

## **BAB II**

### **TINJAUAN PUSTAKA**

#### **2.1. Kualitas udara dan kesehatan**

Udara terdiri dari berbagai jenis gas dan membentuk lapisan atmosfer bumi. Udara murni terdiri dari 78% nitrogen, 21% oksigen, dan gas/ substansi lainnya sampai dengan 100%. Berbagai substansi tersebut bisa terdapat di udara secara alamiah (seperti kebakaran hutan, gunung berapi, mikroorganisme, dan bahan kimia yang dihasilkan oleh hewan serta tumbuhan) maupun hasil aktivitas manusia (emisi gas buang kendaraan bermotor, industri, bahkan aktivitas rumah tangga). Substansi-substansi tersebut umumnya berupa senyawa/unsur kimia dan substansi biologis. Sebagian substansi tersebut merupakan polutan yang sebenarnya tidak diinginkan kehadirannya di udara karena dapat mengganggu aktivitas manusia termasuk kesehatannya. Beberapa polutan yang umumnya berada di udara dan dihirup manusia justru dihasilkan sebagian besarnya akibat aktivitas keseharian manusia. Diantara substansi tersebut yang umum ditemukan antara lain adalah Ozon (O<sub>3</sub>), Total Suspended Particulate (TSP), Particulate Matter dengan diameter < 2.5 (PM<sub>2.5</sub>) atau Particulate Matter dengan diameter < 10 (PM<sub>10</sub>), sulfur dioksida (SO<sub>2</sub>), karbon monoksida (CO), karbon dioksida (CO<sub>2</sub>), nitrogen oksida (NO<sub>x</sub>), dan senyawa organik yang mudah menguap (VOCs). Masing-masing substansi tersebut dan beberapa substansi lainnya seperti logam beracun dan berbagai senyawa organik persisten dapat memiliki efek kesehatan terhadap manusia. Oleh karena itu, dijelaskan oleh Anita (2011) bahwa kondisi udara ruang yang buruk dapat menyebabkan penyakit terkait bangunan (*sick building syndrome*) bagi penggunanya. Penyakit ini diantaranya adalah asma, kelelahan, iritasi, dan sakit kepala.

#### **2.2. Sick Building Syndrome**

Sick Building Syndrome (SBS) adalah situasi dimana penghuni gedung mengeluhkan permasalahan kesehatan dan kenyamanan, yang timbul berkaitan dengan waktu yang dihabiskan dalam suatu bangunan, namun gejalanya tidak spesifik dan penyebabnya tidak dapat diidentifikasi Wahab (2011). SBS merupakan kumpulan permasalahan kesehatan yang berhubungan dengan kualitas udara dalam lingkungan (Fraser, 2008) atau juga dapat didefinisikan sebagai keluhan yg tidak spesifik dari penghuni ruangan ber AC Goldstein (2011).

Berdasarkan WHO disebutkan bahwa SBS (*Sick Building Syndrome*) merupakan efek kesehatan kompleks dengan etiologi yang tidak spesifik yang menyerang penghuni gedung-gedung tertentu dan segera hilang begitu yang bersangkutan meninggalkan gedung dimaksud. Gejala-gejala SBS termasuk iritasi pada selaput lendir, iritasi pada kulit dan mata, sesak di dada, kelelahan, sakit kepala, rasa tidak nyaman pada tubuh, kelesuan, kurang konsentrasi, gangguan bau, dan gejala seperti influenza. SBS biasanya tidak bisa langsung dikaitkan dengan kelebihan pajanan terhadap polutan tertentu ataupun kurangnya ventilasi, namun demikian terdapat beberapa faktor yang berpengaruh, diantaranya :

- a. Faktor fisika, termasuk temperatur, kelembaban, pencahayaan, ventilation rate, kebisingan, dan getaran
- b. Faktor kimia, termasuk diantaranya asap rokok, HCHO, VOCs, pestisida, senyawa-senyawa aromatik, CO, CO<sub>2</sub>, NO<sub>2</sub>, dan O<sub>3</sub>
- c. Faktor biologis dan faktor psikologis.

Berdasarkan studi BASE dan TIME indikator dari terjadinya SBS adalah sebagai berikut:

1. Penghuni gedung mengeluhkan gejala-gejala yang terkait dengan ketidaknyamanan secara akut, misalnya sakit kepala, iritasi mata, hidung, atau tenggorokan, batuk kering, kulit kering/gatal, kesulitan berkonsentrasi, kelelahan, dan sensitivitas terhadap bau
2. Penyebab gejala-gejala tersebut tidak diketahui
3. Sebagian besar keluhan reda segera setelah penghuni meninggalkan gedung dimaksud.

Penyebab SBS terutama dari kuman, virus, tungau yang dibawa orang dari luar ruang, penyebaran bakteri, jamur dan virus umumnya melalui sistem ventilasi. Sedangkan pencemaran lainnya berupa senyawa kimia dari bahan-bahan karpet, pembersih, pengharum ruang, printer, mesin fotokopi, perabot, cat, bahan pembersih, bahan bangunan, debu, karbon monoksida, formaldehit, dll.

### **2.3. Ventilasi (*Ventilation*)**

Sebagian besar waktu yang kita gunakan adalah di dalam ruang. Untuk itu, perlu dipastikan bahwa bangunan memiliki sistem sirkulasi udara untuk membawa udara segar dari luar dan mengencerkan konsentrasi polutan yang dihasilkan penghuni (misalnya CO<sub>2</sub>) dan polutan yang dihasilkan produk (misalnya, VOCs). ASHRAE (2019) mensyaratkan bahwa standar kualitas udara ruang minimal 20 cfm/orang. Optimalisasi bukaan bangunan pada merupakan pendekatan pasif yang dapat dilakukan pada tahap perencanaan bangunan. Sistem ventilasi yang baik akan mempengaruhi suhu, kelembaban dan tekanan udara di dalam ruang.

Sistem ventilasi pada ruangan dibagi menjadi 3 berdasarkan fungsinya, yaitu : menjamin adanya pergantian udara, memberi kenyamanan bagi pengguna ruangan dan mendinginkan material dan perabot yang di dalam ruangan. Menurut Geetha (2012) bangunan memerlukan sirkulasi udara yang lebih besar untuk mengkompensasi kelembaban dan temperatur dalam ruangan yang berasal dari luar. Sedangkan menurut Gratia (2004) bahwa infiltrasi udara dengan ventilasi alami dapat digunakan untuk meningkatkan kenyamanan termal pada ruang-ruang bangunan, tetapi ada faktor perbedaan iklim yang menjadikan strategi untuk mengurangi energi panas berbeda-beda. Menurut Suyono & Budiman (2011) ventilasi udara dalam ruangan harus memenuhi beberapa syarat seperti, luas lubang ventilasi tetap, minimum 5% dari luas lantai ruangan, selain itu luas ventilasi insidental (buka dan tutup) minimum 5% luas lantai. Apabila dijumlahkan, maka menjadi 10% dari luas lantai. Sedangkan, berdasarkan Keputusan Menteri Kesehatan RI No.829/Menkes/SK/VII/1999 tentang peraturan rumah sehat bahwa luas ventilasi alamiah yang permanen yaitu lebih dari atau sama dengan 10% dari luas lantai, sedangkan luas ventilasi yang tidak memenuhi syarat kesehatan adalah kurang dari 10% dari luas lantai.

#### **2.4. Polusi udara dalam ruangan**

Sistem ventilasi yang kurang baik dapat menghasilkan akumulasi polutan dalam ruangan. Polutan bias terdapat dalam ruangan dari berbagai sumber, baik itu dari udara luar maupun dari peralatan dan aktivitas yang terdapat dalam ruangan itu sendiri. Sumber polutan dari luar gedung dapat masuk melalui sistem ventilasi ataupun terbawa oleh okupan. Sumber polutan dalam ruangan diantaranya asap rokok, komponen bangunan dan furniture, aktivitas pemeliharaan, aktivitas housekeeping, dan emisi gas buang dari peralatan kantor. Pada tahun 1990-an NIOSH telah melakukan studi kualitas udara dalam ruangan dan menyimpulkan bahwa sumber polusi udara dalam ruangan umumnya disebabkan oleh sumber-sumber sebagai berikut :

- a. Kurangnya ventilasi (52%)
- b. Kontaminasi dari dalam gedung (16%)
- c. Kontaminasi dari luar gedung (10%)
- d. Kontaminasi mikrobiologis (5%)
- e. Kontaminasi dari material dan produk dalam gedung (4%)
- f. Sumber yang tidak diketahui (13%)

Berdasarkan studi NIOSH di atas disebutkan bahwa sekitar 16% kontaminasi berasal dari dalam gedung, dan 5% tambahan berasal dari material serta produk yang digunakan di gedung tersebut. Salah satu sumber dimaksud diantaranya adalah formaldehide yang dapat diemisikan dari insulasi gedung (jenis urea-formaldehide foam insulation), particleboard, plywood, lem, adesif, bahan karpet dan kain. Sumber lainnya termasuk serat kaca, berbagai pelarut organik (dari lem dan bahan adesif), bahan kimia dari mesin foto kopi dan printer, pestisida, pembersih ruangan, dan asap rokok.<sup>5</sup> Studi yang sama juga menyebutkan bahwa 10% kontaminasi udara dalam ruangan berasal dari luar ruangan. Sumber utamanya adalah sistem intake dan exhaust udara yang ditempatkan pada posisi yang kurang baik selain pengaruh angin. Polusi yang masuk kedalam sistem inlet dapat berasal dari emisi gas buang kendaraan bermotor, bau dari tempat pembuangan sampah terdekat, dan dari exhaust gedung itu sendiri maupun gedung sekitarnya.

## **2.5. Faktor Kenyamanan Termal**

Menurut ASHRAE (1989) terdapat enam faktor yang bisa memengaruhi kenyamanan termal pada suatu ruang :

### **1. Temperatur Udara**

Dalam jurnalnya Susanti & Aulia (2013) temperature udara merupakan suhu yang terdapat di sekeliling individu dan merupakan salah satu faktor dari kenyamanan termal. Penyebab perubahan dan perbedaan suhu udara adalah perbedaan banyaknya paparan radiasi matahari yang diterima.

### **2. Kecepatan Angin**

Dalam ilmu klimatologi, kecepatan udara adalah kecepatan udara horizontal pada ketinggian dua meter di atas permukaan tanah. Menurut Lippsmeier (1997) standar kecepatan udara didalam ruangan adalah:

- a. 0,1 – 0,25 m/s, nyaman tanpa adanya rasa gesekan udara
- b. 0,25 – 0,5 m/s, nyaman gesekan udara mulai terasa
- c. 0,5 – 1,0 m/s, Gerakan udara terasa ringan
- d. 1,0 – 1,5 m/s, aliran udara ringan sampai tidak menyenangkan
- e. Diatas 2,5 m/s, aliran udara tidak menyenangkan dan diperlukan pengondisian udara
- f. Sedangkan menurut Peraturan Menteri Kesehatan No. 262 Tahun 1998 kenyamanan angin dalam ruang berkisar antara 0,25 m/s – 1,15 m/s.

### **3. Kelembaban**

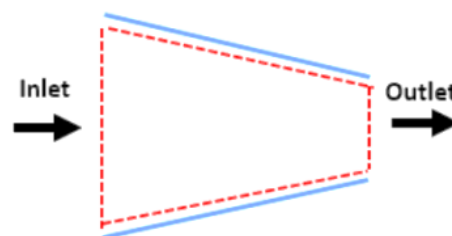
Kelembaban adalah intensitas uap air di udara. Semakin tinggi kandungan uap air, semakin basah. Kelembaban dalam ruangan memiliki pengaruh yang signifikan terhadap kenyamanan termal. Semakin lembab udara, semakin sulit keringat menguap sehingga mencegah pelepasan panas tubuh. Menurut ASHRAE (2017) kelembaban udara pada tingkat nyaman berada di kisaran 30% RH – 60% RH serta perubahannya tidak lebih dari 2% RH per jam.

#### 4. Insulasi Pakaian

Pakaian dapat mempengaruhi panas tubuh, sehingga pakaian juga menjadi salah satu faktor kenyamanan termal. Menurut ASHRAE (2017), pengaruh pakaian terhadap kenyamanan termal terletak pada tingkat nilai insulasinya. Standar nilai insulasi pada pakaian adalah  $<0.5$  Clo (Susanti & Aulia, 2013).

### 2.6. Teknologi *eco-cooler*

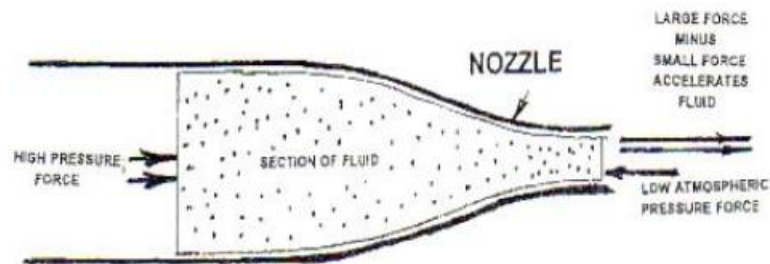
Teknologi *eco-cooler* menjadi salah satu metode guna meningkatkan kenyamanan termal pengguna melalui fungsinya untuk menangkap angin. *Eco-cooler* dibuat dengan membelah botol plastik bekas dan mengintegrasikan satu sama lain menjadi satu rangkaian dalam panel penahan. Bagian tutup yang memiliki diameter kecil dipasang ke dalam ruangan dengan maksud agar ruangan tersebut mendapat aliran udara terfokus sehingga menjadi sejuk. Prinsip kerjanya sama dengan nozel yang merupakan suatu saluran dengan ujung sempit dan digunakan untuk mengalirkan fluida (zat cair atau gas). Nozel didefinisikan sebagai alat yang didesain guna mengontrol karakteristik atau arah aliran fluida (utamanya guna meningkatkan kecepatan) saat masuk ke suatu ruang atau pipa tertutup Kasantikul (2020). Nozel sering ditemukan berupa tabung yang memiliki luasan penampang bervariasi dan digunakan untuk mengarahkan aliran fluida. Dalam suatu nozzle, kecepatan fluida dapat meningkat dengan cara mengorbankan energi tekanannya Sonntag (2003).



Gambar 2.1 Arah aliran fluida melalui suatu nozel

Sumber : Kasantikul B. (2020)

*Eco-cooler* memiliki ujung terbuka pada bagian luar yang lebih lebar daripada bagian dalamnya dengan maksud aliran udara yang masuk ke dalam ruangan tidak membawa radiasi matahari yang panas (Bhanuprakash et al., 2018). Prinsip kerjanya ketika udara masuk ke dalam botol yang lebih lebar kemudian melewati leher botol, udara akan dikompresi disana. Kompresi tersebut mampu meningkatkan kecepatan udara dengan mengurangi tekanannya. Udara terkompresi tersebut akan membuat ekspansi dengan cepat untuk segera keluar dari botol *eco-cooler*. Ekspansi ini mampu menciptakan semacam tekanan rendah yang menarik udara sekitarnya ke dalam aliran *eco-cooler* (Bhanuprakash et al., 2018).



Gambar 2.2 Cara kerja *eco-cooler* yang menerapkan prinsip nozel

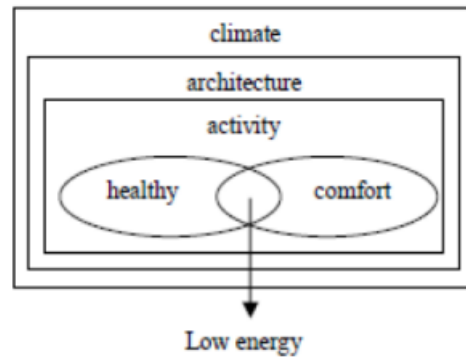
Sumber : Bhanuprakash (2018)

## 2.7. Arsitektur Bioklimatik

Bioklimatik berasal dari bahasa asing yaitu Bioclimatology. Menurut Kenneth Yeang (1994) "*Bioclimatology is the study of the relationship between climate and life, particularly the effect of climate on the health of activity of living things*". Yang artinya Bioklimatik adalah Ilmu yang mempelajari hubungan antara iklim dan kehidupan terutama efek dari iklim pada kesehatan dan aktivitas manusia. Bangunan Bioklimatik ialah bangunan yang bentuk bangunannya disusun oleh desain penggunaan teknik hemat energi yang berhubungan dengan iklim setempat dan data meteorologi, dan hasilnya adalah bangunan yang berinteraksi dengan lingkungan dalam penjelmaan, operasi serta penampilan (Yeang, 1994).

Arsitektur Bioklimatik merupakan salah satu cabang ilmu dari Arsitektur Ekologis (Lingkungan) menurut Heinz Frick. Prinsip yang pada arsitektur lingkungan ini adalah cara yang digunakan, strategi yang ditempuh, untuk merancang kawasan maupun bangunan, yang merespon iklim pada tapak, skala iklim makro, mauppun iklim mikro. Selain itu, arsitektur

lingkungan juga merespon cara untuk mencapai kenyamanan thermal yang diharapkan dinikmati oleh pengguna pada bangunan.



Gambar 2.3 Arsitektur Bioklimatik sebagai Pendekatan Desain

Sumber : Krisdianto (2010)

Arsitektur bioklimatik adalah pendekatan sinergis untuk desain arsitektural terhadap iklim, yang mengintegrasikan ilmu psikologi manusia, klimatologi dan integrasi ilmu fisika bangunan pada arsitektur regional (Krisdianto et al., 2011). Disebutkan juga dalam Petros (2018), arsitektur bioklimatik merujuk pada desain dari bangunan dan ruang (ruang dalam, ruang luar, dan lingkungan buatan) yang didasarkan iklim lokal dan bertujuan untuk menyediakan kenyamanan thermal dan kenyamanan visual, dengan menggunakan energi matahari dan sumber alami lainnya. Elemen dasar dari desain bioklimatik adalah passive solar system yang digabungkan dengan bangunan dan memanfaatkan sumber alami yaitu matahari, air, angin, udara, tanaman, dan tanah untuk pemanasan, pendinginan dan pencahayaan pada bangunan. Arsitektur bioklimatik mengkombinasikan masing-masing dari sustainability, kesadaran terhadap lingkungan, alam natural, dan pendekatan organic untuk perkembangan solusi berupa desain dari syarat-syarat yang ada serta dari karakteristik yang ada pada tapak, konteks lingkungan, dan iklim mikro lokal serta topografi Almusaed (2011). Menurut Almusaed pada bukunya yang berjudul *Biophilic and Bioclimatic Architecture: Analytical Therapy for the Next Generation of Passive Sustainable Architecture* menyatakan bahwa pengaruh energi dibagi menjadi 2, yaitu :

1. Energi terhadap suasana
2. Energi terhadap konsepsi arsitektur

Tumimomor (2011) mengatakan bahwa arsitektur bioklimatik berawal dari tahun 1990-an dan merupakan arsitektur modern yang di pengeruhi oleh iklim. Arsitektur bioklimatik juga merupakan pencerminan kembali arsitektur Fank Loyd Wright yang terkenal dengan

arsitektur yang berhubungan dengan alam dan lingkungan yang prinsip utamanya adalah membangun tidak hanya efisiensinya saja, tetapi juga ketenangan, keselarasan, kebijaksanaan bangunan dan kekuatan yang sesuai dengan bangunannya. Sehingga arsitektur bioklimatik didefinisikan sebagai suatu pendekatan yang mengarahkan arsitek untuk mendapatkan penyelesaian permasalahan desain dengan memperhatikan hubungan antara bentuk arsitektur dengan lingkungannya atau iklim daerah tersebut. Pada akhirnya akan berpengaruh pada arsitektur yang akan ditampilkan dari suatu bangunan. Maka berdasarkan dari penjelasan tersebut bisa kita simpulkan bahwa Arsitektur Bioklimatik merupakan suatu pendekatan yang mengarahkan arsitek untuk mendapatkan penyelesaian desain dengan memperhatikan hubungan antara bentuk arsitektur dengan lingkungannya dalam kaitan iklim daerah tersebut.

## **2.8. Prinsip Desain Arsitektur Bioklimatik**

Berikut adalah penerapan prinsip desain arsitektur bioklimatik :

### **1. Desain pada Dinding**

Pada prinsip desain dinding, penggunaan membran yang menghubungkan bangunan dengan lingkungan dapat dijadikan sebagai kulit pelindung bangunan. Material bangunan merupakan salah satu aspek yang berpengaruh dalam insulator panas.

### **2. Penempatan Bukaan**

Posisi bukaan jendela sebaiknya menghadap utara dan selatan, dan orientasi pandangan sangat penting untuk didapatkan. Dan jika memperhatikan tujuan aesthetic, pada fasad bangunan yang tidak menghadap matahari bisa menggunakan curtain wall.

### **3. Penyekat Panas**

Insulator panas yang baik pada kulit bangunan dapat mengurangi pertukaran panas yang terik dengan udara dingin yang berasal dari dalam bangunan.

### **4. Menggunakan Alat Pembayang Pasif**

Pembayangan sinar matahari adalah esensi pembiasan sinar matahari pada dinding yang menghadap matahari secara langsung (jika pada daerah tropis berada disisi timur dan barat).

### **5. Hubungan terhadap Landscape**

Menurut teori yang disampaikan Yeang (1994), lantai dasar bangunan tropis seharusnya lebih terbuka dan menggunakan ventilasi yang alami karena hubungan



lantai dasar dengan jalan juga penting. Fungsi atrium dalam ruangan pada lantai dasar juga dapat membuat bangunan menjadi lebih sejuk.

#### 6. Pengadaan Ruang Transisional

Menurut Ken Yeang (1994), fungsi ruang transisional adalah dapat menjadi ruang perantara antara ruang luar dan ruang dalam. Ruang ini dapat menjadi ruang udara yang mampu mendorong angin masuk kedalam ruangan. Ruang transisional dapat diletakkan ditengah dan sekeliling sisi bangunan. Ruang ini dapat menjadi ruang perantaraan antara ruang dalam dan ruang luar bangunan. Jadi, pada bangunan dengan pendekatan biiklimatik ada beberapa prinsip yang harus di perhatikan secara umum dan secara respon iklim. Sehingga iklim mikro site dapat dikendalikan secara arsitektural dan bioklimatik, menghasilkan iklim mikro yang lebih baik bagi pengguna bangunan.

## 2.9. Simulasi CFD

Menurut Groat & Wang (2013), simulasi dan model pada penelitian arsitektur digunakan sebagai salah satu strategi penelitian yang berhubungan dengan skala ruang dan kerumitan lingkup penelitian. Secara umum, strategi simulasi dan model dapat digunakan dalam pengembangan teori atau menguji suatu teori. Menurut Santamouris & Allard (1998), dalam pengembangan alternatif desain penghawaan alami sekarang ini cenderung memanfaatkan metode penelitian dengan simulasi CFD. Hal ini karena simulasi CFD cenderung lebih murah dan kondisi batasan objek penelitian yang mudah dikendalikan. Berdasarkan Tuaika (2008), simulasi CFD dilakukan melalui tiga tahapan, yaitu pre-processing, solving, dan post-processing. Pre-processing merupakan pembuatan model obyek penelitian dalam format Computer Aided Design (CAD), dengan membuat mesh berdasarkan bentuk desain, lalu menerapkan kondisi batasan dan jenis fluidanya. Solving adalah program inti pencari solusi yang menghitung kondisi-kondisi yang telah dimasukkan dari proses pre-processing. Dan yang terakhir, post-processing adalah proses akhir yang menginterpretasiikan data hasil simulasi, dapat berupa kurva, gambar, atau animasi.

### 1. *Computational Fluid Dynamics (CFD) Autodesk*

*Computational Fluid Dynamics (CFD)* adalah pendekatan simulasi numerik yang digunakan untuk menganalisis aliran fluida dan interaksi dengan objek atau permukaan tertentu. Dalam dunia rekayasa, CFD telah menjadi alat yang penting untuk memahami perilaku aliran fluida dalam berbagai industri dan aplikasi

Autodesk, sebagai salah satu perusahaan perangkat lunak terkemuka di bidang desain dan rekayasa, menyediakan solusi CFD yang kuat dan komprehensif melalui produknya, yaitu CFD Autodesk.

*CFD Autodesk* adalah perangkat lunak yang dirancang khusus untuk melakukan simulasi aliran fluida dan analisis termal secara komprehensif. Perangkat lunak ini menggunakan metode numerik yang canggih untuk memecahkan persamaan aliran fluida, persamaan energi, dan persamaan kekekalan massa dalam suatu domain yang ditentukan. Berikut adalah beberapa fungsi utama dari CFD Autodesk :

- a. Analisis Aliran Fluida : CFD Autodesk memungkinkan pengguna untuk memodelkan dan menganalisis aliran fluida dalam sistem yang kompleks. Dengan memahami perilaku aliran fluida, pengguna dapat memprediksi distribusi aliran, tekanan, suhu, dan variabel lainnya di berbagai bagian sistem.
- b. Analisis Perpindahan Panas : Selain analisis aliran fluida, CFD Autodesk juga dapat menganalisis perpindahan panas dalam sistem. Hal ini membantu pengguna mempelajari distribusi suhu, transfer panas antara komponen, dan menganalisis efisiensi termal suatu sistem.
- c. Analisis Aerodinamika : CFD Autodesk dapat digunakan untuk menganalisis aliran fluida di sekitar objek aerodinamis, seperti sayap pesawat atau kendaraan. Ini membantu dalam perancangan yang lebih baik dengan memahami gaya angkat, tahanan aerodinamis, dan karakteristik aliran fluida pada objek tersebut.
- d. Analisis Keandalan Sistem : CFD Autodesk memungkinkan pengguna untuk menganalisis sistem dengan mempertimbangkan aspek aliran fluida. Hal ini membantu dalam memahami risiko terkait tekanan berlebih, kebocoran, atau masalah kualitas udara dalam sistem yang melibatkan aliran fluida.

## 2. *Ansys Computational Fluid Dynamics*

*Ansys Computational Fluid Dynamics (CFD)* adalah rangkaian produk simulasi yang memungkinkan insinyur untuk membuat keputusan yang lebih baik dan lebih cepat dalam berbagai simulasi fluida. Produk simulasi CFD Ansys telah divalidasi dan sangat dihargai karena kekuatan komputasi yang superior dan hasil yang akurat. Dengan menggunakan produk CFD Ansys, dapat mengurangi waktu pengembangan dan upaya sambil meningkatkan kinerja dan keamanan produk Anda.

Berikut adalah beberapa produk CFD Ansys yang relevan :

- a. Ansys Fluent: Software CFD yang dikenal karena pemodelan fisika yang canggih dan akurasinya yang terkenal di industri. Antarmuka yang modern dan ramah pengguna, alur kerja dari pra-pemrosesan hingga pasca-pemrosesan dalam satu jendela, serta pemodelan fisika yang canggih dan efisien
- b. Ansys CFX: Software CFD berkinerja tinggi yang diakui karena akurasinya yang luar biasa, kekokohnya, dan kecepatannya dalam aplikasi turbomachinery. Dilengkapi dengan alat desain bilah, pemodelan multi-tahap, metode baris bilah transien, dan metode keseimbangan harmonik
- c. Ansys Chemkin-Pro: Standar emas untuk memodelkan sistem kimia yang kompleks. Telah divalidasi secara luas dalam berbagai aplikasi kimia terperinci. Dilengkapi dengan antarmuka pengguna yang ramah, reaksi gas dan permukaan, simulasi nyala laminar, dan analisis ketidakpastian

### 3. Kesimpulan

Autodesk CFD dan ANSYS CFD adalah dua perangkat lunak yang digunakan untuk simulasi aliran fluida (CFD). Berikut adalah perbandingan singkat antara keduanya :

#### **Autodesk CFD :**

- a. Tujuan: Dirancang untuk memberikan analisis aliran fluida yang cepat dan sederhana.
- b. Kelebihan :
  - Antarmuka Intuitif : Memiliki antarmuka pengguna yang mudah dipahami dan terintegrasi dengan produk Autodesk lainnya.
  - Cocok untuk Desain Awal : Cocok bagi insinyur desain yang memerlukan umpan balik cepat selama proses desain.
- c. Kekurangan:
  - Keterbatasan Fungsi: Tidak sekuat ANSYS CFD dalam melakukan penelitian mendalam pada dinamika fluida.
  - Tidak Dapat Menangani Kasus yang Terlalu Kompleks: Tidak cocok untuk masalah aliran yang sangat kompleks.

#### **ANSYS CFD :**

- a. Tujuan : Dikembangkan untuk penelitian mendalam pada dinamika fluida dan masalah aliran yang kompleks.

b. Kelebihan :

- Fungsionalitas Kuat: Menyediakan solusi canggih dan solver yang kuat untuk mengatasi masalah aliran yang rumit.
- Dukungan yang Baik: Dikenal memiliki dukungan produk yang baik.

c. Kekurangan :

- Belajar Memerlukan Waktu: Memerlukan kurva pembelajaran yang lebih tinggi.
- Tidak Sederhana Autodesk CFD: Tidak seintuitif Autodesk CFD untuk pengguna awal.

Jadi, Autodesk CFD lebih cocok untuk desain awal dan umpan balik cepat, sementara ANSYS CFD lebih sesuai untuk penelitian mendalam dan masalah aliran yang kompleks

## 2.10. Kebijakan Peraturan

Pada penelitian ini menggunakan penelitian sebagai berikut :

1. Peraturan Menteri Kesehatan RI Nomor 1405/MENKES/SK/XI/2002 yang menyebutkan bahwa tinggi plafond dari lantai minimal adalah 2.5 m. Selanjutnya temperatur ruangan yang sehat yaitu berkisar  $18^{\circ}\text{C}$  –  $28^{\circ}\text{C}$  dengan kelembaban udara berada pada angka 40% - 60%. Pengkondisian udara (AC) hanya akan mendinginkan udara. Tidak ada pergantian udara sehingga memberikan dampak pertumbuhan bakteri dan virus. Idealnya, pertukaran udara sebaiknya dilakukan setiap  $0.283 \text{ m}^3/\text{menit/orang}$  dengan kecepatan udara kurang dari 1,5 m/s agar setiap orang dapat menghirup udara minimal  $10 \text{ m}^3/\text{orang}$ .
2. SNI 03-6572-2001 tentang Tata Cara Perancangan Sistem Ventilasi dan Pengkondisian Udara pada Bangunan Gedung menyebutkan bahwa untuk menghasilkan kualitas udara yang baik di dalam ruangan maka jumlah bukaan tidak kurang dari 10% terhadap luas lantai ruangan.
3. ASHRAE 55-2020 menjelaskan bahwa kenyamanan termal yang baik tergantung dari kecepatan angin dalam bangunan