 Wonosari.

Dari uraian tersebut, terdapat bukti awal bahwa kondisi ruang gambar tersebut tidak nyaman. Untuk merehabilitasi kondisi tersebut, perlu dilakukan pengembangan model sistem ventilasi yang diuji dengan simulasi CFD (*Computational Fluid Dynamics*) serta analisa pada software *Comfort Calculator*. Setelah model sistem ventilasi diuji dan diselaraskan dengan standar kenyamanan dan energi, barulah diterapkan pada ruang tersebut.

#### D. Rumusan Masalah

1. “Bagaimana pemodelan sistem ventilasi yang sesuai standar kenyamanan dan energi pada ruang gambar basemen SMK Negeri 2 Wonosari?”
2. “Bagaimana hasil pengujian model sistem ventilasi dengan simulasi CFD yang mendekati standar kenyamanan dan energi?”
3. “Bagaimana nilai kenyamanan termal hasil analisa *Comfort Calculator* pada model sistem ventilasi yang terpilih dalam simulasi CFD?”

#### E. Batasan Masalah

Agar lebih fokus penulis memberi batasan pada penelitian ini sebagai berikut:

## 1. Substansial

Dalam penelitian ini dibatasi pada pembuatan model sistem ventilasi alami yang terdiri: *Cross Ventilation*, bukaan maksimal, *Semi Wind Catcher* dan *Wind Catcher*. Pembatasan cara pemilihan model sistem ventilasi dengan pengujian simulasi pada software CFD yang difokuskan pada angka *Air Velocity* dan *Temperature*. Analisa nilai kenyamanan termal dibatasi hanya dengan software *Comfort Calculator Online* yang berupa nilai: *Predicted Mean Vote* (PMV) dan *Predicted Percentage of Dissatisfied* (PPD).

## 2. Spasial

Ruang gambar “basemen” SMK Negeri 2 Wonosari, berukuran  $8,40 \times 6,82 \times 3,11 \text{ m}^3$ , menerus pada lebarnya ruang gudang berukuran sama, depan dua ruang itu ada selasar  $1,73 \times 16,95 \times 3,15 \text{ m}^3$ . Total ukuran “basemen”  $16,95 \times 8,55 \text{ m}^2$ . Adapun batas ruang tersebut adalah:

- a. Sebelah timur laut dibatasi oleh halaman di sisi Jalan Raya KH Agus Salim Wonosari,
- b. Sebelah tenggara dibatasi kios foto copy dan warung Koperasi IKA SMK Negeri 2 Wonosari,
- c. Sebelah barat daya dibatasi ruang teori dan laboratorium bahasa dua lantai berjarak 2,55 m,
- d. Sebelah barat laut dibatasi oleh warnet dan ruang satpam SMK Negeri 2 Wonosari berjarak 1,45 m,
- e. Lantai atas ruang laboratorium KKPI dan BKK SMKN 2 Wonosari.



### 3. Temporal

Adapun mengenai batasan waktu dalam penelitian ini adalah sebagai berikut:

- a. Jam: untuk suhu dan kecepatan angin diambil waktu pengukuran yang menunjukkan nilai tertinggi, karena efek panas yang timbul,
- b. Hari: Senin – Sabtu, dipilih pada hari ketika dipakai pembelajaran,
- c. Bulan: Januari – Maret 2013,

#### F. Keaslian Penelitian

Bila dilihat dari topik telah banyak penelitian tentang “kenyamanan termal” namun bila dilihat dari lokasi dan obyek (ruang gambar “basemen” dan SMK Negeri 2 Wonosari) ini penelitian yang pertama. Diantara teman-teman guru SMK Negeri 2 Wonosari, yang mengambil program S2, khususnya yang mengambil Megister Teknik Arsitektur, penulis yang pertama, sehingga penulis yang pertama kali mengambil topik penelitian di lokasi tersebut. Kebanyakan penelitian di lingkungan guru adalah PTK (Penelitian Tindakan Kelas). Beberapa guru yang mengambil S2 di antaranya Magister Manajemen, Magister Teknik Mesin, Magister Teknik Informatika dan bidang umum (IPA, PKN, BP, Bhs Inggris, Agama Islam, dsb.).

Adapun penelitian tentang “kenyamanan termal” dalam waktu dan lokasi berbeda, dirangkum dalam tabel pada Lampiran: 2.

#### G. Tujuan Penelitian

Tujuan penulis dalam melakukan penelitian pada ruang gambar “basemen” SMK Negeri 2 Wonosari adalah:

1. Menemukan sejumlah model sistem ventilasi ruang gambar “basemen” secara digital yang mengacu standar kenyamanan dan energi,
2. Memilih model sistem ventilasi yang sesuai standar kenyamanan dan energi dengan CFD untuk ruang gambar basemen dan yang semisalnya,
3. Memilih model sistem ventilasi dengan analisa kenyamanan termal pada *Comfort Calculator* dari hasil simulasi CFD yang mendekati standar.

#### H. Sasaran Penelitian

Sasaran penelitian yang penulis lakukan adalah sebagai berikut:

##### 1. Observasi dan Pengukuran

###### a. Data Input Pemodelan 3D

Pemodelan sistem ventilasi 3D perlu pengukuran dimensi ruang gambar “basemen” SMKN 2 Wonosari dan elemennya, terdiri: ruang basemen (panjang, lebar dan tinggi); Posisi dan ukuran (bukaan, pintu dan kipas); Posisi dan ukuran ventilasi (**dikembangkan**); jumlah pengguna dan posisinya; bentuk, jumlah dan posisi lampu.

###### b. Data Input Simulasi CFD

Simulasi model pada CFD, perlu enam parameter input, terdiri: tiga dari pengukuran langsung (*Air Velocity*, *Air Temperature*, *Air Velocity of Fan*), dua dari diagram (*Wind Direction*, *User Skin Temperature*) dan dari tabel produk (*Lamp Heat Dissipation*).

###### c. Data Input Comfort Calculator

*Comfort Calculator Online* memerlukan enam parameter input,

tiga parameter diambil dari hasil simulasi model sistem ventilasi software CFD (*Air Temperature*, *Radiant Temperature*, *Air Velocity*), satu parameter dengan pengukuran dan analisa manual (*Relative Humidity*) dan dua parameter diambil dan dianalisa dari tabel (*Activity Rate* dan *Clothing Level*).

## 2. Pembuatan Model 3D

Pembuatan model sistem ventilasi 3D dengan Software Auto CAD 2010. Model kemudian diexport ke dalam file SAT, agar siap dibuka dalam software CFD untuk proses konfigurasi data, sebelum *running* simulasi.

## 3. Pengujian Simulasi CFD

### a. Membuka Model Berformat SAT

Model 3D yang telah diexport dalam software AutoCAD ke dalam format SAT, kemudian dibuka dalam software CFD-CADalyzer.

### b. Konfigurasi Data Input CFD

Setting dan konfigurasi data dalam CFD seperti: *units – user defined – length (m) – temperature °C, common, flow, wall (orang), wall (lampu), wall (kipas tidak semua model), inlet dan outlet*.

### c. Meshing Model 3D

Setelah setting data model dalam CFD selesai kemudian dilakukan meshing untuk menggenerasi *cells* dari model 3 dimensi.

### d. Melakukan Running Simulai CFD

Running simulasi dilakukan setelah setting CFD dan meshing.

Kesalahan setting berpengaruh pada keakuratan data hasil simulasi.

**e. Menganalisa Hasil Simulasi CFD**

Hasil simulasi lantas diperiksa nilai kecepatan angin pada posisi pengguna berada. Agar teliti pembacaan dengan *probe point*.

**f. Membuat Daftar Model Hasil Simulasi CFD**

Hasil pembacaan simulasi semua model dibuat tabel baik yang error, tidak akurat dan yang mendekati standar kecepatan angin Heinz Frick maupun standar suhu Karyono.

**g. Memilih Model Standar Heinz Frick dan Karyono**

Model yang hasil simulasinya mendekati standar, dimuat lagi dalam daftar yang terpisah untuk dianalisa kecepatan angin dan suhunya.

**4. Analisa Comfort Calculator**

Hasil analisa *Comfort Calculator Online* yaitu PMV (*Predicted Mean Vote*) dan PPD (*Predicted Percentage of Dissatisfied*) dengan data input:

- a. *Air Velocity*, hasil simulasi CFD dianalisa dengan dirata-rata,
- b. *Air Temperature*, hasil simulasi CFD dirata-rata dan dikonversi ke standar ASHRAE dengan Rumus (6),
- c. *Radiant Temperature*, dari *Air Temperature* hasil simulasi CFD yang dikonversi ke ASHRAE, dihitung dengan Rumus (1), (2) dan (6),
- d. *Relative Humidity*, suhu bola kering-bola basah dan ke Lampiran 5,
- e. *Activity Rate*, dari tabel Lampiran 6 sesuai jenis kegiatan pengguna,
- f. *Clothing Level*, pada Lampiran 7 dibaca nilai Clo semua pakaian pengguna dan dihitung dengan Rumus (4) dan (5).

*Analisa Comfort Calculator* (Lampiran 24) dirangkum pada Tabel 26.

## 5. Kesimpulan Model Terpilih

Hasil analisa *Comfort Calculator* yang telah dirangkum dalam tabel, diranking dan dipilih model system ventilasi yang dianggap paling sesuai dengan ruang gambar basemen.

### I. Manfaat Penelitian

Manfaat yang diharapkan dari hasil penelitian ini adalah:

1. Penulis memperoleh pengetahuan: cara meneliti sebuah model sistem ventilasi secara digital, faktor-faktor kenyamanan termal, pengujian simulasi dengan CFD, analisa software *Comfort Calculator*, dan cara memilih model sistem ventilasi sesuai standar kenyamanan dan energi,
2. Pemilik bangunan mengetahui: kondisi kenyamanan termal sistem ventilasi, kelemahan desain dan rekomendasi perbaikan ruang gambar “basemen” SMK Negeri 2 Wonosari, sebagai acuan dan pertimbangan desain bangunan ruang gambar “basemen” dan yang semisalnya,
3. Adapun bagi lembaga ilmu pengetahuan diperoleh pengetahuan tentang: metode meningkatkan kenyamanan termal dengan *Comfort Calculator* dari hasil simulasi CFD pada model sistem ventilasi ruang gambar “basemen” yang memenuhi standar kenyamanan dan energi. Cara mengatasi ruang basemen yang sekitarnya padat gedung 2 lantai.

### J. Sistematika Penulisan

#### BAB I PENDAHULUAN

Dalam bab pendahuluan ini diuraikan tentang: latar belakang, alasan obyek studi SMK Negeri 2 Wonosari, tinjauan ruang

basemen, rumusan masalah, batasan masalah, keaslian penelitian, tujuan penelitian, sasaran penelitian, manfaat penelitian, sistematika penulisan, tahapan penelitian dan kerangka pikir studi.

## **BAB II TINJAUAN PUSTAKA DAN LANDASAN TEORI**

Dalam sub bab tinjauan pustaka akan diuraikan tentang: kenyamanan termal; PMV and PPD index; faktor-faktor kenyamanan termal; suhu nyaman iklim tropis; termal dalam ruang; ventilasi ruang bangunan; ventilasi mekanis; pergantian udara; kecepatan angin; kecepatan dan suhu udara; kondisi udara; tidak nyaman (terlalu panas atau dingin); radiasi; panas lampu CFL dan TL; panas tubuh manusia; kelembaban zona nyaman; metabolisme aktivitas tubuh; nilai insulasi pakaian; kecepatan angin kipas dan wind catcher.

Sedang dalam sub bab landasan teori akan diuraikan tentang: standar ukuran ruang; standar luas ventilasi; standar kecepatan angin; suhu radian; suhu nyaman; kelembaban udara nyaman; suhu tubuh pengguna; metabolisme aktivitas tubuh; menghitung insulasi pakaian; suhu panas lampu CFL dan TL; kecepatan kipas dan tingkat nyaman.

## **BAB III PERMASALAHAN DAN METODOLOGI PENELITIAN**

Bab ini berisi tentang permasalahan dan metodologi penelitian yang digunakan untuk memecahkan dan menjawab permasalahan dalam penelitian ini, yaitu: pendekatan penelitian, metode



penelitian (kebutuhan data penelitian, alat pengambilan data, teknik pengambilan data), sumber data (primer dan sekunder), teknik sampling (populasi dan sample penelitian), kedudukan data penelitian, konversi suhu (suhu radian konversi dan suhu udara konversi) dan teknik analisa data.

#### **BAB IV PENGUKURAN PEMODELAN DAN PENGUJIAN**

Bab pengukuran pemodelan dan pengujian berisi pembahasan tentang: penelitian pratesis, pemeriksaan eksisting, data hasil pengukuran, pengolahan data, pengembangan model sistem ventilasi, struktur organisasi pemodelan, pengujian model sistem ventilasi, daftar kategori pengujian model, hasil simulasi mendekati standar, hasil analisa comfort calculator dan proyeksi 3D model mendekati standar.

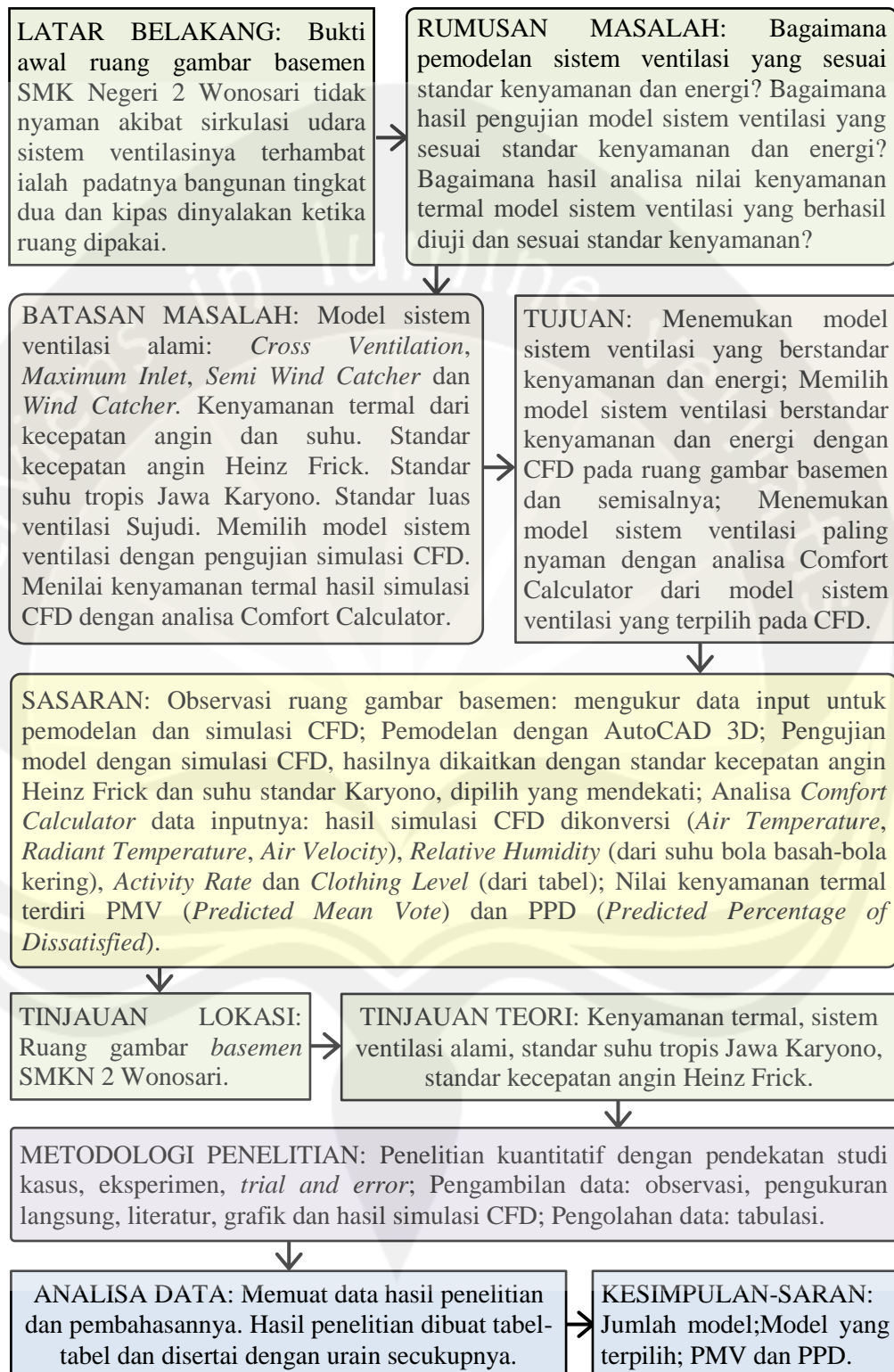
#### **BAB V PEMBAHASAN HASIL PENELITIAN**

Bab ini berisi hasil penelitian dan pembahasan tentang: hasil pengujian simulasi CFD, model hasil analisa comfort calculator, asumsi keterbatasan kesulitan dan mengatasinya, penemuan mengiringi penelitian.

#### **BAB VI KESIMPULAN DAN SARAN**

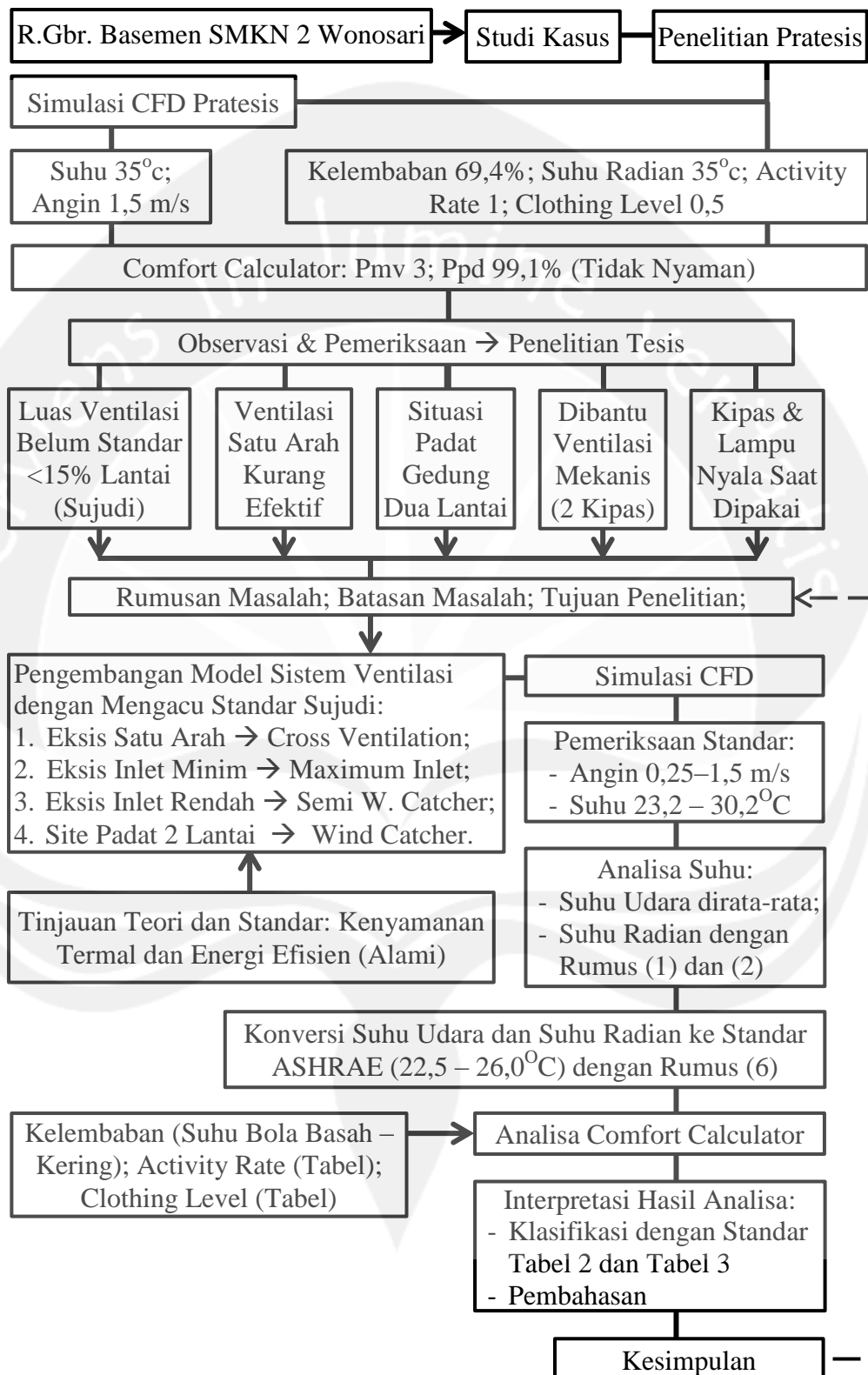
Bab terakhir, berisi kesimpulan, terdiri: kondisi eksisting, hasil pemodelan, hasil simulasi CFD, hasil analisa comfort calculator dan kesimpulan terhadap hipotesis; Saran penulis terdiri: pada ruang basemen dan pada penelitian selanjutnya.

## K. Tahapan Penelitian



Gambar 7. Tahapan penelitian ruang gambar “basemen” SMK Negeri 2 Wonosari.

### L. Kerangka Pikir Studi



Gambar 8. Kerangka pikir studi ruang gambar basemen SMKN 2 Wonosari.