

1-3-2022

## Polusi Udara dalam Ruangan dan Kondisi Kesehatan: Analisis Rumah Tangga Indonesia

Indanazulfa Qurrota A'yun

*Ekonomi Pembangunan, Fakultas Ekonomi dan Bisnis, Universitas Ahmad Dahlan,*  
indanazulfa1495@gmail.com

Rodhiah Umaroh

*Ekonomi Pembangunan, Fakultas Ekonomi dan Bisnis, UPN Veteran Yogyakarta,* dhiah.basuki@gmail.com

Follow this and additional works at: <https://scholarhub.ui.ac.id/jepi>



Part of the [Environmental Studies Commons](#)

---

### Recommended Citation

A'yun, Indanazulfa Qurrota and Umaroh, Rodhiah (2022) "Polusi Udara dalam Ruangan dan Kondisi Kesehatan: Analisis Rumah Tangga Indonesia," *Jurnal Ekonomi dan Pembangunan Indonesia*: Vol. 22: No. 1, Article 2.

DOI: 10.21002/jepi.2022.02

Available at: <https://scholarhub.ui.ac.id/jepi/vol22/iss1/2>

This Article is brought to you for free and open access by the Faculty of Economics & Business at UI Scholars Hub. It has been accepted for inclusion in *Jurnal Ekonomi dan Pembangunan Indonesia* by an authorized editor of UI Scholars Hub.

# Polusi Udara dalam Ruangan dan Kondisi Kesehatan: Analisis Rumah Tangga Indonesia

## *Indoor Air Pollution and Health Conditions: Analysis of Indonesian Households*

Indanazulfa Qurrota A'yun<sup>a,\*</sup>, & Rodhiah Umaroh<sup>b</sup>

<sup>a</sup>*Ekonomi Pembangunan, Fakultas Ekonomi dan Bisnis, Universitas Ahmad Dahlan*

<sup>b</sup>*Ekonomi Pembangunan, Fakultas Ekonomi dan Bisnis, UPN Veteran Yogyakarta*

[diterima: 20 September 2019 — disetujui: 14 Januari 2020 — terbit daring: 3 Januari 2022]

### Abstract

*Indoor air quality is an important factor for human health because indoor air pollution has a more dangerous impact compared to outdoor air pollution. This study aims to analyze the impact of the use of cooking fuel as a determinant of indoor pollution quality on the health conditions of household members. This study uses Indonesian Family Life Survey (IFLS) 5 data and the instrumental variable method. The results of this study indicate that the use of cooking fuel has impacts on cough, fever and diarrhea especially for individuals at the age of more than 21 years.*

**Keywords:** *air quality; indoor air pollution; fuel; health; IFLS*

### Abstrak

Kualitas udara dalam ruangan merupakan faktor penting bagi kesehatan manusia karena polusi udara dalam ruangan memiliki dampak yang lebih berbahaya dibandingkan polusi udara di luar ruangan. Penelitian ini bertujuan untuk menganalisis dampak penggunaan bahan bakar memasak sebagai penentu kualitas polusi dalam ruangan terhadap kondisi kesehatan anggota rumah tangga. Penelitian ini menggunakan data *Indonesian Family Life Survey (IFLS) 5* dengan mengaplikasikan metode variabel instrumen. Hasil penelitian ini menunjukkan bahwa penggunaan bahan bakar memasak berdampak pada penyakit batuk, demam, dan diare, terutama pada individu berusia 21 tahun ke atas.

**Kata kunci:** kualitas udara; polusi udara dalam ruangan; bahan bakar; kesehatan; IFLS

**Kode Klasifikasi JEL:** I14; I15; O13

## Pendahuluan

Polusi udara tidak hanya terjadi di luar ruangan, tetapi juga terjadi di dalam ruangan. Polusi udara di dalam ruangan memiliki dampak yang lebih berbahaya bagi kesehatan dibanding polusi udara di luar ruangan (Nahar *et al.*, 2016). Selain itu, menurut *United States Environmental Protection Agency (EPA)*, polusi udara dalam ruangan 2 sampai 10 kali lebih berbahaya dibandingkan polusi udara luar ruangan. Padahal, masyarakat menghabiskan

waktunya sekitar 80 sampai 90 persen di dalam ruangan, seperti rumah, kantor, restoran, dan lain-lain (Hildebrandt *et al.*, 2019). Menurut *United States EPA*, manusia terpapar polusi udara dalam ruangan 2 hingga 5 kali lebih banyak, bahkan 100 kali lebih tinggi daripada tingkat polusi di luar ruangan. Hal ini menunjukkan bahwa makin tinggi tingkat polusi udara di dalam ruangan, makin tinggi pula ancaman kesehatannya. Oleh karena itu, kualitas udara dalam ruangan merupakan faktor penting bagi kesehatan manusia.

Pada umumnya, masyarakat beranggapan bahwa kondisi di dalam ruangan akan lebih aman dari berbagai ancaman polusi yang berbahaya. Namun,

\*Alamat Korespondensi: Semaki, Kec. Umbulharjo, Kota Yogyakarta, Fakultas Ekonomi dan Bisnis, Universitas Ahmad Dahlan. E-mail: indanazulfa1495@gmail.com.

bukti ilmiah menunjukkan bahwa udara dalam ruangan, dalam hal ini adalah rumah, dapat lebih parah tercemar dibandingkan udara di luar ruangan, utamanya di kota-kota besar atau kota industri (Franklin, 2007; *World Health Organization* [WHO], 2006). Adapun dampak kesehatan akibat polusi udara dalam ruangan adalah masalah pernapasan, kanker, bahkan masalah mata (Von Schirnding *et al.*, 2002). Selain itu, polusi udara dalam ruangan juga dapat menyebabkan Infeksi Saluran Pernapasan Akut (ISPA), penyakit paru obstruktif kronik, kanker paru-paru, asma, kanker nasofaring dan laring, TBC, Berat Badan Lahir Rendah (BBLR), dan penyakit mata (Smith *et al.*, 2004). Dalam Peraturan Menteri Kesehatan Republik Indonesia Nomor 1077/Menkes/Per/V/2011 Tentang Pedoman Pencegahan Udara dalam Ruang Rumah menyebutkan bahwa penyakit ISPA selalu menduduki peringkat pertama dari sepuluh penyakit terbanyak di Indonesia. Hal tersebut menunjukkan bahwa dampak dari polusi udara memiliki efek jangka pendek (iritasi mata dan tenggorokan) hingga efek jangka panjang (penyakit pernapasan dan kanker).

Menurut Kumar & Imam (2013), jenis polusi udara berbahaya dalam ruangan antara lain karbon monoksida (CO), senyawa organik volatil (VOC), partikulat (PM), aerosol, polutan biologis, dan lain-lain. Jenis polusi tersebut berasal dari debu, asap rokok, asap akibat pembakaran bahan bakar padat atau asap yang berasal dari dapur, dan senyawa organik yang mudah menguap. Selain itu, sebagian besar rumah tangga Indonesia masih menggunakan bahan bakar gas atau *Liquefied Petroleum Gas* (LPG) dan kayu bakar untuk memenuhi kebutuhan memasak. Berdasarkan hasil *Survei Sosial Ekonomi Nasional* Badan Pusat Statistik (BPS) pada tahun 2016 menunjukkan bahwa terdapat 72,38 persen rumah tangga menggunakan bahan bakar LPG untuk memasak, 21,57 persen rumah tangga masih menggunakan kayu bakar, 3,78 persen menggunakan minyak tanah, dan 2,28 persen yang lain menggu-

nakan sumber energi seperti listrik, arang, biogas, serta bahan bakar tradisional lainnya.

Di kawasan Asia Timur dan Pasifik, Indonesia berada pada peringkat kedua dalam hal kematian akibat polusi udara rumah tangga yang disebabkan oleh pembakaran bahan bakar padat. Polutan yang dihasilkan oleh bahan bakar tersebut memiliki konsentrasi yang tinggi akibat adanya proses pembakaran yang tidak sempurna. Keadaan tersebut akan berdampak pada rendahnya kualitas udara jika kondisi rumah berupa fisik dan ventilasi tidak memenuhi syarat dan kurang memadai serta tidak memiliki cerobong asap dapur.

Isu tentang polusi udara dalam ruangan berkembang pesat mengingat bahwa sebagian besar masyarakat menghabiskan lebih banyak waktunya di dalam ruangan. Polusi udara dalam ruangan akibat penggunaan bahan bakar kerap terjadi pada masyarakat, baik di daerah perkotaan maupun pedesaan. Masyarakat pedesaan cenderung menggunakan bahan bakar padat sebagai energi untuk memasak dengan menggunakan tungku atau kompor tradisional, sementara masyarakat perkotaan cenderung menggunakan bahan bakar tidak padat. Oleh karena itu, tujuan penelitian ini adalah untuk menganalisis dampak penggunaan bahan bakar sebagai penentu kualitas polusi dalam ruangan terhadap kondisi kesehatan anggota rumah tangga.

Kualitas udara dalam ruangan merupakan masalah yang perlu mendapatkan perhatian khusus dan menjadi faktor penting akan kesehatan manusia. Artinya bahwa kualitas udara dalam ruangan yang baik merupakan udara yang bebas dari iritasi, pencemaran, ketidaknyamanan, atau terganggunya kesehatan penghuni (Haris *et al.*, 2012). Menurut United States EPA, terdapat empat elemen yang memengaruhi bagaimana kualitas udara di dalam ruangan, yaitu (1) sumber pencemaran, (2) *Heating Ventilation and Air Conditioning System* (HVAC), (3) media, yaitu berupa udara, dan (4) kondisi penghuni yang berada di dalam ruangan, apakah memiliki

riwayat penyakit alergi atau pernapasan.

Departemen Kesehatan menjelaskan bahwa pencemaran udara merupakan masuknya zat, energi, dan/atau komponen lainnya ke dalam udara yang memengaruhi kesehatan manusia. Definisi lain menjelaskan bahwa pencemaran udara akibat adanya bahan polutan pada atmosfer dengan konsentrasi tertentu yang dapat mengganggu keseimbangan dinamik atmosfer sehingga memiliki dampak terhadap manusia dan lingkungan sekitar (De, 2003).

Menurut *National Institute of Occupational Safety and Health* (NIOSH) terdapat lima sumber pencemaran atau polusi di dalam ruangan, yaitu (1) pencemaran berupa bahan-bahan pembersih ruangan, pestisida, asap rokok, dan lain-lain yang berasal dari dalam gedung, (2) pencemaran yang berasal dari luar gedung, misalnya gas cerobong asap atau gas buangan kendaraan bermotor, (3) pencemaran yang disebabkan oleh bahan bangunan, seperti lem, *fiberglass*, asbes, *formaldehid*, dan bahan lain yang menjadi komponen dalam pembentukan gedung, (4) pencemaran akibat mikroba, seperti jamur, bakteri, protozoa, dan mikro lainnya yang terdapat pada saluran udara, dan (5) kurangnya udara segar yang masuk akibat gangguan dan kurangnya perawatan ventilasi udara. Lebih lanjut, Tabel 1 berisi daftar penyebab polusi udara dalam ruangan (Adler, 2000).

Pembakaran bahan bakar dalam rumah merupakan salah satu sumber terjadinya polusi udara dalam ruangan. Hal ini dikarenakan pembakaran bahan bakar yang digunakan untuk pemanas ruangan dan memasak dapat menghasilkan nitrogen oksida ( $\text{NO}_x$ ), karbon monoksida (CO), sulfur dioksida ( $\text{SO}_2$ ), hidrokarbon, dan partikulat (Kusnoputranto, 2002).  $\text{NO}_x$  terdiri dari gas nitrit oksida (NO) dan nitrogen dioksida ( $\text{NO}_2$ ). Menurut Fardiaz (1992), kedua bentuk  $\text{NO}_x$  memiliki dampak yang berbahaya bagi manusia. Dua komponen tersebut menunjukkan bahwa  $\text{NO}_2$  empat kali lebih beracun

dibanding NO meskipun NO tidak berbahaya dan tidak mengakibatkan terjadinya iritasi. Namun, pada konsentrasi udara normal senyawa NO dapat mengalami oksidasi yang lebih beracun. Sementara, CO adalah polusi udara yang paling banyak dijumpai. Menurut Soedomo (2001), CO terbentuk karena adanya proses pembakaran dari material yang berbahan dasar karbon secara tidak sempurna, seperti batu bara, kayu, bahan bakar minyak, dan zat organik lainnya yang digunakan sebagai pemanas, pembakaran sampah, serta proses industri. Menghirup karbon monoksida dapat menyebabkan sakit kepala yang cukup berat, kerusakan sel otak, pusing, koma, bahkan hingga kehilangan kesadaran (Kusnoputranto, 2002).

$\text{SO}_2$  terbentuk saat terjadi pembakaran bahan bakar fosil yang mengandung sulfur yang terdapat pada material mentah yang belum diolah, misalnya batu bara, tembaga, aluminium, minyak mentah, besi, dan timbal. Sumber sulfur di daerah perkotaan terdapat pada kegiatan pembangkit tenaga listrik (Wahyuddin *et al.*, 2016). Sementara itu, partikulat merupakan salah satu parameter polusi di udara yang dapat memengaruhi gangguan pada sistem respirasi manusia (Zannaria *et al.*, 2009).

Laporan WHO tahun 2006 menyebutkan bahwa terdapat 3 juta kasus yang terjadi setiap tahun akibat adanya pencemaran udara dalam ruangan dan 0,2 juta yang diakibatkan oleh pencemaran luar ruangan. Hal serupa juga disampaikan dalam penelitian *American College of Allergies* bahwa terdapat 50 persen penyakit yang diakibatkan karena pencemaran udara dalam ruangan. Dockery *et al.* (1993) dan Pope *et al.* (1995) menemukan adanya hubungan positif antara angka kematian dengan polusi udara dalam ruangan.

Selain itu, akibat dari kebakaran hutan ternyata memberikan dampak yang sama seperti polusi dalam ruangan. Kebakaran hutan yang terjadi di Indonesia pada tahun 1997 yang menghasilkan polusi ke beberapa bagian di Indonesia memberikan

**Tabel 1.** Penyebab Polusi Udara dalam Ruangan dan Dampaknya bagi Kesehatan

No. Polutan	Sumber	Dampak terhadap Kesehatan
1. Karbon monoksida (CO)	Peralatan pemanas, minyak tanah, oven, asap tembakau, pemanggang arang, perapian	Sakit kepala, permasalahan sistem sensorik dan respirasi, kantuk, dosis yang tinggi dapat menyebabkan kematian
2. Radon	Air tanah dan bebatuan di bawah bangunan	Tidak menimbulkan gejala dalam waktu singkat, tetapi menyebabkan terjadinya kanker
3. Nitrogen dioksida, sulfur dioksida	Berasal dari sumber yang sama dengan karbon monoksida	Kerusakan sistem paru-paru dan respirasi
4. Sulfur dioksida	Berasal dari sumber yang sama dengan karbon monoksida	Terjadi iritasi pada mata dan hidung
5. <i>Volatile Organic Compounds</i>	Semprotan aerosol, parfum, pestisida, pengharum, pelembut kain, asap tembakau, lem, <i>hair spray</i>	Iritasi pada tenggorokan, hidung dan mata, kerusakan ginjal, liver, dan otak, serta terjadi nyeri pada kepala
6. Formaldehida	Asap tembakau, produk perawatan tubuh, kayu lapis, karpet, produk kertas, lem, kayu lapis, panel	Batuk, iritasi pada mata, hidung, dan tenggorokan, mual, muntah, nyeri kepala, terjadi reaksi alergi, serta dapat menyebabkan kanker.

Sumber: Adler (2000)

dampak yang sama terhadap kesehatan seseorang akibat pembakaran kayu bakar (Duflo *et al.*, 2008). Selain itu, Jayachandran (2006) menemukan bahwa asap yang disebabkan oleh kebakaran atau hasil dari pembakaran kayu bakar menyebabkan peningkatan pada angka kematian bayi. Sementara itu, Frankenberg *et al.* (2005) membandingkan antara orang dewasa yang tinggal di daerah asap tinggi dan asap rendah dan menemukan bahwa adanya polusi yang berdampak pada produktivitas dan kesehatan individu.

## Metode

### Data dan Variabel

Penelitian ini menggunakan data sekunder yang diperoleh dari *Indonesian Family Life Survey* (IFLS) gelombang kelima tahun 2014. IFLS merupakan survei longitudinal mengenai kondisi sosial ekonomi dan kesehatan terbesar di Indonesia. Sampel IFLS merepresentasikan 83 persen populasi penduduk Indonesia di 13 provinsi pada tahun 1993. Survei IFLS mengumpulkan data pada tingkat individu, keluarga, rumah tangga, komunitas, serta fasilitas pendidikan dan kesehatan yang digunakan (Strauss *et al.*, 2016).

Variabel dependen dalam penelitian ini adalah

kondisi kesehatan individu yang direpresentasikan dengan kondisi morbiditas akut yang dialami oleh individu. Variabel ini diambil dari pertanyaan apakah individu mengalami gejala penyakit tertentu dalam waktu empat minggu terakhir dengan alternatif jawaban ya dan tidak. Kondisi morbiditas akut yang dipilih adalah batuk, sesak nafas, demam, diare, dan sakit mata. Jenis penyakit tersebut dipilih karena diyakini menjadi dampak kesehatan dari polusi dalam ruangan yang disebabkan oleh penggunaan bahan bakar padat (Khalequzzaman *et al.*, 2011; Nahar *et al.*, 2016; Rana *et al.*, 2019).

Lebih lanjut, penggunaan bahan bakar untuk memasak digunakan sebagai variabel independen utama. IFLS menyediakan informasi penggunaan bahan bakar memasak dalam beberapa jenis, yaitu listrik, gas/elpiji, minyak tanah, kayu bakar, dan arang/batu bara. Selanjutnya, penelitian ini membuat kategori bahan bakar padat (*solid fuel*) yang di dalamnya termasuk listrik, gas/elpiji, dan minyak tanah, sementara sisanya adalah termasuk dalam kategori bahan bakar tidak padat (*non-solid fuel*). Pengelompokan ini sesuai dengan pengelompokan oleh WHO dan juga penelitian sebelumnya (Baliatti & Datta, 2017; Banerje *et al.*, 2014). Selain itu, penelitian ini juga menggunakan variabel kontrol berupa karakteristik individu, rumah tangga,

dan komunitas untuk menangkap heterogenitas di dalam model.

### Strategi Estimasi

Tujuan penelitian ini adalah untuk menganalisis dampak penggunaan bahan bakar memasak sebagai penentu kualitas polusi dalam ruangan terhadap kondisi kesehatan anggota rumah tangga. Spesifikasi model persamaan regresi liniernya (*Ordinary Least Square* [OLS]) adalah sebagai berikut:

$$Health_{i,j} = \beta_0 + \beta_1 fuelcooking_{h,i} + \beta_2 X_i + \varepsilon_i \quad (1)$$

*Health* adalah variabel *outcome* atau terikat yang menunjukkan kondisi kesehatan individu *i* pada masing-masing gangguan kesehatan *j*. Kondisi kesehatan individu direpresentasikan oleh status morbiditas akut individu dengan alternatif jawaban bersifat biner/*dummy*. *X* merupakan seperangkat variabel karakteristik individu, rumah tangga, dan komunitas.  $\beta_1$  adalah variabel bebas utama terkait dampak penggunaan bahan bakar memasak sebagai penentu kualitas udara dalam ruangan. Variabel *fuelcooking* disederhanakan dalam bentuk *dummy*, yaitu 1 apabila rumah tangga *h* tempat individu *i* tinggal menggunakan bahan bakar memasak tidak padat dan 0 jika menggunakan bahan bakar memasak padat. Persamaan (1) memiliki

asumsi bahwa variabel  $[\beta_1 fuelcooking_{h,i}, \varepsilon_i] = 0$  supaya estimasinya konsisten. Apabila asumsi tersebut tidak terpenuhi atau ketika ada variabel yang tidak disertakan di dalam model yang berkorelasi langsung dengan penggunaan bahan bakar memasak atau terjadi endogenitas dalam model, maka hasil estimasi OLS akan menjadi bias. Oleh karena itu, untuk mengeliminasi adanya variabel yang tidak disertakan di dalam model, strategi yang digunakan dalam penelitian ini adalah dengan menggunakan metode variabel instrumen (*instrumental variable* [IV]).

Tujuan estimasi menggunakan variabel instrumen adalah untuk menghilangkan korelasi antara  $\beta_1$  dan  $\varepsilon$ . Oleh karena itu, dibutuhkan variabel instrumen (*Z*) untuk mengeliminasi variabel tersebut harus memenuhi dua syarat, yaitu berkorelasi dengan  $\beta_1 (cov(Z, T) \neq 0)$  dan tidak dapat berkorelasi dengan  $\varepsilon (cov(Z, \varepsilon) = 0)$ . Jadi, instrumen *Z* memengaruhi penggunaan bahan bakar oleh rumah tangga, tetapi tidak memengaruhi kondisi kesehatan individu secara langsung. Penelitian ini menggunakan variabel instrumen berupa proporsi rumah tangga yang menggunakan bahan bakar tidak padat dalam satu desa seperti yang digunakan dalam penelitian sebelumnya (Balietti & Datta, 2017). Perhitungan variabel instrumen tersebut didapatkan dari persamaan berikut:

$$Z_{ij} = \frac{\text{Jumlah rumah tangga } i \text{ yang menggunakan bahan bakar tidak padat dalam satu desa } j}{\text{jumlah rumah tangga dalam satu desa } j} \quad (2)$$

Variabel instrumen yang digunakan memenuhi persyaratan yang dibutuhkan dalam estimasi, yaitu penggunaan bahan bakar memasak rumah tangga mungkin sangat dipengaruhi oleh pengaruh bahan bakar memasak yang digunakan oleh rumah tangga di sekitarnya. Hal ini mungkin karena faktor ketersediaan dan juga budaya dalam masyarakat setempat. Namun, penggunaan bahan bakar

memasak oleh rumah tangga lain di lingkungan sekitar tidak dapat memengaruhi kondisi kesehatan individu secara langsung karena konteks dalam penelitian ini adalah polusi udara di dalam ruangan yang direpresentasikan dengan kualitas udara dalam satu rumah tangga tertentu. Persamaan variabel instrumen terdiri dari dua tahap estimasi

sebagai berikut:

$$fuelcooking_i = \gamma_0 + \gamma_1 Z_i + \gamma_2 X_i + \mu_i \quad (3)$$

$$Health_{i,j} = \beta_0 + \beta_1 \widehat{fuelcooking}_i + \beta_2 X_i + \varepsilon_i \quad (4)$$

Pada tahap pertama, penggunaan bahan bakar memasak diestimasi dengan variabel instrumen  $Z_i$  dan variabel kontrol lainnya  $X_i$  untuk mendapatkan *predicted endogenous variable*  $\widehat{fuelcooking}_i$ . Pada tahap kedua, variabel dependen diestimasi terhadap variabel  $\widehat{fuelcooking}_i$  dan vektor variabel kontrol  $X_i$ . Selanjutnya, estimasi dibedakan antara individu yang berusia kurang dari atau sama dengan 20 tahun dan individu yang berusia 21 tahun ke atas. Hal ini dilakukan untuk menangkap efek heterogenitas dalam model karena dua kelompok tersebut mungkin memiliki karakter yang berbeda.

## Hasil dan Analisis

### Statistik Deskriptif

Statistik deskriptif ditunjukkan pada Tabel 2. Terdapat 5.349 rumah tangga dalam penelitian ini yang hampir setengah lebih dari rumah tangga tersebut menggunakan bahan bakar padat, yaitu 3.089 rumah tangga. Sementara itu, rumah tangga yang menggunakan bahan bakar tidak padat untuk keperluan memasak adalah sebanyak 1.540 rumah tangga. Terkait dengan karakteristik rumah tangga, sebagian besar rumah tangga menempati rumah milik sendiri, telah menggunakan listrik, dan memiliki televisi. Namun, hampir setengah letak sumber air utama rumah tangga berada di luar rumah, yang artinya rumah tangga tersebut memiliki keterbatasan untuk mengakses sumber air. Terdapat 3.920 rumah tangga yang memiliki kendaraan bermotor, tetapi tidak banyak yang memiliki tabungan/deposito.

Berdasarkan karakteristik individu, individu yang berusia kurang dari sama dengan 20 tahun berjumlah sebanyak 2.354 individu dan sebanyak

8.343 individu lainnya berusia 21 tahun ke atas. Total observasi individu adalah 10.697 orang. Rata-rata usia individu kelompok remaja adalah 13,61 tahun, sedangkan kelompok individu dewasa rata-rata berusia 40,14 tahun. Tidak ada perbedaan yang signifikan mengenai sampel berdasarkan jenis kelamin karena jumlahnya hampir sama. Terkait dengan tingkat pendidikan, rata-rata lamanya individu mengenyam pendidikan formal adalah selama 8,45 tahun atau setara dengan Sekolah Menengah Pertama (SMP). Sebanyak 3.245 (30 persen) individu aktif sebagai perokok dan hampir seluruhnya memiliki asuransi kesehatan.

Selanjutnya, 39,94 persen individu melaporkan mengalami batuk dan 8,03 persen individu mengalami gangguan kesehatan berupa sesak nafas. Persentase individu yang mengalami sakit mata cukup kecil, yaitu sebesar 6,13 persen dibandingkan dengan gangguan kesehatan lainnya, seperti demam sebesar 21,38 persen dan diare sebesar 10,29 persen (Tabel 3). Hal tersebut menunjukkan bahwa gangguan kesehatan yang paling banyak dialami oleh individu adalah batuk.

### Hasil Estimasi Menggunakan Variabel Instrumen

Fokus dari penelitian ini adalah untuk menganalisis pengaruh penggunaan bahan bakar memasak terhadap kesehatan individu yang dibedakan berdasarkan usia 20 tahun ke bawah dan 21 tahun ke atas. Berdasarkan hasil penelitian dengan menggunakan variabel instrumen, penggunaan bahan bakar tidak padat oleh rumah tangga berpengaruh negatif terhadap kejadian batuk pada individu di kedua kelompok usia dibandingkan dengan individu yang rumah tangganya menggunakan bahan bakar padat (Tabel 4 dan 5). Temuan tersebut sejalan dengan penelitian sebelumnya oleh Choi *et al.* (2015) yang menunjukkan bahwa penggunaan bahan bakar padat dapat memproduksi zat partikel *ultrafine* yang terdiri dari zat mikro, seperti jamur,

Tabel 2. Statistik Deskriptif

Variabel	Definisi	Tipe data	N (%)	Mean	Std. Dev.
Karakteristik Individu					
Health	1=mengalami gangguan kesehatan 0=tidak mengalami gangguan kesehatan	Dummy	10.697 (100,00)		
Usia	≤20 ≥21	Numerik	2.354 (22,01) 8.343 (77,99)	13,61 40,14	3,85 13,12
Sex	1=laki-laki; 0=perempuan	Dummy	4.962 (53,61) 5.735 (46,39)		
marital	1=kawin; 0=tidak kawin	Dummy	7.250 (30,38) 3.250 (69,62)		
Educ.	Lamanya individu mengenyam pendidikan (tahun)	Numerik	10.697 (100,00)	8,45	4,53
Smoke	1=merokok; 0=tidak merokok	Dummy	3.245 (69,66) 7.452 (30,34)		
asuransi	1=memiliki asuransi; 0=tidak memiliki asuransi	Dummy	12.685 (99,89) 12 (0,11)		
Karakteristik rumah tangga					
fuelcooking	1=bahan bakar tidak padat; 0=bahan bakar padat	Dummy	1.540 3.809		
Rumah	1=milik sendiri; 0=lainnya	Dummy	8.609 (80,48) 2.088 (19,52)		
listrik	1=menggunakan; 0=tidak menggunakan	Dummy	10.633 (99,40) 64 (0,60)		
sumber_air	1=di dalam rumah 0= di luar rumah	Dummy	5.990 (56,00) 4.707 (47,00)		
tv	1=memiliki tv; 0=tidak memiliki tv	Dummy	9.872 (91,45) 915 (8,55)		
kendaraan	1=memiliki; 0=tidak memiliki	Dummy	8.124 (75,95) 2.573 (24,05)		
tabungan	1=memiliki; 0=tidak memiliki	Dummy	3.181 (29,74) 7.516 (70,26)		
income	Pendapatan seluruh anggota rumah tangga dalam rupiah (tahun)	Numerik		19.700.000	28.600.000
ium_art wilayah	Jumlah anggota rumah tangga 1=kota; 0=desa	Numerik Dummy		4,41	1,93
			6.795 (63,52) 3.903 (36,48)		

Sumber: IFLS, diolah

Tabel 3. Distribusi Gangguan Kesehatan

Gangguan kesehatan	Ya	Tidak
Batuk	4.272 (39,94%)	6.425 (60,06%)
Sesak nafas	859 (8,03%)	9.838 (91,97%)
Demam	2.287 (21,38%)	8.410 (78,62%)
Diare	1.101 (10,29%)	9.596 (89,71%)
Sakit mata	656 (6,13%)	10.041 (93,87%)

Sumber: IFLS, diolah

*fiberglass*, alergen, silikat, dan debu sebagai polusi dalam ruangan yang akan masuk ke dalam tubuh hanya dengan bernafas. Ketika volume zat partikel *ultrafine* yang terhirup cukup besar dan dalam waktu yang cukup panjang, maka akan membuat tubuh secara otomatis berusaha untuk menyingkirkan partikel tersebut melalui batuk. Stanković *et al.* (2011) menyebutkan bahwa polusi udara da-

*Jurnal Ekonomi dan Pembangunan Indonesia Vol. 22 No. 1 Januari 2022, hlm. 16–26*

lam ruangan bisa memberikan efek jangka panjang, seperti infeksi paru-paru dan asma.

Polusi udara dalam ruangan yang dihasilkan oleh bahan bakar padat juga signifikan terhadap gangguan kesehatan berupa demam dan diare pada kelompok usia 21 tahun ke atas. Menurut Silva *et al.* (2014) dalam penelitiannya di Brazil, polusi udara dalam ruangan dapat menyebabkan infeksi saluran pernafasan dan influenza yang juga menyebabkan demam, baik pada anak-anak maupun orang dewasa. Sementara kaitannya dengan gangguan kesehatan berupa diare, saat ini penelitian mengenai dampaknya terhadap orang dewasa masih terbatas. Namun, beberapa penelitian pada anak-anak menemukan bahwa hubungan antara polusi udara dalam ruangan terhadap diare adalah karena



**Tabel 4.** Hubungan Penggunaan Bahan Bakar terhadap Gangguan Kesehatan (Kelompok Usia  $\leq 20$  tahun)

Variabel	Batuk	Sesak_nafas	Demam	Diare	Sakit_mata
<i>fuelcooking</i>	-0,0920* (0,0468)	-0,0101 (0,0218)	-0,0536 (0,0400)	-0,0506 (0,0267)	0,0274 (0,0183)
<i>sex</i>	-0,00208 (0,0260)	-0,0410*** (0,0121)	-0,0387 (0,0222)	-0,0133 (0,0149)	-0,00556 (0,0102)
<i>marital</i>	0,0182 (0,0245)	-0,0115 (0,0114)	-0,00472 (0,0210)	0,0131 (0,0140)	-0,0128 (0,00958)
<i>educ</i>	-0,00408 (0,00353)	-0,00191 (0,00165)	0,00110 (0,00302)	0,00287 (0,00202)	-0,00203 (0,00138)
<i>smoke</i>	0,0684* (0,0289)	0,0268* (0,0135)	0,0440 (0,0247)	0,00361 (0,0165)	0,0100 (0,0113)
<i>asuransi</i>	-0,0622 (0,348)	0,0243 (0,162)	-0,286 (0,298)	0,114 (0,199)	0,0194 (0,136)
<i>rumah</i>	-0,00580 (0,0259)	-0,0105 (0,0121)	0,000922 (0,0221)	-0,0250 (0,0148)	0,00640 (0,0101)
<i>listrik</i>	0,110 (0,151)	0,0525 (0,0705)	-0,0363 (0,129)	-0,0937 (0,0865)	-0,0609 (0,0591)
<i>sumber_air</i>	-0,0122 (0,0205)	-0,00859 (0,00957)	-0,0388* (0,0176)	-0,0219 (0,0117)	0,00766 (0,00802)
<i>tv</i>	-0,0793 (0,0410)	0,0155 (0,0191)	-0,0194 (0,0350)	-0,0106 (0,0234)	0,0183 (0,0160)
<i>kendaraan</i>	-0,0365 (0,0268)	-0,000736 (0,0125)	-0,0145 (0,0229)	-0,00663 (0,0153)	-0,0130 (0,0105)
<i>tabungan</i>	0,0141 (0,0243)	0,0154 (0,0113)	0,000259 (0,0208)	0,00859 (0,0139)	-0,00810 (0,00948)
<i>income</i>	0,00347 (0,00929)	0,00199 (0,00433)	-0,00749 (0,00794)	-0,00345 (0,00531)	0,00294 (0,00363)
<i>jum_art</i>	0,00495 (0,00515)	0,00483* (0,00240)	0,00484 (0,00440)	-0,00193 (0,00294)	-0,00151 (0,00201)
<i>wilayah</i>	-0,00147 (0,0251)	0,0226 (0,0117)	0,0483* (0,0214)	-0,0181 (0,0143)	0,0238* (0,00979)
<i>_cons</i>	0,433 (0,409)	-0,0565 (0,191)	0,680 (0,350)	0,173 (0,234)	0,0275 (0,160)
N	2.354				

Keterangan: *Standard error* di dalam tanda kurung.\*  $p < 0.05$ , \*\*  $p < 0.01$ , \*\*\*  $p < 0.$ 

adanya kuman dan bakteri serta zat lainnya yang terhirup dan masuk ke dalam saluran pencernaan (Egondi *et al.*, 2018; Rahman, 2006).

Berdasarkan karakteristik individu, individu usia 20 tahun ke bawah yang merokok memiliki pengaruh positif dan signifikan terhadap gangguan kesehatan berupa batuk dan sesak nafas (Tabel 4). Temuan ini sejalan dengan penelitian sebelumnya oleh Bruce *et al.* (2000). Individu yang merokok memiliki gangguan kesehatan berupa sesak nafas dan diare yang lebih kecil pada kelompok usia 21 tahun ke atas dibandingkan dengan individu yang tidak merokok. Hal ini mungkin dapat terjadi karena efek kesehatan pada perokok pasif lebih besar pada kelompok usia tersebut (Sikorska-Jaroszyńska *et al.*, 2012). Variabel pendidikan ditemukan berpe-

ngaruh negatif terhadap seluruh gangguan kesehatan pada kelompok usia 21 tahun ke atas. Pada kelompok usia tersebut, waktu menempuh pendidikan relatif lebih lama sehingga pengetahuan akan kesehatan menjadi lebih besar. Higgins *et al.* (2008) menyebutkan bahwa pengetahuan, kepribadian, dan kemampuan yang didapatkan melalui pendidikan dapat membuat individu lebih mudah dalam mengakses informasi dan layanan kesehatan untuk meningkatkan kesehatan dirinya sendiri maupun keluarganya.

Selanjutnya, variabel status pernikahan ditemukan berkorelasi negatif terhadap gangguan kesehatan, berupa batuk, sesak nafas, dan sakit mata pada kelompok usia 21 tahun ke atas. Hal ini berarti bahwa individu yang tidak terikat dalam hubung-

**Tabel 5.** Hubungan Penggunaan Bahan Bakar terhadap Gangguan Kesehatan (Kelompok Usia  $\geq 21$  tahun)

Variabel	Batuk	Sesak_nafas	Demam	Diare	Sakit_mata
<i>fuelcooking</i>	-0,0619* (0,0249)	-0,0248 (0,0143)	-0,0516* (0,0207)	-0,0447** (0,0158)	-0,00418 (0,0128)
<i>sex</i>	0,0278 (0,0146)	0,0241** (0,00840)	-0,0272* (0,0122)	-0,00396 (0,00925)	0,00445 (0,00749)
<i>marital</i>	-0,0525*** (0,0144)	-0,0182* (0,00830)	-0,0249* (0,0120)	-0,0209* (0,00913)	-0,0314*** (0,00740)
<i>educ</i>	-0,00332* (0,00131)	-0,00457*** (0,000753)	-0,000240 (0,00109)	-0,00300*** (0,000829)	-0,00468*** (0,000671)
<i>smoke</i>	0,0295 (0,0156)	-0,0405*** (0,00895)	-0,00336 (0,0129)	-0,0193* (0,00985)	-0,00871 (0,00797)
<i>asuransi</i>	0,00416 (0,155)	0,0895 (0,0889)	0,000520 (0,129)	0,104 (0,0978)	-0,0227 (0,0792)
<i>rumah</i>	0,00223 (0,0141)	-0,00752 (0,00811)	-0,0303** (0,0117)	-0,0123 (0,00892)	0,00688 (0,00723)
<i>listrik</i>	-0,0895 (0,0686)	-0,0361 (0,0395)	-0,0235 (0,0571)	0,0705 (0,0434)	-0,00500 (0,0352)
<i>sumber_air</i>	-0,0129 (0,0109)	0,0116 (0,00628)	-0,00444 (0,00909)	0,00236 (0,00692)	0,00238 (0,00560)
<i>tv</i>	-0,0117 (0,0215)	-0,0174 (0,0124)	-0,0193 (0,0179)	-0,0312* (0,0136)	0,00548 (0,0110)
<i>kendaraan</i>	-0,0593*** (0,0136)	-0,0107 (0,00783)	-0,0286* (0,0113)	0,000686 (0,00862)	-0,00574 (0,00698)
<i>tabungan</i>	-0,0187 (0,0124)	-0,0101 (0,00712)	-0,00943 (0,0103)	-0,00113 (0,00784)	0,00307 (0,00635)
<i>income</i>	0,00428 (0,00460)	-0,00137 (0,00264)	0,00388 (0,00382)	0,00198 (0,00291)	0,00304 (0,00236)
<i>jum_art</i>	0,00279 (0,00290)	-0,000858 (0,00167)	0,00656** (0,00241)	0,000646 (0,00184)	0,00107 (0,00149)
<i>wilayah</i>	0,00917 (0,0130)	0,00419 (0,00746)	0,00937 (0,0108)	0,00484 (0,00821)	0,00673 (0,00665)
<i>_cons</i>	0,528** (0,186)	0,144 (0,107)	0,255 (0,155)	-0,00522 (0,118)	0,0940 (0,0954)
N	8.343				

Keterangan: *Standard error* di dalam tanda kurung.

\*  $p < 0.05$ , \*\*  $p < 0.01$ , \*\*\*  $p < 0.$

an pernikahan memiliki kondisi kesehatan yang lebih baik dibandingkan dengan individu yang menikah. Berdasarkan jenis kelamin, laki-laki mengalami gangguan kesehatan sesak nafas dan demam lebih sedikit dibandingkan dengan perempuan pada kelompok usia 20 tahun ke bawah dan 21 tahun ke atas berturut-turut. Terkait dengan karakteristik rumah tangga, individu yang rumah tangganya memiliki kendaraan mengalami batuk dan demam lebih sedikit dibandingkan dengan rumah tangga yang tidak memiliki kesehatan, tetapi hasil tersebut hanya berlaku pada kelompok usia 20 tahun ke bawah. Kendaraan dapat menjadi salah satu faktor kesehatan karena bisa menjadi lebih mudah dalam mengakses layanan kesehatan.

## Simpulan

Penelitian ini bertujuan untuk menganalisis dampak penggunaan bahan bakar memasak padat dan tidak padat oleh rumah tangga yang berkaitan dengan polusi udara dalam ruangan terhadap kondisi kesehatan individu. Metode variabel instrumen digunakan untuk mengeliminasi endogenitas di dalam model sehingga hasilnya tidak bias dan konsisten. Estimasi dibedakan berdasarkan kelompok usia, yaitu usia 20 tahun ke bawah dan 21 tahun ke atas. Hasil menunjukkan bahwa penggunaan bahan bakar padat yang berakibat pada polusi udara dalam ruangan berpengaruh positif terhadap gangguan kesehatan, berupa batuk pada kedua kelompok usia serta demam dan diare pada kelompok

usia 21 tahun ke atas. Hal ini membuktikan bahwa penggunaan bahan bakar yang ramah lingkungan akan memproduksi kualitas udara dalam ruangan yang lebih baik sehingga kesehatan individu akan meningkat. Meskipun saat ini rumah tangga di Indonesia sudah mulai berangsur mengganti bahan bakar memasak menjadi lebih ramah lingkungan, seperti menggunakan LPG, tetapi pemerintah perlu mendukung dengan menjaga pasokan/suplai LPG supaya rumah tangga tidak beralih ke bahan bakar padat.

Selain itu, hasil penelitian menunjukkan bahwa pendidikan berpengaruh negatif terhadap seluruh gangguan kesehatan pada kelompok usia 21 tahun ke atas. Artinya, bahwa makin tinggi pendidikan individu, maka kejadian mengalami gangguan kesehatan akan lebih sedikit. Pendidikan diyakini menjadi salah satu faktor penting dalam meningkatkan kesehatan individu. Status pernikahan juga berpengaruh terhadap kondisi kesehatan. Hasil penelitian menemukan bahwa individu yang menikah akan lebih sering mengalami gangguan kesehatan dibandingkan dengan individu yang tidak menikah. Selanjutnya berdasarkan karakteristik rumah tangga, variabel kepemilikan kendaraan, dan jumlah anggota rumah tangga berpengaruh terhadap kondisi kesehatan individu.

Keterbatasan dalam penelitian ini adalah menggunakan data sekunder yang diperoleh dari *Indonesian Family Life Survey* (IFLS) hanya pada gelombang kelima tahun 2014. Sementara dampak penggunaan bahan bakar memasak padat dan tidak padat oleh rumah tangga yang berkaitan dengan polusi udara dalam ruangan terhadap kondisi kesehatan individu di setiap tahunnya dapat berbeda. Oleh karena itu, pada penelitian selanjutnya diharapkan dengan menggunakan data gabungan IFLS tahun 2007 dan 2014.

## Daftar Pustaka

- [1] Adler, L. (2000). Common indoor air pollutants: Sources and health impacts. *IAQ Fact Sheet 2, HF-LRA.161*. Cooperative Extension Service - University of Kentucky. Diakses 22 Mei 2018 dari <https://fcs-hes.ca.uky.edu/sites/fcs-hes.ca.uky.edu/files/hf-lra.161.pdf>.
- [2] Baliyeti, A., & Datta, S. (2017). *The impact of indoor solid fuel use on the stunting of Indian children*. Diakses 22 Mei 2018 dari <http://www.ancabaliyeti.net/wp-content/uploads/2017/04/Datta.Baliyeti.March2017.pdf>.
- [3] Banerjee, S. G., Portale, E., Adair-Rohani, H., & Bonjour, S. (2014). Tracking access to nonsolid fuel for cooking. *Live Wire, 2014/8*. World Bank. Diakses 22 Mei 2018 dari <https://openknowledge.worldbank.org/handle/10986/18414>.
- [4] Bruce, N., Perez-Padilla, R., & Albalak, R. (2000). Indoor air pollution in developing countries: a major environmental and public health challenge. *Bulletin of the World Health Organization, 78(9)*, 1078-1092.
- [5] Choi, J. Y., Baumgartner, J., Harnden, S., Alexander, B. H., Town, R. J., D'Souza, G., & Ramachandran, G. (2015). Increased risk of respiratory illness associated with kerosene fuel use among women and children in urban Bangalore, India. *Occupational and Environmental Medicine, 72(2)*, 114-122. doi: <http://dx.doi.org/10.1136/oemed-2014-102472>.
- [6] De, A. K. (2003). *Environmental chemistry* (5th edition). New Age International.
- [7] Dockery, D. W., Pope, C. A., Xu, X., Spengler, J. D., Ware, J. H., Fay, M. E., ... & Speizer, F. E. (1993). An association between air pollution and mortality in six US cities. *New England Journal of Medicine, 329(24)*, 1753-1759. doi: 10.1056/NEJM199312093292401.
- [8] Duflo, E., Greenstone, M., & Hanna, R. (2008). Cooking stoves, indoor air pollution and respiratory health in rural Orissa. *Economic and Political Weekly, 43(32)*, 71-76.
- [9] Egondi, T., Ettarh, R., Kyobutungi, C., Ng, N., & Rocklöv, J. (2018). Exposure to outdoor particles (PM<sub>2.5</sub>) and associated child morbidity and mortality in socially deprived neighborhoods of Nairobi, Kenya. *Atmosphere, 9(9)*, 351. doi: <https://doi.org/10.3390/atmos9090351>.
- [10] Fardiaz, S. (1992). *Polusi air dan udara*. Kanisius.
- [11] Frankenberg, E., McKee, D., & Thomas, D. (2005). Health consequences of forest fires in Indonesia. *Demography, 42(1)*, 109-129. doi: <https://doi.org/10.1353/dem.2005.0004>.
- [12] Franklin, P. J. (2007). Indoor air quality and respiratory health of children. *Paediatric Respiratory Reviews, 8(4)*, 281-286. doi: <https://doi.org/10.1016/j.prrv.2007.08.007>.
- [13] Haris, A., Ikhsan, M., & Rogayah, R. (2012). Asap rokok sebagai bahan pencemar dalam ruangan. *Cermin Dunia Kedokteran (CDK)-189, 39(1)*, 17-24.
- [14] Higgins, C., Lavin, T., & Metcalfe, O. (2008). *Health impacts of education: A review*. Institute of Public Health in Ireland.

- Diakses 22 Mei 2018 dari <https://www.publichealth.ie/files/file/Health%20Impacts%20of%20Education.pdf>.
- [15] Hildebrandt, S., Kubota, T., Sani, H. A., & Surahman, U. (2019). Indoor air quality and health in newly constructed apartments in developing countries: A case study of Surabaya, Indonesia. *Atmosphere*, 10(4), 182. doi: <https://doi.org/10.3390/atmos10040182>.
- [16] Khalequzzaman, M., Kamijima, M., Sakai, K., Ebara, T., Hoque, B. A., & Nakajima, T. (2011). Indoor air pollution and health of children in biomass fuel-using households of Bangladesh: comparison between urban and rural areas. *Environmental Health and Preventive Medicine*, 16(6), 375-383. doi: <https://doi.org/10.1007/s12199-011-0208-z>.
- [17] Kumar, P., & Imam, B. (2013). Footprints of air pollution and changing environment on the sustainability of built infrastructure. *Science of the Total Environment*, 444, 85-101. doi: <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2012.11.056>.
- [18] Kusnoputranto, H. (2002). *Kesehatan lingkungan pemukiman dan perkotaan*. Depok: Fakultas Kesehatan Masyarakat Universitas Indonesia.
- [19] Nahar, M., Khan, M. H., & Ahmad, S. A. (2016a). Indoor air pollutants and respiratory problems among Dhaka City dwellers. *Archives of Community Medicine and Public Health*, 2(1), 032-036. doi: <http://dx.doi.org/10.17352/2455-5479.000014>.
- [20] Pope 3rd, C. A., Bates, D. V., & Raizenne, M. E. (1995). Health effects of particulate air pollution: time for reassessment?. *Environmental Health Perspectives*, 103(5), 472-480. doi: <https://doi.org/10.1289/ehp.95103472>.
- [21] Rahman, A. (2006). Assessing income-wise household environmental conditions and disease profile in urban areas: study of an Indian city. *GeoJournal*, 65(3), 211-227. doi: <https://doi.org/10.1007/s10708-005-3127-y>.
- [22] Rana, J., Uddin, J., Peltier, R., & Oulhote, Y. (2019). Associations between indoor air pollution and acute respiratory infections among under-five children in Afghanistan: do SES and sex matter?. *International Journal of Environmental Research and Public Health*, 16(16), 2910. doi: <https://doi.org/10.3390/ijerph16162910>.
- [23] Sikorska-Jaroszyńska, M. H., Mielnik-Błaszczak, M., Krawczyk, D., Nasilowska-Barud, A., & Błaszczak, J. (2012). Passive smoking as an environmental health risk factor. *Annals of Agricultural and Environmental Medicine*, 19(3), 547-550.
- [24] Silva, D. R., Viana, V. P., Müller, A. M., Livi, F. P., & Dalcin, P. D. T. R. (2014). Respiratory viral infections and effects of meteorological parameters and air pollution in adults with respiratory symptoms admitted to the emergency room. *Influenza and Other Respiratory Viruses*, 8(1), 42-52. doi: <https://doi.org/10.1111/irv.12158>.
- [25] Smith, K. R., Mehta, S., & Maeusezahl-Feuz, M. (2004). Indoor air pollution from household solid fuel use. In M. Ezzati, A. D. Lopez, A. Rodgers, & C. J. L. Murray (Eds.), *Comparative quantification of health risks: Global and regional burden of disease attributable to selected major risk factors* (pp. 1435-1493). Geneva: World Health Organization.
- [26] Soedomo, M. (2001). *Kumpulan karya ilmiah pencemaran udara*. Penerbit ITB.
- [27] Stanković, A., Nikolić, M., & Arandjelović, M. (2011). Effects of indoor air pollution on respiratory symptoms of non-smoking women in Niš, Serbia. *Multidisciplinary Respiratory Medicine*, 6(6), 351-355. doi: <https://doi.org/10.1186/2049-6958-6-6-351>.
- [28] Strauss, J., Witoelar, F., & Sikoki, B. The fifth wave of the Indonesia Family Life Survey: Overview and Field Report, Volume 1. *Working Paper WR-1143/1-NIA/NICHD*. RAND Labor & Population. Diakses 22 Mei 2018 dari [https://www.rand.org/content/dam/rand/pubs/working\\_papers/WR1100/WR1143z1/RAND-WR1143z1.pdf](https://www.rand.org/content/dam/rand/pubs/working_papers/WR1100/WR1143z1/RAND-WR1143z1.pdf).
- [29] Von Schirnding, Y., Bruce, N., Smith, K., Ballard-Tremeer, G., Ezzati, M., & Lvovsky, K. (2002). *Addressing the impact of household energy and indoor air pollution on the health of poor: Implications for policy action and interventional measures*. Geneva: World Health Organization. Diakses 22 Mei 2018 dari [https://www.who.int/mediacentre/events/H%26SD\\_Plaq.no9.pdf](https://www.who.int/mediacentre/events/H%26SD_Plaq.no9.pdf).
- [30] Wahyuddin, P. P., Susilawaty, A., Azriful, & Basri, S. (2016). Risiko paparan Sulfur Dioksida (SO<sub>2</sub>) pada masyarakat yang bermukim disekitar PT. PLN (Persero) Sektor Tello tahun 2014. *HIGIENE: Jurnal Kesehatan Lingkungan*, 2(1), 8-14.
- [31] WHO. (2006). *Air quality guidelines: global update 2005: particulate matter, ozone, nitrogen dioxide, and sulfur dioxide*. World Health Organization. Diakses 22 Mei 2018 dari <https://apps.who.int/iris/handle/10665/107823>.
- [32] Zannaria, N. D., Roosmini, D., & Santoso, M. (2009). Karakteristik kimia paparan partikulat terespirasi. *Jurnal Sains dan Teknologi Nuklir Indonesia*, 9(1), 37-50.