

TESIS

**KINERJA TERMAL DE'DIBA KULONG RUMA BULONGAN
UNTUK KENYAMANAN PENGHUNI**

*THERMAL PERFORMANCE OF DE'DIBA KULONG RUMA BULONGAN
FOR RESIDENTS COMFORT*

ICHA ANGGRIANI

D04218007



**PROGRAM STUDI MAGISTER
DEPARTEMEN ARSITEKTUR FAKULTAS TEKNIK
UNIVERSITAS HASANUDDIN
MAKASSAR
2022**

**KINERJA TERMAL DE'DIBA KULONG RUMA BULONGAN
UNTUK KENYAMANAN PENGHUNI**

*THERMAL PERFORMANCE OF DE'DIBA KULONG RUMA BULONGAN
FOR RESIDENTS COMFORT*

ICHA ANGGRIANI

D042181007



**PROGRAM STUDI MAGISTER
DEPARTEMEN ARSITEKTUR FAKULTAS TEKNIK
UNIVERSITAS HASANUDDIN
MAKASSAR
2022**

**KINERJA TERMAL
DE'DIBA KULONG RUMA BULONGAN
UNTUK KENYAMANAN PENGHUNI**

Tesis
Sebagai Salah Satu Syarat untuk Mencapai Gelar Magister

Program Studi
Teknik Arsitektur

Disusun dan diajukan oleh

ICHA ANGGRIANI

Kepada

**PROGRAM STUDI MAGISTER
DEPARTEMEN ARSITEKTUR FAKULTAS TEKNIK
UNIVERSITAS HASANUDDIN
MAKASSAR
2022**

LEMBAR PENGESAHAN (TESIS)

KINERJA TERMAL DE'DIBA KULONG RUMA BULONGAN UNTUK KENYAMANAN PENGHUNI

*THERMAL PERFORMANCE OF DE'DIBA KULONG RUMA BULONGAN
FOR RESIDENTS COMFORT*

Disusun dan diajukan oleh

ICHA ANGGRIANI

D042181007

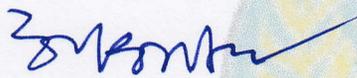
Telah dipertahankan di hadapan Panitia Ujian yang dibentuk dalam rangka
Penyelesaian Studi Program Magister Program Studi Arsitektur Fakultas Teknik

Universitas Hasanuddin pada Tanggal 29 Juni 2022

Dan Dinyatakan Telah Memenuhi Syarat

Menyetujui

Komisi penasihat,



Ir. Ria Wikantari R., M.Arch., Ph.D.
NIP. 19610915 198811 2 001



Prof. Ir. Baharuddin Hamzah, ST., M. Arch., Ph.D.
NIP. 19690308 199512 1 001

Plt. Ketua Program Studi S2
Departemen Arsitektur



Dr. Ir. H. Edward Syarif, ST., MT
NIP. 19690612 199802 1 001

Dekan Fakultas Teknik
Universitas Hasanuddin,



Prof. Dr. Eng. Ir. Muhammad Isran Ramli, ST., MT
NIP. 19730926 200012 1 002

PERNYATAAN KEASLIAN TESIS

Yang bertanda tangan di bawah ini:

Nama : Icha Anggriani

Nomor Induk Mahasiswa : D042181007

Program Studi : Magister Teknik Arsitektur

Menyatakan dengan sebenarnya bahwa tesis yang saya tulis ini benar-benar merupakan hasil karya saya sendiri, bukan merupakan pengambilan tulisan atau pemikiran orang lain, apabila di kemudian hari terbukti atau dapat dibuktikan bahwa sebagian atau keseluruhan tesis ini hasil karya orang lain, saya bersedia menerima sanksi atas perbuatan tersebut.

Gowa, 29 Juni 2022



Icha Anggriani

PRAKATA

Bismillaahirrahmaanirrahiim

Alhamdulillah Puji dan Syukur Atas kehadiran Allah SWT karena atas izin dan limpahan rahmatnyalah sehingga penulis dapat menyelesaikan penyusunan tesis yang berjudul “**KINERJA TERMAL DE’DIBA KULONG RUMA BULONGAN UNTUK KENYAMANAN PENGHUNI**” dalam Program Magister Departemen Arsitektur Fakultas Teknik Universitas Hasanuddin. Shalawat dan salam tak lupa peneliti panjatkan kepada Rasulullah SAW sebagai manusia yang paling mulia yang menjadi suri tauladan bagi seluruh umat manusia.

Penulisan tesis ini sebagai syarat untuk menyelesaikan pendidikan Magister Arsitektur di Fakultas Teknik Universitas Hasanuddin. Tesis ini dibuat untuk menjadi bahan kajian teori mengenai Kinerja Termal Rumah Panggung Bulungan Untuk Kenyamanan Penghuni.

Selama penyusunan tesis, tentunya terdapat berbagai hambatan, namun berkat dukungan dari berbagai pihak penulis dapat menyelesaikan tesis ini sebaik-baiknya. Oleh karena itu, secara khusus mengucapkan terima kasih sebesar-besarnya kepada:

1. Yang teristimewa Bapak **Irwan H.S** dan Ibu **Cahaya** yang telah berjuang memberikan dukungan moril, immoril, dan doanya.
2. Ibu **Ir. Ria Wikantari R, M. Arch., Ph.D** dan Bapak **Prof. Ir. Baharuddin Hamzah, ST., M. Arch., Ph.D** selaku pembimbing

satu dan pembimbing dua yang telah memberikan ilmu dan bimbingannya.

3. Ibu **Dr. Ir. Nurul Jamala, MT.**, Bapak **Dr. Eng. Ir. Rosady Mulyadi, ST., MT.**, dan Bapak **Dr. Ir. Mohammad Mochsen Sir, ST., MT.**, selaku penguji yang telah memberikan ilmu, masukan, dan kritik yang membangun untuk kesempurnaan.
4. Seluruh **Dosen** dan **Staf** Departemen Arsitektur Fakultas **Teknik Universitas Hasanuddin** yang telah mempermudah proses administrasi dan memberikan bantuannya selama penulis menimba ilmu di Magister Arsitektur Fakultas Teknik Universitas Hasanuddin.
5. Teman-teman **Pascasarjana Teknik Arsitektur khususnya angkatan 2018**, Junior dan Senior yang telah memberikan masukan, dukungan dan bantuan yang sangat berarti dalam perjalanan studi penulis.
6. **Rektor, Dosen** dan teman-teman **alumni Universitas Kaltara** yang telah memberikan sumbangan pemikiran, bantuan dan motivasi sehingga penulisan ini dapat diselesaikan.
7. Saudara saya **Adhi Chandra, Siti Mutmainah, Ichwan Asyraf, Keluarga**, dan Sahabat yang telah memberikan motivasi dan bantuan penulis menyelesaikan tesis ini.
8. **Penghuni Rumah Panggung Bulungan** dan Seluruh pihak yang tidak dapat penulis sebutkan satu persatu.

Penulis menyadari dalam penyusunan tesis ini, terdapat banyak kekurangan mengingat keterbatasan waktu dan kapasitas penulis. Oleh karena itu, penulis mengharapkan saran dan kritik yang sifatnya membangun demi kebaikan tesis ini. Akhir kata, saya berharap semoga Allah SWT berkenan membalas segala kebaikan semua pihak yang telah membantu dan semoga tesis ini dapat memberikan kontribusi dan manfaat bagi perkembangan ilmu pengetahuan khususnya dalam bidang arsitektur.

Gowa, Juni 2022

Icha Anggriani

ABSTRAK

ICHA ANGGRIANI. Pengaruh Tinggi *De'diba Kulong Ruma Bulongan* Untuk Kenyamanan Termal Penghuni, (dibimbing oleh Ria Wikantari dan Baharuddin Hamzah)

Rumah panggung Bulungan yang dalam bahasa daerah setempat disebut *De'diba Kulong Ruma Bulongan* memiliki ketinggian lantai variatif sekitar 30 cm, 50 cm dan 100 cm. Perbedaan ketinggian lantai panggung ini diduga memberikan kinerja termal berbeda yang berpengaruh pada kenyamanan penghuni. Penelitian ini bertujuan: (1) Menjelaskan karakteristik arsitektur *De'diba Kulong Ruma Bulongan* dan kondisi eksisting kenyamanan termal penghuni, (2) Menganalisis pengaruh tinggi lantai *De'diba Kulong Ruma Bulongan* terhadap kenyamanan termal berdasarkan pengukuran dan persepsi penghuni, (3) Menjelaskan kinerja tinggi lantai *De'diba Kulong Ruma Bulongan* terhadap kenyamanan termal penghuni berbasis kondisi iklim dan lingkungan. Jenis penelitian ini kuantitatif, dengan metode survei menggunakan data kualitatif dan kuantitatif. Data dikumpulkan melalui observasi, pengukuran termal, dan penyebaran kuesioner kepada 43 responden penghuni 9 sampel rumah panggung Bulungan. Teknik analisis menggunakan PMV dan PPD melalui CBE comfort thermal tools, serta tabulasi silang data kuesioner. Hasil analisis diagram psikrometric dan diagram temperatur efektif pada pukul 13.00–14.00 WITA menunjukkan bahwa rata-rata suhu temperatur efektif tertinggi di semua bangunan rumah panggung yang di ukur berada pada kisaran 25,5 – 29 °C. Analisis PMV menggunakan CBE Thermal Comfort Tool menunjukkan bahwa rumah panggung sesuai dengan standar Ashrae 55 terbanyak pada ketinggian 100 cm dengan nilai PMV = 0.02 dan PPD 5% sensasi nilai netral dengan Suhu Operasi 25,5 – 27 °C. Analisis kuesioner menunjukkan penerimaan termal paling nyaman berdasarkan karakteristik responden yaitu penghuni yang berjenis kelamin perempuan, yang berusia lansia (>54 tahun), dan yang memakai pakaian gamis. Analisis persepsi penghuni menunjukkan penerimaan termal paling nyaman di empat titik ukur rumah panggung secara berurutan adalah rumah panggung dengan ketinggian 100 cm, kemudian 50 cm dan terakhir 30 cm. Penelitian ini menyimpulkan bahwa kinerja tinggi lantai arsitektur berpanggung *De'diba Kulong Ruma Bulongan* untuk kenyamanan termal penghuni berhubungan dengan kondisi termal yang dipengaruhi oleh iklim dan lingkungan.

Kata kunci: Rumah Panggung, Tinggi Lantai, Temperatur Efektif, Bulungan, CFD, Ecotect

ABSTRACT

ICHA ANGGRIANI. Thermal Performace Of De'diba Kulong Ruma Bulongan For Residents Comfort, (supervised by Ria Wikantari dan Baharuddin Hamzah)

The Bulungan Stilt House which in local language is called *De'diba Kulong Ruma Bulongan* has various floor heights of around 30 cm, 50 cm and 100 cm. The difference in stilted floor height is expected to yield different thermal performance that affects occupant comfort. This study aims to: (1) explain the architectural characteristics of *De'diba Kulong Ruma Bulongan* and the existing conditions of thermal comfort of the occupants, and (2) analyze the effect of the floor height of *De'diba Kulong Ruma Bulongan* on the thermal comfort based on measurements and occupants perceptions, (3) explain the floor height performance on occupant thermal comfort as a function of climatic and environmental conditions. This research is quantitative, with a survey method using both qualitative and quantitative data. Data were collected through observation, thermal measurements, and distribution of questionnaires to 43 respondents who lived in 9 samples of Bulungan stilt houses. The analysis technique used PMV and PPD through the CBE thermal comfort tools, as well as cross-tabulation of questionnaire data. The results of the analysis of the psychrometric chart and the effective temperature chart at 13:00–14:00 WITA show that the highest average effective temperature in all measured stilt houses is in the range of 25.5-29°C. PMV analysis using the CBE thermal comfort tool shows that houses on stilts are most compliant with Ashrae 55 at a height of 100 cm with PMV = 0.02 and PPD feel 5 % of a neutral value with an operating temperature of 25.5 - 27°C. Questionnaire analysis shows the most comfortable thermal reception according to the respondent's characteristics, namely occupants who are women, elderly (> 54 years old), and those who wear long loose gowns called *gamis*. The analysis of the occupants' perception shows that the most comfortable thermal reception at the four measurement points of the house on stilts is a house on stilts with a height of subsequently 100 cm, 50 cm, and 30 cm. This study concludes that the floor height affects thermal comfort in which the higher the stilted floor height in the architecture of the *De'diba Kulong Ruma Bulongan* the more comfortable for the occupants. This study also verifies that thermal comfort is influenced by climatic and environmental conditions.

Keywords: House on Stilts; Floor Height; Effective Temperature; Bulungan; CFD; Ecotect

DAFTAR ISI

LEMBAR PENGESAHAN (TESIS).....	i
PERNYATAAN KEASLIAN TESIS	ii
PRAKATA.....	iii
ABSTRAK.....	vi
ABSTRACT	vii
DAFTAR ISI	1
DAFTAR GAMBAR.....	4
DAFTAR TABEL	8
BAB I	
PENDAHULUAN	10
A. Latar Belakang.....	10
B. Rumusan Masalah	14
C. Tujuan Penelitian.....	14
D. Manfaat Penelitian	15
E. Batasan dan Ruang Lingkup Penelitian.....	15
F. Keterbatasan Penelitian	16
G. Sistematika Penulisan.....	17
H. Alur Pikir	18
BAB II	
TINJAUAN PUSTAKA	19
A. Rumah Panggung Bulungan	19
B. <i>De'diba Kulong Ruma Bulongan</i>	28
C. Kenyamanan Termal	37
D. Iklim dan Cuaca Bulungan.....	56
E. Penghuni.....	65
F. Penelitian Terdahulu	66

F. Kerangka Konseptual.....	79
------------------------------------	-----------

BAB III

METODE PENELITIAN	80
A. Pendekatan dan Jenis Penelitian	80
B. Waktu dan Lokasi Penelitian	81
1. Waktu Penelitian	81
2. Lokasi Penelitian	82
C. Populasi dan Sampel	83
1. Populasi dan Sampel Penghuni Rumah Panggung	83
2. Populasi dan Sampel Rumah Panggung Kabupaten Bulungan ...	84
D. Definisi Operasional dan Variabel	86
E. Jenis dan Sumber Data	94
F. Teknik Pengumpulan Data	97
G. Instrumen Penelitian	98
H. Variabel Penelitian.....	104
I. Teknik Analisis Data.....	105
J. Uji Validitas dan Reabilitas	110
K. Strategi Penelitian	112

BAB IV

HASIL DAN PEMBAHASAN.....	115
A. Lokasi dan Objek Penelitian Rumah Panggung.....	115
B. Kondisi dan Karakteristik De'diba Kulong Ruma Bulongan	119
C. Hasil Pengukuran	127
1. De'diba Ruma Bulongan dengan Tinggi 30 cm	128
2. De'diba Ruma Bulongan dengan Tinggi 50 cm	136
3. De'diba Ruma Bulongan dengan Tinggi 100 cm	142
4. Perbandingan Analisis Nilai Temperatur Efektif Rumah Panggung Bulungan.....	150

5. Analisis Kenyamanan Termal Penghuni Melalui <i>CBE Thermal Comfort Tool</i> (Ashrae 55).....	157
6. Analisis Kenyamanan Termal Berdasarkan Persepsi Penghuni	161
7. Perbandingan Kenyamanan Termal Antara Hasil Pengukuran ASHRAE dan Persepsi Penghuni.....	165
8. Kenyamanan Termal De'diba Kulong Ruma Bulongan Berbasis Simulasi Ecotect.....	170
9. Kenyamanan Termal De'diba Kulong Ruma Bulongan Berbasis Simulasi CFD	176
BAB V	181
PENUTUP	181
DAFTAR PUSTAKA.....	183

DAFTAR GAMBAR

Gambar 1 Alur Pikir Penelitian	18
Gambar 2 Ruma Sembau Bulungan	24
Gambar 3 Ruma Raya Bulungan	24
Gambar 4 Denah Rumah Adat Bulungan	26
Gambar 5 Sistem Sirkulasi Udara Pada Rumah Panggung.....	32
Gambar 6 Tinggi Rumah Panggung Bulungan	34
Gambar 7 Rumah tinggal masyarakat Bulungan	35
Gambar 8 Banjir Pada Rumah Panggung	36
Gambar 9 Peta Astronomis Indonesia.....	37
Gambar 10 Skema Taksonomi.....	40
Gambar 11 Comfort CBE Berkeley	46
Gambar 12 Psychrometric Chart.....	51
Gambar 13 Diagram Temperatur Suhu Efektif	52
Gambar 14 CBE Thermal Comfort Tool	55
Gambar 15 Pembagian Iklim Koppen.....	56
Gambar 16 Peta Iklim di Indonesia	58
Gambar 17 Kota Tanjung Selor.....	60
Gambar 18 Kerangka Konseptual Penelitian.....	79
Gambar 19 Peta Lokasi Penelitian	83
Gambar 20 Lokasi dan Objek Penelitian Rumah Panggung.....	116
Gambar 21 De'diba Kulong Ruma Bulungan.....	123
Gambar 22 Nilai Rata-rata Temperatur Dalam Ruangan Rumah Panggung Tinggi 30 cm.....	130
Gambar 23 Nilai Rata-rata Kelembaban Dalam Ruangan Rumah Panggung Tinggi 30 cm.....	131
Gambar 24 Nilai Rata-rata Kecepatan Angin Dalam Ruangan Rumah Panggung Tinggi 30 cm.....	132
Gambar 25 Nilai Rata-rata Temperatur Suhu Dinding Dalam Ruangan 30 cm	133

Gambar 26 Nilai Temperatur °C Luar Ruangan Rumah Panggung 30 cm	134
Gambar 27 Nilai Kelembaban % Luar Ruangan Rumah Panggung 30 cm	134
Gambar 28 Nilai Kecepatan Angin (m/s) Luar Ruangan Rumah Panggung 30 cm	134
Gambar 29 Nilai Temperatur °C Dalam Ruangan Rumah Panggung 50 cm	137
Gambar 30 Nilai Kelembaban % Dalam Ruangan Rumah Panggung 50 cm	138
Gambar 31 Nilai Kecepatan Angin (m/s) Dalam Ruangan Rumah Panggung 50 cm	139
Gambar 32 Nilai Rata-rata Temperatur °C Dinding Dalam Ruangan	140
Gambar 34 Nilai Rata-rata Kelembaban % Luar Ruangan Rumah Panggung 50 cm	141
Gambar 33 Nilai Rata-rata Temperatur °C Luar Ruangan Rumah Panggung 50 cm	141
Gambar 35 Nilai Rata-rata Kecepatan Angin (m/s) Luar Ruangan Rumah Panggung 50 cm	141
Gambar 36 Nilai Rata-rata Temperatur °C Dalam Ruangan Rumah Panggung 100 cm	144
Gambar 37 Nilai Rata-rata Kelembaban % Dalam Ruangan Rumah Panggung 100 cm	145
Gambar 38 Nilai Rata-rata Kecepatan Angin (m/s) Dalam Ruangan Rumah Panggung 100 cm	146
Gambar 39 Nilai Rata-rata Temperatur Suhu Dinding Dalam Ruangan 100 cm	147
Gambar 40 Nilai Rata-rata Temperatur °C Luar Ruangan Rumah Panggung 100 cm	148
Gambar 41 Nilai Rata-rata Kelembaban % Luar Ruangan Rumah Panggung 100 cm	148

Gambar 42 Nilai Rata-rata Kecepatan Angin (m/s) Luar Ruangan Rumah Panggung 100 cm	148
Gambar 44 Diagram Temperatur dan Psikrometric Rumah Panggung 02	151
Gambar 45 Diagram Temperatur Efektif dan Psikrometric Rumah Panggung 003	151
Gambar 43 Diagram Temperatur dan Psikrometric Rumah Panggung 01	151
Gambar 46 Diagram Temperatur Efektif dan Psikrometric Rumah Panggung 004	152
Gambar 47 Diagram Temperatur Efektif dan Psikrometric Rumah Panggung 5	152
Gambar 48 Diagram Temperatur Efektif dan Psikrometric Rumah Panggung 6	152
Gambar 49 Diagram Temperatur Efektif dan Psikrometric Rumah Panggung 007	153
Gambar 50 Diagram Temperatur Efektif dan Psikrometric Rumah Panggung 8	153
Gambar 51 Diagram Temperatur Efektif dan Psikrometric Rumah Panggung 009	153
Gambar 52 Rata-rata Temperatur Efektif Rumah Panggung Tinggi 30 cm	154
Gambar 53 Rata-rata Temperatur Efektif Rumah Panggung Tinggi 50 cm	155
Gambar 54 Rata-rata Temperatur Efektif Rumah Panggung Tinggi 100 cm	156
Gambar 57 CBE Penghuni Rumah Panggung 003	158
Gambar 56 CBE Penghuni Rumah Panggung 02	158
Gambar 55 CBE Penghuni Rumah Panggung 01	158
Gambar 60 CBE Penghuni Rumah Panggung 06	158
Gambar 59 CBE Penghuni Rumah Panggung 5	158

Gambar 58 CBE Penghuni Rumah Panggung 04	158
Gambar 63 CBE Penghuni Rumah Panggung 9	159
Gambar 62 CBE Penghuni Rumah Panggung 8	159
Gambar 61 CBE Penghuni Rumah Panggung 007	159
Gambar 64 Persepsi Kenyamanan Berdasarkan Jenis Kelamin	161
Gambar 65 Persepsi Kenyamanan Berdasarkan Usia	162
Gambar 66 Persepsi Kenyamanan Berdasarkan Insulasi Pakaian.....	163
Gambar 67 Persepsi Kenyamanan Berdasarkan Tinggi Rumah Panggung.....	164
Gambar 68 Perbandingan Rata-rata Temperatur Efektif Rumah Panggung.....	165
Gambar 69 Perbandingan Rata-rata Kelembaban Rumah Panggung ..	166
Gambar 70 Rata-rata Kecepatan Rumah Panggung	167
Gambar 71 Rata-rata CBE Rumah Panggung Tinggi 30 cm	168
Gambar 72 Rata-rata CBE Rumah Panggung Tinggi 50 cm	168
Gambar 73 Rata-rata CBE Rumah Panggung Tinggi 100 cm	169
Gambar 74 Simulasi CFD Tinggi 30 cm	177
Gambar 75 Simulasi CFD Tinggi 50 cm	178
Gambar 76 Simulasi CFD Tinggi 100 cm	179

DAFTAR TABEL

Tabel 1. Bentuk Bangunan Arsitektur Kalimantan Utara	21
Tabel 2. Bentuk Bangunan Peninggalan Kesultanan Bulungan	23
Tabel 3. Rumah Panggung Bulungan	30
Tabel 4. Suhu Radiasi Asimetri (°C).....	43
Tabel 5. Pengaruh Kelembaban Atas Suhu Dan Kenyamanan Ruang .	43
Tabel 6. Nilai Insulasi Pakaian untuk Jenis Pakaian	45
Tabel 7. Laju metabolisme.....	47
Tabel 8. Skala Sensasi Kenyamanan Termal ASHRAE dan Bedford (1964)	54
Tabel 9. Rekapitulasi Informasi Klimatologi Stasiun Meteorologi Kabupaten Bulungan Tahun 2020	61
Tabel 10. Rekapitulasi Informasi klimatologi Stasiun Meteorologi Kabupaten Bulungan Tahun 2020	62
Tabel 11. Matriks Jurnal Penelitian	66
Tabel 12. Pembaharuan Penelitian	78
Tabel 13. Banyak Rumah Panggung Kabupaten Bulungan	85
Tabel 14. Variabel Tinggi Rumah Panggung (X1) Terhadap Kenyamanan Termal (Y).....	91
Tabel 15. Variabel Kondisi Termal (X2) Terhadap Kenyamanan Termal (Y)	92
Tabel 16. Variabel Insulasi Pakaian Penghuni (X3) Terhadap Kenyamanan Termal (Y)	93
Tabel 17. Data awal hasil Rumah Sembau	94
Tabel 18. Data awal hasil Rumah Raya	95
Tabel 19. Data Awal Rumah Masyarakat Bulungan	95
Tabel 20. Data Awal Hasil wawancara.....	96
Tabel 21. Kuesioner Kenyamanan Termal Tinggi Rumah Panggung Untuk Penghuni.....	98
Tabel 22. Alat Pengukuran	103

Tabel 23. Variabel Penelitian	104
Tabel 24. Kerangka Analisis Data.....	108
Tabel 25. Analisis Data.....	109
Tabel 26. Karakteristik De'diba Kulong Ruma Bulongan.....	120
Tabel 27. Eksisting dan Titik Ukur Rumah Panggung Tinggi 30 cm	128
Tabel 28. Eksisting dan Titik Ukur Rumah Panggung Tinggi 50 cm	136
Tabel 29. Eksisting dan Titik Ukur Rumah panggung Tinggi 100 cm ..	142
Tabel 30. Hasil Analisis Rumah Panggung Berbasis Simulasi Ecotect	171
Tabel 31. Hasil Analisis Nilai Termal Rumah Panggung Berbasis Simulasi Ecotect.....	173
Tabel 32. Hasil Analisis Kenyamanan Rumah Panggung Berbasis Simulasi Ecotect	174

BAB I

PENDAHULUAN

A. Latar Belakang

Rumah tinggal masyarakat Indonesia umumnya merupakan bangunan adaptif. Penggunaan energi lebih sedikit karena mengandalkan alam semesta. Kinerja termal rumah tinggal dapat memenuhi kebutuhan hunian mencapai rumah aman dan nyaman. Salah satu indikator dalam menganalisa kinerja termal rumah tinggal sangat erat dengan kondisi bangunan rumah tinggal dan bahan yang digunakan terhadap penghuni. Sehingga efisiensi ruang-ruang rumah tinggal dapat dirasakan nyaman oleh penghuni secara alami. Kenyamanan penghuni rumah tinggal tetap mempertahankan bentuk kearifan lokal arsitektur mampu mendapatkan kondisi nyaman dengan pengkondisian udara yang baik.

Bentuk kearifan lokal arsitektur Bulungan berkaitan dengan keberadaan bangunan bersejarah peninggalan warisan generasi masa lalu. Kabupaten Bulungan memiliki Kesultanan Bulungan berkedudukan di Tanjung Palas. Kejayaan Kesultanan Bulungan berupa nilai-nilai originalitas, benda, dokumentasi dan bukti-bukti di Museum Kesultanan Bulungan. Salah satunya peninggalan kekayaan arsitektur rumah tinggal tradisional berkonsep vernakular yaitu bangunan rumah panggung masyarakat Bulungan. Masyarakat Bulungan terdiri dari penduduk asli Kabupaten Bulungan yaitu Suku Dayak, Suku Bulungan dan Suku Tidung.

Rumah panggung masyarakat Bulungan warisan dari generasi masa lalu tanggap iklim dan lingkungan. Tetap memberikan aspek nilai lokalitas, tradisi, dan unsur budaya kaya makna daerah. Rumah panggung Bulungan mengacu pada sistem desain pasif dalam mencapai kenyamanan termal penghuni. Filosofi ini diakui secara aklamasi rumah panggung sebagai rumah tinggal nyaman. Secara turun temurun melalui try and error melahirkan karya orisinal diyakini telah menyesuaikan iklim dan lingkungan. Wujud fisik kekhasan rumah panggung tinggi lantai bervariasi 30 cm, 50 cm dan 100 cm dengan bahan material utama kayu dapat menjadi ikon Ibukota Tanjung Selor, Kabupaten Bulungan, Kalimantan Utara.

Kondisi dan karakteristik wilayah mempengaruhi kekhasan bangunan rumah tinggal berupa bangunan panggung. Rumah panggung Bulungan memiliki tinggi lantai bervariasi 30 cm, 50 cm dan 100 cm. Rumah panggung ini banyak terdapat di Kabupaten Bulungan. Menurut Tokoh Adat Bulungan Datuk Abdul Hamid bahwa rumah panggung dalam istilah bahasa daerah Bulungan dapat dikenal sebagai *De'diba Kulong Ruma Bulongan* artinya rumah panggung di Kabupaten Bulungan. *De'diba Kulong Ruma Bulongan* atau rumah panggung masyarakat Bulungan ini secara turun-temurun melalui proses yang diyakini masyarakatnya telah menyesuaikan iklim dan lingkungan yang mengacu pada sistem desain pasif untuk mencapai kenyamanan termal penghuni.

Pembagian iklim Koppen di daerah Kalimantan mempengaruhi iklim dan lingkungan di Kabupaten Bulungan yaitu Hutan hujan tropis (Af). Iklim

tropis lembab dengan hutan hujan tropis atau tropika basah ini meliputi daerah sekitar khatulistiwa ditandai presipitasi (hujan) dan kelembaban tinggi dengan temperatur yang hampir selalu tinggi pada musim panas, angin sedikit, radiasi matahari sedang sampai kuat, pertukaran panas kecil karena tingginya kelembaban (Lippsmeier dalam Sardjono, 2011). Pada iklim tropis lembab ini kenyamanan termis memiliki temperatur udara dan kelembaban udara yang relatif tinggi menyebabkan situasi kadang tidak nyaman secara termal bagi manusia (Syafriy, 2012).

Kondisi topografi wilayah di Bulungan sebagian besar hutan dan sungai. Jenis tanah rendah atau cenderung rata. Karakteristik sungai pasang-surut jika terjadi hujan dengan intensitas tinggi bersamaan, pasang sungai menyebabkan lahan pemukiman sering terkena dampak banjir. Kondisi lain penyebab permasalahan kenyamanan termal rumah panggung adalah iklim dengan cuaca *ekstrim* dimana suhu paling panas berganti hujan yang tinggi pula. Kelembaban tinggi dengan curah hujan yang tinggi menyebabkan karakteristik tanah mudah basah atau tergenang air pada permukaan tanah. Sebaliknya, merasakan panas yang tinggi dengan suhu tertinggi pada siang hari yang menyebabkan ketidaknyamanan.

Keunggulan-keunggulan rumah panggung mencakup perlindungan terhadap banjir, memaksimalkan pandangan, perluasan ventilasi, estetika dan penerapan prinsip pembangunan berkelanjutan (Gross dalam Angkasa, 2018). Rumah panggung memungkinkan pemaksimalan kawasan sempit dan bagian bawah atau kolong rumah memberikan fungsi

ventilasi bagi lantai. Desain panggung dapat meningkatkan estetika (Angkasa, 2018). Ruang rumah panggung berfungsi untuk pemaksimalan aliran angin masuk ke dalam bagian rumah dapat dikategorikan rumah tradisional tropis sebagai bentuk penyikapan kondisi alam dan cuaca panas sehingga memungkinkan penghuninya mendapatkan penghawaan baik dan segar (Suharjanto, 2011).

Rumah panggung masyarakat Bulungan di Kabupaten Bulungan Provinsi Kalimantan Utara dengan tinggi lantai 30 cm, 50 cm dan 100 cm menjadi keunikan ciri khas rumah tinggal di Ibukota Kalimantan Utara. Masyarakat meminati rumah panggung Bulungan karena telah beradaptasi dengan fenomena dari topografi yaitu banjir sehingga membangun desain rumah panggung memiliki variasi tinggi lantai 30 cm, 50 cm dan 100 cm. Desain rumah panggung yang tepat diharapkan dapat memberikan suhu nyaman penghuninya. Karena kenyamanan rumah tinggal merupakan kebutuhan secara psikologis mempengaruhi kesehatan pikiran, perasaan dan tubuh manusia. Rumah tinggal nyaman dapat memberikan rasa aman dan nyaman untuk penghuni.

Untuk mengetahui kinerja termal tinggi lantai rumah panggung Bulungan terhadap kenyamanan penghuni berdasarkan tinggi lantai yaitu 30 cm, 50 cm dan 100 cm, maka diperlukan penelitian kinerja termal tinggi lantai rumah panggung Bulungan terhadap kenyamanan penghuni. Hasil penelitian sebagai dasar rumah panggung Bulungan dalam perencanaan rumah tinggal yang nyaman bagi masyarakat Bulungan, Kalimantan Utara.

B. Rumusan Masalah

Berdasarkan uraian latar belakang, penelitian ini membahas kinerja termal tinggi *De'diba Kulong Ruma Bulongan* untuk mampu memenuhi kebutuhan penghuni dengan tanggap iklim dan lingkungan untuk menciptakan rumah tinggal yang aman dan nyaman. Pernyataan masalah ini diuraikan menjadi 3 (tiga) pertanyaan masalah, yaitu:

1. Bagaimana Kondisi Eksisting *De'diba Kulong Ruma Bulongan*?
2. Bagaimana Pengaruh Tinggi Lantai *De'diba Kulong Ruma Bulongan* Terhadap Lingkungan Termal?
3. Bagaimana Kinerja Termal Tinggi Lantai *De'diba Kulong Ruma Bulongan* Untuk Kenyamanan Penghuni?

C. Tujuan Penelitian

Untuk mendapatkan hasil komprehensif dari pertanyaan masalah dapat diuraikan menjadi tujuan penelitian yang dilakukan, sebagai berikut:

1. Menjelaskan Kondisi Eksisting *De'diba Kulong Ruma Bulongan*;
2. Menjelaskan Pengaruh Tinggi Lantai *De'diba Kulong Ruma Bulongan* Terhadap Kenyamanan Termal;
3. Menjelaskan Kinerja Termal Tinggi Lantai *De'diba Kulong Ruma Bulongan* Untuk Kenyamanan Penghuni;

D. Manfaat Penelitian

Penelitian ini diharapkan dapat memberikan manfaat, sebagai berikut:

1. Menambah khazanah ilmu pengetahuan pada akademik pengembangan ilmu arsitektur sebagai referensi mahasiswa dalam mempertimbangkan proses perencanaan dan perancangan masa yang akan datang pada rumah panggung;
2. Memberi kontribusi ilmu pengetahuan bagi ranah praktisi atau profesi arsitek dan perencana tata ruang, perumahan dan permukiman sebagai referensi dan masukan sehingga dapat diterapkan pada perencanaan dan perancangan bangunan rumah panggung;
3. Sebagai bahan masukan kepada pembuat kebijakan untuk pengembangan dan pembinaan warisan budaya yang ada di daerah, khususnya rumah panggung Bulungan sebagai ikon atau kekhasan rumah panggung yang nyaman untuk masyarakat.

E. Batasan dan Ruang Lingkup Penelitian

Penelitian ini hanya membahas pengukuran temperatur suhu, kelembaban, kecepatan angin pada *De'diba Kulong Ruma* atau rumah panggung terhadap kenyamanan termal penghuni di Kabupaten Bulungan dengan analisis sampel rumah panggung pada waktu paling representatif di Siang hari dengan cuaca cerah sesuai kondisi site pada daerah kering bukan di atas air yaitu di tanah rata.

F. Keterbatasan Penelitian

Penelitian ini memiliki keterbatasan-keterbatasan mempengaruhi hasil penelitian, sebagai berikut:

1. Data

Data pengukuran langsung di lokasi penelitian mengalami keterbatasan pada proses pengumpulan data dikarenakan cuaca tidak menentu untuk itu pengukuran sampel rumah panggung didapatkan hanya pada saat cuaca cerah sedangkan titik ukur hanya pada ruang publik dikarenakan privasi penghuni rumah panggung, sehingga peneliti hanya menggunakan ruang teras, ruang tamu dan ruang keluarga dengan tatanan ruang “L” tanpa partisi. Titik ukur pada lantai dengan lokalitas hunian rumah tinggal warga terdapat lantai papan kayu yang dilapisi tikar plastik yang sehingga mempengaruhi sedikitnya perputaran udara yang dirasakan dari lantai tidak mengukur bagian bawahnya.

2. Metode

Metode pengumpulan data rumah panggung yang diteliti memiliki keberagaman tipe rumah panggung pada masyarakat Bulungan era modern ini mendominasi rumah panggung semi permanen atau rumah panggung yang telah mengalami renovasi dengan pergantian material dinding kayu oleh pasangan bata dan beton, begitu juga dengan lantai papan kayu menjadi keramik sehingga sampel dicari hanya pada rumah panggung yang benar-benar memiliki material kayu.

G. Sistematika Penulisan

Penulisan tesis ini terdiri atas lima bab dan setiap bab terdiri atas beberapa sub bab disusun dalam bentuk sistematis, sebagai berikut:

BAB I. Pendahuluan

Merupakan gambaran umum dari penelitian yang terdiri dari: latar belakang, perumusan masalah, tujuan penelitian, manfaat penelitian, ruang lingkup penelitian, serta sistematika penulisan.

BAB II. Tinjauan Pustaka

Menjelaskan penelitian terdahulu dan terkait tinjauan teori dan konsep: arsitektur rumah panggung Bulungan, *De'diba Kulong Ruma Bulungan*, kenyamanan termal, iklim dan cuaca Kabupaten Bulungan, penghuni, serta kerangka konseptual penelitian.

BAB III. Metode Penelitian

Menjelaskan rancangan penelitian yang digunakan meliputi, pendekatan dan jenis penelitian, waktu dan lokasi penelitian, populasi dan sampel, definisi operasional, jenis dan sumber data, teknik pengumpulan data, instrumen penelitian, variabel penelitian, teknik analisis data, uji validitas dan reabilitas, strategi penelitian.

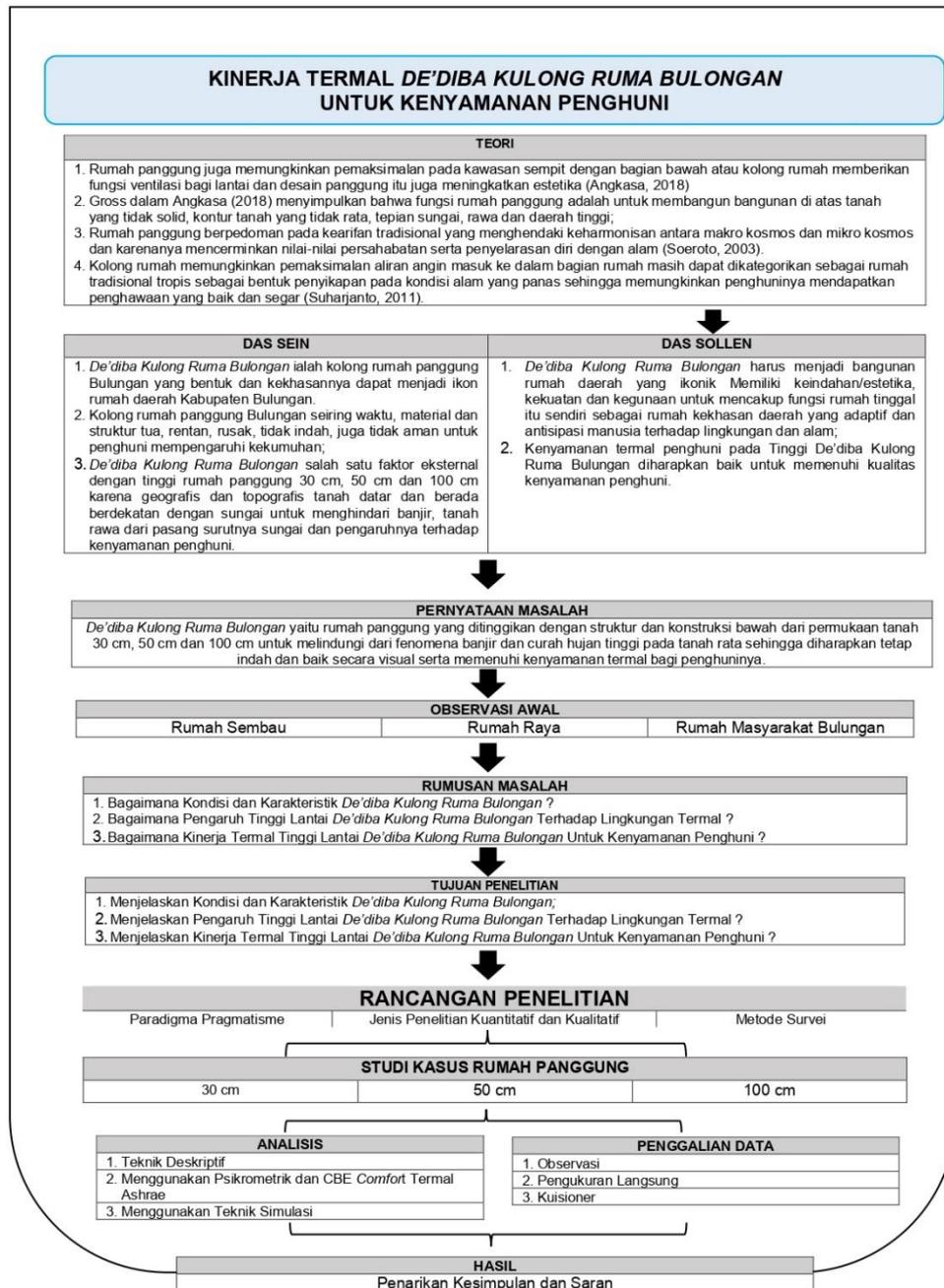
BAB IV. Hasil dan Pembahasan

Menjelaskan tentang hasil dan pembahasan studi lapangan.

BAB V. Kesimpulan dan Saran

Menjelaskan tentang kesimpulan dan saran.

H. Alur Pikir



Gambar 1 Alur Pikir Penelitian

BAB II

TINJAUAN PUSTAKA

A. Rumah Panggung Bulungan

Dalam Kamus Besar Bahasa Indonesia (KBBI), rumah panggung dari kata rumah yaitu bangunan tempat tinggal, dan panggung yaitu lantai terbuat dari papan, bambu diberi tiang. Sedangkan kolong adalah ruang atau rongga di bawah benda berkaki atau bertiang. Kolong rumah atau ruang yang berada di bawah rumah disebut juga rumah panggung dengan lantai yang ditinggikan. Menurut Angkasa (2018), rumah panggung memiliki elemen bervariasi menyesuaikan etnis dan okalitas yang tersebar hampir di seluruh daerah di Indonesia. Rumah panggung adalah rumah tinggal adaptif dengan bentuk kearifan lokal rumah adat ikonik dari provinsi maupun daerah oleh masyarakat sebagai tempat istirahat, berkumpul bersama keluarga tanggap iklim dan lingkungan.

Rumah panggung merupakan warisan para arsitek tradisional Indonesia yang memberikan aspek wujud bangunan rumah tinggal dengan kenyamanan termal dalam bangunan terhadap penghawaan serta pencahayaan alami dengan baik (Febriansyah & Zahira, 2020). Rumah panggung melindungi dari gangguan hewan. Kolong rumah bagian bawah dapat dijadikan peternakan hewan yaitu kerbau dan babi pada malam hari di Suluk Benua, Tongkonan, Toraja (Alfiah & Supriyani, 2016). Kolong rumah atau bawah rumah panggung Samosir sebagai kandang ternak dengan tinggi lantai rumah bervariasi berdasarkan hewan yang ditenak,

misalnya kambing menyebabkan ketinggian lantai sebuah rumah lebih rendah dari rumah lain yang memelihara hewan kerbau (Rambe, 2019).

Sejarah Kemerdekaan Indonesia, Kabupaten Bulungan memiliki Kesultanan Bulungan berkedudukan di Tanjung Palas. Nilai-nilai originalitas berupa warisan benda, dokumentasi dan peninggalan Arsitektur Bulungan di simpan baik di Museum Kesultanan Bulungan, Tanjung Palas. Kabupaten Bulungan merupakan salah satu kabupaten yang menjadi Ibukota Provinsi Kalimantan Utara, Indonesia dengan geografis dan topografis Kabupaten Bulungan memiliki kontur tanah rata. Karakteristik wilayah Kabupaten Bulungan umumnya berada di antara sungai-sungai dan hutan. Rumah panggung oleh penduduk asli untuk menghindari gangguan alam dan lingkungan.

Salah satu peninggalan warisan kekayaan arsitektur diciptakan masyarakat Bulungan adalah rumah tinggal tradisional yang berkonsep vernakular dengan bentuk rumah berpanggung. Rumah panggung ini dipengaruhi permukiman penduduk atau warga suku asli yang bermukim dan beradaptasi pada keadaan geografis dan topografis Kabupaten Bulungan. Menurut A. Sholehah & Wulandari (2014), silsilah Suku Bulungan merupakan percampuran suku-suku seperti Suku Dayak dan Suku Melayu - Brunei. Suku paling tua yang hidup, tumbuh dan berkembang di sepanjang pesisir Sungai Kayan adalah Suku Dayak, sedangkan Suku Tidung merupakan percampuran Melayu Malaysia (Sabah) yaitu Suku Dayak dan Suku Melayu. Penduduk asli terdiri dari suku

Dayak, Tidung dan Bulungan di Kabupaten Bulungan. Berkembang dari pesisir sungai-sungai lalu menyebar membentuk kelompok. Lama-kelamaan membentuk permukiman berdekatan dengan sungai dan hutan yang terkenal masih asri di Kalimantan.

Oleh karena itu, Arsitektur Bulungan dipengaruhi masyarakat asli suku Bulungan yang bermukim dan menetap beradaptasi dengan iklim, alam dan lingkungan. Arsitektur rumah panggung masyarakat Bulungan dibentuk juga dengan nilai sejarah, seni dan kebudayaan ketiga suku ini membentuk bangunan arsitektur di Kalimantan Utara, sebagai berikut:

Tabel 1. Bentuk Bangunan Arsitektur Kalimantan Utara

Bangunan Arsitektur Bulungan	Bangunan Arsitektur Dayak	Bangunan Arsitektur Tidung
		
		
		

Sumber: Analisis Data, 2019

Beberapa bentuk bangunan arsitektur Kalimantan Utara pada Tabel 1 menunjukkan bahwa bangunan penduduk suku asli Dayak, Bulungan dan Tidung memiliki peninggalan yang dilestarikan hingga kini. Aspek nilai-nilai,

budaya, adat istiadat terkandung menjadi wujud arsitektur tradisional dengan konsep vernakular menganut makna nilai-nilai, tradisi, seni dan budaya lokalitas sebagai karya orisinal yang megah. Bentuk bangunan besar, lebar, tinggi, panjang ke belakang, atap besar bersusun, dan kekhasan berpanggung yang sistem ventilasi penghawaan alami bersahabat dengan lingkungan sebagai bangunan adaptif.

Desain bangunan berpanggung memiliki penilaian tersendiri meningkatkan estetika, bangunan ini cenderung berupa bangunan tunggal dan memberikan kenyamanan termal, memaksimalkan pandangan, estetika dan penerapan pengembangan arsitektur berkelanjutan (Gross dalam Angkasa, 2018). Rumah panggung berpedoman kearifan tradisional menghendaki keharmonisan antara makro kosmos dan mikro kosmos; dan mencerminkan nilai-nilai persahabatan serta penyelarasan diri dengan alam (Soeroto, 2003).

Salah satu yang mempengaruhi rumah tinggal masyarakat Bulungan adalah bentuk bangunan kesultanan Bulungan. Peninggalan bangunan arsitektur panggung Bulungan melalui proses panjang seperti sejarah, budaya, nilai, prinsip, adat istiadat menjadi kearifan lokal Bulungan. Arsitektur Kesultanan Bulungan memiliki sistem bangunan adaptif bentuk pertanggung jawaban manusia kepada alam. Warisan baik kepada generasi selanjutnya dengan penyelarasan dan eksistensi tradisi, adat istiadat, serta budaya di wujudkan dalam bangunan arsitektur Bulungan yang menjadi tolak ukur bangunan rumah tinggal Bulungan.

Tabel 2. Bentuk Bangunan Peninggalan Kesultanan Bulungan

Bentuk Bangunan Berpanggung Peninggalan Kesultanan Bulungan			
Istana Kesultanan Bulungan Dokumentasi Museum Kesultanan Bulungan			
Museum Bulungan Pelestarian Cagar Budaya Kabupaten Bulungan			
Dokumentasi Rumah Adat Bulungan Museum Kesultanan Bulungan			

Sumber : Analisis Data, 2019

Pada Tabel 2 menunjukkan bentuk bangunan Kesultanan Bulungan berpanggung sejak masa Kesultanan Bulungan masih dilestarikan. Terdapat bangunan peninggalan Kesultanan Bulungan dalam dokumentasi lama yaitu Istana Kesultanan Bulungan dan masih ada saat ini yakni Museum Bulungan, Gedung Seni dan Tari Bulungan, Masjid Sultan Kasimuddin Bulungan, dan Rumah Raya Bulungan, serta Rumah Sembau Bulungan juga terdapat karakteristik bangunan arsitektur berpanggung.

Rumah panggung juga dapat dilihat pada rumah adat peninggalan arsitektur Bulungan yang masih dilestarikan ada 2 (dua) yaitu bangunan arsitektur *Ruma Sembau (rumah tinggi)* dan bangunan arsitektur *Ruma Raya Bulungan (rumah besar Bulungan)*.



Gambar 2 Ruma Sembau Bulungan
Sumber: Analisis Data, 2019

Arsitektur *Ruma Sembau* (*rumah tinggi*) pada Gambar 2 dan *Ruma Raya* (*rumah besar*) pada Gambar 3.



Gambar 3 Ruma Raya Bulungan
Sumber : Analisis Data, 2019

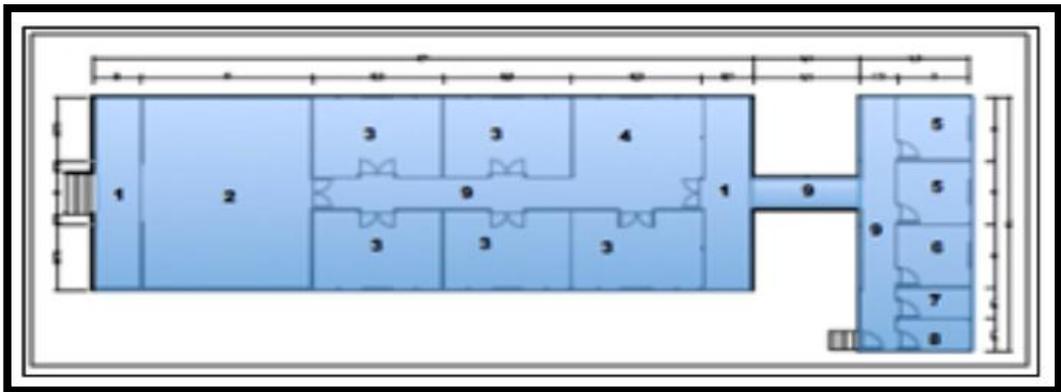
Arsitektur *Ruma Sembau (rumah tinggi)* pada Gambar 2 merupakan rumah persinggahan para petinggi Belanda dan tamu kehormatan (A. Sholehah & Wulandari, 2014) berubah fungsi rumah tinggal keluarga Kesultanan Bulungan. Rumah adat Bulungan merupakan bangunan peninggalan Kesultanan Bulungan yang berada di kawasan Kesultanan Bulungan atau Museum Kesultanan Bulungan.

Keberadaan kedua rumah adat berdampingan dengan permukiman rumah masyarakat dan mempengaruhi bentuk fisik bangunan sekitar. Rumah Adat Bulungan terletak di antara permukiman rumah masyarakat yaitu kawasan Kesultanan Bulungan atau Museum Kesultanan Bulungan. Rumah adat peninggalan arsitektur Bulungan pada arsitektur *Ruma Sembau (rumah tinggi)* dan *Ruma Raya Bulungan* (rumah besar Bulungan) berbentuk panggung. Sedangkan *Rumah Raya Bulungan* pada Gambar 3 adalah rumah keluarga Kesultanan Bulungan yang berubah fungsi sebagai rumah persinggahan tamu kehormatan. Berada persis di samping museum kesultanan Bulungan dan menghadap tepian Sungai Kayan.

Kedua rumah adat Bulungan memiliki fasad sama yaitu terdapat teras depan lebar dan luas. Mencerminkan keterbukaan masyarakat yang ramah. Teras depan berfungsi untuk tempat berkumpul, membina hubungan kekeluargaan dengan tetangga, bersosialisasi masyarakat sekitar atau hanya menikmati waktu sekedar duduk-duduk sambil minum teh pada pagi atau sore hari. Lokasi rumah adat Bulungan dekat sungai dan permukiman rumah masyarakat. Artinya, penyebaran arsitektur rumah panggung

Bulungan dipengaruhi rumah adat Bulungan adaptasi menyesuaikan kondisi alam dan lingkungan serta topografi yang ada.

Tatanan ruang atau denah rumah adat Bulungan memiliki makna kuat terhadap filosofi kehidupan yang terdiri dari 9 (sembilan) ruang, yaitu:



Keterangan :

1. Kaki Lima (Teras);
2. Luar Raya (Ruang Tamu);
3. Kamor Tengidi (Kamar Tidur);
4. Salon (Ruang Keluarga);
5. Gudeng (Gudang);
6. Segol Bekincek (Dapur);
7. Segol Mendus (Kamar Mandi);
8. Segol Minjau Ngencebu (WC);
9. Los (Selasar atau Lorong).

Gambar 4 Denah Rumah Adat Bulungan
Sumber: Sholehah, 2014

Rumah adat Bulungan pada Ruma Sembau memiliki tatanan ruang pada Gambar 4 terdiri dari teras, ruang tamu, kamar tidur, ruang keluarga, gudang, ruang servis seperti dapur dan MCK (mandi, cuci, kakus) yang terpisah dari badan rumah. Sedangkan pada Gambar 3 dan 4 menunjukkan ornamen hias dan kekhasan fasad rumah panggung dipengaruhi nilai budaya, tradisi, adat istiadat Suku Bulungan menyesuaikan makna dan kebutuhan penghuni (A. Sholehah & Wulandari, 2014).

Teknologi yang digunakan sejak masa Kesultanan Bulungan yaitu pondasi dangkal kalang (sepatu), sunduk (pen) dengan material kayu ulin. Struktur utama maupun elemen pendukung yang melingkupi bangunan menggunakan ulin. Terdapat dua jenis tiang pada bangunan rumah Sembau yaitu tiang struktur utama (*Pedu*) dan tiang pada dinding (*Jenong*). *Pedu* adalah kayu ulin ukuran 10 x 10 cm, yang menancap dari pondasi bawah hingga atap bangunan tanpa sambungan (panjang mencapai 11 meter). Kolom pada struktur bawah (tunggul) adalah tiang-tiang pendukung sebagai pengaku yang menghubungkan antar *Pedu* (tiang utama), dan sebagai penghubung antara balok sloof dan gelegar pada lantai (R. D. C. Sholehah, 2016). Struktur bawah atau panggung terdiri dari *Pedu* dan *Jenong* sebagai kolong rumah Bulungan yang ditinggikan sesuai kondisi tanah dan kebutuhan penghuni.

Rumah panggung Bulungan memiliki konstruksi hampir sama dan lebih sederhana. Penggunaan konstruksi ini telah lama digunakan masyarakat lokal sebagai warisan rumah tinggal dari pengaruh arsitektur rumah adat Bulungan, Tidung dan Dayak serta peninggalan bangunan di Bulungan yang orisinil sebagai tolak ukur. Nilai-nilai, budaya, adat istiadat masih dijaga dengan diwujudkan desain arsitektur bangunan adaptif berkonsep natural adaptasi dari alam dan lingkungan. Konstruksi bidang lantai ditinggikan dari permukaan tanah dengan tiang-tiang penopang sebagai panggung rumah suku asli diharapkan memiliki kinerja termal yang baik sehingga dapat memberikan kenyamanan penghuni.

B. *De'diba Kulong Ruma Bulongan*

De'diba Kulong Ruma Bulongan merupakan bahasa daerah untuk istilah rumah panggung di Kabupaten Bulungan yang di ambil dari wawancara bersama Datuk Abdul Hamid sebagai Keturunan Raja Kesultanan Bulungan sekaligus pemilik dan pengelola Museum Kesultanan Bulungan. *De'diba Kulong Ruma Bulongan* berarti rumah kolong atau rumah panggung Bulungan yang merupakan rumah dengan arsitektur tradisional berkonsep vernakular masyarakat di Kabupaten Bulungan, Kalimantan Utara. *De'diba Kulong Ruma Bulongan* atau rumah panggung Bulungan dengan lingkungan yang terletak di antara sungai, lahan kosong bahkan belantara hutan yang masih asli yang menciptakan bangunan rumah tinggal berpanggung.

Fungsi dari "*De'diba Kulong Ruma Bulongan*" ini adalah untuk menghindari luapan air Sungai Kayan saat pasang yang bersamaan dengan tingginya curah hujan menyebabkan banjir besar tahunan. serta melindungi dari binatang buas, binatang melata serta menghindar dari serangan musuh atau suku lain (orang asing) pada daerah pedalaman (Datuk Hamid, 2019). Rumah panggung Bulungan atau *De'diba Kulong Ruma Bulongan* ini lebih Sederhana dari rumah adat Bulungan, rumah adat Dayak, dan rumah adat Tidung yaitu berbentuk panggung persegi memanjang tanpa ornamen atau corak berwarna atau makna khusus dari budaya atau tradisi tertentu, lebih utamanya sebagai fungsi rumah tinggal untuk hunian atau tempat tinggal.

De'diba Kulong Ruma Bulongan atau rumah panggung Bulungan terletak pada sekitaran sungai dan hutan yang sudah di di Tanjung Selor Hulu, Tanjung Palas Tengah, Tengkapak, Salim Batu dan Apung dengan karakteristik yang sama yaitu memiliki sistem konstruksi dimana bidang lantai yang ditinggikan dari permukaan tanah dengan tiang-tiang penopang sebagai panggung atau kolong rumah tinggi lantai 30 cm, 50 cm dan 100 cm. Panggung atau kolong rumah memungkinkan pemaksimalan aliran angin masuk melalui bawah ke dalam bagian rumah sebagai bentuk penyikapan pada kondisi alam yang panas sehingga penghuninya mendapatkan penghawaan yang baik dan segar (Suharjanto, 2011).

Rumah panggung Bulungan merupakan wujud arsitektur bangunan adaptif yang tanggap terhadap kenyamanan termal pada alam dan lingkungan. Rumah panggung juga melindungi dari binatang buas atau binatang melata pada daerah tertentu yang masih berada di dalam hutan atau area perkebunan. Menurut wawancara bersama Datuk Hamid, *De'diba Kulong Ruma Bulongan* adalah rumah panggung dengan keutamaan fungsi yaitu menghindari luapan air curah hujan yang tinggi menggenangi permukaan tanah yang rata, meluapnya air sungai saat pasang bisa masuk melalui drainase lingkungan lalu meluap (acap) hingga ke permukiman dan naik hingga ke rumah yang menjadi fenomena banjir besar semakin sering terjadi 1 – 2 tahun sekali.

Rumah panggung sebagai bentuk antisipatif manusia terhadap iklim tropis lembab, hewan, banjir dan memenuhi kebutuhan manusia itu sendiri

terhadap hunian begitupula dengan *de'diba kulong ruma* Bulongan. Rumah panggung Bulungan memiliki fasad bangunan dan tatanan ruang mirip dengan kekhasan rumah etnik tradisional Bulungan baik saat ini maupun pada masa Kesultanan Bulungan dahulu. Bentuk dan tatanan ruang rumah adat Bulungan yaitu rumah memanjang ke belakang dan khas berpanggung atau berkolong. Kepercayaan masyarakat Bulungan adalah menjunjung tinggi kebersamaan dan gotong royong dimana teras yang lebar sebagai tempat menerima tamu, tangga menjuntai kedepan sebagai penghubung keterbukaan masyarakat setempat bermakna budaya dan adat istiadat sosial yang erat dengan kebersamaan yang kuat antara satu dengan lain.

Tabel 3. Rumah Panggung Bulungan

Rumah Raya Bulongan	Rumah Sembau Bulongan	Rumah Panggung Bulungan
		
		
		

Sumber : Analisis Data, 2019

Pada Tabel 3 dapat dilihat tinggi ruang *De'diba Kulong Ruma Bulongan* adalah bawah rumah panggung Bulungan yang terdiri dari

tunggul atau balok kolom yang di tinggi kan dengan pondasi dangkal kalang yang memiliki keutamaan fungsi struktur menahan dan menyalurkan beban. Struktur dan konstruksi pada *De'diba Kulong Ruma Bulongan* secara keseluruhan menggunakan kayu membentuk pola simetris mengikuti kebutuhan ruang atau tatanan ruang dengan ketinggian 100 cm dari permukaan tanah. Struktur balok dan kolom pada sistem rangka kolong rumah, tiang-tiang kolom ditanam atau dipancang untuk dapat menopang struktur yang ada di atasnya dalam mendukung kekuatan bangunan secara keseluruhan.

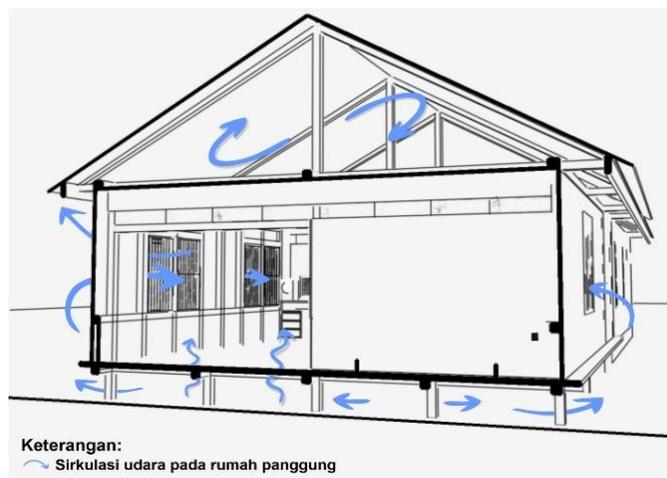
Semakin luas bangunannya semakin banyak struktur tiang dan tunggul yang di gunakan pada bagian panggung atau kolong rumah. Semakin tinggi bangunan, semakin kuat tekanan angin tentu mempengaruhi kekuatan dari rumah panggung dan dapat membawa kerusakan yang lebih besar jika ada angin kencang, gelombang pasang dan gempa bumi. Ini karena struktur tidak lagi fleksibel jika ada gempa bumi, tertutup-dinding dibawah lantai dan membuat sirkulasi udara menjadi tertutup dan meningkatkan resiko dari gelombang pasang dan arus angin (Sastrawati, 2009).

Gross dalam Angkasa (2018) menyimpulkan bahwa fungsi rumah panggung yaitu untuk bangunan di atas tanah yang tidak solid, kontur tanah yang tidak rata, tepian sungai, rawa dan daerah tinggi, serta dapat memaksimalkan pandangan, perluasan ventilasi aliran udara dari bawah, menambah estetika, dan penerapan prinsip pembangunan berkelanjutan

dengan menggunakan material kayu pada atap yang besar, kusen, daun jendela dan pintu yang lebar.

Ruang rumah panggung dapat difungsikan untuk beraktivitas atau pemaksimalan aliran angin masuk ke dalam bagian rumah masih dapat dikategorikan sebagai rumah tradisional tropis sebagai bentuk penyikapan pada kondisi alam yang panas sehingga memungkinkan penghuninya mendapatkan penghawaan yang baik dan segar (Suharjanto, 2011). Kecepatan angin atau udara terus bergerak, jika terganggu oleh penghalang, udara akan mencari jalan di sekitar penghalang untuk tetap bergerak dari temperatur rendah ke tinggi atau sebaliknya.

Bangunan rumah panggung memiliki sistem sirkulasi udara atau aliran angin dapat keluar-masuk dari bawah kolong rumah, jendela, pintu, dinding dan berputar pada bukaan atap.



Gambar 5 Sistem Sirkulasi Udara Pada Rumah Panggung
Sumber : Ilustrasi, 2021

Sistem sirkulasi udara rumah panggung pada Gambar 5, memungkinkan pemaksimalan pada kawasan sempit dengan bawah atau

kolong rumah yang berfungsi sebagai ventilasi atau perputaran udara. Sirkulasi udara merupakan bentuk penyikapan terhadap kondisi alam yang panas atau dingin sehingga memungkinkan penghuninya membuat penghawaan yang baik dan segar melalui ventilasi atau bukaan dan tidak menutup kemungkinan juga dari bahan material bangunan rumah seperti jenis kayu sebagai dinding dan lantai rumah mampu mempengaruhi kenyamanan termal.

Rumah panggung hampir dapat menjawab masalah kenyamanan termal bagi penghuninya yang mendapatkan sirkulasi udara baik sehingga membuat hidup lebih sehat dengan penghawaan dan pencahayaan alami. Sirkulasi udara pada rumah panggung cukup menyesuaikan alam dan lingkungan setempat, panjang dan lebar ruang sesuai kebutuhan penghuni pada rumah panggung dengan ventilasi alami yang banyak membuat perputaran sirkulasi udara dapat dirasakan. Juga melalui lantai-dinding yang bermaterial kayu atau papan yang memiliki rongga dapat menembus ruang luar masuk ke dalam dan sebaliknya sehingga temperatur udara dan kelembaban dalam ruang dapat mudah berubah mengikuti iklim setempat.

Arsitektur rumah berpanggung atau berkolong pada masyarakat Bulungan berkonsep lebih sederhana sebagai rumah tinggal masyarakat setempat. Dengan menyesuaikan kebutuhan ruang penghuni rumah tinggal, baik pada rumah adat maupun *De'diba Kulong Ruma Bulungan* dikarenakan menyesuaikan kondisi kontur tanah dan nilai yang di yakini etnik atau lokalitas tradisi budaya masyarakat Bulungan. Dikaitkan dengan

kebutuhan tersebut sebagai perlindungan banjir, elemen panggung pada rumah panggung memiliki ketinggian 30 cm, 50 cm dan 100 cm.

De'diba Kulong Ruma Bulongan atau Rumah panggung Bulungan memiliki kekuatan struktur bangunan yang telah dirasakan masyarakat dengan lama pemakaian yang terbukti bertahan hingga saat ini walaupun diterpa fenomena banjir. Sistem konstruksi tradisional dimana bidang lantai yang ditinggikan dari permukaan tanah dengan tiang-tiang penopang sebagai panggung atau kolong rumah memiliki tinggi lantai berbeda.



Gambar 6 Tinggi Rumah Panggung Bulungan
Sumber : Analisa Survei Lapangan, 2021

Tinggi rumah panggung Bulungan pada Gambar 6 menunjukkan bahwa terdapat variasi tinggi lantai *De'diba Kulong Ruma Bulongan* adalah 30 cm, 50 cm, 100 cm. Kondisi dan karakteristik rumah panggung di beberapa wilayah Kabupaten Bulungan yang digolongkan berdasarkan ketinggian 30 cm, 50 cm dan 100 cm dari permukaan tanah yang rata mempunyai bentuk berpanggung dengan kolong rumah yang telah beradaptasi difungsikan sesuai dengan mata pencarian atau kebutuhan penghuni seperti tempat penyimpanan kayu, kandang, lumbung dan tempat perahu nelayan. Ketinggian panggung atau kolong rumah yaitu ruang

bagian bawah yang adaptif terhadap alam sekitar berfungsi menghindari fenomena alam yaitu banjir dikarenakan luapan air sungai dan curah hujan yang tinggi atau hujan dan membasahi tanah yang menyebabkan permukaan tanah tergenang air. Keberadaan rumah tinggal masyarakat Bulungan umumnya berada disekitar sungai. Kolong atau bawah rumah panggung mempengaruhi estetika fasade bangunan yang diharapkan performa kenyamanan termal dari tingginya juga merespon lingkungan sehingga dapat memberikan kenyamanan 'bangunan untuk penghuni.



Gambar 7 Rumah Tinggal Masyarakat Bulungan
Sumber : Dokumentasi, 2019

Bentuk karakteristik Rumah tinggal masyarakat Bulungan pada Gambar 7 menunjukkan bahwa bangunan tempat tinggal secara visual memiliki bentuk panggung, teras depan yang lebar, pintu lebar dengan jendela kaca yang diberi ventilasi (angin-angin), terdapat tangga sebagai penghubung untuk masuk rumah, jenis atap ada dua yaitu plana atau prisma, tatanan tampak depan persegi memanjang ke belakang, panjang ukuran bangunn relatif menyesuaikan kebutuhan.

Bentuk karakteristik Rumah tinggal masyarakat Bulungan secara visual memiliki bentuk panggung, teras depan yang lebar, pintu lebar dengan jendela kaca yang diberi ventilasi (angin-angin), terdapat tangga sebagai penghubung untuk masuk rumah, jenis atap ada dua yaitu plana atau prisma, tatanan tampak depan persegi memanjang ke belakang, panjang ukuran bangunannya relatif menyesuaikan kebutuhan.

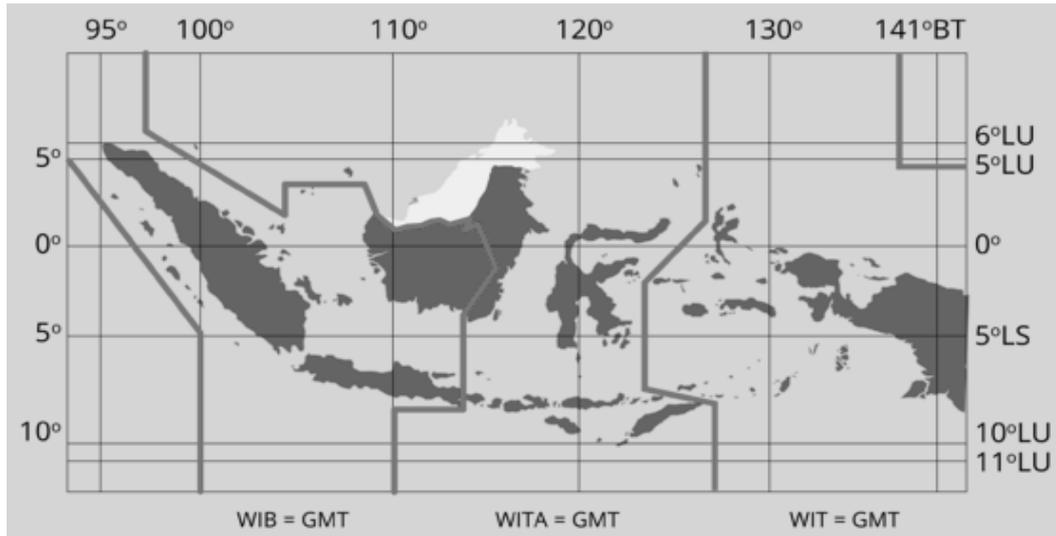


Gambar 8 Banjir Bulungan

Sumber : Story Instagram yang di Akses pada Akun : Info Bulungan, 2022

Banjir di Bulungan pada Gambar 8 terjadi fenomena meluapnya air sungai Kayan dari Hulu ke Hilir saat air sungai pasang dan curah hujan tinggi. Air sungai bisa masuk melalui drainase di tambah kondisi tanah rata hingga air meluap (acap) mengakibatkan banjir di Kabupaten Bulungan. Rumah panggung Bulungan diharapkan dapat memberikan kenyamanan termal bagi penghuninya serta merespon kondisi alam dan lingkungan dengan tetap berfungsi sebagai tempat bernaung dan berlindung serta melaksanakan aktifitas kehidupan di dalamnya dengan nyaman.

C. Kenyamanan Termal



Gambar 9 Peta Astronomis Indonesia
Sumber : www.ruangguru.com

Indonesia secara astronomis berada di antara 6°LU–11°LS dan 95°BT–141°BT seperti Gambar 9. Suhu kenyamanan termal hunian di Indonesia pada masing-masing daerah berbeda berdasarkan letak garis lintang. Kenyamanan termal dipengaruhi juga musim dan iklim, topografi wilayah, budaya, gaya hidup dan kemampuan beradaptasi (Alfata, 2011). Kenyamanan merupakan interaksi dan reaksi manusia terhadap lingkungan yang bebas dari rasa negatif dan bersifat subjektif.

1. Pengertian Kenyamanan Termal

Menurut ASHRAE (1989), kenyamanan termal adalah perasaan seseorang dimana seseorang merasa nyaman terhadap temperatur lingkungannya dengan kondisi tidak merasakan kepanasan maupun kedinginan. Ada dua faktor yang mempengaruhi kenyamanan termal seseorang, yaitu faktor lingkungan dan faktor individu. Faktor lingkungan

berdasarkan indikator (temperatur udara, temperatur radiant, kelembaban dan kecepatan pergerakan angin), sedangkan faktor fisik berdasarkan tingkat metabolisme dan pakaian.

Kenyamanan termal adalah kondisi pikiran yang mengekspresikan tingkat kepuasan seseorang terhadap lingkungan termalnya (ASHRAE 55-56). Lingkungan termal memberikan efek utama penghuni bangunan di dalam maupun di luar bangunan dengan komponen utama adalah suhu, kelembaban dan aliran udara. Perencanaan dan perancangan bangunan harus mampu mencapai ketiga komponen untuk semua aktivitas manusia. Kenyamanan termal didefinisikan sebagai sensasi fisik dan mental terhadap elemen pengondisian secara subyektif atau perasaan nyaman tubuh manusia atau secara objektif yang mempertimbangkan dampak fisiologis tubuh manusia dengan baik.

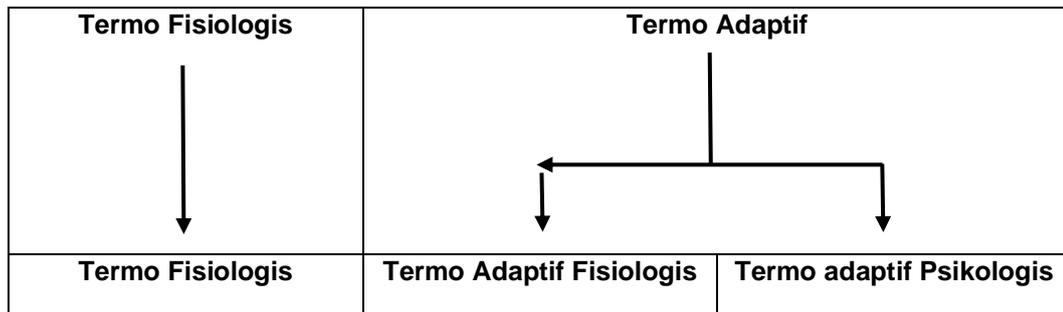
Perasaan nyaman termal manusia sebagai pertahanan dari keseimbangan dan ketidaknyamanan lingkungan yang berkaitan dengan kondisi manusia tidak menginginkan lebih hangat atau lebih dingin pada lingkungannya fisiknya (Nugroho & Iyati, 2021). Manusia membutuhkan sebuah kenyamanan di dalam bangunan untuk beraktivitas atau melakukan kegiatan dengan baik, tenang dan nyaman. Kenyamanan itu kompleks karena terbagi menjadi kenyamanan psikis dan kenyamanan fisik (Gagge, dkk. 1967).

Kenyamanan psikis yaitu kenyamanan kejiwaan (rasa aman, tenang, gembira, dan lain-lain) yang terukur secara subyektif (kualitatif). Sedangkan

kenyamanan fisik terukur secara obyektif (kuantitatif) meliputi kenyamanan spasial, visual, auditorial dan termal. Organisasi kenyamanan termal yang sering melakukan penelitian yaitu standardisasi kenyamanan termal ASHRAE/ANSI. Kenyamanan termal adalah keadaan pikiran manusia terhadap lingkungan sekitar dengan mengekspresikan kepuasan. Kenyamanan dirasakan tubuh yang menerima dan melepaskan termal panas seimbang atau setara yang dihasilkan dan dilepaskan. Setiap orang mempertahankan kondisi nyaman dengan mempertimbangkan faktor lingkungan dan faktor individu (ASHRAE, 1992).

Standar Ashrae (2004), menyatakan kenyamanan termal adalah salah satu bentuk kepuasan yang dibutuhkan oleh manusia pada sebuah kondisi pemikiran yang mengekspresikan kepuasan atas lingkungan termalnya, sehingga kondisi atau situasi lingkungan itu dikatakan nyaman apabila tidak kurang dari 90% responden yang diukur mengatakan nyaman secara termal. Kendati demikian, setiap orang memiliki standar kenyamanan yang berbeda-beda, mengikuti ketahanan kondisi tubuh terhadap lingkungannya.

Dalam buku “Kenyamanan Termal Ruang” oleh Dr. Sugini (2002), pembagian studi kenyamanan termal terdapat dua yaitu pertama memfokuskan pada “apa dan mengapa” kenyamanan termal untuk memastikan tuntutan khususnya ruang bangunan arsitektur dan umumnya ruang aktivitas. Kedua, memfokuskan pada “bagaimana kenyamanan” tersebut harus dicapai secara umum memastikan harus dipenuhi bangun arsitektur dan bangun ruang aktivitas.



Gambar 10 Skema Taksonomi
 Sumber : Sugini, 2007

Konsep kenyamanan termal dalam arsitektur seperti pada Gambar 10 menunjukkan bahwa skema Taksonomi (Guyton, 1992 dalam Sugini 2007) sebagai sikap untuk melihat kenyamanan termal, sebagai berikut:

- Kenyamanan termal melalui proses *thermophysiological* (termo fisiologis) yang merasakan nyaman atau tidak nyaman lingkungan termal bergantung sinyal nyeri syarat reseptor termal di kulit dan otak. Termo fisiologis merupakan sensasi temperatur dimulai dengan informasi oleh sistem syaraf melalui bagian tertentu pada otak. Stimulus suhu yang mempengaruhi perubahan sensoris reseptor suhu pada sensasi dingin, sejuk, hangat dan panas.
- Termo adaptif fisiologis merupakan pendekatan heat balance (keseimbangan panas) badan manusia bila terdapat aliran panas badan menyeimbangi dan temperatur kulit berkeringat ada dalam suhu badan mencapai nyaman termal. Adaptasi fisiologis ini mengandalkan kerja *termoregulator fisiologis* yaitu panas badan melalui metabolisme terus menerus dibuang ke lingkungan. Pembuangan panas berupa radiasi, konduksi, konveksi, evaporasi
- Adaptasi fisiologis yang berlangsung lama ini terjadi karna kondisi

iklim yang membentuk keseimbangan baru disebut *aklimatisasi*, sehingga menyebabkan perbedaan nyaman atau tidaknya manusia cenderung berbeda. Orang yang tinggal di daerah cenderung merasakan panas menganggap suhu panas adalah nyaman karena sudah terbiasa dan telah lama tinggal di daerah tersebut.

- Termo adaptif psikologis merupakan kondisi pikiran yang mengekspresikan kepuasan terhadap lingkungan termalnya. Pencapaian kondisi nyaman termal berkaitan dengan *thermal neutrality* dimana kondisi yang menyebabkan seseorang lebih suka keadaan yang tidak lebih hangat atau tidak lebih dingin. Pada adaptasi ini badan akan menjaga keseimbangan panas termal dengan berbagai cara dengan sistem termoregulator fisiologis yaitu menyesuaikan dengan lingkungan dalam waktu tertentu akan membentuk adaptasi fisiologis (aklimatisasi) yang berwujud adaptasi perilaku berupa tindakan merubah iklim sesuai dengan kenyamanan yang diharapkan.

Dengan mengetahui sikap dalam melihat kenyamanan termal akan mencerminkan kondisi untuk tingkat kepuasan mencapai nyaman. Stres fisik lingkungan termal tidak langsung ditentukan oleh sensasi yang dirasakan, ada proses psikologi yang menghubungkan antara stres fisik lingkungan termal ke sensasi kenyamanan termal. Proses ini melibatkan faktor klimatis dan faktor personal yang akan mempengaruhi kenyamanan termal baik secara persepsi maupun ruang.

2. Faktor Yang Mempengaruhi Kenyamanan Termal

Faktor yang mempengaruhi kenyamanan termal berdasarkan standardisasi kenyamanan termal di Indonesia dikeluarkan oleh SNI dengan nomor 03-6572-21 dan beberapa standar kenyamanan lainnya, sebagai berikut:

a) Temperatur Udara (TA diukur dalam °C)

Temperatur udara merupakan faktor utama dari kenyamanan termal dengan ciri perasaan subjektif dan kenyamanan perilaku. Temperatur hasil pengukuran bola kering atau temperatur bola kering (DBT) dengan alat ukur termometer. Menurut standar ASHRAE 55, kondisi ruangan untuk mendapatkan kenyamanan termal berkisar antara sekitar 19,4 °C – 27,8 °C dan menurut Sugini (2014) kondisi nyaman terjadi sekitar 16 °C – 28 °C.

Suhu standar kenyamanan termal SNI 03-6572-21 :

- Sejuk Nyaman, 20,5 - 22,80 °C;
- Nyaman Optimal, 22,8 – 25,80 °C;
- Hangat Nyaman, 25,8 – 27,1 °C;

b) Temperatur Radiant (TMR diukur dalam °C)

Radiasi Matahari mempunyai pengaruh besar terhadap sensasi termal. Suhu radiasi merupakan jumlah panas akibat radiasi yang diterima oleh suatu ruangan atau bangunan. Jumlah panas yang diterima tergantung pada kemampuan material untuk menyerap, memancarkan, dan meradiasikan kembali. Individu cenderung lebih sensitif terhadap beberapa suhu radiasi yang asimetri seperti perbedaan suhu langit-langit yang hangat

dengan dinding yang dingin. Perbedaan tersebut akan membuat individu mengalami ketidaknyamanan termal.

Standar ASHRAE (1992) merekomendasikan batasan perbedaan suhu antara langit-langit, dinding, dan suhu udara pada ruangan yang dipaparkan sebagai berikut:

Tabel 4. Suhu Radiasi Asimetri (°C)

Langit-langit lebih hangat dari lantai	Langit-langit lebih dingin dari lantai	Dinding lebih hangat daripada suhu udara	Dinding lebih dingin daripada suhu udara	Lantai
< 5°C	< 14°C	< 23°C	< 10°C	<19°C - <29°C

Sumber: <https://altaintegra.com/>

c) Kelembaban Udara (Ukuran RH dalam %)

Kelembaban udara relatif untuk daerah tropis menurut SNI 03-6572-21 adalah sekitar 40% - 50%. Ruangan dengan kapasitas padat seperti ruang pertemuan memiliki kelembaban udara relatif yang dianjurkan adalah antara 55% - 60%.

Menurut Frick (2008) pengaruh kelembaban atas kenyamanan ruang tergantung pada keringat seseorang yang terjadi penguapan permukaan kulit akibat kelembaban udara yang tinggi sehingga mekanisme pelepasan panas terganggu.

Tabel 5. Pengaruh Kelembaban Atas Suhu Dan Kenyamanan Ruang

Kelembaban (%)	Suhu Nyaman siang hari (°C)
0-3	22-30
30-50	22-29
50-70	22-28
70-100	22-27

Sumber : Frick, 2008

Pada Tabel 5 menjelaskan bahwa semakin rendah suhu maksimal yang dirasakan, makin tinggi kelembaban.

d) Kecepatan Angin/ Aliran Udara (Vair diukur dalam m/s)

Kecepatan aliran udara merupakan kecepatan rata-rata pergerakan udara pada suatu titik lokasi dan waktu tanpa memperhatikan arah yang terpapar pada tubuh individu, sedangkan kecepatan rata-rata spasial merupakan kecepatan udara yang seragam dan terpapar dengan tubuh individu. Kecepatan udara yang baik menurut SNI 03-6572-21 adalah 0,25 m/s. Kecepatan udara tersebut dapat dibuat lebih besar dari 0,25 m/s tergantung dari kondisi temperatur udara kering dalam ruang.

Standar ASHRAE dalam Hermawan dkk (2017) merekomendasikan rata-rata kecepatan udara untuk memperoleh kenyamanan termal berkisar 0m/s-0,8 m/s dengan memprediksi bahwa kecepatan udara sebesar 0,5 m/s dapat mengimbangi suhu 1°C – 2°C di atas zona nyaman normal, dan kecepatan udara sebesar 1,2 m/s dapat mengimbangi kenaikan suhu 2°C hingga 5,5°C.

e) Insulasi Pakaian

Penggunaan jenis dan pakaian berpengaruh terhadap penerimaan suhu oleh individu yang dikenakan terhadap kenyamanan termal. Sensasi perasaan panas atau dingin suhu udara memberikan pilihan terhadap manusia menentukan jenis pakaian yang dikenakan.

Adapun nilai penggunaan pakaian standar ASHRAE 55-2017, sebagai berikut:

Tabel 6. Nilai Insulasi Pakaian untuk Jenis Pakaian

Jenis Pakaian	$I_{cl, clo}$
Celana Panjang	0.57 – 1.30
Rok / Gaun	0.54 – 1.10
Celana Pendek	0.36
Baju Terusan	0.72 – 1.37
Pakaian Olahraga	0.74
Pakaian Tidur	0.96

Sumber: <https://altaintegra.com/>

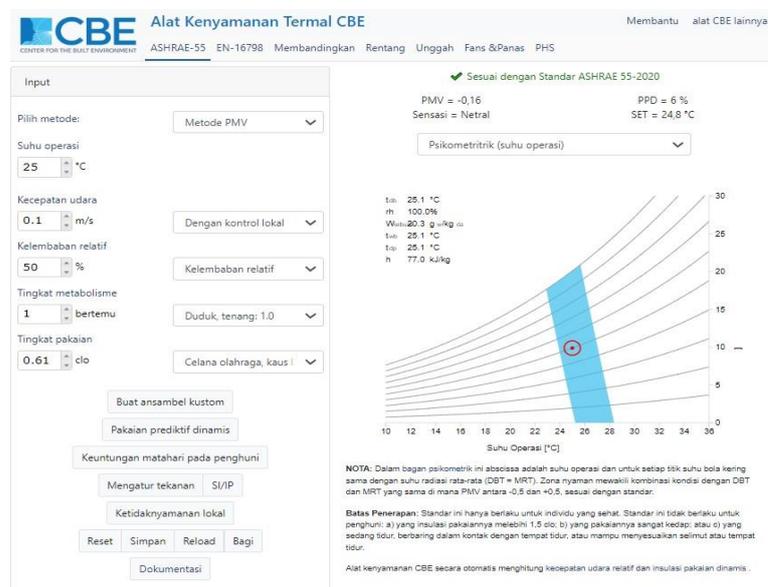
Pada Tabel 6 menunjukkan bahwa nilai insulasi pakaian untuk jenis pakaian dinyatakan dalam satuan clo (clothing) dimana 1 clo = 0,155 m².K/Watt. (SNI 03-6572-21:14). Dan untuk menghitung pakaian yang dipakai menggunakan rumus SNI 03-6572-21:14. Dengan insulasi panas dari jenis pakaian dengan materialnya dapat di ukur dan di standarisasikan dengan menggunakan sampel ASHRAE 55 untuk di ukur lalu dikalkulasikan.

f) Aktivitas Metabolisme

Menurut Standar ASHRAE 55 (2017) dapat mendefinisikan tingkat metabolisme untuk laju transformasi energi kimia menjadi panas dan kerja mekanis yang disebabkan oleh aktivitas metabolisme individu yang umumnya dinyatakan dalam satuan luas permukaan total tubuh. Segala aktivitas yang dilakukan manusia memberikan pengaruh peningkatan pada metabolisme tubuh. Dipengaruhi oleh konduksi panas, konveksi, radiasi, dan penguapan panas pada tubuh manusia ada upaya menjaga keseimbangan termal dengan lingkungan sebagai proses metabolisme.

Kondisi nyaman yang dirasakan tubuh manusia berbeda-beda, namun suhu udara luar rata-rata ketika suhu udara turun, maka tubuh membatasi

pelepasan panas, mengurangi aliran darah ke permukaan kulit sehingga suhu tubuh berkurang, tidak berkeringat. Kenyamanan termal tercapai dengan keseimbangan panas tubuh dalam kondisi $37^{\circ}\text{C} \pm 2^{\circ}\text{C}$. Kondisi produksi panas tubuh dan pelepasan panas tubuh seimbang. Metabolisme aktivitas tubuh memiliki nilai *activity rate* yang menyesuaikan jenis aktivitas untuk menghitung sensasi termal dengan *Comfort Calculator Online (CBE)*.



Gambar 11 Comfort CBE Berkeley
Sumber : Berkeley.Edu

Analisis penghitungan kenyamanan termal CBE pada Gambar 11 menunjukkan bahwa kenyamanan termal dapat diketahui memenuhi standar ASHRAE atau tidak terhadap kondisi termal dengan suhu operasi, kecepatan udara, kelembaban relative, tingkat metabolisme, dan tingkat pakaian dari aktivitas tubuh manusia mengeluarkan kalori energi ke udara melalui laju metabolisme yang di definisikan, sebagai berikut:

Tabel 7. Laju metabolisme

Aktivitas	Laju Metabolisme		
	Met Units	W/m ²	B _{tu/h-ft²}
Beristirahat			
Tidur	0.7	40	13
Berbaring	0.8	45	15
Duduk, berdiam	1.0	60	18
Berdiri, bersantai	1.2	70	22
Berjalan (pada permukaan tingkat)	0.7	40	13
0.9 m/s, 3.2 km/h, 2.0 mph	0.8	45	15
1.2 m/s, 4.3 km/h, 2.7 mph	1.0	60	18
1.8 m/s, 6.8 km/h, 4.2 mph	1.2	70	22

Sumber: <https://altaintegra.com/>

Pada Tabel 7 menunjukkan tingkat metabolisme aktivitas di rumah umumnya diruang keluarga dan ruang tidur. Standar ini tidak berlaku untuk kegiatan dengan tingkat rata-rata lebih dari 2 *met*. Nilai *met* ditentukan dengan persamaan empiris memperhitungkan tingkat konsumsi pernapasan dan produksi karbon monoksida yang lebih akurat.

Aspek yang berpengaruh pada terjadinya kenyamanan termal adalah (Kusumawati & Lahji, 2015) :

- Radiasi sinar matahari yang menghasilkan cahaya dan panas mempengaruhi persyaratan beban pendinginan dan desain pencahayaan bangunan. Hal ini dipengaruhi oleh tata letak bangunan dan material yang digunakan pada selubung bangunan;
- Suhu udara dan kelembaban relative tinggi menjadi alasan untuk menggunakan AC guna mencapai kenyamanan manusia dan lingkungan dalam ruangan yang diinginkan;
- Kelembaban relatif memiliki dampak yang besar terhadap lingkungan dalam ruangan dan kenyamanan termal.

Penelitian mengenai termal di Indonesia sudah ada sejak dulu dilakukan oleh para peneliti, pertama kali dilakukan oleh Mom Wiesebron antara tahun 1936-1940 di Bandung. Penelitian tersebut melibatkan 3 kelompok etnis responden yaitu etnis Eropa, etnis Tionghoa, dan etnis Indonesia mengatakan bahwa rentang suhu nyaman untuk responden Indonesia adalah 24°C hingga 28°C suhu udara dan kelembaban 70%.

Menurut Karyono (2016), melakukan penelitian melibatkan responden karyawan dan karyawan yang bekerja di tujuh bangunan kantor menghasilkan suhu nyaman responden, yakni 26,4°C suhu udara dengan deviasi sekitar 2°C. Ia juga menyimpulkan bahwa standar suhu nyaman internasional ISO-7730 dan ASHRAE (2007) standar 55-56 terpaut sekitar 1°C hingga 3°C lebih rendah dari suhu nyaman yang dibutuhkan oleh para responden. Karyono dalam Ashadi & Anisa, (2017) mengatakan manusia dinyatakan nyaman secara termal ketika ia tidak dapat mengatakan apakah ia menghendaki perubahan suhu udara yang lebih panas atau lebih dingin dalam ruangan tersebut.

Selain itu Rilatupa (2008), meneliti tentang kenyamanan terhadap pengkondisian ruang dalam, dengan hasil penelitian tersebut menyatakan bahwa kenyamanan termal suatu ruang sangat dibutuhkan dalam aktivitas penggunaan ruang-ruang. Dari penilaian yang diperoleh ternyata luas dan arah bukaan mempengaruhi kondisi kenyamanan ruang. Semakin luas ruang dan arah bukaan yang tepat membantu kondisi kenyamanan ruang dimana bangunan terlalu panas pada siang hari karena sengatan panas

matahari melalui selubung bangunan dan perlindungan terhadap radiasi matahari melalui peneduh jendela (Nugroho, 2018).

Rumah panggung sebagai tempat tinggal dan beraktivitas sehari-hari sesuai kebutuhan masing-masing. Panggung utamanya mengantisipasi banjir atau meluapnya air sungai atau derasnya hujan membuat air merembes kerumah, serta ancaman hewan atau binatang buas pada daerah tertentu seperti perdesaan masih banyak terdapat hutan atau sebaliknya di desa kecamatan memelihara hewan ternak. Menurut Sugini (2014), istilah kualitas thermal ruang adalah: panas, dingin, sejuk, segar, pengap, gerah selain termasuk di dalamnya adalah istilah nyaman itu sendiri. Kenyamanan sebagai suatu kondisi tertentu memberikan sensasi menyenangkan atau tidak menyulitkan bagi pengguna bangunan tersebut. Dalam kegunaan sebuah ruang bangunan harus memenuhi kenyamanan paling dasar adalah kenyamanan gerak, kenyamanan termal nyaman memegang peran menciptakan kondisi kesehatan penghuni bangunan.

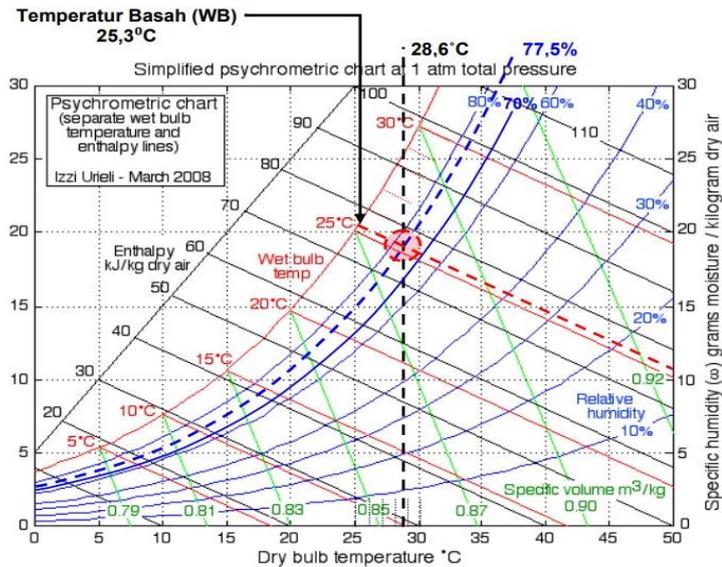
Indikator kenyamanan dalam bangunan adalah temperatur udara, kelembaban udara, aliran udara, temperatur radiant, insulasi pakaian terhadap ruangan dengan kualitas yaitu panas, dingin, sejuk, segar, pengap, gerah pada cuaca, iklim, dan topografi. Untuk mengetahui indikator kenyamanan termal dalam ruangan mempengaruhi tubuh manusia menyalurkan kalor adalah temperatur udara ($^{\circ}\text{C}$), kelembaban relatif (%), kecepatan udara (m/det), mean radiant temperature (MRT), pantulan atau penyerapan radiasi matahari, insulasi pakaian (*Clo*), Aktivitas (*met*).

Perpindahan panas bangunan daerah tropis menerapkan bangunan pasif dan mengandalkan banyak sistem ventilasi alami dan bergantung jenis material selubung bangunan yang menjadi moda perpindahan panas melalui cara konduksi, konveksi dan radiasi. Penggunaan material bahan kayu pada elemen dinding, dapat mengurangi proses konduksi dan penyimpanan kalor pada papan kayu untuk dinding rumah kayu memberi peluang angin infiltrasi yang berpengaruh mendinginkan ruangan secara konvektif (Kémajou dkk., 2012).

Banyaknya penelitian tentang kenyamanan termal dalam ruangan menurut Fanger (1970) bahwa kenyamanan termal adalah kondisi seseorang merasa nyaman terhadap lingkungannya yang dipengaruhi oleh faktor klimatik dan parameter tubuh manusia. Dalam menjelaskan pengaruh ketinggian rumah panggung Bulungan 30 cm, 50 cm dan 100 cm untuk kenyamanan termal penghuni. Dari hasil penelitian kualitas termal rumah panggung Bulungan diharapkan standar tersebut dapat diaplikasikan dengan akurasi yang baik untuk Masyarakat Bulungan.

3. Diagram Psikrometri Dan Diagram Temperatur Efektif

Diagram psikrometri adalah diagram yang menunjukkan properti udara dengan menunjukkan suhu bola kering (DBT, *dry bulb temperature*), suhu bola basah (WBT, *wet bulb temperature*), kelembaban relative (RH, *relative humidity*), kelembaban absolute (AH, *absolute humidity*) dan tekanan uap (*vapour pressure*).



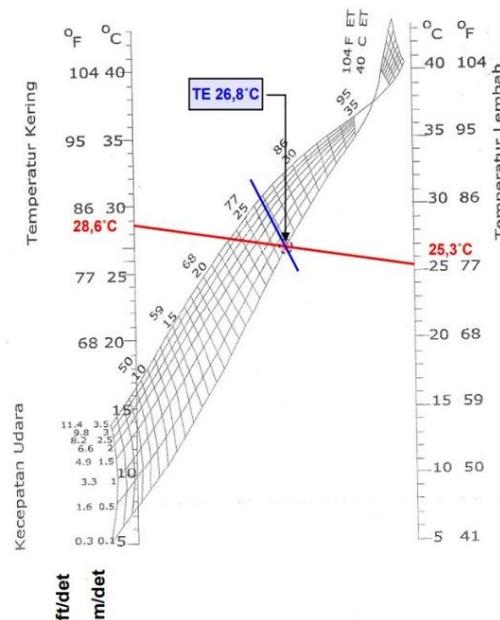
Gambar 12 Psychrometric Chart
 Sumber : CYTSoft Psychrometric Chart

Psikrometric chart pada Gambar 12 menunjukkan sebuah grafik membantu dalam perencanaan sistem tata udara, sebagai berikut:

- *Dry Bulb Temperature* (DB) adalah suhu bola kering dimana suhu udara terukur alat ukur *thermometer bulb* kering pada *Slink Psikrometric* dalam satuan °C yaitu ukuran panas sensibel;
- *Wet Bulb Temperature* (WB) adalah suhu bola basah dimana suhu udara terukur menggunakan alat ukur *thermometer bulb* basah pada *Slink Psikrometric* dalam satuan °C yaitu ukuran panas total (enthalpy);
- *Dew Point Temperature* (DP) adalah suhu titik embun dimana suhu udara menunjukkan proses pengembunan saat didinginkan dalam satuan °C yaitu ukuran panas laten saat udara ruang pada kondisi jenuh (saturasi) suhu DB, suhu WB dan suhu DP sama besar;
- *Relative Humidity* (RH) adalah rasio kelembaban perbandingan

antara jumlah aktual dan jumlah maksimal dari uap air ruangan tertentu dalam satuan %;

- *Humidity Ratio* (HR) adalah rasio kelembaban jumlah kandungan uap air di udara dengan satuan gram/kg;
- *Specific Entalpy* (SE) adalah jumlah panas keseluruhan percampuran udara dan uap air di atas titik nol dengan satuan kJ/kg;
- *Spesific Volume* (SV) yaitu percampuran kebalikan dari berat jenis dengan satuan m³/kg.



Gambar 13 Diagram Temperatur Suhu Efektif
 Sumber : Georg Lippsmeier, 1994

Untuk mengukur diagram psikrometrik pada Gambar 12 dan hasil ukur dari Temperatur Kering, Kelembaban, Kecepatan Angin dimasukan ke Diagram Temperatur Efektif pada pengolahan data dilapangan seperti Gambar 13 yaitu diagram Temperatur Efektif dimana hasil dari nilai temperatur kering dan kelembaban dengan mempertimbangkan kecepatan

angin sehingga bisa lebih dalam menggambarkan tingkat kenyamanan termal suatu ruangan.

4. Indek Termal Ruang PMV dan PPD

Indeks termal ruang adalah parameter yang harus di perhatikan untuk mengidentifikasi kualitas termal ruang yang sesuai konteks dengan perkembangan studi termal PMV dan PPD Fanger dalam Ball dkk (1982):

- a. PPD merupakan indikator yang menggambarkan perkiraan orang yang tidak puas dengan kondisi lingkungan termal pada kombinasi empat variabel iklim (suhu udara, suhu radiasi rata-rata, kelembaban dan kecepatan angin), aktivitas dan pakaian.

Dengan indeks yang memprediksi orang merasa terlalu sejuk atau terlalu panas sehingga dapat dikategorikan tidak puas dengan kondisi termal. Yang dinyatakan tidak puas adalah orang yang memilih panas, hangat, sejuk atau dingin pada skala sensasi termal 7 titik (Nicol & Humphreys, 2002).

- b. PMV merupakan indikator yang diturunkan dari persamaan kenyamanan yang akan memberikan prediksi sensasi kenyamanan termal seseorang terhadap lingkungan termal dengan kombinasi empat variabel iklim (suhu udara, suhu radiasi rata-rata, kelembaban dan kecepatan angin), aktivitas dan pakaian.

Indeks termal ini untuk memprediksi nilai rata-rata sensasi termal yang dipilih oleh sekelompok orang berdasarkan skala 7 titik yang dihitung berdasarkan prinsip keseimbangan panas tubuh manusia

(Nicol & Humphreys, 2002).

5. Pengambilan pendapat (voting) kenyamanan termal responden

Untuk menggambarkan sensasi termal dalam pengumpulan data responden menggunakan skala deskripsi ASHRAE dan Bedford, yaitu :

Tabel 8. Skala Sensasi Kenyamanan Termal ASHRAE dan Bedford (1964)

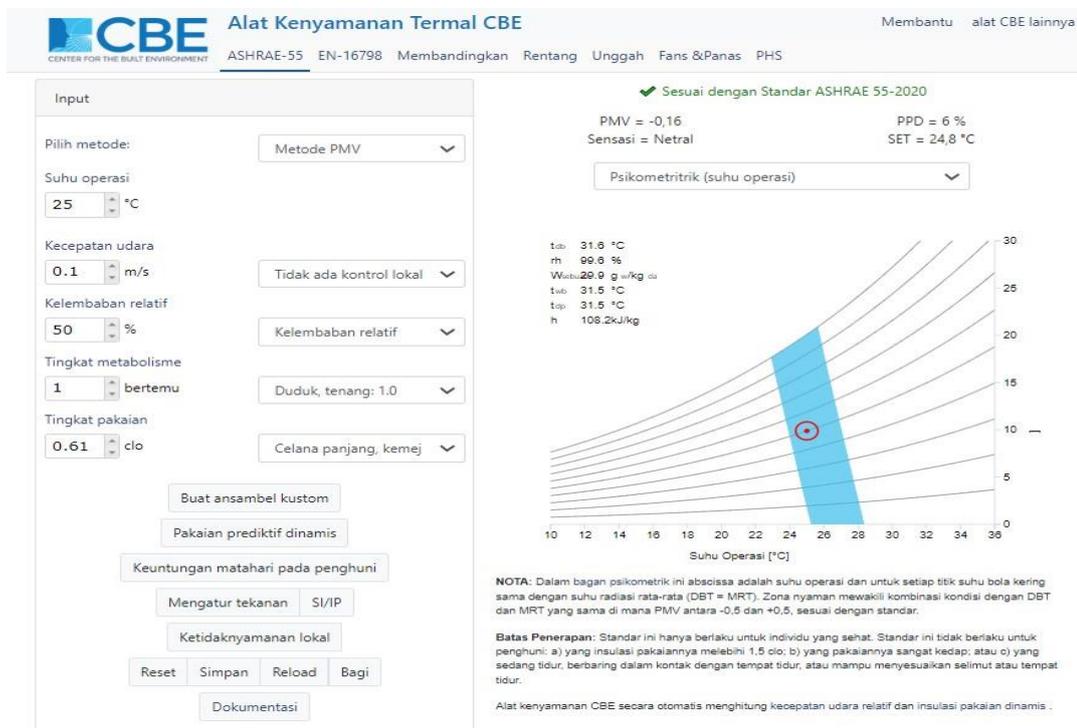
Skala ASHRAE	Skala Penyetaraan	Bedford	
7 Panas (hot)	3	Sangat Terlalu Panas(much too hot)	7
6 Hangat (warm)	2	Terlalu Panas (too hot)	6
5 Agak Hangat (slightly warm)	1	Hangat Nyaman (comfortable warm)	5
4 Netral (neutral)	0	Nyaman (comfortable)	4
3 Agak Sejuk (slightly cool)	-1	Sejuk Nyaman (comfortable cool)	3
2 Sejuk (cool)	-2	Terlalu Sejuk	2
1 Dingin (cold)	-3	Sangat Terlalu Sejuk	1

Sumber : Nicol & Humphreys, 2002

Pada Tabel 9 menurut Nicol & Humphreys (2002) menyarankan bahwa efek ini dapat menjadi hasil umpan balik antara kenyamanan subjek dan perilaku manusia beradaptasi dengan kondisi iklim dimana studi lapangan dilakukan untuk memprediksi sensasi kenyamanan termal rata-rata yang akan dirasakan responden dengan kegiatan yang dilakukan yaitu kegiatan yang masuk dalam *sedentary* seperti kegiatan duduk, membaca atau belajar serta kegiatan lain yang mendekati atau sejajar dengan kegiatan tersebut. Nyaman termal tiap-tiap orang berbeda untuk dapat beraktivitas dalam ruangan seharusnya suhu udara dalam ruangan lebih nyaman dibanding suhu luar, karena suhu tubuh manusia akan merespon. Intensitas tubuh akan menurun beraktivitas pada waktu terpanas di siang hari karena metabolisme yang di produksi panas oleh tubuh.

6. Analisis menggunakan CBE Thermal Comfort Tool

Hasil dari pengukuran lapangan kondisi termal suhu, kelembaban, pergerakan angin dari rumah panggung ditambahkan dengan aktivitas dan pakaian untuk mengetahui kondisi kenyamanan termal ruang yang akan dicapai menggunakan aplikasi CBE.



Gambar 14 CBE Thermal Comfort Tool
Sumber : CBE comfort cbe berkeley.edu

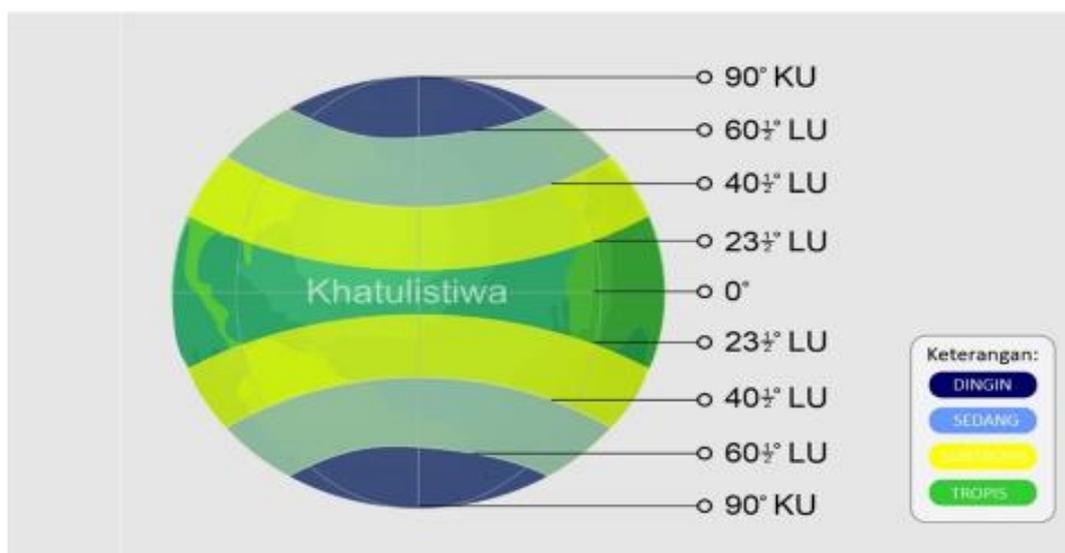
Kondisi kenyamanan termal *psikometric* pada Gambar 14 menunjukkan bahwa dengan aplikasi CBE *thermal comfort tool* ini merupakan simulasi berbasis web untuk mengetahui kenyamanan termal ruang berdasarkan ASHRAE Standard 55-2020 yang dikembangkan oleh University of California di Berkeley untuk melakukan perhitungan kenyamanan termal. Dengan memasukkan nilai temperatur efektif, kecepatan udara, kelembaban relatif, tingkat metabolisme dan tingkat

pakaian dapat diketahui sensasi yang dirasakan dengan PMV dan PPD serta kondisi kesesuaian berdasarkan standar mewakili penghuni.

D. Iklim dan Cuaca Bulungan

Pengertian iklim menurut Konferensi Iklim Dunia “*World Climate Conference*” pada tahun 1979 adalah “*Climate is the syntethesis of weather events over the whole of period statistically long enough to establish its statistical ensemble properties (mean values, variances, probabilities of extreme events, etc) and is largely independent of any instantaneuous state*”, artinya iklim merupakan sintesis atau kejadian cuaca selama kurun waktu yang panjang secara statistik cukup untuk menunjukkan nilai berbeda pada keadaan setiap saatnya.

Klasifikasi iklim menurut Koppen (1918), berdasarkan rata-rata curah hujan dan temperatur udara, baik temperatur udara bulanan maupun tahunan yang berpengaruh terhadap kehidupan di permukaan bumi.



Gambar 15 Pembagian Iklim Koppen
Sumber: Wladimir Koppen

Klasifikasi iklim Koppen pada Gambar 15, memiliki lima kelompok utama yaitu iklim A atau iklim tropis, iklim B atau iklim gurun tropis atau kering, iklim C atau iklim sedang, iklim D atau iklim salju atau dingin, dan iklim E atau iklim kutub. Indonesia melewati oleh garis khatulistiwa atau daerah ekuator secara letak berada di $23,5^{\circ}$ lintang utara dan $23,5^{\circ}$ derajat lintang selatan. Seperti pada Gambar 15, iklim berkaitan erat dengan letak garis lintang dan ketinggian di permukaan bumi. Faktor yang mempengaruhi perubahan angin Asia dan angin Australia yang selalu berganti arah dua kali selama setahun, mengikuti pergeseran matahari ke arah utara atau selatan garis khatulistiwa (Amri & Syukur, 2014).

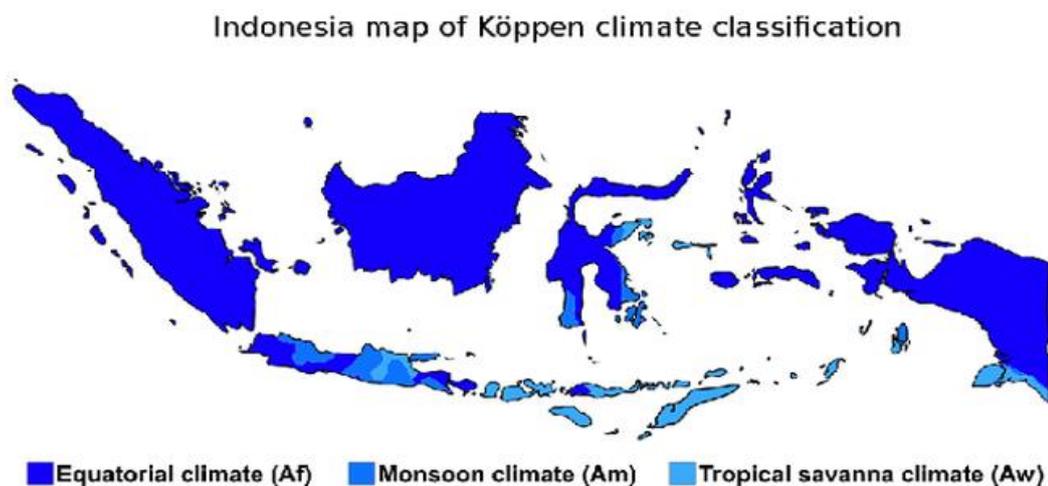
Iklim tropis memiliki 2 (dua) musim yaitu musim hujan dan kemarau. Perbedaan antara musim hampir tidak ada, kecuali periode sedikit hujan dan banyak hujan yang disertai angin keras. Kenyamanan termis pada daerah iklim tropis lembab dimana temperatur udara dan kelembaban udara yang relatif tinggi merupakan penyebab utamanya situasi kadang tidak nyaman secara termal bagi manusia diperlukan tambahan energi seperti Kipas Angin atau AC (Air Conditioner) agar dapat menurunkan suhu luar yang masuk ke dalam (Syafriy, 2012).

Indonesia, Malaysia dan Singapura terletak antara 1 sampai 11° Lintang Utara dengan iklim tropis lembab memiliki suhu rata-rata tahunan mencapai $26 - 27^{\circ}\text{C}$ dan ketinggian suhu pada siang hari mencapai 34°C sedangkan kelembaban relatif antara $70\% - 90\%$ (Sabarinah dan Ahmad, 2006). Letak geografis kepulauan Nusantara beriklim tropis lembab dan

terletak di antara dua benua yaitu Benua Asia dan Benua Australia, berada di antara dua samudera yaitu Samudera Hindia dan Samudera Pasifik. Indonesia dilewati oleh garis khatulistiwa atau daerah ekuator secara letak garis lintang utara dan lintang selatan memiliki iklim tropis dua musim yaitu musim hujan dan kemarau.

Iklim tropis lembab dengan hutan hujan tropis atau tropika basah meliputi daerah sekitar khatulistiwa sampai sekitar 15 ° utara dan selatan ditandai presipitasi (hujan) dan kelembaban tinggi dengan temperatur hampir selalu tinggi (suhu tahunan berkisar 23 °C pada musim hujan sampai dengan 38 °C pada musim panas, angin sedikit, radiasi matahari sedang sampai kuat, pertukaran panas kecil karena tingginya kelembaban (Lippsmeier dalam Sardjono, 2011).

Pembagian iklim di Indonesia menurut Köppen dalam Peel dkk (2007) berdasarkan rata-rata curah hujan dan temperatur, baik temperatur bulanan maupun tahunan berpengaruh terhadap kehidupan di permukaan bumi.



Gambar 16 Peta Iklim di Indonesia
Sumber: Waldimir Köppen

Tipe-tipe iklim pada Gambar 16, menurut Koppen di Indonesia, sebagai berikut:

1. Hutan hujan tropis (Af) terdapat di daerah Sumatera dan Kalimantan dan Moonson Tropika/Hutan musim (Am) terdapat di daerah Jawa Tengah dan Jawa Barat.
2. Sabana (Aw) terdapat di Indonesia yang letaknya dekat dengan benua Australia seperti daerah-daerah di Nusa Tenggara, Kepulauan Aru, dan Irian Jaya pantai selatan.
3. Iklim Hujan Sedang C terdapat di hutan-hutan daerah pegunungan.
4. Iklim D terdapat di pegunungan salju Irian Jaya.

Daerah khatulistiwa hingga 19 °C TE (batas bawah) utara dan 26 °C TE (batas atas) selatan menurut Lipssmeier (1994) dalam buku *Bangunan Tropis*, Indonesia berada dalam tropis lembab dengan ciri-ciri yaitu:

1. Kelembaban udara tinggi dan temperatur udara relatif sepanjang tahun yaitu panas. Pencapaian maksimum kelembaban udara sekitar pukul 06.00 pagi mencapai minimum pukul 14.00, kelembaban dataran rendah dengan temperatur rata-rata sekitar 32 °C. Temperatur udara berkurang rata-rata 0,6 °C setiap kenaikan 100 m terhadap letak suatu tempat yang semakin tinggi terhadap permukaan laut.
2. Rata-rata curah hujan tinggi sekitar 1500 – 2500 mm/tahun.
3. Rata-rata radiasi matahari global horizontal sekitar 400 watt/m² sepanjang tahun.

4. Kondisi langit umumnya tampak selalu berawan.

Kabupaten Bulungan Provinsi Kalimantan Utara secara astronomis terletak antara $2^{\circ} 09' 19'' - 3^{\circ} 34' 48''$ Lintang Utara dan $116^{\circ} 04' 41'' - 117^{\circ} 57' 56''$ Bujur Timur. Menurut klasifikasi iklim Koppen dalam Nurbani & Rahayu (2007), Kabupaten Bulungan tergolong tipe iklim A yaitu iklim tropis lembab. Iklim ini sulit ditangani untuk mendapatkan tingkat responsibilitas yang maksimal. Tanpa pengkondisian udara buatan untuk mencapai kondisi internal yang nyaman untuk dihuni sangat sulit, di satu sisi pengkondisian udara buatan merupakan pengkonsumsi energi listrik terbesar dalam sebuah bangunan, sehingga mengakibatkan terjadinya pemborosan energi.



Gambar 17 Kota Tanjung Selor
Sumber : Wikipamia.org

Tipe iklim A yaitu daerah beriklim hujan tropis dengan tingkat kenyamanan tropis lembab yang dikelilingi hutan tropis yang lebat dan

sungai-sungai pada Gambar 17. Letak geografis dan tipografis sebagian besar Kabupaten Bulungan merupakan tanah datar dan sungai-sungai, dimana tanah datar ini mempengaruhi karakteristik ketinggian rumah panggung masyarakat Kabupaten Bulungan yakni kota Tanjung Selor dan sekitarnya sekaligus Ibukota Provinsi. Keberadaan antara hutan dan sepanjang Sungai Kayan berkaitan dengan rumah panggung dianggap nyaman dan terjangkau.

Dengan kondisi iklim dan cuaca Kabupaten Bulungan yaitu beriklim tropis sedang dimana rekapitulasi informasi iklim dan cuaca yang didapatkan dari BMKG Kabupaten Bulungan Tahun 2020, sebagai berikut:

Tabel 9. Rekapitulasi Informasi Klimatologi Stasiun Meteorologi Kabupaten Bulungan Tahun 2020

Uraian	Satuan	Rata-rata
Suhu udara Rata-rata	(°C)	28
Minimum	(°C)	27
Maksimum	(°C)	29
Kelembaban Udara	(%)	82
Minimum	(%)	79
Maksimum	(%)	86
Kecepatan Angin	(knots)	3
Minimum	(knots)	2
Maksimum	(knots)	4
Curah Hujan	(mm)	194
Minimum	(mm)	101
Maksimum	(mm)	288
Penyinaran Matahari	(%)	57
Minimum	(%)	45
Maksimum	(%)	70

Sumber : BKMKG Kabupaten Bulungan, Kota Tanjung Selor

Data yang di dapatkan melalui stasiun badan meteorologi Tanjung Harapan (BMKG) pada Tabel 9, bahwa sepanjang tahun 2020 mengalami

musim hujan dengan curah hujan 194 mm / tahun dan penyinaran matahari rata-rata 57% / tahun, kecepatan angin adalah 3 knot dengan rata-rata suhu udara sepanjang tahun 2019 berkisar antara 27 °C – 29 °C. Sedangkan pada curah hujan selama tahun 2019 berkisar antara 101 – 288 mm / bulan. Kelembaban udara relatif tinggi berkisar yaitu antara 79% - 86% dengan rata-rata selama tahun 2019 adalah 82%.

Tabel 10. Rekapitulasi Informasi klimatologi Stasiun Meteorologi Kabupaten Bulungan Tahun 2020

Bulan	Suhu Udara °C	Kelembaban (%)	Kecepatan Angin (Knot)	Curah Hujan (mm)	Lama Penyinaran Matahari
(1)	(2)	(3)	(5)	(6)	(7)
Januari	27	86	1,27	257	59
Februari	27	83	1,64	229	63
Maret	27	85	1,62	246	69
April	28	83	1,67	156	87
Mei	28	85	1,28	171	67
Juni	27	86	1,25	131	55
Juli	27	87	1,14	235	69
Agustus	27	83	1,14	180	85
September	27	86	1,41	135	57
Oktober	27	86	1,44	381	64
November	27	85	1,30	163	69
Desember	27	86	1,07	492	55
Jumlah Rata-rata	27	83	3	249	57
2020	27	86	3	232	67
2019	28	82	3	194	57
2018	27	82	2	269	51
2017	27	84	3	296	50
2016	27	82	4	299	55
2015	27	83	4	204	60

Sumber : BKMKG Kota Tanjung Selor, Kabupaten Bulungan

Pada Tabel 10 rata-rata kondisi iklim dan topografi tahun 2015-2020, Kabupaten Bulungan Provinsi Kalimantan Utara sekitar 45%–70%, kelembapan berkisar antara 82%, intensitas curah hujan 195 mm. Iklim dan cuaca rata-rata 2015-2019 suhu 27 °C, kelembapan 82%, kecepatan angin 3 knot, curah hujan 252 mm, lama penyinaran matahari 54%. Keadaan iklim dan cuaca Kabupaten Bulungan ini dalam bangunan rumah tinggal mempengaruhi langsung keadaan pada ruang De'diba Kulong Ruma Bulungan terhadap kenyamanan penghuni.

Berdasarkan data Tabel 11 Kabupaten Bulungan memiliki tingkat kategori yang hangat nyaman. Dalam hal ini respon manusia terhadap kenyamanan termal tergantung stimulus termal yang di terima oleh individu itu sendiri. Kesempatan beradaptasi oleh tubuh manusia menyebabkan kondisi termal baik terhadap stimulus yang dirasakan. Stimulus yang nyaman untuk manusia berbeda-beda sekali pun kondisi termal nyaman yang akan diterima mempengaruhi respon tiap-tiap orang. Kultur klimatis dan pengalaman pada lingkungan yang diterima menjadi kebiasaan yang lama dan telah nyaman untuk di huni pada rumah tinggal.

Ketinggian dasar bangunan de'diba kulong ruma Bulungan berbentuk persegi dan tegak secara vertikal memiliki ruang di bawah atau kolong berfungsi dapat menghalau banjir, berbentuk persegi panjang dan lebar, menyesuaikan topografi setempat, terhindar ancaman hewan atau binatang buas atau sebaliknya memelihara hewan ternak, menambah estetika, dan penerapan prinsip pembangunan berkelanjutan serta aman dari hama saat

kondisi kelembaban baik apabila memiliki tinggi ruang pada kolong tertentu yang dapat mempengaruhi kekuatan udara. De'diba kulong ruma Bulungan merupakan salah satu warisan adaptif yang tanggap terhadap kondisi kehidupan dengan lingkungannya yang mempengaruhi bentuk atau karakteristik rumah terhadap iklim dan cuaca Kabupaten Bulungan dengan kawasan tropis. Manusia terus beradaptasi untuk mencapai kenyamanannya terutama ruang luar dan ruang dalam bangunan, iklim lokal sangat mempengaruhi lingkungan termal dalam bangunan yang masuk dari ruang bawah atau kolong rumah melalui lantai papan kayu dan dinding papan kayu juga ventilasi. Topografi Kabupaten Bulungan berada tipologi dataran rendah dengan tanah yang memiliki karakteristik rata yang di kelilingi sungai-sungai.

Untuk dapat memperoleh kenyamanan termal yang layak bagi para penggunanya atau penghuni mengacu pada indikator suhu, kelembaban udara, kecepatan angin, curah hujan, dan lama penyinaran matahari Kabupaten Bulungan. Maka diperlukan penelitian bagaimana pengaruh kolong rumah panggung di Bulungan terhadap kenyamanan termal baik di dalam maupun di luar bangunan rumah tinggal dan berapakah tinggi ruang pada ketinggian lantai rumah panggung sebagai upaya mengetahui seberapa besar pengaruh tinggi lantai terhadap kualitas kenyamanan termal untuk kehidupan yang layak nyaman bagi masyarakat Kabupaten Bulungan, Provinsi Kalimantan Utara.

E. Penghuni

Manusia sebagai penghuni merupakan satu kesatuan dari rumah, budaya dan lingkungan yang saling berkaitan erat (Rapoport, 1969). Hubungan manusia dengan rumah merupakan hubungan saling ketergantungan, yaitu manusia mempengaruhi rumah dan sebaliknya rumah mempengaruhi manusia. Newmark (1977) mengatakan bahwa selain merupakan kebutuhan dasar untuk tetap hidup yang aman, sebagai simbol status, gaya hidup, keberadaan serta aktualisasi diri penghuni. Kehadiran manusia sebagai penghuni dalam proses bermukim atau tinggal menciptakan ruang dengan nilai-nilai manusia seutuhnya seperti perilaku penghuni. Perilaku penghuni sangat menentukan kualitas dan bentuk rumah serta lingkungannya (Baron & Ransberger, 1978).

Pencapaian untuk memenuhi kenyamanan termal penghuni dalam rumah panggung mengacu pada kepuasan penghuni pada performa sebuah bangunan atau lingkungan hunian. Penilaian tingkat kepuasan kesesuaian penghuni lebih mempengaruhi kenyamanan dan berdampak pada kesehatan dan kesejahteraan serta produktivitas (Sakellaris dkk., 2016). Penghuni adalah orang yang mendiami rumah dan memegang peran dalam menciptakan ruang yang nyaman bagi aktivitas yang berdampak pada kesehatan, kesehatan, kesejahteraan rumah tinggal untuk beraktivitas dan mengkomunikasikan secara fisik dan psikologis hunian atau tempat tinggal sebagai perwakilan dari karakter si penghuninya.

F. Penelitian Terdahulu

Adapun data-data pendukung diperoleh dari beberapa peneliti sebelumnya yang berkaitan dengan objek penelitian rumah panggung dan kenyamanan termal, sebagai berikut:

Tabel 11. Matriks Jurnal Penelitian

No.	Judul	Peneliti	Tujuan Penelitian	Variabel	Metode	Kesimpulan
1.	Tatanan Spasial pada Bangunan Rumah Sembau Suku Bulungan di Tanjung Palas, Kalimantan Utara	Sholehah & Wulandari, 2014	Untuk mengetahui bagaimana tatanan spasial pada bangunan Rumah Sembau, dengan maksud untuk mengetahui gagasan terbentuknya ruang yang ada, sehingga dapat menjadi salah satu sumber pengetahuan untuk mempelajari dan menambah wawasan tentang nilai-nilai kearifan lokal dari bangunan rumah dilihat dari tatanan spasialnya.	Ruang-ruang pada rumah sembau	- Observasi - Wawancara	Tatanan spasial pada bangunan Rumah Sembau banyak dipengaruhi oleh kebutuhan dasar, kepercayaan dan nilai, privasi, keluarga, posisi perempuan, hubungan sosial, dan siklus daur hidup manusia. Sistem kekeluargaan, posisi perempuan, dan struktur sosial terlihat sangat jelas. Filosofi hidup masyarakat Bulungan yang sangat menjunjung tinggi kebersamaan dan gotong royong namun tetap menjaga privasi masing-masing individu terlihat dengan jelas pada tatanan spasialnya.
2.	Kenyamanan Termal Pada	Attaufiq & Waani, 2014	Untuk mengidentifikasi fluktuasi suhu udara didalam	Perangkat lunak	Metode yang diterapkan meliputi	Bahwa suhu udara dalam ruang mencapai angka yang cukup tinggi

No.	Judul	Peneliti	Tujuan Penelitian	Variabel	Metode	Kesimpulan
	Sebuah Rumah Adat Tradisional Gorontalo		ruangan saat siang hari dan untuk mengetahui tingkat kenyamanan termalnya, baik secara teoretik maupun melalui pengukuran langsung di lokasi	TRNSYS, program matahari dan ventila dipakai untuk merealisasikan perhitungan perpindahan panas dan ventilasi pada bangunan. Kemudian dilanjutkan dengan perhitungan kenyamanan termal menerapkan skala PMV dan DISC.	pengukuran lapangan, simulasi perhitungan perpindahan panas dan kuisisioner. Pengukuran suhu, kelembapan udara, kecepatan dan arah angin dilakukan didalam dan diluar ruang, saat pagi hingga sore hari selama satu hari penuh, pada bulan April 2014.	sekitar 30 °C hingga 34 °C baik melalui cara pengukuran maupun perhitungan. Respon kenyamanan termal oleh pemakai ruang menunjukkan skala nyaman (netral) pada pagi hari, hingga rasa tidak nyaman (panas) saat siang hari. Hasil perhitungan kenyamanan termal dengan skala DISC menunjukkan keterdekatan terhadap hasil kuisisioner. Sedangkan hasil perhitungan dengan skala PMV menunjukkan perbedaan sekitar satu hingga 2 skala lebih tinggi dibandingkan kuisisioner.
3.	Analisis Aliran Angin Pada Kolong Rumah Panggung	Amri & Syukur, 2014	untuk mengetahui dampak aliran angin yang melalui kolong rumah dan pengaruhnya terhadap distribusi kecepatan angin dan tekanan statis pada	Variabel bebas adalah variasi metode eksperimen	Metode pengujian pertama melalui uji alat wind tunnel dengan prinsip Bernouli dan kedua melalui	Berdasarkan hasil penelitian tersebut di atas diperoleh beberapa kesimpulan mengenai bentuk kolong rumah, diantaranya: 1. Kecepatan angin pada inlet dan outlet kolong rumah semakin

No.	Judul	Peneliti	Tujuan Penelitian	Variabel	Metode	Kesimpulan
			beberapa ketinggian rumah panggung	al terhadap 6 ketinggian kolong rumah, 0 cm, 50 cm, 100 cm, 150 cm, 200 cm, dan 250 cm ketinggian kolong rumah panggung	simulasi CFD (Computational Fluid Dynamic)	tinggi suatu kolong maka kecepatannya akan semakin naik. 2. Kecepatan angin di bawah kolong rumah akan semakin meningkat jika kolong rumah semakin rendah. 3. Pola penyebaran angin di sekitar rumah yang memiliki kolong lebih baik dibandingkan rumah tanpa kolong. 4. Nilai drag coefficient dan drag force tertinggi dimiliki oleh rumah dengan kolong tertinggi. Semakin tinggi lantai, semakin tinggi resiko kerusakannya.
4.	Kenyamanan Termal pada Rumah Tepi Sungai "Studi Kasus Rumah Tepi Sungai Kahayan Di Kota Palangka Raya"	Bua'Toding & Kindangen, 2014	Untuk mencari pengkondisian termal pada rumah ditepian sungai, untuk mengetahui faktor apa saja yang dapat mempengaruhi kenyamanan termal pada rumah tepian sungai ini.	2 variabel personal dan 4 variabel iklim berdasarkan teori PMV dari Fanger.	Untuk mengetahui kondisi kenyamanan ruang, maka menggunakan perhitungan kenyamanan termal antara lain indeks PMV dan PPD. untuk mengetahui persepsi termal dan memprediksi berapa banyak	Dari hasil analisis PMV dan PPD, Rasa Nyaman pada Rumah Tepi Sungai hanya dirasakan pada rentan waktu pagi pukul 07.00-08.00, dimana rumah panggung merasa Nyaman pada pukul 07.00-08.00 dimana lebih nyaman 1 jam dari rumah lanting dimana rasa nyaman dirasakan pada pukul 07.00. Dimana pada kondisi puncak pada pukul 13.00 dalam kondisi yang sama yaitu dalam kondisi Panas dimana indeks PMV sebesar 2,9-3 dimana indeks PPD

No.	Judul	Peneliti	Tujuan Penelitian	Variabel	Metode	Kesimpulan
					orang merasa tidak nyaman terhadap lingkungannya, pada rumah tepi sungai di kota Palangka Raya	sebesar 43%-55% yang setuju merasa tidak nyaman dan menurun dalam kondisi Agak Tidak Nyaman pada pukul 19.00. Dari hasil perhitungan indeks PMV dilakukan perbandingan dengan hasil kuisisioner, dimana hasil perhitungan indeks PMV ini lebih hangat atau lebih 1 skala dari hasil kuesioner.
5.	Tradisi Budaya Pada Sistem Fisik Bangunan Rumah Sembau Suku Bulungan Di Tanjung Palas Kalimantan Utara	(R. D. C. Sholehah, 2016)	Untuk mengetahui Tradisi budaya masyarakat bangunan rumah Sembau pada Sistem fisik yang terdiri dari elemen-elemen bangunan terbentuk dari hasil pemahaman masyarakat terhadap apa yang mereka ketahui dan yakini kebenarannya, sehingga kita dapat melihat eleme-elemen dari sistem fisik pada bangunan rumah Sembau dan tradisi budaya yang mempengaruhinya	Tatanan Ruang Rumah Sembau	- Observasi - Wawancara	Berdasarkan uraian sistem fisik pada bangunan rumah Sembau yang dikaitkan dengan tradisi budaya masyarakat suku Bulungan, sistem fisik bangunannya dipengaruhi oleh sistem spasial yang ada. Aspek tradisi budaya yang paling mempengaruhi pada sistem fisik bangunan rumah Sembau adalah struktur sosial serta kepercayaan dan nilai Suku Bulungan. Selain itu aspek kebutuhan dasar penghuni menjadi bagian yang mempengaruhi sistem fisik bangunan, seperti pada orientasi, struktur dan konstruksi, serta bukaan.

No.	Judul	Peneliti	Tujuan Penelitian	Variabel	Metode	Kesimpulan
6.	Analisis Kenyamanan Termal pada Rumah Diatas Pantai Tropis	Kaharu,dkk 2017	Untuk membuktikan kondisi kenyamanan termal pada rumah tepi pantai di Desa Kimabajo menggunakan metode PMV dalam menciptakan kondisi termal yang diinginkan. PMV (predicted Mean Vote) merupakan salah satu persamaan empirik yang ditemukan oleh Fanger (1970) untuk mengetahui tingkat kenyamanan termal manusia pada lingkungan tertentu. Formulasi PMV berdasarkan 4 variabel klimatis (suhu, kelembaban, angin, suhu radiasi) dan 2 variabel fisiologis (pakaian dan aktivitas).			Kondisi termal sesuai perhitungan PMV selama 12 jam pada dua ruangan yang berbeda dirumah panggung atas pantai desa Kimabajo berada dalam kondisi agak panas dan panas. Di ruang tamu, kondisi termal agak panas terlihat pada pagi hari menjelang siang, dan menjadi netral pada saat menjelang sore hari. Sedangkan kondisi termal di kamar tidur didominasi oleh kondisi panas mulai dari pagi, siang dan sore hari. Kecepatan angin merupakan faktor yang cukup signifikan dan sensitif dalam menciptakan bias pada perhitungan PMV.
7.	Pengaruh Bentuk Bukaan Atap Bangunan Terhadap Tingkat Kenyamanan Termal Pada	Wahyudi, 2018	Mengetahui pengaruh bentuk bukaan pada atap bangunan rumah panjang suku dayak terhadap tingkat kenyamanan termal	Temperatur, kelembaban, pergerakan udara.	Metode penelitian meliputi survey langsung ke lapangan dengan cara observasi terhadap bentuk bangunan dan bentuk bukaan	Temperatur yang terjadi pada rumah panggung berpengaruh pada tingkat kelembaban udara, dimana semakin tinggi temperatur efektif semakin rendah tingkat kelembaban udara pada ruangan tersebut dan sebaliknya semakin rendah temperatur efektif semakin

No.	Judul	Peneliti	Tujuan Penelitian	Variabel	Metode	Kesimpulan
	Rumah Panjang Suku Dayak Brusu, Kecamatan Sekatak, Kalimantan Utara				atap pada rumah panjang tersebut, serta melakukan pengukuran langsung di beberapa titik yang ditentukan	tinggi pula persentase angka kelembaban udara. Besarnya pergerakan udara atau aliran udara pada rumah panjang akan mempengaruhi persentase angka kelembaban udara.
8.	Analisis Kondisi Kenyamanan Termal Pada Ruangan Dalam Rumah Banjar Balai Bini Di Tepian Sungai Kuin Utara, Banjarmasin	Alkausar & Susetyarto, 2019	Untuk mengetahui kategorisasi kondisi kenyamanan termal. nilai-nilai parameter kondisi termal suhu udara (Ta), temperatur radiasi ($^{\circ}\text{C}$), kecepatan udara (m/s) dan kelembaban udara (RH) pada ruangan rumah tradisional Banjar serta mengetahui kategori kondisi kenyamanan termal ruangan pada rumah tradisional Banjar yang ada pada tepian sungai Kuin Utara berdasarkan standar penelitian Mom dan Wiesebrom (1940)	Parameter kondisi termal suhu udara (Ta), temperatur radiasi ($^{\circ}\text{C}$), kecepatan udara (m/s) dan kelembaban udara (RH)	Metode yang digunakan adalah metode kuantitatif dan paradigma deduktif dengan strategi dan teknik yang telah direncanakan	Bahwa kategori kondisi kenyamanan termal yang diketahui didominasi kategori hangat nyaman ambang atas dengan index suhu kelembaban tertinggi berada pada titik pengukuran pertama (pukul 07.00 - 09.00 wita) yaitu di palataran (teras) dengan suhu $29,98^{\circ}\text{C}$ cuaca cerah, sedangkan nilai terendah berada pada titik pengukuran kelima (pukul 15.00 - 17.00 wita) yaitu di ruang palataran (teras) dengan suhu $27,89^{\circ}\text{C}$ cuaca mendung-gerimis
9.	Pengaruh Tata Ruang	Caesariadi, 2019	Mengkaji apakah hadirnya ruang tengah dan pelataran			Bahwa tata ruang di rumah vernakular melayu Pontianak turut

No.	Judul	Peneliti	Tujuan Penelitian	Variabel	Metode	Kesimpulan
	pada Penghawaan Alami Rumah Vernakular Melayu Pontianak		belakang memberikan pengaruh terhadap pergerakan udara sebagai faktor utama kinerja penghawaan alami di rumah vernakular melayu Pontianak.			berperan dalam penghawaan alami yang terjadi di ruang dalam. Keberadaan teras dan pelataran belakang memberikan pergerakan udara yang lebih mendekati pergerakan di ruang luar yang lebih lancar. Efisiensi penggunaan teras dan pelataran belakang dan juga dukungan elemen bangunan yang lain di luar tata ruang dalam pada kinerja penghawaan alami. Menunjukkan kehandalan arsitektur vernakular sebagai contoh arsitektur yang beradaptasi dengan lingkungannya dan merupakan arsitektur yang berkesinambungan (sustainable).
10.	Kenyamanan Termal Adaptif Rumah Tinggal di Kota Timika Papua	Zulfiana, 2019	Mengkaji secara lanjut kenyamanan termal adaptif untuk kota Timika, sehingga didapat rentang suhu nyaman rata-rata yang dapat diterima oleh setiap penghuni yang berasal dari latar belakang yang berbeda.			Perilaku adaptif yang sering dilakukan responden di rumah tinggal berventilasi alami dalam mencapai kenyamanan termal adalah dengan menyalakan kipas angin atau mengambil benda untuk dijadikan kipas, berbeda dengan perilaku adaptif di daerah Jawa yang kebanyakan memilih untuk membuka jendela.

State of the art dalam penelitian ini memilih kasus rumah panggung namun masih sedikit penelitian tentang kenyamanan termal rumah panggung terhadap ketinggian lantai 30 cm, 50 cm, 100 cm. Penelitian ini menggunakan metode pengukuran langsung dengan survei lapangan dan studi literatur. Persepsi kepuasan penghuni sangat penting dalam menguji termal tingkat kenyamanan termal dalam rumah panggung. Secara signifikan dipengaruhi ketinggian *De'diba Kulong Ruma Bulongan* yaitu 30 cm, 50 cm, 100 cm. Menggunakan persepsi penghuni untuk menguji kinerja termal rumah panggung utingkat validitas atau akurasi penilaian kenyamanan termal menjadi standar pengukuran pada penelitian lain.

Penelitian A. Sholehah & Wulandari (2014), melakukan observasi bangunan rumah sembau untuk mengetahui dan mempelajari nilai-nilai kearifan lokal bangunan rumah dilihat dari tatanan rumah. Metode observasi dan wawancara menghasilkan tatanan ruang bangunan rumah sembau. Penelitian selanjutnya R. D. C. Sholehah, (2016) melanjutkan penelitian pada kajian bangunan rumah sembau berdasarkan tradisi budaya masyarakat dan elemen-elemen dari sistem fisik tradisi dan budaya setempat. Pada penelitian rumah sembau, peneliti menggunakan rumah sembau sebagai informasi tentang *de'diba kulong ruma Bulongan* yang dilakukan penelitian. Wahyudi (2018) meneliti tentang kenyamanan termal di wilayah Kalimantan Utara dengan melakukan survey langsung atau observasi terhadap bentuk bangunan, bukaan atap, dan beberapa titik rumah panjang dengan pengukuran temperatur, kelembaban, aliran udara.

Parameter kenyamanan termal bangunan menggunakan pengukuran langsung dengan kualitas udara menggunakan *hygrometer* untuk mengukur dan menghitung suhu udara dan kelembaban udara. Dan pada penelitian Alkausar & Susetyarto, (2019) nilai-nilai parameter kondisi termal suhu udara (T_a), temperatur radiasi ($^{\circ}\text{C}$), kecepatan udara (m/s) dan kelembaban udara (RH) dengan metode kuantitatif dan paradigma deduktif dengan strategi dan teknik pengumpulan data di lapangan dengan tahap pertama: pengukuran di lapangan denah, jendela, pintu, ketinggian plafond serta pengamatan material ruangan yang digunakan dan dilakukan sebelum memulai pengukuran termal.

Data ini untuk menggambarkan atau menginformasikan keadaan di dalam ruangan tersebut. Lalu tahap kedua melakukan kalibrasi pengukuran termal sesuai variabel yang ditentukan pada setiap ruangan yang dapat diakses/mendapatkan perijinan oleh penghuni rumah panggung serta dokumentasi alat ukur tersebut. Amri & Syukur (2014) juga meneliti kolong rumah, dalam penelitiannya dampak aliran angin yang melalui kolong rumah dan pengaruhnya terhadap distribusi kecepatan angin dan tekanan statis pada 6 (enam) tinggi rumah panggung dengan menggunakan uji alat wind tunnel dengan prinsip Bernouli dan Simulasi CFD untuk mengetahui analisis angin pada kolong rumah panggung.

Beberapa kesimpulan mengenai bentuk kolong rumah diantaranya, kecepatan angin pada inlet pada inlet dan outlet kolong rumah semakin tinggi suatu kolong, kecepatan angin semakin baik, kecepatan angin di

bawah kolong rumah akan semakin meningkat jika kolong rumah semakin rendah, pola penyebaran angin di sekitar rumah yang memiliki kolong lebih baik dibanding tanpa kolong, dari *nilai drag coefficient dan drag force tertinggi* dimiliki oleh rumah dengan kolong tertinggi. Semakin tinggi lantai, semakin tinggi resiko kerusakannya.

Berbeda dengan penelitian Caesariadi (2019) mengukur variabel di lapangan dengan alat manual dan elektronik, yaitu termometer bola kering dan bola basah, termometer bola hitam, *hot wire* anemometer, alat ukur digital 4-in-1. Waktu pengukuran dilakukan selama siang hari pada tanggal 4 Januari 2011 di Rumah 1 dan tanggal 15 Januari 2011 di Rumah 2 dengan keadaan bukaan terbuka. Pengukuran dilakukan dengan interval tiap satu jam mulai jam 07.00 sampai dengan jam 18.00 dengan pencatatan kondisi cuaca saat pengukuran. Pengukuran dilakukan di ruang dalam dan ruang luar pada masing-masing rumah. Titik ukur (TU) ditentukan di daerah-daerah yang dianggap mewakili posisi data yang dibutuhkan. Baik pada Rumah 1 maupun Rumah 2, TU ditempatkan pada sumbu tengah masing-masing ruangan. Ketinggian titik ukur adalah 1,5 m dari lantai (atau tanah, untuk ruang luar) menyesuaikan aktivitas manusia.

Sedangkan pada penelitian Bua'Toding & Kindangen (2014) dan Zulfiana (2019), menggunakan metode ASHRAE (2004) Standar 55-56 dengan kenyamanan statik metode suhu yang disukai (*preferreal temperature method*) dan Fanger dengan parameter suhu kering (T_{db}); suhu akibat pengaruh suhu global, suhu kering dan kecepatan angin (T_{mrt});

kelembaban udara (RH); kecepatan angin (V_a) serta parameter yang bersifat personal jenis pakaian dan jenis kegiatan sama seperti pada penelitian Attaufiq & Waani (2014) dan Kaharu dkk., (2017), untuk membuktikan kondisi kenyamanan bangunan rumah menggunakan metode PMV untuk menciptakan kondisi termal yang diinginkan. Salah satu persamaan empirik yang ditemukan oleh Fanger (1970) dengan formula PMV berdasarkan 4 (empat) variabel klimatis (suhu, kelembaban, angin, suhu radiasi) dan 2 (dua) variabel fisiologis (pakaian dan aktivitas) pada 2 (dua) ruang rumah panggung yang berbeda yaitu ruang tamu dan kamar tidur mulai dari pagi, siang dan sore hari.

Novelty: dari beberapa penelitian terdahulu dapat disimpulkan bahwa, beberapa penelitian menggunakan kuantitatif, namun berbeda obyek dan lokasi penelitiannya. Penelitian di lokasi Provinsi Kalimantan Utara pada A. Sholehah & Wulandari (2014) Rumah Sembau dan Bentuk Fisik Rumah Sembau yang dilakukan belum melakukan pengukuran termal rumah panggung dan Wahyudi (2018) juga meneliti kenyamanan termal di wilayah Kalimantan Utara pada bentuk bukaan atap pada rumah panjang yang lokasi penelitiannya berbeda namun provinsi yang sama.

Dalam penelitian Alkausar & Susetyarto, (2019) nilai-nilai parameter kondisi termal suhu udara (T_a), temperatur radiasi ($^{\circ}C$), kecepatan udara (m/s) dan kelembaban udara (RH) dengan metode kuantitatif. Amri & Syukur (2014) juga meneliti kolong rumah, dalam penelitiannya dampak aliran angin yang melalui kolong rumah dan pengaruhnya terhadap

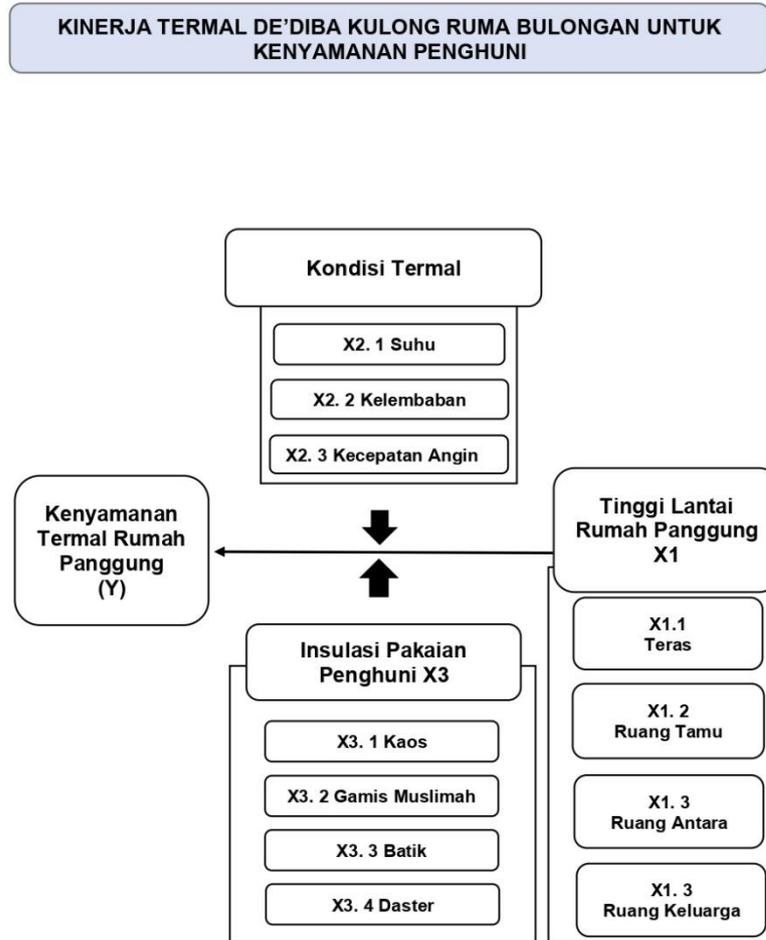
distribusi kecepatan angin dan tekanan statis pada 6 (enam) tinggi rumah panggung dengan menggunakan uji alat wind tunnel dengan prinsip Bernouli dan Simulasi CFD untuk mengetahui analisis angin pada kolong rumah panggung sedangkan pada peneliti menggunakan masing-masing rumah panggung di beberapa kelurahan di Kabupaten Bulungan dengan ketinggian kolong rumah 100 cm.

Untuk menciptakan kondisi termal menggunakan metode ASHRAE Standar 55 – 2004 dengan model kenyamanan statik pada metode suhu yang disukai (*preferred temperature method*) dan berdasarkan Fanger dengan parameter suhu kering (T_{db}); suhu akibat pengaruh suhu global, suhu kering dan kecepatan angin (T_{mit}); kelembaban udara (RH); kecepatan angin (V_a) serta parameter yang bersifat personal jenis pakaian dan jenis kegiatan. Fanger (1970) dan dengan formula PMV berdasarkan 4 (empat) variabel klimatis (suhu, kelembaban, angin, suhu radiasi) dan 2 (dua) variabel fisiologis (pakaian dan aktivitas) pada 2 (dua) ruang rumah panggung yang berbeda yaitu ruang tamu dan ruang keluarga mulai dari pagi, siang dan sore hari namun pada pembaruan penelitian hanya di Siang hari.

Tabel 12. Pembaharuan Penelitian

No.	Judul	Tujuan Penelitian	Variabel Penelitian	Metode Penelitian	Analisis Data
1.	Penentuan Tinggi De'diba Kulong Ruma Bulongan Berdasarkan Kenyamanan Termal Untuk Penghuni di Kabupaten Bulungan Kalimantan Utara	<ol style="list-style-type: none"> 1. Menjelaskan kondisi dan karakteristik <i>De'diba Kulong Ruma</i> Bulongan; 2. Menjelaskan pengaruh tinggi lantai <i>De'diba Kulong Ruma</i> Bulongan untuk kenyamanan penghuni; 3. Menjelaskan kinerja termal tinggi lantai <i>De'diba Kulong Ruma Bulungan</i> berbasis kenyamanan penghuni 	Variabel (Y) Kenyamanan Termal Penghuni terhadap Variabel (X1) Tinggi Lantai Rumah Panggung, (X2) Kondisi Termal, (X3) Insulasi Pakaian	Mixed Metode Kualitatif dan Kuantitatif	Deskriptif, PMV dan PPD, Simulasi

G. Kerangka Konseptual



Gambar 18 Kerangka Konseptual Penelitian