

BAB I

PENDAHULUAN

1. 1. Latar Belakang

1.1. 1. Latar belakang arti penting kasus

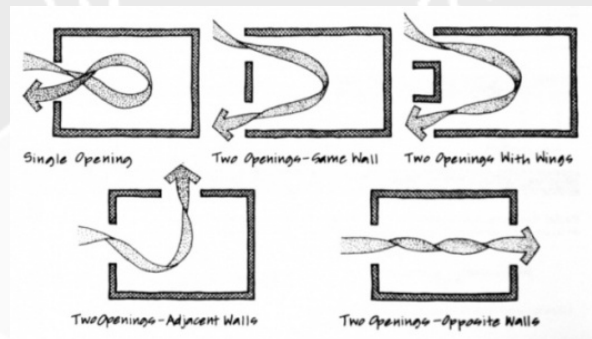
Berdasarkan letak geografisnya, Indonesia merupakan negara beriklim tropis lembab, dengan karakter intensitas radiasi matahari cukup tinggi, temperatur udara relatif tinggi, kelembaban udara dan curah hujan juga tinggi, serta keadaan langit senantiasa berawan (Lippsmeier, 1994). Karakteristik iklim tropis lembab mempunyai kelembaban cukup tinggi yaitu berkisar 70% - 80% di musim kemarau dan 80%-95% pada musim hujan. Kondisi ini disebabkan pengaruh dari evaporasi air laut. Temperatur udara cukup panas sekitar 24°C pada malam hari dan 34°C pada siang hari. Keadaan demikian selalu terjadi hampir sepanjang tahun dan berpengaruh pada lingkungan mikro.

Kenyamanan termal baik di dalam ruang maupun di luar bangunan dibutuhkan tubuh agar dapat beraktifitas dengan baik. Szokolay (1980) dalam *'Manual of Tropical Housing and Building'* menyebutkan kenyamanan sangat bergantung pada variabel iklim, seperti radiasi akibat paparan matahari, suhu udara, kelembaban udara, dan juga kecepatan angin di sekitar bangunan. Faktor lain yang juga berperan dalam menciptakan kenyamanan manusia di dalam ruang juga dipengaruhi faktor subjektif seperti pakaian, metabolisme tubuh akibat aktivitas dan juga pengaruh kondisi fisik seperti usia, jenis kelamin, tingkat kegemukan dan tingkat kesehatan.

Upaya untuk menciptakan kenyamanan termal sudah lama dilakukan terutama pada daerah beriklim tropis. Salah satu cara untuk menciptakan kenyamanan di dalam ruang adalah dengan memasukkan udara segar melalui ventilasi. Sebagai negara tropis lembab seperti Indonesia penerapan ventilasi alami sudah dilakukan sejak jaman dahulu, hal ini terlihat dari desain ventilasi pada rumah tradisional di Indonesia. Desain bentuk dan ukuran ventilasi alami pada bangunan tradisional Indonesia pada umumnya dipengaruhi pada letak dan kondisi iklim di daerah tersebut. Hasil penelitian Sangkertadi (2006) menemukan bahwa sistem penghawaan alami dengan ventilasi silang dan sistem cerobong (*stack effect*) yang diterapkan pada bangunan tradisional Minahasa dapat bekerja cukup baik untuk menciptakan kenyamanan termal melalui pertukaran udara. Peran ventilasi alami ini berfungsi sebagai media pergantian udara di dalam ruangan. Memasukkan angin secara terus menerus ke dalam ruang sebagai proses pergantian udara dapat mempersejuk udara di dalam ruang (Frick Heinz, 2008). Proses pergantian udara ini dilakukan dengan cara memasukkan udara segar dari luar ke dalam ruangan, dan sebaliknya udara di dalam ruangan dikeluarkan melalui lubang ventilasi. Sistem ventilasi alami hingga saat ini masih diterapkan pada bangunan di Indonesia, ventilasi alami masih tetap menjadi pilihan dalam menciptakan kenyamanan termal. Selain keuntungan mendapatkan udara segar melalui pertukaran udara, memanfaatkan udara luar masuk ke dalam bangunan juga menguntungkan karena tidak ada beban energi listrik yang terpakai.

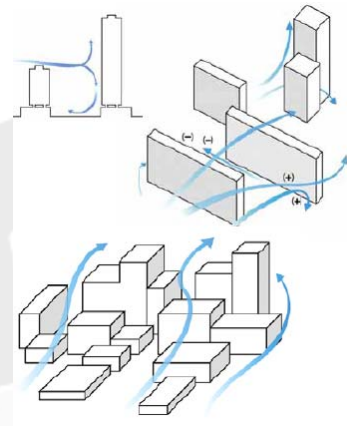
Udara segar yang dirasakan penghuni di dalam ruang terjadi karena adanya proses penguapan, hembusan angin pada permukaan kulit dapat menurunkan suhu

permukaan kulit manusia. Dampak lain yang dapat dirasakan adalah sistem ini dapat menghilangkan dan mereduksi kelebihan panas dari tubuh serta panas akibat dari peralatan elektronik dan listrik, ventilasi alami juga berfungsi untuk menormalkan kelembaban, bau tak sedap, munculnya polusi akibat aktivitas penghuninya.



Gambar 1. 1. Karakter pergerakan angin pada ventilasi alami
Sumber: www.gopixpic.com (5 Desember 2014)

Menciptakan sistem pertukaran udara di dalam ruang tidak terlepas dari kondisi angin yang mengalir melalui sistem ventilasi. Kecepatan angin merupakan faktor utama yang menentukan berhasil atau tidaknya sistem ventilasi alami. Kecepatan angin yang mengalir menuju ventilasi dipengaruhi oleh kondisi lingkungannya (Gambar 1.2). Arah dan kecepatan angin tidak sama untuk setiap lingkungan. Kondisi lingkungan yang semakin padat dan pola hunian yang tidak diawasi akan menjadi penghambat aliran udara (Prianto, 2001).



Gambar 1. 2. Ilustrasi pergerakan aliran udara pada kawasan padat
Sumber: Henry Feriadi (2012)

Selain kondisi lingkungan padat yang dapat mempengaruhi pergerakan dan arah angin yang masuk ke dalam bangunan. Faktor lain yang dapat mempengaruhi kenyamanan termal yaitu aktivitas pengguna ruang, jenis pakaian dan faktor iklim lingkungan seperti: kelembaban dan suhu udara (Fanger, 1972). Jika kedua faktor tersebut tidak dapat diatasi maka kualitas kesejukan angin yang masuk ke dalam rumah akan menjadi sangat sulit diperoleh. Hunian di lingkungan beriklim tropis terutama dengan kelembaban tinggi, kenyamanan penghuni tidak hanya tergantung pada banyaknya *supply* udara segar ke dalam ruangan, tetapi juga tergantung pada kualitas udara yang masuk ke dalam ruangan. Dengan pengaturan sistem penghawaan yang dirancang dengan baik maka kualitas udara di dalam ruang dapat terjaga.

Faktor kecepatan angin sebagai salah satu penentu keberhasilan sistem ventilasi alami tidak terlepas dari kondisi lingkungan dimana bangunan akan dibangun. Kurangnya pertukaran udara di dalam ruang dapat berpengaruh pada

kesehatan penghuni di dalamnya. Mengacu pada kecepatan udara untuk kesehatan menurut EnREI, dibutuhkan aliran udara yang cukup agar terjadi pertukaran udara di dalam ruang, dimana kebutuhan udara untuk tujuan kesehatan berkisar 0,4 – 0,8 liter/detik. Beberapa kondisi keadaan yang dapat mempengaruhi kecepatan angin bukan merupakan hambatan dalam menciptakan kenyamanan termal. Penghawaan buatan dengan sistem mekanik atau dapat juga disebut *forced ventilation* merupakan alternatif sistem ventilasi yang dapat diterapkan. Kondisi lingkungan bangunan yang minim aliran udara dapat menggunakan sistem ventilasi mekanik untuk menciptakan pertukaran udara di dalam ruang. Prinsip dasar ventilasi mekanis ini adalah menggunakan kipas sebagai *supply* aliran udara. Penggunaan kipas pada kecepatan tertentu serta posisi yang tepat memaksa adanya pergerakan udara di dalam ruang.

Penerapan ventilasi silang secara mekanis sudah dimulai pada era 70an, terutama di daerah perkotaan dimana kondisi kepadatan pertumbuhan bangunan menjadi faktor yang mempengaruhi arah dan kecepatan aliran udara. Penerapan ventilasi silang mekanis ini pada umumnya digunakan pada bangunan yang memiliki bentang lebar seperti: pabrik, industri pertanian maupun peternakan, hal ini disebabkan proses pergantian udara dengan sistem ventilasi alam pada bangunan dengan bentang lebar sangat sulit untuk diterapkan, terutama untuk daerah iklim tropis lembab. Kecepatan angin yang rendah sangat sulit untuk memasukkan udara dari luar kedalam bangunan. Ayman (2000) dalam penelitiannya mengenai "*Climatic design for low cost housing in Egypt*" menemukan bahwa kualitas sirkulasi aliran udara di dalam ruangan gedung dan di

sekitar tubuh manusia lebih penting dalam menciptakan kenyamanan termal dibandingkan dengan banyaknya volume udara di dalam ruang.

Fenomena yang sering dialami di daerah yang beriklim tropis adalah suhu didalam ruang yang cukup panas. Kondisi ini terjadi akibat perpindahan kalor akibat pengaruh internal (aktivitas, sumber panas dari alat elektronik) maupun eksternal (radiasi matahari, temperatur lingkungan). Kurangnya aliran udara yang masuk ke dalam ruang mengakibatkan minimnya proses pertukaran udara sehingga terjadi penumpukan kalor. Penelitian Puspitasari (2013) mengenai analisa *supply* udara pada ruang mesin kapal menemukan bahwa dengan menambah kecepatan udara pada saluran udara yang masuk (*inlet ducting*) dapat menurunkan suhu ruang sebesar 0,5% sampai 5%.

Penggunaan ventilasi mekanis tidak selalu dapat menurunkan suhu ruang. Kondisi suhu di luar bangunan juga mempengaruhi besarnya nilai pengurangan kalor tersebut. Jika suhu udara diluar bangunan lebih tinggi dari suhu di dalam bangunan, peranan ventilasi mekanik ini akan memberikan pertukaran udara yang lebih banyak dan memberikan sensasi kesejukan, karena penguapan pada kulit manusia dapat berlangsung lebih cepat. Penelitian yang dilakukan Rizk (2012) menemukan bahwa dengan menerapkan kipas *supply* di dinding ruang dapat menurunkan suhu ruang 5°C hingga 8°C dengan kondisi suhu udara luar berkisar 27°C. Selain pengaruh suhu dan pertukaran udara di dalam ruang, ventilasi mekanik memiliki pengaruh yang cukup besar pada daerah yang memiliki kelembaban yang cukup tinggi, Fairey (2014) menunjukkan bahwa pertukaran udara di dalam objek pengujiannya mencapai 2 ACH pada tekanan 50

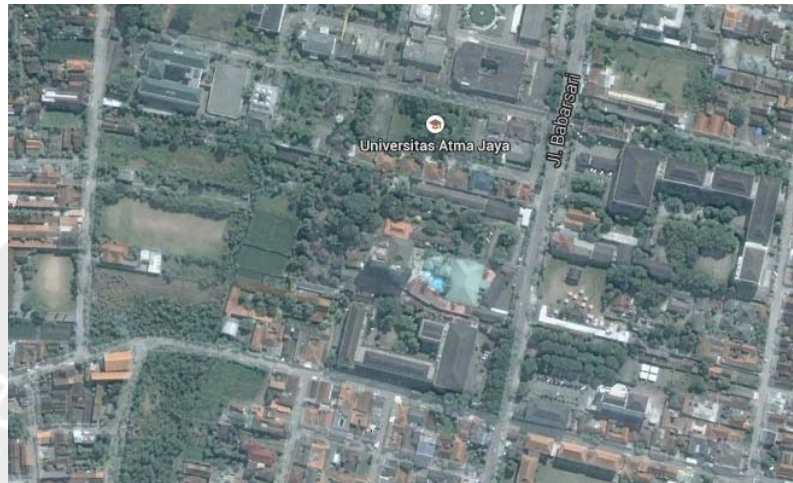
Pa, dan terjadi peningkatan kelembaban udara sebesar 2,2%, namun efisiensi energi beban pendinginan meningkat hingga 27%.

Sistem ventilasi mekanis ini juga sangat membantu perencana bangunan, dengan sistem ini perencana lebih mudah untuk merencanakan sistem penghawaan jika penerapan ventilasi alami tidak memungkinkan untuk diaplikasikan. Melalui sistem ventilasi mekanis perencana dapat lebih mudah untuk menentukan letak, posisi serta besarnya aliran udara yang masuk dan yang keluar. Penentuan letak dan kebutuhan ventilasi mekanis ini membutuhkan ketelitian dalam penerapannya. Hal ini untuk menghindari pemakaian kipas yang berlebihan yang akan menambah beban energi listrik.

1.1.2 . latar belakang masalah

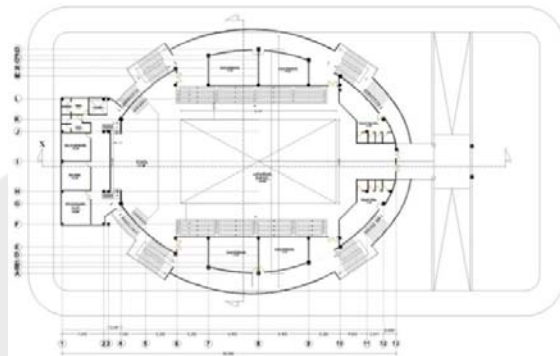
Gedung *Student Center* UAJY terletak di Kledokan, Caturtunggal, Sleman, Daerah Istimewa Yogyakarta. Gedung ini berada tepat dibelakang Kampus II Gedung Thomas Aquinas. Gedung *Student Center* akan terintegrasi dengan beberapa fungsi dan fasilitas lain disekitarnya, diantaranya fakultas teknobiologi dan fakultas hukum, kantin, dan asrama mahasiswa yang didesain dengan konsep ruang terbuka yang nantinya digunakan sebagai taman, parkir, *boulevard* dan hutan biologi.

Fungsi utama pembangunan gedung ini adalah sebagai sarana pendukung untuk kegiatan mahasiswa UAJY. Aktivitas utama dari gedung ini adalah untuk kegiatan olahraga, selain itu ada juga beberapa fungsi lainnya juga dapat dilakukan didalam bangunan ini, diantaranya sebagai tempat acara wisuda dan juga acara-acara pertemuan lain seperti resepsi pernikahan, pameran dan kegiatan lainnya.

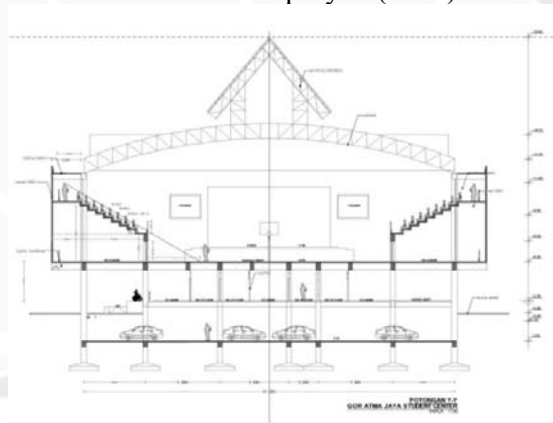


Gambar 1. 3. Kondisi site bangunan
Sumber: Google Map (13 November 2014)

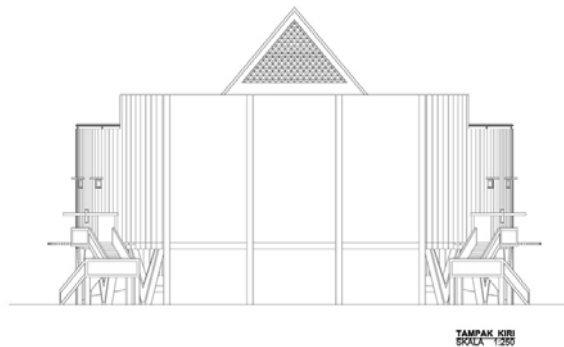
Gedung ini dibangun dengan 4 lantai, dimana tiap lantai memiliki fungsi sebagai berikut: lantai 1 merupakan area *basement* yang difungsikan sebagai tempat parkir, lantai II merupakan area unit kegiatan mahasiswa yang terdiri dari ruangan masing - masing unit kegiatan, sedangkan lantai III merupakan area lapangan olahraga dan lantai 4 merupakan area tribun untuk penonton (Gambar 1.4).Ketinggian tribun dari lapangan adalah 6 m, dengan kemiringan 30° . Tinggi tribun atas ke langit-langit terdekat adalah 2,76 m. Ukuran lapangan sebesar 26 m x 14 m, dengan jarak dari sisi luar lapangan ke sisi tribun bawah sebesar 2,765 m (Gambar 1.5)



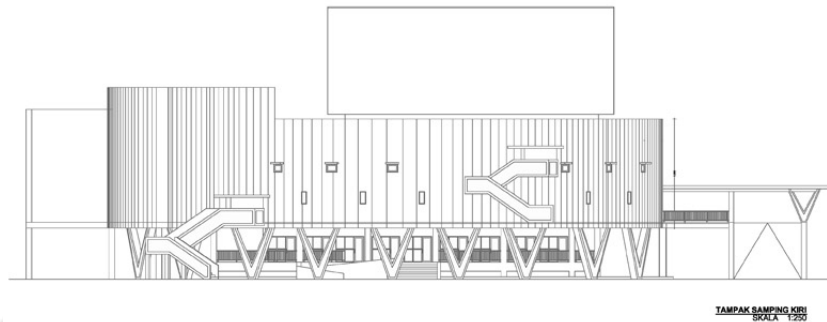
Gambar 1. 4. Denah lantai III *Student Centre* UAJY
Sumber: DED proyek (2014)



Gambar 1. 5. Potongan ruang *Student Centre* UAJY
Sumber: DED proyek (2014)



Gambar 1. 6. Tampak belakang gedung *Student Center*
Sumber: DED proyek (2014)



Gambar 1. 7. Tampak samping kiri gedung *Student Center*
Sumber: DED proyek (2014)

Untuk menciptakan kenyamanan ruang *Student Center*, perancang bangunan mengandalkan sepenuhnya pada sistem penghawaan buatan yaitu AC (*Air Conditioning*). Tujuan sistem AC pada desain rencana untuk menjamin kualitas udara di dalam ruang tersebut. Namun dengan sistem penghawaan tersebut tentu akan mempengaruhi tingkat penggunaan energi listrik yang dibutuhkan. Dengan volume ruang sekitar 20.000 m^3 tentu dibutuhkan waktu dan beban pendinginan yang cukup besar, padahal aktivitas di dalam ruang yang fungsinya sebagai gedung multi fungsi tidak selalu membutuhkan sistem pengkondisian udara dengan AC. Jika gedung digunakan sebagai fungsi olahraga atau aktivitas lain dimana penonton di area tribun tidak terlalu ramai maka kondisi ini akan mengakibatkan pemborosan energi listrik dalam hal beban pendinginan. Marzuki (2012) dalam penelitian mengenai audit energi bangunan mengatakan bahwa 57,36% dari keseluruhan beban kelistrikan pada gedung direksi PT.PN XIII (Persero) dibebankan pada sistem tata udara AC, dan sisanya merupakan beban penerangan yang mencapai 4,54% dari beban terpasang total dan

selebihnya 38.10% merupakan beban-beban lainnya (seperti perangkat komputer, televisi, *dispenser*, *exhaust fan*, mesin *photo copy*, dan kipas angin).

Dari gambar desain perencanaan gedung *Student Center* Universitas Atma Jaya Yogyakarta ditemukan bahwa bangunan ini tidak memanfaatkan ventilasi alami. Kondisi ini dapat mengakibatkan minimnya pertukaran udara di dalam ruang. Untuk mencapai pertukaran udara yang dibutuhkan tidak dapat hanya mengandalkan ventilasi alami saja. Orientasi bangunan dan kondisi site yang cukup padat serta kecepatan udara di wilayah Yogyakarta juga merupakan permasalahan yang dapat timbul dari penggunaan ventilasi alami. Kurangnya ketersediaan kebutuhan pertukaran udara didalam ruang dapat menimbulkan keadaan yang dapat merugikan kesehatan, selain itu timbunan kalor di dalam ruangan akibat metabolisme ataupun akibat radiasi matahari serta komponen yang menghasilkan panas dapat menyebabkan ketidaknyamanan pengguna bangunan. Untuk keperluan kesehatan telah diatur standar jumlah pergantian udara suatu ruangan misalnya standarisasi yang berlaku di Indonesia maupun di negara lain. Untuk memenuhi standar kualitas udara tersebut, maka diperlukan suatu penanganan rancangan ventilasi, baik berbasis sistem ventilasi alami maupun buatan, atau kombinasi alami dan mekanik.

Membuat sistem ventilasi alami merupakan cara yang umum dilakukan untuk membantu pertukaran udara di dalam ruang. Ventilasi alami pada dasarnya hanya mengandalkan tiupan angin alami dari luar, namun tidak semua lokasi memiliki kecepatan angin yang tinggi dan konstan.

Untuk itu diperlukan alat bantu untuk menambah kecepatan pertukaran udara ruangan, agar proses penggantian/pertukaran udara tersebut konstan dan mencukupi kebutuhan, yaitu dengan menggunakan "*Exhaust Fan*" atau "*Ventilating Fan*". Sistem ini sering juga disebut sebagai sistem "*Mechanical Ventilation*".

1. 2. Rumusan Masalah

Gedung *Student Center* UAJY ini nantinya akan digunakan untuk kegiatan mahasiswa maupun kegiatan kampus seperti acara wisuda, olahraga dan kegiatan lainnya. Ditinjau dari aspek kenyamanan bangunan, pada gambar desain rencana, bangunan tidak memanfaatkan ventilasi alami. Sistem penghawaan gedung direncanakan menggunakan sistem pendingin mekanis yaitu AC. Namun penggunaan AC untuk setiap aktivitas didalam bangunan ini tentu akan menimbulkan dampak terhadap beban pendinginan yang dibutuhkan. Kondisi ini jelas akan mempengaruhi besarnya energi listrik yang digunakan. *Fan array* (deretan kipas angin listrik) dapat menjadi alternatif untuk menggerakkan ventilasi silang alami dengan konsumsi energi listrik lebih rendah dari AC. *Fan array* diharapkan dapat menghindari penumpukan kalor di dalam ruang dan menghadirkan hembusan yang merata untuk menciptakan penyejukan fisiologis (*physiological cooling*). Dari kondisi tersebut maka permasalahan pada penelitian dirumuskan sebagai berikut :

- Berapa besar kecepatan aliran udara yang dapat dialirkan didalam bangunan *Student Center* jika menggunakan sistem *fan array*?
- Bagaimana pengaruh *fan array* dalam mengurangi panas udara dalam ruang bangunan *Student Center* UAJY ?

1. 3. Batasan Penelitian

Adapun batasan dari penelitian ini dibagi menjadi tiga lingkup yaitu substansial yang menyangkut tentang inti atau pokok penelitian, temporal menyangkut tentang waktu penelitian dan spasial menyangkut tentang tempat (ruang) penelitian. Berikut adalah batasan-batasannya:

- Lingkup substansial: Ruang multifungsi, ventilasi silang Mekanis, meminimalkan penimbunan kalor akibat aktivitas, peletakan kipas.
- Lingkup temporal: 4 bulan (September-Desember 2014).
- Lingkup spasial: GOR *Student Centre* Universitas Atma Jaya Yogyakarta.

1. 4. Keaslian Penelitian

Objek penelitian ini masih dalam tahap rencana desain, sehingga lokasi gedung yang akan diteliti belum pernah distudi sebelumnya. Penelitian sejenis yang pernah dilakukan adalah sebagai berikut:

Tabel 1. 1. Penelitian yang pernah dilakukan

No.	Peneliti	Judul	Hasil	Perbedaan
1	PuspaPuspitasari Tahun 2013	Analisa <i>Supply</i> Aliran Udara Terhadap Variabel Suhu, Tekanan Dan Kecepatan Udara Pada Kamar Mesin Kapal Tanker 6500 Dwt Menggunakan <i>Computational Fluid Dynamics</i>	Dengan adanya variasi kecepatan udara suplai <i>inlet ducting</i> terjadi penurunan suhu sekitar 0,5% sampai 5% untuk jarak 9,6 meter dari tampak samping dan 1,5% sampai 6,5% untuk 8,5 meter dari tampak atas, sedangkan tekanan rata-rata semakin naik dan kecepatan aliran udara <i>streamline</i> rata-rata naik turun untuk semua variasi.	<ul style="list-style-type: none"> • Lokasi objek studi • Ukuran volume ruang. • Fungsi ruang • Hanya 2 kipas yang diuji dalam satu ruang, yaitu kipas <i>apply</i> dan kipas <i>exhaust</i>

Lanjutan Tabel 1.1. Penelitian yang pernah dilakukan

No.	Peneliti	Judul	Hasil	Perbedaan
2	Fairey, P Tahun 2014	<i>Vent Right and Then? Mechanical Ventilation, Dehumidification and Energy Use in Humid Climates.</i>	Hasil uji menunjukkan bahwa ventilasi <i>supply</i> menghasilkan 2 achterjadi peningkatan kelembaban relatif sebesar 2,2 % .Beban energi pendinginan meningkat 27 % . Hasil juga menunjukkan bahwa ventilasi rumah yang tertutup selama musim dingin mengakibatkan terjadi peningkatan kelembaban ruangan yang berlebihan.	<ul style="list-style-type: none"> • Lokasi objek studi • Ukuran volume ruang. • Fungsi ruang • Fokus penelitian hanya pada tingkat kelembaban udara dalam ruang

1. 5. Tujuan dan Sasaran

Tujuan penelitian ini adalah untuk mengetahui besarnya kecepatan aliran udara yang mengalir pada area lapangan dengan menggunakan ventilasi mekanik dan dampak kecepatan aliran udara akibat penerapan sistem *fan array* terhadap distribusi suhu udara diarea lapangan dan diarea tribun pada bangunan *Student Centre* Universitas Atma Jaya Yogyakarta.

Sasaran penelitian ini adalah memberikan solusi dan desain kepada pembuat kebijakan, pengelolaser ta pemilik gedung agardapat memahami dampak beban kalor di dalam ruang olahraga akibat aktivitas, serta memberikan usulan bagaimana sistem *fan array* dapat membantu mengurangi panas di dalam bangunan.

1. 6. Sistematika Penulisan

BAB I PENDAHULUAN

Dalam bab pendahuluan ini diuraikan tentang: latar belakang, alasan objek studi *Student Center UAJY*, meminimalkan penimbunan kalor pada area lapangan dan area tribun penonton, rumusan masalah, batasan masalah, keaslian penelitian, tujuan penelitian, sasaran 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, faktor-faktor kenyamanan termal, suhu nyaman iklim tropis, termal dalam ruang, ventilasi ruang bangunan, ventilasi mekanis, pergantian udara,; kecepatan angin, kecepatan dan suhu udara, serta kondisi udara. Sedang dalam sub bab landasan teori akan diuraikan tentang: standar pertukaran udara ACH, ventilasi alami, standar kecepatan angin, suhu nyaman, kelembaban udara, suhu tubuh pengguna, metabolisme aktivitas tubuh, pemilihan kipas, jenis kipas, kecepatan kipas, dan saluran udara.

BAB III 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 dengan simulasi menggunakan perangkat lunak CFD (*Computational Fluid Dynamics*)

BAB IV PEMODELAN DAN SIMULASI

Bab ini berisi mengenai dasar pemilihan kipas melalui pemodelan pada ruang sederhana, pemodelan pada objek studi dan penerapan kipas pada objek studi. Dari pemodelan ini selanjutnya dilakukan simulasi dengan CFD. Hasil simulasi sementara akan disajikan pada bab ini.

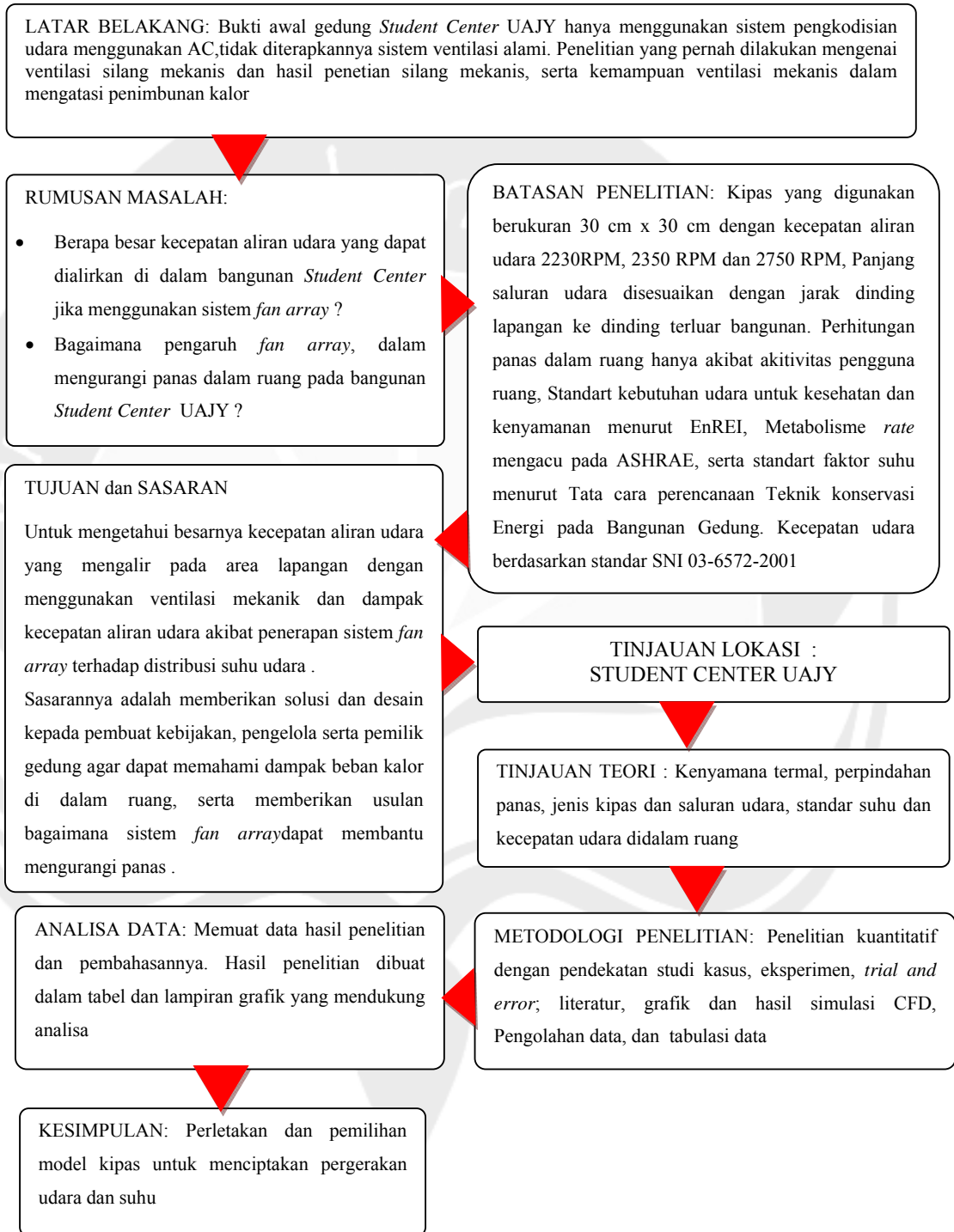
BAB V PEMBAHASAN HASIL PENELITIAN

Bab ini berisi hasil penelitian dan pembahasan tentang hasil pengujian model studi dengan perangkat simulasi CFD. Penyajian dilakukan dengan tabulasi hasil simulasi dan grafik mengenai pergerakan udara dan pergerakan suhu udara dalam area lapangan olahraga dan area tribun penonton. Pada bab ini juga dijelaskan asumsi keterbatasan kesulitan dan cara mengatasinya, penemuan mengiringi penelitian.

BAB VI KESIMPULAN DAN SARAN

Bab terakhir, berisi kesimpulan, terdiri: aliran udara dan pergerakan suhu udara sesuai dengan desain awal, hasil simulasi CFD dengan sistem ventilasi mekanis, hasil analisa, saran penulis yang terdiri dari: pemilihan model ventilasi mekanis yang lebih efektif dan efisien dan penelitian selanjutnya yang dapat dikembangkan .

1. 7. Tahapan Penelitian



Gambar 1. 8. Tahapan penelitian