



PENGARUH DESAIN DAPUR TERHADAP *HOUSEHOLD AIR POLLUTION*

Noveryna Dwika Reztrie¹, Kaylla Widiya Putri², Trisnawan Alfariz³

^{1,2,3}Program Studi Arsitektur, Fakultas Arsitektur dan Desain, Institut Teknologi Nasional, Bandung

Surel: ¹ noverynadwika@itenas.ac.id; ² kaylla.widiya@mhs.itenas.ac.id; ³ trisnawan.alfariz@mhs.itenas.ac.id

Vitruvian vol 14 no 2 Juli 2024

Artikel Masuk: 19 01 2024

Direvisi: 17 07 2024

Disetujui: 27 07 2024

Diterbitkan: 27 07 2024

ABSTRAK

Tingkat polusi di perkotaan yang buruk mendorong masyarakat untuk beraktivitas di dalam ruang. Pada unit hunian, dapur merupakan ruangan yang paling berpotensi memberikan polutan berbahaya bagi penghuninya. Penelitian-penelitian sebelumnya telah banyak menemukan dampak setiap polutan udara yang dihasilkan dari proses memasak terhadap kesehatan manusia. Beberapa polutan udara tersebut dapat berdampak fatal hingga kematian. Pada penelitian ini, beberapa studi kasus unit hunian rumah susun dianalisis untuk melihat gambaran umum kondisi unit rumah susun di Indonesia terhadap kriteria desain dapur sehat. Review literatur dilakukan terhadap penelitian-penelitian yang telah dilakukan untuk mendapatkan kriteria-kriteria dapur sehat. Hasil penelitian ini berupa rumusan rekomendasi desain dapur yang dapat diterapkan pada dapur-dapur unit rumah susun eksisting dan unit rumah susun yang akan dirancang di masa yang akan datang. Diharapkan, hasil dari penelitian ini dapat membantu arsitek, insinyur bangunan, dan pembuat kebijakan untuk mendorong kualitas udara dalam ruangan yang lebih baik dengan menggabungkan langkah-langkah keberlanjutan lingkungan saat merancang atau memperbaharui hunian rumah susun.

Kata Kunci: *household air pollution*; desain dapur; rumah susun

ABSTRACT

The high level of pollution in urban areas encourages people to engage in indoor activities. Within residential units, kitchen has the highest potential to generate harmful pollutants for its occupants. Previous studies have found numerous impacts of air pollutants produced during cooking processes on human health. Some of these air pollutants can have fatal consequences, even leading to death. In this study, several case studies of public housing units were analyzed to gain a general understanding of the condition of public housing kitchens in Indonesia with respect to healthy kitchen design criteria. A literature review was conducted to gather the criteria for a healthy kitchen from previous research. The results of this study provide a formulation of kitchen design recommendations that can be applied to existing public housing kitchen as well as those to be designed in the future. It is hoped that the findings of this study would assist architects, building engineers, and policymakers in promoting better indoor air quality by incorporating environmental sustainability measures when designing or renovating public housing.

Keywords: *household air pollution, kitchen design, public housing*

PENDAHULUAN

Suatu wilayah yang memiliki kondisi udara tidak nyaman secara termal, tingkat kelembaban tinggi serta polusi udara buruk dapat berdampak pada kesehatan manusia (Debnath et al., 2019). Kondisi ini dapat semakin parah bila didukung dengan desain lingkungan yang tidak efisien hingga dapat menimbulkan kondisi *Urban Heat Island* yang dapat memperburuk iklim mikro hingga

makro di sebuah kawasan (Sarkar & Bardhan, 2020). Di sisi lain, kondisi ini mendorong masyarakat untuk lebih banyak berkegiatan di dalam ruangan.

Tingginya kegiatan di dalam ruang menuntut kualitas ruang dalam yang baik dari sisi kenyamanan termal, visual, audial hingga kualitas muatan udara. Kebutuhan akan hunian vertikal di kota besar pun tidak dapat dipungkiri agar dapat menampung

kebutuhan rumah tinggal penduduk dan dapat mengurangi mobilisasi masyarakat yang terlalu jauh. Dalam rangka mendukung pembangunan hunian vertikal yang berkelanjutan, diperlukan adanya bangunan hunian vertikal yang layak huni dan tidak memberikan dampak negatif bagi kesehatan penghuninya. Namun, di sisi lain kegiatan manusia di dalam ruang juga memberikan kontribusi terhadap polusi udara di dalam ruang yang berkaitan erat dengan kesehatan.

Polusi yang ditimbulkan di dalam hunian / *Household air pollution* (HAP) merupakan salah satu aspek mematikan terbesar ketiga di dunia. Di beberapa negara berpenghasilan rendah dan menengah, HAP berkontribusi terhadap risiko kesehatan utama yang menyebabkan jutaan kematian dini per tahun (Debnath et al., 2017). Standarisasi parameter desain bangunan yang merangsang pengurangan HAP dapat memiliki efek jangka panjang terkait peningkatan kualitas udara dalam ruangan, terutama di daerah perkotaan Indonesia yang memiliki kualitas udara tidak baik dikarenakan tingkat polusi udara yang buruk.

Di sisi lain, dalam penelitian-penelitian yang telah dilakukan, ditemukan bahwa terdapat lebih dari 300 jenis *volatile organic compounds* (VOC) yang dihasilkan selama proses memasak di dapur (Chen et al., 2020). Kondensasi asap pada suhu tinggi bersifat karsinogenik dan mutagenik terhadap kesehatan manusia. Pada rumah-rumah modern, dapur berada di ruang sempit dan terbatas serta memiliki sistem ventilasi yang buruk. Akibatnya, suhu panas dalam ruangan terperangkap dan asap yang ditimbulkan dari proses memasak tidak dapat segera keluar.

Paparan kualitas udara luar yang buruk dapat diantisipasi dengan berkegiatan di dalam ruangan, namun untuk mencapai kondisi udara di dalam ruangan yang baik, diperlukan pendekatan-pendekatan desain yang tepat. Penelitian ini dilakukan dengan menitikberatkan penyelesaian kesenjangan antara kriteria desain dengan layout ruang dapur yang dapat mendukung terbentuknya desain dapur berkualitas, baik dari aspek aliran udara, suhu, kelembaban, dan tingkat konsentrasi polutan. Penelitian ini dilakukan untuk mengidentifikasi jenis-jenis parameter desain yang dapat memiliki pengaruh penting terhadap kualitas udara pada ruang dapur. Diharapkan, hasil dari penelitian ini

dapat membantu arsitek, insinyur bangunan, dan pembuat kebijakan untuk mendorong kualitas udara dalam ruangan yang lebih baik dengan menggabungkan langkah-langkah keberlanjutan lingkungan saat merancang atau memperbaharui hunian rumah susun.

METODOLOGI

Penelitian ini dilakukan secara deskriptif kualitatif untuk melihat parameter-parameter desain dapur dalam hubungannya terhadap polusi ruang dalam. Sumber data pada penelitian ini diperoleh dari penelitian-penelitian yang telah dilakukan sebelumnya terkait parameter-parameter desain yang dapat mendukung desain dapur berkualitas udara baik. Secara garis besar, penelitian dilakukan melalui tahapan berikut:

- Tahap Perencanaan: menghimpun parameter-parameter desain dapur yang dapat mendukung terbentuknya desain dapur berkualitas udara baik, jenis polutan dalam ruang yang ditimbulkan dari setiap aspek desain dapur, solusi desain yang dapat diterapkan pada desain dapur di rumah susun di Indonesia.
- Tahap Eksekusi : melihat kondisi eksisting desain rumah susun di Indonesia dan mengkaji penerapan parameter desain dapur pada studi kasus yang ditentukan
- Pelaporan: merumuskan arahan untuk penentu kebijakan dalam melakukan perancangan hunian rumah susun di Indonesia.

Studi Kasus

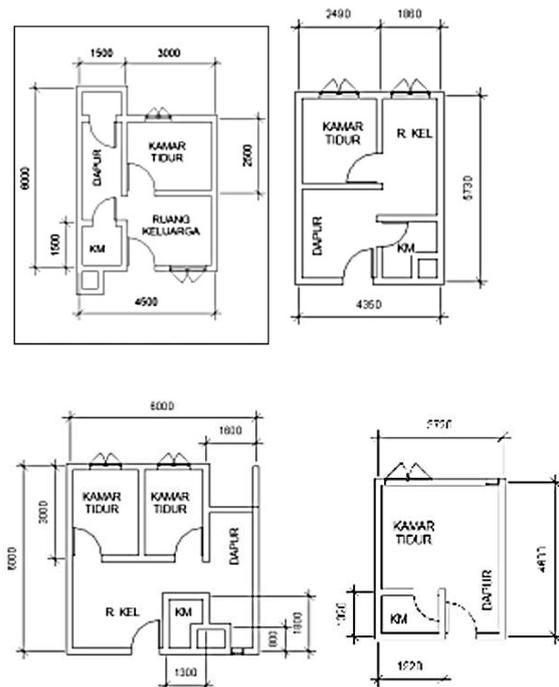
Dalam tahap analisis terhadap penerapan parameter desain dapur yang berkualitas udara baik, ditentukan empat studi kasus desain unit rumah susun di Indonesia, diantaranya adalah unit Rusunawa Rancacili, Rusunami Bandar Kemayoran Jakarta, Rusunami Nagrak, Rusunami The Jarrdin (lihat Gambar 1). Keempat studi kasus ini akan dikaji kesesuaiannya terhadap parameter yang dipilih, agar didapatkan usulan untuk desain unit rumah susun ke depannya.

Masing-masing studi kasus yang dipilih adalah unit hunian sederhana untuk golongan masyarakat kelas menengah ke bawah dengan luas unit antara 17.22m² - 36 m². Studi kasus juga menggunakan bangunan milik pemerintah dan swasta untuk mendapatkan gambaran umum kondisi rumah susun di Indonesia. Informasi



lebih lanjut terkait data studi kasus dapat

dilihat pada tabel 1.



Gambar 1. Denah unit hunian (dari kiri ke kanan: Rusunawa Rancacili, Rusunami Bandar Kemayoran Jakarta, Rusunawa Nagrak, Rusunami The Jarrdin)
Sumber: (Larasati et al., 2020; Putri et al., 2022; Tangkari & Wibisono, 2022)

Desain keempat unit hunian ini kemudian akan dianalisis terkait dengan kriteria desain dapur sehat yang akan diperoleh dari studi literatur terhadap penelitian-penelitian sebelumnya. Hasil analisis berupa rekomendasi untuk perbaikan terhadap desain unit rumah susun eksisting dan arahan bagi pemangku kebijakan dalam mendesain unit-unit rumah susun yang akan datang.

Dampak Desain Dapur Terhadap Kualitas Udara

Penelitian-penelitian terkait hubungan dampak desain terhadap kualitas udara di dalam ruang telah banyak dilakukan. Pada penelitian ini, dilakukan analisis bibliometrik terhadap penelitian-penelitian yang diterbitkan pada jurnal internasional bereputasi pada tahun 2016-2022. Analisis ini dilakukan untuk melihat keterkaitan setiap penelitian yang telah dilakukan dilihat dari kata kunci yang digunakan. Seperti yang dapat dilihat pada gambar 2, penelitian-penelitian terkait dampak desain terhadap *indoor air quality* dikelompokkan dalam lima kelompok kata kunci, diantaranya adalah, "*indoor air quality*", "*indoor air pollution*", "*Kitchen ventilation*", "*ventilation*" dan "*thermal comfort*".

Dari setiap kata kunci yang didapat, dapat dilihat tren topik penelitian yang dilakukan dari tahun ke tahun. Seperti yang dapat dilihat pada gambar 3, penelitian-penelitian terkait desain ruang dalam berkualitas udara baik sebelumnya dilakukan untuk melihat jenis polutan udara yang terdapat di ruang dalam. Hal ini biasa dilakukan menggunakan *computational fluid design* (cfd) dan sudah mulai melihat pengaruh aktivitas memasak terhadap jenis polutan yang dihasilkan. Pada tahun 2020, topik penelitian mulai bergeser pada jenis ventilasi yang dapat mendukung kualitas udara yang baik di dalam ruang.

Hingga pada tahun 2022, penelitian sudah semakin fokus pada penerapan desain aktif dalam mengurangi polusi udara. Selain itu, banyak penelitian yang juga mengukur efisiensi *Kitchen hood* dan bagaimana teknis pemasangan yang paling signifikan mengurangi polusi udara saat memasak. Penelitian lainnya adalah terkait hubungan jenis bahan bakar dan cara memasak.

Tabel 1 Data Umum Studi Kasus

No	Keterangan	Rusunawa Rancacili	Rusunami Bandar Kemayoran Jakarta	Rusunawa Nagrak	Rusunawa The Jarrdin
1	Lokasi	Kota Bandung	Jakarta	Jakarta	Kota Bandung
2	Luas Unit	27 m ²	25 m ²	36 m ²	17.22 m ²
3	Jumlah Kamar Tidur	Satu	Satu	Dua	Satu
4	Pemilik Bangunan	Pemerintah	Pemerintah	Pemerintah	Swasta



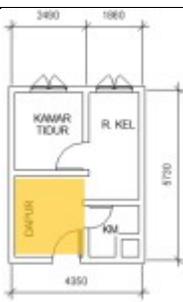
Tabel 2 Review Literatur

No	Sumber	Kriteria	Polutan yang diukur	Temuan
1	(Debnath et al., 2017)	<ul style="list-style-type: none"> ○ Panjang dan luas dapur ○ Tinggi Ruangan ○ Posisi Ventilasi ○ Posisi Kompor 	PM 2.5	Desain bangunan yang efektif berperan besar pada reduksi HAP
2	(Tian et al., 2008)	<ul style="list-style-type: none"> ○ Jenis Bahan Bakar ○ Rasio Luas Ruang Dapur dan Ruang Keluarga ○ Ventilasi Mekanik 	<ul style="list-style-type: none"> ○ SO₂, ○ NO, ○ NO₂, ○ CO, ○ CO₂, PM10 	<p>Proses memasak menggunakan bahan bakar yang berasal dari batu bara menghasilkan SO₂ 87.6% lebih banyak dari bahan bakar yang berasal dari gas. Konsentrasi CO₂ dan PM10 tidak dipengaruhi oleh jenis bahan bakar yang digunakan.</p> <p>Jenis ventilasi mekanik dinilai lebih efisien menghilangkan polusi dengan cepat dibandingkan dengan ventilasi alami</p> <p>Durasi memasak mempengaruhi konsentrasi polutan di udara.</p>
3	(Huboyo et al., 2014)	<ul style="list-style-type: none"> ○ Volume Dapur ○ Luas Ventilasi ○ Lama Memasak ○ Jenis Bahan Bakar ○ Lokasi Hunian 	CO, PM2.5	Keterkaitan Lokasi Hunian terhadap polutan yang dihasilkan. Keterkaitan antara aktivitas dapur dengan polutan di dalam rumah
4	(Zhou et al., 2016)	<ul style="list-style-type: none"> ○ Air curtain 	PM 2.5	Efisiensi penggunaan desain aktif dalam meningkatkan <i>air change per hour</i> agar polutan yang ditimbulkan saat memasak segera ke luar ruangan
5	(Sidhu et al., 2017)	<ul style="list-style-type: none"> ○ Layout Dapur, ○ lokasi dapur, jenis bahan bakar yang digunakan 	CO, PM2.5	<i>CO: solid biomass fuel (SBF) in indoor kitchen, are four times more exposed to the harmful pollutants than the cooks using clean fuel</i> <i>PM2.5: SBF users have higher health risks (hazard quotient > 1) than the clean fuel (LPG) users.</i>
6	(Naz et al., 2017)	<ul style="list-style-type: none"> ○ Lokasi Dapur terpisah dari Ruang Keluarga ○ Jenis Bahan Bakar ○ Menyusui anak hingga 2 tahun 	-	Polutan Ruang dalam memiliki pengaruh besar pada angka kematian anak. Desain dapur yang baik menjadi faktor utama untuk mencegah kematian anak yang disebabkan oleh polutan ruang dalam
7	(Lou et al., 2023)	<ul style="list-style-type: none"> ○ Suhu dan kelembaban yang cukup ○ Ketersediaan ventilasi udara 	α-Glucosidase, tyrosinase (TYR), hyaluronidase (HAase), and acetylcholinesterase (AChE)	Desain dapur tanpa ventilasi lokal, dapat menghambat pertumbuhan keempat enzim ini. Disamping itu, kenyamanan termal tidak selalu menjadi faktor utama yang mempengaruhi kesehatan manusia

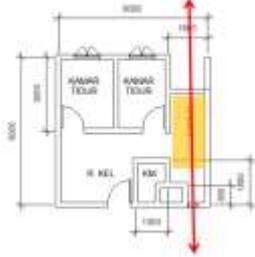
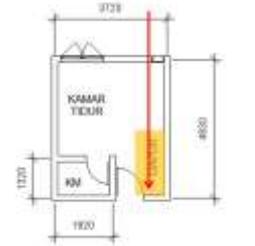
No	Sumber	Kriteria	Polutan yang diukur	Temuan
8	(Xu et al., 2023)	<ul style="list-style-type: none"> o Suhu o Kelembaban o Sound Pressure Level (dB) o Perbedaan temperatur ruang luar dan ruang dalam 	CO, CO ₂ , PM 2.5	Suhu, sound pressure level, dan konsentrasi partikel halus berdampak signifikan pada kualitas dapur dengan tingkat persentase 54,5%.
9	(Zhao et al., 2019)	<ul style="list-style-type: none"> o Cara memasak o Bahan bakar yang digunakan o Suhu o Jenis makanan yang dimasak o Jenis ventilasi 	PM 2.5, PM 1.0, PM 0.1, PM 5.0	Proses memasak mengeluarkan zat partikulat (PM) dengan konsentrasi tinggi yang dapat menyebabkan bahaya serius bagi tubuh manusia. Beberapa faktor yang mempengaruhi konsentrasi partikel yang diemisikan pada proses memasak dipengaruhi oleh konsentrasi PAH, asam lemak, asam dikarboksilat, n-alkana, sterol, anhidrida monosakarida, logam dan ion. Penggunaan sistem ventilasi yang tepat dan beberapa tindakan tambahan dapat secara efektif mengurangi polusi asap di dapur.

Sumber : Analisis Penulis

Table 3 Kesesuaian Desain Dapur di Rumah Susun Indonesia terhadap Kriteria

No	Denah Unit	Kesesuaian terhadap kriteria	Analisis
1		<ul style="list-style-type: none"> o Tidak Terdapat <i>Cross ventilation</i> o Desain Dapur Tertutup dan memanjang dengan Ventilasi di salah satu sisinya o Lokasi dapur dan ruang keluarga tanpa sekat sehingga diperlukan penanganan khusus terkait polutan dari aktivitas memasak 	<p>- Masalah: Ruang dapur yang berdampingan langsung dengan ruang keluarga berpotensi memberikan dampak buruk pada penghuni</p> <p>- Solusi : Pengondisian udara ruang dapur yang berada di samping balkon dapat dimaksimalkan dengan menggunakan ventilasi mekanik agar polutan yang ditimbulkan saat memasak dapat segera ke luar</p>
2		<ul style="list-style-type: none"> o Tidak Terdapat <i>Cross ventilation</i> o Desain dapur tertutup, tidak terdapat ventilasi yang langsung mengarah ke ruang luar dari dapur o Lokasi dapur dan ruang keluarga tanpa sekat sehingga diperlukan penanganan khusus terkait polutan dari aktivitas memasak o 	<p>- Masalah: Aktivitas memasak di dapur dapat membahayakan seluruh penghuni unit karena ventilasi udara tidak terdapat di dapur, sehingga polutan udara akan memenuhi seluruh ruang unit.</p> <p>- Solusi: penerapan ventilasi mekanik atau <i>kitchen hood</i> dapat membantu mengurangi jumlah polutan dengan cepat. Solusi lainnya dapat berupa relokasi dapur yang ditukar posisi dengan ruang keluarga agar dapat mendapatkan bukaan langsung ke ruang luar.</p>



<p>3</p> 	<ul style="list-style-type: none"> ○ Terdapat <i>Cross ventilation</i> yang mengalir dari hanya di ruang dapur ○ Posisi Dapur agak terpisah dari ruang lainnya ○ Desain unit bersekat-sekat <p>- Masalah: pada desain ini, perlu dipastikan bahwa jendela terbuka saat proses memasak dilakukan</p> <p>- Solusi: penggunaan ventilasi mekanik seperti <i>exhaust fan</i> dapat membantu mempercepat proses pembersihan udara ruang dalam dari polutan yang dihasilkan</p>
<p>4</p> 	<ul style="list-style-type: none"> ○ Terdapat <i>Cross ventilation</i> ○ Posisi dapur berada di ruang dalam, berpotensi menimbulkan polutan ke seluruh ruang unit hunian ○ Desain unit <i>open plan</i>, memerlukan penanganan khusus terkait polutan yang dihasilkan dari aktivitas memasak ○ <p>- Masalah: Dapur diletakkan tanpa sekat berdekatan dengan kamar sehingga polutan akan memenuhi seluruh ruang unit hunian</p> <p>- Solusi: penerapan ventilasi mekanik atau <i>kitchen hood</i> dapat membantu mengurangi jumlah polutan dengan cepat. Solusi lainnya dapat berupa relokasi dapur yang ditempatkan di samping bukaan ke luar agar polutan dapat langsung ke luar ruangan tanpa memenuhi ruang unit hunian.</p>

Sumber: Analisis Penulis

Gambaran Umum desain dapur di rumah susun Indonesia

Di Indonesia, rumah susun merupakan solusi untuk memenuhi angka kebutuhan hunian di perkotaan. Tren tinggal di rumah susun mulai meningkat beberapa tahun ke belakang. Selain dikhususkan untuk masyarakat menengah ke bawah, terdapat rumah susun milik swasta yang dikomersilkan dan banyak dibeli oleh masyarakat. Berdasarkan studi kasus yang dipilih, dilakukan analisis terhadap kriteria-kriteria desain dapur yang telah dibahas sebelumnya. Hasil analisis dapat dilihat pada tabel 3.

Berdasarkan hasil analisis di atas, dapat dilihat bahwa kondisi rumah susun Indonesia memerlukan peningkatan kualitas udara dalam ruang. Beberapa cara strategis yang direkomendasikan dikelompokkan sebagai strategi desain aktif dan strategi desain pasif. Pada strategi desain aktif, dapat dilakukan penambahan *exhaust fan*, *air curtain*, untuk mempercepat polutan udara di dalam ruang ke luar ruangan. Sementara pada strategi desain pasif, diperlukan standar terkait tata letak dan ukuran fisik ruangan, seperti ukuran dapur, luasan dapur, volume dapur, bentuk dapur, posisi bukaan, posisi kompor, lokasi dapur pada unit hunian.

SIMPULAN

Tren desain dapur pada unit-unit rumah susun di Indonesia sebagian besar perlu perhatian khusus terkait pengondisian udara di dalam ruang. Standarisasi parameter desain bangunan yang merangsang pengurangan HAP dapat memiliki efek berkelanjutan dalam meningkatkan kualitas udara dalam ruangan. Beberapa rekomendasi desain yang dapat diterapkan untuk unit rumah susun di Indonesia diantaranya adalah meletakkan dapur dekat dengan ruang luar agar dapat diletakkan ventilasi udara langsung ke luar, sebisa mungkin terdapat *cross ventilation* yang mengalir ruang dapur agar polutan tidak memasuki ruang lainnya, memasang ventilasi mekanik seperti *exhaust fan*, *kitchen hood* dan *air curtain* untuk membantu mempercepat polutan ke luar ruangan. Melalui penerapan strategi desain ini diharapkan dapat membantu meningkatkan kesehatan masyarakat, terutama yang banyak berkegiatan di dalam ruangan.

Penelitian ini dibatasi pada pengaruh desain dapur, yang di dalamnya memuat aktivitas memasak, sebagai faktor utama penyebab polutan dalam ruang. Penelitian selanjutnya diperlukan untuk menganalisis

lebih lanjut terkait jenis polutan yang dihasilkan dari setiap proses memasak, penerapan desain aktif yang efisien, serta rasio volume dapur dan ventilasi yang optimal untuk hunian vertikal. Melalui penelitian ini, diharapkan dapat diperoleh gambaran umum kondisi eksisting kualitas udara di rumah susun Indonesia, serta peluang peningkatan kualitas yang dapat dilakukan baik untuk rumah susun eksisting maupun rumah susun yang akan direncanakan untuk dibangun.

DAFTAR PUSTAKA

- Chen, Z., Xin, J., & Liu, P. (2020). Air quality and thermal comfort analysis of kitchen environment with CFD simulation and experimental calibration. *Building and Environment*, 172(January), 106691. <https://doi.org/10.1016/j.buildenv.2020.106691>
- Debnath, R., Bardhan, R., & Banerjee, R. (2017). Taming the killer in the kitchen: mitigating household air pollution from solid-fuel cookstoves through building design. *Clean Technologies and Environmental Policy*, 19(3), 705–719. <https://doi.org/10.1007/s10098-016-1251-7>
- Debnath, R., Bardhan, R., & Sunikka-Blank, M. (2019). Discomfort and distress in slum rehabilitation: Investigating a rebound phenomenon using a backcasting approach. *Habitat International*, 87(February), 75–90. <https://doi.org/10.1016/j.habitatint.2019.03.010>
- Huboyo, H. S., Tohno, S., Lestari, P., Mizohata, A., & Okumura, M. (2014). Characteristics of indoor air pollution in rural mountainous and rural coastal communities in Indonesia. *Atmospheric Environment*, 82, 343–350. <https://doi.org/10.1016/j.atmosenv.2013.10.044>
- Larasati, D., Hanifah, Y., Reztrie, N. D., & Nugrahanti, F. I. (2020). Floor Design Strategies for Low Carbon Apartment towards Sustainable Transit Oriented Development. *IOP Conference Series: Earth and Environmental Science*, 532(1), 012023. <https://doi.org/10.1088/1755-1315/532/1/012023>
- Lou, H., Liu, Q., Chen, H., & Yang, Q. (2023). Indoor environment regulation should consider personalization: Evidence from the evaluation of health effects in the kitchen. *Energy and Buildings*, 300, 113641. <https://doi.org/10.1016/j.enbuild.2023.113641>
- Naz, S., Page, A., & Agho, K. E. (2017). Household air pollution from use of cooking fuel and under-five mortality: The role of breastfeeding status and kitchen location in Pakistan. 1–14. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0173256>
- Putri, S. H., Haerdy, R. S. M., & Nurdini, A. (2022). Evacuation Access Simulation during Earthquake Disaster in Vertical Public Housing, Rancacili Bandung as a Case Study. *IOP Conference Series: Earth and Environmental Science*, 1058(1), 012004. <https://doi.org/10.1088/1755-1315/1058/1/012004>
- Sarkar, A., & Bardhan, R. (2020). Optimal interior design for naturally ventilated low-income housing: a design-route for environmental quality and cooling energy saving. *Advances in Building Energy Research*, 14(4), 494–526. <https://doi.org/10.1080/17512549.2019.1626764>
- Sidhu, M. K., Ravindra, K., Mor, S., & John, S. (2017). Household air pollution from various types of rural kitchens and its exposure assessment. *Science of The Total Environment*, 586, 419–429. <https://doi.org/10.1016/J.SCITOTEN.2017.01.051>
- Tangkari, M. Y., & Wibisono, A. (2022). View of Kajian Denah pada Unit Hunian Rumah Susun Milik (Rusunami) di Perumnas Bandar Kemayoran A4 Jakarta Berdasarkan Regulasi Pemerintah. *Jurnal Pendidikan Dan Konseling*. <https://journal.universitaspahlawan.ac.id/index.php/jpdk/article/view/6342/4742>
- Tian, L., Zhang, G., Zhang, Q., Moschandreas, D. J., Hao, J., Lin, J., & Liu, Y. (2008). The impact of kitchen activities on indoor pollutant



- concentrations. *Indoor and Built Environment*, 17(4), 377–383. <https://doi.org/10.1177/1420326X08094626>
- Xu, X., Li, C., Dong, J., Meng, C., & Hu, K. (2023). Improving kitchen environment comfort and health: A comprehensive evaluation method based on objective and subjective factors. *Energy and Buildings*, 301, 113700. <https://doi.org/10.1016/j.enbuild.2023.113700>
- Zhao, Y., Liu, L., Tao, P., Zhang, B., Huan, C., Zhang, X., & Wang, M. (2019). Review of Effluents and Health Effects of Cooking and the Performance of Kitchen Ventilation. *Aerosol and Air Quality Research*, 19(8), 1937–1959. <https://doi.org/10.4209/aaqr.2019.04.0198>
- Zhou, B., Chen, F., Dong, Z., & Nielsen, P. V. (2016). Study on pollution control in residential kitchen based on the push-pull ventilation system. *Building and Environment*, 107, 99–112. <https://doi.org/10.1016/j.buildenv.2016.07.022>