



Analisis Pertukaran Udara per Jam pada Ventilasi Laboratorium di Kawasan Hutan Hujan Tropis

Namira Yolanda¹, Erlinda Ratnasari Putri^{1,*}, Rahmawati Munir³

¹Program Studi Fisika FMIPA Universitas Mulawarman

Jl. Barong Tongkok, Gunung Kelua, Samarinda Ulu, Kota Samarinda, 75123

*E-mail korespondensi: namirayolanda821@gmail.com

Abstract

Kalimantan is an island surrounded by tropical rain forests and has hot and humid weather because it is crossed by the equator. The hot and humid weather affects the human working climate in the exchange of air in the room, for example in the laboratory. This study objective was to know the amount of air exchange per hour at the Samarinda Occupational Safety and Health Center. The tools used were the TESTO 425 anemometer, a digital meter, a lutron-abh 4225, and a laptop. The chambers where air changes per hour measured were the main laboratory, weighing chamber, UV-VIS spectrophotometer chamber, and atomic absorption and chromatography spectrophotometer chamber. Based on the results of measurements and data analysis, it can be concluded that the ventilation system of 3 out of 4 laboratory chambers has met the recommendation. The calculation step was carried out by entering the measured parameters into the ACH equation. The last stage, the analysis was carried out to compare the ACH values based on the ASHRAE recommendations. Based on the results, the average value of ACH for the main laboratory room was 3,8 x/hour, weighing chamber was 15,61 x/hour, UV-VIS spectrophotometer was 12,7 x/hour, and atomic absorption and chromatography spectrophotometer chamber was 12,78 x/hour. The average number of air changes per hour (ACH) at the laboratory is 11,22 x/hour, where the amount of air changes per hour is in accordance with the ASHRAE (2011) recommendation for a good and healthy environment, the ASHRAE recommendations with the ACH of the Laboratory room ranging from 6 to 12 x/hour. It can be concluded that wind speed, cross-sectional area, and room volume affect the amount of air exchange per hour.

Kata Kunci: Air changes per hour, Laboratory, Ventilation, Tropical rain forests

PENDAHULUAN

Kalimantan merupakan pulau yang dikelilingi hutan hujan tropis dan memiliki cuaca panas dan lembab, karena pulau Kalimantan dilewati oleh garis Khatulistiwa. Cuaca panas dan lembab tersebut mempengaruhi iklim kerja manusia dalam pertukaran udara di dalam ruangan. Pertukaran udara pekerja di dalam ruangan misalnya seperti ruangan laboratorium. Laboratorium adalah suatu tempat untuk melakukan riset ilmiah, eksperimen, pengukuran ataupun pelatihan ilmiah dengan menggunakan berbagai bahan dan instrumentasi khusus oleh para mahasiswa, dosen, peneliti dan sebagainya [1].

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 di ruang tersebut. Indonesia yang beriklim tropis lembap, memiliki karakter udara panas dan aliran udara yang minim dengan kandungan uap air tinggi. Kondisi ini menyebabkan penghuni laboratorium merasa tidak nyaman [2].

Untuk menciptakan kondisi laboratorium yang optimal dalam penggunaan sistem ventilasi, dibutuhkan penilaian pertukaran udara yang baik dengan menggunakan persamaan fluida dinamis. Oleh karena itu, penelitian ini bertujuan untuk mengetahui besar pertukaran udara per jam pada ventilasi di laboratorium dan mengkaji sistem ventilasi yang baik pada Laboratorium terkait pemenuhan kualitas udara yang baik. Penelitian ini berpotensi sebagai acuan informasi bagi instansi dalam mengetahui sistem ventilasi laboratorium yang baik dan sebagai bahan referensi bagi instansi dalam pembuatan ventilasi yang baik sesuai kebutuhan laboratorium.

TINJAUAN PUSTAKA

Fluida, disebut juga zat alir, adalah zat yang dapat mengalir. Bentuknya dapat berupa zat cair, padat dan gas. Fluida menyesuaikan diri dengan bentuk wadah apapun di mana kita menemukannya. Fluida bersifat demikian karena tidak dapat menahan gaya yang bersinggungan dengan permukaannya. Berbeda dengan partikel, partikel merupakan zat yang tidak dapat mengalir. Zat alir memiliki sifat mekanika seperti halnya partikel, hanya saja untuk alasan praktis ditampilkan berbeda dengan mekanika partikel. Misalnya saja, besaran massa pada mekanika partikel diubah menjadi massa jenis pada mekanika fluida [3].

Fluida merupakan suatu bahasan yang erat kaitannya dengan kehidupan sehari-hari dan sangat penting. Hampir tiap hari kita berhubungan dengan fluida. Fluida dapat ditandai dari zat yang dapat mengalir. Dengan demikian, zat cair dan gas termasuk fluida. Secara umum fluida dibagi menjadi dua, yaitu fluida tidak bergerak (statis) dan fluida bergerak (dinamis) [4].

Fluida dinamis mempelajari tentang sifat-sifat fluida yang mengalir atau bergerak. Suatu fluida dianggap sebagai fluida ideal memiliki ciri-ciri sebagai berikut:

- Fluida tidak dapat dimampatkan (*incompressible*), yaitu volume dan massa jenis fluida tidak berubah akibat tekanan yang diberikan kepadanya
- Fluida tidak mengalami gesekan dengan dinding tempat fluida tersebut mengalir
- Kecepatan aliran fluida bersifat laminar, yaitu kecepatan aliran fluida di sembarang titik berubah terhadap waktu sehingga tidak ada fluida yang memotong atau mendahului titik lainnya [4].

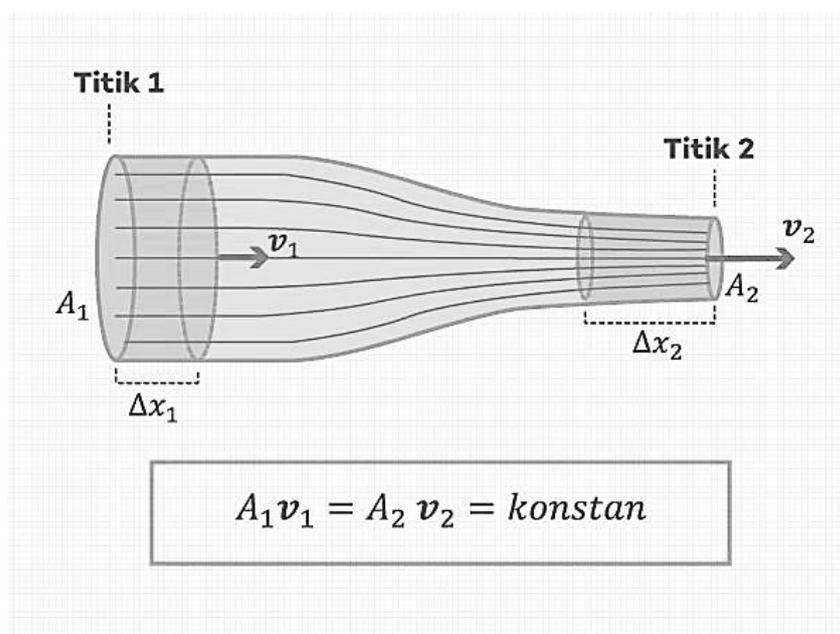
Debit pada fluida dinamis adalah volume fluida yang mengalir dalam satuan waktu melalui penampang lintang tertentu dengan luas dan kecepatan. Berikut persamaan dari debit fluida dinamis:

$$Q = \frac{V}{t} \text{ atau } Q = A \cdot v \quad (1)$$

dengan,

- Q = debit aliran fluida (m³/s)
t = selang waktu (s)
V = volume fluida yang mengalir (m³)
A = luas penampang (m²)
v = kecepatan fluida (m/s) [4].

Pada fluida dinamis, terdapat persamaan kontinuitas yang berbunyi "Pada fluida yang tak termampatkan, hasil kali antara kelajuan aliran fluida dalam suatu wadah dengan luas penampang wadah selalu konstan". Gambar 1 menampilkan selang pipa dengan perbedaan luas penampang pada persamaan kontinuitas.



Gambar 1. Selang Pipa dengan Perbedaan Luas Penampang pada Persamaan Kontinuitas (Sumber:<https://www.aisyahnestria.com/>)

Aliran fluida ideal tidak dapat dimampatkan, sehingga volume yang masuk dan keluar ($V_1 = V_2$) juga sama besar selama selang waktu. Debit pada titik 1 dan titik 2 sama besar [4].

Ventilasi merupakan sarana keluar masuknya udara dari luar ruangan masuk dalam ruangan atau sebaliknya. Ventilasi secara sederhana disebut sebagai lubang keluar masuknya udara pada bangunan. Luas ventilasi secara standar 10% luas lantai, ventilasi yang baik dapat diatur buka dan tutup ventilasi. Ventilasi terbagi menjadi dua jenis yaitu ventilasi alami dan ventilasi mekanis [5].

Ventilasi alami atau penghawaan alami merupakan proses pertukaran udara di dalam ruangan dengan udara di luar ruangan yang terjadi secara alami. Tujuan dari adanya ventilasi alami adalah untuk menyediakan udara menuju ruangan tertentu secara alami melalui perpindahan dan pertukaran udara. Fungsi ventilasi alami yang paling utama adalah untuk menjaga kesehatan manusia melalui penyediaan udara bersih, adanya kenyamanan melalui pengurangan panas dan pendinginan yang terstruktur melalui penyejukan lingkungan [6].

Ventilasi mekanik memiliki persyaratan teknis, yaitu sistem ventilasi harus diberikan jika ventilasi alami yang memenuhi syarat tidak memadai, penempatan *fan* harus memungkinkan pelepasan udara secara maksimal dan juga memungkinkan masuknya udara segar atau sebaliknya, sistem ventilasi mekanis bekerja terus menerus selama ruang tersebut dihuni. *American Society of Heating, Refrigerating and Air-Conditioning Engineers* (ASHRAE) (2011) merekomendasikan pergantian udara per jam (ACH) untuk lingkungan yang baik dan sehat [7] terlihat pada Tabel 1.

Tabel 1. Pertukaran Udara Per Jam

Ruang	ACH
Kantor	8-10
Laboratorium	6-12
Ruang Kelas	3-4
Auditorium Umum	12-14

[8].

Pertukaran udara per jam, disingkat ACH (*Air Changes per Hour*) atau laju pertukaran udara adalah jumlah pergantian seluruh udara di dalam ruangan dengan udara segar dari luar setiap jamnya. Semakin besar potensi kekotaran udara di suatu ruangan (misalnya laboratorium, bengkel, toilet dan dapur), maka semakin tinggi angka pergantian udara per jam yang diharuskan [9]. Pertukaran udara per jam juga merupakan berapa kali total volume udara di sebuah ruangan atau ruang benar-benar dikeluarkan dan diganti dalam satu jam. Jika udara di ruang itu seragam atau tercampur sempurna, maka perubahan udara per jam adalah ukuran berapa kali udara dalam ruang tertentu diganti setiap jam. Seperti dituliskan pada Pers.(4). Penurunan dari persamaan ACH sendiri, sebagai berikut:

$$ACH = \frac{Q}{V} \quad (2)$$

di mana,

$$Q = v \times \text{luas penampang} \times 3600 \quad (3)$$

maka,

$$ACH = \frac{v \times \text{luas penampang} \times 3600}{V} \quad (4)$$

dengan,

ACH = Jumlah Pertukaran Udara (x/jam)

V = Volume Ruangan (m^3)

Q = Debit aliran fluida (m^3 /jam)

v = Kecepatan Aliran Udara (m/s)

[10].

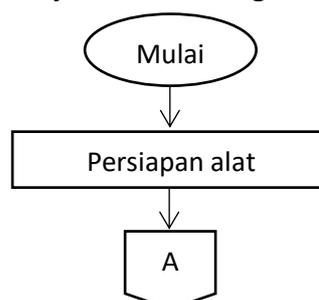
METODE PENELITIAN

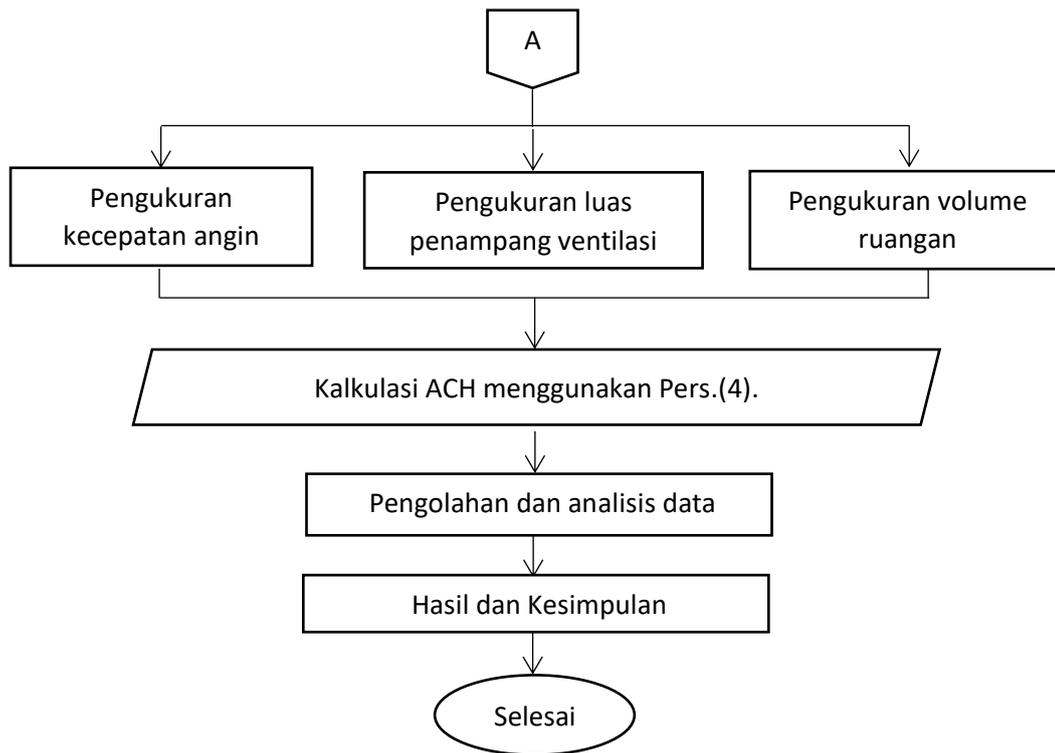
Penelitian ini menggunakan teknik pengambilan data prospektif, dengan data yang digunakan berasal dari pengukuran secara langsung pada Laboratorium. Alat yang digunakan anemometer TESTO 425 untuk mengukur kecepatan angin dan meteran digital untuk mengukur luas penampang ventilasi dan volume ruangan serta laptop digunakan untuk pengolahan data.

Prosedur pengumpulan data sebagai berikut:

1. Menyiapkan alat penelitian terlebih dahulu.
2. Mengukur kecepatan angin pada permukaan ventilasi di setiap tiga titik dari luas penampang ventilasi buatan (AC) dan ventilasi alami (jendela) dengan mengarahkan ujung sensor alat ukur anemometer ke ventilasi dengan total 10 data yang diambil pada setiap titik.
3. Mengukur luas penampang dan volume ruangan menggunakan meteran digital.
4. Memasukan hasil pengukuran kecepatan angin, luas penampang dan volume ruangan ke Pers.(4). Untuk mencari nilai pertukaran udara per jam.
5. Mencatat hasil yang diperoleh.

Prosedur penelitian yang dilakukan disajikan dalam diagram alir seperti terlihat pada Gambar 2.





Gambar 2. Diagram alir prosedur penelitian

HASIL DAN PEMBAHASAN

Berdasarkan pengukuran yang telah dilakukan, diperoleh hasil pertukaran udara per jam (ACH) terlihat pada Tabel 3.

Tabel 3. Pertukaran Udara Per jam (ACH)

No	Lokasi	Kecepatan Angin Rata-rata (m/s)	Luas Penampang (m ²)	Volume Ruangan (m ³)	ACH (x/jam)
1	Ruang Laboratorium Utama				
	– Jendela 1	0,14	6,06	1.101,6	2,77
	– Jendela 2	0,36	6,05		7,11
	– AC 1	0,78	3,2		8,15
	– AC 2	1,62	0,1		0,52
	– AC 3	1,40	0,1		0,45
		Rata-rata			3,8
2	Ruang Timbangan	1,08	0,1	24,9	15,61
3	Ruang Spektrofotometer UV-VIS	1,15	0,1	32,4	12,7

	Ruang	Spektrofotometer				
4	Serapan Atom Kromatografi					
	- AC 1	0,72	0,1	29,4	8,81	
	- AC 2	1,28	0,1	27,5	16,75	
		Rata-rata			12,78	
		Rata-rata total			11,22	

Berdasarkan Tabel 3. data yang diperoleh dari berbagai lokasi dalam laboratorium, seperti ruang laboratorium utama, ruang timbangan, ruang spektrofotometer UV-Vis dan ruang spektrofotometer serapan atom dan kromatografi. Pada ruang utama, terdapat dua jendela dan 3 AC di mana untuk besar pertukaran udara perjamnya (ACH) adalah jendela 1 sebesar 2,77 x/jam, jendela 2 sebesar 7,11 x/jam, AC 1 sebesar 8,15 x/jam, AC 2 sebesar 0,52 x/jam dan AC 3 sebesar 0,45 x/jam dengan rata-rata pertukaran udara per jam di ruang utama adalah 3,8 x/jam, dimana pada besar pertukaran udara per jam tersebut belum memenuhi dari rekomendasi ASHRAE (2011) untuk lingkungan yang baik dan sehat dengan nilai pertukaran udara (ACH) ruang Laboratorium adalah 6 hingga 12 x/jam. Pada ruang timbangan, terdapat satu AC dengan besar pertukaran udara perjamnya (ACH) adalah 15,61 x/jam. Pada ruang spektrofotometer UV-Vis terdapat satu AC dengan besar pertukaran udara perjamnya (ACH) adalah 12,7 x/jam, dimana pada besar pertukaran udara per jam tersebut sesuai dari rekomendasi ASHRAE (2011) untuk lingkungan yang baik dan sehat. Pada ruang spektrofotometer serapan atom dan kromatografi, terdapat dua AC dimana untuk besar pertukaran udara perjamnya (ACH) pada AC 1 sebesar 8,81 x/jam dan AC 2 sebesar 16,75 x/jam, dimana pada besar pertukaran udara per jam tersebut sesuai dari rekomendasi ASHRAE (2011) untuk lingkungan yang baik dan sehat. Jika dirata-ratakan jumlah pertukaran udara perjamnya (ACH) pada Laboratorium Balai K3 sebesar 11,22 x/jam, dimana pada besar pertukaran udara per jam tersebut sesuai dari rekomendasi ASHRAE (2011) untuk lingkungan yang baik dan sehat.

KESIMPULAN

Berdasarkan hasil kecepatan angin, luas penampang dan volume ruangan yang dicari didapatkan nilai pertukaran udara rata-rata untuk Laboratorium Balai K3 Samarinda adalah 11,22 x/jam, dengan rincian untuk ruang laboratorium utama sebesar 3,8 x/jam, ruang timbangan sebesar 15,61 x/jam, ruang spektrofotometer UV-Vis sebesar 12,7 x/jam dan ruang spektrofotometer serapan atom dan kromatografi sebesar 12,78 x/jam.

Sistem ventilasi pada masing-masing ruang laboratorium tidak seluruhnya memenuhi rekomendasi ASHRAE (2011) dari empat ruangan laboratorium yang dilakukan pengukuran, yaitu ruang laboratorium utama, ruang timbangan, ruang spektrofotometer UV-Vis dan ruang spektrofotometer serapan atom dan kromatografi, terdapat satu ruang laboratorium yang tidak memenuhi rekomendasi ASHRAE (2011) untuk sistem ventilasi yang baik yaitu pada ruang laboratorium utama.

UCAPAN TERIMA KASIH

Penulis mengucapkan terima kasih kepada Kepala Balai Keselamatan dan Kesehatan Kerja Samarinda dan Kepala Laboratorium Fisika Komputasi dan Pemodelan, Ketua Jurusan Fisika dan Dekan FMIPA Universitas Mulawarman karena telah memfasilitasi penulis untuk melakukan penelitian ini.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] D.N. Haqi, E. Dwiyantri, M. Mulyono, P. A. Alayyannur, "Pemberdayaan Petugas Laboratorium untuk Terciptanya Laboratorium Safety di Lingkungan Universitas Airlangga," *Jurnal Layanan Masyarakat (Journal of Public Services)*, vol. 3, 58-60. doi: <https://doi.org/10.20473/jlm.v3i2.2019>.
- [2] S. Latif, "Sistem ventilasi alami satu sisi pada kamar kos dengan metode computational fluid dynamics (CFD)," *jurnal pemukiman*, vol. 15, Oct. 2020, doi: 10.31815/jp.2020.15.
- [3] B. M. E., "Fisika dasar untuk mahasiswa ilmu-ilmu eksakta teknik & kedokteran," Yogyakarta: CV. ANDI OFFSET.
- [4] A. Rohman, "Buku ajar fluida berbasis creative responsibility," Pemalang: PT. Nasya Expanding Management.
- [5] H. Windya, "Kesehatan Lingkungan," Padang: Global Eksekutif Teknologi.
- [6] B. Gunawan, "Buku pedoman energi efisiensi untuk desain bangunan gedung di Indonesia," Jakarta: Energy Efficiency and Conservation Clearing House Indonesia.
- [7] ASHRAE, "HVAC applications," https://33775815/2011_ASHRAE_HANDBOOK_HVAC_Applications_SI_Edition
- [8] Aircuity, "Laboratory Ventilation ACH Rates standards and guidelines," http://www.aircuity.com/wp-content/uploads/aircuity-white-paper_Lab-Ventilation-ACH-Rates-Standards-Guidelines_ACHWP_20120103-2.
- [9] P. Satwiko, "Fisika Bangunan 1 edisi 1," Yogyakarta: CV. ANDI OFFSET.
- [10] Sativa, P. S., Adilline, "Evaluasi kenyamanan termal ruang kuliah IKIP PGRI Wates Kulon Progo DIY," *INERSIA*, vol. 17, 2021.