

# Upaya Penanganan Asap Melalui Simulasi Karbon Dioksida Menggunakan CFD pada Tungku Perapian pada Rumah Adat Bajawa-Ngada

Kristiana Bebbe<sup>1)</sup>, L. M. F. Purwanto<sup>2)</sup>

<sup>1,2)</sup> Program Studi Doktor Arsitektur, Universitas Katolik Soegijapranata Semarang

---

## Abstrak

Rumah adat merupakan kekayaan warisan budaya, yang patut dilestarikan dan menjadi warisan kekayaan karya arsitektu, termasuk Rumah Adat Ngada di Flores NTT. Pilihan bahan yang ekologis dan cara berkonstruksi yang tidak merusak tatanan alam adalah salah satu keunggulan dari Rumah adat ini. Namun ada masalah kenyamanan/kesehatan terutama pada ruang utama/inti yang berukuran sempit dengan beberapa fungsi ganda sebagai dapur sekaligus sebagai ruang hunian dan istirahat. Sebagai dapur yang memproduksi banyak asap pada ruangan tanpa ventilasi, tentunya akan membawa dampak bagi kesehatan pernapasan bagi penghuninya. Dari hasil simulasi asap menggunakan *Software* CFD (*Computational Fluid Dynamics*) pada keadaan sebenarnya, menunjukkan kadar CO<sub>2</sub> dalam udara sekitar 3500 ppm, sedangkan ketika diterapkan solusi berupa penambahan cerobong, kadar CO<sub>2</sub> menurun signifikan. Hal ini menunjukkan bahwa perlu adanya cerobong yang dihadirkan dan diusahakan agar tidak mengurangi nilai kesakralannya.

**Kata-kunci** : rumah adat, simulasi CFD, cerobong

---

## Abstract

*Traditional houses are a wealth of cultural heritage, which should be preserved and become a rich heritage of architectural works, including the Ngada Traditional House in Flores, NTT. The choice of ecological materials and construction methods that do not damage the natural setting is one of the hallmarks of this traditional house. However, there are comfort/health problems, especially in the main/core room, which is narrow in size with multiple functions as a kitchen as well as a living and resting room. As a kitchen that produces much smoke in a room without ventilation, of course, it will impact the respiratory health of the occupants. The smoke simulation results using CFD (Computational Fluid Dynamics) Software in actual circumstances show CO<sub>2</sub> levels in the air around 3500ppm. In contrast, when a solution is applied by adding chimneys, CO<sub>2</sub> levels decrease significantly. This shows that it is necessary to have a present and endeavoured chimney so as not to reduce its sacred value.*

**Keywords** : traditional house, CFD simulation, chimney

---

## Kontak Penulis

Kristiana Bebbe  
Program Studi Doktor Arsitektur,  
Universitas Soegijapranata Semarang  
Jl. Pawiyatan Luhur Sel. IV No. 1, Bendan Duwur,  
Kecamatan Gajah Mungkur, Semarang  
E-mail : [kristianabebhe@yahoo.com](mailto:kristianabebhe@yahoo.com)

## Pendahuluan

Rumah adat merupakan karya arsitektur tradisional yang keberadaannya dilestarikan sebagai kekayaan budaya khususnya tempat kediaman di Indonesia. Indonesia memiliki keanekaragaman budaya yang berdampak juga pada keanekaragaman rumah tradisional. NTT adalah salah satu propinsi di Indonesia yang paling banyak memiliki keanekaragaman arsitektur tradisional, karena memiliki 14 ragam arsitektur (Jeraman, 2019). Semuanya memiliki kesamaan yaitu selaras alam dan ekologis karena menggunakan material alam dengan cara berkonstruksi yang tidak merusak tatanan alam. Rumah adat Ngada (*Sa'o*) adalah salah satu bentuk arsitektur tradisional yang juga memiliki keunggulan yaitu selaras alam.

Dari segi kenyamanan termal, Ngada adalah tempat yang nyaman. Bajawa sendiri adalah Ibu Kota Kabupaten Ngada yang letaknya paling tinggi dari permukaan laut, lebih dari 1200 meter dpl dan daerahnya yang berbukit-bukit, menyebabkan Bajawa dan sekitarnya memiliki suhu 6-20°C dan dijuluki sebagai kota dingin. Kondisi udara yang sejuk, kelembaban udara 66-83 %, dan sinar matahari yang cukup menyumbang kenyamanan termal pada Rumah adat/*Sa'o*.

Kondisi alam setempat memberikan kenyamanan tetapi kualitas udara di dalam ruangan, terutama pada bagian "*One*" yang berfungsi sebagai dapur, tempat pelaksanaan ritual, sekaligus sebagai tempat untuk tidur bisa dikatakan kurang berkualitas. Ruang *One* pada Rumah adat Ngada dengan ukuran relative kecil, sekitar 2,5m x 2,5m sampai 3,5m x 3,5m ini, berfungsi juga sebagai tempat memasak ini, menyumbang asap yang tinggi. Asap kayu bakar pada ruangan tertutup dengan sedikit ventilasi, bisa menyebabkan menurunnya kualitas udara yang dihirup para penghuninya.

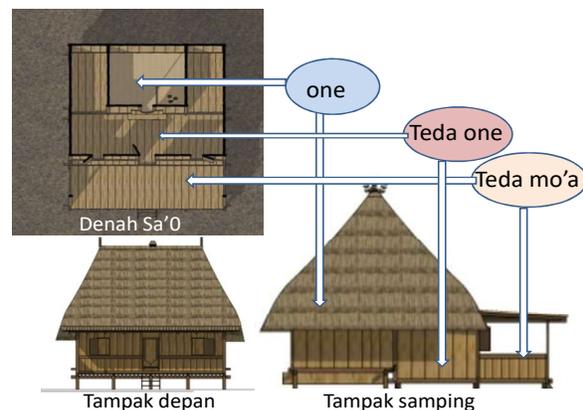
Tujuan penelitian ini adalah menemukan solusi untuk meningkatkan kualitas udara di dalam hunian *Sa'o* terutama pada bagian *One* yang memiliki tungku perapian. Peningkatan kualitas udara melalui penanganan asap pada tungku. Selain itu solusi yang ditemukan dapat menjadi masukan bagi penghuni dan pengguna *Sa'o* agar bisa menghirup udara yang lebih segar.

### Rumah Adat Ngada dan bagian-bagiannya

Pemilik rumah adat adalah suku tertentu (*woe*) dan anggota *woe* bisa terdiri dari ratusan bahkan mencapai ribuan orang karena terus bertambah. Sementara itu, yang tinggal di *Sa'o* sebagai penjaga dan pelestari bangunan *Sa'o* adalah salah satu keluarga yang ditunjuk dan dipercayakan untuk mendiami *Sa'o*. *Sa'o* menjadi ramai saat ada ritual-ritual dan acara-acara adat, di mana semua anggota suku akan datang untuk mengahdirinya (Watu, 2003).

Menurut peneliti dan pakar budaya Ngada, Dr. Watu Yohanas Vianey, rumah tradisional masyarakat Ngada merupakan tempat kediaman sekaligus sebagai pusat kegiatan adat istiadat tingkat *Sa'o*. Kediaman itu disebut *Sa'o adha* (rumah adat) atau *Sa'o ngaza* (rumah yang memiliki nama leluhur). Sebuah *Sa'o* (rumah adat) mirip maknanya dengan saung dalam budaya Sunda (Anonim, 2022c)

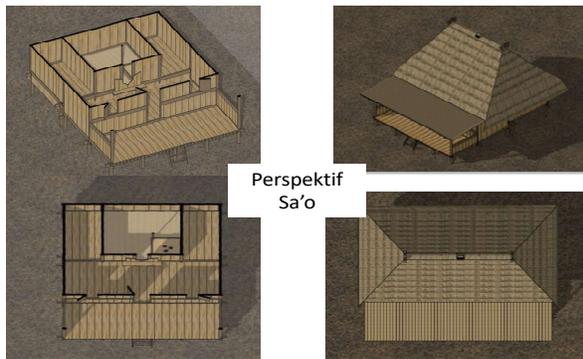
Rumah adat Ngada, memiliki tiga bagian utama, yaitu: Teras luar (*teda mo'a*), Ruang dalam (*teda one*) dan ruang paling (*One*). Teras luar berukuran 3 atau 4 kali kelipatan 7 lembar papan (misalnya selebar papan memiliki lebar 35 cm, maka panjang terasnya mencapai  $3 \times 35\text{cm} \times 7 = 735 \text{ cm}/7,35\text{m}$  ditambah dengan lebar pintu depan, selabar 80-100 cm, panjangnya menjadi 8,35m. Sementara itu, lebar teras juga 7 lembar papan atau kelipatannya sesuai dengan lebar teras yang diinginkan. Bagi orang Ngada, 7 adalah angka keramat. Dalam bahasa setempat, angka 7 disebut "*lima zua*" yang memiliki arti ganda, yaitu 5 dan 2 serta arti lain yaitu 2 tangan. Dua tangan bermakna rajin dan tekun menggunakan tangan untuk bekerja. Sama seperti teras luar, ruang hunian bagian dalam juga memiliki ukuran kelipatan dari 7 lembar papan. Biasanya panjang dan lebar *teda mo'a* sama dengan panjang dan lebar *teda one*. Sementara itu, ruang dalam yang dipandang sebagai tempat yang paling sakral (*One*) berukuran 7 lembar papan x 7 lembar papan. (Bebbe, 2016)



Gambar 1. Bagian-bagian *Sa'o*

Adapun fungsi dari masing-masing bagian, yaitu: *Teda Mo'a* sebagai tempat menerima tamu, menonton pertunjukan adat yang dipentas di pelataran kampung dan menenun, *Teda one* sebagai tempat berkumpul keluarga dan tempat tidur bagi kaum pria, *One* sebagai tempat melakukan berbagai ritual, tungku tempat memasak makanan dan sekaligus sebagai tempat tidur bagi kaum perempuan. Tungku yang dipakai adalah tungku dari tiga batu dan menggunakan kayu sebagai bahan bakar. Walaupun kehidupan masyarakat sudah modern, pada

Rumah adat atau *Sa'o* terutama bagian *One* tetap dipertahankan keasliannya (Watu, 2003).



Gambar 2. Perspektif *Sa'o*

#### Asap dan pengaruhnya bagi kesehatan

Asap menurut Kamus Besar Bahasa Indonesia, adalah hembusan uap yang terlihat akibat hasil pembakaran sesuatu (Anonim, 2022e). Asap berdasarkan asal tempatnya, dibedakan menjadi 2, yaitu asap dalam ruangan yang menyebabkan polusi (*indoor pollution*) dan asap luar ruangan (*outdoor pollution*). Di seluruh dunia, ada empat penyebab utama *indoor pollution*, (González-Martín et al., 2021) yaitu: (1) pembakaran, mis. karbon monoksida, partikulat, dan sulfur serta nitrogen oksida dari penggunaan kompor, pemanas ruangan dan rokok); (2) bahan bangunan sintetis, perabot dan bahan kimia produk, mis. pestisida, bahan organik yang mudah menguap, formaldehida; (4) tanah di bawah bangunan yang lembab dan tercemar (4) proses biologis, mis. jamur, bakteri, tungau (Urmi & Ayres, 2010).

Menurut Lestari (dalam Anonim, 2022d) terdapat 8 resiko yang dialami tubuh akibat asap, yaitu: batuk dan iritasi tenggorokan, mata memerah akibat iritasi, memperparah gangguan asma, paru-paru yang terganggu dan memperparah penyakit jantung.

Ada dua penelitian baru dari University of California, Berkeley mengatakan populasi perempuan dan anak-anak yang berada dalam kemiskinan sangat rentan mengalami efek kesehatan dari paparan asap kayu bakar dan tungku yang kotor. Pada penelitian pertama menemukan adanya penurunan sepertiga kasus pneumonia berat pada anak-anak jika rumah yang memiliki cerobong asap untuk mengurangi paparan asap dari kayu bakar. Sementara itu, studi kedua menemukan hubungan erat antara paparan asap kayu pada ibu yang sedang mengandung, yaitu anak yang dikandung mengalami penurunan nilai IQ. Menurut Kirk Smith dari UC Berkeley's School of Public Health, seperti dikutip dari ScienceDaily, (Rabu 16/11/2011). Penelitian ini sangat penting bahwa ada bukti yang kuat untuk mengurangi paparan asap kayu dalam rumah. (Anonim, 2022a)

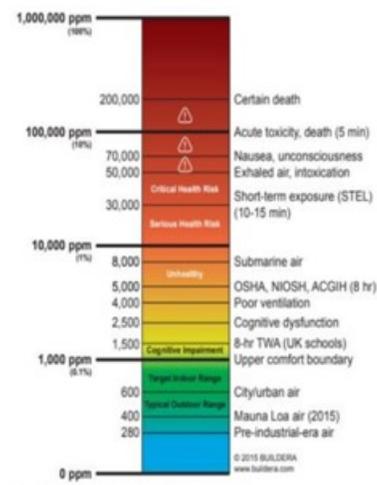
#### Pengenalan Software CFD dan penggunaannya dalam mensimulasi asap

Ada banyak manfaat yang didapat para *engineer* dalam analisis *engineering* dan arsitek dalam proses desain karena perkembangan teknologi komputer digital. *Software CFD* Indonesia adalah sebuah program komputer CFD dengan *interface* dalam Bahasa Indonesia. *Software CFD* mensimulasi analisis rekayasa berbasis *Computational Fluid Dynamics*. Pemodelan CFD adalah teknik penyelesaian permasalahan dinamika aliran fluida dan fenomena-fenomena fisik lain yang terkait melalui pendekatan numerik model-model matematis dengan bantuan komputer. Model-model matematis ini melibatkan variabel-variabel dasar fenomena fisik sehingga *output* dari perhitungan ini adalah data numerik lengkap dan detail yang menggambarkan dinamika aliran pada sistem yang menjadi fokus analisis (Anonim, 2022b)

Pemakaian *Software CFD* pada penelitian kecil ini, adalah untuk melihat aliran asap di dalam ruangan *Sa'o* sebelum dan sesudah pemberian solusi untuk mengatasi asap. Data matematis yang dimasukan adalah data pengukuran yang idealnya menggunakan *Digital Ringelmann Smoke Opacity Meter* (Fauzi & Siahaan, 2013). Tetapi dapat juga diprediksi menggunakan *Carbon Dioxide (CO<sub>2</sub>) Hazard Scale* bila tidak memiliki alat pengukuran yang baku (HSE, 2011)

Dari CO<sub>2</sub> Hazard Scale, dapat diamati, bahwa skala yang berwarna biru-hijau adalah masih aman (lebih kecil dari 1000 ppm, Kuning hingga orange harus waspada dan bisa berpengaruh pada Kesehatan (1000-10.000 ppm) dalam jangka Panjang, sedangkan yang berwarna orange gelap hingga merah sudah sangat berbahaya dan bisa menimbulkan kematian (di atas 10.000 ppm).

#### Carbon Dioxide (CO<sub>2</sub>) Hazard Scale



Gambar 3. CO<sub>2</sub> Hazard scale

## Metode

### (1) Metode penelitian

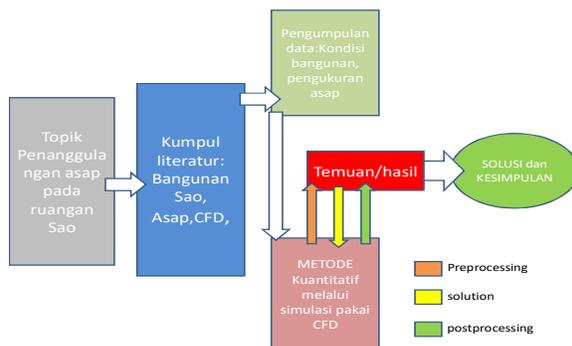
Penelitian ini merupakan Studi Kasus pada 1 ruangan dengan satu fokus utama yang diperhatikan adalah asap hasil pembakaran pada tungku. Asap pada ruangan diamati kemudian diukur dan disimulasi menggunakan CFD. Pendekatan kuantitatif pada data berupa pengukuran asap yang diperoleh kemudian dimasukkan ke CFD agar dikelola untuk mendapatkan hasil simulasi aliran asap. Sesudah didapat hasil simulasi aliran asap, kemudian merencanakan suatu Tindakan/merancang elemen tertentu untuk menanggulangi asap. Dengan merencanakan elemen penanggulangan asap, seperti cerobong maka dapat diprediksi kondisi ruangan sesudah menambahkan elemen untuk mengendalikan asap. Dengan demikian dapat dibandingkan keadaan sebelum memasang pengendali asap dan sesudah pemasangan pengendali asap. Warna pada saat simulasi CFD akan menentukan kadar asap pada ruangan, sudah pada ambang aman atau tidak. Berikut ini adalah alur metode / desain penelitian yang dilakukan peneliti.

### (2) Proses tahapan simulasi karbondioksida

Dalam Proses Simulasi terdapat 3 Tahapan:

#### (a) Tahapan *pre processing*

Tahapan ini merupakan tahapan pembuatan model yang telah dilakukan menggunakan aplikasi *Auto Cad*.



Gambar 4. Desain penelitian

#### (b) Tahapan *solution (solver execution)*

Tahapan ini merupakan tahapan paling utama dalam proses simulasi, yang mana semua data yang diperoleh berkaitan dengan karbondioksida kemudian diinput mulai dari jenis material pada objek, batas kondisi (*Boundary Condition*) adalah titik point karbondioksida dihasilkan dengan nilai konsentrasinya, *Meshing* adalah penerapan grid atau sel” pada objek untuk disimulasikan. Setelah data terinput kemudian akan diselesaikan secara *iterative* sampai mencapai kondisi konvergen.

### (c) Tahapan *post processing*

Pada tahap ini adalah tahapan hasil dari simulasi CFD yang telah dilakukan. Hasil dari simulasi CFD ini dapat berupa plot vektor kecepatan, kontur distribusi tekanan, besarnya gaya-gaya *aerodinamis*.

## Hasil dan Pembahasan

### (1) Kondisi eksisting ruang *One*

Pada bagian *One Sa'o* yang ada tungku perapian ini, letaknya paling tinggi, ukurannya sekitar 3m x 3. Ruangan *One* yang dipandang sebagai ruangan paling sakral ini, tidak berventilasi, ketinggian dinding papannya 3 m dan ketinggian langit-langit atap antara 3-10m. Ruangan memiliki banyak fungsi yaitu: memasak sekaligus berdiang di sekitar api ketika pagi hari, tidur dan sebagai tempat berkumpul para tetua adat ketika ada upacara adat tingkat *Sa'o* yang penting.



Gambar 5. Perspektif *One Sa'o*

Di atas tempat perapian, memiliki seperti kanopi, sebagai tempat penyimpanan kayu yang dipakai untuk bahan bakar pada tungku perapian. Jarak perapian ke kanopi sekitar 1,70 m . Karena letak perapian pada sudut ruang, maka asap pembakaran akan naik ke kanopi, tetapi karena terhalang maka asap akan menyebar ke bagian ruang *One* secara keseluruhan.

### (2) Pengaruh asap pada bangunan dan pengukuran asap

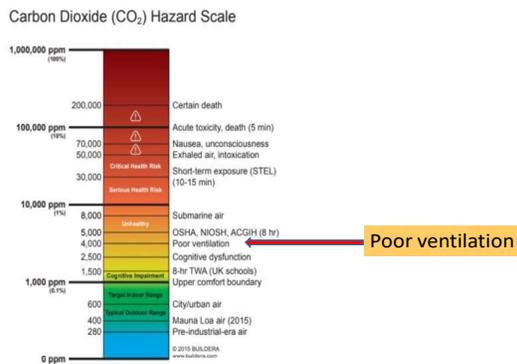
Asap menyebabkan menghitamnya beberapa bagian bangunan, dapat diamati warna dinding dan langit-langit yang menghitam. Asap yang mengganggu dapat dirasakan melalui mata yang perih dan sulit bernapas. Penghuni *Sa'o* yang setiap hari tinggal di dalamnya sudah beradaptasi sehingga tidak merasa terganggu dengan asap. Sementara itu, bagi yang berkunjung untuk upacara adat atau berlibur sangat terganggu dengan asap. Penghuni *Sa'o* yang mengalami gangguan pernapasan tidak pernah mereka kaitkan dengan asap tungku pembakaran, karena ruangan ini memang dianggap sakral.

Berdasarkan skala Hazard di atas, diprediksi asap CO<sub>2</sub> antara 4000ppm. Skala 4000 ppm adalah untuk ruangan dengan miskin ventilasi. Ruangannya *One Sa'o* yang dengan luas 3 x 3 m dan tanpa ventilasi diperkirakan 3500 ppm, karena mempertimbangkan bahan dinding dari papan yang masih ada celah antar papan, sehingga masih sedikit memungkinkan asap bisa keluar melalui celah antar papan.



Paparan asap menyebabkan langit-langit dan dinding menghitam

Gambar 6. Kondisi asap di *One Sa'o*



Gambar 7. CO<sub>2</sub> Hazard scale

(3) Simulasi menggunakan *Software* CFD

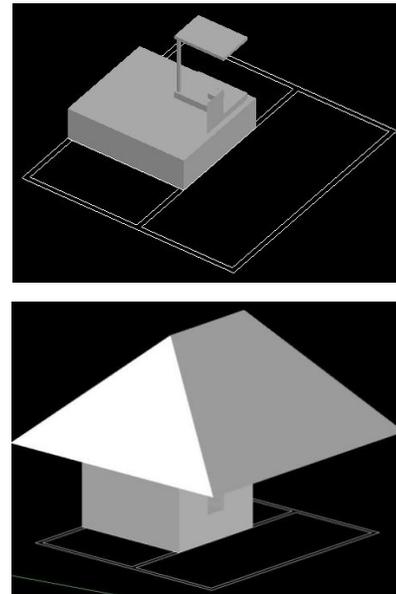
Data kondisi udara yang terkontaminasi oleh asap (*karbondioksida*) diperkirakan ± 3.500ppm dengan melihat *Hazard scale* Perkiraan ini, berdasarkan indikator yang ditunjukkan pada angka tersebut. Kisaran 3000ppm-4000ppm adalah pada ruangan tanpa ventilasi dan sempit. Ruangannya *Sa'o* memenuhi kriteria indikator ini. Dengan data ini akan diinput pada CFD untuk mengetahui seperti apa kondisi udara dalam ruang yang terkontaminasi oleh CO<sub>2</sub>.

(a) Tahap *pre processing*

Sebelum proses penginputan data pada CFD, diperlukan permodelan objek secara 3D melalui *software* Autocad 3D. Model yang akan disimulasikan adalah ruang perapian dengan ukuran Panjang 3m, lebar 3m dan tinggi

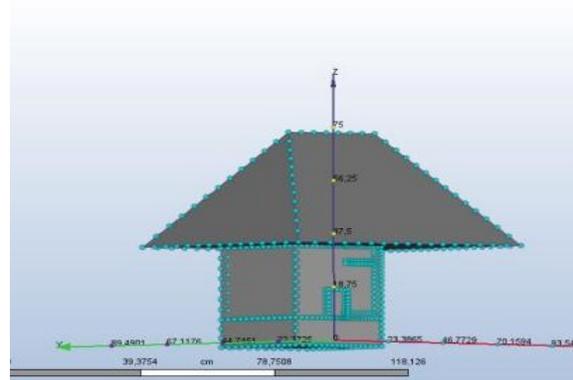
bangunan 10m. Setelah itu data dan Model objek siap untuk input pada *Software* CFD.

(b) Tahap *solution (solver execution)*



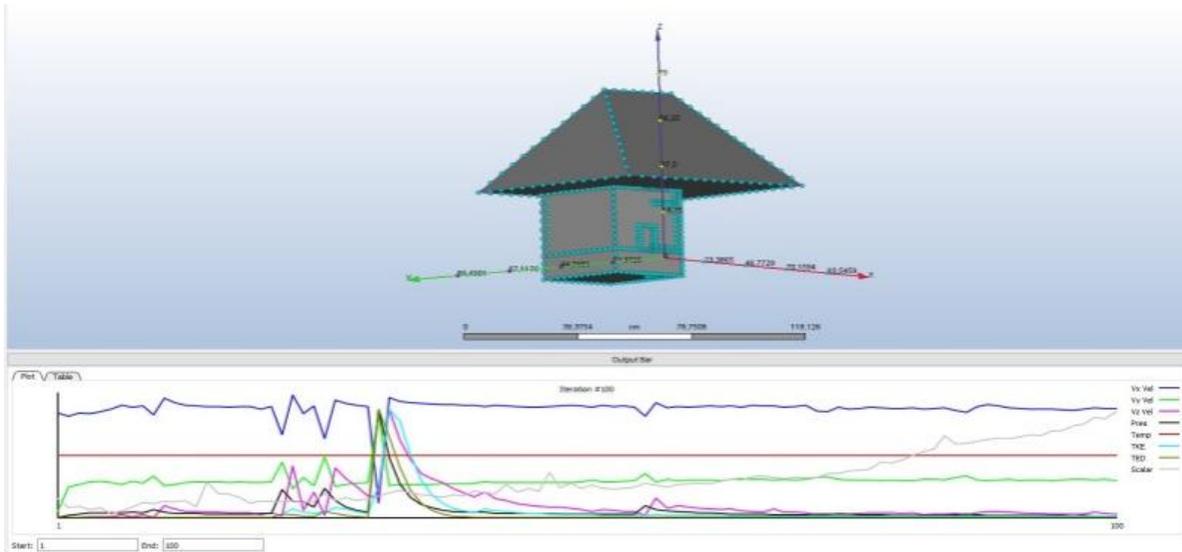
Gambar 8. Pemodelan objek secara 3D

Tahapan ini merupakan tahapan paling utama dalam proses simulasi. Segala data yang diperoleh berkaitan dengan karbondioksida kemudian diinput mulai dari jenis material pada objek, batas kondisi (*Boundry Condition*) adalah titik point karbondioksida dihasilkan dengan nilai konsentrasinya, *Meshing* adalah penerapan grid atau sel” pada objek untuk disimulasikan. Setelah data\_data terinput kemudian akan diselesaikan secara *iterative* sampai mencapai kondisi konvergen.



Gambar 9. Tahap *solver execution* (1)

Model yang akan disimulasikan adalah ruang perapian dengan ukuran Panjang 3m, lebar 3m dan tinggi bangunan 10m. Setelah itu data dan Model objek siap untuk input pada *Software* CFD.



Gambar 10. Tahap solver execution (2)

(c) Tahap post processing

Hasil menunjukkan kondisi udara dalam ruang perapian akan terkontaminasi oleh karbondioksida sebesar 3.200 ppm dengan waktu yang cukup lama. Hal ini dalam jangka panjang bisa menyebabkan terganggunya kesehatan penghuni.

Kondisi udara pada objek eksisting yang cukup ekstrim, kemudian coba diterapkan sistem *stack effect* (*cerobong*) pada ruang perapian sebagai upaya dalam mengurangi pencemaran udara dalam ruang oleh CO<sub>2</sub>.

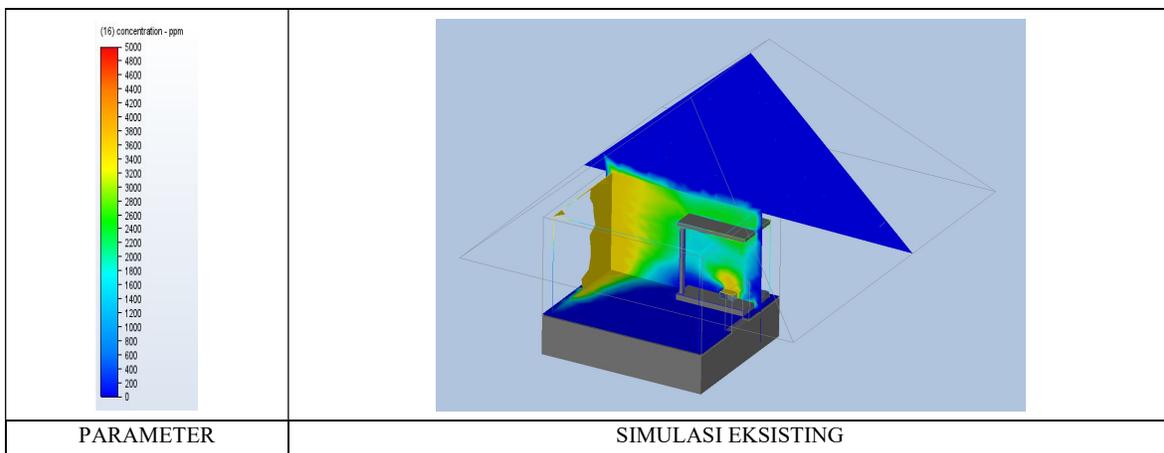
- 1) Cara 1: menggunakan cerobong di atas perapian dengan diameter 25 cm dan diletakan lurus dengan tungku perapian

Hasil simulasi menunjukkan kondisi kualitas udara dalam ruang perapian sudah jauh lebih terjaga dan terminimalisir

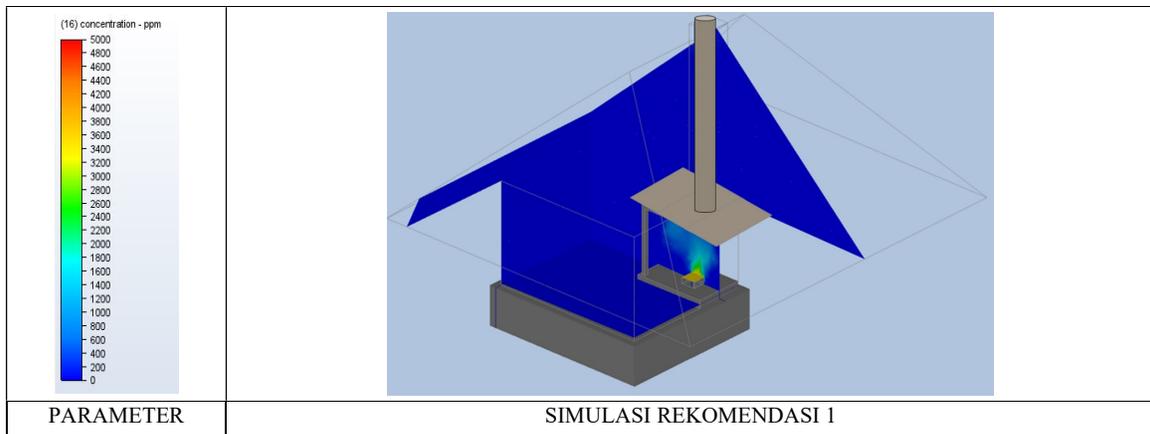
udara yang terkontaminasi oleh CO<sub>2</sub>. Hal ini bisa dilihat dari warna parameter pada area hunian biru (0-200 ppm) dan hanya pada perapian yang ada area berwarna biru muda (400-600 ppm). Bahan yang dipakai sebagai *stack effect* adalah bahan alami seperti bambu betung yang di Ngada memiliki ukuran diameter hingga 25 cm.

- 2) Cara 2: Menggunakan pengisap asap dulu di atas perapian dengan ukuran 80 x 110 cm kemudian baru diteruskan ke cerobong asap

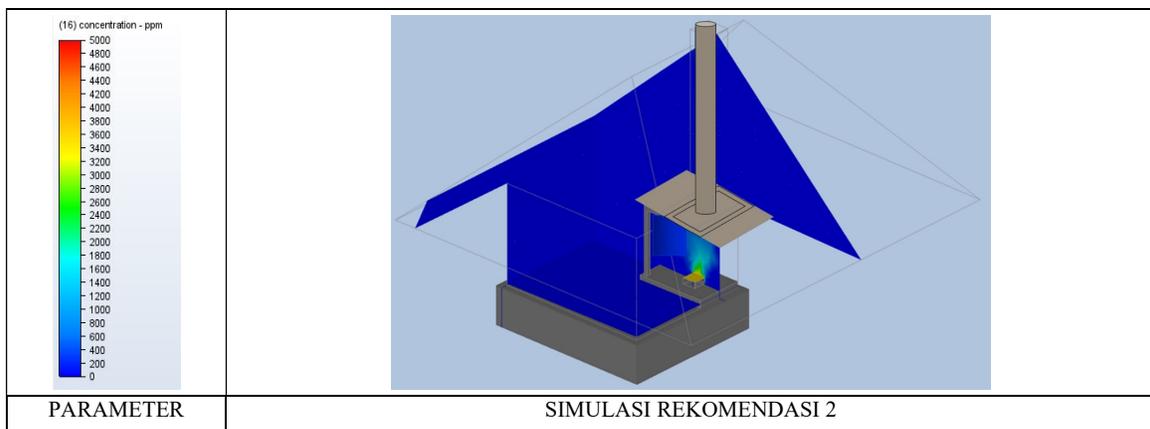
Hasil simulasi menunjukkan kondisi kualitas udara dalam ruang perapian sudah jauh lebih lagi atau terjaga dan terminimalisir udara yang terkontaminasi oleh CO<sub>2</sub>. Hal ini bisa dilihat dari warna parameter pada area hunian masih menunjukkan warna biru (0-200 ppm) dan pada perapian sudah jauh berkurang, karena asap yang sudah terhisap (200-400 ppm). Hanya pada area di atas tungku yang berapas dan langsung diteruskan ke pengisap asap.



Gambar 11. Tahap processing



Gambar 12. Simulasi rekomendasi 1



Gambar 13. Simulasi rekomendasi 2

Sebagai *sect effect* tetap menggunakan bahan alami seperti bambu betung yang di Ngada memiliki ukuran diameter hingga 25 cm. Saat ini, pengisap asap dapat dibeli di pasaran. Berikut, model pengisap asap yang di pasaran.



Gambar 14. Model-model penghisap asap. Sumber: Anonim, 2022f

### Penutup

Dari pembahasan tentang solusi untuk memperbaiki kualitas udara di *Sa'o* bagian *One*, ditemukan beberapa hal, yaitu:

- (1) Secara keseluruhan *Sa'o* adalah bangunan yang ramah lingkungan karena menggunakan materil lokal.
- (2) *Sa'o* adalah warisan budaya dan harus tetap dilestarikan keberadaannya.
- (3) Dari hasil simulasi, menunjukan kualitas udara di salah satu ruangan, yaitu bagian *One* tidak memberikan kenyamanan, terutama di saat melakukan aktifitas memasak, karena menimbulkan asap apalagi ruangan tidak berventilasi.
- (4) Dari hasil simulasi juga didapatkan, bila menambahkan *stack effect* atau cerobong bisa menaikkan kualitas udara di *One*, terutama pada area hunian atau duduk, walupun masih ada sedikit berasap di area memasak.
- (5) Menambahkan pengisap asap di atas area memasak sebelum diteruskan ke cerobong akan lebih meminimalisir asap lagi, bukan hanya di area duduk/hunian tetapi juga di area tungku, sehingga orang yang bertugas memasak/menggunakan tungku semakin tidak merasakan dampak asap.

- (6) Demikianlah pemaparan tentang penanganan asap pada ruangan *One Sa'o*, semoga menjadi masukan yang berguna untuk memperbaiki kualitas udara.

#### Daftar Pustaka

- Anonim. (2022a). *Asap Kayu Bakar Pengaruhi Risiko Pneumonia dan Penurunan IQ*. Tersedia di: <https://health.detik.com/berita-detikhealth/d-1768736/asap-kayu-bakar-pengaruhi-risiko-pneumonia-dan-penurunan-iq>. Diakses pada Selasa, 1 November 2022
- Anonim. (2022b). *Kegunaan dari Software CFD*. Tersedia di: <https://staff.ui.ac.id/node/46623>. Diakses pada Selasa, 1 November 2022, pukul 15.05
- Anonim. (2022c). *Makna Rumah Tradisional Ngada*. Tersedia di: <https://mediaindonesia.com/weekend/146759/mengenal-ru-mah-adat-ngada-yang-penuh-filosofi>. Diakses pada Selasa, 1 November 2022, pukul 15.00
- Anonim. (2022d). *Pengaruh Asap bagi Kesehatan*. Tersedia di: <https://www.sehatq.com/artikel/ini-dia-dampak-kabut-asap-yang-berbahaya-bagi-kesehatan-tubuh>. Diakses pada Selasa, 1 November 2022, pukul 16.48
- Anonim. (2022e). *Pengertian Asap*. Tersedia di: <https://kbbi.web.id/asap>. Diakses pada Selasa, 1 November 2022, pukul 16.00
- Anonim. (2022f). Tersedia di: <https://berita.99.co/penghisap-asap-dapur/>. Diakses pada Selasa, 1 November 2022
- Bebbe, K. (2016). *Bagian 4 “ Menelusuri Filosofi Arsitektur Vernakular Pada Perkampungan Tradisional Gurusina-Ngada” dalam Buku “Menelusuri Arsitektur Vernakular NTT*. Penerbit Rumah Kayu. ISBN 978-602-6222-01-5
- Fauzi, M. C. R. & Siahaan, D. O. (2013). Rancang Bangun Alat Pengukur Tingkat Kepekatan Asap Berdasarkan Ringelmann Smoke Chart Pada Perangkat Bergerak. *Jurnal Teknik Pomits, Vol. 2, No(1)*, 1–5.
- González-Martín, J., Kraakman, N., Pérez, C., & Lebrero, R. (2021). *a State-of-the-Art Review on Indoor Air Pollution and the Potential of Biotechnologies for Indoor Air Purification 2*. 1–59.
- HSE. (2011). Assessment of the major hazard potential of carbon dioxide (CO<sub>2</sub>). *Health and Safety Executive*, 1–28. Tersedia di: <http://www.hse.gov.uk/carboncapture/assets/docs/major-hazard-potential-carbon-dioxide.pdf%0A>
- Jeraman, Philipus. (2019). Eksistensi Arsitektur Vernakular NTT. In: Eksistensi Arsitektur Vernakuler; *Prosiding Seminar Nasional Vista #1-2019*, 09 Desember 2019, Kupang. Tersedia di: <http://repository.unwira.ac.id/view/creators/JERAMAN=3APilipus=3A=3A.html>
- Urmí, O. P., & Ayres, J. G. (2010). Indoor air pollution in developing countries. *Environmental Medicine*, 43, 191–202.