

JURNAL

PROMOTIF PREVENTIF

Paparan Karbon Monoksida (CO) dari Pembakaran Biomassa Kayu Bakar di Rumah Tangga Pedesaan

Carbon Monoxide (CO) Exposure from Burning Firewoods Biomass in Rural Households

Purnama Sidebang*, Suhaim Hamid, Nuke Dianita, Iksan Nasrun

Jurusan Kesehatan Lingkungan, Poltekkes Kemenkes Ternate

Article Info

Article History

Received: 15 Sep 2025

Revised: 16 Okt 2025

Accepted: 28 Des 2025

ABSTRACT / ABSTRAK

Approximately 89% of premature deaths due to air pollution occur in low- and middle-income countries. Biomass burning is a source of indoor air pollution that produces high pollutants such as Carbon monoxide (CO) and increases the risk of health problems in home occupants, an estimated 2.9 million deaths per year due to indoor air pollution, including the deaths of children under five. This study aims to determine the concentration of CO gas in households using biomass firewood in Takofi Village. This is a descriptive observational study with a cross-sectional design. The number of samples was 66 families, taken by simple random sampling. CO exposure was measured using a multigas detector with a sampling point near the stove when the firewood was being lit, environmental parameters were measured including temperature, humidity and ventilation area. The results showed that all respondents had CO concentration values that exceeded the standard, average of 198.1 ppm. The average temperature, humidity and ventilation were 32.04°C, 73.42% and 15.3%, respectively. It is recommended that people reduce CO exposure through effective combustion practices, such as using dry wood, leaving doors open when cooking, and keeping kitchens separate from the main house.

Keywords: CO Concentration, Biomass, Firewood

Sekitar 89% kematian dini akibat polusi udara terjadi di negara berpenghasilan rendah dan menengah. Pembakaran biomassa merupakan sumber polusi udara dalam ruang yang menghasilkan polutan tinggi seperti Karbonmonoksida (CO) dan meningkatkan risiko gangguan kesehatan pada penghuni rumah, diperkirakan 2,9 juta kematian per tahun akibat polusi udara dalam ruang, termasuk kematian anak-anak balita. Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui konsentrasi gas CO pada rumah tangga pengguna biomassa kayu bakar di Kelurahan Takofi. Merupakan penelitian observasional deskriptif dengan desain crossectional. Jumlah sampel sebanyak 66 KK, diambil secara *simple random sampling*. Paparan CO diukur menggunakan alat *multigas detector* dengan titik sampling di dekat tungku ketika kayu bakar sedang dinyalakan, dilakukan pengukuran parameter lingkungan meliputi suhu, kelembaban dan luas ventilasi. Hasil menunjukkan seluruh responden memiliki nilai konsentrasi CO yang melebihi standar dengan rata-rata 198,1 ppm. Rata-rata suhu, kelembaban dan ventilasi secara berturut-turut 32,04°C, 73,42% dan 15,3%. Disarankan agar masyarakat mengurangi paparan CO melalui upaya pembakaran efektif seperti penggunaan kayu kering, membuka pintu saat memasak, serta dapur terpisah dari rumah utama

Kata kunci: Paparan CO, biomassa, kayu bakar

Corresponding Author:

Name : Purnama Sidebang
 Affiliate : Jurusan Kesehatan Lingkungan Poltekkes Kemenkes Ternate
 Address : Jl. Cempaka Kelurahan Tanah Tinggi Barat Kota Ternate
 Email : purthebank88@gmail.com

PENDAHULUAN

Pencemaran udara merupakan salah satu faktor risiko utama terhadap kesehatan global. *World Health Organization (WHO)* melaporkan bahwa polusi udara berkontribusi signifikan terhadap kematian akibat penyakit tidak menular, termasuk stroke (24%), penyakit jantung (25%), kanker paru-paru (29%), dan Penyakit Paru Obstruktif Kronis (PPOK) (43%) (WHO, 2018). Sekitar 89% kematian dini akibat polusi udara terjadi di negara berpenghasilan rendah dan menengah, terutama di Kawasan Asia Tenggara dan Pasifik Barat (World Health Organization, 2024).

Selain pencemaran udara luar ruang, polusi udara dalam ruangan (*indoor air pollution*) menjadi isu kesehatan yang penting karena polusi udara dalam ruangan memiliki dampak yang lebih berbahaya dibandingkan polusi udara di luar ruangan, khususnya di daerah pedesaan (A'yun and Umaroh, 2022). Sekitar 2,1 miliar orang di seluruh dunia memasak menggunakan api terbuka atau kompor yang tidak efisien. Di banyak negara berkembang, sumber utama pencemaran udara dalam ruang adalah penggunaan bahan bakar padat seperti kayu bakar dan biomassa lainnya untuk memasak. Pembakaran biomassa dalam rumah, dapat menghasilkan konsentrasi polutan yang tinggi dan meningkatkan risiko gangguan kesehatan pada penghuni rumah, diperkirakan 2,9 juta kematian per tahun pada tahun 2021, termasuk lebih dari 309.000 kematian anak-anak balita (World Health Organization, 2025).

Salah satu polutan berbahaya yang dihasilkan dari pembakaran biomassa adalah karbon monoksida (CO). Gas yang tidak berwarna dan tidak berbau, terbentuk akibat pembakaran tidak sempurna dari bahan yang mengandung karbon seperti kayu bakar (Rizaldi, 2022). Gas ini memiliki afinitas tinggi terhadap hemoglobin sehingga dapat menghambat pengangkutan oksigen dalam darah dan menyebabkan hipoksia jaringan. Paparan CO, baik akut maupun kronis dikaitkan dengan berbagai dampak kesehatan seperti sakit kepala, mual, kelelahan, pada tingkat yang lebih parah dapat menyebabkan gangguan fungsi paru hingga kematian akibat hipoksia seluler, penurunan fungsi kardiovaskular, hingga kematian pada konsentrasi tinggi (A.R.Amrah *et al.*, 2025)

Penggunaan biomassa kayu bakar sebagai bahan bakar memasak masih banyak ditemukan di wilayah pedesaan Indonesia, termasuk di Kelurahan Takofi. Kecamatan Moti Kota Ternate, Provinsi Maluku Utara. Ketersediaan sumber daya alam seperti pala, cengkeh, dan pepohonan lainnya mendorong masyarakat memanfaatkan ranting dan kayu sebagai bahan bakar rumah tangga (Badan Pusat Statistik Kota Ternate, 2024). Ketergantungan terhadap biomassa kayu bakar ini berpotensi meningkatkan paparan polusi udara dalam ruangan, khususnya karbon monoksida, terutama pada rumah dengan ventilasi terbatas.

Meskipun dampak *indoor air pollution* dari pembakaran biomassa telah dilaporkan secara global, penelitian spesifik mengukur paparan karbon monoksida pada rumah tangga pedesaan di wilayah kepulauan Indonesia masih terbatas, sebagian besar penelitian sebelumnya berfokus pada paparan CO di lingkungan kerja (As, Goembira and Regia, 2017; Alvin Faiz Bara Mentari, Firdani and Pristi Rahmah, 2021; Jufri Sumampouw *et al.*, 2024) ataupun pada partikel halus (PM_{2,5}) (Amin *et al.*, 2025) atau dampak kesehatan secara umum (Rambing, Umboh and Warouw, 2022; Rizaldi, 2022), sehingga data empiris mengenai konsentrasi CO dari pembakaran biomassa kayu bakar pada tingkat komunitas lokal kurang terdokumentasi. Kesenjangan ini penting untuk diteliti guna memberikan gambaran risiko paparan yang lebih

kontekstual dan berbasis wilayah. (WHO, 2018) (Reynaldy and Anggriyani, 2024) (Rizaldi, 2022) (Badan Pusat Statistik Kota Ternate, 2024).

BAHAN DAN METODE

Penelitian ini menggunakan pendekatan deskriptif observasional dengan desain cross sectional. Penelitian ini mendeskripsikan tingkat polusi udara dalam ruang khususnya akibat paparan karbon monoksida pada rumah tangga pedesaan yang menggunakan kayu bakar. Lokasi penelitian berada di Kelurahan Takofi, Kecamatan Pulau Moti, Kota Ternate, populasi dalam penelitian ini adalah seluruh rumah warga di Kelurahan Takofi yang menggunakan kayu bakar yang berjumlah 198 KK. Jumlah sampel ditentukan menggunakan rumus Slovin dengan tingkat kesalahan 10%, sehingga diperoleh 66 KK. Teknik pengambilan sampel yang digunakan adalah *Simple Random Sampling*. Pengumpulan data dilakukan dengan melakukan pengukuran konsentrasi CO menggunakan alat *multigas detector*, data faktor lingkungan meliputi pengukuran luas ventilasi, suhu dan kelembaban menggunakan meteran dan thermohygrometer. Pengukuran konsentrasi CO, suhu dan kelembaban dilakukan di dapur responden selama responden sedang menggunakan kayu bakar untuk memasak pada pagi maupun sore hari, hasil pengukuran secara *real time* diamati sesuai dengan angka yang tertera pada alat ukur. Sementara luas ventilasi dihitung berdasarkan jumlah total ventilasi di rumah responden. Data dianalisis secara deskriptif, hasil analisis ditampilkan dengan nilai rata-rata, nilai maksimum, minimum, range dan standar deviasi. Konsentrasi CO dibandingkan dengan standar NAB yang diatur oleh pemerintah dalam Permenkes RI No 2 tahun 2023, selanjutnya hasil disajikan dalam bentuk tabel maupun narasi. Penelitian ini telah mendapatkan surat *ethical clearance* dari komisi etik penelitian Poltekkes Kemenkes Ternate dengan nomor etik UM.02.03/6/497/2025 tanggal 24 Maret 2025

HASIL

Pengukuran Konsentrasi Gas Karbon Monoksida (CO)

Pengukuran konsentrasi CO dilakukan selama responden memasak menggunakan kayu bakar, durasi penggunaan kayu bakar mayoritas selama 1 jam (83,3%). Hasil pengukuran menunjukkan bahwa responden memiliki nilai konsentrasi CO di rumah masyarakat pengguna biomassa kayu bakar telah melebihi NAB yaitu > 9 ppm (100%) seperti ditampilkan pada tabel 1.

Tabel 1. Hasil Pengukuran Konsentrasi CO Tingkat Rumah Tangga

Keterangan	Konsentrasi CO (ppm)
Minimum	26,9
Maksimum	312,5
Rata-Rata	198,1
Range	285,6
Standar deviasi	76,1

Sumber: Data Primer, 2025

Suhu

Pada tabel 2 diatas terlihat bahwa untuk nilai rata-rata pengukuran suhu di rumah pengguna biomassa kayu bakar di Kelurahan Takofi adalah 31,04 °C.

Tabel 2. Hasil Pengukuran Suhu Tingkat Rumah Tangga

Keterangan	Suhu (°C)
Minimum	26,5
Maksimum	38,8
Rata-Rata	31,04
Range	12,3
Standar deviasi	3,5

Sumber: Data Primer, 2025

Kelembaban

Tabel 3. Hasil Pengukuran Kelembaban Tingkat Rumah Tangga

Keterangan	Kelembaban
Minimum	58,7
Maksimum	83,1
Rata-Rata	73,4
Range	24,4
Standar deviasi	6,1

Sumber: Data Primer, 2025

Berdasarkan tabel 3 terlihat bahwa rata-rata kelembaban di rumah pengguna biomassa kayu bakar di Kelurahan Takofi adalah 73,4%.

Luas Ventilasi

Pengukuran luas ventilasi dilakukan dengan menjumlahkan total ventilasi yang dimiliki responden, meliputi ventilasi dapur dan ruang tamu, kemudian membandingkannya dengan luas lantai dikalikan 100%. Hasil pengukuran luas ventilasi di rumah pengguna biomassa kayu bakar di Kelurahan Takofi diketahui bahwa seluruh responden (100%) memiliki ventilasi dengan kategori memadai (>10% luas lantai) seperti disajikan dalam tabel 4.

Tabel 4. Hasil Pengukuran Luas Ventilasi Tingkat Rumah

Keterangan	Luas ventilasi (% luas lantai)
Minimum	11
Maksimum	23
Rata-Rata	15,3
Range	12
Standar deviasi	2,5

Sumber: Data Primer, 2025

PEMBAHASAN

Konsentrasi Karbon Monoksida

Dari hasil penelitian diperoleh konsentrasi gas CO dari seluruh responden telah melebihi nilai ambang batas sesuai dengan peraturan yang ditetapkan oleh pemerintah mengenai baku mutu udara dalam ruang (*Indoor*) untuk gas karbon monoksida yaitu 9 ppm/8 Jam (Kementerian Kesehatan RI, 2023). Rata-rata konsentrasi karbon monoksida hasil pengukuran adalah 198,1 ppm. Hasil pengukuran yang tinggi ini dikarenakan pengukuran gas CO dilakukan

pada lokasi dekat tungku pembakaran dengan kondisi kayu bakar sedang dinyalakan untuk aktivitas memasak. Jenis bahan bakar yang digunakan untuk aktivitas memasak akan mempengaruhi jenis pencemar yang dihasilkan (Revanolin and Dirgawati, 2021), sejalan dengan penelitian terdahulu menunjukkan konsentrasi CO yang dihasilkan dari penggunaan biomassa tempurung kelapa sebesar 22,6 ppm. Demikian pula konsentrasi CO pada penggunaan kompor biomassa menunjukkan bahwa konsentrasi karbon monoksida pada kayu bakar adalah sebesar 33,5 ppm (As, Goembira and Regia, 2017), dan 0,64 – 22 ppm pada penggunaan kayu bakar di Sub-Sahara Afrika (Bede-Ojimadu and Orisakwe, 2020) telah melebihi baku mutu yang ditetapkan.

Konsentrasi CO yang tinggi pada penelitian ini dihasilkan dari penggunaan kayu bakar untuk aktivitas memasak sebagai sumber paparan utama. Polusi udara rumah tangga (*Households air pollution*) yang dilepaskan oleh pembakaran bahan bakar padat yang tidak efisien untuk memasak, pemanasan dan penerangan rumah tangga akan menghasilkan pencemar karbon monoksida (World Health Organization, 2014; Zettira and Yudhastuti, 2022). Tingginya konsentrasi CO pada penelitian ini dapat mengindikasikan bahwa anggota keluarga akan beresiko tinggi mengalami dampak kesehatan akibat paparan CO apalagi bagi mereka yang memiliki dapur memasak menyatu dengan rumah. Paparan karbon monoksida (CO) yang berlangsung terus-menerus dapat menimbulkan berbagai gangguan kesehatan, seperti sakit kepala, mual, kelelahan, dan pada tingkat yang lebih parah dapat menyebabkan penyakit ISPA, gangguan fungsi paru-paru (Bede-Ojimadu and Orisakwe, 2020) hingga kematian akibat hipoksia seluler (A'yun and Umaroh, 2022).

Sejalan dengan studi literatur yang dilakukan oleh Rambing dkk (2022), menyebutkan bahwa paparan akibat gas karbon monoksida (CO) dapat ditandai dengan adanya gejala atau tanda-tanda ringan, seperti pusing, sakit kepala dan mual, nyeri dada, sesak nafas. Keadaan lebih berat yang dirasakan seperti menurunnya kemampuan gerak pada tubuh manusia, gangguan sistem kardiovaskuler, serangan jantung sampai pada kematian. Gejala gangguan kesehatan tersebut mulai timbul ketika konsentrasi karboksihemoglobin (COHb) dalam darah $\geq 2\%$. Apabila 2-5% maka akan muncul gangguan kesehatan pada sistem saraf pusat, reaksi gangguan panca indera sehingga penglihatan menjadi tidak normal. Jika COHb dalam darah melebihi 5% maka akan menimbulkan gangguan pada fungsi paru-paru (Rambing, Umboh and Warouw, 2022). Paparan CO yang tinggi dapat menyebabkan dekompensasi jantung yang parah sehingga menyebabkan kegagalan multi organ dan menjadi penyebab utama kematian pada orang yang keracunan parah. Selain itu, paparan CO yang berkepanjangan telah dikaitkan dengan peningkatan stres oksidatif dan penurunan perfusi koroner, yang menunjukkan pengaruhnya yang luas dan serius terhadap kesehatan kardiovaskular (Afzal *et al.*, 2025).

Penelitian Liu dkk yang meneliti interaksi antara CO ambien dengan suhu dan kelembaba terhadap resiko rawat inap akibat stroke menunjukkan adanya hubungan positif antara CO lingkungan dan risiko rawat inap akibat stroke pada populasi yang diteliti. Juga dicatat bahwa untuk stroke hemoragik, pria dan penduduk yang berusia lebih dari 65 tahun lebih sensitif terhadap CO lingkungan. Dalam kelompok jenis kelamin, wanita lebih sensitif terhadap CO lingkungan (Liu *et al.*, 2024).

Kendatipun demikian, karakteristik masyarakat Takofi yang menggunakan kayu bakar hanya untuk keperluan memasak, menyebabkan sumber paparan CO yaitu asap kayu bakar hanya bersifat temporal dan tidak berlangsung terus menerus sepanjang hari, biasanya hanya

terjadi pada pagi atau hanya sore hari. Selain itu, kondisi dapur masyarakat takofi pada umumnya dilengkapi dengan ventilasi sehingga sirkulasi udara lebih baik maka risiko paparan bagi masyarakat umumnya lebih rendah. Sejalan dengan penelitian Amrah yang meneliti risiko paparan karbon monoksida pada masyarakat sekitar pedagang sate di kota Pare-pare, menyatakan bahwa meskipun asap pembakaran sate mengandung zat berbahaya misalnya karbon monoksida (CO), partikel halus (PM2.5), dan senyawa hidrokarbon, sifat paparan yang terbatas, tidak kontinyu, cepat tersebar, serta kadar polutan yang relatif rendah menyebabkan tingkat risiko terhadap masyarakat sekitar tergolong rendah hingga sedang (A.R.Amrah *et al.*, 2025). Namun meskipun demikian, efek kesehatan jangka panjang akibat paparan CO pada rumah tangga pengguna kayu bakar pantas untuk dikaji dan dianalisis lebih lanjut apalagi bagi mereka yang telah memiliki kondisi kesehatan serius dengan paparan jangka panjang dan terus menerus seperti kelompok lansia, perempuan dan anak-anak (Bede-Ojimadu and Orisakwe, 2020), sehingga dapat diketahui besaran resiko paparan CO (Kementerian Kesehatan RI, 2023) (As, Goembira and Regia, 2017).

Suhu

Hasil pengukuran suhu di rumah pengguna biomassa kayu bakar di Kelurahan Takofi menunjukkan nilai rata-rata 31,04 °C, hasil ini secara signifikan berada di atas rentang suhu nyaman dan sehat untuk hunian. WHO dan standar kesehatan perumahan yang umum merekomendasikan suhu dalam ruangan berkisar antara 18–26°C (World Health Organization, 2018), dengan suhu ideal di Indonesia sekitar 20-25°C untuk kenyamanan dan kesehatan optimal (Menkes RI, 2011). Suhu ruangan yang terlalu tinggi ini, melebihi standar kenyamanan kerja maupun rumah tangga, berpotensi menimbulkan konsekuensi kesehatan serius.

Paparan suhu tinggi dalam ruangan dapat mengganggu mekanisme termoregulasi tubuh, menyebabkan ketidaknyamanan, kelelahan, dehidrasi, dan dalam kasus ekstrem, memicu kondisi seperti *heat stroke*. Dalam konteks penelitian ini, suhu tinggi tersebut didukung oleh aktivitas memasak dan ketiadaan cerobong asap yang memadai, menciptakan lingkungan fisik yang memperburuk konsentrasi gas CO melebihi nilai ambang batas. Penelitian terdahulu menunjukkan bahwa suhu dan konsentrasi CO yang tinggi memiliki efek sinergi terhadap resiko rawat inap pada populasi dengan stroke hemoragik (95% CI 0.033–0.086) (Liu *et al.*, 2024).

Korelasi antara suhu udara dan konsentrasi CO terjadi karena dinamika gas di lingkungan tertutup; peningkatan suhu udara dapat meningkatkan konsentrasi CO. Paparan CO yang tinggi sangat berbahaya karena gas ini mengikat hemoglobin dalam darah membentuk karboksihemoglobin (COHb), secara efektif mengurangi kemampuan darah untuk mengangkut oksigen ke organ vital. Hal ini dapat menyebabkan gejala seperti sakit kepala, sesak napas, pusing, hingga gangguan status mental, kehilangan kesadaran, dan bahkan kematian pada kadar paparan tertentu (Bede-Ojimadu and Orisakwe, 2020; Rambing, Umboh and Warouw, 2022; Afzal *et al.*, 2025).

Mengutip penelitian sebelumnya oleh Candrasari dan Mukono (2013), suhu rata-rata ruangan (28,67°C) yang sudah di atas standar kesehatan terbukti berhubungan dengan masalah pernapasan (Cadrasari and Mukono, 2013). Demikian pula temuan Aprilina dkk (2016) memperkuat argumentasi bahwa hubungan timbal balik antara suhu tinggi dan konsentrasi CO memperburuk risiko kesehatan yang terkait dengan kualitas udara dalam

ruangan (Aprilina, Badriah and Aldrian, 2016) (Cadrasari and Mukono, 2013) (Aprilina, Badriah and Aldrian, 2016).

Kelembaban

Hasil pengukuran kelembaban di rumah pengguna biomassa kayu bakar di Kelurahan Takofi dari 66 KK terdapat nilai rata-rata 73,42%. Tingkat kelembaban yang relatif tinggi ini telah melebihi rentang nyaman dan sehat sesuai yang diaturkan oleh pemerintah untuk kesehatan udara dalam ruang yaitu <70% (Kemenkes RI, 2023). Tingginya kelembaban dilokasi pengukuran dapat dipengaruhi oleh faktor meteorologi yaitu kondisi cuaca lokal di Takofi saat pengukuran yang tidak menentu terkadang hujan dan kemudian panas.

Tingginya kelembaban ini secara ilmiah akan memperburuk konsentrasi gas CO yang melebihi baku mutu yang ditetapkan, karena kelembaban yang tinggi akan mempengaruhi efisiensi proses pembakaran biomassa (Liu *et al.*, 2024). Konsentrasi uap air yang berlebihan dalam bahan bakar atau lingkungan tungku menurunkan suhu pembakaran, yang secara langsung menyebabkan pembakaran tidak sempurna sehingga biomassa menghasilkan proporsi CO yang jauh lebih tinggi dibandingkan dengan pembakaran yang efisien pada kondisi kering, sejalan dengan penelitian yang dilakukan oleh Jufri Sumampouw yang menyatakan bahwa ketika kelembaban di atmosfer meningkat, maka konsentrasi CO juga akan meningkat. (Jufri Sumampouw *et al.*, 2024). Kelembapan udara memiliki dampak terhadap kesehatan manusia, kelembaban yang relatif rendah (<40%) dapat mengakibatkan kekeringan selaput lendir membran, sedangkan kelembapan yang tinggi (>70%) dapat meningkatkan pertumbuhan mikroorganisme dalam ruangan (Anwar *et al.*, 2021).

Paparan CO yang dihasilkan dalam penelitian ini memiliki rata-rata yang tinggi, tentunya akan menimbulkan risiko kesehatan yang spesifik terutama pada sistem pernafasan dan kardiovaskular (Bede-Ojimadu and Orisakwe, 2020; Liu *et al.*, 2024; Afzal *et al.*, 2025). Kombinasi kelembaban dan CO yang tinggi ini akan menciptakan lingkungan yang jauh lebih berbahaya dari segi toksikologis, melampaui masalah kenyamanan dan pertumbuhan jamur akibat kelembaban tinggi. Temuan ini didukung oleh Candrasari & Mukono (2013), yang mengaitkan paparan CO dengan masalah pernapasan dan penurunan fungsi kekebalan tubuh terhadap infeksi paru (Candrasari and Mukono, 2013). Berbagai penelitian menunjukkan hubungan faktor-faktor yang berkaitan dengan kelembaban dalam ruangan dengan berbagai efek kesehatan pernafasan, termasuk perkembangan asma, eksaserbasi asma, infeksi pernafasan, gejala infeksi saluran pernafasan atas, batuk, mengi dan sesak nafas (World Health Organization, 2009) (Anwar *et al.*, 2021).

Luas Ventilasi

Hasil pengukuran luas ventilasi dari 66 KK ditemukan semuanya memadai berdasarkan Permenkes No 2 Tahun 2023 mengenai standar baku mutu luas ventilasi dalam ruangan, yaitu memadai jika luas ventilasi $\geq 10\%$ luas lantai (Kemenkes RI, 2023). Rata-rata luas ventilasi dilokasi penelitian adalah sebesar 15,3% dari luas lantai, menunjukkan bahwa kondisi ventilasi di rumah responden masuk dalam kategori yang baik.

Ventilasi merupakan salah satu komponen rumah sehat yang harus diperhatikan karena berhubungan erat dengan kualitas udara dalam ruangan. Keberadaan ventilasi dalam ruang menjadi penting karena ventilasi berperan dalam menjaga kelembaban udara dalam ruang, menghilangkan gas yang ditimbulkan oleh aktivitas proses pembakaran, menghilangkan uap

air dalam ruangan, menghilangkan panas berlebihan dan menciptakan suhu ruangan yang nyaman dengan menjaga aliran udara di dalam ruangan tetap segar dengan menjaga keseimbangan aliran oksigen yang masuk kedalam ruangan (Mahalastri, 2014).

Penelitian terdahulu menunjukkan bahwa sirkulasi udara yang minim ke dalam ruangan dapat meningkatkan kadar gas CO selain itu, rumah dengan ventilasi tertutup memiliki konsentrasi pencemar yang tinggi (Justo Alonso *et al.*, 2022). Hal ini tidak sejalan dengan hasil penelitian ini yaitu diperoleh konsentrasi CO tinggi namun kondisi ventilasi memadai, hal ini dapat dipengaruhi oleh posisi ventilasi terhadap tungku pembakaran sebagai sumber paparan CO yang tidak searah dan berjauhan. Perhitungan luas ventilasi dalam penelitian ini mencakup semua ventilasi alami yang ada di dalam rumah termasuk ventilasi ruang tamu dan dapur, dengan karakteristik rumah masyarakat di Kelurahan Takofi memiliki ruang tamu dengan jendela yang banyak dan luas, dan perilaku masyarakat yang biasanya menutup pintu pembatas antara dapur dengan ruang tamu dengan alasan membatasi asap tidak masuk ke ruang tunggu, sehingga hal ini tentunya membatasi aliran udara yang masuk ke dapur selama aktivitas memasak mengakibatkan konsentrasi CO yang dihasilkan selama pembakaran biomassa kayu bakar tetap tinggi meskipun luas ventilasi total telah memadai.

Disamping keberadaan ventilasi dalam rumah, perilaku atau kebiasaan penghuni berpengaruh terhadap baik atau tidaknya kualitas udara dalam rumah, sehingga luas ventilasi yang cukup sesungguhnya belum menjamin aliran udara yang baik dalam ruangan. Kebiasaan membuka jendela pada pagi hari perlu dilakukan disamping keharusan memiliki ventilasi yang memenuhi syarat, supaya aliran udara segar masuk kedalam rumah. (Mahalastri, 2014) Ventilasi yang tidak memadai dapat berpengaruh terhadap tingginya konsentrasi polutan pencemar dalam ruangan baik polutan biologi, fisik maupun kimia, sehingga menyebabkan timbulnya kejadian penyakit seperti pneumonia, ISPA, maupun gangguan saluran pernafasan lainnya (Yustati, 2020).

Desain rumah pengguna bahan bakar biomassa yang tidak memiliki ventilasi yang baik hingga kesulitan mengeluarkan asap dari ruangan akan lebih sering terkena dampak buruk bagi kesehatan (Zettira and Yudhastuti, 2022). Pada umumnya kondisi rumah responden memiliki dapur yang menyatu dengan rumah tinggal namun dibatasi oleh sekat dinding dan tungku pembakaran kayu bakar biasanya terletak disudut rumah dengan dilengkapi lobang kecil di bagian dinding atas sebagai lobang ventilasi serta tidak dilengkapi dengan cerobong asap, hal ini menyebabkan terganggunya pasokan udara masuk dan keluar dari dapur sehingga mempengaruhi tingginya konsentrasi CO di titik pengukuran.

Penelitian terdahulu yang mengkaji peranan memasak diluar ruangan bagi pengguna kayu bakar dan kaitannya dengan penyakit pernafasan di negara berkembang, menunjukkan bahwa memasak diluar ruangan dapat mengurangi penyakit pernafasan di kalangan anak-anak usia 0-4 tahun sekitar 9 %, serta 13% pada anak-anak usia 0-1 tahun (Langbein, 2017). Penggunaan kayu bakar sebagai bahan bakar biomassa untuk aktivitas memasak di pedesaan khususnya di Kelurahan Takofi masih sering ditemukan, oleh karena itu diperlukan upaya promotif untuk mengendalikan paparan CO yang dihasilkan seperti memperluas ventilasi dapur, serta mengupayakan memisahkan dapur dengan rumah tinggal. (Justo Alonso *et al.*, 2022).

KESIMPULAN DAN SARAN

Berdasarkan hasil penelitian, dapat disimpulkan bahwa paparan CO dari pembakaran biomassa kayu bakar di rumah tangga pedesaan di Kelurahan Takofi telah melebihi baku mutu CO yang dipresyaratkan sesuai dengan Permenkes No 2 Tahun 2023, dengan rata-rata 198,1 ppm, sementara rata-rata suhu selama pengukuran di Kelurahan Takofi yaitu 31,04 °C. kelembaban sebesar 73,4% dan luas ventilasi rumah telah memadai yaitu >10% luas lantai dengan rata-rata luas ventilasi 15,3%. Tingginya konsentrasi CO di rumah pengguna biomassa kayu bakar ini menunjukkan bahwa paparan CO pada anggota keluarga selama aktivitas memasak juga tinggi, tentunya akan beresiko mengalami dampak kesehatan, paparan yang berlangsung terus-menerus dan dalam jangka panjang dapat menimbulkan berbagai gangguan kesehatan terutama bagi mereka yang telah memiliki kondisi kesehatan serius serta bagi kelompok lansia, perempuan dan anak-anak. Disimpulkan bahwa seluruh responden telah memiliki ventilasi rumah yang memadai namun, perilaku masyarakat dalam menutup pintu ketika sedang memasak semakin memperburuk tinginya konsentrasi CO di dapur.

Berdasarkan temuan tersebut, disarankan agar masyarakat dapat mengurangi paparan CO selama aktivitas memasak menggunakan kayu bakar melalui penggunaan kayu bakar yang kering sehingga pembakaran efektif dapat terjadi, praktik membuka pintu selama memasak sehingga memungkinkan udara keluar masuk dengan lancar serta dapat mengimplementasikan penggunaan dapur terpisah dari rumah tempat tinggal demi mengurangi paparan CO pada anggota keluarga lainnya. Selain itu peneliti juga menyarankan perlunya dilakukan penelitian lanjutan untuk menganalisa besar resiko kesehatan yang dimiliki oleh masyarakat pengguna biomassa kayu bakar akibat paparan CO.

UCAPAN TERIMA KASIH

Penulis menyampaikan terima kasih yang sebesar-besarnya kepada Poltekkes Kemenkes Ternate atas dukungan dana dan fasilitas yang telah diberikan selama proses penelitian ini berlangsung. Ucapan terima kasih juga disampaikan kepada Lembaga Kaji Etik Poltekkes Kemenkes Ternate yang telah memberikan surat laik etik sehingga penelitian ini dapat terlaksana. Selain itu, apresiasi diberikan kepada pemerintah serta masyarakat Kelurahan Takofi Kecamatan Pulau Moti yang telah berpartisipasi dalam izin pelaksanaan dan sebagai responden dalam pengumpulan data.

DAFTAR PUSTAKA

- Afzal, M. et al. (2025) "Carbon Monoxide Poisoning: Diagnosis, Prognostic Factors, Treatment Strategies, and Future Perspectives," *Diagnostics*, 15(5), pp. 1-21. Available at: <https://doi.org/10.3390/diagnostics15050581>.
- Alvin Faiz Bara Mentari, S., Firdani, F. and Pristi Rahmah, S. (2021) "Analisis Risiko Pajanan Gas Karbon Monoksida (CO) Pada Pedagang Di Sepanjang Jalan Depan Pasar Bandar Buat Kota Padang," *Jurnal Keselamatan Kesehatan Kerja dan Lingkungan (JK3L)*, 02(2), p. 2021. Available at: <http://jk3l.fkm.unand.ac.id/>.
- Amin, M. et al. (2025) "Characterization of Particulate Matter in Indoor Air from Cooking Activities in Rural Indonesian Households," *Atmosphere*, 16(10). Available at: <https://doi.org/10.3390/atmos16101124>.

- Anwar, N. et al. (2021) "Associations between Housing Factors and Respiratory Symptoms in Two Saskatchewan First Nations Communities," *Public Health*, 18, p. 3744. Available at: <https://doi.org/10.3390/ijerph>.
- Aprilina, K., Badriah, I.U. and Aldrian, E. (2016) "Hubungan Antara Konsentrasi Karbon Monoksida (CO) Dan Suhu Udara Terhadap Intervensi Anthropogenik (Studi Kasus Nyepi Tahun 2015 Di Provinsi Bali)," *Jurnam Meteorologi dan Geofisika*, 17(1).
- A. R. Amrah, N. et al. (2025) "Analisis Risiko Paparan Karbon Monoksida (CO) Terhadap Masyarakat Sekitar Pedagang Sate Menggunakan Metode ARKL Di Kota Parepare," *Jurnal Sulolipu: Media Komunikasi Sivitas Akademika dan Masyarakat*, 25(2), p. 2025. Available at: <https://ojs3.poltekkes-mks.ac.id/index.php/medkasi/article/view/1624/734> (Accessed: December 24, 2025).
- As, K.H., Goembira, F. and Regia, R.A. (2017) Analisis Konsentrasi Karbon Monoksida (CO) Dan Karbon Dioksida (CO₂) Dalam Ruangan Serta Perkiraan Risiko Terhadap Kesehatan Akibat Penggunaan Kompor Biomassa. *Fakultas Teknik Universitas Andalas*.
- A'yun, I.Q. and Umaroh, R. (2022) "Polusi Udara dalam Ruangan dan Kondisi Kesehatan: Analisis Rumah Tangga Indonesia," *Jurnal Ekonomi dan Pembangunan Indonesia*, 23(1), pp. 16–26. Available at: <https://doi.org/10.21002/jepi.2022.02>.
- Badan Pusat Statistik Kota Ternate (2024) Kecamatan Pulau Moti Dalam Angka 2024. Ternate.
- Bede-Ojimadu, O. and Orisakwe, O.E. (2020) "Exposure to Wood Smoke and Associated Health Effects in Sub-Saharan Africa: A Systematic Review," *Annals of Global Health*, 86(1), pp. 1–27. Available at: <https://doi.org/10.5334/aogh.2725>.
- Cadrasari, C.R. and Mukono, J. (2013) "Hubungan Kualitas Udara Dalam Ruang Dengan Keluhan Penghuni Lembaga Pemasyarakatan Kelas IIa Kabupaten Sidoarjo," *Jurnal Kesehatan Lingkungan*, 7(1), pp. 21–25.
- Cadrasari, C.R. and Mukono, J. (2013) "Hubungan Kualitas Udara Dalam Ruang Dengan Keluhan Penghuni Lembaga Pemasyarakatan Kelas IIa Kabupaten Sidoarjo," *Jurnal Kesehatan Lingkungan*, 7(1).
- Jufri Sumampouw, O. et al. (2024) "Kualitas Udara Ambien Karbon Monoksida (CO) di Terminal Paal Dua Kota Manado," *Sam Ratulangi Journal of Public Health*, 5.
- Justo Alonso, M. et al. (2022) "Assessing the Indoor Air Quality and Their Predictor Variable in 21 Home Offices During the Covid-19 Pandemic in Norway," *Building and Environment*, 225. Available at: <https://doi.org/10.1016/j.buildenv.2022.109580>.
- Kemenkes RI (2023) Peraturan Menteri Kesehatan Republik Indonesia Nomor 2 Tahun 2023 tentang Peraturan Pelaksanaan Peraturan Pemerintah Nomor 66 tahun 2014 tentang Kesehatan Lingkungan, Kemenkes RI. Indonesia. Available at: www.peraturan.go.id.
- Kementerian Kesehatan RI (2023) Peraturan Menteri Kesehatan Republik Indonesia Nomor 2 Tahun 2023 Tentang Peraturan Pelaksanaan Peraturan Pemerintah Nomor 66 Tahun 2014 Tentang Kesehatan Lingkungan. Indonesia. Available at: www.peraturan.go.id.
- Langbein, J. (2017) "Firewood, Smoke and Respiratory Diseases in Developing Countries—The Neglected Role of Outdoor Cooking," *PLoS ONE*, 12(6), pp. 1–14. Available at: <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0178631>.
- Liu, Z. et al. (2024) "Interaction Between Ambient CO and Temperature or Relative Humidity on the Risk of Stroke Hospitalization," *Scientific Reports*, 14(1). Available at: <https://doi.org/10.1038/s41598-024-67568-8>.

- Mahalastri, N.N.D. (2014) "Hubungan Antara Pencemaran Udara Dalam Ruang Dengan Kejadian Pneumonia Balita," *Jurnal Berkala Epidemiologi*, 2(2), pp. 392–403.
- Menkes RI (2011) Permenkes RI Nomor 1077/Menkes/PER/V/2011 tentang Pedoman Penyehatan Udara dalam Ruang Rumah, Menteri Kesehatan RI. Indonesia.
- Rambing, V. V, Umboh, J.M.L. and Warouw, F. (2022) "Literature Review: Gambaran Risiko Kesehatan pada Masyarakat akibat Paparan Gas Karbon Monoksida (CO)," *Jurnal KESMAS*, 11(4).
- Revanolin, R. and Dirgawati, M. (2021) "Karbon Monoksida (CO) dan Karbon Dioksida (CO₂) di Dalam Ruangan Dari Aktivitas Memasak Rumah Tangga Dengan Jenis Bahan Bakar Berbeda: Literature Review," in FTSP Series: Seminar Nasional dan Diseminasi Tugas Akhir 2021. Bandung: Program Studi Teknik Lingkungan, Institut Teknologi Nasional Bandung.
- Reynaldy, A.Z.K. and Anggriyani, F.C.W. (2024) "Persepsi Masyarakat Tentang Strategi Lokal Pada Polusi Udara di Indonesia," *Jurnal Ilmiah Sains dan Teknologi*, 2(8), pp. 318–323.
- Rizaldi (2022) "Dampak Paparan Gas Karbon Monoksida Terhadap Kesehatan Masyarakat yang Rentan dan Berisiko Tinggi," *Jurnal Kesehatan Lingkungan Indonesia*, 21, pp. 253–265.
- WHO (2018) WHO Global Ambient Air Quality Database (update 2018). Genewa. Available at: <https://www.who.int/airpollution/data/cities/en/>.
- World Health Organization (2009) WHO Guidelines for Indoor Air Quality: Dampness and Mould. Available at: www.euro.who.int.
- World Health Organization (2014) WHO Guidelines for Indoor Air Quality: Household Fuel Combustion Executive Summary. Available at: www.who.int (Accessed: July 28, 2025).
- World Health Organization (2018) WHO Housing and Health Guidelines. Geneva: World Health Organization. Available at: <https://www.who.int/publications/item/9789241550376> (Accessed: December 27, 2025).
- World Health Organization (2024) Ambient (outdoor) air pollution, WHO. Available at: [https://www.who.int/news-room/fact-sheets/detail/ambient-\(outdoor\)-air-quality-and-health](https://www.who.int/news-room/fact-sheets/detail/ambient-(outdoor)-air-quality-and-health) (Accessed: November 24, 2025).
- World Health Organization (2025) Household Air Pollution, WHO. Available at: <https://www.who.int/news-room/fact-sheets/detail/household-air-pollution-and-health> (Accessed: December 24, 2025).
- Yustati, E. (2020) "Hubungan Kepadatan Hunian, Ventilasi dan Pencahayaan dengan Kejadian ISPA Pada Balita," *Cendekia Medika*, 5(2).
- Zettira, T. and Yudhastuti, R. (2022) "Perbedaan Polutan Penyebab Polusi Udara Dalam Ruangan Pada Negara Maju dan Berkembang: Literature Review," *Media Gizi Kesmas*, 11(2).