

Analisis Sirkulasi Udara dalam Ruang pada Rumah Tradisional Batu Bara

Muallifah Elwafiqah¹, Adi Safyan Yahya², Eri Saputra³

Program Studi Arsitektur, Fakultas Teknik, Universitas Malikussaleh
Kota Lhokseumawe, 24351, Indonesia

E-mail: ¹ muallifah.200160105@mhs.unimal.ac.id, ² adisafyan@unimal.ac.id, ³ erisaputra@unimal.ac.id

Abstrak

Penelitian ini membandingkan sirkulasi udara antara rumah tradisional yang memiliki banyak bukaan dengan rumah modern yang minim bukaan. Rumah tradisional Batu Bara asli menginterpretasikan rumah tradisional pada umumnya yang kaya akan jenis bukaan, dan rumah tradisional Batu Bara hasil modifikasi mewakili rumah modern yang di desain minim bukaan. Penelitian menggunakan metode kuantitatif dan analitik dengan pendekatan survei. Data dikumpulkan melalui pengukuran bukaan dan kecepatan angin, kemudian dianalisis untuk mengetahui tingkat pertukaran udara dalam ruangan. Hasil penelitian menunjukkan perbedaan signifikan dalam sirkulasi udara antara rumah tradisional asli dan rumah yang telah dimodifikasi. Pada kondisi bukaan terbuka penuh, kedua jenis rumah memenuhi standar pertukaran udara yang direkomendasikan oleh ASHRAE 62.1 dan 62.2. Namun, pada kondisi bukaan tertutup penuh, rumah tradisional masih memiliki pertukaran udara meskipun tidak mencapai standar, sementara rumah hasil modifikasi tidak memiliki pertukaran udara sama sekali. Penelitian ini menekankan pentingnya desain bukaan dan ventilasi dalam menciptakan kualitas udara yang sehat di dalam rumah.

Kata kunci : sirkulasi udara, kualitas udara dalam ruang, kecepatan angin, efektivitas bukaan

1. Pendahuluan

Kualitas udara di dalam ruangan memiliki peran krusial dalam menentukan kenyamanan dan kesehatan manusia, mengingat sebagian besar waktu kita dihabiskan di dalam ruangan. Di daerah tropis seperti Indonesia, dengan tingkat kelembapan yang tinggi, sirkulasi udara yang optimal untuk menciptakan nyaman udara menjadi sangat penting (Paser, 2022). ASHRAE mendefinisikan kualitas udara dalam ruangan yang baik sebagai udara yang tidak mengganggu atau berdampak negatif pada penghuni, sambil mempertimbangkan tingkat kontaminan dan kondisi kenyamanan yang ada di lingkungan [2]. Dan ventilasi merupakan fasilitas krusial yang berfungsi untuk pertukaran udara dalam meningkatkan kualitas udara.

Studi terdahulu menunjukkan bahwa ventilasi alami merupakan metode pendinginan pasif yang efektif dan umum digunakan di lingkungan panas-lembab untuk mengatasi panas berlebihan melalui sirkulasi udara alami yang efisien dan berkelanjutan [3]. Prinsip dasar ventilasi alami adalah mengganti udara kotor di dalam ruangan dengan udara segar. Tujuannya adalah untuk menyediakan udara bersih dengan kadar oksigen yang ideal untuk pernapasan, serta membuang kelebihan panas demi mencapai kenyamanan.

Ventilasi alami memungkinkan aliran udara segar masuk ke dalam ruangan tanpa ketergantungan pada perangkat mekanis seperti pendingin udara [4].

Arsitektur rumah tradisional di Indonesia sering kali menggunakan banyak bukaan sebagai respon alami terhadap kondisi iklim setempat dengan tujuan untuk memaksimalkan ventilasi alami dan menciptakan kenyamanan termal. Sebaliknya, rumah-rumah modern cenderung mengadopsi desain dengan bukaan yang lebih terbatas, dan lebih mengandalkan sistem mekanis untuk mengatur iklim dalam ruangan. Rumah tradisional Batu Bara asli, menawarkan studi kasus menarik untuk memahami bagaimana arsitektur tradisional merespon kebutuhan akan sirkulasi udara alami. Sedangkan rumah tradisional Batu Bara hasil dimodifikasi mencerminkan modernisasi dalam desain rumah, yang ditandai dengan penghilangan fungsi ornamen sebagai bagian integral dari sistem ventilasi alami rumah.

Penelitian ini bertujuan untuk menganalisis sirkulasi udara pada rumah tradisional Batu Bara yang asli dan yang telah mengalami modifikasi. Perbedaan desain, terutama dalam hal ventilasi, diduga memiliki dampak signifikan terhadap kualitas udara di dalam ruangan. Melalui analisis ini, diharapkan dapat diperoleh pemahaman yang lebih baik tentang kontribusi ventilasi terhadap sirkulasi udara di rumah tinggal. Temuan ini memberikan informasi tentang pentingnya desain ventilasi dalam menciptakan lingkungan hidup yang sehat dan nyaman. Penelitian ini diharapkan dapat memberikan manfaat bagi masyarakat mengenai pentingnya sirkulasi udara yang baik.

2. Tinjauan Pustaka

2.1. Sirkulasi Udara

Sirkulasi udara merujuk pada proses pertukaran udara, yaitu masuknya udara dari luar ke dalam ruangan dan atau dari dalam ke luar ruangan dengan tujuan mengganti udara segar dengan udara yang terperangkap. Proses ini dilakukan untuk menjaga kualitas udara di dalam ruangan tersebut. Kualitas udara dalam ruangan sangat dipengaruhi oleh laju udara dan tingkat pertukaran udara per jam. Semakin tinggi laju udara dan frekuensi pertukaran udara, semakin baik kualitas udara dalam ruangan karena polutan dan kelembapan berlebih dapat dihilangkan secara efektif.

2.2. Laju Udara

Laju udara (*airflow*) adalah jumlah volume atau berat udara yang mengalir melalui sistem ventilasi pada per satuan waktu [5]. Laju udara juga dipengaruhi oleh arah angin terhadap bukaan, vertikal maupun diagonal. Laju udara dapat dihitung dengan menggunakan rumus matematis yaitu :

$$Q = C_v \times A \times v \quad (1)$$

dimana, Q = Laju udara ($m^3/detik$)

C_v = Efektivitas bukaan (0.5-0.6 jika angin lurus, dan 0.25-0.3 jika angin miring)

A = Luas bukaan (m^2)

v = Kecepatan udara ($m/detik$)

Tabel 1. Nilai C_v berdasarkan rasio bukaan

<i>Inlet : outlet</i>	1 : 1	1 : 2	1 : 3	1 : 4	1 : 5	2 : 1	4 : 1	4 : 3
C_v	1.0	1.27	1.35	1.38	1.4	0.63	0.35	0.68

2.3. Pergantian Udara per Jam

Pergantian udara per jam adalah banyaknya pergantian udara yang terjadi di suatu ruangan dalam kurun waktu satu jam [5]. Pertukaran udara diperlukan untuk mencapai kenyamanan termal dan juga untuk menjaga kualitas udara dalam ruang (*Indoor Air Quality*) untuk kesehatan. Pergantian udara per jam dapat dihitung dengan rumus matematis, yaitu:

$$N = 3600 Q / V \quad (2)$$

dimana, N = Jumlah pergantian udara per jam

Q = Laju udara (m³/detik)

V = Volume ruang (m³)

American Society of Heating, Refrigerating and Air-Conditioning Engineers (ASHRAE) dalam 62.1 dan 62.2 merekomendasikan pergantian udara per jam (ACH) untuk lingkungan yang baik dan sehat [6].

Tabel 2. Standar pergantian udara per jam

Fungsi ruang	Pergantian udara minimal
Ruang tamu	4 – 6
Kamar tidur	2 – 4
Dapur	10 - 20

2.4. Penghawaan Alami

Sistem yang bertanggung jawab terhadap sirkulasi udara biasanya dibangun melalui ventilasi atau bukaan yang dikenal sebagai penghawaan alami. Sebuah ruangan idealnya memiliki bukaan yang ukurannya minimal 40% dari luas dinding dan 20% dari luas lantai ruangan itu sendiri, kurang dari itu dikatakan kurang optimal [7]. Hal ini bertujuan untuk memastikan sirkulasi udara yang cukup dalam sebuah ruang sehingga dapat menciptakan lingkungan yang sehat dan nyaman. Dengan memenuhi kriteria tersebut, bukaan dapat memungkinkan udara segar masuk secara maksimal.

3. Metode Penelitian

Metode penelitian yang digunakan dalam penelitian ini adalah deskriptif dan kuantitatif. Metode penelitian deskriptif kuantitatif adalah metode yang menggunakan data numerik untuk menggambarkan karakteristik atau fenomena tertentu. Metode ini mengumpulkan data dalam bentuk numerik berdasarkan faktor eksternal dan internal yang kemudian membandingkannya dengan standar untuk memberikan gambaran sistematis mengenai fenomena tersebut.

3.1. Objek Penelitian



Gambar 1. Lokasi objek penelitian

Objek penelitian dilakukan pada dua jenis rumah tinggal tradisional Batu Bara, yakni rumah asli dan rumah hasil modifikasi. Kedua rumah tersebut berada di Jl. Sisinga Mangaraja, Desa Panjang, Kecamatan Talawi, Kabupaten Batu Bara, Sumatera Utara. Penelitian dilakukan pada beberapa titik ruang yang ada dalam rumah tradisional Batu Bara. pada umumnya, rumah tradisional berbentuk panggung dengan kamar mandi yang letaknya terpisah. Sehingga ruang yang dimaksud adalah ruang tidur, ruang dapur, dan ruang tamu.

3.2. Variabel Penelitian

Dalam penelitian ini, variabel-variabel yang diteliti disesuaikan dengan rumusan masalah yang telah ditetapkan, yaitu:

Tabel 2. Variabel penelitian

	Kualitas udara dalam ruang	Kinerja ventilasi alami
Variabel terikat	Pergerakan udara Pergantian udara per jam	Kecepatan angin
Variabel bebas		Jenis bukaan Posisi bukaan Luas bukaan

3.3. Alat Ukur



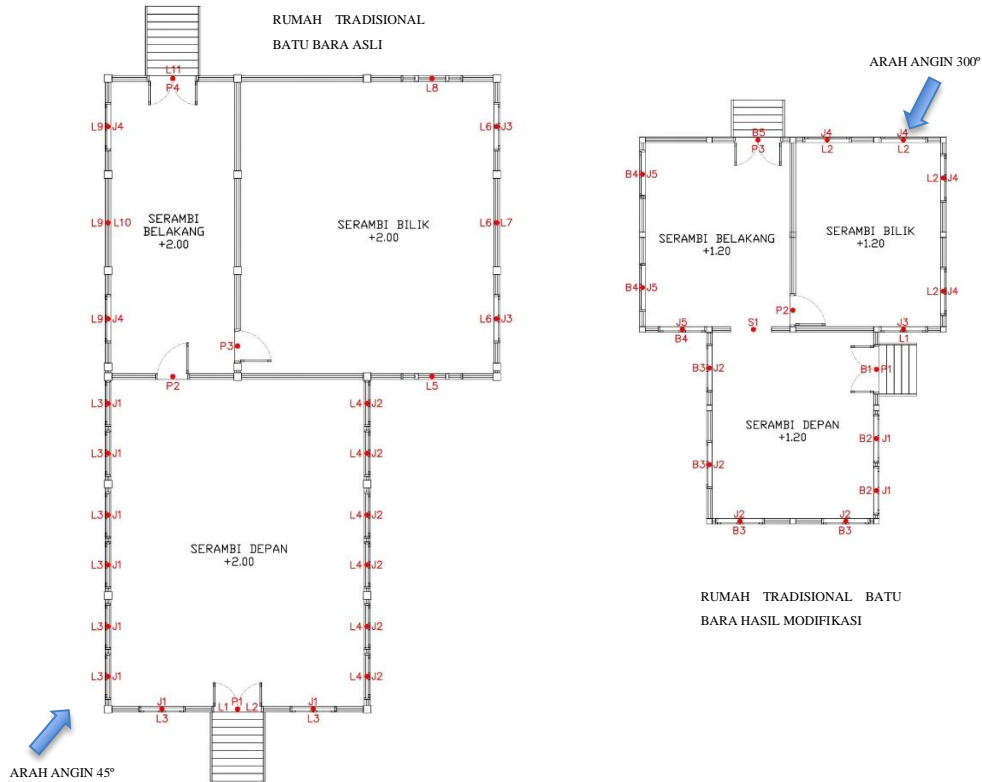
Gambar 2. Anemometer dan *windsock* DIY

Data indikator di atas diperoleh dengan memperhatikan beberapa hal, diantaranya:

- a. Waktu pengukuran.
Pengamatan dilakukan tanggal 2-8 Januari 2025 dengan margin waktu pagi hari 08.00-10.00 WIB, siang hari 12.00-14.00 WIB, dan sore hari 16.00-18.00 WIB. Pengukuran kecepatan angin dilakukan di setiap titik pada saat pagi, siang, dan sore selama 7 hari yang kemudian di reratakan agar akurasi nilai lebih tepat.
- b. Penempatan Alat. Ketinggian alat disesuaikan dengan variabel yang diukur yaitu pada pintu, jendela dan ventilasi yang berupa ornamen. Untuk pengukuran angin luar di ketinggian 2 m dari permukaan.

4. Hasil dan Pembahasan

Untuk mendapatkan nilai sirkulasi udara yang terjadi pada penelitian ini dilakukan pengukuran berdasarkan beberapa zona dalam rumah tradisional Batu Bara sesuai dengan fungsi ruang masing-masing. Pembagian pengukuran berdasarkan orientasi *inlet* dan *outlet* bukaan. Pengukuran dilakukan pada titik setiap bukaan dalam ruang selama satu hari dan kemudian akan dicari rata rata agar data yang didapatkan lebih spesifik. Titik lokasi pengukuran pada rumah tradisional Batu Bara asli dapat dilihat sebagai berikut:



Gambar 3. Titik ukur penelitian

Berdasarkan perhitungan rumus matematis (1) dan (2), diperoleh hasil pertukaran udara per jam (ACH) terlihat pada Tabel 3.

Tabel 3. Pertukaran udara per jam

	Nama ruang	posisi	kode	Cv	Luas inlet (m)	Kecepatan angin (m/detik)	Laju udara (m ³ /detik)	Rerata laju udara	Volume ruang (m ³)	ACH (kali/jam)	
Rumah tradisional Batu Bara Asli	Terbuka seluruhnya	Serambi Depan	Inlet	P1	1	18.16	0.3874	1.7588	1.0934	265.71	15
				J1			0.5065	2.2995			
				L1			0.0982	0.4458			
			Outlet	L2			0.0294	0.1135			
				L3			0.4120	1.8705			
				P2			0.2500	1.1350			
		Serambi Bilik	Inlet	P3	1.27	2.13	0.2096	0.1417	0.1446	263.82	2
				L5			0.2050	0.1386			
				Outlet			J3	0.3144			
			L6				0.2068	0.1398			
			L7				0.1843	0.1246			
			L8	0.1628			0.1101				

	Nama ruang	posisi	kode	Cv	Luas inlet (m)	Kecepatan angin (m/detik)	Laju udara (m ³ /detik)	Rerata laju udara	Volume ruang (m ³)	ACH (kali/jam)	
Rumah tradisional Batu Bara Asli	Terbuka seluruhnya	Serambi Belakang	<i>Inlet</i>	P2	1	6.19	0.2500	0.3869	0.3657	132.01	10
				J4			0.4211	0.6517			
				L9			0.2533	0.3920			
				L10			0.2368	0.3664			
		<i>Outlet</i>	P3	0.2096			0.3244				
			P4	0.2590			0.4008				
			L11	0.0244			0.0377				
	Tertutup seluruhnya	Serambi Depan	<i>Inlet</i>	P1	1.27	2.66	-	-	0.0777	265.71	1
				J1			0.1084	0.0915			
				L1			0.0982	0.0829			
				L2			0.0294	0.0248			
				L3			0.4120	0.3479			
			<i>Outlet</i>	P2			-	-			
				J2			0.0711	0.0600			
		L4		0.0169	0.0143						
		Serambi Bilik	<i>Inlet</i>	P3	1.27	0.53	-	-	0.0213	263.82	-
				L5			0.2050	0.0345			
			<i>Outlet</i>	J3			-	-			
				L6			0.2068	0.0348			
				L7			0.1843	0.0310			
		L8	0.1628	0.0274							
Serambi Belakang	<i>Inlet</i>	P2	0.63	2.09	-	-	0.0242	132.01	1		
		J4			-	-					
		L9			0.2533	0.0833					
		L10			0.2368	0.0779					
	<i>Outlet</i>	P3			-	-					
		P4			-	-					
		L11			0.0244	0.0080					
Terbuka seluruhnya	Serambi Depan	<i>Inlet</i>	P1	1	9.19	0.0566	0.1300	0.0764	77.62	4	
			J1			0.0646	0.1484				
			B1			-	-				
			B2			-	-				
			S1			0.0983	0.2258				
		<i>Outlet</i>	J2			0.0133	0.0306				
			B2			-	-				

	Nama ruang	posisi	kode	Cv	Luas inlet (m)	Kecepatan angin (m/detik)	Laju udara (m ³ /detik)	Rerata laju udara	Volume ruang (m ³)	ACH (kali/jam)						
Rumah tradisional Batu Bara Hasil Modifikasi	Tertutup seluruhnya	Serambi Bilik	Inlet	J4	0.36	7.80	0.2341	0.2876	0.1094	92.10	4					
				L2			0.0840	0.1032								
			Outlet	P2			0.1048	0.1287								
				J3			0.0122	0.0149								
		L1	0.0102	0.0125												
		Serambi Belakang	Inlet	P2			1.27	4.06				0.1048	0.1351	0.0885	69.00	5
				P3								0.2933	0.3780			
	B5			-	-											
	Outlet	J5	0.0647	0.1092												
		B4	-	-												
		S1	0.0983	0.1267												
	Tertutup seluruhnya	Serambi Depan	Inlet	P1	0.63	3.07			-	-	0.0005	77.62	-			
				J1			0.0053	0.0029								
				B1			-	-								
B2				-			-									
S1				0.0001			-									
Outlet			J2	0.0019			0.0010									
			B2	-			-									
Serambi Bilik		Inlet	J4	0.63	0.48	0.0858	0.0081	0.0027	92.10	-						
			L2			0.0840	0.0079									
		Outlet	P2			-	-									
			J3			0.0012	0.0001									
			L1			0.0102	0.0010									
Serambi Belakang		Inlet	P2	0	0	-	-	-	69.00	-						
	P3		-			-										
	B5		-			-										
	Outlet	J5	0.0089			0.0089										
		B4	-			-										
		S1	0.0001			0.0001										

Dari hasil perhitungan dari 3 ruang dalam rumah tradisional Batu Bara asli, yakni serambi depan, serambi bilik, dan serambi belakang dalam kondisi bukaan yang terbuka seluruhnya dan tertutup seluruhnya. Pada rumah tradisional Batu Bara asli, besar pertukaran udara di serambi depan adalah 15 kali per jam, pertukaran udara di serambi bilik adalah 2 kali per jam, dan di serambi belakang nilai pertukaran udara sebesar 10 kali per jam dalam kondisi bukaan terbuka seluruhnya. Sedangkan pada kondisi tertutup seluruhnya nilai pertukaran udaranya adalah 1 kali di serambi depan, tidak terjadi

pertukaran udara dalam 1 jam di serambi bilik, dan hanya 1 kali di serambi belakang. Pada rumah tradisional Batu Bara hasil modifikasi, besar pertukaran udara per jam dalam kondisi bukaan terbuka seluruhnya di serambi depan adalah 4 kali per jam, 4 kali per jam di serambi bilik, 5 kali per jam di serambi belakang. Dan tidak mengalami pertukaran udara sama sekali dalam kurun waktu 1 jam di semua ruangnya pada kondisi tertutup seluruhnya. Jadi, saat kondisi terbuka seluruhnya, semua ruangan pada kedua rumah tradisional Batu Bara tersebut kecuali serambi belakang rumah hasil modifikasi telah memenuhi rekomendasi pertukaran udara menurut ASHRAE 2011. Sedangkan saat kondisi tertutup seluruhnya, tidak ada satu ruang pun yang memenuhi syarat pertukaran udara per jam.

Tabel 4. Perbandingan luas *inlet* terhadap luas dinding dan lantai

Rumah Tradisional Batu Bara Asli					
Nama ruang	Luas inlet (m ²)	Luas dinding fasad (m ²)	Luas lantai (m ²)	Persentase luas bukaan	
				Terhadap luas dinding	Terhadap luas lantai
Serambi Depan	18.16	77.40	58.21	23%	31%
Serambi Bilik	2.13	33.51	52.16	6%	4%
Serambi Belakang	6.19	22.55	26.08	27%	24%
Rumah Tradisional Batu Bara Hasil Modifikasi					
Nama ruang	Luas bukaan (m ²)	Luas dinding fasad (m ²)	Luas lantai (m ²)	Persentase luas bukaan	
				Terhadap luas dinding	Terhadap luas lantai
Serambi Depan	9.19	46.57	23.24	20%	40%
Serambi Bilik	7.80	38.15	20.66	20%	38%
Serambi Belakang	4.06	30.56	20.66	13%	20%

Dari kedua rumah tersebut, tidak satu ruang pun yang memenuhi kriteria 40% luas *inlet* terhadap luas dinding fasad. Sedangkan untuk kriteria luas *inlet* terhadap luas lantai, hanya ruang serambi bilik rumah tradisional asli yang tidak mencapai 20%.

Pertukaran udara terjadi melalui dua jenis bukaan, yaitu *inlet* sebagai lubang masuknya udara dan *outlet* lubang keluarnya udara. Luas bukaan baik *inlet* maupun *outlet* memainkan peran utama dalam menentukan laju pertukaran udara. Semakin besar luas bukaan *inlet*, semakin banyak udara segar yang dapat masuk ke dalam ruangan yang artinya akan meningkatkan kualitas udara.

4. Kesimpulan

Berdasarkan hasil perhitungan pergantian udara per jam, saat kondisi terbuka seluruhnya tidak semua ruang dari kedua rumah memenuhi rekomendasi ASHRAE. Dari ketiga ruang, yaitu serambi depan, serambi bilik, dan serambi belakang di kedua rumah tersebut, terdapat satu ruang yang tidak memenuhi rekomendasi ASHRAE, yaitu serambi bilik di rumah hasil modifikasi. Sedangkan saat kondisi tertutup seluruhnya, semua ruang yang dilakukan penelitian tidak ada yang memenuhi rekomendasi ASHRAE.

Bukaan memiliki peran yang sangat krusial terhadap nilai pertukaran udara dalam sebuah ruang. Semakin besar luas lubang bukaan maka akan semakin tinggi kemungkinan pertukaran udara yang terjadi. Kecepatan angin juga berdampak, sehingga pemilihan arah bukaan terhadap angin akan menentukan seberapa besar udara yang akan masuk ke dalam

ruangan. Dimensi bukaan *inlet* 20% dari luas dinding fasad sudah mencukupi untuk memenuhi persyaratan pertukaran udara per jam yang di rekomendasikan ASHRAE.

Referensi

- [1] Ramdani, A., & Yuwono, A. S. (2022). Formulasi Indeks Kenyamanan Udara dalam Ruang pada Tempat Ibadah. *Jurnal Teknik Sipil Dan Lingkungan*, 7(2), 171–180.
- [2] ASHRAE. (2017). Thermal Environmental Conditions for Human Occupancy. In *ANSI/ASHRAE Standard 55-2017*.
- [3] Iqbal, M., Ozaki, A. and Choi, Y. (2022) ‘Assessment of Indoor Thermal Comfort of Naturally Ventilated House in Tropical Region’, *Journal of Architecture and Urban Design*, Kyushu University, 45–53. <https://doi.org/10.15017/6788786>
- [4] Ali, R. A., Megahed, N. A., Shahda, M. M., & Hassan, A. M. (2023). Natural ventilation as a passive cooling strategy for multi-story buildings: analytic vertical skycourt formations. *City, Territory and Architecture*, 10(1), 28. <https://doi.org/10.1186/s40410-023-00212-6>
- [5] Sukawi, & Hardiman, G. (2014). Pengaruh Luas Bukaan Terhadap Kebutuhan Pertukaran Udara Bersih Dalam Rumah Tinggal. *Modul*, 14(2), 79–86.
- [6] ASHRAE, “HVAC applications,” https://33775815/2011_ASHRAE_HANDBOOK_HVAC_Applications_SI_Edition
- [7] Latifah, Nur Laela, (2015), *Fisika Bangunan-II*, “Pencahayaannya Buatan”, Jakarta: Griya Kreasi (Penebar Swadaya Grup)