

PENGARUH LUAS BUKAAN VENTILASI TERHADAP PENGHAWAAN ALAMI DAN KENYAMANAN THERMAL PADA RUMAH TINGGAL HASIL MODIFIKASI DARI RUMAH TRADISIONAL MINAHASA

Novan H. Toisi¹ dan Kussoy Wailan John²

¹ Mahasiswa PS S1 Arsitektur Unsrat

² Staf Pengajar Jurusan Arsitektur Unsrat

ABSTRAK

Pembangunan rumah tinggal akhir-akhir ini semakin meningkat pesat, seiring dengan pertambahan jumlah penduduk. Rumah-rumah ini tentu saja memerlukan rancangan yang sesuai dengan si penghuni/pemilik sehingga bisa mewakili identitas/citra diri. Identitas, bisa digali dari khasanah budaya tradisional yang ada. Arsitektur Tradisional yang dimiliki bangsa Indonesia sangatlah beragam, salah satunya Minahasa. Di Kota Manado sendiri terdapat cukup banyak masyarakat yang memilih rumah tinggal hasil modifikasi dari rumah Tradisional Minahasa sebagai tempat hunian karena selain praktis dibangun juga sebagai upaya pelestarian terhadap Arsitektur Tradisional Minahasa.

Dalam rangka untuk melestarikan kebudayaan Minahasa telah banyak dilakukan kajian-kajian mengenai Arsitektur Tradisional Minahasa, salah satunya kajian mengenai permasalahan Non-fisik seperti: karakter, citra, norma-norma dan sosial budaya lainnya. Untuk memenuhi kebutuhan masa mendatang, tentunya dibutuhkan juga pendekatan dari sisi fisik, salah satunya yaitu Kenyamanan Termal dan Penghawaan Alami, sehingga memenuhi tuntutan kenyamanan dan kesehatan sebagai bangunan tempat tinggal.

Kenyamanan Termal dan Penghawaan Alami salah satunya dipengaruhi oleh Luas Bukaannya Ventilasi pada Selubung Bangunan yang mengalirkan udara ke dalam bangunan sehingga akan terjadi pertukaran udara dalam bangunan. Analisis pengaruh Luas Bukaannya Ventilasi terhadap Kenyamanan Termal dan Penghawaan Alami akan dilakukan dengan menyimpulkan pengaruh Luas Bukaannya terhadap Kecepatan Angin dalam bangunan disaat menyentuh Kulit, di saat jendela tertutup dan terbuka, serta menyimpulkan apakah Kecepatan Angin tersebut memenuhi standar dalam bangunan. Penelitian ini juga menyimpulkan apa saja elemen bangunan yang harus dirubah dan yang harus dipertahankan untuk perancangan rumah tinggal hasil Modifikasi dari Rumah Tradisional Minahasa dimasa mendatang.

Kata kunci: Luas Bukaannya Ventilasi, Kenyamanan Termal, Penghawaan Alami

1. PENDAHULUAN

Arsitektur Tradisional khususnya rumah tinggal hasil modifikasi dari rumah tradisional dikatakan sebagai unsur budaya yang berkembang dan tumbuh bersama suatu masyarakat dalam kurun waktu yang lama. Untuk mempelajari Arsitektur Tradisional tidaklah cukup hanya mempelajari bentuk atap, struktur ataupun massa bangunan saja, tetapi mesti mendalami tentang Kenyamanan Termal dan Penghawaan Alami. Maka dalam kajian ini akan lebih mendalami pengaruh Luas Bukaannya Ventilasi terhadap Penghawaan Alami dan Kenyamanan Termal.

Kajian ini sangat penting untuk menciptakan kenyamanan bagi penghuni, maka dipandang perlu untuk mengembangkan kajian lebih lanjut, khususnya di Kota Manado, karena kecepatan angin yang nyaman dan udara yang sehat dalam ruangan sangat berpengaruh pada kenyamanan serta kesehatan penghuni rumah tinggal tersebut.

Untuk lebih jelasnya akan diberikan penjelasan judul sebagai berikut:

- **Luas Bukaannya** adalah hasil perkalian antara panjang dan lebar bidang pada selubung bangunan yang berfungsi sebagai masuknya cahaya dan udara ke dalam massa bangunan. Contoh bukaan: jendela, ventilasi dan pintu.
- **Penghawaan Alami** yaitu memanfaatkan udara dari alam untuk memberikan rasa sejuk dalam ruangan.
- **Kenyamanan Termal** adalah suatu rentang temperatur yang menunjukkan kenyamanan relatif pemakai bangunan pada suatu kondisi iklim tertentu dan kelompok manusia tertentu.
- **Rumah Tinggal Tradisional** adalah bangunan atau kelompok bangunan yang berfungsi sebagai tempat tinggal dan telah bertahan selama beberapa waktu dan yang dibedakan berdasarkan suku bangsa atau etnis masyarakat pemakainya.

- **Modifikasi** adalah melakukan perubahan terhadap suatu benda.

Penulisan ini diharapkan untuk memberikan pengetahuan yang lebih tentang pengaruh Luas Bukaannya Ventilasi terhadap Penghawaan Alami dan Kenyamanan Termal Rumah Tinggal hasil Modifikasi dari Rumah Tradisional Minahasa, agar apabila dalam kajian didapatkan bahwa Luas Bukaannya tidak memenuhi standar, maka dikemudian hari bisa dilakukan perubahan pada bukaan-bukaan Rumah Tinggal Tradisional Minahasa, tanpa menghilangkan ciri khas, dan tercipta rasa nyaman dan sehat bagi kepada penghuni.

2. PEMBAHASAN

Di dalam daerah yang beriklim tropis seperti daerah Provinsi Sulawesi Utara, tiupan angin diperlukan untuk mempercepat proses penguapan kulit agar ketidaknyamanan oleh keuletan kulit dapat dikurangkan. Tiupan angin juga diperlukan untuk pergantian udara yang baik dalam ruangan sehingga penghuni dapat menghirup udara yang baik untuk kesehatan. Dengan demikian bangunan harus menghadirkan Luas Bukaannya Ventilasi yang mampu mengalirkan udara ke dalam bangunan, sehingga bisa memenuhi persyaratan kesehatan bagi penghuni bangunan.

Sebelum membahas tentang standar-standar Luas Bukaannya, perlu dipahami terlebih dahulu tentang fungsi bukaan dalam bangunan :

- **Untuk memenuhi persyaratan kesehatan.**

Keperluan dasar ini perlu dipatuhi tanpa pengecualian. Secara mudah persyaratan ini bermaksud untuk memberikan oksigen yang cukup untuk pernafasan dalam bangunan, serta untuk mencegah kenaikan kadar kandungan karbondioksida dan bau dalam ruangan. Contoh : sebuah ruang pada rumah tinggal harus memiliki ventilasi tidak kurang dari 5% dari luas lantai ruangan dan jendela 20% dari luas lantai ruangan, syarat-syarat minimum dalam *SNI Departemen Pekerjaan Umum* seperti inilah untuk memenuhi fungsi bukaan untuk kesehatan. Oleh sebab itu, apabila persyaratan tersebut tidak terpenuhi, maka dampak-dampak negatif yang mengancam kesehatan seperti sesak nafas, rasa pengap dan bau dalam ruangan yang tidak diingini senantiasa mengganggu hidung akan dialami oleh penghuninya. Suasana tidak nyaman ini kerap kali berlaku pada waktu malam atau hujan apabila penghuni menutup semua jendela dan tidak terdapat bukaan permanen pada dinding atau atap bangunan.

- **Untuk menghasilkan Kenyamanan Termal.**

Kandungan Kelembaban Udara dan panas matahari yang senantiasa tinggi menyebabkan kulit kita senantiasa terasa lekit dan tidak nyaman. Fenomena iklim panas lembab ini hanya boleh diredakan dengan meniupkan angin untuk mempercepat proses penguapan pada kulit dengan menghadirkan bukaan-bukaan pada bangunan yang memenuhi syarat standar bukaan bangunan untuk daerah iklim tropis. Dalam hal menyediakan keadaan termal yang nyaman, yaitu mencegah ketidaknyamanan yang disebabkan oleh kepanasan dan keuletan kulit, diperlukan Kecepatan Aliran Udara dan Kadar Udara yang cukup dalam ruangan, yang dipengaruhi oleh Geometri Ruang dan Luas Bukaannya.

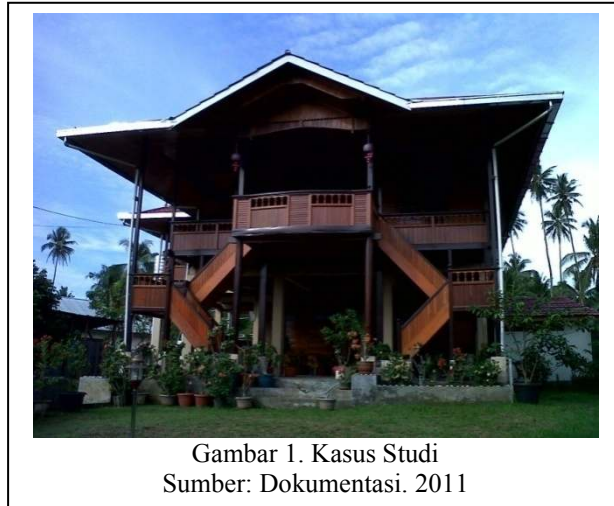
- **Untuk Pendinginan Ruang.**

Dengan menghadirkan ventilasi pada ruangan, diharapkan bahwa udara segar dan bersuhu lebih rendah dari pada suhu dalam ruang dapat menghambat naiknya suhu udara dalam ruang.

2.1. Data Fisik Kasus Studi

Rumah Tinggal Hasil Modifikasi dari Rumah Tradisional Minahasa yang akan dijadikan studi kasus terletak di Jalan Krida Kelurahan Malalayang 1, Kecamatan Malalayang Kota Manado. Rumah ini dibuat tahun 2009 yang merupakan hasil buatan dari pusat kerajinan rumah tinggal tradisional di Desa Woloan Kota Tomohon. Rumah ini terbuat dari kayu dan merupakan konstruksi rumah panggung yang terdiri dari 7 ruangan yaitu: 3 Kamar Tidur, 1 Ruang Tamu, 1 Ruang Keluarga/ Ruang Makan, dan 1 Dapur.

Untuk Ruang Keluarga dibuat menyatu tanpa sekat dengan Ruang Makan, tetapi hanya Ruang Makan yang memiliki bukaan, sedangkan Ruang Keluarga tidak mempunyai bukaan yang berhubungan langsung dengan kulit bangunan. Posisi Ruang Keluarga berada di antara Ruang Tamu dan Ruang Makan. Jumlah penghuni rumah tinggal ini yaitu 6 orang, serta Total Luas Lantai adalah 84 m².



Data luas ruang dan luas bukaan rumah tinggal ini, dapat dilihat pada tabel berikut :

Tabel 1: Luas ruang dan Luas Bukaan

No	Nama Ruang	Luas Ruang	Luas Jendela	Luas Ventilasi	Luas Pintu	Total Luas Bukaan
1.	Ruang Tamu	13,5 m ²	4,5 m ²	0,9 m ²	2,52 m ²	7,92 m ²
2.	Ruang Keluarga	11,25 m ²	-	-	-	-
3.	Ruang Makan	11,25 m ²	1,8 m ²	0,57 m ²	1,26 m ²	3,63 m ²
4.	Kamar Tidur A	14 m ²	3,59 m ²	0,73 m ²	-	4,32 m ²
5.	Kamar Tidur B	10,5 m ²	3,59 m ²	0,73 m ²	-	4,32 m ²
6.	Kamar Tidur C	10,5 m ²	1,8 m ²	0,36 m ²	-	2,16 m ²
7.	Dapur	7 m ²	1,5 m ²	0,66 m ²	-	2,16 m ²

2.2. Data Kecepatan Angin, Kelembaban dan Suhu Udara

Dari data keadaan iklim Kota Manado yang bersumber dari *Badan Meteorologi Manado*, didapatkan data rata-rata Kecepatan Angin, Kelembaban dan Suhu Udara Kota Manado tahun 2010 adalah sebagai berikut:

- Kecepatan angin rata – rata Kota Manado adalah 2,9 m/dtk
- Kelembaban rata – rata Kota Manado adalah 82,5%
- Suhu udara rata – rata Kota Manado adalah suhu udara maksimum terdapat pada bulan Oktober (34,2°C), sedangkan suhu udara minimum terdapat pada bulan Agustus (18,4°C)

2.3. Data Kecepatan Angin dalam Bangunan

Pengukuran Kecepatan Angin dalam bangunan dilakukan dengan dua cara yaitu pengukuran dilakukan disaat seluruh *jendela dan pintu tertutup* dan *seluruh jendela dan pintu terbuka*.

Data hasil pengukuran dilakukan dengan melakukan perhitungan Kecepatan Angin pada ruang yang memiliki bukaan yang berhadapan langsung dengan Ruang Luar, dengan menggunakan rumus perhitungan Kecepatan Angin yang ada pada buku 'Fisika Bangunan'. Untuk Ruang Keluarga, karena tidak memiliki bukaan langsung maka Kecepatan Angin dalam ruangan di ukur dengan melakukan

pengamatan tentang fenomena akibat angin yang terjadi dalam ruangan, disaat jendela dan pintu tertutup dan jendela dan pintu terbuka, kemudian membandingkannya dengan Skala *Beaufort*, sehingga didapatkan hasil Kecepatan Angin dalam Ruang Keluarga.

Karena bangunan memiliki bukaan pada ketinggian sekitar 8 m dari permukaan tanah, maka kecepatan angin di luar bangunan dihitung dengan menggunakan persamaan "*Eksponensial*" dengan rumus $v_z = v_{ref} \alpha (z/10)^\beta$, dimana v_{ref} adalah Kecepatan Angin hasil pengukuran di Stasiun Meteorologi (m/dtk), pada ketinggian 10 m dari permukaan tanah = 2,9 m/dtk, α adalah Koefisien Karakteristik Lingkungan Daerah Perkotaan = 0,67, z adalah Ketinggian Posisi yang diinginkan = 8m, dan β adalah Koefisien Karakteristik Lingkungan Daerah Perkotaan = 0,25. Maka didapatkan hasil perhitungan kecepatan angin pada ketinggian 8m adalah **1,38 m/dtk**.

Pengukuran kecepatan angin dalam ruangan dilakukan dengan melakukan perhitungan dengan menggunakan rumus $\frac{v_i}{v_{ref}} = 1,55 \left(\frac{x_1 \cdot x_2}{x_1 + 0,058 \cdot x_2} \right)$

Dengan terlebih dahulu menghitung angka perbandingan antara luas bukaan dan luas bidang bersangkutan (x_1 = bukaan 1, x_2 = bukaan 2) dan kecepatan angin rata-rata luar bangunan (v_{ref}). Dari rumus perhitungan tersebut, maka didapatkan hasil dari kecepatan angin dalam setiap ruangan disaat jendela dan pintu terbuka yaitu sebagai berikut:

Tabel 2. Hasil Perhitungan Kecepatan Angin dalam Ruang saat Jendela dan Pintu Terbuka

No	Nama Ruang	Kecepatan Angin
1.	Ruang Tamu	0,42 m/dtk
2.	Ruang Keluarga	Tidak terdapat bukaan langsung
3.	Ruang Makan	0,44 m/dtk
4.	Kamar Tidur A	0,39 m/dtk
5.	Kamar Tidur B	0,42 m/dtk
6.	Kamar Tidur C	0,21 m/dtk
7.	Dapur	0,49 m/dtk

Tabel 3. Hasil Perhitungan Kecepatan Angin dalam Ruang saat Jendela dan Pintu Tertutup

No	Nama Ruang	Kecepatan Angin
1.	Ruang Tamu	0,30 m/dtk
2.	Ruang Keluarga	Tidak terdapat bukaan langsung
3.	Ruang Makan	0,24 m/dtk
4.	Kamar Tidur A	0,20 m/dtk
5.	Kamar Tidur B	0,24 m/dtk
6.	Kamar Tidur C	0,20 m/dtk
7.	Dapur	0,34 m/dtk

Untuk Ruang Keluarga yang tidak terdapat bukaan langsung ke ruang luar, maka pengukuran kecepatan angin dilakukan dengan merasakan fenomena yang terjadi akibat angin dalam ruangan dan membandingkannya dengan Skala *Beaufort*. Dari hasil pengamatan langsung dalam ruang keluarga saat jendela dan pintu terbuka dan tertutup, fenomena yang terjadi dalam ruangan akibat kecepatan angin adalah, angin terlihat pada Asap Rokok yang mengepul. Maka sesuai dengan Skala *Beaufort* maka Kecepatan Angin dalam ruang ini saat jendela dan pintu terbuka dan tertutup berkisar antara 0 m/dtk - 0,2 m/dtk.

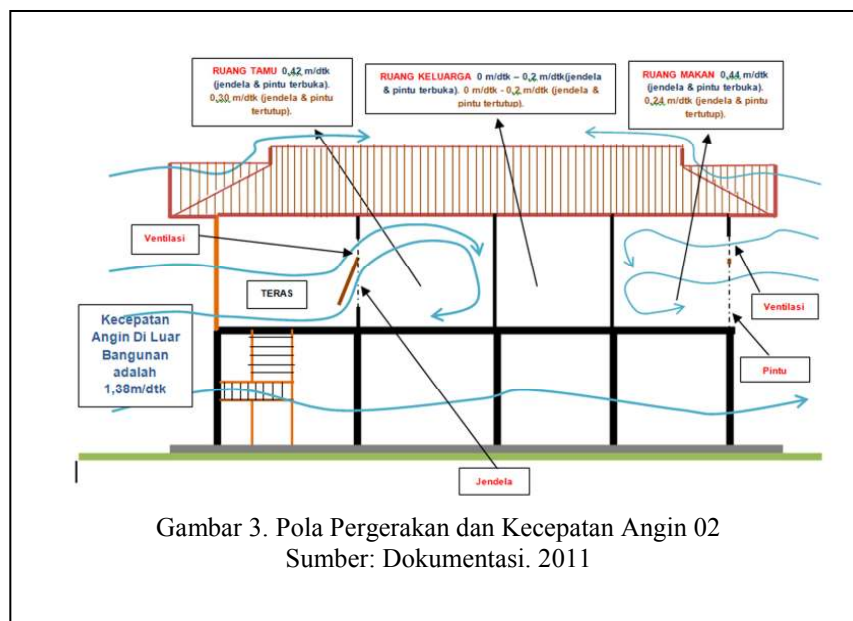
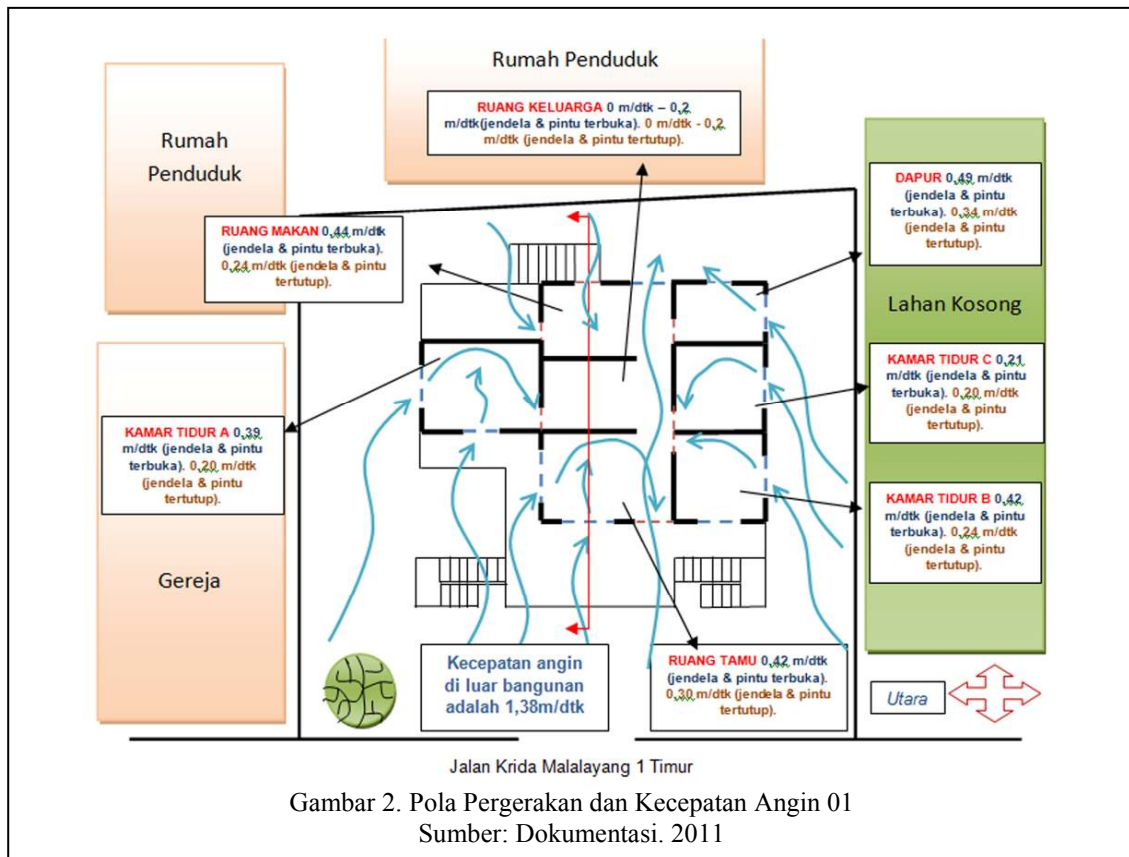
Tabel 4. Skala Beaufort
Sumber: Moch Fathoni Setiawan, 2002

Derajat Kecepatan	Sifat	Ciri dan Musibah Akibat Kekuatan Angin	Kecepatan Angin		
			m/dtk	Km/jam	Mil/jam
0	Sunyi Tegak	Tidak ada angin, asap mengepul	0 – 0,2	1	1
1	Angin Sepoi	Arah angin terlihat pada arah asap, tidak pada bendera angin	0,3 – 1,5	1 – 5	1 – 3
2	Angin sangat lemah	Angin terasa pada muka, daun- daun ringan bergoyang	1,6 – 3,3	6 - 11	4 – 7
3	Angin lemah	Daun – daun dan ranting kecil terus bergoyang	3,4 – 5,4	12 - 19	8 – 12
4	Angin sedang	Debu dan kertas bertiup, ranting dan cabang kecil bergoyang	5,5 – 7,9	20 – 28	13 – 18
5	Angin agak kuat	Pohon – pohon kecil bergoyang, buih putih di air laut	8,0 – 10,7	29 – 38	19 – 24
6	Angin kuat	Dahan – dahan besar bergoyang, suara mendesir di kawat listrik/telepon	10,8– 13,8	39 – 49	25 – 31
7	Angin kencang	Pohon seluruhnya bergoyang, perjalanan di laur sukar	13,9 – 17,1	50 - 61	32 – 38
8	Angin sangat kuat	Ranting – ranting pohon patah, berjalan menentang angin berat	17,2 – 20,7	62 – 74	39 – 46
9	Badai	Kerugian – kerugian kecil terhadap rumah – rumah, genting – genting rumah tertiup dan terlempar	20,8 – 24,4	75 – 88	47 - 54
10	Badai kuat	Pohon – pohon tumbang, kerusakan besar pada rumah – rumah	24,5 – 28,4	89 – 102	55 - 63
11	Angin ribut	Kerusakan terjadi pada daerah yang luas.	28,5 – 32,6	103 - 120	64 – 75

2.4. Analisis Pengaruh Luas Bukaan Terhadap Penghawaan Alami dan Kenyamanan Thermal.

Luas Bukaan ventilasi pada bangunan, berperan penting dalam memberikan rasa nyaman dan sehat bagi para penghuni bangunan. Dari data Kecepatan Angin diluar dan dalam bangunan, maka akan bisa didapatkan Hasil Analisa Tingkat Kenyamanan Bangunan dengan membandingkannya dengan penelitian-penelitian tentang Standar Kenyamanan Kecepatan Angin dalam Bangunan Rumah Tinggal yang beriklim Tropis seperti Indonesia.

Apabila data pengukuran pada Tabel 1 dan 2, dibandingkan dengan hasil penelitian Gandemer (1992) yang mengatakan bahwa di Indonesia untuk mencapai kenyamanan dalam ruangan dengan aktifitas sedang maka Kecepatan Angin adalah sekitar 0,2 m/dtk - 1,5 m/dtk. Maka dapat disimpulkan bahwa Kecepatan Angin pada Ruang Tamu, Kamar Tidur A, B dan C, Ruang Makan dan Dapur, pada saat *jendela dan pintu terbuka maupun tertutup*, **memenuhi** Standar Kenyamanan untuk penghuni. Untuk Ruang Keluarga, Kecepatan Angin pada ruang tersebut **tidak memenuhi** Standar Kenyamanan untuk ruangan dengan aktifitas sedang, karena kecepatan angin dalam ruang tersebut disaat jendela terbuka maupun tertutup yaitu kurang dari 0,2 m/dtk.



Luas bukaan (jendela, ventilasi dan pintu yang berhadapan dengan ruang luar) pada rumah tinggal hasil modifikasi dari rumah tradisional ini apabila dihitung berdasarkan syarat-syarat minimum luas bukaan dalam *SNI Departemen Pekerjaan Umum* bahwa, sebuah ruang pada rumah tinggal harus memiliki ventilasi tidak kurang dari 5% dari luas lantai ruangan dan jendela 20% dari luas lantai ruangan, maka hasilnya adalah sebagai berikut :

Tabel 5. Luas bukaan jendela, ventilasi dan pintu dihitung dengan menggunakan standar minimum bukaan yang ada pada Standar Nasional Indonesia Departemen Pekerjaan Umum

No	Nama Ruang	Luas Ruang	Luas Jendela		Luas Ventilasi		Keterangan
			Keadaan Sekarang	Standar menurut SNI	Keadaan Sekarang	Standar menurut SNI	
1.	Ruang Tamu	13,5 m ²	4,5 m ²	2,7	0,9 m ²	0,67	
2.	Ruang Keluarga	11,25 m ²	-	-	-	-	Tidak ada ventilasi
3.	Ruang Makan	11,25 m ²	1,8 m ²	2,25	0,57 m ²	0,56	
4.	Kamar Tidur A	14 m ²	3,59 m ²	2,8	0,73 m ²	0,7	
5.	Kamar Tidur B	10,5 m ²	3,59 m ²	2,1	0,73 m ²	0,52	
6.	Kamar Tidur C	10,5 m ²	1,8 m ²	2,1	0,36 m ²	0,52	
7.	Dapur	7 m ²	1,5 m ²	1,4	0,66 m ²	0,35	

Dari perhitungan standar minimum luas bukaan diatas berdasarkan *SNI Departemen Pekerjaan Umum*, maka dapat disimpulkan bahwa hanya ruang keluarga yang luas bukaannya tidak memenuhi standar minimum luas bukaan dalam SNI Departemen Pekerjaan Umum.

3. KESIMPULAN

Berdasarkan data dan analisa diatas tentang Kecepatan Angin dalam ruangan dapat disimpulkan bahwa Luas Bukaan Ventilasi yang langsung berhadapan dengan ruang luar berpengaruh besar terhadap Kenyamanan dan Penghawaan Alami suatu ruang, hal itu dapat dilihat pada Ruang Keluarga yang tidak memiliki bukaan yang langsung, berhadapan dengan ruang luar sehingga Kecepatan Angin yang masuk ke Ruang Keluarga **tidak memenuhi** Standar Minimum Kecepatan Angin yang nyaman untuk aktifitas sedang dalam rumah tinggal. Tidak seperti Kecepatan Angin pada ruang lainnya (Ruang Tamu, Kamar Tidur A, B, C dan Dapur) yang **memenuhi** Standar Minimum Kecepatan Angin yang nyaman untuk aktifitas sedang dalam rumah tinggal. Kecepatan Angin dalam Ruang Keluarga kurang dari $0,2 \text{ m/dtk}$, sehingga tidak memenuhi standar kecepatan angin yang nyaman untuk rumah tinggal yaitu $0,2 \text{ m/dtk} - 1,5 \text{ m/dtk}$.

Hasil dari analisa tersebut, berbanding lurus dengan hasil perhitungan Standar Minimum Luas Bukaan berdasarkan *SNI Departemen Pekerjaan Umum* yang menyimpulkan, bahwa hanya Ruang Keluarga yang **tidak memenuhi** Standar Minimum Luas Bukaan yaitu jendela 20% dari luas ruangan dan ventilasi 5% dari luas ruangan.

Dari hasil pembahasan dan kesimpulan tentang Kenyamanan Termal dan Penghawaan Alami diatas, disarankan agar menghilangkan Dinding Pembatas antara Ruang Makan dan Ruang Keluarga sehingga angin dari Ruang Makan bisa langsung ke Ruang Keluarga. Serta merubah bentuk bukaan Daun Jendela pada Ruang Makan, yaitu dibuat dengan sudut 90° agar dapat mengalirkan angin yang cukup yang mampu memenuhi standar kenyamanan, karena kedua ruang tersebut mempunyai total luas ruang yang cukup besar yaitu 23 m^2 .

Disarankan pula, dalam perancangan bangunan Rumah Tinggal Tradisional Minahasa khususnya di Kota Manado di kemudian hari diharapkan agar seluruh ruang-ruang dalam rumah tinggal memiliki bukaan yang langsung berhadapan dengan ruang luar, agar udara alami dari luar bangunan dapat masuk dengan optimal kedalam ruangan, dengan memperhatikan Standar Luas Bukaan untuk Rumah Tinggal, sehingga dapat terciptanya rasa nyaman bagi penghuni rumah tinggal tradisional tersebut.

Penulisan ini diharapkan dapat menjadi panduan awal untuk pengkajian lebih lanjut tentang

Pengaruh Luas Bukaannya Ventilasi terhadap Kenyamanan Termal dan Penghawaan Alami pada Rumah Tinggal Hasil Modifikasi dari Rumah Tradisional Minahasa.

DAFTAR PUSTAKA

- Departemen Pekerjaan Umum. **Standar Nasional Indonesia Tentang Standar Minimum Luas Bukaannya**. ____
- Hidayat, Syarif. ____ . **Arsitektur Tropis**. ____
- Mannan, Abdul. 2007. **Pengaruh Yang Ditimbulkan Oleh Adanya Faktor Kenyamanan Thermal Pada Bangunan**. Gorontalo. ____.
- Prianto, Eddy. ____ . **Alternatif Disain Arsitektur Daerah Tropis Lembab Dengan Pendekatan Kenyamanan Thermal**. Semarang. ____.
- Sangkertadi & Rumagit, Fransisca. 1999. **Mengevaluasi Penghawaan Alami Sebuah Rumah Tropis Dua Lantai Dengan Menggunakan Teknik Simulasi Numerik**. Manado. ____.
- Talarosha, Basaria. 2005. **Menciptakan Kenyamanan Thermal Dalam Bangunan**. ____.
- Sangkertadi. ____ . **Fisika Bangunan 1**. ____.
- BMKG, 2009. **Manado Dalam Angka**. Manado. ____.