

POLUSI UDARA DALAM RUMAH SEKITAR JALAN RAYA: INTRUSI NO₂ DARI TRANSPORTASI DAN GANGGUAN PERNAPASAN PADA PENGHUNI RUMAH

Rizki Andre Handika¹⁾ dan Driejana²⁾

¹Badan Perencanaan Pembangunan Daerah Kota Sungai Penuh, Jambi

²Laboratorium Kualitas Udara Jurusan Teknik Lingkungan ITB

Email: rizkiandre01007@gmail.com

ABSTRAK

Urbanisasi telah menyebabkan meningkatnya jumlah kendaraan bermotor sehingga diperkirakan efek pencemaran udara meluas mempengaruhi kualitas udara dalam rumah. Iklim Indonesia yang tropis turut memperparah keadaan tersebut, khususnya rumah-rumah di sekitar jalan utama. Penelitian ini dilakukan untuk mengetahui hubungan transportasi di jalan raya terhadap paparan NO₂, sekaligus insidensi gangguan pernapasan pada 50 rumah sampel di Kawasan Karees, Bandung. Pengumpulan data menggunakan metode pengukuran NO₂ secara pasif dan wawancara. Diketahui dapur memiliki konsentrasi tertinggi dengan rerata 45,82 µg/m³ (27,57 – 103,46), kemudian ruang tamu 35,73 µg/m³ (21,03 – 70,36), ruang keluarga 34,00 µg/m³ (SD 7,092), serta kamar tidur yang rerata konsentrasinya 29,76 µg/m³ (SD 7,548). Adapun sumber paling utama penyebab terpaparnya NO₂ di ruang tamu berasal dari luar rumah (r = 0,559). Ruang keluarga bersumber dari beberapa ruangan (r = 0,647) dengan yang paling potensialnya ruang tamu. Sedangkan kamar tidur bersumber dari ruang keluarga (r = 0,700), kemudian dapur berasal dari aktivitas memasak yang berlangsung. Hubungan insidensi gangguan pernapasan terhadap NO₂ dalam rumah dilakukan melalui pendekatan yang menggunakan sudut pandang insidensi pada ibu/pembantu rumah. Hasil yang diperoleh adalah bahwa insidensi memiliki hubungan yang cukup kuat terhadap variabel asma (OR = 10,43) dan keberadaan di dalam rumah (OR = 6,32). Dengan ANOVA one ways diketahui, untuk ruang tamu dan ruang keluarga rumah penderita asma, konsentrasi NO₂ pada rumah penderita yang sering kambuh berpengaruh dibandingkan rumah yang jarang kambuh.

Kata Kunci: kendaraan bermotor, konsentrasi NO₂, sekitar jalan raya, intrusi ke dalam rumah.

ABSTRACT

Urbanization has induced amount of motor vehicle increase so that air pollution effect estimated spread to reacting indoor home air quality. Indonesian tropic climate condition take part to compound this situation, typically houses near the road. This research conducted to understand correlation of road transportation to NO₂ indoor exposure, at once incidence of respiratory symptom for fifty houses at Karees region, Bandung. Data collected by using NO₂ passive sampling and interview method. Discovered that kitchen have highest concentration with Average 45,82 µg/m³ (27,57 – 103,46), then sitting room 35,73 µg/m³ (21,03 – 70,36), family room 34,00 µg/m³ (SD 7,092), and bed room 29,76 µg/m³ (SD 7,548). As for the main source of NO₂ exposure at sitting room derived from outdoor (r = 0,559). Family room coming from several source (r = 0,647) with the very potential from sitting room. While bed room coming from family room (r = 0,700), then kitchen coming from individual cooking activity. Association of respiratory symptoms incidence toward indoor home NO₂ do by approach using viewpoint on housewife/housemaid. Result obtained that incidence have strong correlation with astmatic variable (OR = 10,43) and time in home (OR = 6,32). With ANOVA one ways known for sitting room and family room of astmatic houses, NO₂ concentration from astmatic houses that often relapse take effect compared than seldom relapse.

Key word : motor vehicle, NO₂ concentration, near road, home intrusion

PENDAHULUAN

Urbanisasi diyakini sebagai salah satu penyebab utama semakin besarnya tekanan terhadap perkotaan (Newman, 2006). Pada tahun 2007, menurut *United Nations*, setengah dari populasi manusia di dunia telah tinggal di perkotaan yaitu 3,3 milyar orang, sehingga nanti diperkirakan pada 2030 jumlahnya akan mencapai lebih dari 5 milyar (Bobylev, 2008; Hodson dkk, 2012). Proses urbanisasi pada saat ini berlangsung dengan sangat cepat di negara-negara sedang berkembang, dan mulai bergerak melambat di negara-negara maju (Banister, 2012). Dampak yang semakin membahayakan tersebut secara signifikan telah dirasakan, khususnya terhadap keselamatan dan kesehatan lingkungan perkotaan.

Dalam kaitan itu, kualitas udara sebagai salah satu instrumen kesehatan lingkungan kota akan sangat terpengaruh, khususnya akibat yang bersumber dari peningkatan aktivitas transportasi. Penggunaan kendaraan bertambah banyak yang disebabkan karena pola pergerakan masih bergantung pada kendaraan bermotor menyebabkan jalan raya menjadi lokasi pencemar udara terbesar pada saat ini. Hubungan polusi udara ambien dengan transportasi telah lebih dulu dikenal melalui beragam penelitian yang telah dilakukan. Akan tetapi efek meluas dari peristiwa tersebut, sehingga dapat mempengaruhi kualitas udara rumah tinggal (*indoor*) dan gangguan kesehatan penghuni yang bermukim di dekat jalan raya masih memerlukan penelitian-penelitian lanjutan.

Penelitian-penelitian berhubungan dengan polusi udara dalam rumah, sekaligus juga pengaruhnya terhadap kesehatan

pernapasan telah ada, baik di negara-negara maju maupun di negara-negara sedang berkembang. Penelitian yang dilakukan saat ini di negara maju telah lebih banyak memfokuskan terhadap pengaruh aktivitas pembakaran yang berlangsung di dalam rumah dalam bentuk aktivitas kompor, merokok dan pemanas ruangan, debu-debu maupun aktivitas seperti pembersih lantai dan pengharum ruangan (Autrup dkk, 2007; Belanger dkk, 2007; Garrett dkk, 1998; Gilliland, 2006). Sedangkan di negara-negara berkembang penelitian dilakukan untuk mengetahui hubungan pengaruh masuknya polutan-polutan udara dari luar ke dalam rumah (Chowgule dkk, 1998; Enkhjargal dkk, 2004). Hal tersebut erat kaitannya dengan faktor iklim dan tingkat pendapatan masyarakat, dimana rumah-rumah di negara-negara berkembang umumnya masih menggunakan sistem ventilasi alami (dibuka tiap harinya).

Beberapa penelitian menyebutkan bahwa dampak bahaya dari polusi udara dalam rumah telah berada pada tingkat yang harus diantisipasi (Garret dkk, 1998; Belanger dkk, 2005; Osman dkk, 2007). Hal ini dikarenakan keadaan bahaya paparan polusi udara di dalam rumah sering kali terjadi lebih tinggi dibandingkan di ruang terbuka (Fugas dan Koning, 1991; Gilliland, 2006; SCHER, 2007). Badan kesehatan dunia (WHO) pada tahun 2005 telah menyebutkan bahwa setiap dua puluh detik ada satu orang meninggal dunia dihubungkan dengan polusi udara di dalam rumah.

Salah satu polutan yang dihasilkan di dalam rumah dan sekaligus juga dapat berasal dari aktivitas transportasi adalah Nitrogen Oksida (NO_x). Polutan ini merupakan salah satu polutan utama dari

sektor transportasi yang sering ditemukan dalam kondisi melebihi ambang batas baku mutu (Drijeana dkk, 2006). Dari sejak 1970, NO_x memiliki kecenderungan terus mengalami peningkatan dibandingkan polutan utama lainnya yang justru telah mengalami penurunan (US.EPA, 1998). Dampak keberadaannya pun membahayakan terhadap kesehatan manusia dan lingkungan. Nitrogen oksida dalam bentuk NO₂ secara langsung terhadap manusia dapat memberi gangguan berupa sesak nafas, batuk-batuk, kelelahan, sakit kepala, mual dan muntah, kerusakan paru-paru, keracunan hingga menyebabkan kematian. Bahkan dalam level nilai yang rendah sekalipun kemungkinan gangguan dapat terjadi baik secara kronis maupun akut, terutama pada sub-grup populasi orang yang mengidap asma (Belanger dkk, 2005). Oleh karena itu NO_x digunakan dalam penelitian ini dalam melihat hubungan antara pengaruh aktivitas transportasi di jalan raya terhadap dampak meluas berupa intrusi polusi udara dari luar ke dalam rumah.

Efek negatif penurunan kualitas udara terhadap gangguan pernapasan penghuni rumah rentan terjadi karena sebagian besar manusia menghabiskan 80 – 90 % waktu hidupnya untuk berada di dalam rumah (Fugas dan Koning, 1991). Sumber polusi udara dalam rumah disebutkan oleh Weschler (2009) sebagian besar dipengaruhi kuat oleh polutan yang berasal dari luar, dan selanjutnya disebabkan dari sumber-sumber yang ada di dalam rumah atau dapat pula oleh kedua-duanya (dari luar maupun di dalam). Rumah-rumah berventilasi alami yang berkembang di Indonesia sebagai akibat kedudukannya di daerah beriklim tropis menyebabkan dampak intrusi polusi udara dari luar akan cukup memberi pengaruh, khususnya

permukiman di sekitar jalan utama. Berdasarkan penelitian sebelumnya terhadap NO₂ di rumah-rumah pinggir jalan wilayah Karees kota Bandung diketahui bahwa rasio konsentrasi antara *indoor/outdoor* (I/O) adalah 0,7 – 0,9, yang artinya kualitas udara dalam rumah dipengaruhi oleh keadaan di luar (Drijeana dkk, 2009).

Penelitian tentang kondisi polusi udara dalam rumah serta efeknya bagi gangguan pernapasan untuk Indonesia telah ada. Namun belum banyak dan masih berupa mengetahui efek yang muncul (Handajani, 2010) atau lebih umum lagi masih berupa suatu upaya penetapan kriteria rumah yang sehat (Supratini, 2006). Sedangkan kondisi paparan dan sumber polusi udara pada setiap ruangan dalam rumah masih belum dipahami. Oleh karena itu penelitian ini dilakukan untuk mengetahui sumber paparan NO₂ dalam rumah pada kasus Indonesia dengan rumah tinggal yang umumnya menggunakan ventilasi alami. Kemudian dilihat hubungan insidensi gangguan pernapasan yang terjadi pada penghuni dalam hal ini yang mengidap asma terhadap kondisi kualitas udara yang terjadi.

METODOLOGI PENELITIAN

Penelitian ini berlokasi di wilayah Karees, Kota Bandung, yaitu rumah tinggal seputar wilayah jalan Gatot Subroto, jalan Kiara Condong, Jalan Terusan Jakarta, Jalan Sukabumi, Jalan Laswi dan sebagian Jalan Ahmad Yani. Pemilihan kawasan tersebut karena merupakan salah satu kawasan macet yang di sekitar jalan utamanya berkembang permukiman-permukiman penduduk.

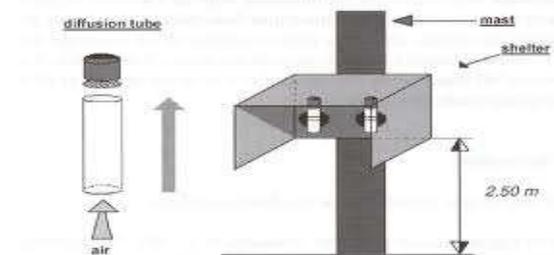
Penelitian ini menggunakan 50 rumah yang dibagi berdasarkan tiga posisi dari jalan utama sebagai berikut.

1. Rumah pinggir jalan utama: 16 rumah,
2. Rumah dekat jalan utama: 16 rumah,
3. Rumah jauh jalan utama: 18 rumah.

Rumah sampel tersebut terdiri dari 37 rumah dengan penghuninya ada menderita asma dan 13 rumah kontrol yang tidak ada penderita asma didalamnya. Data 37 rumah yang penghuninya menderita asma didapatkan melalui laporan kunjungan pasien asma yang datang berobat ke Puskesmas Ibrahim Adjie (Kiara Condong) dari tahun 2008 s/d 2009.

Pengambilan data di lapangan dilakukan dengan metode wawancara dan survey kuesioner. Draft wawancara dan kuesioner tersebut disusun dengan melakukan modifikasi terhadap beberapa kuesioner yang dikembangkan sebelumnya, antara lain berasal dari *American Thoracic Society* dan *British Medical Research Council questionnaire*.

Pengambilan sampel NO_2 dilakukan dengan menggunakan metode *passive sampling*, yaitu berupa alat *tube diffusion sampler* keluaran Gradko Internasional yang diletakkan di ruang tamu, ruang keluarga, dapur dan sebagian ruang kamar.



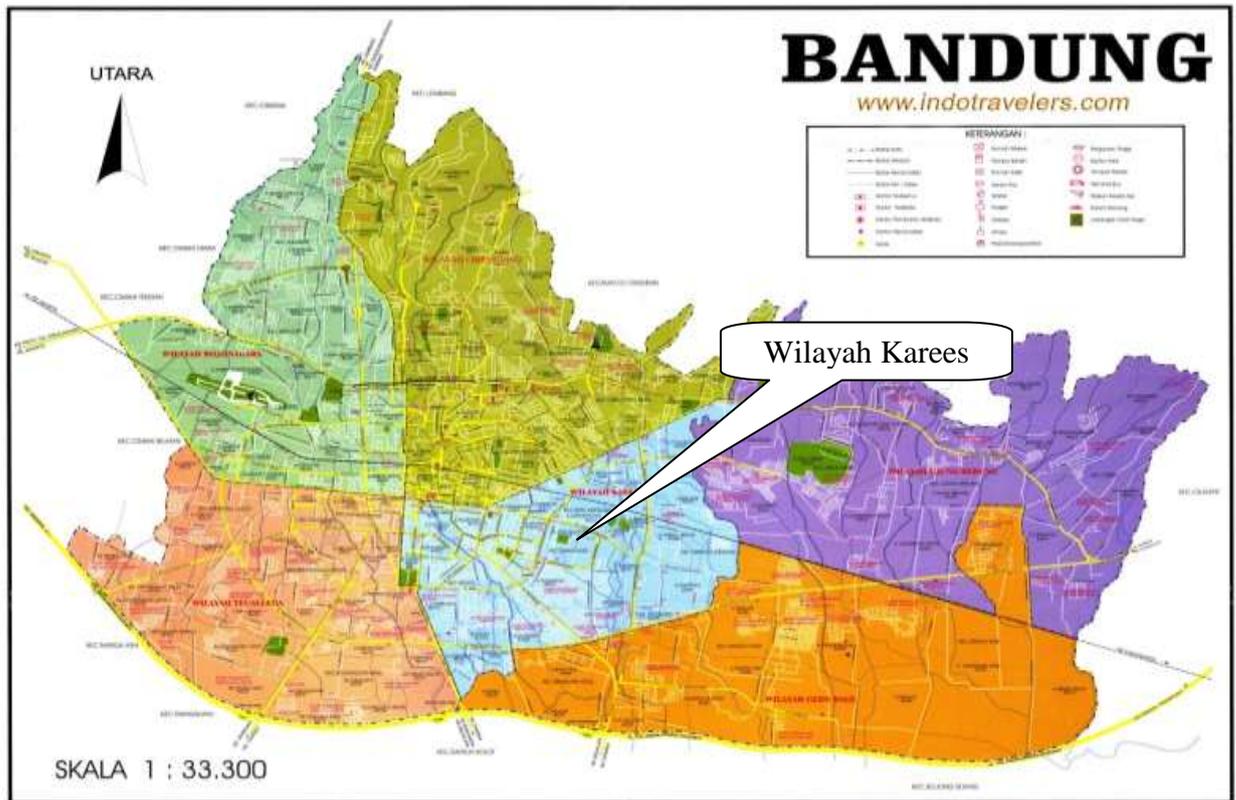
Gambar 3. *Passive Diffusion Tube Sampler*
Selama tujuh (7) hari *passive sampler* diletakkan di ruang-ruang dalam rumah sampel. Kemudian *sampler* tersebut

dibawa ke laboratorium untuk dilakukan analisis. Metode Griess Saltzman digunakan dalam rangka menganalisis besaran konsentrasi yang tertangkap. Metode ini menghasilkan larutan berwarna merah muda sampai dengan ungu tua yang sesuai dengan tingkat konsentrasi NO_2 yang tertangkap pada *passive sampler*. Perbedaan warna tersebut kemudian diperiksa menggunakan alat spektrofotometer secara duplo pada panjang gelombang 540 nm (Lodge, 1989 dalam Yudison, 2010). Analisis spektrofotometri dilakukan dengan membandingkan antara sampel dan blanko melalui interpolasi absorbansi pada *sampler* terhadap kurva kalibrasi, sehingga didapatkan nilai Q. Selanjutnya dapat diketahui konsentrasi NO_2 menggunakan rumus sebagai berikut.

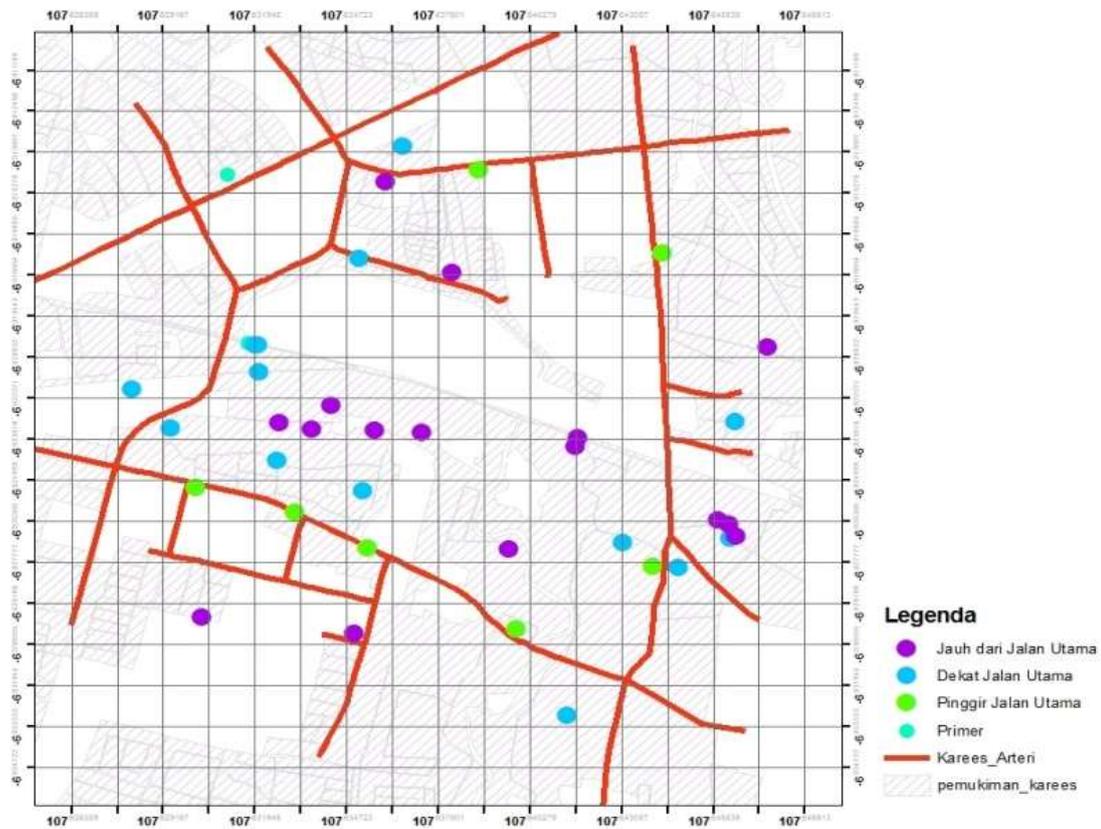
$$C = \frac{Q \times d}{A \times t \times D}$$

Dimana,
 C = konsentrasi terukur *passive sampler* ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)
 Q = kuantitas *absorbs* dalam *sampler* ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)
 d = panjang *tube* (m)
 t = lama paparan (jam)
 A = luas penampang *tube* (m^2)
 D = koefisien difusi (m^2/s)

Dari hasil yang didapatkan melalui kuesioner, wawancara serta nilai konsentrasi NO_2 masing-masing ruang dalam tiap rumah sampel maka kemudian penelitian ini akan menjawab tentang sumber potensial paparan polutan tersebut di dalam rumah dan hubungannya dengan insidensi gangguan pernapasan terhadap penghuni.



Gambar 1. Wilayah Karees, Kota Bandung



Gambar 2. Penetapan 50 Rumah Sampel Berdasarkan Pembagian Kelas Posisi Rumah

Analisis dilakukan secara statistik, yaitu mulai dari penggunaan statistik deskriptif hingga analisis multivariat menggunakan bantuan perangkat lunak SPSS.

Sumber potensial NO₂ dalam rumah dianalisis menggunakan analisis multivariat berupa uji regresi linier. Logika persamaan regresi adalah variabel bebas yang digunakan bukanlah satu-satunya variabel yang bisa memprediksi variabel terikat sehingga persamaannya secara matematis dapat digambarkan sebagai berikut.

$$y = \beta_0 + \beta_1\alpha_1 + \beta_2\alpha_2 + \dots + \text{residu}$$

dimana:

$\beta_0 = \text{intersep/konstanta}$

$\beta_i = \text{slope untuk tiap variabel}$

Selain itu untuk menambah kedalaman analisis sumber potensial ini digunakan uji-uji statistik bivariat seperti *student t test* dan penggunaan uji kategorik. Analisis ini dilakukan dengan memadukan data hasil wawancara dan kuesioner dengan data konsentrasi NO₂ di tiap ruangan yang dihasilkan.

Sedangkan hubungan paparan NO₂ dalam rumah dengan gangguan pernapasan dilakukan melalui beberapa tahap pendekatan. Studi hubungan ini dilakukan pada kelompok ibu rumah tangga (IRT) dengan asumsi bahwa mereka paling banyak dan paling lama berada di rumah. Studi pendahuluan dilakukan untuk mengetahui hubungan insidensi gangguan pernapasan kelompok IRT dengan lama keberadaan dalam rumah. Studi tersebut dikontrol oleh beberapa variabel lain, diantaranya status asmatik, tingkat sosial, ekonomi dan usia. Analisis dilakukan melalui ukuran kekuatan hubungan, dimana menurut Dahlan (2008) akan memudahkan dalam pemahaman kepada analisis multivariat. Ukuran kekuatan hubungan tersebut dapat dilihat melalui nilai *odd ratio* (OR), risiko relatif (RR) dan

koefisien korelasi. Dalam penelitian ini digunakan nilai OR karena pendekatan yang diterapkan adalah desain kasus kontrol. Pada akhirnya hubungan paparan NO₂ dalam rumah dengan insidensi gangguan pernapasan dapat diketahui dengan menggunakan analisis bivariat melalui uji *one way ANOVA*. Hal tersebut dilakukan setelah terlebih dahulu mengetahui ada indikasi bahwa “keberadaan di dalam rumah” punya peranan yang cukup besar terhadap gangguan pernapasan yang terjadi melalui nilai OR yang dihasilkan.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Beberapa gambaran awal dilakukan menggunakan analisis statistik deskriptif terhadap data-data yang didapatkan melalui kuesioner dan wawancara. Analisis deskriptif awal tersebut membantu nantinya dalam melakukan analisis terhadap sumber potensial di dalam rumah dan pengaruh polusi udara tersebut terhadap insidensi gangguan pernapasan.

Dari penelitian ini keseluruhan rumah sampel menggunakan ventilasi alami yang setiap harinya dibuka sehingga polutan dari aktivitas transportasi terindikasi masuk ke dalam rumah. Dari pengukuran dan analisis laboratorium didapatkan variasi konsentrasi NO₂ di ruang tamu, ruang keluarga dan dapur. Rata-rata konsentrasi NO₂ terbesar adalah di dapur yaitu 45,82 µg/m³ sedangkan rata-rata ruang tamu 35,73 µg/m³ dan ruang keluarga secara rata-rata hampir sama yaitu 34,00 µg/m³.

Variasi Spasial [NO₂] Dalam Rumah

Analisis variasi spasial dimaksudkan untuk mengetahui sebaran dan gambaran paparan NO₂ yang terjadi di tiap-tiap ruangan sebagai studi pendahuluan untuk menganalisis sumber potensial NO₂ pada tiap ruangan. Variasi spasial mikro NO₂ di tiap ruang dilakukan dengan analisis *post-*

hoc dengan *confidence interval* sebesar 95 % seperti ditunjukkan oleh Tabel 3

Tabel 3. Analisis dan Hasil Uji *Post-Hoc*

<i>Hubungan Antar Ruang</i>	<i>Sig</i>	<i>Simpulan</i>
Ruang tamu >> ruang keluarga	0,564	Tidak beda
Ruang tamu >> dapur	0,000	Ada beda
Ruang tamu >> kamar	0,000	Ada beda
Ruang keluarga >> dapur	0,000	Ada beda
Ruang keluarga >> kamar	0,000	Ada beda
Dapur >> kamar	0,000	Ada beda

Dari tabel di atas dapat disimpulkan bahwa terjadi perbedaan konsentrasi di tiap-tiap ruang, kecuali pada ruang tamu dengan ruang keluarga. Tidak terjadinya perbedaan konsentrasi antara ruang tamu dan ruang keluarga mengindikasikan bahwa sumber paparan NO₂ dari kedua ruangan tersebut bisa jadi berasal dari sumber yang hampir sama.

Variasi spasial mikro yang lain dapat dibuat berdasarkan posisi rumah ke jalan. Hal tersebut untuk mengetahui pengaruh jarak dari jalan raya terhadap besar paparan yang terjadi ke rumah. Analisis dilakukan dengan ANOVA *one way* dengan hasil sebagai berikut.

Tabel 4. Hasil Uji ANOVA *One Way*

<i>No.</i>	<i>Jenis Ruang</i>	<i>Sig. Var</i>	<i>Sig. Anova</i>
1	Ruang tamu	0,147	0,001
2	Ruang keluarga	0,079	0,000
3	Kamar tidur	0,322	0,000
4	Dapur	0,299	0,190

Dari analisis di tabel 4 dapat disimpulkan:

- Sig.varians > 0,05, maka syarat “varians sama” untuk kelompok data tersebut telah terpenuhi.
- Sig.anova < 0,05 artinya terdapat perbedaan bermakna menurut perbedaan posisi rumah ke jalan, sehingga selain dapur dapat disimpulkan ada pengaruh perbedaan posisi rumah dari jalan raya terhadap besar paparan ke rumah.

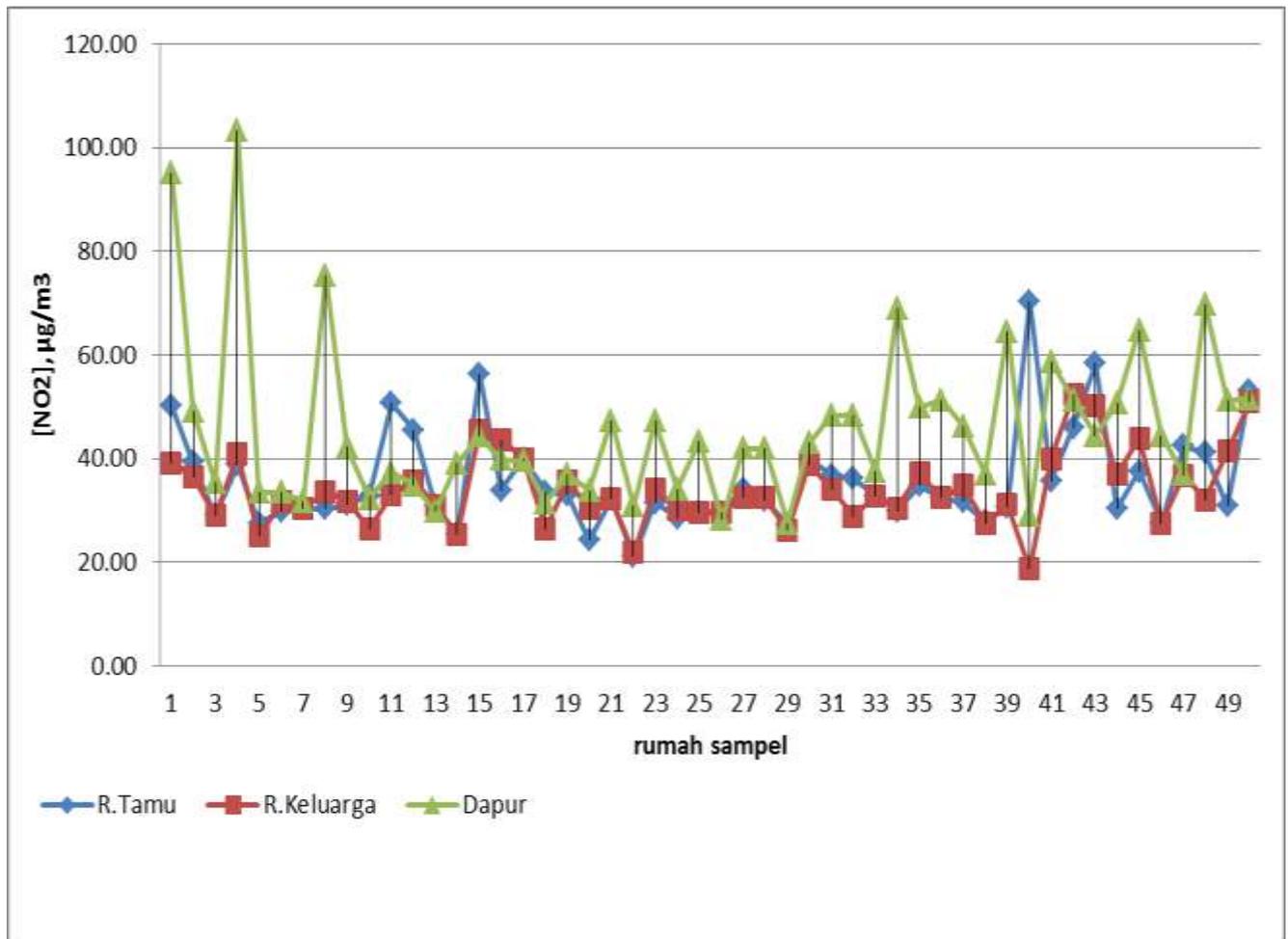
Sumber Potensial NO₂ Dalam Rumah

Paparan NO₂ dalam rumah dapat bersumber dari aktivitas di luar rumah maupun dari dalam rumah. Sumber paparan di dalam rumah berasal dari aktivitas memasak di dapur dan merokok. Sedangkan dari luar selain transportasi juga disebabkan oleh memanaskan kendaraan dan membakar sampah.

Analisis sumber potensial penyebab paparan NO₂ di tiap ruangan dalam rumah dilakukan melalui analisis linier berganda. Dalam analisis ini, kamar pun ikut disertakan karena dipandang sebagai salah satu ruang yang paling lama digunakan oleh penghuni. Namun sebelum analisis dilakukan harus diketahui dahulu bahwa syarat analisis regresi linier berganda terpenuhi. Pemenuhan syarat regresi linier berganda untuk tiap ruang seperti yang dimaksud ditunjukkan oleh tabel 5, 6, dan 7

Tabel 5. Syarat Regresi Linier R. Tamu

<i>Komponen</i>	<i>Syarat</i>	<i>Hasil Pengujian</i>
Variabel independen dan dependen	Hub. Variabel independen dan dependen harus linier	<i>Scatter</i> berada di sekitar garis diagonal
Residu	Residu mempunyai distribusi yang normal	Histogram terdistribusi normal
Residu	Residu mempunyai rerata 0	Mean = 0
Residu-variabel independen	Residu tidak mempunyai korelasi kuat dengan variabel independen	Nilai DW = 2,204
Residu-variabel independen	Varian dari residu konstan	Varian konstan <i>scatter</i> tidak mempunyai pola tertentu
Variabel independen	Tidak ada korelasi kuat antara variabel independen	Nilai <i>tollerance</i> = 1



Gambar 3. Konsentrasi NO₂ Tiap Ruang Yang Diukur Pada 50 Rumah Sampel

Tabel 6. Syarat Regresi Linier R. Keluarga

Komponen	Syarat	Hasil Pengujian
Variabel independen dan dependen	Hub. Variabel independen dan dependen harus linier	Scatter berada di sekitar garis diagonal
Residu	Residu mempunyai distribusi yang normal	Histogram terdistribusi normal
Residu	Residu mempunyai rerata 0	Mean = 0
Residu-variabel independen	Residu tidak mempunyai korelasi kuat dengan variabel independen	Nilai DW = 1,518
Residu-variabel independen	Varian dari residu konstan	Varian konstan scatter tidak mempunyai pola tertentu
Variabel independen	Tidak ada korelasi kuat antara variabel independen	Nilai <i>tollerance</i> = 0,941

Tabel 7. Syarat Analisis Regresi Linier Kamar

Komponen	Syarat	Hasil Pengujian
Variabel independen dan dependen	Hub. Variabel independen dan dependen harus linier	Scatter berada di sekitar garis diagonal
Residu	Residu mempunyai distribusi yang normal	Histogram terdistribusi normal
Residu	Residu mempunyai rerata 0	Mean = 0
Residu-variabel independen	Residu tidak mempunyai korelasi kuat dengan variabel independen	Nilai DW = 2,507
Residu-variabel independen	Varian dari residu konstan	Varian konstan scatter tidak mempunyai pola tertentu
Variabel independen	Tidak ada korelasi kuat antara variabel independen	Nilai <i>tollerance</i> = 1

Dari terpenuhinya syarat regresi linier di atas maka langkah berikutnya dapat

dilanjutkan dengan melakukan uji statistik regresi linier berganda untuk memperoleh hubungan antara sumber-sumber paparan NO₂ di ruang-ruang dalam rumah sebagai berikut.

Tabel 8. Analisis Hubungan Sumber NO₂

<i>Jenis Ruang</i>	<i>Koef. Korelasi</i>	<i>Koef. Determinasi</i>
R. Tamu VS <i>outdoor</i>	0,559	0,313
R. Keluarga VS R. Tamu+dapur	0,647	0,419
Kamar tidur VS R. Keluarga	0,700	0,490

Dari tabel tersebut dapat diperkirakan kekuatan hubungan dari sumber-sumber tiap ruang yang dianalisis sebagai berikut.

Analisis Sumber Potensial Ruang Tamu

Pada ruang tamu didapatkan nilai koefisien korelasi sebesar 0,559 (korelasi kuat). Menurut Colton korelasi kuat dengan $r = 0,51 - 0,75$ (Dahlan, 2008). Kemudian koefisien determinasi (r^2) adalah 0,313, yang artinya konsentrasi NO₂ di ruang tamu dapat dijelaskan oleh variabel konsentrasi NO₂ dari *outdoor* sebesar 31,3 %, sedangkan sisanya dijelaskan oleh variabel lain.

Oleh karena itu didapat persamaan regresi dari hasil analisis ini yaitu :

$$[NO_2]_{r. tamu} = 0,088 + 0,496([NO_2]_{outdoor})$$

Karena variabel yang mempengaruhi diketahui hanya berasal dari sumber *outdoor* saja maka sumber potensial di ruang tamu diketahui berasal dari luar rumah yaitu transportasi.

Analisis Sumber Potensial Ruang Keluarga

Pada ruang keluarga didapatkan nilai koefisien korelasi sebesar 0,647 (korelasi kuat). Kemudian koefisien determinasi (r^2) adalah 0,419, yang artinya konsentrasi

NO₂ di ruang keluarga dapat dijelaskan oleh variabel konsentrasi NO₂ dari ruang tamu dan dapur sebesar 41,9 %, sedangkan sisanya dijelaskan oleh variabel lain. Sama dengan analisis sebelumnya di ruang tamu, dengan demikian didapat persamaan regresi dari analisis ini sebagai berikut.

$$[NO_2]_{r. keluarga} = 0,446(NO_2_{r. tamu}) + 0,374(NO_2_{dapur})$$

Sumber potensial ruang keluarga dapat diketahui dengan melihat nilai yang paling besar dari *koefisien beta*. Dengan diketahui bahwa nilai beta paling besar adalah variabel NO₂ ruang tamu yaitu 0,446, maka disimpulkan bahwa sumber potensial di ruang keluarga berasal dari NO₂ di ruang tamu.

Analisis Sumber Potensial Kamar

Pada kamar tidur didapatkan nilai koefisien korelasi sebesar 0,700 (korelasi kuat). Kemudian koefisien determinasi (r^2) adalah 0,490, yang artinya konsentrasi NO₂ di kamar tidur dapat dijelaskan oleh variabel konsentrasi NO₂ dari ruang keluarga sebesar 49 %, sedangkan sisanya dijelaskan oleh variabel lain. Adapun persamaan regresi linier berganda yang didapat adalah sebagai berikut.

$$[NO_2]_{kamar} = 6,854 + 0,677(NO_2_{r. keluarga})$$

Dengan demikian dapat diestimasi bahwa sumber potensial paparan NO₂ di kamar berasal dari pengaruh NO₂ dari ruang keluarga.

Analisis Sumber Potensial Dapur

Paparan NO₂ di dapur karena sumber utamanya berasal dari aktivitas pembakaran memasak yang berlangsung, maka diperlukan analisis khusus untuk mengetahui besar kecilnya paparan NO₂ di dapur. Oleh karena itu dilakukan *independent sample t test* untuk

mengetahui pengaruh lama memasak setiap harinya (indikatornya lebih dari 3 jam) terhadap paparan NO₂ di dapur sebagai berikut.

Tabel 9. Analisis Sumber Potensial Dapur

	<i>Sig.Uji var</i>	<i>Sig.(2-tailed)t-test</i>
Lama memasak dengan NO ₂ dapur	0,573	0,028

Dengan melihat nilai signifikansi *t-test for equality of means* ($p < 0,05$) maka dapat disimpulkan bahwa lamanya waktu memasak memberi arti terhadap konsentrasi NO₂ yang ada di dapur.

Hubungan Gangguan Pernapasan Pada Penghuni dengan Keberadaan NO₂ Dalam Rumah

Dalam penelitian ini kelompok orang (penghuni) yang menjadi objek studi adalah IRT. Alasan pemilihan ini **dengan asumsi bahwa kelompok IRT paling banyak dan paling lama berada di rumah**. Adapun variabel-variabel yang digunakan dan hasil analisis kekuatan hubungannya menggunakan metode OR ditunjukkan oleh Tabel 10.

Kemudian berdasarkan rumus $OR/(1 + OR)$ dapat diestimasi probabilitas insidensi gangguan pernapasan yang akan muncul pada beberapa variabel dalam tabel di atas yang menegaskan pengaruh gangguan pernapasan pada kelompok IRT adalah sebagai berikut.

- Probabilitas seseorang yang memiliki asma : $10,43/(1 + 10,43) = 91\%$.
- Probabilitas seseorang yang keberadaan di dalam rumah lebih dari 15 jam : $6,32/(1 + 6,32) = 86\%$.

Dengan hasil ini dapat ditegaskan hubungan gangguan pernapasan oleh paparan NO₂ dalam rumah terhadap kelompok IRT sesuai untuk diterapkan dalam penelitian ini.

Tabel 10. Analisis dan Hasil

	Ada	Tak	P	OR	IK 95%	
					min	maks
Kepadatan rumah	21	16	0,021	2,69	1,15	6,31
Padat	19	39				
Tidak padat			0,000	10,43	3,16	34,40
Status Asmatik	18	4				
Ada	22	51				
Tidak ada			0,004	3,62	1,46	8,96
Tingkat usia	19	11				
>50 thn	21	44				
<50 thn			0,041	2,50	1,03	6,09
Sosial-Ekonomi	30	30				
Men. Bawah	10	25				
Men. Atas			0,000	6,32	2,29	17,47
Lama di rumah	34	26				
>15 jam	6	29				
<15 jam						

Kemudian berdasarkan rumus $OR/(1 + OR)$ dapat diestimasi probabilitas insidensi gangguan pernapasan yang akan muncul pada beberapa variabel dalam tabel di atas yang menegaskan pengaruh gangguan pernapasan pada kelompok IRT adalah sebagai berikut.

- Probabilitas seseorang yang memiliki asma : $10,43/(1 + 10,43) = 91\%$.
- Probabilitas seseorang yang keberadaan di dalam rumah lebih dari 15 jam : $6,32/(1 + 6,32) = 86\%$.

Dengan hasil ini dapat ditegaskan hubungan gangguan pernapasan oleh paparan NO₂ dalam rumah terhadap kelompok IRT sesuai untuk diterapkan dalam penelitian ini.

Analisis untuk mengetahui hubungan insidensi gangguan pernapasan dengan paparan NO₂ dalam rumah dilakukan melalui analisis regresi logistik. Terlebih dahulu dilakukan seleksi variabel-variabel yang dapat diikutkan, yaitu yang nilai $p < 0,25$ pada analisis bivariat sebelumnya, sehingga seluruh variabel tadi dapat diikutkan. Selanjutnya dibuat pengkodean (*coding*) untuk memudahkan mengetahui “apa mempengaruhi apa” dalam analisis nantinya yang dibuat sebagai berikut.

Tabel 11. Pengkodean Dalam Persamaan Log

	<i>Frekuensi</i>	<i>Coding</i>
Sos-Ekon		
Men. Bawah	60	1.000
Men. Atas	35	.000
Tingkat usia		
>50 thn	30	1.000
<50 thn	65	.000
Lama di rumah		
>15 jam	60	1.000
< 15 jam	35	.000
Status asma		
Asmatik	22	1.000
Non-asmatik	73	.000

Perilaku dalam analisis ini dapat dicontohkan, misal variabel lama berada di dalam rumah. Kelompok variabel yang sedang dianalisis adalah sub-variabel lebih dari 15 jam, maka kelompok data kurang dari 15 jam merupakan pembanding.

Analisis regresi logistik dilakukan dengan metode *backward:LR*, dimana diketahui bahwa variabel yang berpengaruh terhadap gangguan pernapasan dengan kekuatan hubungan dari yang terbesar hingga yang terkecil secara berurutan adalah status asma (OR=7,479), keberadaan di dalam rumah (OR= 3,281), tingkat usia (OR=2,956) dan sosial-ekonomi (OR= 2,563). Dari hasil di atas didapatkan persamaan sebagai berikut.

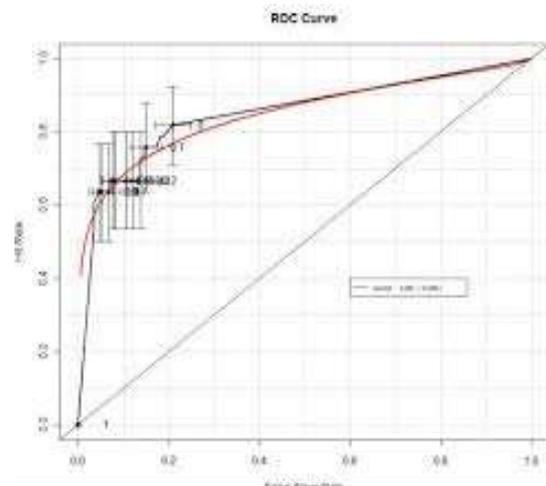
$$Y = -2,534 + 1,188 (\text{lama di rumah}) + 2,012 (\text{status asma}) + 1,084 (\text{usia}) + 0,941 (\text{sosial-ekonomi})$$

Dari persamaan tersebut dapat diestimasi kemungkinan insidensi pernapasan dapat terjadi dilihat dari variabel-variabel yang telah dianalisis ini. Selain itu dengan variabel lamanya berada di dalam rumah merupakan yang kedua nilai OR-nya terbesar menandakan bahwa setelah faktor asma/tidak, seseorang itu memiliki kemungkinan mengalami gangguan

pernapasan akibat keberadaan yang lama di dalam rumah.

Namun kualitas persamaan yang dihasilkan di atas perlu diuji baik dari segi diskriminasi maupun kalibrasi yang dilakukan dengan :

- Menilai parameter kalibrasi dari tabel *Hosmer* dan *Lameshow test*
 Dengan nilai signifikansi (p) 0,435 dapat disimpulkan bahwa persamaan yang diperoleh mempunyai kalibrasi yang baik.
- Parameter diskriminasi dengan kurva ROC



Gambar 4. Kurva ROC

Nilai diskriminasi diketahui dengan melihat nilai *area under curve* (AUC), yaitu sebesar 81,9 %. Dengan demikian nilai kepuasan dapat ditentukan secara statistik bahwa dengan skala 80 – 90 % interpretasi kepuasannya kuat.

Pada akhirnya untuk melihat hubungan konsentrasi NO₂ dalam rumah dengan insidensi gangguan asma dilakukan analisis uji ANOVA *one ways* dengan menghubungkan variabel konsentrasi NO₂ dari tiap ruang dalam rumah dengan variabel insidensi gejala gangguan asma berupa sering/jarang pada penghuni yang menderita asma. Hal ini didasari bahwa

analisis sebelumnya pada tabel 10 menunjukkan bahwa variabel asma memiliki tingkat kekuatan paling besar dalam hubungannya terhadap gangguan pernapasan.

Tabel 12. Hubungan NO₂ Dengan Gejala Asma

<i>Hubungan</i>	<i>Sig Varians</i>	<i>Sig Anova</i>
[NO ₂] r. tamu dengan gejala asma	0,931	0,014
[NO ₂] r. keluarga dengan gejala asma	0,936	0,023
[NO ₂] dapur dengan gejala asma	0,157	0,679

Dari hasil analisis ANOVA yang ditunjukkan dalam tabel artinya bahwa untuk ruang tamu dan ruang keluarga dengan nilai $p < 0,05$ (0,014 dan 0,023), dapat disimpulkan paparan NO₂ yang terjadi di ruang tamu dan ruang keluarga memiliki pengaruh terhadap insidensi gangguan asma, sedangkan dapur tidak demikian halnya ($p > 0,05$). Dengan demikian paparan NO₂ di ruang tamu dan ruang keluarga membuktikan bahwa intrusi dari transportasi memberikan pengaruh yang signifikan terhadap insidensi gangguan asma terhadap para penghuni tempat tinggal di sekitar jalan raya.

SIMPULAN

Dari penelitian yang telah dilakukan ini dapat disimpulkan bahwa sumber transportasi yang berintrusi masuk diperkirakan berpengaruh pada keberadaan [NO₂] di dalam rumah yang ditandai dengan adanya perbedaan konsentrasi NO₂ berdasarkan jarak rumah ke jalan raya. Selanjutnya berdasarkan analisis regresi linier berganda dapat diketahui bahwa konsentrasi NO₂ di ruang tamu paling potensial ditentukan oleh sumber dari luar, sedangkan NO₂ di ruang keluarga dari ruang tamu dan NO₂ di dapur berasal dari aktivitas memasak didalamnya. Hal tersebut menandakan bahwa pengaruh

intrusi polutan dari luar lebih potensial dibandingkan pengaruh dari sumber-sumber pembakaran yang ada di dalam rumah

Insidensi gangguan pernapasan yang timbul pada penghuni dilihat terlebih dulu dari variabel yang menyebabkan terjadinya gangguan tersebut. Keberadaan yang lebih lama di dalam rumah menempati urutan kedua setelah setelah keberadaan asmatik yang menyebabkan seringnya terjadi gangguan pernapasan. Dengan dibuktikannya hal ini maka indikasi gangguan pernapasan dalam rumah dari faktor intrusi udara dapat dilakukan. Indikasi tersebut dibuktikan dengan gangguan pernapasan berhubungan secara statistik dengan konsentrasi NO₂ non dapur. Yaitu konsentrasi NO₂ di ruang tamu dan ruang keluarga antara penderita asma yang gejalanya sering muncul dengan yang jarang muncul terdapat perbedaan bermakna

DAFTAR PUSTAKA

- Astrup, H., Calow, P., Dekant, W., Greim, Hanke, W., Janssen, C., Jansson, B., Komulainen, H., Ladefoged, O., Linders, J., Mangelsdorf, I., Nuti, M., Sokal, J., Steenhout, A., Tarazona, J., Testai, E., Vighi, M., Viluksela, M. (2007): Opinion on risk assessment on indoor air quality, *European Commission, Brussels*.
- Banister, D. (2012): Assessing the reality-Transport and land use planning to achieve sustainability, *The Journal of Transport and Land Use* Vol. 5 No. 3 (2013) pp. 1 – 14.
- Belanger, K., Gent, J.F., Triche, E.W., Bracken, M.B., Leaderer, B.P. (2007): Association of Indoor Nitrogen Dioxide Exposure with Respiratory Symptoms in Children

- with Asthma, *Yale University School of Medicine*, Connecticut.
- Bobylev, N. 2008. Urbanization and Environmental Security - Infrastructure Development, Environmental Indicators, and Sustainability. *Environmental Change and Human Security*, 203–216.
- Chowgule, R.V., Shetye, V.M., Parmar, J.R., Bhosale, A.M., Khandagale, M.R., Phalnitkar, S.V., Gupta, P.C. (1998): Prevalence of Respiratory Symptoms, Bronchial Hyperractivity, and Asthma in a Megacity: Results of The European Community Respiratory Health Survey in Mumbai (Bombay), *Department of Chest Medicine, Bombay Hospital Institute of Medical Sciences and Tata Institute of Fundamental Research*, India.
- Dahlan, S. (2008): Statistik untuk kedokteran dan kesehatan, Salemba Medika, Jakarta.
- Driejana, Rahman, H., Sukowati, A., Dillon, M.S., Octaviani, M. (2006): The Advantages of road-side air pollution data for identifying priority in traffic management and urban hotspot monitoring, *the proceedings of better air quality conference*, Yogyakarta.
- Driejana, Putri, A.R., Watson, A.F.R. (2009): Influence of traffic-related emissions on indoor air quality in residential building adjacent to roads, *air and waste management research group faculty of civil and environmental engineering ITB*, Bandung.
- Enkhjargal, G., Enkh TUYA, P., Suvd, N., Sod-Erdene, N., Baigal, O., Jargalsaikhan, N., Soyolgerel, G., Randy, V.S. (2004): Health Risk Assessment of indoor air quality at Ulan Bataar (Mongolia) 2003-2004, WHO, Mongolia.
- Fugas, M. And Koning, H.W.D. (1991): Comparative analysis of indoor and outdoor TSP concentrations in Bombay, Toronto and Zagreb, *John Willey and Sons*, Singapore.
- Garrett, M.H., Hooper, M.A., Hooper, B.M., Abramson, M.J. (1998): Respiratory symptoms in children and indoor exposure to NO₂ and gas stoves, *Monash University*, Australia.
- Gilliland, F.D., Islam, T., Berhane, K., Gouderman, W.J., McConnell, R., Avol, E., Peters, J.M. (2006): Regular Smoking and Asthma incidence in adolescents, *Keck School of Medicine*, California.
- Handayani, Y.S. (2010): Hubungan Kualitas Udara Dalam Rumah Dengan Gangguan Saluran Pernapasan Pada Anak Balita Di Pemukiman Kumuh Kelurahan Kalianyar, Jakarta Barat. Tesis. Universitas Indonesia, Jakarta.
- Hodson, M., Marvin, S., Robinson, B., Swilling, M. 2012. Reshaping Urban Infrastructure - Material Flow Analysis and Transitions Analysis in an Urban Context. *Journal of Industrial Ecology*. Vol 16, no 6.
- Newman, P. 2006. The Environmental Impact of Cities. *Environment and Urbanization*. Vol 18: 275.
- Osman, L.M., Douglas, J.G., Garden, C., Reglitz, K., Lyon, J., Gordon, S., Ayres, J.G. (2007): Indoor air quality in homes of patients with chronic obstructive pulmonary disease, *University of Aberdeen*, Scotland.
- Supratini (2006): Gambaran Rumah Sehat di Indonesia. Universitas Atmajaya, Jakarta.
- Venables, K.M, Farrer, N, Sharp, L, Graneek, B.J, Taylor, A.J.N. (1993): Respiratory Symptoms Questionnaire for Asthma Epidemiology: Validity and Reproducibility. National Heart and Lung Institute, London.

Weschler, C.J. (2009): Changes in Indoor pollutants since the 1950s, *Technical University of Denmark*, Copenhagen.

Yudison, A.P. (2010): Pengaruh Emisi Jalan Raya Terhadap Konsentrasi NO₂ Di Dalam Rumah Tinggal Di Sekitarnya. Tesis. Institut Teknologi bandung, Bandung.