

**SIMULASI PENGARUH BUKAAN PADA RUANG KELAS DI WILAYAH BERIKLIM  
KERING DI MAUMERE, NUSA TENGGARA TIMUR**

***Simulation of the Effect of Openings in Classrooms in a Dry Climate Area in  
Maumere, East Nusa Tenggara***

**Maria Carolina Tandafatu,ST.,MT<sup>1</sup>, Yohanes Pieter Pedor Parera, ST.,M.Ars<sup>2</sup>, Cornelia Hildegardis,  
ST.,MT<sup>3</sup>**

<sup>123</sup>Program Studi Teknik Arsitektur, Fakultas Teknik Universitas Nusa Nipa  
Jln. Kesehatan No.03, Maumere, Nusa Tenggara Timur

<sup>1</sup>e-mail: [jo.darius1206@gmail.com](mailto:jo.darius1206@gmail.com)

**ABSTRAK**

Berada pada wilayah beriklim tropis kering tentunya akan memberikan sensasi termal yang berbeda bila dibandingkan dengan iklim lainnya. Contoh yang dapat diambil adalah pada ruang kelas. Dimana dalam penelitian ini lebih ditekankan pada dampak terhadap sirkulasi udara ke dalam ruang kelas berdasarkan level lantai, orientasi bukaan, dan kondisi bukaan. Analisa menggunakan perangkat lunak Ecotect Analysis 2010. Disimpulkan bahwa orientasi bukaan merupakan hal utama yang perlu diperhatikan dalam mengoptimalkan aliran udara ke ruang kelas. Selain itu perlu diperhatikan pula tipe bukaan yang digunakan sehingga dapat mengatur kecepatan maupun persebaran udara yang masuk ke dalam ruang kelas.

**Kata Kunci:** kenyamanan thermal, ruang kelas, bukaan, ecotect dan iklim kering.

**ABSTRACT**

*Being in a dry tropical climate, of course will provide a different thermal sensation when compared to other climates. An example that can be taken is in the classroom. Where in this study more emphasis is placed on the impact on air circulation into the classroom based on floor level, the orientation of opening, and opening conditions. The analysis uses Ecotect Analysis 2010 software. It is concluded that the orientation of the openings is the main thing that needs to be considered in optimizing airflow to the classroom. In addition, it is necessary to pay attention to the type of opening used so that it can regulate the speed and distribution of air entering the classroom*

**Keywords:** thermal comfort, classrooms, openings, ecotect and dry climates.

**PENDAHULUAN**

Kenyamanan yang dapat diberikan dari sebuah bangunan, tidak terlepas dari keberadaan bangunan itu sendiri dalam konteks lingkungan yang dibatasi pertimbangan faktor alam. Dalam sejarah perkembangannya, bangunan dipengaruhi oleh iklim, kondisi tanah, dan ketersediaan sumber daya alam dalam hal ini bahan bangunan. Sejalan dengan pemanfaatan faktor alam, terdapat berbagai upaya untuk menjamin agar sumber daya alam tersebut dapat berkelanjutan. Arsitektur saat ini mewajibkan pertimbangan penggunaan energy dalam desain bangunan, dan diterapkan hampir di semua negara di dunia, termasuk Indonesia.

Dalam upaya mencapai kenyamanan pada bangunan di daerah yang beriklim tropis seperti Indonesia khususnya bangunan di daerah Maumere, Nusa Tenggara Timur, dengan karakteristik

## **SEMINAR NASIONAL SAINS DAN TEKNIK FST UNDANA (SAINSTEK)**

Kupang, 02 November 2021

curah hujan, kelembaban dan suhu udara yang relatif tinggi serta radiasi panas matahari dapat mencapai tingkatan di luar zona nyaman manusia. Dengan mempertimbangkan orientasi bukaan dan kondisi bukaan pada desain bangunan dapat memanfaatkan faktor alam yaitu kecepatan angin untuk mengoptimalkan aliran udara ke dalam ruang kelas.

Berdasarkan klasifikasi iklim Koppen dan telah mengalami beberapa kali perubahan, diketahui bahwa Indonesia terbagi atas tiga wilayah iklim tropis yakni hutan hujan tropis, monsoon tropis, dan savana/kering (Kottek et al.2006). pada wilayah beriklim kering umumnya terdapat pada wilayah Timur Indonesia, seperti Nusa Tenggara Timur (Febrianti 2008, Hermawan and Sri 2017). Maumere merupakan ibukota kabupaten Sikka, Nusa Tenggara Timur dan merupakan wilayah beriklim kering. Berdasarkan pengukuran lapangan yang dilakukan pada tahun 2019, kota ini memiliki cuaca yang panas dengan suhu tertinggi dapat mencapai 34°C dan memiliki curah hujan yang rendah.

Diketahui dengan iklim tropis kering ini, maka akan dapat mempengaruhi kenyamanan termal pada sebuah bangunan atau ruang. Menurut (Sugini, 2004), kenyamanan secara termal yang baik pada sebuah ruang berpengaruh terhadap kinerja manusia yang berada didalamnya dengan optimal.

Sesuai dengan Peraturan Menteri Pekerjaan Umum Nomor 29/PRT/M/2006 yang mensyaratkan beberapa kriteria kenyamanan pada suatu gedung atau ruang, antara lain kenyamanan termal, dan factor suhu menjadi salah satu indicator kenyamanan termal.

Ruang yang baik, umumnya memberikan dampak yang baik terhadap performa dari orang-orang yang berada di dalamnya diman sekurnag-kurangnya 80% penghuninya merasa nyaman (Kwok 1997). Bangunan/ruang yang dapat memberikan kenyamanan termal yang baik tentunya dipengaruhi oleh beberapa factor antara lain dari material (Prakoso, Lamahal dan Santanu, 2014, Purnama, Nugroho dan Soebandono, 2016), orientasi bangunan (Amelia 2013, Nydia et al.2014, Telis et al 2017) dan bukaan (Toisi dan Kussoy 2012, Wahyudi 2018, Latifah et al.2013). salah satunya adalah ruang kelas. Ruang kelas yang baik dapat memberikan pengaruh positif pada kesehatan seklaigus konsentrasi dan konerja belajar (Gunawan and Ananda 2017).

Penelitian yang dilakukan Baharuddin, Beddu dan Yahya (2012) pada ruang kelas di Universitas Hasanuddin menemukan bahwa tidak adanya aliran udara yang masuk ke dalam ruang kelas, dapat mempengaruhi tinggi suhu udara sehingga tidak dapat memenuhi standar kenyamanan termal. Penelitian lainnya yang dilakukan pada ruang kelas di Banjarmasin Timur menemukan pada pagi hari lebih memberikan rasa nyaman terhadap penghuni, bila dibandingkan dengan siang hari (Kurnia, Effendy, dan Tursilowati 2010). Hal serupa dikatakan Latif, Rahim dan Hamzah (2016), yang menemukan bahwa, walaupun nilai temperature berada diluar batas kenyamanan termal, namun keadaan ini telah dapat diterima karena factor kebiasaan (adaptasi).

Berdasarkan temuan-temuan tersebut diatas, dan kondisi eksisting di lapangan, maka dilakukannya penelitian pada ruang kelas di Universitas Nusa Nipa Maumere, untuk menganalisis pengaruh bukaan terhadap sebaran/aliran udara yang terjadi di dalam kelas agar dapat memenuhi kriteria untuk mendapatkan kenyamanan termal yang optimal khususnya di wilayah beriklim kering.

## **RUMUSAN MASALAH**

Perumusan masalah yang menjadi pokok pembahasan dalam penelitian ini yaitu

Bagaimana cara mengoptimalkan aliran udara di dalam ruang kelas di wilayah beriklim kering yang menunjang kenyamanan thermal ditinjau dari level lantai, orientasi bukaan dan kondisi bukaan?

## **TUJUAN DAN MANFAAT PENELITIAN**

Tujuan penelitian untuk mengetahui dan memahami bagaimana pengaruh dari desain ruang dengan level lantai, orientasi bukaan dan kondisi bukaan, yang mempengaruhi pergerakan dan kecepatan angin di dalam ruang kelas di wilayah beriklim kering.

Berdasarkan rumusan permasalahan diatas, maka manfaat yang akan didapat yaitu :

1. Mengetahui dan memahami sejauh mana ruang kelas bangunan kampus Universitas Nusa Nipa Maumere khususnya dan wilayah beriklim kering umumnya yang sudah memenuhi kenyamanan thermal;
2. Mengetahui dan memahami sejauh mana pengaruh orientasi bukaan udara terhadap kenyamanan termal di ruang kelas ;
3. Mengetahui dan memahami sejauh mana pengaruh kondisi bukaan udara terhadap kenyamanan termal di ruang kelas ;

## **RUANG LINGKUP PENELITIAN**

Sesuai tujuan dan manfaat di atas, maka ruang lingkup dalam penelitian ini adalah: pengaruh level lantai, orientasi bukaan dan kondisi bukaan pada ruang kelas di wilayah beriklim kering terhadap kenyamanan termal, dengan menggunakan perangkat lunak Ecotect Analysis 2010.

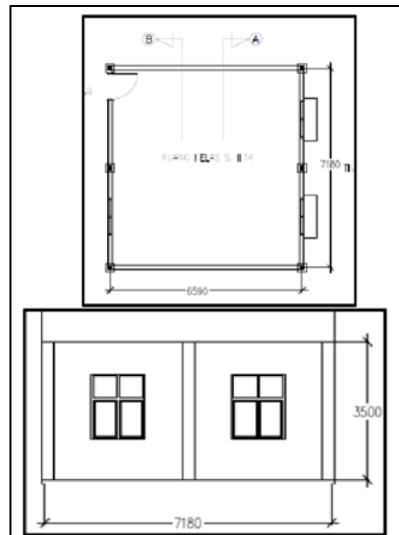
## **METODE PENELITIAN**

Metode yang digunakan dalam penelitian ini yakni menggunakan perbandingan yang dihasilkan dari pengukuran di lapangan dan simulasi Ecotect. Pengukuran dilakukan pada bulan Juni pukul 07.00-17.00 (mengikuti jadwal perkuliahan yang biasanya dilakukan). Pengukuran dilakukan di dalam maupun di luar ruang kelas tanpa melibatkan penghuni di dalam bangunan.

## SEMINAR NASIONAL SAINS DAN TEKNIK FST UNDANA (SAINSTEK)

Kupang, 02 November 2021

Penelitian dilakukan pada 2 (dua) buah ruang kelas yang berada di dalam lingkungan kampus Universitas Nusa Nipa Maumere. Kedua ruangan memiliki dimensi dan jenis bukaan yang sama, namun memiliki perbedaan pada level lantai.



Gambar 1. Denah ruang kelas (atas) dan tipe bukaan (bawah)  
Sumber : Dokumentasi pribadi (2020)

Terdapat 4 (empat) variabel yang diukur untuk melihat kenyamanan termal antara lain : suhu udara, kelembaban udara, kecepatan angin, dan suhu radiasi. Alat ukur yang digunakan antara lain : Thermohyrometer (suhu dan kelembaban udara), Anemometer (kecepatan angin), dan WBGT Heat Stress (suhu radiasi).



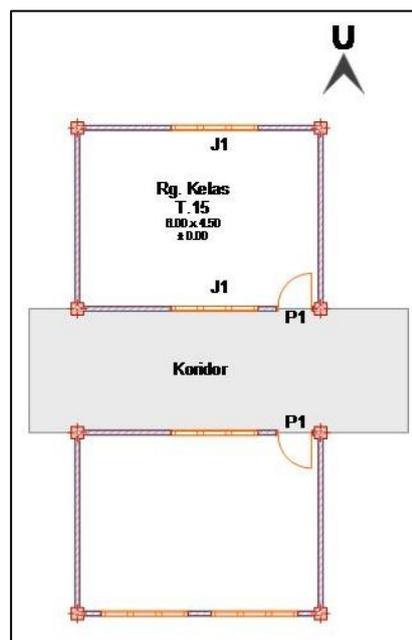
Gambar 2. Alat-alat ukur yang digunakan dalam penelitian  
Sumber : Dokumentasi pribadi (2020)

Analisis simulasi menggunakan Ecotect Analysis 2010 (WinAir CFD) untuk mengetahui aliran udara yang terjadi dari luar ke dalam bangunan. Berdasarkan penelitian Roberts and Marsh (2001), diketahui bahwa Ecotect dianggap lebih berguna karena kecepatan dan kemudahan dalam penggunaannya disbanding simulasi lainnya. Pengaturan iklim pada Ecotect disesuaikan dengan pengukuran di lapangan yang telah dilakukan di Maumere, sebelum penelitian ini dilakukan. Analisis yang akan dilakukan tidak menggunakan analisis material, dimana material yang dicantumkan disesuaikan dengan kondisi eksisting.

Simulasi diawali dengan simulasi eksisting untuk mengetahui aliran udara yang masuk ke dalam bangunan sehingga dapat dijadikan perbandingan pada saat mengajukan rekomendasi/alternative desain.

Ruang kelas yang menjadi obyek penelitian pertama yaitu ruang kelas T 15, yang berada pada lantai 1 dalam gedung Fakultas Teknik, dengan orientasi ruang kelas berada pada arah Timur-Barat, dengan kondisi pengamatan yang ada di lapangan antara lain :

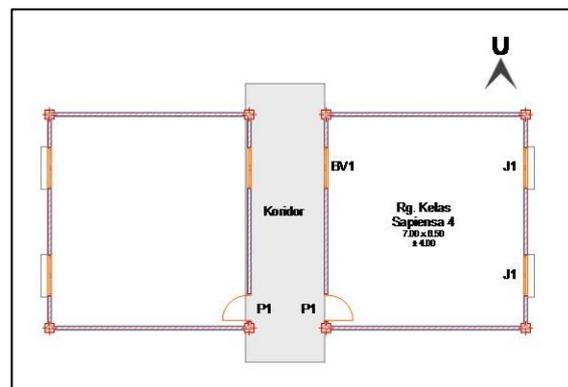
- Posisi bukaan berupa jendela dan pintu berada pada sisi Utara dan Selatan.
- Sisi Utara dari ruang kelas adalah ruang terbuka ;
- Sedangkan sisi Selatan adalah koridor yang memisahkan ruang T15 dengan ruang Tata Usaha;
- Sedangkan sisi Timur dan Barat berbatasan dengan ruang kelas lainnya;
- Model jendelanya adalah panel dengan engsel pada bagian atas. Jumlahnya 2 (dua) terletak pada sisi Utara dan Selatan.



Gambar 3. Denah ruang kelas T15  
Sumber : Dokumentasi pribadi (2020)

Sedangkan obyek penelitian kedua yaitu ruang kelas Sapiensa 4, yang berada pada gedung Sapiensa, lantai 2, dengan orientasi ruang kelas kearah Utara dan Selatan, dengan kondisi yang ada antara lain :

- Posisi bukaan berupa jendela dan pintu berada pada sisi Timur dan Barat;
- Sedangkan sisi Utara dan Selatan berbatasan dengan ruang kelas lainnya;
- Sisi Timur adalah ruang terbuka;
- Sedangkan sisi Barat adalah koridor yang memisahkan ruang kelas Sapiensa 4 dengan ruang kelas Sapiensa 3;
- Model jendelanya adalah panel dengan engsel pada bagian atas. Jumlahnya 2 (dua) terletak pada sisi Timur, dan 1 (satu) buah bukaan dan 1 (satu) buah pintu berada pada sisi Barat.



Gambar 4. Denah ruang kelas T15  
Sumber : Dokumentasi pribadi (2020)

## HASIL DAN PEMBAHASAN

### Hasil pengukuran kondisi termal di lapangan

Berdasarkan hasil pengukuran di lapangan, pada ruang dalam dari kedua kelas, suhu udara mengalami peningkatan dari 27°C (pada pukul 07.00) hingga 31,2°C (pada pukul 12.00-14.00) dengan kelembababn udara semakin menurun, dengan kecepatan udara di bawah 0,1 m/s. pada ruang kelas hasil pengukuran menunjukkan bahwa suhu mengalami peningkatan hingga 33,6°C dengan kecepatan angin maksimal mencapai 3 m/s.

### Analisis hasil Ecotect

Pada simulasi ini, kecepatan angin diatur pada kecepatan maksimal 3 m/s disesuaikan dengan kondisi disaat pengukuran dilapangan.

Dari simulasi yang dilakukan, dibedakan berdasarakan orientasi dan kondisi bukaan. Hasil yang diperoleh adalah sebagai berikut :

**Tabel. 1.** Hasil Analisa Pada Ruang Kelas T.15 dan Sapiensa 4, dengan Menggunakan Ecotect WinAir.

Nama Ruang	Arah bukaan	Kondisi bukaan	
		Terbuka	Tertutup
T15	Selatan-utara 	Aliran udara dapat menyebar ke dalam ruang kelas	Aliran tidak dapat mengalir ke dalam kelas
	Barat-Timur 	Aliran tidak dapat mengalir ke dalam kelas	Aliran tidak dapat mengalir ke dalam kelas
Sapiensa 4	Selatan-utara 	Aliran udara dapat menyebar ke dalam ruang kelas	Aliran tidak dapat mengalir ke dalam kelas
	Barat-Timur 	Aliran tidak dapat mengalir ke dalam kelas	Aliran tidak dapat mengalir ke dalam kelas

Berdasarkan tabel 1, diketahui bahwa :

➤ Ruang T15

Berdasarkan kondisi di lapangan, diketahui bahwa orientasi bukaan menghadap ke Timur dan Barat. Hasil yang diperoleh berdasarkan simulasi diketahui bahwa dengan orientasi bukaan tersebut (kondisi bukaan tertutup dan terbuka) maka aliran udara tidak dapat masuk ke dalam ruangan. Hasil ini sesuai dengan pengukuran di lapangan dimana kecepataan udara yang masuk lebih rendah dari 0,1 m/s. sedangkan apabila orientasi bukaan dihadapka kea rah Utara dan Selatan (bukaan terbuka) maka udara dapat masuk ke dalam ruangan dan dapat menyebar ke seluruh bagian ruangan.

➤ Sapiensa 4

Berdasarkan kondisi di lapangan, ruang Sapiensa 4 merupakan ruang dengan bukaan yang menghadap kearah Timur-Barat. Kondisi ini disimulasikan dan diketahui bahwa kondisi ruang tidak memungkinkan adanya aliran udara yang masuk (kondisi jenddela dalam keadaan terbuka dan tertutup). Hal ini berbeda apabila bukaan diarahkan pada sisi Utara-Selatan (tabel 1).

Berdasarkan hasil tersebut diketahui bahwa arah/orientasi bukaan dapat mempengaruhi aliran udara maupun kecepataan angina untuk masuk ke dalam bangunan. Selain itu elemen bukaan menjadi salah satu factor yang perlu diperhatikan untuk mengatur laju/kecepataan udara yang

## **SEMINAR NASIONAL SAINS DAN TEKNIK FST UNDANA (SAINSTEK)**

Kupang, 02 November 2021

masuk ke dalam ruangan. Apabila diperhatikan pada gambar (di tabel 1 ), aliran udara yang berdekatan dengan bukaan (tanpa kaca) terlihat lebih kencang dibandingkan yang berjauhan dengan bukaan. Menurut (Dewi 2012) kecepatan dan arah aliran udara yang masuk ke dalam ruangan dipengaruhi oleh arah dan sudut bukaan sehingga dapat mempengaruhi kondisi udara di dalam ruangan. Selain itu diketahui pula bahwa jumlah dan ukuran bukaan dapat menjadi salah satu factor yang dapat mempengaruhi laju aliran udara ke dalam bangunan (Hardiman, Arifah, Adhitama, dan Nugroho 2017, Febrina, Hamzah, dan Mulyadi 2018).

### **KESIMPULAN**

Dari hasil analisis yang ditinjau dari orientasi bukaan dan kondisi bukaan, yang mempengaruhi kenyamanan termal, dapat disimpulkan sebagai berikut :

- Dari kedua ruang kelas yang menjadi obyek penelitian, ruang kelas T15 secara umum sudah memenuhi aspek kenyamanan termal, sedangkan ruang Sapiensa 4 belum memenuhi;
- Ditinjau dari desain bangunan secara umum, ruang kelas sudah cukup baik menunjang kenyamanan termal;
- Ditinjau dari orientasi bukaan, ruang kelas ada yang sudah memenuhi, dan ada yang belum. Ruang kelas T15, dari segi orientasi bukaan, sudah cukup optimal untuk aliran udara yang masuk ke dalam ruang kelas, namun perlu diperbaiki yaitu peletakan bukaan pada kedua sisi tidak saling berhadapan (agar tercipta cross ventilation), sehingga udara yang masuk dapat mengalir secara merata. Sedangkan ruang kelas Sapiensa 4, secara orientasi bukaan tidak memenuhi, namun karena posisi ruangnya berada pada lantai 2, tanpa hambatan jalur angin, sehingga orientasi bukaan pada sisi luar cukup optimal untuk mengalirkan udara yang masuk ke dalam ruang kelas. Aliran udara yang masuk tidak terbagi secara merata, karena pada sisi Barat hanya terdapat sebuah ventilasi yang berukuran kecil dan sebuah pintu.
- Ditinjau dari kondisi bukaan udara, secara umum ruang kelas sudah cukup baik dalam menunjang kenyamanan termal. Namun dari aspek dimensi dan pengarah bukaan dirasakan kurang baik karena tidak terjadi peningkatan kecepatan udara yang menghasilkan aliran udara optimal.
- Dari hasil analisis diatas, perlu diperhatikan beberapa alternative desain yang diajukan untuk menciptakan kenyamanan termal di dalam ruang kelas antara lain :
  - a) Menambah bukaan;
  - b) Merubah ukuran bukaan dan orientasi bukaan.

### **DAFTAR PUSTAKA**

Amelia, Kiki. 2013. "Pengaruh Orientasi Bangunan Terhadap Kenyamanan Termal Pada Perumahan Di Bandung." *Jurnal dari Universitas Katolik Parahyangan*.

## SEMINAR NASIONAL SAINS DAN TEKNIK FST UNDANA (SAINSTEK)

Kupang, 02 November 2021

- Arifah, Anisa Budiani, Muhammad Satya Adhitama, and Agung Murti Nugroho. 2017. "Pengaruh Bukaannya Terhadap Kenyamanan Termal Pada Ruang Hunian Rumah Susun Apartemen Surabaya." *Jurnal Mahasiswa Jurusan Arsitektur* 5 (4).
- Baharuddin, Muhammad Taufik Ishak, Syarif Beddu, and M Yahya. "Kenyamanan Termal Gedung Kuliah Bersama Kampus Baru Fakultas Teknik Universitas Hasanuddin."
- Dewi, Francisca Gayuh Utami. 2012. "Pengaruh Kecepatan Dan Arah Aliran Udara Terhadap Kondisi Udara Dalam Ruangan Pada Sistem Ventilasi Alami." *Rekayasa Mesin* 3 (2):299-304.
- Febrianti, Nur. 2008. "Perubahan Zona Iklim di Indonesia dengan Menggunakan Sistem Klasifikasi Koppen."
- Febrina, Dian, Baharuddin Hamzah, and Rosady Mulyadi. 2018. "Pengaruh Elemen Fasad Terhadap Laju Pergerakan Aliran Udara Di Ruang Kelas." *PURWARUPA Jurnal Arsitektur* 1 (2):19-28.
- Gunawan, Gunawan, and Faisal Ananda. 2017. "Aspek kenyamanan termal ruang belajar gedung sekolah menengah umum di wilayah Kec. Mandau." *Inovtek Polbeng* 7 (2):98-103.
- Hardiman, Gagoek. "Pengaruh Luas Bukaannya Terhadap Kebutuhan Pertukaran Udara Bersih Dalam Rumah Tinggal." *Modul* 14 (2):79-86.
- Hermawan, Prasetyo Yuri, and Astuti Sri. 2017. "Ekspresi Bentuk Klimatik Tropis Arsitektur Tradisional Nusantara Dalam Regionalisme." *Permukiman* 12 (2):80-93.
- Kottek, Markus Grieser, JÜRGEN, Christoph BECK, Bruno Rudolf, and Franz Rubel. 2006. "World Map of the Köppen-Geiger climate classification updated." *Meteorologische Zeitschrift* 15 (3):259-263.
- Kurnia, Rendy, Sobri Effendy, and Laras Tursilowati. 2010. "Identifikasi Kenyamanan Termal Bangunan (Studi Kasus: Ruang Kuliah Kampus Ipb Baranangsiang Dan Darmaga Bogor) identification of Building Thermal Comfort (Case Study: Classrooms in Ipb Banangsiang and Darmaga Campuses)." *Agromet* 24 (1):14-22.
- Kwok, Alison G. 1997. "Thermal comfort in naturally-ventilated and air-conditioned classrooms in the tropics."
- Latif, Sahabuddin, Ramli Rahim, and Baharuddin Hamzah. 2016. "Analisis Kenyamanan Termal Siswa di Dalam Ruang Kelas (Studi Kasus SD Inpres Tamalanrea IV Makassar)."
- Latifah, Nur Laela, Harry Perdana, Agung Prasetya, and Oswald PM Siahaan. 2013. "Kajian Kenyamanan Termal pada Bangunan Student Center Itenas Bandung." *REKA KARSA* 1 (1).
- Nydia, Erisa Weri, Rachmat Kurnia, Arief Firmansyah, and Ricky Pratama. 2014. "Bentuk dan Tata Massa Bangunan Terhadap Kenyamanan Termal Cihampelas Walk Dalam Konteks Sustainable Design." *Reka Karsa* 2 (2).

## **SEMINAR NASIONAL SAINS DAN TEKNIK FST UNDANA (SAINSTEK)**

Kupang, 02 November 2021

- Prakoso, Naga Artha, Alexius Kapitan Lamahala, and Gea Sentanu. 2014. "Kajian Penerapan Material pada Selubung Bangunan yang Mempengaruhi Kenyamanan Termal dan Visual." *Reka Karsa 2* (2).
- Purnama, Damalia Enesty , Agung Murti Nugroho, and Bambang Yatnawijaya Soebandono. 2016. "Identifikasi Pengaruh Material Bangunan Terhadap Kenyamanan Termal (Studi kasus bangunan dengan material bambu dan bata merah di Mojokerto)." *Jurnal Mahasiswa Jurusan Arsitektur Brawijaya 4* (1).
- Roberts, Andrew, and Andrew Marsh. 2001. "ECOTECT: environmental prediction in architectural education."
- Sugini. 2004. "Pemaknaan Istilah- Istilah Kualitas Kenyamanan Thermal Ruang Dalam Kaitan Dengan Variabel Iklim Ruang." *LOGIKA 1* (2).
- Telis, Citra Fila Telis Citra Fila, Citra Fila Telis, Maria Immaculata Winandari Winandari, and Sri Tundono. 2017. "Pengaruh Orientasi Bangunan Terhadap Suhu Termal Di Unit Rusunawa Tambora." Prosiding Seminar Nasional Cendekiawan.
- Toisi, Novan H. , and John W. Kussoy. 2012. "Pengaruh Luas Bukaannya Ventilasi Terhadap Penghawaan Alami Dan Kenyamanan Thermal Pada Rumah Tinggal Hasil Modifikasi Dari Rumah Tradisional Minahasa." *Jurnal Arsitektur DASENG UNSRAT Manado 1* (1):8.
- Wahyudi, Eko. 2018. "Pengaruh Bentuk Bukaannya Atap Bangunan Terhadap Tingkat Kenyamanan Termal Pada Rumah Panjang Suku Dayak Brusu, Kecamatan Sekatak, Kalimantan Utara." *Borneo Engineering 2* (2):94-104.