

BAB II

KAJIAN TEORI

2.1 Laboratorium

Laboratorium adalah suatu ruang khusus di mana beberapa kegiatan seperti percobaan, pengukuran, penelitian, atau riset ilmiah dilakukan, terutama dalam bidang ilmu sains seperti biologi, fisika, dan kimia, serta disiplin ilmu lainnya. Fasilitas laboratorium dirancang sebagai tempat untuk menerapkan teori keilmuan, menguji teoritis, membuktikan hasil uji coba, dan melaksanakan penelitian dengan menggunakan berbagai alat yang memadai (Amna, 2014).

Laboratorium merupakan salah satu unsur terpenting dalam mendukung kegiatan pembelajaran mahasiswa, Dimana laboratorium berfungsi sebagai tempat pembuktian antara teori yang didapatkan dengan praktik secara langsung. Peran penting laboratorium sebagai sarana belajar untuk mengeksplorasi pengetahuan yang didapat melalui kegiatan eksperimen. Laboratorium merupakan sumber belajar yang efektif untuk mencapai kompetensi yang diharapkan bagi penggunanya (Yaman, 2016)

2.2 Udara

Udara perlu dibagi ke dalam dua bagian yaitu udara bebas dan udara tak bebas. Udara bebas adalah udara yang secara alamiah ada di sekitar kita di alam bebas, sedangkan udara tak bebas adalah udara yang berada didalam ruang bangunan (Indoor). Kualitas dan kuantitas udara tak bebas seringkali ditentukan oleh penghuni gedung secara sengaja maupun tidak sengaja. Oleh karena itu, kegiatan di dalam gedung berpengaruh terhadap kualitasnya. Apabila kualitas udaranya baik, tentu kesehatan udara sangat baik dan tidak akan terjadi penyakit. namun, jika udara tak bebas dan tercemar maka akan berdampak negatif bagi pengguna ruang, maka

pencemar mempunyai banyak kesempatan untuk masuk ke dalam tubuh penghuni (Susanto, 2013)

Udara dapat dikelompokkan menjadi, udara luar ruangan (*outdoor air*) dan udara dalam ruangan (*indoor air*). Kualitas udara dalam ruang sangat mempengaruhi kesehatan pengguna ruang (Chandra, 1992). Kualitas udara dalam ruangan dipengaruhi oleh laju ventilasi, kontaminan udara, kepadatan pengguna ruang dan tingkat kegiatan manusia pada ruangan tersebut (Michael dan E.C.S. Chan, 2008). Kualitas udara yang diperlukan oleh manusia adalah udara yang bersih dimana udara tersebut tidak mengandung kontaminan bahan-bahan yang membahayakan kesehatan (Venny, 2016).

Kualitas udara yang buruk dapat menimbulkan efek negatif bagi pengguna ruangan berupa gangguan kesehatan. Efek negatif pada kesehatan yaitu ditandai dengan munculnya efek pada tubuh berupa, iritasi mata, iritasi hidung, sakit kepala, iritasi kulit, gangguan paru dan pernafasan, kurangnya konsentrasi dalam bekerja dan sebagainya. Hal tersebut disebut “*Sick Building Syndrom*” (Corie, 2005)

2.2.1 Aliran Udara

Proses terjadinya pergerakan aliran udara dikarenakan adanya perbedaan tekanan dan temperatur pada ruangan. Tingkat tekanan angin dalam suatu ruang dipengaruhi oleh, faktor ukuran ruangan, kapasitas ruang, sudut datangnya angin, sistem ventilasi dan kecepatan angin.

1. Faktor Angin, terjadi karena adanya perbedaan tekanan. Aliran angin yang masuk ke suatu bangunan dengan arah dan kecepatan tertentu menyebabkan perbedaan tekanan di berbagai titik.
2. Faktor bentuk lubang, bentuk lubang bukaan ventilasi yang terdapat pada ruangan akan mempengaruhi bentuk pola aliran udara yang berbeda pada ruang.
3. Faktor Thermal, disebabkan adanya perbedaan suhu udara. Perbedaan suhu secara vertikal atau atas bawah mempengaruhi

aliran udara di dalam ruangan. Sedangkan pergerakan udara secara horizontal atau kiri kanan terjadi apabila suhu udara di dalam ruangan memiliki perbedaan yang signifikan dibandingkan udara di luar ruangan. Pergerakan ini disebabkan karena perbedaan massa jenis udara panas dan udara dingin.

2.3 Kualitas Udara Ruang (Indoor Air Quality)

Kualitas udara di dalam ruangan (Indoor Air Quality, IAQ) merujuk pada kondisi udara yang dapat memengaruhi kenyamanan dan kesehatan pengguna ruang. Udara terdiri dari berbagai zat kimia, seperti oksigen (20,95%), nitrogen (78%), karbon dioksida (0,038%), argon (0,93%), uap air (1%), dan gas-gas lainnya (0,002%). Kualitas udara memiliki dampak signifikan terhadap kesehatan dan kenyamanan para penghuni ruang. Berbagai aktivitas manusia yang dilakukan di dalam ruangan dapat menghasilkan senyawa berbahaya yang dilepaskan dari berbagai benda yang digunakan. Apabila pencemaran udara oleh unsur-unsur berbahaya melampaui ambang batas yang ditentukan maka, hal tersebut dapat menyebabkan kontaminasi udara dan udara menjadi tidak sehat yang mengganggu kenyamanan serta kesehatan para pengguna ruangan (Satwiko, 2009).

Menurut United State Departement of Labor, Kondisi Kualitas Udara di dalam ruangan dapat mempengaruhi terhadap kesehatan, kenyamanan, dan produktivitas pengguna ruang. Hal tersebut meliputi suhu, kelembaban, kurangnya sirkulasi udara luar (ventilasi yang tidak memadai), pertumbuhan jamur dan bakteri, serta paparan terhadap zat kimia lainnya.

2.3.1 Faktor Yang Mempengaruhi Kualitas Udara

1. Suplay Udara Segar

Peningkatan Tingkat ventilasi terbukti efektif untuk meningkatkan kualitas udara yang telah tercemar dalam ruangan. Tingkat ventilasi udara segar yang lebih tinggi juga meningkatkan kenyamanan bagi

pengguna ruang dan kepuasan terhadap kondisi udara dalam ruang kerja. Kualitas udara dalam ruang dapat lebih baik dengan mengurangi polusi udara atau dengan meningkatkan Tingkat pasokan udara segar dari luar ruangan (kosonen, 2004)

2. Polutan dalam ruang

Tingkat kondisi kualitas udara dalam ruangan ditentukan oleh factor fisik, kimia, biologis, dan Tingkat partikel. Standar Tingkat IAQ ditentukan oleh: Temperatur udara, kelembaban, pergerakan udara, Tingkat ventilasi, CO₂, NO₂, SO₂, VOC, Formaldehyde, PM_{2,5} dan PM₁₀ (Mujan, 2019).

IAQ dapat dikontrol menggunakan tiga prosedur: prosedur laju ventilasi, prosedur IAQ, dan prosedur ventilasi alami. Ketiga prosedur tersebut dapat digunakan secara independent atau kombinasi untuk mencapai IAQ yang baik dan tepat. Prosedur tingkat ventilasi menentukan tingkat ventilasi udara luar, dengan mempertimbangkan bangunan. Prosedur IAQ dapat digunakan untuk menjaga kualitas udara ruangan (ASHRAE, 2016).

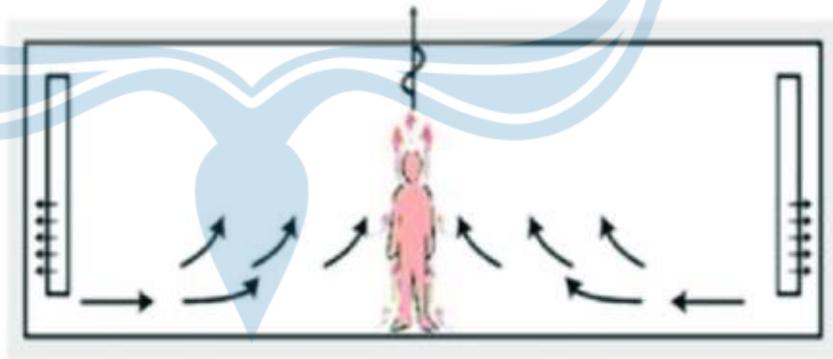
3. Tipe ventilasi udara

Sistem ventilasi dibagi menjadi dua yaitu, sistem untuk bertukar udara di dalam ruangan dan sistem untuk menghiangkan kontaminan (mundt, 1996). Proses pembuangan polutan dari dalam ruangan sangat dipengaruhi oleh pola pergerakan udara dalam ruang. Tipe ventilasi udara untuk pertukaran udara ruang:

- a. Mixing Ventilation (MV), adalah tipe supplay dengan cara udara segar dimasukkan kedalam ruang melalui ducting pada atap ruangan. Udara segar dicampur dengan udara dalam ruang kemudian dikeluarkan melalui exhaust (Awbi, 2017).
- b. Displacement Ventilation (DV), menggunakan prinsip bahwa udara dingin yang berat selalu berada dibawah, dan udara panas bergerak keatas. Udara segar dimasukkan kedalam ruangan melalui lantai atau bagian bawah dindin ruang. Udara kotor

dalam ruang yang mengandung kontaminan dan panas akan dibuang melalui plafon menggunakan exhaust (Awbi, 2017).

- c. Personalized Ventilation (Pev), Sistem ini memberikan supplay udara segar langsung pada pengguna ruang. Sistem ini mempercepat udara segar mengenai pengguna ruang tetapi memiliki kekurangan yaitu supplay udara langsung secara terus menerus dapat menimbulkan ketidak nyamanan pada pengguna ruang (Awbi, 2017).
- d. Hybrid Air Distributuin (HAD), Sistem ini menggabungkan antara sistem MV dan DV. Udara disupplay dari atas ruang, kemudian udara segar dimasukkan dengan mengarah pada lantai ruang. Cara tersebut menyebabkan udara yang menuju ke lantai memiliki kecepatan dan momentum yang lebih tinggi untuk mengkat udara kotor pada ruangan. Polutan tersebut akan dikeluarkan menggunakan exhaust. Sistem ini membutuhkan energi yang lebih sedikit dari sistem MV dan proses pendinginan yang lebih baik dari pada sistem DV (Awbi, 2017).



Gambar 2. 1 Systems Hybrid Air Distribution

Sumber: Hazim B, Awbi, Energy Procedia

2.4 Kualitas Fisik Udara

2.4.1 Kecepatan Aliran Udara

Kecepatan aliran udara dapat mempengaruhi gerakan udara dan pergantian udara dalam ruangan. Kecepatan aliran udara yang nyaman bagi suatu ruangan besar berkisar antara 0,15 sampai dengan 1,5 m/s. Kecepatan udara kurang dari 0,1 m/s mengakibatkan ruang tidak nyaman karena tidak adanya pergerakan udara. Sebaliknya bila kecepatan aliran udara terlalu tinggi akan mengakibatkan ketidaknyamanan dalam ruangan (Arismunandar, 1991).

2.5 Pencemaran Udara Dalam Ruang

Menurut peraturan Pemerintah Republik Indonesia No. 41 Tahun 1999 tentang Pengendalian Pencemaran Udara. Pencemaran udara adalah masuknya zat-zat, dan komponen lain ke dalam udara, sehingga kualitas mutu udara menjadi turun hingga ke tingkat batas tertentu yang menyebabkan kualitas udara menjadi buruk dan tidak sehat.

Menurut Nation Institute of Occupational Safety and Health 1997, Penyebab timbulnya masalah kualitas udara dalam ruangan pada umumnya disebabkan oleh beberapa hal yaitu kurangnya ventilasi udara (52%), adanya sumber kontaminan di dalam ruangan (16%), kontaminan dari luar ruangan (10%), mikroba (5%), bahan material bangunan (4%), dan lain-lain (13%).

Pada tingkat konsentrasi tertentu zat-zat pencemar udara dapat berakibat langsung terhadap kesehatan manusia, baik secara mendadak atau akut, menahun atau kronis/sub-klinis dan dengan gejala-gejala yang samar. Udara yang tercemar dapat menimbulkan penyakit saluran pernapasan seperti ISPA (Infeksi Saluran Pernapasan Akut), TBC, asma, iritasi saluran pernafasan, iritasi mata, dan alergi kulit sampai pada timbulnya kanker paru-paru. Gangguan kesehatan yang disebabkan oleh pencemaran udara dengan sendirinya mempengaruhi daya kerja seseorang (Budiyono, 2001)

2.5.1 Sumber Pencemaran Udara Dalam Ruang

Pencemaran udara dibedakan menjadi pencemaran primer dan pencemaran sekunder. Pencemaran primer adalah substansi pencemar yang ditimbulkan langsung dari sumber pencemaran udara. Pencemar sekunder adalah substansi pencemar yang terbentuk dari reaksi pencemar-pencemar primer di atmosfer.

Menurut Kusnopranto (2000), sumber-sumber polusi udara dalam ruang terbagi menjadi 6 yaitu:

1. Barang dalam ruang
2. Pembakaran pada saat memasak dan pemanas ruangan
3. Gas-gas toksik yang terlepas ke dalam ruangan yang berasal dari tanah
4. Produk konsumsi yang menggunakan bahan kimia
5. Asap rokok
6. Mikroorganisme

2.6 Polusi Udara

Polusi udara dalam ruangan mengacu pada kontaminasi polutan kimiawi, biologis dan fisik yang terjadi dalam ruangan. Di negara berkembang sumber utama polusi udara dalam ruangan adalah asap biomassa, nitrogen dioksida, sulfur dioksida, karbon monoksida, formaldehida dan hidrokarbon aromatik polisiklik (Organisation for Economic Co-operation and Development, 2003)

2.7 Kriteria Kenyamanan

Kriteria kenyamanan pergerakan udara bagi pengguna ruang menurut SNI 03-6572-200, Untuk mempertahankan kondisi nyaman, kecepatan udara yang jatuh diatas kepala tidak boleh lebih besar dari 0,25 m/s dan sebaiknya lebih kecil dari 0,15 m/s. Menurut Keputusan Menkes No.1405, 2002 Kecepatan aliran udara yang normal adalah 0,15 m/s - 0,25 m/s. Kecepatan aliran udara dalam ruang yang kurang dari 0,1m/s atau lebih rendah akan menyebabkan ruangan terasa tidak nyaman karena tidak terjadi

pergerakan udara dalam ruang. Sebaliknya apabila kecepatan udara yang terlalu tinggi dalam ruang berpotensi menjadikan ruang menjadi bising.

2.8 Sistem Ventilasi

Ventilasi merupakan bagian penting pada bangunan ventilasi berfungsi sebagai penunjang kenyamanan ruang dengan cara mengatur pergantian udara didalam bangunan agar udara tersebut layak digunakan sesuai dengan kebutuhan manusia dalam suatu bangunan. Ventilasi merupakan proses atau sistem pertukaran udara dengan cara mengatur terjadinya pemasukan udara segar melalui saluran masuk dan pengeluaran udara terkontaminasi serta kalor yang berlebihan dari suatu ruang kerja melalui saluran buang. Hal tersebut bertujuan untuk menjaga kualitas udara di ruang tersebut dan tetap memberikan kenyamanan bagi penghuninya (Ernada, 2023)

Berdasarkan SNI 03-6572 tahun 2001, ventilasi merupakan proses untuk memasukkan udara segar ke dalam ruangan melalui intake dan mengeluarkan udara kotor ke luar ruangan melalui saluran exhaust dalam jumlah yang sesuai dengan kebutuhan, dengan harapan pergerakan udara yang terjadi memperbaiki udara ruang dan menghilangkan akumulasi kontaminan pada udara sehingga meningkatkan kualitas udara ruang dan kesehatan bagi pengguna ruang. Sistem ventilasi menjadi fasilitas penting dalam upaya peningkatan kualitas udara ruang dan penyehatan udara pada ruangan.

Ventilasi adalah fasilitas penting di laboratorium yang berguna untuk proses pertukaran udara dengan mengatur agar terjadi pemasukan udara segar ke dalam ruangan dan pembuangan udara yang pengap. Hal ini dilakukan untuk menjaga kualitas udara ruang.

Sistem ventilasi dikelompokkan dalam beberapa jenis antara lain sistem ventilasi alami, ventilasi mekanik, dan ventilasi hybrid.

a. Ventilasi Alami

Ventilasi alami adalah sistem pemasukan udara dan pengeluaran udara yang menggunakan aliran udara secara alami, yaitu dengan membuat bukaan pada bangunan sehingga udara dapat mengalir dengan sendirinya. Ventilasi alami dapat menghemat energi pada bangunan. Ventilasi alami yang disediakan harus berjumlah tidak kurang dari 5% terhadap luas lantai ruangan.

b. Ventilasi Mekanik

Ventilasi mekanik adalah sistem intake air dan exhaust air yang diberikan apabila ventilasi alami kurang memadai dengan bantuan/peralatan mekanik. Ventilasi mekanik dapat berupa ventilasi fan atau exhaust fan.

c. Hybrid Ventilation

Hybrid Ventilation adalah sistem penghawaan ruang yang memadukan penggunaan sistem ventilasi alami dan sistem ventilasi mekanik untuk memberikan sistem ventilasi yang baik sesuai dengan kondisi ruang.

2.8.1 Ventilasi Mekanik (Ventilasi Buatan)

Prinsip sistem ventilasi yaitu membuat suatu proses pertukaran udara di dalam ruang kerja, pertukaran udara dicapai dengan mengeluarkan udara dari ruangan dan mengganti dengan udara segar ke dalam ruangan. Pertukaran udara secara mekanik dilakukan dengan cara memasang sistem pengeluaran udara (*exhaust system*) dan pemasukan udara (*supply system*) dengan menggunakan fan. *Exhaust system* dipasang untuk mengeluarkan udara terkontaminasi yang ada di dalam ruangan kerja. *Supply system* dipasang untuk memasukkan udara segar ke dalam ruangan (Suhardi, 2008:49)

Penempatan *inlet* dan *outlet* harus memungkinkan pelepasan udara secara maksimal dan juga memungkinkan masuknya udara segar atau sebaliknya, penempatan *inlet* dan *outlet* sebaiknya, inlet ditempatkan di daerah bertekanan tinggi dan outlet ditempatkan pada ventilator atap atau

cerobong dan pada sisi berlawanan dengan inlat dengan tekanan rendah (SNI 03-6572-2001)

2.8.2 Perancangan Sistem Ventilasi Mekanis

Perancangan sistem ventilasi mekanis dilakukan dengan langkah-langkah berikut:

1. Identifikasi kebutuhan udara ventilasi sesuai dengan fungsi ruang
2. Pemilihan kapasitas *fan* yang sesuai dengan fungsi ruang
3. Merancang sistem distribusi udara dengan baik seperti, penggunaan saluran udara (*ducting*) atau pemasangan *fan* pada dinding atau atap ruang.

2.8.3 Penggunaan Sistem Ventilasi Mekanis

1. Unit Fan berfungsi untuk memasukkan udara segar dan menghisap adanya kontaminasi polutan pada udara ke luar ruangan sehingga, kualitas udara ruang menjadi lebih baik, bersih dan sehat. Jenis-jenis unit fan sangat beragam sehingga cocok diaplikasikan ke ruangan dengan berbagai kondisi dan kebutuhan. Untuk menentukan unit fan yang akan digunakan menghitung kapasitas pertukaran aliran udara (CFM) dan kemampuan tekanan udara (*static pressure*) merupakan hal yang penting dalam memilih unit fan yang akan digunakan sesuai dengan kebutuhan ruangan.



Gambar 2. 2: Contoh Unit Fan

Sumber: Google

2. Duct. Ducting merupakan komponen yang berperan sebagai jalur utama dalam sistem ventilasi mekanik. Proses intake air (memasukkan) dan exhaust air (mengeluarkan) dapat dilengkapi dengan sistem ducting yang memberikan fleksibilitas dalam mendistribusikan sirkulasi udara dalam ruangan. Desain ducting yang baik dalam sistem ventilasi mekanik dapat memberikan hasil kualitas udara secara optimal dan baik.



Gambar 2. 3: Ducting
Sumber: Google

2.8.4 Kebutuhan dan Kapasitas Exhaust Fan

Kebutuhan *Exhaust fan* dihitung dengan rumus $CMH = \text{Volume Ruang} \times \text{ACH}$. Kapasitas *Exhaust fan* dihitung dalam satuan Cubic Feet per Minutes (CFM). Maka mengubah ukuran ruangan dari satuan meter ke satuan feet (1 meter = 3,28 feet).

2.9 Air Change Per Hours (ACH)

Pergantian udara per-jam (ACH, Air Change per Hour) adalah jumlah pergantian seluruh udara dalam ruangan dengan udara segar dari luar setiap jamnya (Satwiko, Fisika Bangunan I).

Rumus air changes per hours/ACH, yaitu:

- $ACH = Q/V \times 3600$
- $Q = 0,025 \times A \times v$

Dimana:

Q = Besar Laju Udara

V = Besar Volume Ruang

A = Luas Bukaannya

v = Kecepatan Angin Pada Bukaannya

Tabel 2. 1: Standar kebutuhan ACH pada bangunan.

INDUSTRIAL PREMISES	ACH
Boiler rooms	20 - 30
Dye works	10 - 15
Electroplating shops	10 - 15
Engine rooms	20 - 30
Factories and workshops	3 - 6
Foundries	30 - 60
Laundries	30 - 60
Paint shops	30 - 60
Stores and warehouses	3 - 6
Welding shops	15 - 30

COMMERCIAL PREMISES	ACH
Assembly rooms	4 - 8
Bakeries	20 - 30
Banks	3 - 4
Cafes and coffee bars	10 - 12
Canteens	5 - 10
Cinemas and theatres	5 - 8
Conference rooms	8 - 12
Dance halls	6 - 8
Entrance holes	3 - 5
Garages	6 - 8
Gymnasium	6 - 12
Hair dressing salons	10 - 15
Hospital sterilizing wards	4 - 6
Commercial kitchens	15 - 30
Laboratories	8 - 12
Launderettes	15 - 30
Lavatories	8 - 15
Libraries	3 - 5
Offices	4 - 8
Photo and X-ray darkrooms	10 - 15
Recording studios	10 - 12
Restaurants	6 - 10
Schoolrooms	2 - 4

Sumber: ASHAREA dalam Oxycom Fresh Air BV (2017)