

# **ADAPTASI MASYARAKAT PERKOTAAN TERHADAP PERUBAHAN KUALITAS UDARA**



# ADAPTASI MASYARAKAT PERKOTAAN TERHADAP PERUBAHAN KUALITAS UDARA

Editor :  
Rusli Cahyadi



LIPI



# ADAPTASI MASYARAKAT PERKOTAAN TERHADAP PERUBAHAN KUALITAS UDARA

030614

@PINTAL 2014

Buku Ini diterbitkan atas kerjasama PINTAL dan LIPI Adaptasi Masyarakat Perkotaan Terhadap Kualitas Udara / Rusli Cahyadi, dkk. Jakarta, Pusat Penelitian Kependudukan – Lembaga Ilmu Pengetahuan Indonesia. 2014.

PINTAL (Anggota IKAPI No. 030703)  
Jl.Kaliurang Km 5, Gang Pocung No. 3, Sleman Yogyakarta,  
55281, Indonesia. Telepon (0274) 7101997.

Email : [bukupintal@gmail.com](mailto:bukupintal@gmail.com).  
Facebook : Buku Pintal

|             |    |    |    |    |    |
|-------------|----|----|----|----|----|
| Cetakan ke- | 5  | 4  | 3  | 2  | 1  |
| Tahun       | 18 | 17 | 16 | 15 | 14 |

Penanggung jawab : Kepala Pusat Penelitian Kependudukan - LIPI

Penulis : Gusti Ayu Ketut Surtiari, Rusida Yuliyanti, Laksmi Rachmawati, Toni Soetopo, Fadjri Alihar

Editor : Rusli Cahyadi

Tata Letak : G. Neno Pratikasari

Desain Cover : RCX

**ISBN 978-602-7797-36-9**

Hak cipta dilindungi undang-undang. Dilarang memperbanyak karya tulis ini dengan cara apapun, termasuk fotokopi, tanpa izin tertulis dari penerbit.

Dicetak oleh Percetakan Kanisius (anggota IKAPI) Yogyakarta.

## KATA PENGANTAR

Buku yang berjudul “Adaptasi Masyarakat Perkotaan Terhadap Perubahan Kualitas Udara” disusun dari hasil kajian peneliti studi perkotaan, Bidang Ekologi Manusia, Pusat Penelitian Kependudukan, LIPI pada tahun 2012 di Kota Semarang dan Kota Bandung. Kajian ini terkait dengan tema besar kajian Perubahan Iklim dan Keamanan Insani dan Pengelolaan Sumber daya Alam dan Lingkungan.

Salah satu permasalahan utama yang dihadapi masyarakat perkotaan adalah terkait dengan kualitas udara termasuk peningkatan suhu yang terus terjadi. Hal ini diakibatkan karena pembangunan fisik terus dilakukan sehingga lahan hijau semakin berkurang. Demikian juga dengan tingkat polusi akibat aktifitas manusia terus meningkat seperti penggunaan energi berbahan bakar fosil seperti penggunaan BBM untuk kendaraan. Sehingga suhu di wilayah pusat kota menjadi lebih tinggi dibandingkan dengan sekitarnya. Fenomena ini dikenal dengan *urban heat island* atau pulau panas kota. Panas di wilayah perkotaan kemudian menjadi semakin parah karena adanya pengaruh pemanasan global yang menyebabkan terjadinya perubahan iklim. Variabilitas suhu yang ekstrim semakin menambah panas yang terjebak di lahan terbangun.

Kota Semarang dan Bandung merupakan dua kota yang telah dikaji memiliki kecenderungan peningkatan suhu dan fenomena UHI yang signifikan. Akibat perubahan kualitas udara ini, masyarakat berupaya untuk meminimalisir dampak yang ditimbulkan dengan melakukan adaptasi. Adaptasi yang dilakukan bervariasi antar kedua kota tersebut. Kedua lokasi kajian

ini memiliki karakteristik geografis yang berbeda yaitu Kota Semarang merupakan kota di kawasan pesisir dan Kota Bandung adalah kota di kawasan cekungan di dataran tinggi. Kedua kondisi yang berbeda ini dimaksudkan untuk memperoleh hasil kajian yang lebih komprehensif. Dan ternyata hasil kajian menunjukkan adanya kecenderungan pola adaptasi yang berbeda.

Terselesainya buku ini, tidak terlepas dari bantuan berbagai pihak terkait seperti instansi pemerintah maupun swasta serta masyarakat di daerah kajian yang telah memberikan ijin kajian, serta dengan senang hati memberikan data dan informasi yang dibutuhkan. Untuk itu kami mengucapkan terima kasih. Selain ucapan terima kasih kami juga layangkan kepada para peneliti dan staff pendukung serta teknis yang telah bekerja keras, dari perencanaan kajian hingga selesainya penulisan buku ini.

Buku ini masih terdapat kekurangan dan ketidaksempurnaan, baik dari segi substansi maupun dari sisi format meski para penulis dan teknis telah berusaha secara maksimal. Untuk itu kami penulis mengharap saran-saran yang membangun guna penyempurnaan buku ini.

Jakarta, Juni 2014

Penulis

# DAFTAR ISI

|  |      |
|--|------|
| KATA PENGANTAR.....  | v    |
| DAFTAR ISI .....   | vii  |
| DAFTAR TABEL.....  | xi   |
| DAFTAR GRAFIK.....   | xiii |
| DAFTAR DIAGRAM.....  | xv   |
| DAFTAR GAMBAR .....  | xvi  |
| 1 PENDUDUK PERKOTAAN DAN ADAPTASI<br>PERUBAHAN IKLIM : DALAM KONTEKS<br>PERUBAHAN KUALITAS UDARA<br>( <i>Oleh: Gusti Ayu Ketut Surtiari</i> )..... | 1    |
| 1. Pengantar.....  | 1    |
| 2. Perubahan Kualitas Udara: Peningkatan Suhu<br>di Semarang dan Bandung.....  | 3    |
| 3. Penduduk Beradaptasi Untuk Mengurangi Dampak  | 7    |
| 4. Diskusi.....  | 12   |
| 5. Penutup.....  | 16   |
| 6. Daftar Pustaka.....   | 17   |

|    |  |    |
|----|--|----|
| 2  | <i>URBAN HEAT ISLAND: PENYEBAB DAN DAMPAKNYA DI KOTA SEMARANG DAN BANDUNG (Oleh: Toni Soetopo)</i> ..... | 23 |
| 1. | Pengantar.....   | 23 |
| 2. | Penduduk dan Urbanisasi.....   | 25 |
| 3. | Perubahan Penggunaan Lahan.....  | 29 |
| 4. | Perkembangan Transportasi.....   | 40 |
| 5. | Kondisi Industri.....  | 48 |
| 6. | Kondisi Geografis.....   | 49 |
| 7. | Dampak Buruknya Kualitas Udara terhadap Kesehatan.....   | 52 |
| 8. | Penutup.....   | 54 |
| 9. | Daftar Pustaka.....  | 57 |
| 3  | <i>PERSEPSI MASYARAKAT TERHADAP PERUBAHAN SUHU (Oleh: Fadri Alihar)</i> .....                            | 61 |
| 1. | Pengantar.....   | 61 |
| 2. | Perubahan Suhu dan UHI.....  | 64 |
| 3. | Suhu dan Kenyamanan.....   | 67 |
| 4. | Persepsi Masyarakat di Kota Semarang dan Kota Bandung.....   | 69 |
| 5. | Dampak Perubahan Suhu.....   | 82 |

|  |     |
|--|-----|
| 6. Penutup.....  | 85  |
| 7. Daftar Pustaka.....   | 87  |
| <br>   |     |
| 4 RESPON MASYARAKAT TERHADAP PERUBAHAN<br>KUALITAS UDARA : KONSUMSI ENERGI DAN<br>PERILAKU DI TINGKAT RUMAH TANGGA<br>( <i>Oleh: Rusida Yuliyanti</i> )..... | 89  |
| 1. Pengantar.....  | 89  |
| 2. Konsumsi Listrik di Kota Semarang<br>dan Bandung.....   | 93  |
| 3. Konsumsi Listrik di Tingkat Rumah Tangga.....   | 97  |
| 4. Penghasilan Rumah Tangga dan<br>Penggunaan Listrik.....   | 102 |
| 5. Respons Rumah Tangga Terhadap<br>Kenaikan Suhu Udara.....   | 108 |
| 6. Penutup.....  | 117 |
| 7. Daftar Pustaka.....   | 118 |
| <br>   |     |
| 5 DARI ADAPTASI MENUJU MITIGASI:<br><i>GREEN BUILDING</i> ( <i>Oleh: Laksmi Rachmawati</i> ).....  | 121 |
| 1. Pengantar.....  | 121 |
| 2. Adaptasi dan Mitigasi Mengurangi<br>Dampak Pemanasan Perkotaan.....   | 124 |

|                                    |     |
|------------------------------------|-----|
| 3. Bangunan Ramah Lingkungan ..... | 127 |
| 4. Penutup.....                    | 136 |
| 5. Daftar Pustaka.....             | 137 |

## DAFTAR TABEL

|   |     |
|---|-----|
| Tabel 2.1 Jumlah Kendaraan di Kota Semarang Tahun 2000-2006.....  | 43  |
| Tabel 3.1 Karakteristik Kota, Peningkatan Suhu, dan UHI   | 66  |
| Tabel 3.2 Jenis Tutupan Lahan di Kota Bandung Tahun 2003 dan 2008.....  | 73  |
| Tabel 4.1 Persentase Jumlah Pelanggan Listrik dan Energi Terjual di Kota Semarang dan Bandung Tahun 2010.....       | 93  |
| Tabel 4.2 Persentase Rumah Tangga Menurut Besaran Daya Listrik.....   | 98  |
| Tabel 4.3 Persentase Rumah Tangga Menurut Besar Daya Listrik Awal dan Setelah Dinaikkan .....                       | 99  |
| Tabel 4.4 Persentase Banyaknya Rumah Tangga Menurut Kepemilikan Peralatan Listrik di Kota Semarang dan Bandung..... | 105 |
| Tabel 4.5 Persentase Banyaknya Rumah Tangga Menurut Pengeluaran Listrik Terhadap Total Pengeluaran.....             | 107 |
| Tabel 4.6 Cara Rumah Tangga Meningkatkan/Memperbaiki Sirkulasi Udara .....  | 109 |

|   |     |
|---|-----|
| Tabel 4.7 Cara Rumah Tangga Hidup Hemat Energi.....   | 113 |
| Tabel 4.8 Perilaku Rumah Tangga di Kota Semarang dan Bandung untuk Hemat Energi terkait dengan Suhu dan Kualitas Udara..... | 115 |
| Tabel 4.9 Cara Rumah Tangga di Kota Semarang untuk Memperbaiki Sirkulasi Udara .....  | 116 |
| Tabel 5.1 Penyebab Pemanasan di Daerah Perkotaan dan Beberapa Contoh Strategi Mitigasi .....                                | 127 |
| Tabel 5.2 Respons/Adaptasi yang Dilakuan oleh Rumah Tangga di Lokasi Penelitian .....                                       | 131 |

## DAFTAR GRAFIK

|  |    |
|--|----|
| Grafik 2.1 Pertambahan Jumlah Penduduk Kota Bandung Tahun 2003-2010.....   | 25 |
| Grafik 2.2 Kepadatan Penduduk Kota Bandung Tahun 2003-2010.....  | 26 |
| Grafik 2.3 Pertambahan Jumlah Penduduk Kota Semarang Tahun 2004-2010.....  | 28 |
| Grafik 2.4 Perubahan Luasan Lahan Sawah di Kota Semarang.....  | 33 |
| Grafik 2.5 Perubahan Luasan Lahan Sawah di Kota Bandung.....   | 36 |
| Grafik 2.6 Suhu Udara Berdasarkan Jarak dari Pusat Vegetasi di Kota Semarang.....                                  | 37 |
| Grafik 2.7 Peningkatan Jumlah Kendaraan.....   | 41 |
| Grafik 2.8 Konsumsi BBM Berdasarkan Sektor Tahun 2000-2008.....  | 45 |
| Grafik 2.9 Rata-rata Bulanan Konsentrasi Partikel Terlarut di Udara Kota Semarang dan Bandung Tahun 2008-2009..... | 47 |

|  |     |
|--|-----|
| Grafik 2.10 Boxplot Suhu Udara Berdasarkan<br>Penggunaan Lahan di Kota Semarang<br>Tahun 2002.....       | 50  |
| Grafik 3.1 Suhu Rata-Rata di Kota Semarang<br>Tahun 2002-2010.....                                       | 69  |
| Grafik 3.2 Suhu Rata-Rata di Kota Bandung<br>Tahun 2002-2010.....  | 70  |
| Grafik 4.1 Rata-Rata Konsumsi Listrik Tiap Pelanggan<br>di Kota Semarang dan Bandung<br>(dalam KWh)..... | 95  |
| Grafik 4.2 Rata-Rata si Listrik Tiap Pelanggan<br>di Kota Semarang dan Bandung<br>(dalam Rupiah).....    | 97  |
| Grafik 4.3 Rata-rata Pengeluaran untuk Konsumsi<br>Listrik Rumah Tangga per Bulan (rupiah).....          | 101 |

# DAFTAR DIAGRAM

|  |     |
|--|-----|
| Diagram 1.1 Dampak Urban Heat Island.....  | 10  |
| Diagram 1.2 Gambaran Mitigasi dan<br>Adaptasi yang Ideal .....   | 11  |
| Diagram 3.1 Persentase Responden Yang Menyatakan<br>Bahwa Telah Terjadi Perubahan<br>Kualitas Udara .....                                    | 79  |
| Diagram 4.1 Persentase Rumah Tangga Menurut<br>Kelompok Pendapatan<br>per Kapita per Bulan.....  | 103 |
| Diagram 5.1 Persentase Kecukupan Sirkulasi Udara<br>pada Rumah Tangga<br>di Lokasi Penelitian (n=200).....                                   | 129 |
| Diagram 5.2 Persentase Rumah Tangga di<br>Lokasi Penelitian yang Melakukan Renovasi<br>Rumah untuk Perbaikan Sirkulasi Udara<br>(n=200)..... | 132 |
| Diagram 5.3 Persentase Kecukupan Pencahayaan<br>pada Rumah Tangga<br>di Lokasi Penelitian (n=200).....                                       | 133 |
| Diagram 5.4 Persentase Keberadaan Lampu yang<br>Menyala Sepanjang Hari (n=200) .....   | 134 |
| Diagram 5.5 Pengolahan Sampah di Tiap Rumah Tangga<br>(n=200).....   | 136 |

## DAFTAR GAMBAR

|  |    |
|--|----|
| Gambar 1.1 Peningkatan Sebaran Suhu Udara<br>di Semarang Tahun 1994-2002 ..... | 6  |
| Gambar 1.2 Peningkatan Sebaran Suhu Udara<br>di Bandung Tahun 1994-2002.....   | 6  |
| Gambar 2.1 Peta Kepadatan Bangunan<br>di Kecamatan Kiara Condong.....          | 27 |
| Gambar 2.2 Peta Kepadatan Bangunan<br>di Kecamatan Coblong .....               | 27 |
| Gambar 2.3 Peta Tutupan Lahan Kota Semarang.....                               | 34 |
| Gambar 2.4 Peta Tutupan Lahan Kota Bandung .....                               | 36 |
| Gambar 2.5 Peta Rencana Program Jalan Tol<br>Kota Bandung.....                 | 42 |
| Gambar 2.6 Peta Sebaran Indeks Kenyamanan<br>Kota Semarang.....                | 51 |

# 1

## **PENDUDUK PERKOTAAN DAN ADAPTASI PERUBAHAN IKLIM : DALAM KONTEKS PERUBAHAN KUALITAS UDARA**

*Oleh: Gusti Ayu Ketut Surtiari*

### **1. Pengantar**

Jumlah penduduk kota terus meningkat karena daya tarik kota sebagai pusat pertumbuhan ekonomi. Jumlah penduduk yang terus meningkat belum dapat diimbangi oleh penyediaan fasilitas publik diantaranya perumahan dan transportasi. Akibatnya, muncul kawasan permukiman kumuh karena ketersediaan rumah tidak memadai untuk kelompok penduduk yang berpenghasilan rendah. Kepadatan lalu lintas juga menjadi masalah utama karena belum adanya dukungan sarana transportasi public yang memadai. Sebagian besar penduduk masih menggunakan sarana transportasi pribadi. Hal ini menyebabkan penggunaan kendaraan bermotor semakin meningkat sehingga penggunaan energi berbahan bakar minyak juga meningkat. Pada sisi lain, pertumbuhan kota akan terus terjadi sebagaimana fakta saat ini, yaitu kota dengan penduduk lebih dari 10 juta pun sudah bertambah dengan cepat (Sorensen dan Okata, 2011). Jumlah penduduk yang besar di kota besar akan semakin menambah penggunaan energi.

Energi yang digunakan untuk transportasi memberikan sumbangan yang besar terhadap peningkatan polusi di udara (Thambiran dan Roseanne, 2011). Hal ini kemudian memperparah polusi yang sudah terjadi akibat dari kegiatan industri. Penggunaan

alat-alat elektronik rumah tangga juga berpeluang menyumbangkan emisi ke udara. Banyaknya sumbangan emisi ke udara akibat transportasi, industri, dan konsumsi rumah tangga menyebabkan menurunnya kualitas udara (Harlan dan Ruddell, 2011).

Dalam konteks perubahan iklim, aktifitas manusia yang menggunakan energi bersumber dari bahan bakar fosil telah terbukti menyebabkan meningkatnya kadar emisi Ggas rumah kaca (GRK) di udara (Hayes et al, 2012; UN-HABITAT 2008). Sebelumnya, dalam laporan IPCC (2007) disebutkan bahwa aktivitas manusia juga ditekankan sebagai bagian dari penyebab terjadinya perubahan iklim. Sementara itu, perubahan iklim yang menyebabkan peningkatan suhu telah menyebabkan kualitas udara semakin memburuk.

Ada hubungan saling mempengaruhi antara perubahan iklim dan perubahan kualitas udara, khususnya di wilayah kota. Alapaty et al. (2012) juga menjelaskan bahwa kandungan polutan di udara dapat memberikan efek peningkatan suhu udara. Sebaliknya, perubahan suhu di udara akibat dari peningkatan suhu global akan memengaruhi reaksi kimia polutan. Polutan yang bereaksi dan terurai menjadi zat yang berbahaya dan dapat memengaruhi kesehatan penduduk. Penduduk di perkotaan berisiko terkena dampak akibat perubahan kualitas udara, di antaranya berkurangnya kenyamanan dan timbulnya gangguan pernafasan.

Untuk mengatasi dampak tersebut, masyarakat perkotaan tentunya harus beradaptasi. Adaptasi masyarakat perkotaan sangat penting dibahas karena masih terbatasnya penelitian tentang adaptasi di perkotaan (Birkman, 2011). Selama ini, studi dan kajian adaptasi perubahan iklim lebih banyak dikaitkan pada konteks pedesaan karena dianggap wilayah pedesaan merupakan tempat

bermukim bagi penduduk yang memiliki keterkaitan langsung dengan alam, seperti petani dan nelayan. Dampak yang mereka alami langsung memengaruhi keberlanjutan ekonomi rumah tangganya.

Tulisan ini membahas pentingnya penduduk kota untuk melakukan tindakan adaptasi terhadap perubahan yang terjadi untuk mengurangi dampak negatif dari perubahan kualitas udara yang diperparah oleh dampak perubahan iklim. Adaptasi yang tidak tepat dapat menyebabkan dampak negatif pada masa mendatang. Pembahasan berdasar kajian literatur dan hasil-hasil penelitian yang relevan. Lokasi kajian adalah Semarang dan Bandung. Pertimbangannya adalah kedua kota tersebut mewakili karakteristik geografi yang berbeda. Semarang adalah kota pesisir dan Bandung adalah kota yang termasuk di wilayah cekungan. Dengan memahami dua karakteristik geografi yang berbeda, diharapkan dapat diperoleh gambaran adaptasi yang lebih komprehensif.

## **2. Perubahan Kualitas Udara: Peningkatan Suhu di Semarang dan Bandung**

Kualitas udara di perkotaan seringkali identik dengan tingginya tingkat polusi dan suhu udara lebih panas dibanding di wilayah luar kota. Polusi disebabkan oleh aktivitas industri, transportasi dan rumah tangga. Sementara itu, suhu yang lebih panas dikenal dengan istilah *Urban Heat Island* (UHI). UHI adalah kondisi lebih tingginya suhu udara di pusat kota dibanding di sekitarnya. Hal ini disebabkan jumlah bangunan tinggi dan beton telah menyerap panas di siang hari dan tertahan lebih lama. Pada proses pelepasan panas kembali ke udara, bangunan beton

mebutuhkan waktu lebih lama dibanding tanaman sehingga pada malam hari udara di pusat kota lebih tinggi.

Keadaan tersebut semakin diperparah oleh adanya dampak perubahan iklim yang ditandai dengan meningkatnya suhu global. Suhu global ini memengaruhi kondisi suhu di tingkat lokal. Perubahan suhu di tingkat lokal selanjutnya akan memengaruhi kualitas udara di daerah tersebut. Perubahan suhu khususnya meningkatnya suhu menjadi lebih tinggi mengakibatkan zat polutan yang ada di udara mengalami hambatan dalam reaksinya sehingga kualitas udara semakin memburuk.

Meningkatnya kandungan emisi karbon di udara telah mengakibatkan suhu meningkat hingga  $0,74^{\circ}\text{C}$  dalam kurun waktu seratus tahun terakhir (1906-2005) (IPCC, 2007). Kenaikan suhu tersebut ditandai juga dengan pencairan es di kutub. Untuk wilayah Indonesia kenaikan suhu juga sudah mulai terlihat. Hulme dan Sheard (1999) menyebutkan bahwa sejak tahun 1900 rata-rata suhu sudah meningkat sebesar  $0,3^{\circ}\text{C}$  per tahun. Selanjutnya, disebutkan juga bahwa periode tahun 1990an tepatnya pada tahun 1998, merupakan periode terpanas dan hampir mencapai  $1^{\circ}\text{C}$  lebih tinggi dibanding periode tahun 1960 - 1990.

Pengukuran suhu juga dilakukan oleh BMKG. Hasilnya memperlihatkan adanya kenaikan suhu udara di berbagai tempat di Indonesia walaupun masih terdapat beragam tingkat kepercayaan. Menurut hasil penghitungan dan analisis BMKG dengan menggunakan data pada tahun 1983 - 2003, ternyata terjadi kenaikan suhu sebesar  $0,036^{\circ}\text{C} - 1,383^{\circ}\text{C}$  (*Kompas*, 31 Maret 2009). Lebih lanjut disebutkan bahwa khusus untuk kota-kota di Indonesia, kenaikan suhunya mencapai  $1^{\circ}\text{C}$  dalam 10 tahun.

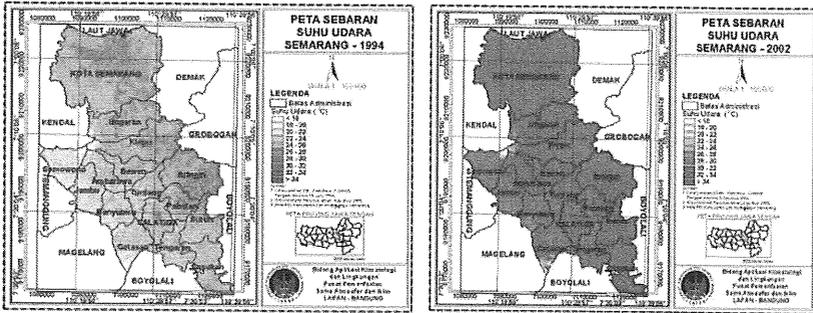
Berdasar kondisi tersebut, wilayah perkotaan merupakan wilayah yang rentan terhadap perubahan suhu ini. Suhu yang tinggi dan kandungan polutan yang banyak, membahayakan kehidupan manusia, seperti pada kesehatan masyarakatnya. Patz dan Kovats (2002) menyatakan bahwa kota merupakan titik pusat terjadinya dampak perubahan iklim, khususnya dikaitkan dengan kesehatan.

Dampak perubahan iklim menjadikan kondisi udara lebih buruk dari keadaan yang semestinya. Panas yang dihasilkan oleh kota ditambah dengan panas yang masuk ke bumi membuat kualitas udara semakin menurun. Pada kondisi tertentu, polutan di udara membutuhkan suhu yang sesuai dan perputaran angin yang lancar. Polutan dapat terjebak lebih lama di udara lokal dan membahayakan penduduk kota. Sebaliknya, polutan yang sudah terjebak itu pun dapat berisiko terurai menjadi materi yang lebih membahayakan penduduk kota dan sekitarnya. Di pusat kota polutan pun lebih banyak di banding wilayah pinggiran.

Kota Semarang dan Bandung merupakan dua kota di antara beberapa kota besar di Indonesia yang mengalami kenaikan suhu yang cukup tinggi sejak tahun 1990 an yang dapat dilihat dari meningkatnya luasan kawasan UHI. Dalam studi yang dilakukan oleh Tursilowati (2007), Semarang merupakan kota yang memiliki pertambahan luasan UHI sebesar rata-rata 8,4 persen per tahun dan Bandung mengalami pertambahan sebanyak 4,47 persen dalam kurun waktu 1994 - 2002. Suhu yang tinggi menyebar dengan cepat ke seluruh kota karena wilayah terbangun di perkotaan juga terus menyebar di seluruh bagian wilayah perkotaan.

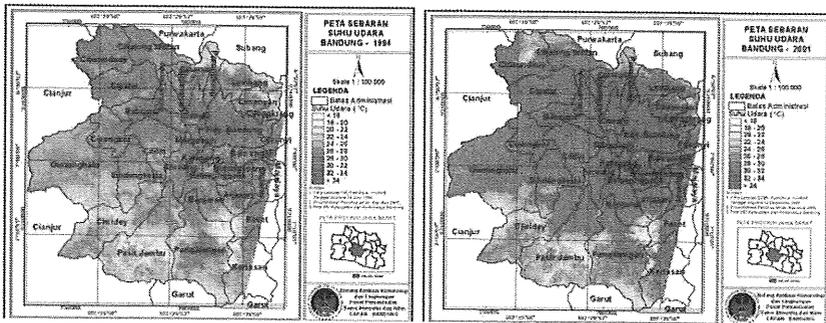
Suhu udara lebih besar dari 34°C pada tahun 1994 di kota Semarang hanya ditemui pada beberapa titik. Namun pada tahun 2002, sudah hampir menutupi seluruh Kota Semarang dan

bahkan Semarang secara umum (termasuk Kabupaten Semarang). Sementara itu, Peningkatan suhu di beberapa daerah di kawasan kota Bandung juga terjadi dengan pesat.



Sumber: Tursilowati, 2007

**Gambar 1.1** Peningkatan Sebaran Suhu Udara di Semarang Tahun 1994 - 2002



Sumber: Tursilowati, 2007

**Gambar 1.2** Peningkatan Sebaran Suhu Udara di Bandung Tahun 1994 - 2002

Dalam konteks perubahan iklim, fenomena UHI semakin meningkat karena panas yang diserap oleh kawasan terbangun di perkotaan menjadi lebih banyak. Kandungan polutan udara akhirnya

meningkat dan memperburuk kualitas udara perkotaan. Pada sisi lain, fenomena UHI juga berkontribusi terhadap peningkatan suhu permukaan global yang dapat memicu terjadinya perubahan iklim.

### 3. Penduduk Beradaptasi Untuk Mengurangi Dampak

Adaptasi menurut Smit et al. (dalam Smit & Wandel, 2006) adalah penyesuaian dalam sebuah karakteristik sistem tertentu yang dapat memperbesar kemampuan untuk mengatasi tekanan dari luar. Adaptasi juga merupakan tindakan untuk mengurangi kerentanan (Saterthwaite et al., 2009). Konsep adaptasi sangat terkait dengan kapasitas adaptasi, kerentanan, *resilience*, *exposure* dan *sensitivity*. Adaptasi merupakan manifestasi dari kapasitas adaptasi dan juga menggambarkan adanya pengurangan kerentanan (Smit & Wandel, 2006).

Perubahan kualitas udara yang telah terjadi dan terus akan terjadi sebagai hasil dari kombinasi antara penurunan kualitas lingkungan karena aktivitas manusia dan dampak perubahan iklim menyebabkan munculnya upaya tindakan untuk mengatasinya. Respons yang sudah dilakukan terus-menerus dalam jangka waktu yang lama dan melewati pilihan-pilihan tertentu dapat dikatakan sebagai tindakan adaptasi. Adaptasi ini dilakukan untuk mengurangi tingkat kerentanan akibat perubahan kualitas udara, khususnya peningkatan suhu udara.

Adaptasi yang dilakukan secara umum berdasar persepsi terhadap perubahan kualitas udara dan dampaknya bagi mereka. Hal lain yang akan memengaruhi keputusan melakukan adaptasi di antaranya ialah latar belakang sosial ekonomi, budaya dan demografinya. Keadaan saat ini yang dihadapi masyarakat kemudian berinteraksi dengan kondisi sosial ekonomi dan budaya

serta demografi selanjutnya membentuk persepsi tersebut (Weber, 2010). Lebih lanjut Weber (2010) menyebutkan bahwa persepsi lah yang akan mempengaruhi keputusan yang akan dibuat.

Adaptasi yang dilakukan dapat menimbulkan dua hal yang selanjutnya akan dapat memengaruhi kualitas udara itu sendiri. Tindakan adaptasi seperti meningkatnya penggunaan alat pendingin karena suhu semakin panas justru akan mengakibatkan meningkatnya konsumsi energi dan meningkatkan kandungan emisi di udara. Sebaliknya, jika adaptasi yang dilakukan dapat mengurangi penggunaan energi, maka adaptasi tersebut akan membantu memperlambat laju peningkatan emisi karbon di udara dan dapat mengurangi dampak perubahan iklim selanjutnya (*Organization for Economic and Co-operation and Development/ OECD*, 2010).

Sementara itu, adaptasi yang dapat membantu menetralisasi suhu lingkungan atau mengurangi UHI biasanya mengarah pada penyesuaian infrastruktur bangunan. Contohnya ialah menerapkan pembangunan yang berorientasi pada *green building* atau bangunan yang ramah lingkungan. Tindakan ini termasuk melakukan pemilahan sampah organik dan non-organik.

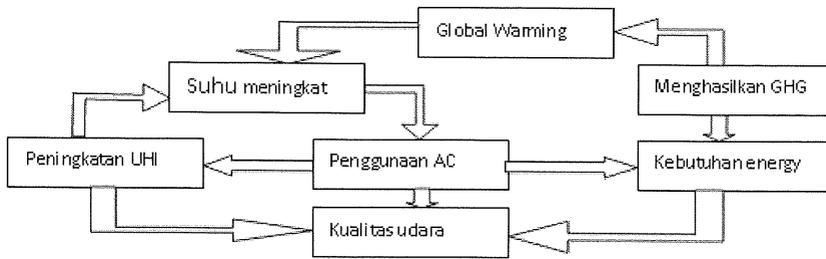
Dobie et al. (2007) menyebutkan bahwa adaptasi yang dilakukan oleh penduduk juga dapat berpotensi untuk mengurangi kerentanan pada masa mendatang. Penduduk pada umumnya berupaya untuk melakukan penyesuaian atau adaptasi sesuai dengan kapasitas yang dimiliki. Terkait dengan penyesuaian terhadap perubahan kualitas udara atau dalam istilah awamnya adalah udara menjadi bertambah panas, penduduk cenderung melakukan tindakan untuk mencapai keadaan yang lebih nyaman.

Adaptasi yang tepat adalah adaptasi yang mempertimbangkan tingkat kerentanan masyarakat setempat. Ada penelitian yang mengembangkan studi adaptasi yang berbasis komunitas dan budaya setempat (Ensor dan Berger, 2009). Hasilnya menunjukkan bahwa budaya memegang peranan yang sangat penting dalam proses adaptasi. Di dalam budaya terdapat modal, yaitu modal budaya, kreativitas dan pandangan hidup masyarakat. Penelitian tersebut menunjukkan bahwa betapa spesifiknya sebuah adaptasi.

Sifat adaptasi yang sangat spesifik dipengaruhi oleh kapasitas adaptasi yang juga sangat spesifik. Kapasitas adaptasi adalah kapasitas dari sistem, individu, atau kelompok untuk melakukan tindakan yang dapat mengurangi kerugian ataupun dapat dengan segera mengatasi dampak perubahan iklim (Satterhwaite, Huq & Reid, 2009).

Dampak perubahan iklim dalam konteks udara selama ini seringkali dikaitkan dengan tindakan mitigasi, yaitu kebijakan pengurangan emisi. Mitigasi dan adaptasi sama-sama bertujuan untuk mengurangi risiko dampak perubahan iklim. Namun, sebagian ahli menganggap perlunya pemisahan antara mitigasi atau adaptasi (Kirshen, Ruth, & Anderson, 2008). Mitigasi adalah tindakan yang meliputi penurunan emisi gas rumah kaca yang bertujuan untuk memperlambat laju perubahan iklim. Sementara itu, adaptasi merupakan tindakan untuk mengatasi kejadian ekstrim, seperti perubahan suhu yang semakin meningkat. Namun, pada akhirnya adaptasi juga dapat berdampak terhadap upaya mitigasi.

Saling keterkaitan antara adaptasi yang dilakukan terhadap perubahan kualitas udara dan dampak yang ditimbulkan digambarkan sebagai sebuah siklus (diagram 1.1).

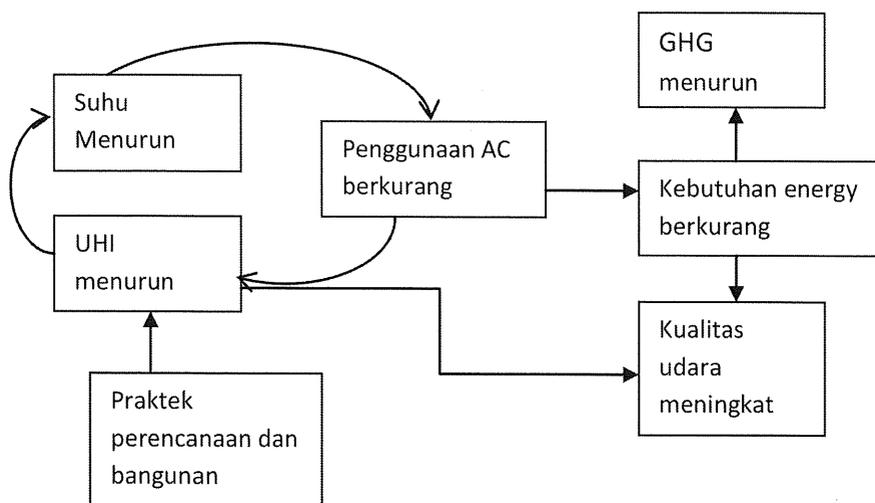


Sumber: OECD, 2008 dalam OECD, 2010  
**Diagram 1.1 Dampak Urban Heat Island**

Pemanasan global merupakan akibat dari peningkatan konsentrasi gas rumah kaca di udara. Jika ditelusuri ke belakang, maka peningkatan emisi tersebut merupakan akibat dari berbagai aktivitas manusia yang dominan dalam penggunaan energi. Konsentrasi gas rumah kaca diyakini meningkat berlipat ganda ketika terjadi revolusi industri di negara-negara eropa seratus tahun yang lalu. Saat ini juga terus meningkat karena sebagian besar belahan dunia sudah mulai didominasi oleh aktivitas perkotaan yang memanfaatkan teknologi dengan penggunaan energi yang cukup tinggi.

Pada sisi lain, suhu yang tinggi akan mendorong masyarakat untuk mengupayakan kondisi yang nyaman, di antaranya adalah menggunakan *Air conditioning* atau AC. *Air conditioning* di sebagian besar masyarakat perkotaan sudah bukan merupakan barang mewah yang sulit dijangkau. Kelompok masyarakat menengah, khususnya, sudah mulai mengupayakan penggunaan AC untuk membuat kondisi lingkungan rumah tinggalnya menjadi nyaman. Namun, AC inilah yang akan memicu terjadinya *Urban Heat Island* yang selanjutnya akan semakin meningkatkan suhu lokal dan juga menyebabkan kualitas udara semakin menurun.

Selain respons yang mengarah pada upaya mengurangi kerentanan melalui adaptasi, respons lain adalah tindakan mitigasi. Dalam mitigasi, lebih banyak mempertimbangkan keadaan pada masa mendatang melalui proyeksi perencanaan pembangunan. OECD (2008 dalam OECD, 2010) menyatakan bahwa dapat dilakukan sebuah tindakan yang akan mengubah siklus yang bersifat negatif seperti pada diagram 1.1 menjadi lebih positif baik melalui adaptasi maupun mitigasi (lihat diagram 1.2).



Sumber: OECD, 2008 dalam OECD, 2010

Diagram 1.2 Gambaran Mitigasi dan Adaptasi yang Ideal

Salah satu jenis adaptasi yang secara tidak langsung akan berdampak terhadap upaya mitigasi adalah penghematan energi. Jenis adaptasi tersebut adalah adaptasi yang bersifat antisipatif dan terencana (Laporan TERI, TT). Adaptasi langsung maupun tidak langsung dimaksudkan untuk mengurangi resiko yang kemungkinan akan dialami oleh masyarakat. Salah satu contoh dikemukakan oleh

Kirshen, Ruth, & Anderson (2008) yang menyebutkan bahwa pada musim panas kebutuhan akan energi menjadi meningkat hingga 20 persen, khususnya untuk penggunaan AC. Dapat dibayangkan bahwa emisi atau energi sisa yang dihasilkan juga akan meningkat.

#### 4. Diskusi

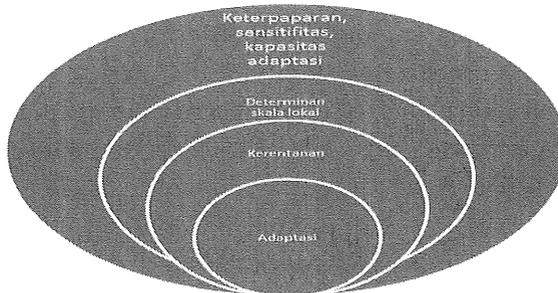
Untuk menghadapi perubahan iklim, masyarakat dan pemerintah mengupayakan tindakan penghematan energy, terutama pada penghematan penggunaan AC. Tindakan tersebut direalisasikan dalam menerapkan program pengembangan infrastruktur yang ramah lingkungan. Bangunan ramah lingkungan ini ditandai dengan jumlah ventilasi yang memadai agar sirkulasi udara menjadi sangat lancar sehingga udara di dalam ruangan menjadi. Dengan begitu, penggunaan AC diharapkan akan semakin berkurang. Bangunan ramah lingkungan juga ditandai dengan adanya tanaman di masing-masing bangunan rumah.

Pada tingkat lokal, khususnya pada rumah tangga, tindakan adaptasi yang mengarah pada perubahan struktur bangunan hanya bisa dilakukan untuk kelompok rumah tangga tertentu khususnya rumah tangga yang mampu. Sehingga pilihan-pilihan adaptasinya dapat dikatakan akan ditentukan oleh kondisi sosial ekonomi serta perilaku masyarakat (Mc Michael dalam Wolf, Lorenzoni, Few, dkk, 2009).

Kondisi sosial ekonomi serta budaya tersebut di masukkan ke dalam kategori kapasitas adaptasi dalam proses adaptasi. Kapasitas adaptasi adalah kapasitas dari sistem atau individu maupun kelompok untuk melakukan tindakan yang dapat mengurangi kerugian ataupun dapat dengan segera mengatasi dampak perubahan iklim (Satterhwaite, Huq dan Reid, 2009).

Kapasitas adaptasi yang sudah menginternalisasi ke dalam budaya keseharian masyarakat dalam bentuk persepsi terhadap kondisi sekitarnya inilah yang membantu pengambilan keputusan atas tindakan adaptasi yang akan dilakukan.

Pada tingkat masyarakat, kapasitas adaptasi dan tingkat kerentanan sangat menentukan jenis adaptasi yang akan dilakukan. Smit dan Wandel (2006) menekankan bahwa dalam menentukan adaptasi yang dilakukan, sangat penting untuk mengetahui dampak perubahan iklim. Dampak tersebut dapat diketahui dari tingkat kerentanan.



*Sumber: Disederhanakan dari Model Hirarki Jaringan oleh Smit dan Wandel, 2006*

Sementara itu, pentingnya adaptasi terhadap perubahan kondisi udara dikemukakan oleh Kovats dan Akhtar (2009). Suhu di perkotaan terus meningkat seiring dengan meningkatnya kegiatan industri dan semakin berkurangnya lahan terbuka hijau. Dampak yang paling nyata terlihat ialah ketidaknyamanan akibat meningkatnya suhu udara dan masalah kesehatan penduduk. Temperatur yang tinggi dapat juga menjadi bencana kesehatan. Kelompok penduduk kota yang rentan adalah penduduk dengan kondisi sosial ekonomi menengah ke bawah (Kovats dan Akhtar,

2009). Kelompok penduduk berpenghasilan rendah memiliki keterbatasan kapasitas untuk menyesuaikan perubahan yang terjadi. Kerentanan setiap kelompok masyarakat akan berbeda satu dengan yang lainnya karena adaptasi yang dilakukan sifatnya lokal spesifik.

Perbedaan strategi adaptasi di perkotaan antarnegara dituliskan oleh Rogema (2009) diantaranya adalah adaptasi di Belanda, Inggris, Spanyol, Denmark, dan Jepang. Salah satu bentuk pengembangan strategi adaptasi dilakukan oleh pemerintah Jepang dengan menyebut tindakan adaptasi sebagai suatu tindakan yang bijaksana atau disebut dengan *wise adaptation* (Roggema, 2009). Adaptasi ini dikatakan bijaksana karena mempertimbangkan aspek efektif dan efisien, khususnya dikaitkan dengan teknologi serta kebijakan pemerintah. Adaptasi ini juga menggunakan perspektif sosial ekonomi. Dalam perspektif ekonomi dimasukkan unsur upaya pengembangan kapasitas adaptasi sehingga dapat mengurangi kerentanan.

Selain pentingnya aspek perspektif sosial ekonomi, ada satu hal yang juga sangat penting dalam proses adaptasi yaitu adanya pemahaman tentang perubahan iklim serta adaptasi itu sendiri. Dalam studi yang dilakukan Wolf et.al. (2009) tentang konsep dan praktik adaptasi disebutkan bahwa yang menjadi hambatan dalam melakukan adaptasi ialah masalah pemahaman masyarakat. Masyarakat tidak memahami bahwa mereka rentan dan perlu melakukan strategi untuk mengurangi kerentanan tersebut. Bahkan studi tentang persepsi menunjukkan bahwa masyarakat tidak dapat menghubungkan bahaya yang mereka hadapi dengan perubahan iklim. Misalnya, terjadinya peningkatan suhu, misalnya akibat adanya gelombang panas, masyarakat tidak menganggap bahwa penyakit yang muncul di masyarakat merupakan akibat dari munculnya udara panas tersebut, sehingga tidak dilakukan

antisipasi yang memadai untuk mengurangi resiko. Tindakan yang dilakukan cenderung bersifat reaktif dan bukan bersifat antisipatif.

Dari hasil penelitian di Kota Semarang dan Bandung dapat diketahui bahwa untuk merespon perubahan kualitas udara dibutuhkan biaya yang cukup besar. Salah satu contohnya ketika akan menjadikan rumah lebih ramah lingkungan, maka mereka harus melakukan modifikasi terhadap bangunan rumah yang memiliki cukup ventilasi dan pencahayaan. Sementara itu pada kelompok penduduk yang berpenghasilan rendah, bahkan bangunan rumah mereka saling berhimpitan yang membuat pencahayaan di dalam rumah sangat kurang dan juga sirkulasi udara menjadi terbatas. Akibatnya, mereka akan memilih untuk menyalakan lampu di siang hari dan malam hari. Salah satu narasumber menyebutkan, walaupun memiliki dana untuk merubah bentuk rumah, namun ada juga permasalahan keterbatasan pengetahuan terkait dengan bentuk bangunan yang ideal untuk dapat berkontribusi pada upaya pengurangan emisi ke udara.

Selain kondisi sosial, ekonomi, budaya dan juga pengetahuan, ada salah satu aspek yang juga terlihat dari hasil penelitian yaitu yang terkait dengan peranan kelembagaan di tingkat lokal. Misalnya ada gerakan bersama dalam level lingkungan rukun warga yang bersama sama melakukan tindakan yang memberi manfaat bagi pengurangan dampak perubahan kualitas udara. Kelompok ini bersama-sama melakukan kegiatan penanaman di sekitar rumah dan di atas lahan yang ada di dekat lingkungan permukiman mereka. Kelompok ini bekerja berdasarkan inisiatif sendiri dan seiring dengan berjalannya waktu pada akhirnya mendapatkan dukungan dari pemerintah kota walaupun hanya berupa dukungan moril untuk terus melakukan kegiatan yang positif dampaknya bagi kondisi lingkungan. Kelompok ini ditemui di salah satu wilayah permukiman di bantaran sungai cikapundung di Kota Bandung.

Sementara itu Weber (2010) menjelaskan bahwa terkadang adanya intervensi pengetahuan atau kampanye tentang perubahan iklim dan dampak serta adaptasinya belum tentu efektif merubah persepsi masyarakat. Hal tersebut disebabkan karena sebagian masyarakat khususnya kelompok masyarakat berpenghasilan rendah cenderung lebih fokus pada pemenuhan kebutuhan dasar mereka. Namun, jika sudah menjadi norma atau nilai-nilai yang berlaku di masyarakat maka akan lebih mudah muncul tindakan yang positif yang mendukung adaptasi.

## 5. Penutup

Sebagai salah satu kota yang berada di dalam jaringan program ACCCRN, kota Semarang mendapatkan keuntungan dalam pendampingan menyusun program dan kebijakan adaptasi perubahan iklim. Walaupun potensi yang dimiliki pemerintah kota Semarang adalah yang utama. Mercy Corps sebagai mitra lokal berperan mendampingi dan meningkatkan kapasitas mereka.

Untuk menjadi pemerintahan yang adaptif, diperlukan adanya upaya yang lebih progresif. Kebijakan yang disusun sudah harus menginternalisasi ke dalam program-program di masing-masing di SKPD. Jadi, perubahan iklim bukan sekedar jargon yang ditempelkan ke dalam kebijakan dan program yang berjangka pendek namun harus sudah mempertimbangkan jangka waktu yang lebih panjang. Kota Semarang masih memiliki banyak persoalan yang harus disempurnakan khususnya terkait dengan sinergi antara adaptasi struktural dan non struktural. Potensi konflik kepentingan di antara SKPD perlu untuk dipertimbangkan untuk dapat dihindari sehingga semua program dapat berjalan sinergis untuk kepentingan masyarakat.

Perlu diperhatikan bahwa masyarakat selama ini sudah melakukan tindakan adaptasi, namun masih bersifat responsif. Inisiatif-inisiatif sebagian memang muncul secara partisipatif dari masyarakat dan sebagian ada pula yang merupakan hasil pendampingan dari lembaga sosial yang ada di tingkat komunitas. Inisiatif-inisiatif tersebut perlu menjadi pertimbangan dalam menyusun kebijakan dan adaptasi yang sesuai dengan kondisi di masyarakat sehingga tujuan melakukan adaptasi oleh pemerintah akan dapat mencapai tujuan melindungi masyarakat nya dari dampak perubahan iklim.

## 6. Daftar Pustaka

ACCCRN. 2010. *City Resilience Strategy : Semarang's Adaptation Plan in Responding to Climate Change.*

Alapaty, Kiran, Mathur, R, Pleim, J, Hogrefe, C. 2012. New Directions : Understanding Interaction of Air Quality. *Atmospheric Environment* (2012) 49.

Birkmann, J, Garshagen, M, Krass, F, Quang, N. 2010. Adaptive Urban Governance : New Challenges for the Second Generation of Urban Adaptation Strategies to Climate Change. *Sustainable Science* (2010) 5 : 185-206.

Birkmann, J., Garshagen, M, Setiadi, N. 2014. New Challenges For Adaptive Urban Governance In Highly Dynamic Environments: Revisiting Planning Systems And Tools For Adaptive And Strategic Planning. *Urban Climate*. <http://dx.doi.org/10.1016/j.uclim.2014.01.006>.

- Cahyadi, Rusli. 2013. Respon Pemerintah Kota Semarang Terhadap Tanah Longsor. Dalam Laporan Penelitian "Adaptasi Pemerintah Daerah Terhadap Dampak Perubahan Iklim : Peluang dan Tantangannya".
- Carmin, JoAnn, Nikhil Nadkarni, and Christopher Rhie. 2012. Progress and Challenges in Urban Climate Adaptation Planning: Results of a Global Survey. Cambridge, MA: MIT.
- DNPI. 2013. *Perubahan Iklim dan Tantangan Peradaban Bangsa : Lima Tahun DNPI 2008-2013*.
- Dobie, Phillip., Shapiro, Barry., Webb, Patrick., and Winslow, Mark. 2007. *How Do Poor People Adapt to Weather Variability and Natural Disaster Today?*. HDR 2007/2008. UNDP.
- Ensor, J. dan Berger, Rachel. (2009). Community-Based Adaptation And Culture In Theory and Practice. In N. W. Adger, I. Lorenzoni, & K. L. O'Brien, *Adapting To Climate Change : Thresholds, Values, Governance* (pp. 227-239). UK: Cambridge University Press.
- Garschagen, Matthias. 2011. Resilience and Organisational Institutionalism From A Cross-Cultural Perspective : An Exploration Based on Urban Climate Change Adaptation in Vietnam. *Springer Science+Business Media B.V.* 2011.
- Hayes, Adrian C. 2011. *Population Dynamics and Climate Change in Indonesia : Mobilizing a Sustainable Future*. UNFPA Jakarta.
- Hidayati, Deny dan Aldrian, Edvin (eds). 2012. Perubahan Iklim : Upaya Peningkatan Pengetahuan dan Adaptasi Petani dan

- Nelayan Melalui Radio. ICCTF-BMKG-LIPI. Jakarta.
- Harlan, Sharon L dan Ruddell, Darren M. 2011. Climate change and health in cities: impacts of heat and air pollution and potential co-benefits from mitigation and adaptation. *Current Opinion in Environmental Sustainability* (2011) 3:126–134.
- Hulme, Mike and Sheard, Nicola, 1999, *Climate Change Scenarios for Indonesia*, Climatic Research Unit, Norwich, UK.
- IPCC. 2007. *Impact, Adaptation, and Vulnerability. Working Group II Report*. M.L. Parry, O.F. Canziani, J.P. Palutikof, P.J. van der Linden and C.E. Hanson (eds). Cambridge University Press, Cambridge, United Kingdom and New York, NY, USA.
- ISET, ACCCRN, Mercycorps, URDI, CCROM. 2010. *Kajian Kerentanan dan Adaptasi Terhadap Perubahan Iklim di Kota Semarang*. Laporan Akhir.
- Kirshen, P., Ruth, M., & Anderson, W. (2008). Interdependencies of Urban Climate Change Impacts and Adaptation Strategies : A Case Study of Metropolitan Boston, USA. *Climate Change* , 105-122.
- KLH. 2007. *Rencana Aksi Nasional Dalam Menghadapi Perubahan Iklim*. KNLH. Jakarta.
- Koppe, Christina., Kovatz, Sari., Jendritzky, Gerd., Bettina, Menne. 2004. Heat Waves : Risk and Response. *Health and Global Environmental Change. Series 2*. WHO.

- Kovats, S. a. (2009). Climate, Climate Change and Human Health in Asia Cities. In J. Bicknell, D. Dodman, & D. Satterwaite, *Adapting Cities to Climate Change : Understanding and Addressing the Development Challenges* (pp. 159-173). UK and USA: Earthscan.
- Lebel, L., L. Li, C. Krittasudthacheewa, *et al.*, 2012. Mainstreaming climate change adaptation into development planning. Bangkok: *Adaptation Knowledge Platform and Stockholm Environment Institute*. 32 pp.
- OECD. 2010. *Cities and Climate Change*. OECD Publishing.
- OECD. 2012. *Recent OECD Work on Adaptation to Climate Change*.
- Roggema, R. (2009). *Adaptation to Climate Change : A Spatial Challenge*. Springer.
- Satterthwaite, David., Huq, Saleemul., et al. 2009. Adapting to Climate Chamnge in Urban Areas : The Possibilities and Constraints in Low- and Middle –Income Nations. Dalam Buku *Adapting Cities to Climate Change : Understanding and Addressing the Development Challenges*. Jane Bicknell, David Dodman and David Satterhwaite (eds). Earthscan Climate. London
- Smit, B, Burton, I, Klein, RJT, Street, R. 1999. The Science of Adaptation : A Framework for Assessment dalam *Mitigation and Adaptation Strategies for Global Change 4* : 199-213. Kluwer Academics Publishers. Netherland.
- Smit, B., & Wandel, J. 2006. Adaptation, Adaptive Capacity and Vulnerability. *Global Environmental Change* , 282-292.

- Smit, Barry dan Wandel, Johanna. 2006. "Adaptation, Adaptive Capacity and Vulnerability" dalam *Global Environmental Change* 16 (2006) hal. 282-292.
- Sutarto, Ratri dan Jarvie, Jim. 2012. Integrating Climate Resilience Strategy into City Planning in Semarang, Indonesia. *The Urban Climate Resilience Working Paper Series*, ISET.
- TERI (The Energy Resources Institute). TT. Adaptation to Climate Change in The Context of Sustainable Development, A Background Paper dalam *Workshop Climate Change and Sustainable Development*. New Delhi 7-8 April.
- Tirusha Thambiran , Tirusha dab Roseanne, D. 2011. The case for integrated air quality and climate change policies. *Environmental Science and Policy* (2011) 1008 – 1017.
- Tjandraatmaja, G, Ahmad, A, Selintung, et all. 2012. Context and challenges in urban water and wastewater services for Makassar, South Sulawesi, Indonesia. A report prepared for the CSIRO-AusAID Research alliance, CSIRO.
- Tursilowati, Laras. 2007. "Urban Heat Island Dan Kontribusinya Pada Perubahan Iklim Dan Hubungannya Dengan Perubahan Lahan" *Prosiding Seminar Nasional Pemanasan Global dan Perubahan Global: Fakta, Mitigasi, dan Adaptasi*.
- UN. 2010. The Millenium Development Goals Report 2010.
- UNDP. 2007. *Sisi Lain Perubahan Iklim : Mengapa Indonesia Harus beradaptasi untuk Melindungi Rakyat Miskinnya*. UNDP Indonesia.

Wolf, J., Lorenzoni, I., Few, R., & all, e. (2009). Conceptual And Practical Barriers To Adaptation : Vulnerability And Responces To Heat Waves in The UK. In N. W. Adger, I. Lorenzoni, & K. L. O'Brien, *Adaptating To Climate Change : Thresholds, Values, Governance* (pp. 181-196). UK: Cambrige University Press.

## 2

# URBAN HEAT ISLAND : PENYEBAB DAN DAMPAKNYA DI KOTA SEMARANG DAN KOTA BANDUNG

*Oleh: Toni Soetopo*

### 1. Pengantar

*Urban Heat Island* atau pulau panas kota merupakan suatu kondisi yang menunjukkan bahwa suhu di pusat kota atau di pusat wilayah terbangun lebih tinggi dibanding suhu di sekitarnya. Bangunan beton dan juga jalan raya menyerap panas lebih banyak dan menyimpannya lebih lama. Proses pelepasan panas terjadi lebih panjang bahkan hingga malam hari. Akibatnya, pada malam hari, udara di pusat kota akan terasa lebih panas dibandingkan daerah di sekitarnya. Panas yang dilepaskan juga akan tertahan di udara karena lapisan udara juga sudah semakin menebal akibat polusi udara. Panas yang tertahan tersebut kemudian semakin memicu peningkatan suhu udara mikro di kawasan tersebut. Taha (1997) mendeskripsikan bahwa pada kondisi udara perkotaan yang sudah terpolusi sebanyak 10 kali lipat, suhu udara di lokasi tersebut akan meningkat sebesar 2°C dibanding kondisi udara yang bersih. Udara di perkotaan lebih pekat dibanding kondisi udara di kawasan perdesaan yang masih didominasi oleh kawasan hijau dan minimnya aktivitas manusia yang menghasilkan polusi.

Peningkatan panas di wilayah perkotaan tidak terlepas dari tingginya tingkat urbanisasi dan industrialisasi (Memon, Leung dan Cunho, 2007). Urbanisasi atau proses meng-kota-nya suatu

wilayah, selalu identik dengan penambahan jumlah penduduk dan aktivitas nonpertanian, yaitu industri. Perkembangan industri memicu peningkatan luasan kawasan terbangun, seperti bangunan pabrik dan infrastruktur pendukungnya. Aktivitas industri juga meningkatkan konsumsi energi dan menghasilkan polusi udara. Sementara itu, jumlah penduduk yang terus bertambah, khususnya di pusat-pusat pengembangan industri dan pusat pertumbuhan ekonomi. Pembangunan sarana dan prasarana permukiman dan fasilitas layanan publik juga akan terus terjadi untuk memenuhi kebutuhan penduduk yang terus meningkat.

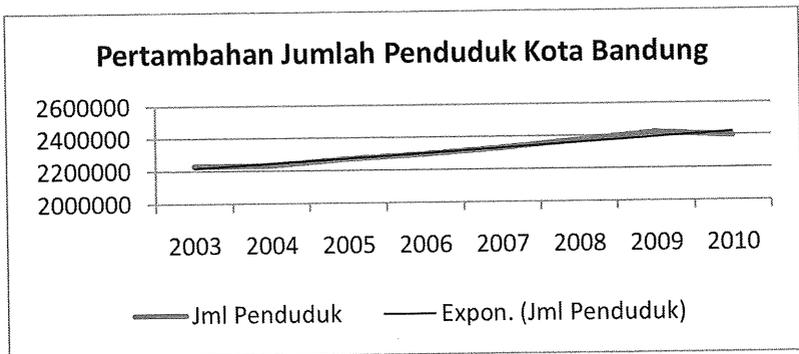
Peningkatan aktivitas industri dan jumlah penduduk yang diikuti dengan meningkatkan jumlah konsumsi energi yang bersumber dari bahan bakar fosil. Beberapa bahan bakar fosil yang banyak digunakan diantaranya bensin dan batubara. Bensin banyak digunakan untuk bahan bakar transportasi sementara itu, batubara sebagian digunakan untuk kepentingan industri.

Kota Semarang dan Bandung merupakan dua kota yang mengalami perkembangan kota yang cukup pesat. Kota Semarang dikenal sebagai kota kawasan industri sehingga banyak ditemui adanya kawasan industri, khususnya di bagian utara, yaitu dekat dengan pelabuhan Tanjung Perak. Pelabuhan di kota Semarang merupakan salah satu pelabuhan besar sejak zaman Belanda. Aktivitas bongkar muat barang dan juga orang cukup padat. Kondisi tersebut menjadi daya tarik bagi migran untuk datang dan bermukim di kota Semarang. Sementara itu, kota Bandung merupakan kota yang dikenal sebagai kota yang memiliki nilai sejarah yang tinggi dan juga merupakan salah satu kawasan pusat industri tekstil dan kulit. Kota Bandung juga dikenal sebagai “Kota Pendidikan” sehingga perkembangannya sangat signifikan.

## 2. Penduduk dan Urbanisasi

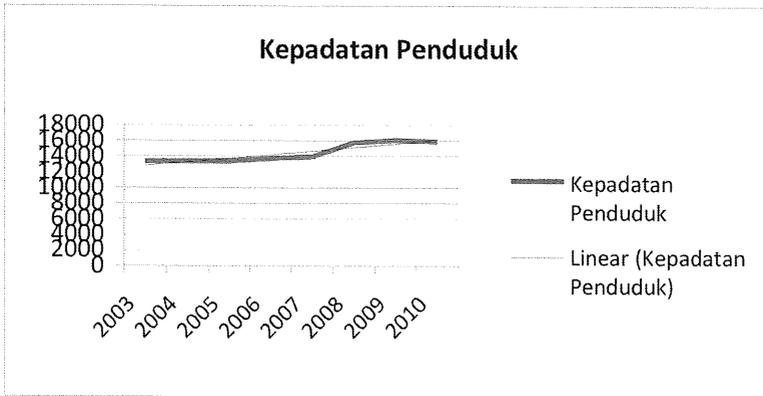
Urbanisasi dapat dikatakan sebagai proporsi penduduk yang tinggal di perkotaan dibanding seluruh wilayah perkotaan. Kota Semarang dan Bandung tercatat sebagai dua kota yang memiliki tingkat urbanisasi yang cukup tinggi. Urbanisasi dipicu oleh pertambahan jumlah penduduk akibat adanya kelahiran dan penduduk migran masuk. Akibatnya, sebagian besar infrastruktur semakin meningkat melalui alih fungsi lahan pertanian atau lahan terbuka hijau menjadi kawasan permukiman.

Jumlah penduduk di kota Bandung secara umum terlihat meningkat secara signifikan. Hal itu dapat dilihat dari jumlah penduduk tahun 2003 sampai 2010, yang tampak pada grafik 2.1. Namun, jika dilihat secara periodik, terlihat ada penurunan pada tahun 2010 jika dibandingkan dengan jumlah pada tahun 2009. Salah satu penyebab meningkatnya jumlah penduduk adalah adanya pendatang dari luar daerah. Di kota Bandung, sebagian besar migran berasal dari daerah timur, seperti Cirebon dan Sumedang.



Sumber: Kota Bandung Dalam Angka 2003 – 2010  
**Grafik 2.1** Pertambahan Jumlah Penduduk Kota Bandung Tahun 2003-2010

Seiring dengan bertambahnya jumlah penduduk di kota Bandung, kepadatan penduduk juga terus meningkat secara signifikan. Kota Bandung memiliki kepadatan penduduk yang tinggi seperti kota Jakarta. Kepadatan penduduk tertinggi dapat mencapai 15.000 jiwa per km<sup>2</sup>. Peningkatan kepadatan penduduk kota Bandung dapat dilihat pada grafik 2.2.



Sumber: Kota Bandung dalam Angka 2003 - 2010

**Grafik 2.2** Kepadatan Penduduk Kota Bandung Tahun 2003 - 2010

Salah satu fenomena yang menarik di kota Bandung adalah banyaknya penduduk asing yang bermukim sementara di kota Bandung. Setiap bulannya rata-rata-rata lebih dari 5.800 jiwa (<http://www.bandung.go.id/?fa=sekilas.detail&id=12>). Selain orang asing yang datang dan menetap setiap bulan, penduduk warga asing yang menetap secara permanen berjumlah 2.511 jiwa.

Kepadatan penduduk pun identik dengan kepadatan bangunan. Peningkatan jumlah penduduk diikuti dengan meningkatnya jumlah bangunan, baik bangunan rumah tinggal maupun fasilitas pendukungnya. Kepadatan bangunan tersebut

dapat dilihat pada gambar 2.1 dan 2.2. Salah satu penyebab padatnya penduduk di kawasan tersebut adalah adanya aktivitas industri kecil dan menengah.



Sumber: Kecamatan Kiara Condong <https://maps.google.co.id/> diunduh 3 September 2012

**Gambar 2.1** Peta Kepadatan Bangunan di Kecamatan Kiara Condong

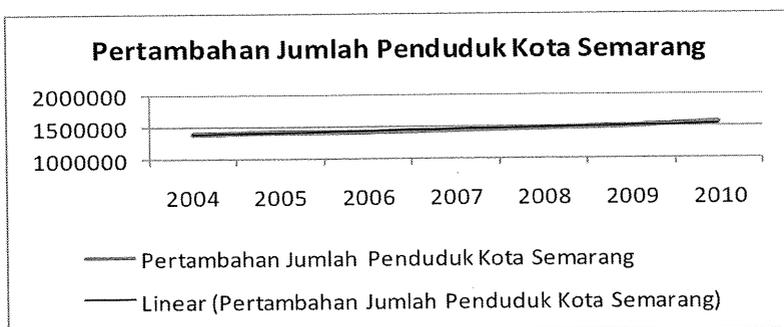


Sumber : Kecamatan Cobleng dalam <https://maps.google.co.id/> diunduh tanggal 3 September 2012

**Gambar 2.2** Peta Kepadatan Bangunan di Kecamatan Cobleng

Sebagaimana halnya dengan pertambahan jumlah penduduk di kota Bandung, kota Semarang juga memiliki pertambahan

penduduk yang cukup signifikan. Dalam rentang waktu 2004 - 2010, penduduk bertambah lebih dari 1,5 juta jiwa. Luas dan kepadatan penduduk kota Semarang menunjukkan peningkatan dari tahun ke tahun. Pada tahun 2005 jumlah penduduk kota Semarang adalah 1.406.479 jiwa. Jumlah ini meningkat signifikan jika dibanding keadaan pada tahun 2001, yaitu jumlah penduduk masih 1.218.977 jiwa. Tingkat pertumbuhan penduduk per tahunnya berfluktuasi, yaitu di atas 1,5% per tahun turun menjadi 1% per tahun. Kemudian, tingkat pertumbuhan penduduk yang tertinggi terjadi pada tahun 2009 sebesar 1,55% per tahun menurun menjadi 1,4% per tahun pada 2010.



Sumber: Kota Semarang dalam Angka 2004 - 2010  
**Grafik 2.3** *Pertambahan Jumlah Penduduk Kota Semarang Tahun 2004 - 2010*

Pertambahan jumlah penduduk selalu identik dengan peningkatan kepadatan penduduk yang bermukim di satu luasan wilayah tertentu. Di kota Semarang, pada tahun 2001 kepadatan penduduk sudah mencapai 3.262 jiwa per km<sup>2</sup> kemudian meningkat menjadi 3.769 jiwa per km pada tahun 2005.

Bertambahnya jumlah penduduk dan kepadatan penduduk secara umum pada akhirnya menyebabkan semakin meluasnya

wilayah perkotaan. Penduduk dari desa sebagian besar menempati daerah perkotaan, khususnya di kawasan permukiman kumuh. Jumlah mereka cukup besar dengan luasan wilayah yang terbatas. Selain itu, wilayah perkotaan semakin melebar akibat dari pembangunan yang terus dilakukan. Akibatnya, penduduk yang bermukim di perkotaan pun menjadi lebih besar proporsinya dibanding di daerah perdesaan. Bahkan, untuk kota-kota besar, seperti Bandung dan Semarang, sebagian besar wilayahnya sudah menjadi perkotaan. Proporsi penduduk yang tinggal di perkotaan juga semakin meningkat. Besarnya jumlah penduduk yang tinggal di perkotaan disebut fenomena urbanisasi.

Satu hal yang juga penting ketika membahas masalah penduduk terkait perubahan kualitas udara adalah masalah struktur penduduk. Struktur penduduk kota Bandung menunjukkan dominasi kelompok umur dewasa muda, yaitu 20 - 29 tahun. Jika dikaitkan dengan konsumsi energi, maka kelompok umur ini merupakan kelompok potensial untuk mengendalikan polutan dengan memilih gaya hidup yang ramah lingkungan. Namun, kelompok penduduk usia muda ini juga merupakan kelompok umur produktif yang identik sebagai kelompok yang berpotensi menghasilkan emisi di udara, di antaranya dengan penggunaan barang-barang elektronik. Struktur penduduk yang sama juga terlihat di kota Semarang.

### **3. Perubahan Penggunaan Lahan**

Penggunaan lahan di antaranya adalah untuk permukiman, industri, dan jaringan jalan. Seiring dengan penambahan jumlah penduduk, penggunaan lahan semakin didominasi oleh penggunaan untuk permukiman, baik perumahan maupun bangunan fasilitas lain.

Kota Semarang selama ini dikenal sebagai kota industri yang besar di Pulau Jawa. Akibat adanya pusat industri, banyak penduduk yang datang dari luar daerah untuk bekerja di kota Semarang. Pertambahan penduduk terus terjadi diikuti dengan bertambahnya jumlah bangunan. Alih fungsi lahan pun banyak ditemui mulai dari kawasan pesisir hingga kawasan perbukitan atau dikenal sebagai wilayah Semarang Atas. Pembangunan kawasan permukiman di kawasan pesisir bervariasi dari permukiman mewah hingga permukiman kumuh.

Tingkat urbanisasi di kota Bandung dan Semarang sudah mendekati 100% yang ditandai dengan berubahnya daerah-daerah administrasi yang terkecil, yaitu kelurahan, menjadi kota. Di kota Bandung seluruh wilayah sudah berstatus kelurahan. Hal ini berarti infrastruktur di dalamnya sudah menunjukkan kriteria kota. Persentase lahan persawahan bahkan sudah berkurang signifikan seiring dengan alih fungsi lahan dari pertanian menjadi permukiman. Demikian halnya di kota Semarang, yang terdiri atas 177 wilayah administrasi terkecil, yang merupakan wilayah kelurahan. Seluruh wilayah di kota Semarang sudah merepresentasikan kawasan perkotaan.

Luas kawasan di kota Bandung yang terbangun menjadi permukiman, termasuk bangunan perkantoran, mencapai 47,2% dari keseluruhan luas wilayah (BPS Kota Bandung, 2011). Lahan untuk sawah masih tersisa 8%. Sisanya adalah berupa tegalan atau kebun dan lebih dari 30% merupakan lahan yang sudah dimiliki, baik oleh perorangan maupun *stakeholder*, tetapi tidak dimanfaatkan. Persentase kawasan terbangun di kota Bandung ternyata lebih besar dibanding kota Semarang yang hanya 38%. Sisanya adalah tegalan dan juga 11% merupakan lahan sawah. Ada sebagian kecil wilayah, khususnya yang di pesisir pantai, dimanfaatkan untuk tambak ikan.

Luas wilayah kota Semarang adalah 373,70 km<sup>2</sup>, yang terdiri atas 10,59% tanah sawah pada tahun 2005 (BPS Kota Semarang, 2005) dan sisanya, yaitu 89,41%, merupakan tanah bukan sawah. Pada tahun 2005 dari persentase luas lahan bukan sawah yang ada, 42,17% merupakan lahan yang dijadikan bangunan dengan pekarangannya yang sudah dimiliki, baik oleh perorangan maupun pengusaha atau investor, tetapi tidak dimanfaatkan. Perubahan terbesar dari lahan sawah menjadi nonsawah terlihat signifikan pada rentang tahun 2001 – 2006, yaitu 29% penurunannya atau lahan sawah berkurang 114,21 ha (BPS Kota Semarang, 2005).

Karakteristik kota Semarang yang secara geografis beragam mulai dari pesisir pantai hingga pegunungan mengakibatkan pembangunan kawasan permukiman tidak merata. Wilayah kota Semarang bagian utara atau di kawasan perbukitan banyak dibangun untuk perumahan. Namun, ada beberapa kawasan yang masih berupa tegalan karena struktur tanahnya labil<sup>1</sup>. Karena itu, sangat tidak memungkinkan untuk membangun kawasan permukiman pada lahan yang labil tersebut.

Sementara itu, berdasarkan sejarahnya, kota Bandung memang dominan dijadikan kawasan permukiman. Saat ini pun, pembangunan kota Bandung bahkan sudah merambah hingga kawasan dataran tinggi, yang merupakan daerah resapan.

Pada awal perkembangannya, konsentrasi kegiatan ada di sekitar kawasan Dago yang merupakan kawasan dataran tinggi yang juga berlokasi dekat dengan Jakarta. Akhirnya, kawasan hijau menjadi berkurang. Kemudian, aktivitas pembangunan mulai merata di berbagai tempat dan bergeser ke arah timur, yaitu di sekitar

---

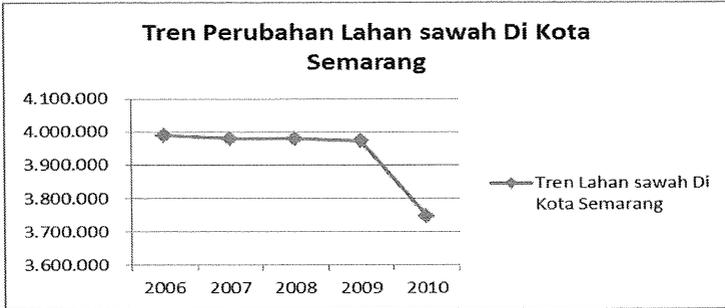
1 Lahan yang labil dapat ditemui di Kelurahan Sukorejo khususnya RW 6 dimana tanah dapat bergerak hingga lebih dari 5 meter.

kawasan Gedebage. Pembangunan di kota Bandung semakin meningkat sejak dibangunnya jalan tol yang mempersingkat waktu tempuh dari Jakarta ke kota Bandung.

Pada tahun 1980-an ketika arah pembangunan kota ke wilayah timur, kawasan Gedebage mulai dikembangkan sebagai kawasan mandiri. Salah satu tujuan pengembangan wilayah Gedebage adalah karena alasan pengendalian pembangunan di wilayah utara yang merupakan daerah resapan. Kawasan Gedebage selanjutnya diharapkan dapat memberikan fasilitas layanan primer bagi masyarakatnya. Oleh karena itu, pengembangan kawasan Gedebage dilakukan secara menyeluruh, di antaranya dengan memperluas jaringan transportasi yang sudah ada.

Dampak pembangunan tersebut adalah meningkatnya alih fungsi lahan pertanian menjadi nonpertanian. Sebelumnya, kawasan Gedebage masih didominasi oleh lahan sawah, kemudian beralih fungsi menjadi kawasan bangunan fasilitas perkotaan.

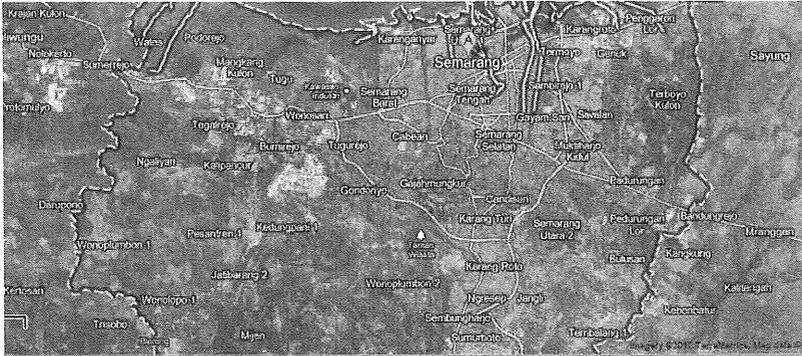
Perubahan penggunaan lahan akibat alih fungsi dari lahan pertanian menjadi nonpertanian di kota Semarang dan kota Bandung terjadi cukup signifikan dalam rentang waktu 2006 – 2010, seperti terlihat pada grafik 2.4.



*Sumber: Kota Semarang dalam Angka 2010*

**Grafik 2.4** Perubahan Luasan Lahan Sawah di Kota Semarang

Lahan sawah di kota Semarang menurun secara signifikan, khususnya pada rentang tahun 2009 – 2010, karena terjadinya pembangunan perumahan, bahkan hingga di wilayah Semarang Atas, seperti kawasan Tembalang. Selama ini sebagian besar kawasan Semarang Atas masih merupakan kawasan lahan hijau yang dipenuhi dengan pepohonan, namun saat ini sudah banyak dibangun kawasan perumahan, baik oleh pengembang maupun secara swadaya. Peningkatan pembangunan permukiman di bagian atas seiring dengan adanya universitas negeri yang menyebabkan meningkatnya aktivitas perekonomian dan jumlah pendatang. Jumlah penduduk yang terus meningkat membutuhkan lahan lebih banyak untuk fasilitas permukiman. Dominannya kawasan terbangun di kota Semarang dapat dilihat pada peta berikut ini.



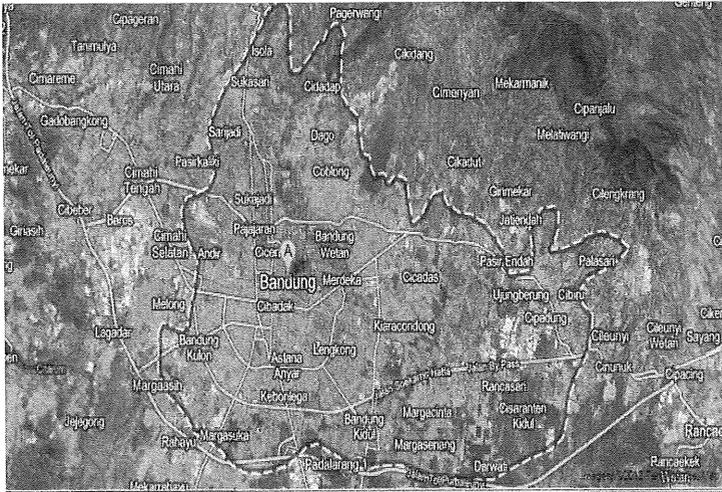
Sumber: <https://maps.google.co.id/> diunduh tanggal 3 September 2012  
**Gambar 2.3** Peta Tutupan Lahan Kota Semarang

Pada gambar 2.3 terlihat bahwa kawasan kota Semarang, khususnya di sekitar daratan rendah, memiliki tutupan lahan yang sudah sangat sedikit. Hal itu berbeda dengan di bagian dataran tinggi atau Semarang Atas, yang masih memiliki tutupan lahan cukup banyak. Penyebabnya ialah Semarang Bawah lebih banyak memiliki aktivitas ekonomi, seperti adanya pusat pemerintahan dan juga kawasan industri yang dilengkapi dengan pelabuhan.

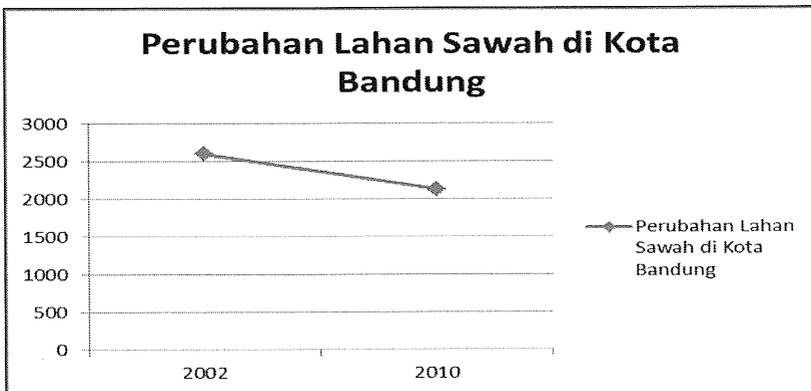
Sepertinya hal di kota Semarang, penurunan lahan pertanian menjadi nonpertanian juga di Bandung terjadi signifikan dalam rentang waktu tahun 2002 – 2010. Penurunan ini terus terjadi karena semakin banyaknya pembangunan fisik yang dilakukan. Kawasan pertanian seperti yang terdapat kota Bandung bagian atas sudah masif diubah menjadi kawasan wisata. Demikian juga di kota Bandung bagian tengah dan bagian timur sudah mulai banyak dialihfungsikan juga untuk permukiman dan fasilitas publik lain. Penurunan lahan sawah dan kawasan hijau tersebut memengaruhi kondisi udara di kota Bandung secara umum. Masyarakat merasakan ketika bangunan mulai banyak bermunculan, udara menjadi lebih panas.

Alih fungsi lahan di kota Bandung, ternyata tidak hanya berdampak terhadap masyarakat, tetapi juga terhadap tempat peneropongan bintang Bosscha. Banyaknya cahaya lampu pada malam hari telah mengganggu pengamatan (<http://www.fisikanet.lipi.go.id/utama.cgi?cetakforum&berita&1113608411&5>).

Selain pembangunan di kota Bandung secara umum, pembangunan di kota Bandung, khususnya di bagian utara, yang terus berlangsung, sebenarnya akan memberi konsekuensi pada kerusakan lingkungan, seperti banjir dan tanah longsor. Dataran tinggi yang berfungsi sebagai daerah penyangga saat ini sudah banyak yang terbangun. Berbagai upaya telah dilakukan oleh pemerintah Provinsi Jawa Barat, khususnya untuk melindungi kawasan Bandung Utara, di antaranya dengan menerbitkan Perda No. 1 tahun 2008 tentang Pengendalian dan Pemanfaatan Ruang Kawasan Bandung Utara. Perda tersebut dilengkapi dengan petunjuk pelaksanaan Perda melalui Peraturan Gubernur No. 1 Tahun 2009 (<http://www.bplhdjabar.go.id/index.php/bidang-tata-kelola/subid-penyelarasan-dan-evaluasi/327-alih-fungsi-lahan-mengganggu-keberadaan-boscha> diunduh tanggal 29 November 2012). Peraturan itu dibuat dengan tujuan mengurangi kerusakan lingkungan secara masif. Kenyataannya, pembangunan terus dilakukan. Bahkan, alih fungsi bangunan rumah semakin dekat dengan pusat vegetasi. Banyak bangunan rumah menjadi tempat usaha. Kondisi ini mengakibatkan suhu menjadi semakin naik. Hal tersebut tentunya juga akan berimplikasi pada peningkatan pemanfaatan sumber daya yang tersedia, seperti penggunaan air tanah untuk pemenuhan kebutuhan air bersih. Dominannya bangunan di kota Bandung dapat dilihat pada gambar 2.4. Lahan sawah di kota Bandung juga banyak berubah fungsi menjadi pemukiman penduduk sehingga luasan sawah di kota Bandung menurun, seperti terlihat pada grafik 2.5.



Sumber: <https://maps.google.co.id/> diunduh tanggal 3 September 2012  
**Gambar 2.4** Peta Tutupan Lahan Kota Bandung

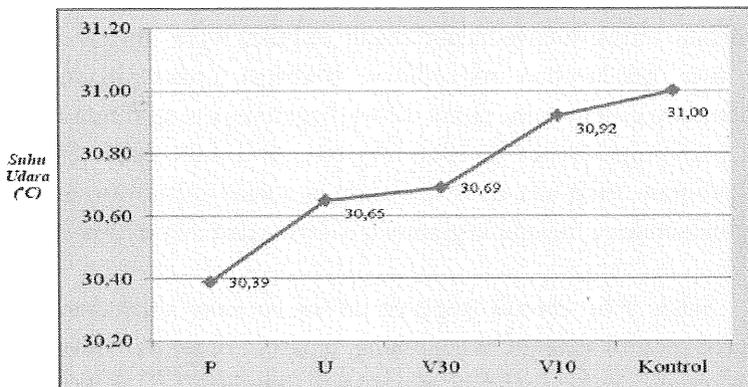


Sumber: Kota Bandung dalam Angka 2002 dan 2010  
**Grafik 2.5** Perubahan Luasan Lahan Sawah di Kota Bandung

Alih fungsi lahan dari pertanian ke nonpertanian ini berarti mengurangi jumlah luasan kawasan hijau. Kawasan ruang

terbuka hijau yang terdiri atas tegakan pepohonan sangat berguna untuk menetralisasi suhu udara perkotaan. Hal ini ditegaskan oleh Tauhid (2008), yang melakukan penelitian tentang pengaruh vegetasi terhadap suhu di siang hari, tepatnya di kawasan Simpang Lima kota Semarang menyimpulkan bahwa peranan vegetasi tidak terlepas dari jenis pohon yang ditanam, luasan penanaman pohon, dan kesesuaian lokasi ruang terbuka.

Pada tahun 2002 kota Bandung memiliki 439 taman. Pada tahun 2002 terdapat tambahan 123 taman. Luasan taman tersebut juga terlihat mengalami penurunan antara tahun 2002 hingga 2003, yaitu dari lebih dari satu juta hektar menjadi 800 hektar pada tahun 2003 (Kantor Litbang dan PPSDAL-UNPAD, 2003). Luas taman kota ini belum dapat dianggap sebagai luasan yang memadai, bahkan masih kurang dan belum mencapai lima persen (Kantor Litbang dan PPSDAL-UNPAD, 2003).



Sumber: Taubid, 2008

**Grafik 2.6** Suhu Udara Berdasar Jarak dari Pusat Vegetasi di Kota Semarang

Program lain untuk mendukung peningkatan lahan ruang terbuka hijau adalah dengan melakukan program penanaman pohon. Berdasar wawancara dengan narasumber kunci di Badan Lingkungan Hidup Kota Bandung, pada tahun 2004 dicanangkan penanaman 200 ribu pohon per tahun. Dalam jangka waktu lima tahun pohon yang sudah ditanam mencapai 1.300.000 pohon. Bahkan, ditetapkan juga penanaman *Great City Forest*, yaitu kegiatan yang dilakukan bersamaan kegiatan Konferensi Anak dan Remaja pada tahun 2011. Lokasi tersebut kemudian ditetapkan sebagai taman kota yang terletak di dekat SABUGA. Taman kota tersebut ditanami dua ribu pohon pada areal seluas kurang lebih sebelas hektar. Namun, lahan yang ditanami hanya dua hektar. Taman kota lain ada di Tegalliga, yang ditanami 125 pohon oleh perwakilan dari negara-negara Asia Afrika.

Luasan ruang terbuka hijau yang memadai sangat penting untuk menetralisasi polusi udara. Suatu kota bahkan memiliki kewajiban untuk menyediakan ruang terbuka hijau hingga 30% dari luas keseluruhan wilayahnya. Berbagai upaya dilakukan Pemda untuk memenuhi target 30% sebagaimana yang ditetapkan oleh pemerintah pusat melalui UU No. 26 Tahun 2007. Salah satu program yang ada di kota Bandung adalah inisiasi program penghijauan kota melalui kegiatan *vertikultur* dan *urban farming*.

Salah satu contoh kegiatan *urban farming* dilakukan di sekitar bantaran sungai Cikapundung, tepatnya di sekitar kawasan lahan terbuka milik Institut Teknologi Bandung (ITB). Kegiatan tersebut merupakan inisiatif lokal dari masyarakat kelompok ibu-ibu, namun mendapat dukungan dari pemerintah, khususnya wakil Walikota Bandung. Pada saat penelitian dilakukan, kelompok masyarakat masih dalam tahap pemeliharaan dan belum sampai tahap panen. Jenis tanaman yang ditanam di antaranya adalah

cabai dan bunga sedap malam. Pengelolaan lahan dilakukan secara mandiri dengan menyusun pembagian tugas menyiram.

Ketersediaan ruang terbuka hijau di kota Bandung sebenarnya tidak hanya untuk kepentingan keindahan semata, tetapi juga mengandung manfaat ekonomi dan sosial. Jika di kota Bandung sebagian lahannya sudah dimanfaatkan untuk kepentingan ekonomi dan sosial, maka di kota Semarang ruang terbuka hijau belum dapat memenuhi kebutuhan masyarakat ([kp.semarangkota.go.id/content.php?query=upaya\\_taman\\_kota](http://kp.semarangkota.go.id/content.php?query=upaya_taman_kota) diunduh 30 November 2012), khususnya jika mendasarkan pada aspek luas, dimensi, dan persebarannya.

Sebagaimana halnya di kota Bandung, pemerintah kota Semarang juga berupaya untuk meningkatkan kegiatan yang mengarah pada peningkatan ruang terbuka hijau. Pada tahun 2012 Bappeda kota Semarang menginisiasi pembentukan kota Semarang sebagai “Kota Hijau”. Pada kegiatan tersebut pemerintah mencoba menggandeng komunitas hijau (*green community*). Kegiatan ini merupakan tindak lanjut dari kebijakan penetapan luasan ruang terbuka hijau tersebut bersama tiga kota dan 13 kabupaten lain di Provinsi Jawa Tengah (<http://dotsemarang.blogdetik.com/index.php/2012/05/24/semarang-kota-hijau/> diunduh tanggal 30 November 2012). Dengan adanya kebijakan dari pemerintah kota, diharapkan pencapaian target luasan ruang terbuka hijau sebanyak 30 persen dapat terealisasi.

Beberapa taman yang ada di kota Semarang dimanfaatkan sebagai tempat rekreasi, yang banyak dikunjungi oleh masyarakat kota. Namun, fungsi taman kota tidak hanya sebagai tempat rekreasi, tetapi juga sebagai penetralisasi polutan sehingga polutan yang dihasilkan dari kendaraan bermotor dapat diminimalisasi dampaknya.

Jika dilihat berdasar potensi dan kualitas lahan ruang terbuka hijau, hasil kajian Yuda Prawira, dkk (2005) menyebutkan bahwa lahan di kota Bandung Utara lebih dari 60% merupakan lahan yang potensial menjadi kritis dan 24,94% merupakan lahan yang termasuk dalam kategori agak kritis. Sementara itu, lahan yang tidak kritis hanya sekitar 7%. Lahan yang termasuk kritis tersebut sebagian besar merupakan kawasan pertanian dengan lokasi pada lahan yang memiliki kemiringan yang bervariasi.

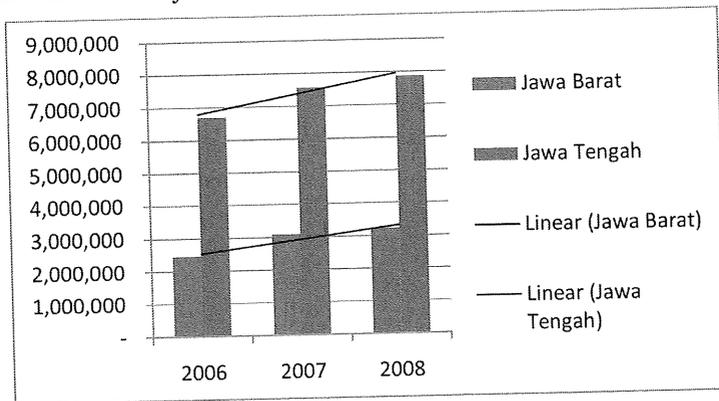
Kondisi lahan seperti itu menyulitkan upaya mewujudkan iklim mikro yang ideal. Jumlah tegakan pohon yang masih kurang belum bisa menjadi pelindung bagi kota untuk terhindar dari zat pencemar udara, apalagi dalam kondisi perkembangan sarana dan prasarana transportasi yang sangat pesat.

#### **4. Perkembangan Transportasi**

Pertambahan jumlah penduduk selalu diikuti dengan pertambahan jumlah kendaraan. Pertambahan jumlah kendaraan bermotor yang menggunakan bahan bakar fosil merupakan salah satu penyumbang emisi di udara. Banyaknya jumlah kendaraan selain ditentukan oleh jumlah penduduk juga ditentukan oleh kemudahan akses untuk memiliki kendaraan bermotor. Saat ini, akses untuk mendapatkan kendaraan bermotor sangat mudah dengan persyaratan ringan, bahkan bagi kelompok penduduk menengah ke bawah. Di berbagai daerah dan kota di Indonesia, untuk mendapatkan kendaraan bermotor, saat ini pembeli cukup hanya memberikan uang muka sebesar 500 ribu rupiah atau tidak lebih dari satu juta rupiah. Kendaraan roda empat pun saat ini banyak dipromosikan untuk dapat dimiliki dengan uang muka tidak lebih dari 10%. Kemudahan ini sangat berisiko memperburuk kondisi udara dan juga kemacetan lalu lintas.

Secara umum, data pada tingkat Provinsi Jawa Barat dan Jawa Tengah menunjukkan terjadi peningkatan jumlah kendaraan yang signifikan pada rentang waktu 2006 - 2008. Data peningkatan jumlah kendaraan tersebut tercantum pada grafik 2.7.

Pertambahan jumlah kendaraan di kota Bandung tidak terlepas dari pertambahan jumlah penduduk dan meningkatnya fasilitas jalan raya yang juga mendorong peningkatan pembelian kendaraan bermotor. Selain itu, meningkatnya perkembangan sektor jasa akibat meningkatnya sektor pariwisata mendorong laju jumlah kepemilikan kendaraan pribadi. Kendaraan pribadi banyak yang disewakan untuk wisatawan yang datang dari berbagai daerah dan bahkan sebagian besar wisatawan berasal dari Malaysia. Wisatawan dari Malaysia banyak yang datang ke Bandung, khusus untuk wisata belanja.



Sumber: Provinsi Jawa Tengah dan Jawa Barat dalam Angka, 2008

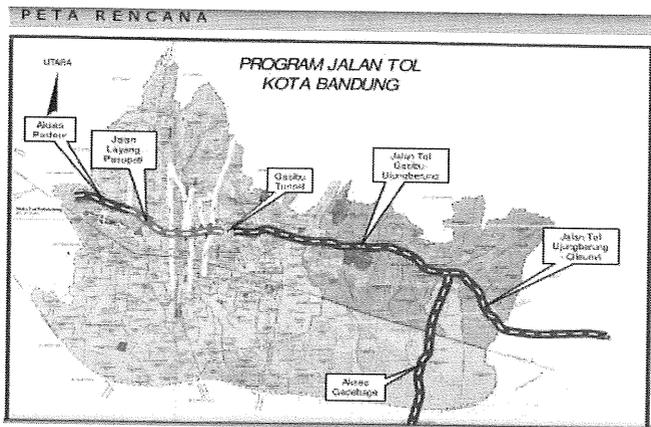
**Grafik 2.7** Peningkatan Jumlah Kendaraan

Peningkatan jumlah kendaraan di kota Bandung terjadi secara signifikan pada akhir pekan dan pada hari libur. Pertambahan jumlah kendaraan tersebut bahkan dapat mencapai 200 ribu kendaraan setiap minggunya. Tingginya arus kendaraan

memasuki kota Bandung ini didukung oleh infrastruktur jalan tol Jakarta-Bandung. Jalan tol ini telah mengubah pola arus mobilitas dari Jakarta-Bandung yang sebelumnya banyak dilakukan dengan menggunakan kereta api, kemudian beralih menggunakan kendaraan pribadi. Akses melalui jalan tol dapat ditempuh lebih singkat dibanding menggunakan kereta api. Akibatnya, pada hari libur justru kota Bandung mengalami kemacetan yang cukup parah.

Penduduk Jakarta banyak yang memanfaatkan hari libur mereka untuk berekreasi di kota Bandung yang dikenal sebagai kota dengan udara yang dingin. Dengan kendaraan pribadi, mereka dapat mencapai kota Bandung hanya dengan waktu dua jam dengan melewati jalan tol Purbeuleuyi.

Jumlah kendaraan saat ini terus meningkat secara signifikan. Hal ini terlihat dari rencana pembangunan beberapa ruas jalan tol di kota Bandung (gambar 2.5). Pembangunan jalan tol pada satu sisi dapat mengurangi kemacetan, namun pada sisi lain, akan berdampak terhadap meningkatnya jumlah kendaraan, yang akhirnya akan berdampak buruk terhadap kualitas udara.



**Gambar 2.5** Peta Rencana Program Jalan Tol Kota Bandung

Jumlah kendaraan di kota Semarang juga terlihat meningkat yang ditandai dengan semakin meningkatnya kemacetan di berbagai titik di ruas jalan utama. Pertambahan jumlah kendaraan pribadi sangat terkait dengan ketersediaan dan kelayakan kendaraan umum. Pada saat kendaraan umum tidak mampu mengakomodasi kebutuhan masyarakat, pilihan kepemilikan kendaraan pribadi akan meningkat. Agung Nugroho (2008) menyebutkan bahwa pertumbuhan kendaraan umum lebih kecil dari pertumbuhan kendaraan pribadi. Pertumbuhan kendaraan umum bahkan menunjukkan adanya penurunan signifikan, yang ditandai dengan pertumbuhan minus 5,94%. Sementara itu, pertumbuhan kendaraan pribadi adalah dua persen.

**Tabel 2.1** *Jumlah Kendaraan di Kota Semarang Tahun 2000 - 2006*

| Tahun | Angkutan Umum Penumpang |          |        |               | Kendaraan Pribadi |       |        |               |
|-------|-------------------------|----------|--------|---------------|-------------------|-------|--------|---------------|
|       | Bus                     | Mikrolet | Jumlah | % pertumbuhan | Mobil             | Motor | Jumlah | % pertumbuhan |
| 2000  | 244                     | 2148     | 2392   | -             | 19405             | 82490 | 101895 | -             |
| 2001  | 193                     | 2213     | 2406   | 0.59%         | 21344             | 86970 | 108314 | 6.30%         |
| 2002  | 207                     | 1686     | 1893   | -21.32%       | 21565             | 87494 | 109059 | 0.69%         |
| 2003  | 471                     | 1743     | 2214   | 16.96%        | 23813             | 98345 | 122158 | 12.01%        |
| 2004  | 584                     | 1827     | 2411   | 8.90%         | 26406             | 10477 | 131183 | 7.39%         |
| 2005  | 530                     | 708      | 1238   | -48.65%       | 20582             | 93073 | 113655 | -13.36%       |
| 2006  | 543                     | 719      | 1262   | 1.94%         | 21697             | 93088 | 114785 | 0.99%         |

*Sumber: Agung Nugroho, 2008*

Tabel 2.1 menunjukkan pertumbuhan pada tahun 2005 - 2006 untuk kendaraan pribadi meningkat secara signifikan, yaitu dari pertumbuhan minus menjadi positif hampir satu persen. Peningkatan signifikan juga terjadi pada rentang tahun 2003 - 2004. Peningkatan hingga tahun 2011 pun terus terjadi secara signifikan. Kebijakan pembelian mobil dengan harga terjangkau dan bisa dibeli dengan kredit ringan mendorong kelompok menengah memilih kendaraan pribadi untuk sarana transportasi utama.

Penyebab lain ialah peremajaan angkutan umum tidak dilakukan secara sungguh-sungguh sehingga masih belum dapat menjadi pilihan utama masyarakat perkotaan. Kondisi kendaraan umum tidak nyaman dan ada risiko keamanan yang harus dipertimbangkan bagi penumpang.

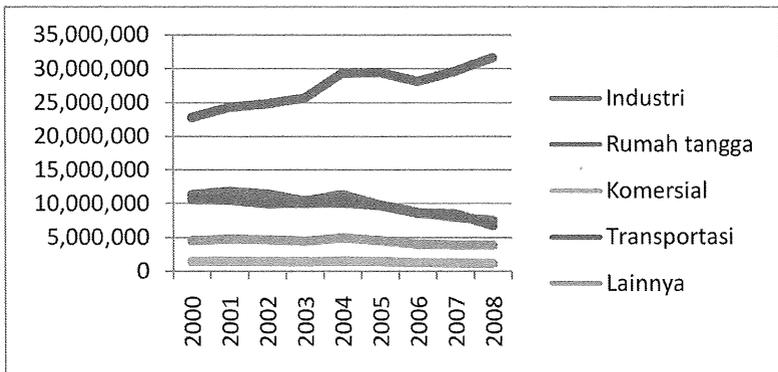
Pada saat harga BBM meningkat, sudah mulai banyak anggota masyarakat yang mempertimbangkan alternatif untuk mengurangi penggunaan kendaraan pribadi, khususnya bagi kelompok masyarakat menengah. Namun, faktor kenyamanan yang tidak disediakan pada moda transportasi umum menyebabkan tetap tingginya pilihan untuk menggunakan kendaraan pribadi.

Berdasar hasil survei, sebagian besar atau 60,4% dari anggota masyarakat menggunakan kendaraan pribadi untuk pergi ke tempat kerja atau untuk keperluan lain di dalam kota. Responden yang menjawab menggunakan angkutan umum hanya 18,8 persen dan lainnya menyatakan menggunakan kendaraan pribadi dan kendaraan umum secara bergantian. Jika dilihat rata-rata jarak tempuh yang dilalui, maka terlihat jarak tersebut tidak terlalu jauh, yaitu hanya rata-rata 5,5 km untuk kedua lokasi penelitian. Namun, dari hasil wawancara mendalam diketahui bahwa jarak tempuh itu tidak merepresentasikan waktu yang juga harus ditempuh. Kota Semarang dan Bandung merupakan dua kota yang juga memiliki kepadatan kendaraan yang tinggi sehingga kemacetan terjadi pada jam-jam tertentu yang dapat memperpanjang waktu tempuh. Banyak di antara penduduk yang bekerja melewati perbatasan kota/ kabupaten.

Berdasar peningkatan jumlah penggunaan kendaraan pribadi pada penelitian ini, permasalahan transportasi menjadi salah satu faktor yang berkontribusi terhadap peningkatan emisi

di udara. Peningkatan jumlah penggunaan kendaraan pribadi akan meningkatkan konsumsi BBM. Sektor transportasi di Indonesia merupakan pengguna energi terbesar, bahkan dibanding konsumsi di sektor industri. Hasil pembakaran mesin kendaraan bermotor ini menghasilkan emisi yang dapat menambah jumlah emisi di udara dan dapat mengakibatkan terjebaknya panas di lapisan udara.

Grafik 2.8 menunjukkan pemakaian BBM antara kepentingan rumah tangga dan industri yang cenderung sama, termasuk dalam hal jumlah. Kecenderungan terjadinya penurunan pada tahun 2004 - 2008 tidak terlepas dari adanya kebijakan kenaikan harga BBM. Akibatnya pada saat itu sebagian besar masyarakat, khususnya masyarakat menengah ke bawah, mulai melakukan penghematan konsumsi BBM untuk rumah tangganya. Demikian juga dengan mulai ditetapkannya kebijakan penggantian minyak tanah menjadi gas untuk kepentingan rumah tangga. Gas selain digunakan untuk memasak juga digunakan untuk keperluan instalasi pemasangan alat pengatur air panas di sebagian rumah di kota Bandung.



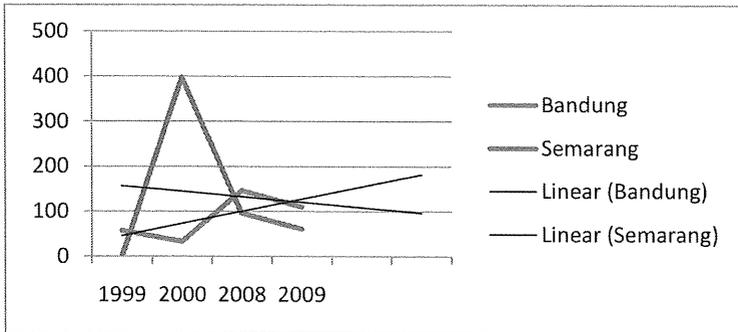
Sumber: BPS, 2008

**Grafik 2.8** Konsumsi BBM Berdasarkan Sektor Tahun 2000-2008

Pada saat ditetapkannya kebijakan konversi minyak tanah menjadi gas, persoalan yang banyak terjadi adalah munculnya kelangkaan bahan bakar minyak. Masyarakat, khususnya kelompok menengah ke bawah, harus bersaing untuk mendapatkannya sehingga terjadi penurunan penggunaan bahan bakar secara signifikan.

Polutan yang dihasilkan dari penggunaan bahan bakar minyak bumi adalah *carbon monoksida*. Polutan ini merupakan zat pencemar di udara yang paling banyak. Kendaraan yang tidak pernah atau jarang dilakukan perawatan terhadap mesinnya akan lebih banyak menghasilkan *carbon monoksida*. Untuk menghasilkan zat pencemar udara ini, pemerintah daerah sudah berupaya melakukan uji emisi. Namun, pada kenyataannya belum semua kendaraan teruji kandungan emisi yang dihasilkan. Untuk angkutan umum, menurut narasumber di Dinas Perhubungan Kota Bandung, uji emisinya harus 100%. Jika belum mencapai persyaratan tersebut, maka kendaraannya perlu diperbaiki lagi dan kemudian diuji lagi emisinya sampai memenuhi persyaratan.

Di lingkungan kantor pemerintahan kota, semua kendaraan dinas dan kendaraan pribadi yang dimiliki oleh pegawai di seluruh SKPD, sudah harus memiliki stiker lulus uji emisi. Namun, hal ini masih merupakan sebuah anjuran. Sanksi yang diberikan belum bisa dilakukan secara terus-menerus. Pada tahun 1997 – 2000 kegiatan uji emisi marak dilakukan oleh masyarakat, tetapi tidak berkelanjutan. Hal ini disebabkan belum adanya sanksi yang tegas bagi pemilik kendaraan yang tidak melakukan uji emisi. Ketiadaan sanksi menjadi celah bagi pemilik kendaraan untuk tidak melakukan uji emisi. Padahal, manfaat yang diperoleh dari uji emisi ini sangat besar, yaitu dapat mengendalikan laju pertumbuhan karbon di udara. Kandungan polutan di udara akibat dari pelepasan emisi oleh aktivitas manusia, dapat dilihat pada grafik 2.9 berikut ini.



Sumber: BPS Kota Bandung, 2009 dan BPS Kota Semarang, 2009  
**Grafik 2.9** Rata-rata Bulanan Konsentrasi Partikel Terlarut di Udara Kota Semarang dan Bandung Tahun 2008 – 2009

Pada grafik 2.9 terlihat bahwa kecenderungan peningkatan jumlah polutan di kota Bandung lebih tinggi jika dibanding di kota Semarang. Ada beberapa faktor penyebabnya, yaitu perkembangan kota Bandung yang berperan sebagai kota industri tekstil dan industri pariwisata terus meningkat. Kepadatan lalu lintas yang terus bertambah dari hari demi hari menandakan semakin banyaknya aktivitas ekonomi. Akibatnya, polusi udara yang ditimbulkannya juga semakin meningkat. Sementara itu, di kota Semarang terdapat fenomena penurunan aktivitas industri. Jenis industri tekstil sebagian sudah tidak beroperasi akibat adanya krisis ekonomi global yang berpengaruh terhadap kegiatan ekspor. Beberapa pabrik menghentikan aktivitasnya dan sebagian lagi hanya sekedar melakukan efisiensi.

Penyebab lain meningkatnya kandungan polutan udara di kota Bandung adalah adanya kecenderungan pabrik-pabrik di kota Bandung, yang mengubah bahan bakar mereka dari bahan bakar minyak ke batubara. Perubahan jenis bahan bakar mulai banyak dilakukan ketika harga bahan bakar minyak bumi semakin mahal. Sementara itu, polutan yang dihasilkan dari proses pembakaran

batubara lebih banyak dibanding hasil pembakaran bahan bakar minyak bumi.

## 5. Kondisi Industri

Kota Bandung dan Semarang merupakan dua kota yang memiliki karakteristik kota industri. Kota Semarang identik dengan industri besar, sedangkan di kota Bandung identik dengan industri menengah dan industri kecil, seperti industri kerajinan. Kota Bandung memiliki jenis industri yang dominan di bidang tekstil, seperti kaos dan sablon. Perkembangan industri tekstil dan sablon ini berlokasi di kawasan Suci (Jalan Surapati), kawasan Cibaduyut, Rajut Binongjati, dan kawasan Cigondewah. Industri tekstil merupakan salah satu industri andalan dan menjadikan kota Bandung sebagai *trend setter* mode. Bahkan, warga negara Malaysia dan Singapura banyak yang berkunjung ke Bandung untuk berbelanja barang-barang tekstil.

Terkait dengan penggunaan jenis bahan bakar berdasar jenis industri, bahan bakar berupa gas banyak digunakan, terutama oleh industri pengolahan besar dan sedang untuk kelompok industri pengolahan barang dan bahan galian. Berikutnya adalah industri pengolahan logam dan diikuti dengan industri pengolahan makanan.

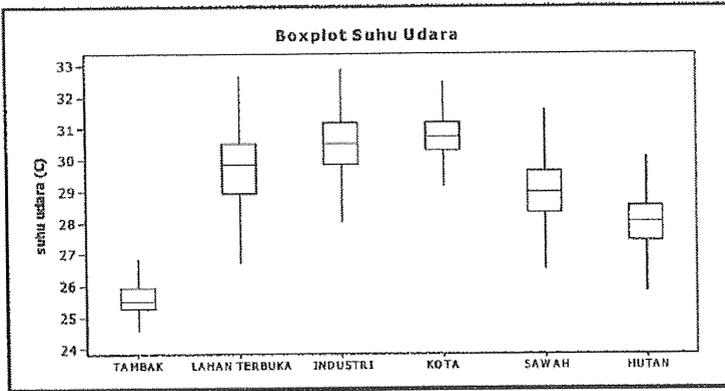
Sementara itu, penggunaan bahan bakar batubara banyak digunakan di dalam aktivitas industri pengolahan besar dan sedang untuk pengolahan barang-barang dari logam dan juga industri pengolahan besar dan kecil (BPS Kota Bandung, 2010). Aktivitas industri-industri besar tersebut sebagian besar terkonsentrasi di daerah pinggiran kota. Dalam perencanaan tata kota, kawasan industri ini sudah mulai diarahkan ke arah pinggir kota. Hal ini

dilakukan untuk mengurangi dampak buruk pencemaran udara akibat dari aktivitas industri ini.

## 6. Kondisi Geografis

Faktor lain yang memengaruhi peningkatan suhu di tingkat lokal adalah kondisi geografis. Kota Bandung merupakan kawasan yang berada di posisi cekungan. Pada saat terjadi peningkatan polusi udara, suhu atau panas akan meningkat lebih cepat di wilayah tersebut dan panas tertahan lebih lama. Akibatnya, pada saat terjadi peningkatan polusi udara, masyarakat kota Bandung merasakan udara menjadi lebih panas. Berbeda halnya dengan kota Semarang yang merupakan kawasan pesisir, masyarakat sudah terbiasa dengan udara panas. Suhu yang meningkat signifikan berdasar catatan data series BMKG 2000 - 2010 (diolah tim peneliti, 2012) masih dianggap sebagai keadaan biasa saja dan dianggap tidak terlalu ekstrim dampaknya terhadap kenyamanan mereka (<http://www.fisikanet.lipi.go.id/utama.cgi?cetakforum&berita&1113608411&5>).

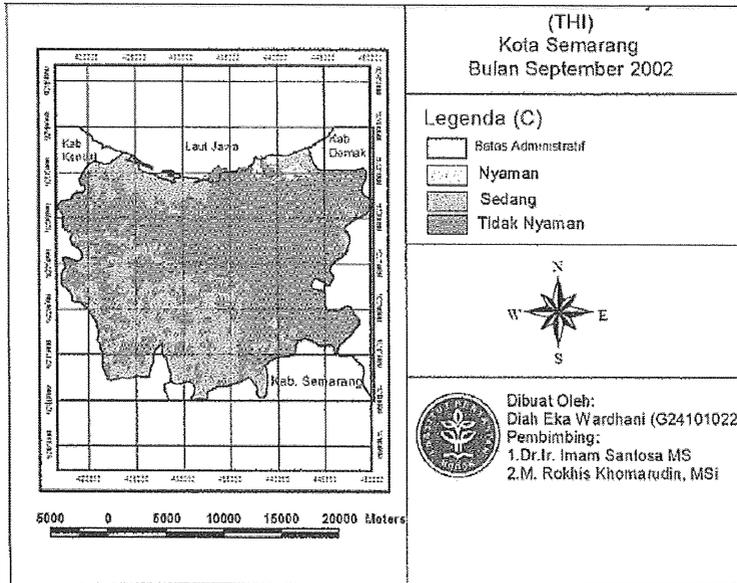
Kontribusi industri dalam menghasilkan panas yang berpengaruh terhadap iklim lokal terlihat dari hasil kajian yang dilakukan oleh Wardhani (2006) di kota Semarang. Hasil kajiannya dengan jelas memperlihatkan bahwa suhu di kawasan industri lebih tinggi dibanding di kawasan lahan persawahan, tambak, dan hutan. Tingginya suhu yang disebabkan oleh aktivitas industri juga sebanding dengan peningkatan suhu di kawasan pusat kota atau kawasan terbangun yang dominan bangunan beton dan juga aspal jalan raya.



Sumber: Wardhani, Eka 2006

**Grafik 2.10** Boxplot Suhu Udara Berdasarkan Penggunaan Lahan di Kota Semarang Tahun 2002

Suhu yang tinggi di kawasan tersebut mengakibatkan ketidaknyamanan bagi masyarakat setempat yang diukur berdasar indeks kenyamanan. Indeks kenyamanan ini didasarkan pada ukuran suhu tertentu yang dianggap masih toleran bagi tubuh manusia. Tubuh manusia membutuhkan iklim ideal pada suhu berkisar pada 27°C. Sementara itu, di kota Semarang, suhu berkisar pada minimum 23°C dan maksimum 33°C dengan situasi pada saat-saat tertentu dapat jauh melebihi suhu tersebut. Akibatnya, berdasarkan hasil kajian Eka Wardhani (2006), hampir seluruh kota Semarang khususnya di sekitar pusat kota dan kawasan industri, memiliki indeks kenyamanan yang rendah atau termasuk dalam kategori tidak nyaman. Jika dilihat pada gambar 2.6, hampir seluruh kota memiliki indeks kenyamanan yang rendah. Sebagian kota Semarang masih memiliki indeks kenyamanan yang tinggi, misalnya di daerah yang masih memiliki banyak pohon dan merupakan daerah diluar pusat industri dan di luar pusat kota.



Sumber: Wardhani, Eka 2006

**Gambar 2.6** Peta Sebaran Indeks Kenyamanan Kota Semarang

Bagian timur kota Semarang merupakan kawasan pusat industri. Pada wilayah pesisir yang berbatasan langsung dengan laut terlihat gradasi warna gelap yang berarti indeks kenyamanannya masih baik. Hal ini disebabkan faktor geografis pesisir memiliki karakteristik perputaran udara yang baik. Udara dan juga polutannya di pusat kota akan teralirkan ke arah laut dan menjadikan udara di sekitarnya tidak terlalu pekat oleh kandungan zat-zat polutan sehingga indeks kenyamanannya masih dalam batas toleransi.

## 7. Dampak Buruknya Kualitas Udara terhadap Kesehatan

Dampak berbagai jenis gas polutan terhadap kesehatan telah diteliti oleh banyak pihak, namun cara untuk menentukan dampaknya bermacam-macam, yaitu (1) eksperimen yang disebut *chamber studies*, (2) studi morbiditas (misalnya dengan mengenali *symptom*), (3) studi kunjungan ke rumah sakit, dan (4) studi mortalitas (Ayres dalam Hester and Harrison, 1998). Melalui cara-cara tersebutlah kemudian para ahli kesehatan lingkungan menentukan berbagai bentuk dampak dari menurunnya kualitas udara. Studi tentang dampak biasanya dilakukan, baik pada level individu maupun pada level populasi.

Karena kabut kota (*urban smog*), polusi partikulat, dan polutan beracun terkonsentrasi, penduduk kota memiliki risiko yang tinggi terhadap berbagai jenis penyakit, seperti iritasi mata, hidung, dan tenggorokan; gangguan-gangguan pernapasan (paru-paru); semakin memburuknya penyakit paru-paru dan jantung yang berujung pada meningkatnya risiko kematian, baik karena asma maupun serangan jantung; serta dampak jangka panjang berupa kanker, terganggunya sistem kekebalan tubuh, gangguan neurologi, reproduksi, dan respirasi. Meningkatnya berbagai risiko tersebut juga penting untuk dilihat dalam kerangka struktur umur penduduk kota. Penduduk dengan umur dan karakteristik tertentu memiliki resiko yang lebih besar dibanding yang lain. Anak-anak, orang tua, serta mereka yang berada dalam usia produktif, yang memiliki aktivitas (kerja) di luar ruangan serta memiliki gangguan pernapasan dan jantung adalah kelompok-kelompok yang beiesiko.

Selain dampak langsung terhadap manusia, menurunnya kualitas udara juga bisa berdampak buruk terhadap lingkungan, yang pada akhirnya akan berpengaruh pula terhadap manusia.

Dampak buruk terhadap lingkungan tersebut antara lain hujan asam, *eutrophication*, gangguan pertumbuhan tanaman dan hutan, menipisnya lapisan ozon, serta pemanasan global.

Semakin memburuknya kualitas udara di kota Bandung dan Semarang, baik secara langsung maupun tidak langsung, berdampak terhadap kesehatan lingkungan dan warga di kedua kota tersebut. Secara umum akibat yang dapat ditimbulkan oleh pencemaran udara antara lain ialah (1) terganggunya kesehatan manusia (batuk, bronkhitis, dan penyakit pernapasan); (2) rusaknya bangunan (pelapukan, korosi, dan memudarnya warna cat); (3) terganggunya pertumbuhan tanaman akibat konsentrasi gas  $\text{SO}_2$ ; (4) adanya peristiwa efek rumah kaca yang dapat menaikkan suhu udara secara global serta dapat mengubah pola iklim bumi; dan (5) terjadinya hujan asam yang disebabkan oleh pencemaran oksida nitrogen.

Berbagai studi (Pawenang (tt), Mifbakhuddin (2010), dan Dewi (1999)) telah dilakukan untuk meneliti dampak pencemaran udara terhadap kesehatan manusia. Hasilnya menunjukkan bahwa terdapat korelasi yang positif antara munculnya kejadian penyakit terkait kualitas udara dengan tempat kerja atau tempat tinggal penderita. Kondisi ini dapat dipahami karena sebagian besar dari penyakit yang terkait dengan kualitas udara bersifat jangka panjang atau menahun. Penduduk yang tinggal di lokasi yang terpapar oleh polusi gas-gas tertentu atau mereka yang bekerja di lokasi-lokasi yang terpapar memiliki kemungkinan lebih besar terkena penyakit. Sebuah studi yang bersifat umum dilakukan oleh Pawenang (tt) yang menunjukkan bahwa terdapat hubungan yang sangat kuat antara kondisi udara yang memburuk dengan kondisi kesehatan masyarakat. Pawenang menyatakan bahwa jumlah kunjungan terbanyak ke Puskesmas pada tahun 2000 adalah karena

gangguan saluran pernafasan, yaitu 148.975 kasus. Untuk wilayah Kecamatan Pedurungan, gangguan saluran pernafasan jumlahnya 13.301 kasus pada tahun yang sama. Lebih menarik lagi ialah studi Pawenang menemukan bahwa gangguan saluran pernafasan tersebut dialami oleh semua kelompok umur. Mifbakhuddin, dkk (2010) menunjukkan bahwa para pekerja SPBU yang sehari-hari secara langsung terpapar dengan asap kendaraan bermotor serta mengonsumsi makanan di warung di sekitar SPBU (yang diduga juga tercemar Pb) selain mengeluhkan berbagai kondisi yang mereka rasakan, seperti cepat lelah dan dada sesak, ternyata juga memiliki kadar Pb dalam darah yang melebihi ambang batas normal. Dewi, dkk (1999) menunjukkan bahwa terdapat korelasi antara kualitas udara dengan kualitas vital paru-paru penyapu jalanan di Semarang. Lebih lanjut studi tersebut menjelaskan bahwa zat pencemar yang paling berkorelasi dengan kondisi tersebut adalah  $\text{NO}_x$ .

Meski tidak didukung oleh data yang akurat, penduduk desa Jerakah, Purwoyoso, Tambakharjo, dan Tambakaji Timur mengeluhkan keberadaan pabrik IGYS, yang dituding sebagai penyebab terganggunya kesehatan balita dan bahkan dianggap sebagai salah satu penyebab polusi hingga ke wilayah perairan laut di Pulau Tirang (<http://wikimapia.org/7915053/id/Pabrik-Baja-penyumbang-polusi-udara-dan-air>).

## 8. Penutup

Pecemaran udara dan penurunan kualitas udara dalam dua puluh tahun terakhir di kota-kota besar Indonesia terus memperlihatkan intensitas yang semakin meningkat. Pencemaran udara dan penurunan kualitas udara dipicu pesatnya pembangunan dan alih fungsi lahan serta bertambahnya jumlah kendaraan bermotor/transportasi di kota. Selain itu, pencemaran udara juga

disebabkan oleh aktivitas kawasan industri. Sektor transportasi bukan merupakan satu-satunya kontributor dalam pencemaran udara yang terjadi di kota-kota besar.

Pencemaran udara secara umum diakibatkan oleh tiga jenis kegiatan yaitu industri, transportasi, dan kegiatan rumah tangga. Transportasi di jalan raya memberikan sumbangan yang cukup signifikan bagi pencemaran di perkotaan. Adapun jenis gas yang dominan sebagai sumber pencemaran udara antara lain  $\text{CO}_2$ ,  $\text{SO}_2$ ,  $\text{NO}_2$ , dan partikel debu serta timbal (Pb). Pencemaran udara yang berasal dari sumber-sumber di atas dapat memengaruhi kesehatan masyarakat dan kesehatan lingkungan. Apabila dihirup oleh manusia, hal itu dapat menimbulkan berbagai penyakit, seperti infeksi saluran pernafasan atas (ISPA), batuk, dan iritasi pada mata. Pencemaran udara juga memberikan pengaruh yang merugikan kesehatan manusia. Zat-zat polutan udara langsung memengaruhi sistem pernafasan dan pembuluh darah dan gangguan fungsi paru-paru akibat kenaikan konsentrasi zat  $\text{SO}_2$ , SPM, dan  $\text{NO}_2$ . Dalam jangka panjang zat tersebut dapat menyebabkan kematian. Jenis pencemar  $\text{CO}$ ,  $\text{NO}_x$ , HC,  $\text{CO}_2$ , dan Pb semuanya berbahaya bagi kesehatan masyarakat dan juga mengancam lingkungan hidup.

Solusi untuk mengurangi pencemaran antara kota Semarang dan Bandung tidak sama, sangat dipengaruhi oleh kebijakan masing-masing pemerintah daerah. Untuk mengurangi polutan udara Dinas Perhubungan Kota Semarang melakukan uji emisi pada setiap kendaraan besar (truk) yang melewati pantura secara periodik, dan apabila melebihi emisi yang ditetapkan, mereka direkomendasi untuk perbaikan (servis) di Dinas Perhubungan. Hal yang hampir sama kebijakan pemerintah kota Bandung mewajibkan semua kendaraan dinas (SKPD) harus uji emisi dan diberi stiker lulus uji emisi. Selain itu uji emisi dilakukan pada

angkutan kota (angkot) secara periodik. Namun demikian, uji emisi ini tidak ada sangsi, tidak berlanjut lagi. Selanjutnya Badan Lingkungan Hidup (BLH) di dua kota tersebut memasang papan informasi di beberapa wilayah kota tentang kondisi pencemaran udara. Papan informasi ini memberi informasi kepada masyarakat pencemaran udara (CO, NO<sub>x</sub>, HC, CO<sub>2</sub> dan Pb), sehingga masyarakat dapat mengantisipasi apa yang harus dilakukakn. Berkaitan dengan adanya pencemaran udara yang memberikan pengaruh merugikan kesehatan masyarakat, Dinas Kesehatan Kota Semarang dengan melakukan penyuluhan melalui poster-poster yang ditempel di setiap puskesmas, rumah sakit pemerintah/swasta yang berkaitan dengan berbahayanya zat-zat polutan udara tersebut terhadap kesehatan. Selain itu juga disarankan apabila seseorang terkena ISPA akibat polutan udara segera berobat ke dokter atau puskesmas terdekat. Kebijakan yang hampir sama juga dilakukan oleh Dinas Kesehatan Kota Bandung ditambah dengan melakukan penyuluhan langsung kepada masyarakat, terutama yang tinggal di sekitar kawasan industri.

Untuk mengurangi pencemaran udara Dinas Tata Kota Kota Semarang melakukan penanaman pohon-pohon di beberapa wilayah kota agar supaya terbangun hutan kota yang asri. Sementara di Bandung di sekitar kawasan industri dan permukiman baru dilakukan penanaman pohon-pohon untuk menyerap CO<sub>2</sub> dan kegiatan *urban farming* dengan berbagai jenis tanaman, terutama sayuran dan buah-buahan di sekitar kawasan sungai Cikapundung.

Adapun kebijakan pemerintah di dua kota yang berkaitan dengan lingkungan diantaranya Konervasi SDA dan Lingkungan Hidup. Pengendalian Pencemaran dan Kerusakan Lingkungan, pembangunan Ruang Terbuka Hijau (RTH) dan Hutan Kota (HT) di beberapa wilayah kota, BPBD Kota Semarang menyusun peta

wilayah rawan bencana yang diperkirakan mengalami kekeringan, kebakaran, banjir, dan rob. Sementara di Kota Bandung program berupa pembuatan hutan kota, penanaman pohon-pohon di daerah perbukitan, terutama di Bukit Dago utara yang saat ini kondisinya cukup kritis karena terjadi proses penggundulan dan alih fungsi lahan yang cukup membahayakan terjadinya longsor.

## 9. Daftar Pustaka

BPS Kota Bandung. 2002. *Kota Bandung dalam Angka Tahun 2002*. Bandung.

BPS Kota Bandung. 2003. *Kota Bandung dalam Angka Tahun 2003*. Bandung.

BPS Kota Bandung. 2004. *Kota Bandung dalam Angka Tahun 2004*. Bandung.

BPS Kota Bandung. 2005. *Kota Bandung dalam Angka Tahun 2005*. Bandung.

BPS Kota Bandung. 2006. *Kota Bandung dalam Angka Tahun 2006*. Bandung.

BPS Kota Bandung. 2007. *Kota Bandung dalam Angka Tahun 2007*. Bandung.

BPS Kota Bandung. 2008. *Kota Bandung dalam Angka Tahun 2008*. Bandung.

BPS Kota Bandung. 2009. *Kota Bandung dalam Angka Tahun 2009*. Bandung.

- BPS Kota Bandung. 2011. *Kota Bandung dalam Angka Tahun 2010*. Bandung.
- BPS Kota Semarang. 2005. *Kota Semarang dalam Angka Tahun 2005*. Semarang.
- BPS Kota Semarang. 2009. *Kota Semarang dalam Angka Tahun 2009*. Semarang.
- BPS Kota Semarang. 2011. *Kota Semarang dalam Angka Tahun 2010*. Semarang.
- BPS Provinsi Jawa Tengah. 2008. *Provinsi Jawa Tengah dalam Angka Tahun 2008*. Semarang.
- BPS Provinsi Jawa Barat. 2008. *Provinsi Jawa Barat dalam Angka Tahun 2008*. Bandung.
- Dewi, E.K., dkk. 1999. "Hubungan antara Paparan Polusi Udara dengan Kapasitas Vital Paru pada Penyapu Jalan di Kotamadia Semarang". FKM-Undip.
- Hester, R.E., and R.M. Harrison. 1998. *Air Pollution and Health 10: Issues in Environmental Science and Technology*. The Royal Society of Chemistry.
- Kantor Litbang dan PPSDAL-UNPAD. 2003. Ringkasan Eksekutif Pengkajian Pola Penghijauan di Kota Bandung.
- Mifbakhuddin; W. Meikawati, dan P. Mumpuni. 2010. "Hubungan antara Paparan Gas Buang Kendaraan (Pb) dengan Kadar Hemoglobin dan Eritrosit berdasarkan Lama Kerja

pada Petugas Operator Wanita SPBU di Wilayah Semarang Selatan”. Dalam *Jurnal Kesehatan Masyarakat Indonesia*, Vol. 6, No. 2 Tahun 2010.

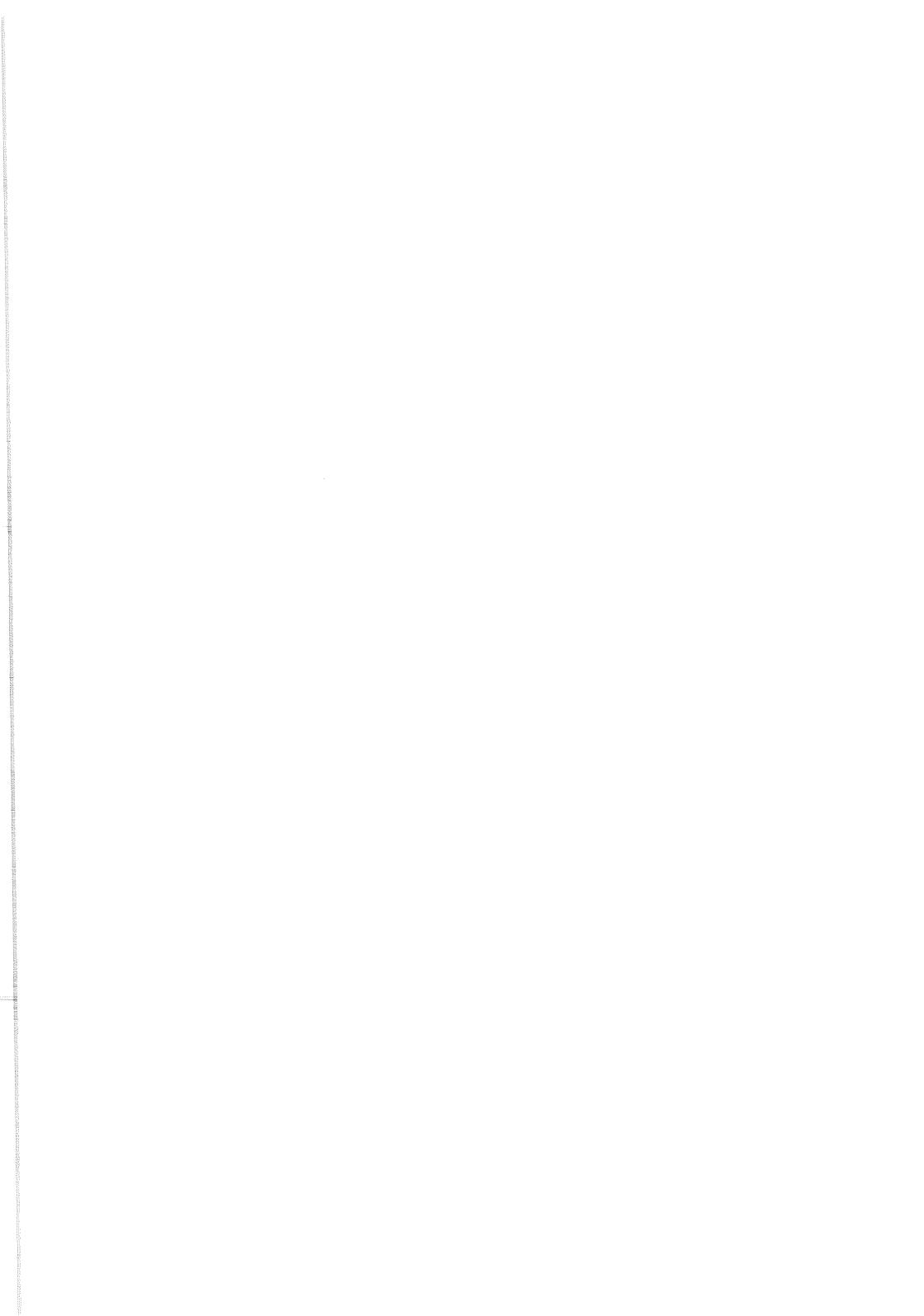
Muldiyanto, Agus, H. Mudjiastuti, dan M. Wiwoho. --. “Kualitas Udara akibat Kegiatan Transportasi Di Kota Semarang”. Prosiding Seminar Nasional Sistem Transportasi Indonesia.

Pawenang, Tunggul. --. “Hubungan antara faktor meteorologi, kualitas udara ambien dan kejadian gangguan saluran pernafasan di Kecamatan Pedurungan Semarang”. Tesis, UI.

Prawira, Yuda dkk. 2005. Analisis Spasial Lahan Kritis di Kota Bandung Utara Menggunakan “Open Source Grass”. Makalah pada *Pertemuan Ilmiah Tahunan MAPIN XIV “Pemanfaatan Efektif Penginderaan Jauh Untuk Peningkatan Kesejahteraan Bangsa”*.

Tauhid. 2008. *Kajian Jarak Jangkauan Efek Vegetasi Pohon terhadap Pada Suhu Udara Siang Hari di Perkotaan : Studi Kasus di Kawasan Simpang Lima Kota Semarang*. Semarang: Universitas Diponegoro.

Wardhani, Eka. 2006. “Pengkajian Suhu Udara dan Indeks Kenyamanan dalam Hubungannya”. Tugas Akhir. Tidak Diterbitkan.



# 3

## PERSEPSI MASYARAKAT TENTANG PERUBAHAN SUHU<sup>2</sup>

*Oleh: Fadri Alibar*

### 1. Pengantar

Tingkat polusi udara di kota-kota besar Asia pada umumnya telah melampaui standar yang ditetapkan oleh WHO, bahkan pada kasus partikel debu dan asap tingkat pencemarannya telah lebih dari dua kali lipat rata-rata dunia (WHO, 2002; 2005). Berbagai studi menunjukkan bahwa buruknya kualitas udara di perkotaan saat ini semakin diperparah oleh gejala peningkatan suhu muka bumi secara global. Gejala tersebut sejak lama menjadi fokus studi di wilayah perkotaan adalah *urban heat island* (UHI). Dengan semakin menguatnya isu perubahan iklim (peningkatan suhu global), maka gejala UHI menjadi semakin penting untuk dicermati. Salah satu komponen yang merasakan langsung gejala tersebut adalah penduduk wilayah perkotaan, terutama mereka yang tinggal di wilayah permukiman kumuh. Kondisi lingkungan (keterbatasan ruang terbuka hijau), kepadatan penduduk (rumah berdempet, tanpa ventilasi), serta kondisi ekonomi menyebabkan mereka tidak mampu merekayasa kondisi *micro climate* lingkungan mereka. Akibatnya, penduduk wilayah kota semacam ini menjadi pihak yang merasakan dampak yang paling langsung dari gejala UHI.

---

2 Terimakasih kepada Sdr. Rusli Cahyadi dan Gusti Ayu Ketut Surtiari yang telah memberikan sentuhan grafik dan gambar pada artikel ini.

Pemahaman yang mendalam akan persepsi dan sikap masyarakat tentang kualitas udara merupakan suatu hal yang penting dalam upaya pelibatan mereka untuk mengurangi dampak dan sumber polusi (Saksena, 2007). Perbedaan latar belakang dan karakteristik sosial-budaya dan ekonomi masyarakat berimplikasi pada persepsi dan sikap mereka. Studi tentang persepsi dan pemahaman masyarakat terkait polusi dan kualitas udara menurut Saksena (2007) masih relatif jarang. Padahal, pemahaman akan persepsi masyarakat sangat penting dalam upaya pelibatan mereka dalam kegiatan baik mitigasi maupun adaptasi, terhadap peningkatan suhu. Di tengah perubahan teknologi dan pengembangan model manajemen lingkungan yang baru, pelibatan masyarakat menjadi suatu hal yang tak terhindarkan. Semakin mudahnya alat-alat teknologi, baik untuk mempermudah kehidupan maupun merekayasa suhu lingkungan *indoor*, disatu sisi akan kian meningkatkan ancaman terhadap peningkatan suhu di wilayah perkotaan.

Bagi kalangan akademisi, mereka dengan mudah menentukan berbagai parameter perubahan kualitas udara. Namun dalam realita kehidupan masyarakat akan ditemukan berbagai anomali yang bertolak belakang dengan teori-teori yang ada. Oleh karenanya pemahaman tentang perubahan kualitas udara harus berangkat dari pengalaman kognitif sekelompok masyarakat yang hidup dalam sebuah komunitas.

Lokasi kajian ini ialah dua buah kota yang berbeda, baik secara fisik maupun sosio-kultural, yaitu Semarang dan Bandung. Pertama, kota Semarang terletak di lembah sebuah delta yang sangat luas di utara Pulau Jawa. Semarang merupakan kota terpadat dengan berbagai aktivitas sosial ekonomi di daerah pantura. Daerah tersebut mempunyai karakteristik yang sangat unik karena

terletak di di dataran aluvial yang sangat labil, sehingga daratannya cenderung mengalami penurunan setiap tahun. Akibatnya, kota Semarang selalu mengalami permasalahan yang berkaitan dengan banjir (rob) dan air bersih karena adanya intrusi air laut (lihat PPK, 2011).

Kedua, kota Bandung merupakan daerah dengan iklim pegunungan karena terletak di dataran tinggi. Namun, hawa pegunungan tersebut tidak lagi menjadi aura kota Bandung dan sekarang berganti dengan kekumuhan dan kemacetan. Bandung seperti halnya Semarang, merupakan kota yang tumbuh dan menjelma menjadi kota metropolitan yang sarat dengan berbagai aktivitas, terutama dari segi ekonomi. Sekarang Bandung menjadi kota sekunder bagi daerah sekitarnya, khususnya bagi penduduk Jakarta, yang selalu membanjir setiap akhir pekan.

Kota Semarang dan Bandung merupakan dua buah kota yang sangat kontras jika dilihat, baik dari fisiografi maupun klimatologi. Namun, kekontrasan tersebut sekarang berubah menjadi sebuah persamaan yaitu kedua kota tersebut telah mengalami gejala yang disebut *urban heat island/UHI* (Tursilowati, 2011).

Tulisan ini mencoba mendeskripsikan pemahaman dan persepsi masyarakat tentang perubahan kualitas udara yang terjadi di lingkungan mereka. Tulisan ini juga mencoba untuk mengelaborasi berbagai *coping mechanism* yang dilakukan oleh masyarakat dalam menghadapi perubahan tersebut. Tulisan ini pada dasarnya adalah studi kasus (Semarang dan Bandung). Namun, demikian hingga tingkatan tertentu berbagai temuan terkait persepsi dan *coping mechanism* hingga tingkatan tertentu bisa digeneralisasi (setidaknya mewakili) kota-kota lain di Indonesia.

## 2. Perubahan Suhu dan UHI

Berbagai studi menunjukkan bahwa menurunnya kualitas udara di wilayah perkotaan di Asia disebabkan oleh 4 faktor utama, yaitu (1) faktor demografi (pertambahan jumlah penduduk) serta urbanisasi (konsentrasi penduduk di wilayah perkotaan); (2) kemajuan ekonomi, yang menyebabkan terjadinya industrialisasi; (3) konsumsi energi karena peningkatan kondisi ekonomi penduduk, gaya hidup serta gejala industrialisasi; dan (4) motorisasi karena meningkatnya jumlah kendaraan bermotor, terutama di wilayah perkotaan.

Keempat faktor tersebut saling terkait satu sama lain, membentuk rantai yang saling memengaruhi empat faktor penyebab tersebut kemudian berperan dalam memperburuk faktor penekan terjadinya polusi udara yaitu emisi polutan dan meningkatnya konsentrasi gas rumah kaca (GRK). Keadaan kian diperburuk dengan gejala *transboundary air pollution*.

Dalam kaitannya oleh gejala *transboundary air pollution*, kajian tentang geografi, topografi, serta meteorologi menjadi penting. Lokasi sebuah kota secara geografis dan topografis akan memengaruhi proses-proses meteorologi yang terjadi dalam konteks *micro climate*. Isu inilah yang diwakili oleh Kota Bandung sebagai salah satu lokasi penelitian. Perubahan suhu udara yang drastis dan dalam waktu cepat di kota Bandung berkaitan dengan hal tersebut.

Lokasi sebuah kota secara geografis menentukan kondisi persebaran/pengaliran udara yang pada gilirannya memengaruhi kondisi meteorologis setempat. Dalam kajian-kajian tentang UHI di kota dengan letak geografis seperti Bandung, suhu kota

sering mengalami stagnasi pada saat suhu (seharusnya) sudah turun. Stagnasi suhu terjadi karena lemahnya kecepatan angin dan kecilnya pertukaran udara antara lembah (kota) dengan wilayah sekitarnya. Suhu yang tinggi dan iklim yang panas disatu sisi dan polusi yang berasal dari kendaraan, industri serta rumah tangga pada sisi lain menyebabkan kota menjadi semacam kotak tertutup dimana unsur-unsur polutan saling bereaksi satu dengan lainnya.

Beberapa kota memiliki karakteristik angin tertentu karena topografi lokal di kota yang dikelilingi oleh gunung, pada siang hari udara mengalir menuju ke wilayah gunung yang lebih hangat yang kemudian membentuk formasi awan dan menghasilkan hujan. Namun, pada malam hari sistemnya berbalik. Suhu yang turun di lembah (kota) menyebabkan munculnya polusi pada tingkat lokal.

Faktor lain yang menyebabkan terjadinya peningkatan suhu lokal di wilayah perkotaan adalah luas wilayah terbangun dibanding wilayah yang masih ditutupi vegetasi tumbuhan. Salah satu konsep penting dalam menilai peningkatan suhu di wilayah perkotaan adalah *albedo*, yaitu perbandingan antara radiasi surya yang dipantulkan dengan radiasi yang datang. Semua jenis tutupan, baik tanaman maupun bangunan, memiliki nilai albedo. Nilai albedo tanaman jauh lebih tinggi dibanding bangunan. Suhu dari permukaan bangunan yang gelap dan kering jika terkena sinar matahari langsung bisa mencapai 88°C, sedangkan permukaan tanah yang lembab dan dinaungi oleh pepohonan hanya mencapai 18°C (Gartland, 2008). Ini berarti bahwa bangunan lebih banyak menyerap radiasi matahari. Artinya, semakin luas wilayah terbangun, baik karena bangunan, jalan maupun semen, akan semakin besar kemungkinan peningkatan suhu lokal. Berbagai studi kemudian berupaya menunjukkan pentingnya memperbanyak ruang terbuka hijau sebagai salah satu cara, baik untuk mengurangi peningkatan

suhu lokal maupun mengurangi gejala *urban heat island* (Rushayati, dkk., 2011).

Berdasar uraian di atas dapat dikatakan bahwa terdapat beberapa faktor yang mempengaruhi perubahan suhu dan gejala UHI di wilayah perkotaan. Secara umum, faktor tersebut disimpulkan dalam tabel 3.1.

**Tabel 3.1** *Karakteristik Kota, Peningkatan Suhu, dan UHI*

| Karakteristik kota yang berkontribusi terhadap peningkatan suhu dan munculnya gejala UHI | Dampaknya terhadap keseimbangan Energi |
|--|--|
| Kurangnya vegetasi/tanaman   | Mengurangi evaporasi                   |
| Meluasnya permukaan impermiabel  | Mengurangi evaporasi                   |
| Meningkatnya fungsi difusifitas material perkotaan                                       | Meningkatkan penyimpanan panas         |
| Rendahnya sifat reflektitas sinar matahari pada material perkotaan                       | Meningkatnya radiasi                   |
| Geometri (bentuk) kota yang memerangkap panas  | Meningkatnya radiasi                   |
| Geometri (bentuk) kota yang memperlambat kecepatan angin                                 | Mengurangi proses <i>convection</i>    |
| Meningkatnya polusi udara  | Meningkatnya radiasi                   |
| Meningkatnya penggunaan energi   | Meningkatnya suhu antropogenik         |

*Sumber: Gartland, 2008: 16*

Dalam kaitannya dengan bangunan, studi-studi yang mengaitkan antara suhu dalam konteks kota, baik indoor maupun outdoor menunjukkan dua kecenderungan, yaitu menguatnya kampanye untuk membuat bangunan yang ramah lingkungan/*green building* (lihat tulisan ke-5 dalam buku ini) dan upaya menemukan kembali *local wisdom* pada bangunan-bangunan vernakular (Kato & Hiyama eds., 2012; Roaf, dkk., 2005). Pada kedua kecenderungan tersebut isu terpenting adalah terkait dengan penggunaan *air conditioning* (AC) sebagai instrumen penting untuk mengatasi suhu yang panas. Kampanye *green building* menguat karena masifnya penggunaan AC di wilayah perkotaan saat ini. Di Singapura, misalnya, pada tahun 1960-an ketika apartemen/rumah susun mulai dibangun atau bahkan di Indonesia pada tahun 1980-an awal, tidak ada penggunaan AC di bangunan-bangunan tersebut. Saat ini di Singapura tidak ada lagi bangunan tinggi yang tidak menggunakan AC (Roaf, dkk., 2005: 221). Demikian pula rumah susun yang ada di Jakarta hampir semuanya telah menambahkan AC sebagai salah satu alat kenyamanan. Kearifan lokal dalam bangunan vernakular berkaitan dengan desain bangunan yang menyesuaikan dengan kondisi lokal. Ciri utama bangunan vernakular adalah memperhatikan aliran udara. Di negara-negara tropis, hingga saat ini masih bisa ditemukan rumah atau bangunan bertingkat yang tidak menggunakan AC. Penggunaan bukaan (jendela yang lebar), rumah di atas tiang, dan penggunaan material dinding yang menjamin keluar masuknya udara merupakan contoh solusi yang telah lama ditemukan pada bangunan vernakular.

### 3. Suhu dan Kenyamanan

Beberapa studi menunjukkan bahwa suhu berhubungan dengan tingkat kenyamanan (Kato & Hiyama Eds., 2012). Secara lebih spesifik tingkat kenyamanan berkaitan dengan suhu juga

harus diperhatikan dalam konteks yang lebih spesifik, yaitu *outdoor* dan *indoor*. Pada kategori *outdoor*, berbagai studi menunjukkan bahwa lokasi menentukan tingkat kenyamanan, misalnya di taman, di jalan, atau di *square*. Secara umum persepsi penduduk terhadap suhu dan tingkat kenyamanan dipengaruhi oleh kondisi *regional* dan *seasonal*. Penduduk yang tinggal di lokasi geografis berbeda memiliki ekspektasi yang berbeda terhadap suhu dan kenyamanan. Demikian pula dengan musim. Penduduk yang tinggal pada musim yang berbeda memiliki ekspektasi yang berbeda pula terhadap suhu dan kenyamanan.

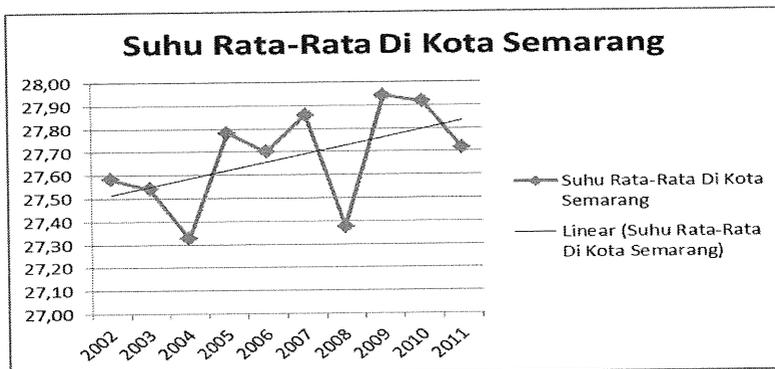
Dalam konteks *indoor*, kondisi lingkungan wilayah perkotaan membawa penduduknya pada dua pilihan yang bertolak belakang antara aspek kenyamanan dengan kesehatan. Untuk alasan kesehatan, kualitas udara, suhu, dan tingkat kebisingan, bangunan (rumah) harus didesain dalam bentuk tertutup, dengan bukaan yang minimal. Bukaan yang minimal pada gilirannya meningkatkan penggunaan kaca untuk “menyambung” bagian *indoor* dengan *outdoor*. Untuk mempertahankan kenyamanan dalam ruangan yang tertutup semacam itu, penyejuk ruangan menjadi satu-satunya pilihan yang masuk akal. Pilihan lain untuk meningkatkan kenyamanan adalah dengan memperbanyak tanaman. Namun, dengan kondisi lahan yang terbatas, pilihan ini bisa dikatakan mustahil bagi sebagian besar warga kota, apalagi mereka yang tinggal di permukiman kumuh.

Upaya untuk mempertahankan kenyamanan inilah yang pada akhirnya akan semakin memperbesar penggunaan energi yang mendorong semakin buruknya kualitas udara dan suhu. Lingkaran setan kenyamanan dan kesehatan inilah yang kemudian dicoba untuk diatasi melalui pengembangan teknologi yang lebih ramah lingkungan dengan menggunakan lebih sedikit energi dan

menghasilkan lebih sedikit polutan, perluasan ruang terbuka hijau di tingkat komunitas dan kota, serta konsep *vertical urban farming/greening*.

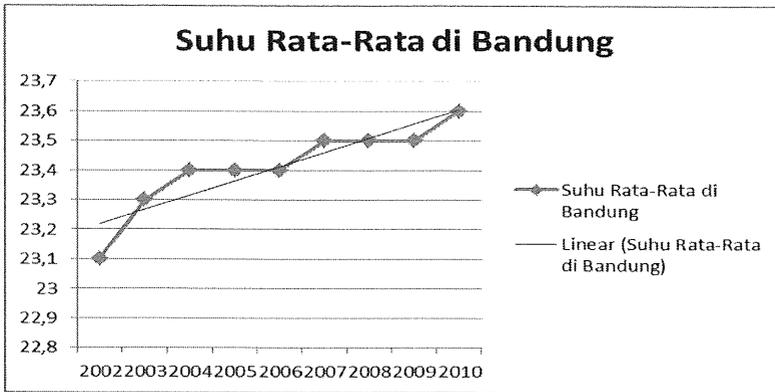
#### 4. Persepsi Masyarakat di Kota Semarang dan Kota Bandung tentang Perubahan Suhu Udara

Salah satu fenomena dari perubahan iklim adalah adanya variabilitas suhu udara, yaitu berkecenderung meningkat. Pada tahun 1993 - 2002, peningkatan suhu dan juga persebarannya di Semarang dan Bandung sudah disebutkan dalam hasil penelitian Tursilowati (2007). Sementara itu, kecenderungan kenaikan suhu ternyata juga terus terjadi dalam rentang waktu selanjutnya, yaitu tahun 2002 - 2010 seperti terlihat pada grafik 3.1 dan 3.2.



Sumber: Data BMKG, 2012

**Grafik 3.1** *Suhu Rata-Rata di Kota Semarang Tahun 2002 - 2010*



Sumber: BPS. Kota Bandung dalam Angka Tahun 2002 – 2010  
**Grafik 3.2** Suhu Rata-Rata di Kota Bandung Tahun 2002 – 2010

Karakteristik geografis kota Semarang dan kota Bandung sangat berbeda. Kota Semarang identik dengan suhu yang lebih tinggi dibanding suhu di kota Bandung. Kota Semarang memiliki suhu rata-rata 27°C dan kota Bandung suhu 23 °C. Fluktuasi suhu di kota Semarang juga lebih variatif dibanding kota Bandung. Suhu yang signifikan meningkat di kota Bandung tidak terlepas dari masifnya alih fungsi lahan, bahkan di dataran tinggi yang merupakan kawasan perbukitan dengan fungsi sebagai resapan. Berkurangnya kawasan hijau secara langsung meningkatkan panas di kota tersebut. Sementara itu, berdasarkan sejarahnya kota Semarang sudah merupakan kota industri dan kota pelabuhan yang identik dengan dominannya kawasan terbangun dan berlokasi di kawasan pesisir Laut Jawa.

Meningkatnya suhu udara sebagaimana yang tercatat melalui data BMKG, ternyata memang dirasakan oleh sebagian responden di dua kota. Responden, baik di kota Semarang maupun kota Bandung, lebih dari 90 persen menyatakan bahwa telah terjadi

perubahan suhu di kota mereka (lihat grafik 7). Secara spesifik responden menyatakan bahwa sekitar sepuluh tahun yang lalu mereka tidak pernah menggunakan kipas angin. Namun, sekarang pemakaian kipas angin menjadi fenomena yang umum di kalangan menengah ke bawah untuk mengurangi tingginya suhu udara. Hal ini kiranya merupakan cerminan pemukiman penduduk yang semakin padat dan kumuh yang mengakibatkan sirkulasi udara tidak berjalan sebagai mana mestinya. Kondisi tersebut telah mengakibatkan pemakaian energi juga semakin meningkat.

Selain terasa lebih gerah, hasil survei di kota Bandung menyebutkan bahwa kualitas udara pun terasa lebih berasap, dan kotor serta berbau. Udara yang lebih kotor dan berasap disebutkan oleh responden akibat dari semakin banyaknya kendaraan di dalam kota dan sekitarnya. Udara kotor yang dirasakan oleh masyarakat Kota Bandung juga dibarengi dengan banyaknya debu di jalanan. Akibatnya ada kecenderungan masyarakat yang keluar rumah menggunakan masker. Padahal, lima tahun yang lalu pun belum banyak diantara kelompok masyarakat menggunakan masker, baik bagi pejalan kaki maupun bagi pengendara kendaraan bermotor. Udara yang kotor dan berasap itu membuat pernafasan menjadi tambah sesak. Padahal, dulu kota Bandung dikenal memiliki udara yang segar, sehingga menjadi tujuan untuk beristirahat di akhir pekan bagi warga Jakarta dan sekitarnya. Dengan demikian perubahan suhu udara juga berdampak terhadap terjadinya perubahan perilaku manusia.

Faktor yang paling banyak memengaruhi terjadinya perubahan suhu udara di kota-kota besar di Indonesia di antaranya ialah industri, efek rumah kaca, dan kendaraan bermotor. Ketiga komponen tersebut saling berlomba menjadi sumber pencemaran udara, khususnya di daerah perkotaan. Semua ini

merupakan kebijakan warisan pemerintah masa lalu yang hanya mengejar pertumbuhan. Keunggulan teknologi canggih dengan menggunakan mesin telah menggeser teknologi padat karya yang biasanya menggunakan tenaga manusia. Hal ini sangat terasa bagi penduduk di daerah pedesaan yang menggantungkan hidupnya pada sektor pertanian. Penggunaan traktor dalam mengolah sawah telah mengakibatkan buruh tani banyak yang menganggur. Faktor tersebut telah mendorong sebagian besar penduduk desa berbondong-bondong ke daerah perkotaan untuk mencari pekerjaan.

Akibat urbanisasi tersebut, kota semakin bertambah padat, seperti yang terlihat pada kota-kota besar di Indonesia, khususnya di Jawa. Dua di antara kota tersebut adalah kota Semarang dan Bandung yang saat ini jumlah penduduknya semakin meningkat dan padat. Jumlah penduduk Semarang pada tahun 2011 sebesar 1,5 juta jiwa dan Bandung sebesar 2,5 juta jiwa (Monografi Kota Semarang 2011 dan Bandung 2011). Bahkan, Semarang termasuk di antara sepuluh kota terpadat di Indonesia. Pertambahan jumlah penduduk di kota Semarang berimplikasi pada semakin luasnya wilayah terbangun yang berkontribusi terhadap peningkatan suhu udara.

Wilayah terbangun di kota Semarang hingga pada tahun 2006 sebesar 35,58%, bertambah dari 27,52% pada tahun 2001. Hasil analisis penutupan lahan yang dilakukan oleh Rushayati, dkk., (2011) dengan menggunakan citra *landsat* tahun 2003 dan tahun 2008 untuk kota Bandung diketahui bahwa beberapa jenis penutupan lahan mengalami peningkatan di antaranya adalah lahan terbuka, permukiman, industri, dan tanah terbuka. Sementara, beberapa jenis penutupan lahan yang berkurang adalah hutan, kebun campur, dan sawah. Angka yang sangat mengejutkan

ditunjukkan oleh Rushayati dkk (2011) terkait dengan pertambahan jumlah wilayah terbangun dari 9% pada tahun 2003 menjadi 22% pada tahun 2008. Pada tahun 2010 luas wilayah terbangun bahkan telah mencapai 25% (<http://metropolitan.jabarprov.go.id/ourWorks/Bandung-Raya>).

**Tabel 3.2** *Jenis Tutupan Lahan di Kota Bandung Tahun 2003 dan 2008*

| Jenis Penutupan Lahan | 2003 (Ha)  | 2008 (Ha)  |
|-----------------------|------------|------------|
| Hutan                 | 59.893,82  | 30.454,10  |
| Lahan Pertanian       | 96.841,14  | 93.709,87  |
| Lahan Terbangun       | 15.950,97  | 36.688,95  |
| Lahan Terbuka         | 3.552,73   | 8.524,09   |
| Total                 | 176.238,66 | 169.377,01 |

*Sumber: Rushayati, dkk 2011*

Baik di Semarang maupun Bandung ada permukiman kumuh. Kepadatan penduduk kota Semarang pada tahun 2011 sebesar 4.100 jiwa per kilometer persegi. Daerah yang paling padat adalah Kecamatan Semarang Selatan (14.000 jiwa per kilometer persegi), Kecamatan Candisari (12.000 jiwa per kilometer persegi), Kecamatan Semarang Tengah (11.800 jiwa per kilometer persegi), dan Kecamatan Semarang Utara (11.600 jiwa per kilometer persegi). Keempat kecamatan tersebut merupakan pusat perekonomian di kota Semarang.

Daerah-daerah dengan tingkat kepadatan penduduk yang tinggi cenderung menimbulkan permukiman kumuh. Beberapa karakteristik permukiman kumuh antara lain adalah ketersediaan air bersih yang masih terbatas, sistem drainase buruk, kepadatan penduduk 100 per satu hektar, serta tidak memiliki jarak antara rumah yang satu dengan rumah yang lain. Di Semarang terdapat sekitar 42 permukiman kumuh yang sebagian besar menempati bantaran kali Seroja. Permukiman kumuh tersebut telah ada puluhan tahun yang lalu. Penduduk permukiman kumuh adalah penduduk yang paling merasakan dampak buruk perubahan lingkungan yang terjadi. Dalam kaitannya dengan peningkatan suhu, penduduk di permukiman kumuh telah merasakan hal ini jauh sebelum isu ini mengemuka. Dengan luas bangunan yang ditempati, jumlah penghuni tiap bangunan, rapatnya jarak antarbangunan, serta kurangnya ruang terbuka dan tanaman, permukiman kumuh identik dengan suhu yang tinggi.

Terbatasnya daya dukung lingkungan merupakan faktor utama yang menyebabkan sebuah daerah menjadi kumuh. Daya dukung lingkungan tidak mampu lagi menampung berbagai kegiatan penduduk, baik dari segi tempat tinggal maupun segi ekonomi. Industri-industri yang berada pada lahan terbatas merupakan sumber utama pencemaran lingkungan, baik fisik maupun udara. Limbah industri berupa CO atau CO<sub>2</sub> yang dibuang cenderung tidak terkontrol dan ini merupakan salah satu penyebab meningkatnya temperatur udara.

Anglomerasi penduduk di permukiman padat biasanya dihuni oleh anggota masyarakat dengan tingkat ekonomi kelas bawah. Mereka terpaksa bertempat tinggal di permukiman padat penduduk karena harganya relatif murah dan kemungkinan dekat dengan tempat pekerjaan. Karakteristik penduduknya sebagian

besar bekerja di sektor ekonomi marjinal, seperti di sektor informal. Rendahnya pendapatan mengakibatkan mereka terpaksa tinggal di daerah-daerah yang sudah melampaui daya dukung lingkungan.

Pada umumnya masyarakat yang berdomisili di kota Semarang dan Bandung mengetahui telah terjadi perubahan suhu udara. Hanya saja masyarakat kota Bandung sedikit lebih banyak merasakan perubahan suhu tersebut karena kota Bandung yang dulunya beriklim hawa pegunungan tiba-tiba mengalami perubahan temperatur secara drastis. Hal ini tentunya secara alami dengan bahasa tubuhnya mereka dengan mudah mengetahui apa yang terjadi di sekitarnya.

Bandung pada saat ini dikenal merupakan salah satu kota yang paling padat setelah Jakarta. Kepadatan penduduk kota Bandung terlihat cukup tinggi yaitu mencapai 14.000 jiwa per kilometer persegi. Daerah yang paling padat penduduknya di kota Bandung adalah Kecamatan Bojongloa Kaler, yaitu 39.000 jiwa per kilometer persegi. Karena tingkat kepadatannya yang sangat tinggi dapat dipastikan Kecamatan Bojongloa Kaler sangat kumuh. Hal ini mengingat luas daerah tersebut hanya 3 kilometer persegi. Di kota Bandung terdapat sekitar 194 permukiman kumuh. Di antara permukiman kumuh tersebut terdapat 29 pemukiman dengan kategori tinggi, 88 pemukiman dengan katagori sedang, dan 77 permukiman dengan kategori rendah.

Pada saat ini kota Bandung mengalami perkembangan yang pesat sekali sejalan dengan tumbuhnya permukiman baru yang cenderung tidak ramah lingkungan. Banyak sekali gunung-gunung di daerah sekitar Bandung yang dulunya kaya dengan hutan untuk menyerap Carbon Monoksida (CO) sekarang menjadi gundul dan berubah menjadi komplek perumahan kalangan elit.

Menurut Rushayati, dkk., (2011) beberapa kecamatan di Bandung yang memiliki rata-rata suhu yang lebih tinggi ialah Kecamatan Margahayu, Margaasih, Dayeuhkolot, Baleendah, Bojongsoang, Rancaekek, Cilenyi, Pameungpeuk dan Majalaya

Walaupun dalam kawasan yang kecil, hutan sangat bermakna bagi sebuah kota karena berfungsi sebagai paru-parunya. DKI Jakarta merupakan salah satu kota yang menerapkan pentingnya arti sebuah hutan bagi sebuah daerah perkotaan. Secara khusus pemerintah DKI Jakarta telah merancang dan membangun hutan kota sebagai Ruang Terbuka Hijau (RTH). RTH tersebut merupakan jawaban sekaligus pengejawantahan menghadapi perubahan iklim agar kota menjadi lebih hijau dan dapat mengurangi polusi udara yang cenderung semakin kotor. RTH juga diharapkan menjadi daerah resapan air.

Luasnya RTH berdampak positif terhadap menurunnya temperatur udara dan perbaikan kualitas udara pada suatu daerah, demikian pula sebaliknya (Rushayati, dkk., 2011; Wardhani, 2006). Daerah-daerah yang mempunyai RTH yang sedikit mengalami peningkatan temperatur dan kualitas udaranya semakin buruk karena semakin sedikitnya pohon-pohon yang ada di RTH yang menyerap CO maupun CO<sub>2</sub>. Kota-kota yang telah memiliki RTH telah menerapkan peraturan yang sangat ketat tentang penebangan pohon-pohon, walaupun hanya satu batang pohon sekali pun.

Pada saat ini secara kasat mata berbagai apartemen bertumbuhan di kota Bandung, namun semuanya untuk kalangan menengah ke atas. Artinya, pembangunan apartemen tersebut merupakan *trend* tumbuhnya kota sebagai kota modern, namun tidak menyelesaikan persoalan yang ada di daerah perkotaan secara keseluruhan. Sementara itu, di daerah bagian lain kota

Bandung bertebaran permukiman dengan kepadatan yang sangat tinggi dengan menempati beberapa daerah bantaran sungai. Kota-kota yang lahannya cenderung semakin terbatas seharusnya membangun rumah-rumah susun untuk menampung penduduk dari permukiman padat.

Kondisi seperti inilah yang mengakibatkan terjadinya perubahan suhu udara, khususnya di daerah permukiman padat. Hal ini tercermin dari persepsi masyarakat kota Semarang dan Bandung yang lebih dari 90%-nya menyatakan bahwa telah terjadi perubahan suhu di kota mereka (lihat diagram 1). Semuanya menyatakan bahwa suhu saat ini lebih panas dibanding sepuluh tahun lalu. Di Bandung, 99% responden menyatakan bahwa telah terjadi perubahan suhu. Sementara itu, di Semarang “hanya” 93% yang menyatakan seperti itu. Pernyataan lebih panas disampaikan oleh responden di Bandung melalui tiga variasi jawaban, yaitu “sekarang lebih panas”, “dulu lebih dingin” dan “sekarang lebih hangat”. Beberapa jawaban yang masuk dalam kategori lebih panas menunjukkan pengalaman yang spesifik, di antaranya adalah jawaban bahwa “kalau subuh dan malam hari lebih panas” dan “lebih panas di jalan”. Sementara itu, dalam kategori “dulu lebih dingin” terdapat jawaban, “dulu pagi masih ada embun/kabut”.

Di Semarang, dari total responden yang menyatakan telah terjadi perubahan suhu, secara umum menyatakan bahwa sekarang ini suhu lebih panas. Variasi jawaban responden lebih sedikit dibanding Bandung. Hanya ada dua kategori jawaban untuk menyatakan suhu lebih panas, yaitu lebih panas (95%) dan lebih panas lagi (5%). Menariknya, dalam kategori lebih panas lagi terdapat jawaban spesifik yang menyatkan “jauh lebih panas”, “panas banget”, dan “lebih parah”.

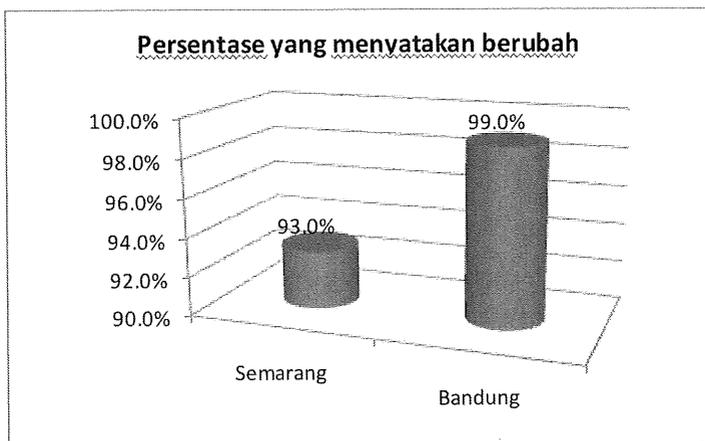
Jawaban responden di Semarang dan Bandung terkait dengan telah terjadinya perubahan suhu menunjukkan kesejajarannya dengan data makro perubahan suhu yang terjadi di kedua kota. Perubahan suhu di Semarang telah terjadi sejak kurun waktu yang lebih panjang dengan kenaikan suhu yang relatif lebih landai. Sementara itu, di kota Bandung, perubahan suhu terjadi dalam kurun waktu yang sangat singkat dengan kenaikan yang relatif tinggi. Perubahan ini dirasakan oleh hampir semua penduduk karena sifatnya yang “mendadak” dan cepat. Studi Rushayati, dkk. (2011) yang telah dikutip diatas, relevan dengan persepsi penduduk yang tercermin dalam variasi jawaban.

Perubahan yang cepat dalam waktu yang relatif singkat tercermin dalam jawaban responden di Kota Bandung yang lebih variatif. Variasi jawaban untuk kategori lebih panas menunjukkan kedekatan pengalaman responden dengan apa yang terjadi dengan lingkungan mereka. Demikian pula jawaban spesifik yang merujuk pada waktu (subuh), maupun kejadian (embun atau kabut) menunjukkan bahwa responden dengan teliti memperhatikan perubahan yang terjadi.

Sebaliknya, kategori jawaban responden di Semarang mengacu pada satu jawaban yang sama, yaitu lebih panas tanpa ada variasi yang menunjukkan kondisi pada masa lalu (apakah lebih dingin?). Variasi hanya muncul pada kategori jawaban yang menyatakan sangat panas. Penduduk Semarang tampaknya telah mulai beradaptasi terhadap terjadinya perubahan suhu, yang tercermin dari lebih sedikitnya penduduk yang menyatakan kondisi saat ini lebih panas dari sebelumnya (ada 7% yang menyatakan sama saja dibanding 1% di Bandung) serta ketiadaan variasi jawaban yang merujuk pada pengamatan yang cermat terhadap perubahan yang terjadi di sekitar mereka. Rendahnya pengamatan

cenderung terjadi karena apa yang terjadi sudah diterima sebagai hal yang biasa.

Meskipun studi ini tidak menunjukkan apakah peningkatan suhu yang diacu oleh responden merupakan suhu di dalam atau di luar rumah ataupun suhu di jalan atau di taman. Temuan tersebut merupakan bentuk pemahaman masyarakat akan perubahan yang terjadi pada lingkungan mereka. Informasi dari responden di Semarang dan Bandung dapat menjadi acuan bagi upaya pengurangan dampak peningkatan suhu. Harus disadari secara kultur atau nilai-nilai yang tertanam dalam masyarakat bahwa Bandung merupakan kota yang “dingin”, sementara Semarang sebagai kota pantai dengan suhu udara yang panas.



Sumber: Hasil Survei PPK-LIPI, 2012

**Diagram 3.1** *Persentase Responden yang Menyatakan bahwa Telah Terjadi Perubahan Kualitas Udara*

Salah satu narasumber di kota Bandung mengatakan bahwa sekitar sepuluh tahun yang lalu udara masih terasa sangat dingin, bahkan pada malam hari sangat dingin. Kondisi itu mengharuskan

mereka memakai jaket. Namun, pada saat penelitian dilakukan dikatakan udara jauh lebih panas. Udara siang hari terasa lebih gerah dan responden menyebutnya dengan istilah “sangat panas, padahal dulu dingin”. Perubahan lain adalah dulu di kota Bandung pada pagi hari selalu ada embun, namun sekarang embun di pagi hari sudah tidak ada lagi. Bahkan, pada malam hari udara terasa panas sehingga kalau tidur harus memakai alat pendingin. Di beberapa rumah, khususnya rumah yang baru, sudah banyak dipasang AC. Padahal penduduk di kota Bandung dulu tidak banyak yang memakai alat pendingin seperti AC. Berdasar hasil survei, diperoleh informasi bahwa penyebab udara terasa semakin panas adalah berkurangnya jumlah pohon karena banyak yang ditebang dan banyaknya kendaraan bermotor. Mereka dapat menyebutkan suhu menjadi semakin tinggi. Suhu yang semakin tinggi disebut dengan bahasa awam “udara tambah panas” juga dipahami sebagai akibat banyaknya penggunaan alat-alat elektronik. Banyaknya alat-alat elektronik menyebabkan penggunaan energi semakin meningkat dan polusi yang dihasilkan juga besar.

Pada penelitian Cahyadi dkk. (2010) diperoleh informasi bahwa di kota Semarang, walaupun suhu meningkat yang mengakibatkan udara terasa lebih panas, di sebagian kecil wilayah, yaitu di kawasan pesisir, ternyata masyarakat tidak merasakan panas. Bahkan, mereka menyebut udara saat ini lebih sejuk dibanding sepuluh tahun lalu karena mereka tinggal di pinggir pantai yang direklamasi, sehingga jarak antara rumah dengan laut menjadi lebih jauh di banding sebelum ada reklamasi. Kemudian, di daerah yang direklamasi ditumbuhi tanaman yang menimbulkan efek sejuk pada lingkungan sekitarnya, sehingga udara menjadi lebih sejuk dibanding sebelum di reklamasi.

Dalam upaya untuk mengatasi peningkatan suhu , penduduk kota Semarang dan Bandung mengembangkan serangkaian

tindakan penyesuaian. Responden di Semarang secara umum memilih menggunakan kipas angin untuk mengusir hawa panas, sementara di Bandung lebih memilih menggunakan AC. Besar penggunaan AC di Bandung dapat dipahami dalam konteks suhu awal yang mereka rasakan dengan apa yang saat ini mereka rasakan. Peningkatan suhu yang cepat dan dalam waktu singkat menyebabkan responden di Bandung berupaya mengembalikan tingkat kenyamanan ke level yang sudah biasa mereka alami. Untuk tujuan tersebut, AC menjadi salah satu pilihan yang paling rasional. Aspek lain terkait dengan penggunaan AC di Bandung adalah tingkat perekenomian penduduk Bandung yang secara rata-rata lebih tinggi. Pemakaian kipas angin menjadi fenomena yang umum di kalangan menengah ke bawah untuk mengurangi tingginya suhu udara di sekitar rumah tinggal.

Terlepas dari tingginya penggunaan AC dan kipas, responden di kedua kota memahami bahwa ada kaitan antara perilaku hemat energi dengan suhu dalam jangka waktu yang panjang dan dalam perspektif kumulatif. Sebagai alternatif penggunaan AC dan kipas angin, responden menyatakan tentang pentingnya membuka jendela dan pintu serta menanam pohon untuk mengurangi dampak kumulatif penggunaan AC dan kipas (energi).

Selain itu, terkait dengan bangunan rumah, responden juga menyatakan pentingnya penyesuaian terhadap berbagai bentuk bangunan rumahnya. Salah satunya dengan memperbanyak lubang angin agar sirkulasi udara semakin bersih. Tindakan untuk menyesuaikan bangunan rumah yang ramah lingkungan memang tidak mudah untuk dilakukan semua orang karena ada faktor tambahan biaya yang tidak sedikit. Salah satu narasumber menyatakan bangunan yang ramah lingkungan harus direncanakan sejak awal pembangunan. Padahal, jika bangunan sudah ada dan

berada di dalam kawasan padat penduduk, akan lebih sulit untuk dibangun kembali dengan sirkulasi udara yang baik.

Mengingat kondisi perumahan di permukiman padat tidak teratur, sirkulasi udara tidak akan berjalan dengan baik karena tertahan di antara rumah-rumah masyarakat. Masyarakat kalangan bawah di kota Bandung dan Semarang tetap mengandalkan kipas angin untuk mengurangi dampak meningkatnya temperatur udara. Perlu dipahami bahwa kipas angin tersebut tidak banyak membantu berjalannya sirkulasi udara dengan baik karena temperatur udaranya selalu menunjukkan peningkatan. Seyogyanya pemerintah kota Semarang dan Bandung membuat sebuah kebijakan tentang peningkatan kualitas udara dengan jalan membuat ruang-ruang hijau, seperti RTH. RTH tersebut harus lebih ditingkatkan agar permukiman masyarakat, khususnya pemukiman padat dapat bersimbiosis dengan tumbuhan yang ditanam di sekitarnya.

## 5. Dampak Perubahan Suhu Udara

Ketika suhu udara meningkat, berbagai gas polutan yang ada di dalam udara akan bereaksi menghasilkan gas yang lebih berbahaya. Kondisi ini akan diperparah apabila kota secara geografis berada di wilayah, yang berbentuk lembah dan dikelilingi oleh gunung. Pada malam hari ketika suhu di wilayah pegunungan mulai mendingin, kota yang masih panas karena masih menyimpan potensi panas, menyebabkan udara pegunungan berbalik membawa dan menekan gas-gas berbahaya yang berada di lapisan atas atmosfer turun ke permukaan. Kondisi tersebut menghasilkan asap dan kabut/*smog* yang mengancam mereka yang beraktifitas di luar rumah.

Saat ini di berbagai belahan bumi, jumlah orang yang sakit karena dampak polusi udara semakin meningkat. Di Amerika,

menurut *Union of Concerned Scientists* (2011), jutaan orang telah mengalami penyakit terkait pernapasan seperti asma dan kesulitan bernapas. Selain menyebabkan biaya tinggi untuk perawatan kesehatan, peningkatan suhu menimbulkan pengeluaran baru seiring dengan peningkatan penggunaan energi, seperti yang tercermin dari perilaku responden untuk mengatasi panas yang semakin tinggi.

Persoalan lain di daerah permukiman padat adalah sanitasi, terutama pembuangan limbah rumah tangga. Banyak air sumur warga yang tercemar karena berdekatan dengan septiktank. Seharusnya jarak antara sumur dan septiktank sekitar 20 meter. Namun realitas yang ada menunjukkan banyak di antara kelompok masyarakat yang tidak mengindahkan jarak tersebut karena rumah yang dibangun antara satu rumah dengan rumah yang lain telah menyatu tanpa ada jarak lagi. Sanitasi yang buruk tersebut mengakibatkan warga di permukiman padat sangat rentan jika terjadi wabah penyakit menular seperti muntaber.

Dampak lain dari permukiman penduduk yang padat adalah banyaknya energi listrik yang terbuang secara besar-besaran karena masyarakat seakan berlomba-lomba menggunakan pendingin udara dan kipas angin untuk meredam panas suhu udara. Padahal, penggunaan alat pendingin udara tersebut banyak sekali memboroskan energi dan menimbulkan polusi. Pemakaian listrik yang berlebihan cenderung meningkatkan emisi sulfur dioksida, *carbon monoksida*, *nitrous dioksid*, dan *carbon dioksid* (Gulf Medical University, 2012). Beragam gas tersebut mempunyai kontribusi yang besar sekali terhadap pemanasan global, termasuk perubahan temperatur.

Data spasial yang dikeluarkan LAPAN (2004) menunjukkan ada penambahan luas UHI di kota Semarang. Perluasan UHI

tersebut tampak suhu udara kota Semarang antara 30-35 derajat celsius yang tampak pada kawasan terbangun dan industri yang jumlahnya mencapai 12.174 Ha. Dari berbagai hasil analisis foto satelit diketahui adanya perluasan wilayah pemukiman dan industri di kota Semarang. Tidak ada perbedaan suhu udara pada siang hari dan malam hari. Bahkan, kadang suhu udara pada malam hari lebih panas sehingga meningkatkan konsumsi listrik untuk pendingin ruangan. Semua itu berdampak terhadap efek rumah kaca yang dihasilkan pembangkit listrik.

Faktor lain yang mengakibatkan perubahan suhu udara di kota-kota besar di Indonesia adalah jumlah kendaraan. Pada saat ini semua kendaraan sudah dilengkapi peralatan untuk mengurangi polusi udara. Namun, polusi udara yang berasal dari kendaraan tetap saja tinggi karena jumlah kendaraan bertambah banyak. Jumlah penjualan kendaraan di Indonesia, baik roda empat maupun roda dua setiap tahun selalu meningkat. Akibatnya, di mana-mana terjadi kemacetan yang membuat suhu udara semakin tinggi dan sama sekali tidak bersahabat dengan kesehatan karena udaranya semakin kotor.

Salah satu kota di Indonesia dengan tingkat kemacetan tertinggi adalah Jakarta. Kemacetan tersebut mengakibatkan polusi di Jakarta semakin parah. Untuk menekan polusi tersebut, pemerintah kota Jakarta selama satu dekade telah menerapkan hari bebas kendaraan bermotor (HBKB) yang berdampak terhadap penurunan pencemaran udara di Jakarta. Namun, dalam dua tahun terakhir pencemaran udara di Jakarta mengalami peningkatan yang cukup tajam (*Kompas*, 2012). Salah satu penyebabnya adalah peningkatan populasi kendaraan yang dramatis selama periode tahun 2010-2012.

Pada tahun 2001 partikel debu di Jakarta mencapai lebih dari 100 mikrogram per meter kubik atau sudah berada diatas ambang batas normal. Kemudian pada tahun 2010 partikel debunya menurun menjadi 40-50 mikrogram per meter kubik. Namun, pada tahun 2012 partikel debu tersebut kembali naik menjadi 60 mikrogram per meter kubik. Salah satu penyebabnya adalah tingginya emisi gas buang kendaraan bermotor (*Kompas*, 2012).

Dari keterangan yang diperoleh dari bagian DLLAJR Kantor Dinas Perhubungan Kota Semarang, tidak semua kendaraan roda empat diadakan uji kelayakan. Hanya kendaraan atau angkutan umum yang dilakukan uji kelayakan untuk mengetahui layak tidak sebuah kendaraan umum beroperasi. Seharusnya kendaraan pribadi yang jumlahnya lebih banyak juga dilakukan uji kelayakan. Banyak sekali kendaraan pribadi yang tidak layak beroperasi karena gas buangan terlalu besar dan berpotensi meningkatkan polusi di kota Semarang.

Polusi udara yang semakin tinggi telah menimbulkan berbagai jenis penyakit (Kovat and Akhtar 2009). Peningkatan suhu udara dapat meningkatkan jumlah dan tingkat kematian. Meningkatnya suhu udara mengakibatkan terganggunya sistem pernafasan dan jantung, yang dapat mengakibatkan kematian pada penduduk lanjut usia dan anak-anak. Meningkatnya suhu udara juga dapat mengakibatkan gangguan pernafasan dan penyakit paru-paru.

## 6. Penutup

Banyak sekali usaha yang telah dilakukan oleh pemerintah untuk memperbaiki kualitas udara agar tidak menjadi masalah bagi kesehatan manusia. Pertama, menaikkan pajak kendaraan,

khususnya kendaraan roda empat secara progresif. Mereka yang akan membeli kendaraan roda empat untuk kedua kalinya dikenakan pajak berganda. Namun tindakan tersebut ternyata sama sekali tidak berpengaruh secara signifikan. Hal ini terbukti jumlah penjualan kendaraan roda empat pada tahun 2012 hampir mendekati satu juta unit (*Kompas*, 2012). Padahal, tahun 2011 jumlah kendaraan yang terjual hanya sekitar 800 ribu unit.

Kedua, perlu tindakan secara sistematis untuk mengurangi kendaraan bermotor roda dua atau sepeda motor. Sepeda motor tersebut merupakan sumber polusi udara di perkotaan karena jumlahnya hampir lima kali lipat daripada jumlah kendaraan roda empat. Menjamurnya sepeda motor karena adanya kemudahan kredit yang diberikan oleh penjual kepada konsumen. Pada saat ini dengan uang muka hanya 500 ribu rupiah seseorang dengan mudah memiliki sepeda motor. Seyogyanya ruang sepeda motor semakin dipersempit dengan jalan memperbanyak larangan penggunaan jalan-jalan tertentu yang tidak boleh dilalui kendaraan tersebut.

Ketiga, menggalakkan sistem transportasi masal yang dapat mengangkut dalam jumlah yang besar. Saat ini hanya kota Jakarta yang baru memiliki jenis transportasi masal yaitu transjakarta. Namun, keberadaan transjakarta saat ini belum secara optimal menjadi solusi untuk mengurangi kemacetan karena jumlah armadanya yang masih terbatas. Akibatnya, masyarakat tetap menggunakan kendaraan pribadi untuk berangkat ke tempat kerja.

Keempat, peningkatan perluasan RTH untuk mengurangi polusi di kota sekaligus mengurangi tingkat kepanasan di kota (UHI). Perluasan RTH tersebut tidak hanya berupa di taman-taman publik, tetapi juga di sekitar pekarangan rumah penduduk.

Penduduk yang secara sukarela menanam pohon di sekitar rumahnya perlu diberi penghargaan berupa insentif.

Kelima, memberlakukan Hari Bebas Kendaraan Bermotor (HBKB) secara ketat. Pesan yang disampaikan melalui HBKB tersebut dapat menyadarkan masyarakat betapa buruknya kualitas udara, khususnya di kota-kota besar di Jawa. Pada masa mendatang untuk mengurangi emis gas buang kendaraan bermotor kiranya perlu dipikirkan metode jalan berbayar (*road pricing*). Artinya setiap kendaraan yang melalui jalan-jalan tertentu pada suatu daerah diwajibkan membayar kompensasi terhadap gas buangan yang dikeluarkan oleh kendaraannya. Semua ini tentu memerlukan sosialisasi kepada masyarakat agar ide jalan berbayar tersebut tidak menjadi kontraproduktif.

## 7. Daftar Pustaka

Cahyadi, Rusli dkk. 2010. "Pemahaman Masyarakat Perkotaan terhadap Perubahan Iklim dan Lingkungan Perkotaan". Laporan Penelitian PPK-LIPI.

Gartland, Lisa. 2008. *Heat Islands: Understanding and Mitigating Heat in Urban Areas*. Earthscan.

Kato & Hiyama eds. 2012. *Ventilating Cities: Air-flow Criteria for Healthy and Comfortable Urban Living*. Springer.

*Kompas*. 2012. "Tren Pencemaran Udara Kembali Naik". *Kompas*, 22 September 2012.

Kovat, S and Rais Akhtar. 2009. "Climate, Climate Change and Human Health in Asia Cities". In J. Bicknell, D. Dodman,

& D. Satterwaite, *Adapting Cities to Climate Change : Understanding and Addressing the Development Challenges* (pp. 159-173). UK and USA: Earthscan.

Roaf, Sue, David Crichton, and Fergus Nicol. 2005. *Adapting Buildings and Cities for Climate Change: A 21st Century Survival Guide*. Architectural Press is an imprint of Elsevier.

Rushayati, dkk. 2011. "Pengembangan Ruang Terbuka Hijau Berdasarkan Distribusi Suhu Permukaan Di Kabupaten Bandung". Dalam *Forum Geografi*, Vol. 25, No. 1, Juli 2011: 17 – 26.

Saksena, Sumeet. 2007. "Public Perception of Urban Air Pollution with a Focus on Developing Countries". In *East-West Center Working Papers: Environmental Change, Vulnerability and Governance Series*. No. 65, Oktober 2007.

Tursilowati, Laras. 2007. "Urban Heat Island Dan Kontribusinya Pada Perubahan Iklim Dan Hubungannya Dengan Perubahan Lahan" *Prosiding Seminar Nasional Pemanasan Global dan Perubahan Global: Fakta, Mitigasi, dan Adaptasi*.

Tursilowati, Laras. 2011. "Pulau Panas Perkotaan Akibat Perubahan Tata Guna dan Penutup Lahan di Bandung dan Bogor". Dalam *Prosiding Seminar Nasional Pemanasan Global dan Perubahan Global: Fakta, Mitigasi, dan Adaptasi*.

# 4

## **RESPON MASYARAKAT TERHADAP PERUBAHAN KUALITAS UDARA : KONSUMSI ENERGI DAN PERILAKU DI TINGKAT RUMAH TANGGA**

*Oleh: Rusida Yuliyanti*

### 1. Pengantar

Dalam kurun waktu seratus tahun terakhir (1906 - 2005) telah terjadi perubahan suhu udara di dunia, yakni meningkat hingga  $0,74^{\circ}\text{C}$  (IPCC, 2007). Hal ini juga terjadi di Indonesia. Hulme dan Sheard (1999) menyatakan bahwa Indonesia telah mengalami peningkatan suhu rata-rata sekitar  $0,3^{\circ}\text{C}$  per tahun sejak tahun 1900. Wilayah perkotaan mengalami peningkatan suhu yang lebih tinggi dibanding perdesaan. Menurut hasil analisis BMKG, suhu kota-kota di Indonesia telah naik sebesar  $1^{\circ}\text{C}$  dalam waktu 10 tahun.

Salah satu faktor penyebab terjadinya peningkatan suhu adalah kandungan emisi karbon di udara yang meningkat pula (IPCC, 2007). Dengan begitu, kualitas udara menjadi lebih buruk atau terjadi pula perubahan kualitas udara. Perubahan ini tidak lepas dari faktor aktivitas manusia di muka bumi, seperti industri, polusi kendaraan, serta konsumsi energi di rumah tangga.

Energi memainkan peran yang sangat penting dalam kehidupan masyarakat karena energi merupakan parameter yang

penting bagi pembangunan dan pertumbuhan ekonomi suatu negara. Hampir semua sektor kehidupan masyarakat, seperti rumah tangga, industri, transportasi, dan jasa tidak dapat dipisahkan dari kebutuhan energi. Pada sektor rumah tangga, energi berfungsi dalam berbagai kebutuhan antara lain untuk penerangan, memasak, pemanas, pendingin, dan berbagai kebutuhan rumah tangga lain. Kebutuhan energi memiliki keterkaitan yang sangat erat dengan perkembangan ekonomi dan pertumbuhan penduduk. Keterbatasan ketersediaan energi menjadi masalah bagi kelangsungan hidup masyarakat di seluruh dunia, termasuk Indonesia. Dengan keterbatasan sumber daya alam karena menipisnya cadangan energi, terutama bahan bakar minyak, semua negara mengoptimalkan cadangan energi untuk kepentingan masyarakat secara efisien sesuai dengan kebutuhan.

Kebutuhan energi (listrik dan bahan bakar minyak) rumah tangga di Indonesia cukup besar. Pada tahun 1990 sektor rumah tangga mengonsumsi 56,5% dari total energi final yang semakin menurun. Pada tahun 2005 konsumsi energi rumah tangga menjadi 36,5% (Elinur,dkk, 2010). Penurunan tersebut disebabkan oleh pertumbuhan sektor industri dan transportasi yang sangat pesat dan bukan oleh penurunan konsumsi energi rumah tangga.

Menurut Nuryanti (2007), pada tahun 2005 sektor rumah tangga mengonsumsi energi final sekitar 315,10 juta SBM (setara barrel minyak), yang meliputi energi komersial sebesar 87,8 juta SBM dan sisanya sebesar 227,3 berupa energi nonkomersial. Adapun energi yang mendominasi pemakaian energi untuk kebutuhan rumah tangga adalah kayu bakar, minyak tanah, gas, dan listrik. Jenis energi listrik tidak hanya digunakan oleh rumah tangga kelas menengah ke atas, namun juga dipakai oleh rumah tangga kelas menengah ke bawah.

Pada rumah tangga, yang sering muncul dan terkait dengan konsumsi energi adalah terjadinya disparitas (perbedaan) dalam konsumsi energi antara kelompok masyarakat bawah (miskin) dengan kelompok masyarakat mampu (kaya). Selain itu, juga terdapat perbedaan akses terhadap sumber energi, baik antara dua kelompok masyarakat di atas maupun antara daerah/wilayah perkotaan dan perdesaan. Konsumsi energi pada rumah tangga yang paling menonjol adalah konsumsi energi nonkomersial, terutama kayu bakar. Konsumsi energi kayu bakar yang sangat besar khususnya di perdesaan, karena harganya yang sangat murah, bahkan masyarakat tidak perlu membeli karena dapat mencari di sekitar rumah atau desa. Sementara itu, akses masyarakat desa terhadap energi komersial sangat terbatas dan daya beli mereka juga rendah.

Kebutuhan konsumsi energi besarnya kemungkinan dipengaruhi oleh beberapa faktor (Nuryanti, 2007). Faktor pertama ialah *faktor ekonomi*. Rumah tangga akan memilih energi yang akan digunakan. Rumah tangga ekonomi rendah (miskin) akan memilih energi nonkomersial dan sesuai dengan daya beli. Faktor kedua ialah *faktor infrastruktur*. Keterbatasan infrastruktur akan menghambat rumah tangga mampu di perdesaan/daerah terpencil untuk mengonsumsi energi komersial (LPG dan listrik) sehingga rumah tangga (masyarakat) mengandalkan energi nonkomersial. Faktor ketiga adalah *faktor pola pikir*. Faktor ini juga akan menghambat dalam mengonsumsi energi komersial sehingga sebagian besar rumah tangga akan memanfaatkan energi murah (nonkomersial). Selain itu, konsumsi energi rumah tangga baik di perkotaan maupun perdesaan, sangat dipengaruhi oleh pendapatan/penghasilan rumah tangga. Pengeluaran konsumsi energi rumah tangga kelas menengah ke bawah sebagian besar untuk energi listrik, bahan bakar, dan air bersih. Sementara itu,

rumah tangga dengan pendapatan tinggi (kaya) akan mengonsumsi energi komersial dengan proporsi yang cukup tinggi. Hal tersebut selain praktis, kemampuan daya beli kelompok masyarakat tersebut cukup tinggi dan akses terhadap infrastruktur cukup memadai, terutama masyarakat di perkotaan.

Dalam beberapa dekade di wilayah perkotaan Indonesia telah terjadi perubahan iklim yang cukup signifikan sehingga mengakibatkan udara menjadi semakin panas (pulau panas perkotaan). Perubahan suhu (suhu udara meningkat) akan mengurangi kenyamanan (Adiningsih, 1994) yang dirasakan langsung oleh manusia yang akan mengakibatkan ketidaknyamanan kehidupan manusia di perumahan dan rumah tangga. Akibat ketidaknyamanan dan kenaikan suhu udara banyak orang menghindari suhu panas di dalam rumah dengan berbagai cara dan usaha serta menyesuaikan dengan lingkungan. Usaha yang dilakukan orang di kawasan permukiman di antaranya ialah dengan melakukan penyesuaian atau adaptasi agar kondisi dalam rumah dan kehidupannya tetap nyaman. Adaptasi atau penyesuaian yang dilakukan oleh rumah tangga dan masyarakat pada umumnya di antaranya ialah dengan memasang *air conditioning* (AC), kipas angin, merekonstruksi rumah dengan memperbanyak saluran udara, atau meninggikan atap rumah agar dapat memperlancar sirkulasi udara.

Tulisan ini membahas respons rumah tangga (RT) terhadap konsumsi energi listrik terkait dengan perubahan suhu dan kualitas udara di kota Semarang dan Bandung. Pendekatan yang digunakan ialah pendekatan kuantitatif dan kualitatif dengan metode pengumpulan data menggunakan kuesioner (pertanyaan terstruktur). Sementara itu, analisis dilakukan dengan deskriptif analitis dengan tabulasi silang sesuai dengan variabel dan tujuan.

## 2. Konsumsi Listrik di Kota Semarang dan Bandung

Konsumsi energi listrik, baik di daerah perkotaan maupun perdesaan, terdiri atas jenis pelanggan listrik. baik di perkotaan maupun di perdesaan pelanggan energi listrik pada umumnya didominasi oleh pelanggan rumah tangga. Sementara itu, di perkotaan selain didominasi pelanggan rumah tangga juga terdapat jenis pelanggan bisnis dan industri serta untuk kegiatan sosial. Jenis dan jumlah pelanggan serta energi listrik yang terjual kepada pelanggan dapat dilihat dalam tabel 4.1.

**Tabel 4.1** *Persentase Jumlah Pelanggan Listrik dan Energi Terjual di Kota Semarang dan Bandung Tahun 2010*

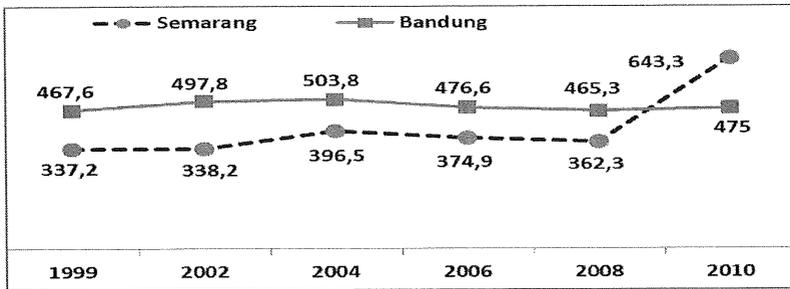
| Jenis pelanggan | Semarang           |                   | Bandung            |                    |
|-----------------|--------------------|-------------------|--------------------|--------------------|
|                 | % jumlah pelanggan | % energi terjual  | % jumlah pelanggan | % energi terjual   |
| Sosial          | 2,4                | 3,0               | 1,3                | 4,1                |
| Rumah tangga    | 92,1               | 38,3              | 91,4               | 38,8               |
| Bisnis          | 4,7                | 22,8              | 6,5                | 15,3               |
| Publik          | 0,7                | 2,6               | 0,4                | 4,2                |
| Industri        | 0,1                | 33,3              | 0,4                | 37,5               |
| Total           | 1.079.663          | 34.927.300<br>MWh | 612.704            | 294.926.604<br>MWh |

*Sumber: PLN dalam kota Semarang dan kota Bandung dalam Angka Tahun 2011*

Jenis pelanggan energi listrik di kota Semarang maupun kota Bandung didominasi pelanggan rumah tangga dengan energi listrik terjual mencapai sekitar 38% (PLN *dalam BPS* kota Semarang dan kota Bandung, 2011). Sementara itu, energi terjual jumlahnya cukup besar di kalangan industri dan bisnis meskipun jumlah pelanggan relatif kecil. Untuk menggerakkan mesin-mesin industri dalam proses produksi memerlukan energi listrik cukup besar. Hasil penghitungan PLN memperlihatkan bahwa kawasan industri di kota Semarang dan Bandung memerlukan energi listrik yang sangat besar, yaitu masing masing sebesar 33% dan 37% (tabel 4.1) agar proses produksi dapat berjalan dengan baik.

Selanjutnya, pelanggan yang memerlukan energi listrik yang cukup besar adalah usaha bisnis. Usaha bisnis, seperti supermarket dan hotel, pada umumnya berkembang di kota besar. Untuk menjalankan operasionalnya, usaha tersebut memerlukan energi listrik yang cukup besar, seperti menjalankan AC di hotel atau supermarket. Jenis pelanggan sosial dan publik pada umumnya meliputi rumah ibadah, sarana dan prasana umum, serta sekolah dengan jumlah pelanggan yang relatif kecil dan kebutuhan energi listrik juga tidak terlalu besar.

Besaran energi listrik yang terjual berdasar rata-rata per Kwh konsumsi energi listrik menurut jenis pelanggan di kota Semarang dan Bandung terlihat dalam grafik 4.1. Setiap jenis pelanggan tentunya tidak sama kebutuhan rata-rata Kwh untuk konsumsi energi listrik. Kebutuhan rata-rata energi listrik jenis pelanggan industri dan bisnis per Kwh pada umumnya lebih tinggi dibanding kebutuhan energi listrik rumah tangga, sosial (rumah ibadah), dan publik (listrik penerangan jalan) karena pelanggan industri dan bisnis memerlukan energi listrik yang sangat tinggi untuk menggerakkan peralatan industri.



Sumber: PLN dalam kota Semarang dan kota Bandung dalam Angka Tahun 2002, 2004, 2006, dan 2011

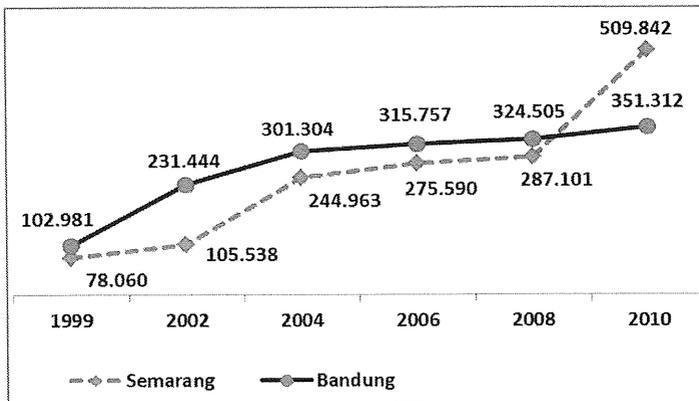
**Grafik 4.1** Rata-Rata Konsumsi Listrik Tiap Pelanggan di Kota Semarang dan Bandung (dalam KWh)

Rata-rata konsumsi energi listrik tiap pelanggan di kota Semarang dan kota Bandung sejak tahun 1999-2010 menunjukkan kecenderungan peningkatan. Peningkatan yang cukup tinggi di kota Semarang terjadi tahun 2008 - 2010 karena kota Semarang membangun kawasan industri di Tanjung Emas dan perluasan kawasan permukiman sehingga memerlukan energi listrik sangat tinggi. Pengembangan kawasan industri dan permukiman ke Semarang Selatan dan Tengah menjadi salah satu pemicu semakin tingginya kebutuhan energi listrik. Selain itu, banyak rumah tangga di kota Semarang yang menambah daya listrik sebagai bentuk antisipasi penggunaan peralatan listrik yang memerlukan daya listrik yang tinggi, seperti AC. Menurut data survei PPK LIPI 2012, rumah tangga yang pernah meningkatkan daya listrik di kota Semarang berjumlah sekitar 26,7%, sedangkan di kota Bandung rumah tangga yang meningkatkan daya listrik berjumlah sebesar 24,2%.

Sementara itu, konsumsi listrik tiap pelanggan di kota Bandung tahun 1999 - 2010 tidak menunjukkan peningkatan

yang mencolok karena sejak tahun 2000-an kawasan industri di kota Bandung pindah ke wilayah pinggiran di kabupaten Bandung dan Sumedang. Sementara itu, rata-rata konsumsi listrik rumah tangga relatif tidak bertambah dari tahun ke tahun meskipun ada pembangunan kawasan perumahan, terutama di kawasan Dago. Rata-rata konsumsi listrik yang meningkat adalah jenis pelanggan yang bergerak di bidang bisnis karena dalam 10 tahun terakhir banyak berkembang usaha bisnis antara lain mal, rumah makan, outlet pakaian, dan usaha hotel.

Sejalan dengan rata-rata konsumsi listrik per Kwh setiap pelanggan, jumlah konsumsi listrik akan berpengaruh terhadap besaran pengeluaran rumah tangga. Pengeluaran konsumsi listrik di kota Semarang yang tertinggi mencapai Rp509.842 dan yang terendah sebesar Rp78.060. Sementara itu, di kota Bandung pengeluaran antara jenis pelanggan perbedaannya relatif tidak terlalu besar, yang tertinggi Rp351.312, sedangkan terendah sebesar Rp102.981. Perbedaan pengeluaran menurut jenis pelanggan sangat dipengaruhi oleh daya listrik dan lama jam operasi energi listrik setiap pelanggan sebagaimana terlihat dalam grafik 4.2.



Sumber: PLN dalam kota Semarang dan kota Bandung dalam Angka Tahun 2002, 2004, 2006, dan 2011  
**Grafik 4.2 Rata-Rata Listrik Tiap Pelanggan di Kota Semarang dan Bandung (dalam Rupiah)**

### 3. Konsumsi Listrik di Tingkat Rumah Tangga

Sebagaimana diketahui bahwa besaran pengeluaran konsumsi energi listrik berdasar jenis pelanggan sangat dipengaruhi oleh daya listrik. Begitu pula pengeluaran setiap rumah tangga juga dipengaruhi oleh besaran daya listrik yang dimiliki rumah tangga. Survei rumah tangga PPK LIPI 2012 menunjukkan bahwa rumah tangga di kota Semarang dan Bandung memiliki daya listrik yang sangat bervariasi mulai 450 watt – 10.000 watt. Di kota Semarang jumlah rumah tangga yang memiliki daya listrik antara 450 – 900 watt sangat besar yakni mencapai 93,1 persen dan sisanya sebesar 1300 watt. Sementara itu, rumah tangga di kota Bandung memiliki daya listrik yang lebih bervariasi. Rumah tangga yang memiliki daya listrik 450 – 900 watt sebesar 54%, yang memiliki daya 1300 – 2200 watt mencapai 42,5%, sedangkan rumah tangga yang memiliki daya

listrik di atas 4000 watt sekitar 3%. Terjadinya disparitas daya listrik antara rumah tangga di Semarang dan Bandung karena rumah tangga yang menjadi responden dua lokasi tersebut (objek kajian) berbeda. Rumah tangga responden di kota Bandung merupakan rumah tangga dengan status sosial menengah ke atas, sedangkan di kota Semarang terdiri atas rumah tangga dengan status sosial menengah ke bawah.

**Tabel 4.2** *Persentase Rumah Tangga menurut Besaran Daya Listrik*

| Daya listrik (watt) | 450  | 900  | 1300 | 2200 | 4000 | 10000 | Total |
|---------------------|------|------|------|------|------|-------|-------|
| Semarang            | 43,6 | 49,5 | 6,9  | 0,0  | 0,0  | 0,0   | 100   |
| Bandung             | 4,0  | 50,5 | 25,3 | 17,2 | 2,0  | 1,0   | 100   |

*Sumber: Survei Rumah Tangga PPK LIPI 2012*

Dalam beberapa tahun terakhir, di kota Semarang dan Bandung terjadi perubahan cuaca (iklim) yang menunjukkan bahwa udara menjadi semakin panas sebagai dampak perubahan iklim global sehingga kawasan perkotaan menjadi semakin panas (lihat tulisan 2). Untuk mengantisipasi terjadinya perubahan iklim tersebut agar udara dalam rumah tetap nyaman, sebagian rumah tangga menambah beberapa peralatan listrik seperti AC dan kipas angin. Untuk memenuhi kebutuhan listrik danantisipasi penggunaan peralatan listrik, masyarakat memerlukan daya listrik yang tinggi sehingga sebagian rumah tangga menambah daya listrik sesuai dengan kebutuhan. Selain itu, penambahan daya listrik dalam rumah tangga karena adanya kegiatan bisnis dalam rumah. Besaran penambahan daya listrik setiap rumah tangga dapat dilihat dalam tabel 4.3.

**Tabel 4.3** *Persentase Rumah Tangga menurut Besar Daya Listrik Awal dan Setelah Dinaikkan*

| Besar Daya Awal | Besar daya setelah dinaikkan (watt) |      |         |      |      |      |       |
|-----------------|-------------------------------------|------|---------|------|------|------|-------|
|                 | Semarang                            |      | Bandung |      |      |      |       |
|                 | 900                                 | 1300 | 900     | 1300 | 2200 | 4000 | 10000 |
| 450             | 81,5                                | 7,4  | 37,5    | 4,2  | -    | -    | -     |
| 900             | -                                   | 11,1 | -       | 29,2 | 4,2  | 4,2  | -     |
| 1300            | -                                   | -    | -       | -    | 12,5 | -    | 4,2   |
| 2200            | -                                   | -    | -       | -    | -    | 4,2  | -     |

*Sumber: Survei Rumah Tangga PPK LIPI 2012*

Tabel 4.3 memperlihatkan sebagian besar rumah tangga di kota Semarang menambah daya listrik, yang semula 450 watt menjadi 900 watt, sedangkan sisanya menambah daya dari 450 Watt menjadi 900 dan yang semula 900 Watt menjadi 1300 Watt. Sementara itu, penambahan daya listrik di kota Bandung besarnya lebih bervariasi dan yang terbesar rumah tangga yang semula memiliki daya 450 watt menjadi 900 watt dan 900 watt menjadi 1300 watt. Selain itu, sebagian rumah tangga menambah daya listriknya antara 4000 watt sampai 10.000 watt.

Adapun alasan rumah tangga di kota Semarang menaikkan daya listrik karena daya listrik yang dipakai tidak mampu menahan beban daya. Penyebabnya ialah meningkatnya konsumsi listrik akibat semakin bertambahnya penggunaan perabotan elektronik, seperti penggunaan AC, kipas angin, penanak nasi, dan kulkas.

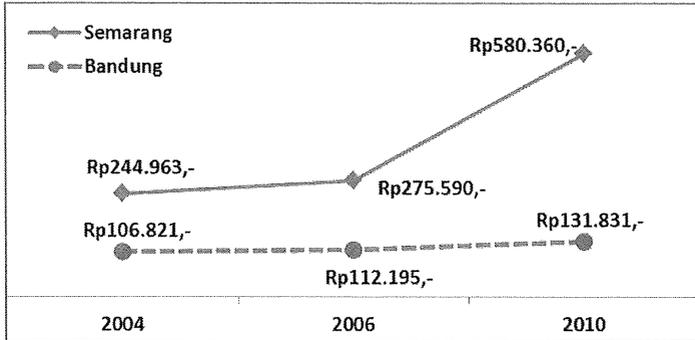
Penambahan penggunaan perabotan listrik, terutama kipas angin dan AC, digunakan rumah tangga untuk menyesuaikan dengan panas udara yang cukup tinggi supaya tetap nyaman.

Sementara itu, alasan rumah tangga di kota Bandung menaikkan daya listrik ialah PLN membebaskan biaya penambahan daya listrik dan bertambahnya penggunaan peralatan elektronik, baik untuk keperluan rumah tangga (AC, kipas angin) maupun keperluan usaha/bisnis rumah tangga. Penambahan daya listrik untuk penambahan peralatan elektronik di atas karena mulai panasnya udara di Bandung sejak Galunggung meletus pada tahun 1982. di kawasan Dago Utara dan wilayah Coblong banyak bukit dipangkas dan pohon ditebang untuk pembangunan perumahan dan jalan menuju kawasan Bukit Dago sehingga udara semakin panas. Sementara itu, kawasan Kiara Condong merupakan kawasan permukiman padat dan banyak usaha perumahan.

Seorang tokoh masyarakat di kawasan Dago Timur yang diwawancarai mengemukakan “Dulu, sebelum tahun 1990 kalau tidur pakai celana panjang/training dan kaos kaki dan berselimut. Sekarang tidur pakai celana pendek dan kaos oblong ditambah kipas angin”. Begitu pula hasil wawancara dengan sopir di terminal Dago “Sekarang Bandung udaranya panas. Kalau tidur kadang-kadang hanya pakai kaos oblong dan celana pendek dan kadang-kadang dengan kipas angin karena nyamuknya banyak. Ya kalau tahun 1980-an kota Bandung masih sangat dingin/sejuk. Kalau pergi jalan ke Dago, biasanya pakai jaket”.

Jumlah rumah tangga yang menambah daya listrik karena penambahan penggunaan peralatan listrik berdasar hasil survei di kota Semarang sekitar 26,7% rumah tangga sedangkan di kota Bandung sebesar 24,2% dari total rumah tangga yang disurvei.

Penambahan daya listrik akan menambah jumlah pengeluaran rumah tangga per bulan sesuai dengan besar penambahan daya listrik setiap rumah tangga.



Sumber: PLN dalam kota Semarang dan kota Bandung dalam Angka Tahun 2004, 2006, dan 2011

Grafik 4.3 Rata-rata Pengeluaran untuk Konsumsi Listrik Rumah Tangga per Bulan (rupiah)

Berdasar data pengeluaran untuk kebutuhan listrik rumah tangga di kota Semarang dan Bandung (grafik 4.3), pengeluaran untuk kebutuhan listrik di kota Semarang meningkat cukup tinggi tahun 2010 dibanding tahun 2004. Hal itu kemungkinan karena rumah tangga menyesuaikan diri dengan bertambahnya penggunaan peralatan listrik (AC dan kipas angin) agar dalam rumah tetap sejuk guna mengurangi semakin panasnya udara di kota Semarang. Selain itu, terdapat sebagian masyarakat, terutama di daerah pinggiran pantai, yang mengusahakan air tanah dalam dengan pompa “jet pump” sehingga memerlukan daya listrik tinggi yang selanjutnya berdampak terhadap pengeluaran listrik bagi rumah tangga yang mengusahakan air tanah dalam. Sementara itu, pengeluaran konsumsi listrik rumah tangga di kota Bandung dari tahun 2004, 2006, dan 2010 mengalami peningkatan yang tidak

tajam seperti di kota Semarang. Hal tersebut kemungkinan karena rumah tangga di kota Bandung telah berusaha menghemat energi listrik.

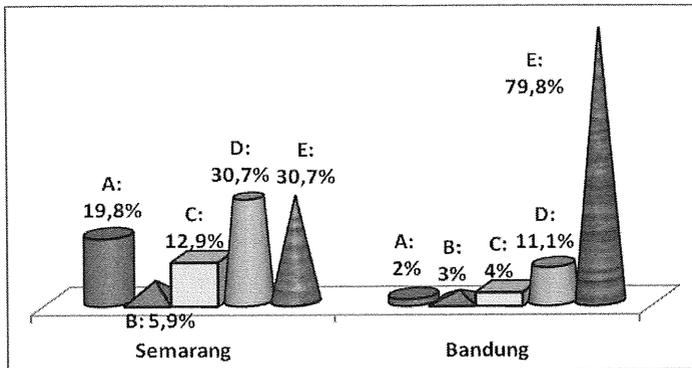
#### 4. Penghasilan Rumah Tangga dan Penggunaan Listrik

Berdasar hasil survei, rata-rata pendapatan rumah tangga per bulan di kota Semarang sebesar Rp2.289.406 dengan rata-rata pendapatan per kapita per bulannya ialah Rp565.385. Sementara itu, rumah tangga di kota Bandung mempunyai rata-rata pendapatan per bulan Rp6.307.071 dan rata-rata pendapatan per kapita sebesar Rp1.666.525. Hasil ini menunjukkan baik rata-rata pendapatan per bulan maupun rata-rata pendapatan per kapita per bulan di kota Bandung hampir tiga kali lipatnya kota Semarang.

Dari segi pengeluaran, rata-rata pengeluaran rumah tangga per bulan di kota Semarang sebesar Rp1.364.109 dengan rata-rata pengeluaran per kapita per bulannya ialah Rp347.691. Rumah tangga di kota Bandung mempunyai rata-rata pengeluaran per bulan Rp3.630.867 dan rata-rata pengeluaran per kapita sebesar Rp959.625. Seperti halnya dengan pendapatan, rata-rata pengeluaran di kota Bandung juga mendekati tiga kali lipatnya kota Semarang.

Rumah tangga responden di kota Semarang dan Bandung dapat dikelompokkan menurut pendapatan per kapita per bulan (Pkb). Hasil pengelompokan tersebut dapat dilihat pada diagram 4.1. Pengelompokan ini memakai kriteria BPS (*dalam* Nuryanti, 2007). Kriteria yang digunakan adalah (1) Kelompok A:  $Pkb < \text{Garis Kemiskinan (GK)}$ , (2) B:  $GK \leq Pkb < 1,2499 \times GK$ , (3) C:  $1,25 \times GK \leq Pkb \leq 1,4999 \times GK$ , (4) D:  $1,5 \times GK \leq Pkb < 2 \times GK$ , dan (5) E:  $Pkb \geq 2 \times GK$ . Kelompok A, B, dan C lazim disebut golongan

menengah ke bawah, sedangkan kelompok D dan E lazim disebut golongan menengah ke atas. Pada diagram 4.1 terlukis bahwa sebagian besar (80%) rumah tangga yang disurvei di kota Bandung tergolong kelompok E (kaya). Sementara itu, rumah tangga yang disurvei di kota Semarang menyebar merata di semua kelompok.



Sumber: Pengolahan Hasil Survei Rumah Tangga PPK LIPI Tahun 2012 di Kota Semarang dan Bandung

**Diagram 4.1** Persentase Rumah Tangga menurut Kelompok Pendapatan per Kapita per Bulan

Apabila penghasilan rumah tangga dikaitkan dengan konsumsi energi listrik dan batas garis kemiskinan, rumah tangga di kota Semarang dengan penghasilan pada kelompok A,B,C, D, dan E mengeluarkan anggaran untuk konsumsi energi listrik rata-rata lebih tinggi dibanding rumah tangga di kota Bandung baik pada tahun 2004 maupun 2010. Sementara itu, pengeluaran untuk konsumsi energi listrik dibanding batas garis kemiskinan memperlihatkan bahwa pengeluaran rumah tangga di kota Semarang lebih tinggi dibanding batas garis kemiskinan (GK) kota Semarang tahun 2012, yaitu sebesar Rp234.799 (pengeluaran energi listrik Rp244.962 - Rp580.360). Pengeluaran energi listrik (2004 - 2010) ini sangat besar dibanding penghasilan rumah tangga di

kota Semarang (lihat grafik 4.3). Tingginya anggaran untuk energi listrik kemungkinan disebabkan oleh pemakaian peralatan listrik yang bervariasi antara lain AC dan penggunaan pompa air yang cukup tinggi memakai daya listrik.

Sebaliknya, rumah tangga di kota Bandung mengeluarkan anggaran untuk listrik 2004 - 2010 relatif kecil, sekitar 10% dibanding penghasilan rumah tangga. Bahkan, pengeluaran untuk listrik jauh di bawah batas garis kemiskinan kota Bandung sebesar Rp239.189 (pengeluaran listrik 2004 - 2010 ialah Rp106.821 - Rp131.831). Pengeluaran untuk energi listrik yang relatif kecil kemungkinan dipengaruhi pola hidup masyarakat dan tingkat pendidikan. Mereka menyadari pentingnya melakukan penghematan pemakaian listrik.

Penghematan listrik dilakukan, misalnya, dengan mematikan listrik pada siang hari, menggunakan peralatan listrik secara terbatas, atau mungkin sebagian besar rumah tangga mengonsumsi air melalui PDAM atau sumber mata air yang disalurkan ke berbagai rumah (kasus di Bukit Dago Timur) sehingga tidak menggunakan pompa air yang menggunakan energi listrik cukup tinggi. Namun, berdasar data di kota Bandung, masyarakat yang menggunakan peralatan listrik dengan daya tinggi, yaitu pompa air/jet pump, cukup tinggi sebesar 51%, dibanding penggunaan peralatan pompa air di Semarang sekitar 16%. Tetapi rata-rata pengeluaran rumah tangga untuk energi listrik di Semarang lebih tinggi dibanding di Bandung meskipun penghasilan rumah tangga kota Semarang lebih rendah dibanding kota Bandung.

Pengeluaran anggaran energi listrik pada umumnya dipengaruhi oleh pemilikan peralatan listrik dan penghasilan rumah tangga. Semakin banyak memiliki dan menggunakan peralatan listrik, tentu akan semakin banyak menggunakan daya listrik yang

cukup tinggi dan anggaran yang dikeluarkan juga semakin besar, yang dapat mencapai 10 – 15% dari total penghasilan. Hasil survei di kota Semarang dan Bandung tahun 2012 tentang penggunaan peralatan listrik berdasar tingkat penghasilan tampak pada tabel 4.4.

**Tabel 4.4** *Persentase Banyaknya Rumah Tangga Menurut Kepemilikan Peralatan Listrik di Kota Semarang dan Bandung*

| Kota               | Peralatan listrik   | Kelompok RT Berdasar Penghasilan per Bulan |     |      |             |             | Total |
|--------------------|---------------------|--|-----|------|-------------|-------------|-------|
|                    |                     | A  | B   | C    | D           | E           |       |
| Semarang           | TV                  | 19,8                                       | 5,9 | 11,9 | 29,7        | 29,7        | 97,0  |
|                    | Radio/tape recorder | 5,0  | 2,0 | 2,0  | 7,9         | 13,9        | 30,7  |
|                    | Kipas angin         | 17,8                                       | 5,9 | 11,9 | 29,7        | <b>30,7</b> | 96,0  |
|                    | Setrika             | 16,8                                       | 5,0 | 10,9 | 27,7        | 27,7        | 88,1  |
|                    | Dispenser           | 4,0  | -   | 1,0  | 5,9         | 11,9        | 22,8  |
|                    | Ricecooker          | 14,9                                       | 5,9 | 6,9  | 24,8        | 20,8        | 73,3  |
|                    | Lemari es           | 7,9  | 3,0 | 5,9  | 15,8        | 26,7        | 59,4  |
|                    | Mesin cuci          | 1,0  | -   | -    | 3,0         | 19,8        | 23,8  |
|                    | AC                  | -  | -   | -    | -           | <b>1,0</b>  | 1,0   |
|                    | Komputer/laptop     | 2,0  | -   | 1,0  | 2,0         | 12,9        | 17,8  |
|                    | Kompor/oven listrik | -  | -   | -    | -           | -           | -     |
|                    | Microwave           | -  | -   | -    | -           | -           | -     |
|                    | Water heater mandi  | -  | -   | -    | -           | -           | -     |
| Pompa air/jet pump | 5,0                 | 1,0  | 1,0 | 6,9  | <b>16,8</b> | 30,7        |       |
| Bandung            | TV                  | 2,0  | 3,0 | 4,0  | 11,1        | 79,8        | 100,0 |
|                    | Radio/tape recorder | 1,0  | 2,0 | -    | 6,1         | 49,5        | 58,6  |
|                    | Kipas angin         | 1,0  | 2,0 | 1,0  | 8,1         | <b>52,5</b> | 64,6  |
|                    | Setrika             | 2,0  | 3,0 | 4,0  | 11,1        | 77,8        | 98,0  |
|                    | Dispenser           | 1,0  | 1,0 | -    | 6,1         | 62,6        | 70,7  |
|                    | Ricecooker          | 2,0  | 2,0 | 4,0  | 8,1         | 71,7        | 87,9  |
|                    | Lemari es           | -  | 2,0 | 3,0  | 10,1        | 74,7        | 89,9  |
|                    | Mesin cuci          | -  | 1,0 | -    | 5,1         | 54,5        | 60,6  |
|                    | AC                  | -  | -   | -    | 1,0         | <b>5,1</b>  | 6,1   |
|                    | Komputer/laptop     | -  | -   | -    | 4,0         | 57,6        | 61,6  |
|                    | Kompor/oven listrik | -  | -   | -    | -           | 4,0         | 4,0   |
|                    | Microwave           | -  | -   | -    | 1,0         | 7,1         | 8,1   |
|                    | Water heater mandi  | -  | -   | -    | 1,0         | 4,0         | 5,1   |
| Pompa air/jet pump | 1,0                 | -  | 3,0 | 8,1  | <b>51,5</b> | 63,6        |       |

Sumber: Survei Rumah Tangga PPK LIPI 2012

Rumah tangga di kota Semarang dan Bandung berdasar kelompok penghasilan A, B, C, D, dan E pada umumnya memiliki dan menggunakan peralatan elektronik untuk kebutuhan sehari-hari, seperti TV, radio/*tape recorder*, setrika, *dispencer*, *rice cooker*, kipas angin, kulkas, mesin cuci, dan laptop/komputer. Rumah tangga yang memiliki peralatan listrik tersebut sebagian besar adalah rumah tangga yang memiliki penghasilan kelompok penghasilan D dan E, baik di kota Semarang maupun kota Bandung. Hal tersebut wajar karena rumah tangga berpenghasilan cukup tinggi mampu membeli berbagai peralatan listrik/elektronik guna menunjang kehidupan sehari-hari.

Rumah tangga yang memiliki peralatan listrik, khususnya kipas angin atau AC, mempunyai fungsi agar rumah tetap nyaman dan tidak panas. Pada umumnya peralatan itu dimiliki rumah tangga yang berpenghasilan menengah ke atas. Rumah tangga di kota Semarang yang memiliki AC dan kipas angin masing-masing sebesar 1% dan 30,7% dari kelompok rumah tangga yang berpenghasilan tinggi, sedangkan rumah tangga miskin sekitar 17% memiliki kipas angin. Selanjutnya, masyarakat di kota Bandung yang memiliki kipas angin sekitar 52% dan AC berjumlah 5%, yang berasal dari kelompok yang berpenghasilan tinggi (E).

Hal yang menarik ialah rumah tangga mampu di kota Bandung sebagian besar adalah kelompok berpenghasilan D dan E, yang memiliki peralatan listrik berupa laptop, mesin cuci, setrika listrik, lemari es, *dispencer*, dan *rice cooker* jumlahnya di atas 50%. Hal tersebut menunjukkan bahwa masyarakat kota Bandung sudah menyadari bahwa udara di kota ini sudah mulai panas sehingga masyarakat merasa perlu memakai kipas angin atau AC. Selain itu, masyarakat kota Bandung juga menyadari perlunya menggunakan laptop/komputer atau TV untuk mengakses informasi agar tidak

tertinggal dengan berbagai informasi. Masyarakat menggunakan peralatan listrik lain kemungkinan untuk memudahkan dalam kegiatan rumah tangga, karena tingginya kegiatan yang dilakukan setiap anggota rumah tangga, misalnya bekerja atau sekolah. Namun, peralatan listrik tersebut di atas tidak ditemukan dalam rumah tangga yang berpenghasilan rendah (miskin) karena masyarakat dengan penghasilan rendah (A, B) tidak mampu membeli peralatan listrik seperti di atas yang harganya cukup mahal.

Pemilikan dan penggunaan jumlah peralatan listrik sangat bergantung pada penghasilan rumah tangga yang selanjutnya memengaruhi pengeluaran total dalam rumah tangga. Semakin banyak jenis peralatan yang dimiliki dan digunakan rumah tangga, semakin besar pengeluaran untuk listrik terhadap total pengeluaran rumah tangga setiap bulan. Pengeluaran listrik di kota Semarang dan Bandung berdasar kelompok penghasilan dapat dilihat pada tabel 4.5.

**Tabel 4.5** *Persentase Banyaknya Rumah Tangga menurut Pengeluaran Listrik terhadap Total Pengeluaran*

| Kota     | Pengeluaran Listrik terhadap Total Pengeluaran | Kelompok Rumah Tangga Berdasar Penghasilan per Bulan |     |     |      |      | Total |
|----------|--|--|-----|-----|------|------|-------|
|          |  | A  | B   | C   | D    | E    |       |
| Semarang | 0% - < 5%                                      | 1,0  | 1,0 | 1,0 | 3,0  | 9,9  | 15,8  |
|          | 5% - < 10%                                     | 10,9   | 3,0 | 4,0 | 21,8 | 13,9 | 53,5  |
|          | 10% - < 15%                                    | 5,9  | 1,0 | 4,0 | 4,0  | 5,9  | 20,8  |
|          | 15-<20%  | 2,0  | 1,0 | 3,0 | 1,0  | -    | 6,9   |
|          | 20-<25   | -  | -   | 1,0 | 1,0  | 1,0  | 3,0   |
| Bandung  | 0% - < 5%                                      | -  | -   | 1,0 | -    | 25,3 | 26,3  |
|          | 5% - < 10%                                     | -  | 2,0 | 3,0 | 5,1  | 37,4 | 47,5  |
|          | 10% - < 15%                                    | 2,0  | 1,0 | -   | 6,1  | 8,1  | 17,2  |
|          | 15-<20%  | -  | -   | -   | -    | 8,1  | 8,1   |
|          | 35% - < 40%                                    | -  | -   | -   | -    | 1,0  | 1,0   |

Sumber: Survei Rumah Tangga PPK LIPI 2012

Pengeluaran listrik terhadap total pengeluaran rumah tangga di kota Semarang yang terbanyak antara 5 – 10% dilakukan rumah tangga yang berpenghasilan kelompok A, D, dan E. Begitu pula di Kota Bandung. Pengeluaran listrik dengan persentase 5 – 10% dilakukan oleh rumah tangga yang berpenghasilan tinggi (E), sedangkan yang mengeluarkan 0–5% dari rumah tangga penghasilan tinggi juga cukup besar yakni mencapai 25%. Pengeluaran rumah tangga untuk listrik antara 15 – 20% di Semarang dan Bandung masing-masing 5 dan 8% dari kelompok berpenghasilan tinggi (E). Pengeluaran yang cukup tinggi dari total pengeluaran rumah tangga disebabkan oleh penggunaan peralatan listrik yang menyedot daya listrik tinggi, seperti AC, pompa air, setrika listrik. Pengeluaran anggaran yang cukup tinggi itu digunakan untuk mempertahankan dan menyesuaikan kenyamanan dan memenuhi kemudahan dalam aktivitas rumah tangga lainnya.

## 5. Respons Rumah Tangga terhadap Kenaikan Suhu Udara

Respons atau penyesuaian diri rumah tangga dan masyarakat untuk menetralisasi suhu (tetap menjaga kenyamanan) terhadap kenaikan suhu udara sangat bervariasi, bergantung pada kapasitas rumah tangga dan masyarakat dalam menggunakan jumlah peralatan listrik dan penghasilan rumah tangga sebulan. Selain itu, pengetahuan masyarakat dalam menetralisasi atau menyesuaikan diri dengan udara panas agar dalam rumah tetap nyaman dapat dilakukan sesuai dengan kemampuan masing-masing rumah tangga sebagaimana tertera pada tabel 4.6.

Tabel 4.6 memperlihatkan bahwa cara rumah tangga menyesuaikan atau merespons kenaikan suhu udara di kota Semarang adalah memakai energi listrik, yaitu menggunakan kipas angin yang dilakukan oleh kelompok berpenghasilan bawah dan

atas (A,B,C,D,E). Sementara itu, rumah tangga yang merespons kenaikan suhu udara dengan menanam pohon relatif kecil, yakni sekitar 1 – 2%.

**Tabel 4.6** Cara Rumah Tangga Meningkatkan/Memperbaiki Sirkulasi Udara

| Kota     | Cara Meningkatkan/<br>Memperbaiki<br>Sirkulasi | Kelompok Rumah Tangga<br>Berdasar Penghasilan per Bulan |     |      |      |      | Total |
|----------|--|---|-----|------|------|------|-------|
|          |  | A   | B   | C    | D    | E    |       |
| Semarang | Memakai kipas angin                            | 17,8  | 5,9 | 10,9 | 29,7 | 29,7 | 94,0  |
|          | Menanam pohon/tanaman di depan rumah           | 1,0   | -   | 2,0  | 1,0  | 1,0  | 5,0   |
|          | Menambah luas halaman                          | 1,0   | -   | -    | -    | -    | 1,0   |
| Bandung  | Memasang AC                                    | -   | -   | -    | 1,0  | 4,8  | 5,8   |
|          | Memakai kipas angin                            | 2,1   | 2,1 | 1,0  | 5,2  | 30,6 | 41,0  |
|          | Menanam pohon/tanaman di depan rumah           | -   | 1,0 | -    | -    | 22,7 | 23,7  |
|          | Memperbanyak pintu/jendela serta membukanya    | -   | -   | 3,1  | 4,1  | 18,8 | 26,0  |
|          | Menambah luas halaman                          | -   | -   | -    | -    | 3,5  | 3,5   |

Sumber: Survei Rumah Tangga PPK LIPI 2012

Rumah tangga di kota Bandung untuk menyesuaikan diri dengan udara panas lebih bervariasi. Hal ini kemungkinan dipengaruhi oleh tingkat pendidikan, pengetahuan, dan kesadaran

masyarakat pentingnya melakukan penghijauan di sekitar rumah dan perkampungan. Selain itu, pejabat pemerintah kota Bandung, kecamatan, dan kelurahan bersedia mendatangi permukiman padat untuk secara bersama melakukan penanaman pohon di tanah-tanah yang kosong dan tidak dimanfaatkan (lahan tidur) di sekitar permukiman dan perguruan tinggi (ITB) yang memberikan kesempatan menanam pohon di lahan milik kampus. Penghijauan merupakan salah satu cara untuk mengurangi panasnya udara. Seperti yang diungkapkan oleh Fatimah R.N (2012) bahwa banyaknya ruang terbuka hijau (kerapatan vegetasi yang tinggi) dapat mengurangi kadar CO<sub>2</sub> dan CO di udara serta menurunkan suhu permukaan daratan (suhu udara).

Selanjutnya, dalam penghijauan perlu memperhatikan jenis tanaman yang akan ditanam agar penghijauan efektif. Hal ini dikarenakan setiap tanaman mempunyai kemampuan yang berbeda dalam menyerap/mereduksi polutan CO. Kusminingrum, N (2008) menyatakan ada beberapa jenis tanaman/pohon yang mampu mereduksi CO cukup besar, yaitu tanaman Ganitri (*Elaeocarpus sphaericus*) yang dapat mereduksi CO sebesar 81,53% (0,587 ppm), tanaman perdu Iriansis (*Impatiens sp*) yang mereduksi CO sebesar 88,61% (0,638 ppm), serta tanaman semak *Philodendron* (*Philodendron sp*). Selain itu, pemilihan jenis tanaman juga perlu mempertimbangkan kemudahan memperoleh dan memelihara tanamannya.

Penghijauan di kota Bandung telah dilaksanakan di daerah Perumnas Sarijadi. Dengan penghijauan ini, Perumnas Sarijadi telah memiliki luas lahan hijau di setiap rumah berkisar antara 0-20% dan tingkat penanaman tanamannya sekitar 2,46 m<sup>2</sup>/orang per rumah. Selain itu, Perumnas Sarijadi juga telah mengalokasikan ruang terbangun sebesar 60% dengan penataan bangunan rumah

susun. Pengalokasian ruang terbangun tersebut bertujuan guna terpenuhinya standar kebutuhan lahan hijau dengan minimum RTH (ruang terbuka hijau) sekitar 33%. Hal ini bukan hanya untuk menurunkan suhu udara melainkan juga berguna meningkatkan kualitas lingkungan di permukiman (Hastuti, E dan Titi, U; 2008).

Rumah tangga dan masyarakat melakukan penghijauan dengan cara menanam pohon di depan rumah bagi yang mempunyai lahan luas, serta menanam tanaman di pot karena lahan yang dimiliki sempit. Selain itu, rumah tangga juga menambah/memperlebar ventilasi udara, menambah jendela, serta membuka pintu depan pada siang hari. Rumah tangga yang memakai energi listrik berupa kipas angin dan AC serta menanam pohon sebagai pohon pelindung adalah rumah tangga yang berpenghasilan menengah ke atas (D, E), sedangkan yang mengubah dan memperbanyak ventilasi udara adalah kelompok berpenghasilan tinggi (E). Upaya mengubah ventilasi udara maupun membuka pintu pada siang hari bertujuan supaya terjadi sirkulasi udara. Penggunaan energi listrik (kipas angin dan AC), menanam pohon, dan menambah ventilasi udara berdasar data di atas dilakukan oleh rumah tangga yang memiliki penghasilan tinggi (E) sebesar 26%. Kelompok ini menyadari perlunya menghemat energi. Sebagian diantara mereka mengubah sirkulasi udara dengan menambah ventilasi sehingga terjadi sirkulasi udara dengan baik agar udara tetap nyaman meskipun udara di luar lebih panas.

Rumah tangga dan masyarakat pada umumnya menggunakan transportasi publik dan kendaraan pribadi untuk pergi ke tempat kerja, mengantar anak sekolah, atau berbelanja ke pasar. Transportasi umum di berbagai kota, termasuk kota Semarang dan Bandung, meskipun udara panas, pada umumnya tidak menggunakan pendingin (AC), sehingga orang naik kendaraan

umum merasa panas dan tidak nyaman. Oleh karena itu, masyarakat yang memiliki penghasilan tinggi pada umumnya memiliki mobil pribadi yang dilengkapi AC untuk pergi bekerja, berbelanja, atau keperluan lain. Hal ini sudah menjadi kebiasaan dan pola hidup masyarakat perkotaan untuk beradaptasi atau menyesuaikan diri dengan perubahan suhu udara yang semakin panas di perkotaan.

Rumah tangga dan masyarakat di perkotaan (Semarang dan Bandung) berdasar hasil penelitian cenderung semakin banyak memiliki dan menggunakan peralatan listrik. Pemilikan dan penggunaan peralatan listrik yang semakin banyak akan memperbesar anggaran yang dikeluarkan oleh rumah tangga untuk membayar energi listrik, baik yang dilakukan rumah tangga miskin maupun rumah tangga kaya. Untuk menghemat anggaran pengeluaran energi listrik setiap rumah tangga, masyarakat harus melakukan berbagai penghematan pemakaian energi listrik. Usaha rumah tangga menghemat energi listrik dapat dilihat dalam tabel 4.7.

Upaya menghemat energi listrik setiap rumah tangga berbeda antara satu dengan yang lain. Cara menghemat listrik dalam rumah tangga dipengaruhi oleh lokasi, kondisi dan luas rumah, serta penghasilan rumah tangga. Menurut hasil survei cara rumah tangga di kota Semarang dan Bandung untuk menghemat energi listrik, caranya relatif sama, yaitu mematikan lampu yang tidak digunakan, baik pada siang hari maupun malam hari. Selain itu, mematikan peralatan elektronik yang tidak digunakan serta menggunakan lampu hemat energi. Kelihatan bahwa rumah tangga dan masyarakat di dua kota tersebut telah menyadari pentingnya melakukan penghematan energi listrik dengan mematikan peralatan elektronik. Rumah tangga yang melakukan penghematan energi sebagian besar dilakukan oleh rumah tangga yang memiliki

penghasilan menengah ke atas karena kelompok rumah tangga tersebut cenderung memiliki pengetahuan tentang penghematan listrik yang lebih baik. Mereka memiliki akses terhadap informasi yang berkaitan dengan pentingnya melakukan hemat energi, memiliki tingkat pendidikan yang lebih baik, dan kemungkinan sudah menjadi kebiasaan masyarakat.

**Tabel 4.7** Cara Rumah Tangga Hidup Hemat Energi

| Kota     | Cara Hidup Hemat Energi                               | Kelompok Rumah Tangga Berdasarkan Penghasilan per Bulan |     |     |      |      | Total |
|----------|---|---|-----|-----|------|------|-------|
|          |   | A   | B   | C   | D    | E    |       |
| Semarang | Mematikan lampu yang tidak digunakan                  | 8,8   | 2,5 | 5,4 | 14,2 | 11,4 | 42,3  |
|          | Pakai lampu hemat energi                              | 1,6   | -   | 1,2 | 3,3  | 5,8  | 11,9  |
|          | Mematikan elektronik yang tidak digunakan             | 5,8   | 2,5 | 5,4 | 8,0  | 8,1  | 29,8  |
|          | Membeli alat elektronik hemat listrik                 | 0,1   | -   | 0,3 | 2,3  | 2,9  | 5,6   |
|          | Pakai transportasi umum                               | 0,1   | -   | 0,3 | 0,7  | 1,2  | 2,3   |
|          | Bersepeda/berjalan kaki                               | 3,1   | -   | 0,5 | 1,6  | 1,1  | 6,3   |
|          | Merawat kendaraan pribadi (servis berkala, uji emisi) | 0,4   | -   | -   | 0,9  | 0,5  | 1,8   |
| Bandung  | Mematikan lampu yang tidak digunakan                  | 2,0   | 2,2 | 4,1 | 7,7  | 33,9 | 49,9  |
|          | Pakai lampu hemat energi                              | -   | 0,2 | -   | 0,4  | 11,8 | 12,4  |
|          | Mematikan elektronik yang tidak digunakan             | -   | 0,2 | -   | 1,2  | 19,1 | 20,5  |
|          | Membeli alat elektronik hemat listrik                 | -   | -   | -   | 0,4  | 2,5  | 2,9   |
|          | Pakai transportasi umum                               | -   | 0,2 | -   | -    | 3,2  | 3,4   |
|          | Bersepeda/berjalan kaki                               | -   | 0,2 | -   | 0,4  | 4,5  | 5,1   |
|          | Merawat kendaraan pribadi (servis berkala, uji emisi) | -   | -   | -   | 0,3  | 5,5  | 5,8   |

Sumber: Survei Rumah Tangga PPK LIPI 2012

Perilaku hemat energi memang berperan dalam upaya mengurangi pemanasan global. Upaya ini dapat dilakukan dengan

cara menghemat penggunaan energi listrik, air, bensin, menciptakan desain rumah serta penggunaan bahan bangunan yang hemat energi serta ikut menjaga kelestarian lingkungan sekitar, hutan dan polusi udara. Cara lain untuk hemat energi ialah memanfaatkan dan menggunakan energi alternatif yang sangat berlimpah seperti energi matahari, angin, serta air. Sekecil apapun tindakan masyarakat untuk hemat energi jika dilakukan secara global akan memberikan arti yang cukup besar dalam mengurangi pemanasan global (Purwito, 2008).

Sementara itu, untuk menghemat anggaran kebutuhan transportasi, semua rumah tangga, baik yang berpenghasilan tinggi maupun rendah, memilih menggunakan transportasi umum. Apabila menggunakan mobil pribadi, mereka akan mengeluarkan biaya yang cukup besar untuk membeli BBM dan biaya perawatan mobil yang tidak murah. Selain itu, untuk menghemat energi dan anggaran, sebagian masyarakat menggunakan sepeda atau sepeda motor untuk pergi ke sekolah atau ke kantor serta berbelanja.

Perilaku rumah tangga dan masyarakat berkaitan dengan hemat energi yang terkait dengan perubahan suhu udara seperti yang terlihat dalam tabel 4.8 di kota Semarang sebanyak 92% dan di Bandung sebesar 74,7%. Banyaknya rumah tangga di kota Semarang yang melakukan upaya menghemat energi karena mereka menyadari bahwa melakukan hemat energi akan memengaruhi pengeluaran rumah tangga. Daya energi listrik dapat dikurangi semaksimal mungkin agar menjadi kecil sehingga anggaran untuk energi listrik juga menjadi kecil. Sementara itu, sebagian rumah tangga di kota Bandung tidak melakukan penghematan energi. Hal itu kemungkinan karena sebagian rumah tangga memiliki AC, pompa air, dan usaha/bisnis rumah tangga sehingga tetap memerlukan energi listrik yang cukup tinggi. Oleh

karena itu, rumah tangga yang memiliki usaha bisnis cenderung tidak melakukan usaha penghematan energi listrik. Perilaku rumah tangga terkait dengan hemat energi dapat dilihat dalam tabel 4.8.

**Tabel 4.8** *Perilaku Rumah Tangga di Kota Semarang dan Bandung untuk Hemat Energi terkait dengan Suhu dan Kualitas Udara*

|       | Perilaku Hemat Energi<br>Terkait dengan Suhu Udara |         | Perilaku Hemat Energi<br>Terkait dengan Kualitas<br>Udara |         |
|-------|--|---------|---|---------|
|       | Semarang   | Bandung | Semarang  | Bandung |
| Ya    | 92,1%  | 74,7%   | 78,2%   | 69,7%   |
| Tidak | 7,9%   | 25,3%   | 21,8%   | 30,3%   |

*Sumber: Survei Rumah Tangga PPK LIPI 2012*

Perilaku rumah tangga dan masyarakat hemat energi yang berkaitan dengan kualitas udara di kota Semarang lebih baik dibanding kota Bandung. Upaya yang dilakukan rumah tangga di antaranya adalah menanam pohon di sekitar halaman rumah. Hal itu karena pohon-pohon dapat menyerap CO<sub>2</sub>, mendinginkan sekitar rumah sehingga itu merupakan cara menghemat energi listrik melalui penanaman pohon. Sebaliknya, di beberapa lokasi kota Bandung, sebagian pohon ditebang untuk pembangunan infrastruktur, seperti jalan raya (kasus kawasan Bukit Dago Timur), sehingga udara tetap menjadi panas. Akibatnya, rumah tangga tidak melakukan penghematan energi, tetap menggunakan AC atau kipas angin untuk menyesuaikan/adaptasi dengan udara yang panas.

Untuk menghadapi dan menyesuaikan perubahan suhu udara, selain menggunakan peralatan listrik, seperti memakai kipas angin dan AC, masyarakat juga menanam pohon di depan rumah, melakukan renovasi rumah dengan menambah ventilasi, dan meninggikan bangunan rumah. Rumah tangga di kota Semarang dan Bandung, berdasar hasil survei, sebagian besar tidak pernah melakukan renovasi rumah untuk adaptasi/ menyesuaikan dengan udara panas, baik rumah tangga berpenghasilan rendah maupun tinggi. Cara rumah tangga di dua kota dalam hal memperbaiki sirkulasi udara tertera pada tabel 4.9.

**Tabel 4.9** Cara Rumah Tangga di Kota Semarang untuk Memperbaiki Sirkulasi Udara

| Kota     | Cara Memperbaiki Sirkulasi Udara | Kelompok Rumah Tangga Berdasar Penghasilan per Bulan |     |      |      |      | Total |
|----------|----------------------------------|--|-----|------|------|------|-------|
|          |                                  | A  | B   | C    | D    | E    |       |
| Semarang | Pernah merenovasi rumah          | 3,0  | -   | -    | 1,0  | 3,0  | 6,9   |
|          | Tidak pernah merenovasi rumah    | 16,8   | 5,9 | 12,9 | 29,7 | 27,7 | 93,1  |
| Bandung  | Pernah merenovasi rumah          | -  | -   | -    | 2,0  | 25,3 | 27,3  |
|          | Tidak pernah merenovasi rumah    | 2,0  | 3,0 | 4,0  | 9,1  | 54,5 | 72,7  |

Sumber: Survei Rumah Tangga PPK LIPI 2012

Di kota Bandung, terdapat sebagian rumah tangga yang melakukan adaptasi/menyesuaikan diri terkait dengan perubahan suhu udara dengan melakukan renovasi rumah yang jumlahnya mencapai 27% yang berasal dari golongan rumah tangga berpenghasilan tinggi (D dan E), sedangkan di kota Semarang jumlahnya relatif kecil. Rumah tangga yang mampu melakukan adaptasi/menyesuaikan diri pada umumnya dengan alasan untuk memperbaiki sirkulasi udara agar terjadi perubahan udara dan dalam rumah tetap nyaman. Sementara itu, rumah tangga yang tidak melakukan adaptasi/ menyesuaikan diri dengan perubahan udara antara lain dengan alasan ventilasi udara sudah mencukupi, lokasi untuk menambah ventilasi udara tidak tersedia, dan jarak antara satu rumah dengan rumah lain terlalu sempit (berdempetan) sehingga tidak memungkinkan melakukan renovasi.

## 6. Penutup

Berdasar uraian di atas, ada dua hal utama yang dapat digarisbawahi, yaitu konsumsi listrik di tingkat rumah tangga serta pola respons rumah tangga terkait dengan peningkatan suhu dan perubahan kualitas udara di kota Semarang dan Bandung. Ada perbedaan konsumsi listrik antara rumah tangga miskin dan tidak miskin di kota Semarang dan Bandung. Perbedaan ini tercermin pada rata-rata pengeluaran rumah tangga tidak miskin untuk listrik per bulan lebih tinggi dibanding pengeluaran rumah tangga miskin.

Respons rumah tangga di kota Semarang dan Bandung terkait dengan peningkatan suhu dan perubahan kualitas udara terfokus pada sirkulasi udara di dalam rumah serta cara hidup hemat energi. Pola respons yang dilakukan antara rumah tangga satu dengan rumah tangga yang lain tidak sama atau berbeda.

Hal ini disesuaikan dengan karakteristik rumah tangga tersebut seperti kondisi ekonomi, tingkat pendidikan, pengetahuan tentang suhu dan kualitas udara, serta kemampuan mengakses informasi mengenai suhu, kualitas udara, dan hemat energi.

## 7. Daftar Pustaka

Adiningsih. 1994. *Perkembangan Perkotaan dan Dampaknya terhadap Kualitas dan Iklim di Jakarta dan Sekitarnya*. Majalah LAPAN No.68. Thn. XVII. Bulan Januari 1994. LAPAN, Jakarta. ISSN 0126-0480.

BPS Jawa Barat. 2012. <http://jabar.bps.go.id>.

BPS Jawa Tengah. 2012. <http://jateng.bps.go.id>.

BPS Kota Bandung. 2002. *Kota Bandung dalam Angka Tahun 2002*. Bandung.

BPS Kota Bandung. 2006. *Kota Bandung dalam Angka Tahun 2006*. Bandung.

BPS Kota Bandung. 2004. *Kota Bandung dalam Angka Tahun 2004*. Bandung.

BPS Kota Bandung. 2011. *Kota Bandung dalam Angka Tahun 2010*. Bandung.

BPS Kota Semarang. 2002. *Kota Semarang dalam Angka Tahun 2002*. Semarang.

- BPS Kota Semarang. 2004. *Kota Semarang dalam Angka Tahun 2004*. Semarang.
- BPS Kota Semarang. 2006. *Kota Semarang dalam Angka Tahun 2006*. Semarang.
- BPS Kota Semarang. 2011. *Kota Semarang dalam Angka Tahun 2010*. Semarang.
- Elinur, D.S. Priyarsono, Mangara T, dan M. Firdaus. 2010. *Perkembangan Konsumsi dan Penyediaan Energi dalam Perekonomian Indonesia*. Indonesian Journal of Agricultural Economics (IJAE). Volume 2, Nomor 1, Desember 2010. ISSN 2087-409X.
- Fatimah, R.N. 2012. *Pola Spasial Suhu Permukaan Daratan Kota Surabaya Tahun 1994, 2000, dan 2011*. Skripsi. Program Studi Sarjana Geografi, Fakultas MIPA, Universitas Indonesia. Depok.
- Hastuti, E., Dan Titi. U. 2008. *Potensi Ruang Terbuka Hijau dalam Penyerapan CO<sub>2</sub> di Permukiman, Studi Kasus : Perumnas Sarijadi Bandung Dan Cirebon*. Jurnal Permukiman Vol. 3 No. 2 Juli 2008.
- Hulme, Mike and Nicola Sheard. 1999. *Climate Change: Scenarios for Indonesia*. Climatic Research Unit, Norwich, UK.
- IPCC. 2007. *Impact, Adaptation, and Vulnerability. Working Group II Report*. M.L. Parry, O.F. Canziani, J.P. Palutikof, P.J. van der Linden and C.E. Hanson (eds). Cambridge University Press, Cambridge, United Kingdom and New York, NY, USA.

Kusminingrum, N. 2008. *Potensi Tanaman dalam Menyerap CO<sub>2</sub> dan CO untuk Mengurangi Dampak Pemanasan Global*. Jurnal Permukiman Vol. 3 No. 2 Juli 2008.

Nuryanti, S.S.H. 2007. "Analisis Karakteristik Konsumsi Energi pada Sektor Rumah Tangga di Indonesia". Seminar Nasional III SDM Teknologi Nuklir di Yogyakarta, 21-22 November 2007. ISSN 1978-0176.

Purwito. 2008. *Mengurangi Pemanasan Bumi Dengan Pola Hidup Hemat Energi*. Jurnal Permukiman Vol. 3 No. 2 Juli 2008.

# 5

## DARI ADAPTASI MENUJU MITIGASI : GREEN INFRASTRUCTURE

*Oleh: Laksmi Rachmarwati*

### 1. Pengantar

Perubahan iklim secara signifikan akan berdampak langsung terhadap wilayah perkotaan, mengingat jumlah penduduk yang besar dan padat yang tinggal di wilayah perkotaan (lihat misalnya Hewitt, 1997 dikutip dalam Bankoff, 2003). Kondisi ini akan meningkatkan kerentanan penduduk dan lingkungan di perkotaan yang dapat dilihat dari berbagai aspek kehidupan seperti ekonomi, sosial dan budaya. Merujuk pada kondisi penduduk miskin perkotaan, dapat dipastikan kerentanan akan semakin tinggi untuk kelompok ini berhubungan dengan rendahnya tingkat pendapatan dan pendidikan. Pada konteks kota, risiko perubahan iklim menjadi salah satu variabel yang berpengaruh pada tingkat kerentanan penduduk miskin. Mengingat risiko yang dapat terjadi pada berbagai sektor, diantaranya kesulitan untuk pemenuhan kebutuhan dasar bagi penduduk kota seperti berkurangnya persediaan air-makanan, kesulitan pemenuhan kebutuhan energi maupun terkait perekonomian seperti distribusi barang dan jasa.

Menurut Hunt dan Watkiss (2011: 13), selama ini studi perubahan iklim yang dilakukan di perkotaan lebih mengkaji dari sisi fisik seperti fenomena kenaikan muka air laut, aspek fisik kesehatan dan air. Studi-studi tentang energi, transportasi dan infrastruktur akibat dampak perubahan iklim belum mendapat banyak perhatian.

Secara umum, masalah polusi dan kualitas udara lebih banyak disebabkan oleh beban kota yang semakin berat yang disebabkan oleh penambahan jumlah penduduk sebagai dampak urbanisasi. Urbanisasi yang tidak terkelola dengan baik akan berdampak pada kondisi fisik kota dan penduduk. Peningkatan jumlah penduduk akan meningkatkan tekanan pada lahan perkotaan berupa peningkatan peruntukan lahan untuk wilayah permukiman dan industri, yang kemudian hal ini akan menurunkan ruang terbuka hijau. Perubahan kondisi ekologis perkotaan, pada akhirnya memicu perubahan kualitas udara dan peningkatan suhu. Tekanan terhadap lingkungan akan makin buruk manakala kota tidak membuat perencanaan terkait penataan penggunaan lahan dengan baik. Rencana tata ruang kota yang kerap kali tidak dijadikan acuan pengembangan wilayah dan campur aduknya peruntukan wilayah kota menyebabkan pergerakan penduduk bersifat saling-silang yang memboroskan sumber daya energi.

Selain itu, kondisi ini diperburuk dengan meningkatnya intensitas pemakaian energi untuk pendingin udara (AC) untuk perumahan dan perkantoran yang berada di kawasan perkotaan. Dalam konteks Indonesia dan negara-negara tropis lain, seiring dengan pertumbuhan kota, demi kenyamanan, penduduk kota semakin bergantung pada penyejuk ruangan untuk mendapatkan suhu optimum yang memenuhi standar kenyamanan. Di negara-negara maju, seperenam dari total penggunaan listrik adalah untuk mendinginkan ruangan (AC) (Hoverter, 2012).

Di sisi lain, polusi udara yang disebabkan oleh transportasi dan industri turut memperburuk kualitas udara di perkotaan dan berkontribusi positif terhadap peningkatan suhu udara. Walaupun di beberapa kota telah diupayakan pemindahan daerah industri ke pinggiran kota, namun kota masih tetap terbebani.

Kegiatan antropogenik ini dianggap makin berhubungan dengan kondisi yang disebut fenomena *Urban Heat Islands* (UHI) yang menempatkan kawasan kota menjadi lebih tinggi temperaturnya dibanding kawasan di sekitarnya. Perubahan suhu dan kualitas udara tidak hanya memengaruhi kenyamanan penduduk untuk tinggal di daerah perkotaan, tetapi juga berdampak terhadap kesehatan.

Tulisan ini akan melihat bagaimana response yang dilakukan untuk mengurangi dampak kenaikan suhu dan penurunan kualitas udara. Kegiatan adaptasi yang dilakukan dapat secara langsung maupun tidak langsung bersinggungan dengan kegiatan mitigasi perubahan iklim berupa pembangunan infrastruktur hijau (*green infrastructure*). Infrastruktur hijau tidak hanya mendiskusikan bahan dan bentuk bangunan yang ramah lingkungan, tetapi juga mencakup ruang terbuka hijau sebagai salah satu bagian dari infrastruktur kota

Pembabakan tulisan pada bagian ini adalah sebagai berikut, setelah bagian pendahuluan, tulisan ini akan dilanjutkan dengan deskripsi terkait adaptasi dan mitigasi perubahan iklim yang biasa dilakukan di kota-kota besar berhubungan dengan suhu udara, dalam hal ini yang terhubung dengan fenomena *urban heat islands*. Sebagai bagian dari *green infrastructure*, maka pembahasan dilanjutkan pemaparan temuan lapangan berupa upaya adaptasi untuk mengurangi dampak kenaikan suhu dan perubahan kualitas udara. Bagian ini ditutup dengan diskusi dan kesimpulan dari bagian ini.

## 2. Adaptasi dan Mitigasi Perubahan Iklim untuk Mengurangi Dampak Pemanasan Perkotaan

Adaptasi merupakan sebuah tindakan yang dilakukan untuk mengurangi kerentanan (Smit dan Wandel, 2006) dan biasanya dilakukan secara terus-menerus sebagai response atas dampak yang dialami. Sementara itu, mitigasi cenderung bersifat antisipasi jangka panjang terhadap suatu fenomena yang diperkirakan akan terjadi pada masa yang akan datang berdasar prediksi saat ini. Pada dasarnya adaptasi yang bersifat jangka panjang sudah mengarah pada tindakan mitigasi.

Dalam konteks adaptasi dan mitigasi, banyak cara yang ditawarkan oleh para pihak untuk mengurangi pemanasan di wilayah perkotaan. Pada skala kota Hoverter (2012) misalnya, menawarkan penggunaan atau pemanfaatan teknologi berupa *cool roof*, *cool pavement*, *green roof*, serta memperbanyak *urban forest*. Sementara untuk skala bangunan (individual) beberapa upaya telah diidentifikasi di antara ialah pengurangan panas (*heat gain reduction, effective thermal mass*), strategi ventilasi (*ventilation strategy*), mengaktifkan sistem pendingin (*active cooling*) dan mengaktifkan kemampuan adaptasi ke depan (*enable future adaptability*) (<http://www.dbp.org.uk/adaptingbuildings.htm>).

Berubahnya *landscape* kota membuat terjadinya perubahan kehidupan masyarakat secara signifikan. Pertumbuhan sarana dan fasilitas kota untuk memenuhi kebutuhan yang tercipta karena penambahan penduduk membuat luas lahan terbangun semakin bertambah. Jika pada awalnya sebuah kota masih mampu mempertahankan keberadaan wilayah dengan fungsi yang didominasi oleh vegetasi seperti hutan dan ruang hijau maka seiring dengan waktu dan kebutuhan wilayah kota semakin

didominasi oleh wilayah terbangun. Wilayah terbangun kota pada umumnya menjadi “alat” penyerap dan penyimpan panas. Wilayah terbangun kota pada umumnya terbuat dari bahan-bahan yang bersifat *impermeable* sehingga suhu permukaan tetap tinggi. Kondisi ini diperburuk dengan dampak perubahan iklim yang dianggap berkontribusi positif pada peningkatan suhu. Beberapa respons yang dianggap sebagai perilaku adaptasi sebenarnya hanya upaya mengurangi kenaikan suhu untuk jangka pendek dan sebenarnya makin memperburuk situasi.

Pemilihan pemakaian pendingin udara (AC), dianggap sebagai perilaku adaptasi atas kenaikan suhu. Secara tidak langsung telah terjadi perubahan gaya hidup, dari masyarakat yang semula tidak pernah memakai pendingin ruangan, sekarang menjadi makin bergantung pada AC dan merasa adanya keharusan untuk memakai pendingin udara untuk kenyamanan. Hal yang sering dilupakan oleh para penggunaan AC adalah, suhu lebih nyaman yang didapatkan di dalam ruangan (*indoor*) pada saat bersamaan meningkatkan suhu diluar ruangan (*outdoor*), karena panas yang dihasilkan oleh penggunaan energi untuk merubah suhu dalam ruangan akan dibuang ke luar. Perubahan gaya hidup ini juga berkorelasi dengan upaya efisiensi pemakaian pendingin udara, misalnya mengurangi jumlah ventilasi. Pengurangan ventilasi pada akhirnya dimaksudkan juga untuk mengurangi debu yang masuk ke dalam rumah. Namun, karena sirkulasi udara menjadi terhambat, kualitas udara di dalam ruangan juga makin buruk. Selain itu, dilihat dari emisi yang dikeluarkan, ketergantungan pada pendingin ruangan pada akhirnya memperbesar emisi dari pemakaian energi listrik.

*Green Infrastructure* (Infrastruktur hijau) dapat didefinisikan sebagai upaya penciptaan secara integratif infrastruktur yang

mampu mendukung pertumbuhan ekonomi tanpa melupakan kemampuannya mempertahankan keberlanjutan secara ekologis. Dalam definisi Van der Ryn dan Cowan (1996) disebutkan pentingnya hubungan infrastruktur, pertumbuhan ekonomi dengan habitat. Bahkan, Van der Ryn dan Cowan (1996) menyebutkan pula bahwa apabila infrastruktur direncanakan secara proaktif untuk dikembangkan, akan mampu menyediakan sebuah kerangka pembangunan yang menghubungkan antara pertumbuhan ekonomi, konservasi alam, dan pada akhirnya mempromosikan kesehatan lingkungan.

Secara umum, *green infrastructure* dapat berbentuk ruang terbuka hijau, baik berupa taman kota maupun taman-taman rumah tangga yang akhir-akhir ini muncul dengan inisiatif *vertical garden* atau *roof garden, reserves* (tempat penampungan air berupa *situ-situ* atau metode lain untuk memanen air hujan), efisiensi pemakaian energi dalam bangunan, dan pemakaian bahan-bahan ramah lingkungan. Perilaku ini pada akhirnya dikaitkan dengan perilaku bersih dan sehat di lingkungan masing-masing.

Tabel 5.1 memperlihatkan penyebab pemanasan di lingkungan perkotaan dan beberapa contoh strategi mitigasi yang dapat mengurangi pemanasan perkotaan yang berhubungan dengan fenomena UHI.

**Tabel 5.1** *Penyebab Pemanasan Perkotaan dan Beberapa Strategi Mitigasi*

| Urban heat island causes  | Mitigation strategy  |
|---|--|
| <i>Increased surface area</i>   |  |
| Large vertical faces  |  |
| Reduced sky view factor   |  |
| Increased absorption of shortwave (solar) radiation   | High reflection building and road materials, high reflection paints for vehicles                       |
| Decreased longwave (terrestrial) radiation loss   | Spacing of buildings   |
| Decreased total turbulent heat transport  | Variability of building heights  |
| Reduced wind speeds   |  |
| <i>Surface materials</i>  |  |
| <i>Thermal characteristics</i>  |  |
| Higher heat capacities  | Reduce surface temperatures (changing albedo and emissivity)   |
| Higher conductivities   | Improved roof insulation   |
| Increased surface heat storage  |  |
| <i>Moisture characteristics</i>   |  |
| Urban areas have larger areas that are impervious   | Porous pavement  |
| Shed water more rapidly – changes the hydrograph  | Neighborhood detention ponds and wetlands which collect stormwater                                     |
| Increased runoff with a more rapid peak   | Increase greenspace fraction   |
| Decreased evapotranspiration (latent heat flux, $Q_L$ )                                       | Greenroofs, greenwalls   |
| <i>Additional supply of energy – anthropogenic heat flux – <math>Q_A</math></i>               |  |
| Electricity and combustion of fossil fuels: heating and cooling systems, machinery, vehicles. | Reduced solar loading internally, reduce need for active cooling (shades on windows, change materials) |
| 3-D geometry of buildings – canyon geometry   | District heating and cooling systems   |
|   | Combined heat and power systems  |
|   | High reflection paint on vehicles to reduce temperature  |
| <i>Air pollution</i>  |  |
| Human activities lead to ejection of pollutants and dust into the atmosphere                  | District heating and cooling systems   |
| Increased longwave radiation from the sky   | Combined heat and power or cogeneration systems  |
| Greater absorption and re-emission ('greenhouse effect')                                      |  |

*Sumber: Gartland, Lisa. 2008*

### 3. Bangunan Ramah Lingkungan

Dari hasil studi lapangan di Bandung, *stakeholder* pemerintah menyebutkan bahwa konsep *green infrastructure* masih dalam taraf wacana. Itu pun tidak semua *stakeholder* telah memiliki pemahaman yang sama tentang istilah ini. Untuk sebagian kalangan, konsep ini masih dianggap sebagai sebuah konsep yang dianggap baru dan dianggap mahal untuk diimplementasikan pada tingkat administratif kota. Pemilihan bahan bangunan yang ramah lingkungan dianggap akan berdampak terhadap mahalnya biaya pembangunan. Menurut narasumber ini, upaya untuk mewujudkan konsep bangunan ramah

lingkungan sebenarnya dapat disederhanakan untuk disesuaikan dengan kondisi setempat. Untuk tingkat rumah tangga, kondisi yang hampir sama dapat ditemui dari lokasi yang di survei. Rumah lebih diasosiasikan sebagai tempat berteduh bagi keluarga, sedangkan apakah rumah relatif “hijau”- dapat menghemat energi, belum menjadi prioritas bagi pemilik rumah. Beberapa poin dibawah ini adalah hasil temuan di Kota Bandung yang berhubungan dengan upaya penciptaan bangunan ramah lingkungan.

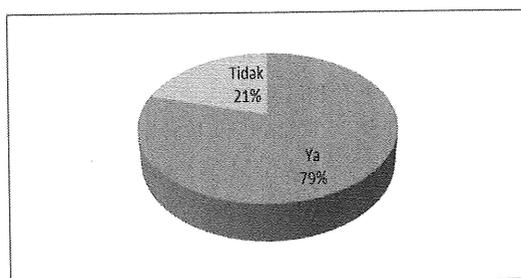
## Sirkulasi Udara

Apabila di sebuah rumah memiliki banyak lubang angin, permasalahan terkait suhu udara yang dirasakan di dalam rumah dapat diselesaikan tanpa ada penambahan alat pendingin udara. Beberapa inisiatif yang dapat dilakukan di antaranya adalah membangun lubang angin tambahan atau membangun pintu dengan menyisakan celah di bawah sehingga dapat memperbaiki sirkulasi udara. Menurut salah seorang responden yang diwawancarai di Kota Bandung, sebenarnya membangun pintu dengan memberi celah di bawahnya dapat mendinginkan rumah karena terdapat perbaikan sirkulasi udara. Udara dapat dengan leluasa bergerak keluar masuk dari celah yang ada di bawah pintu tersebut. Tentu saja pembuatan celah ini juga harus mempertimbangkan keamanan rumah.

Inisiatif lain yang dilakukan di beberapa rumah adalah meninggikan atap rumah sehingga udara yang ada di dalam rumah lebih dingin daripada yang dirasakan di luar rumah. Inisiatif seperti ini banyak ditemui di daerah tempat survei dilaksanakan. Walaupun pada saat siang hari kondisi suhu cukup panas, pada saat masuk ke dalam rumah terasa cukup dingin. Namun secara umum karena biaya untuk meninggikan atap rumah relatif tinggi, maka

tidak semua rumah tangga dapat melakukan adaptasi seperti ini. Di beberapa rumah yang didatangi, walau telah ditinggikan atap rumahnya, masih ditemui pemakaian kipas angin yang difungsikan untuk menghalau nyamuk di malam hari.

Hasil survei tahun 2012 di kota Bandung dan Semarang pada 200 rumah tangga memperlihatkan bahwa 79% dari responden masih merasa sirkulasi udara yang dimiliki di rumahnya masih mencukupi. Hampir seperlima dari jumlah responden (21%) menganggap sirkulasi di rumah mereka tidak mencukupi. Namun, secara langsung tidak terkait antara anggapan kecukupan sirkulasi udara dengan upaya untuk memperbaiki sirkulasi udara secara langsung.



*Sumber: Hasil Survei PPK LIPI 2012*

**Diagram 5.1** *Persentase Kecukupan Sirkulasi Udara pada Rumah Tangga di Lokasi Penelitian (n=200)*

Berdasar catatan pada saat wawancara, rumah yang tidak cukup ventilasinya akan terasa lebih gerah dibanding yang memiliki ventilasi yang cukup dengan sirkulasi udara yang lancar. Pada bangunan rumah yang tidak cukup ventilasi, terasa tidak ada udara di dalam ruangan sehingga perlu diimbangi dengan alat elektronik yang dapat mengimbangi kondisi yang ada.

Pemakaian kipas angin menjadi respons/ adaptasi yang dianggap paling ideal untuk kondisi responden. Buktinya 63,8 persen responden memakai kipas angin untuk mengurangi suhu udara panas yang dirasakan. Pilihan perilaku ini merupakan hal yang paling dapat diterima karena harga kipas angin yang jauh lebih murah dibanding harga pendingin ruangan (AC) yang hanya dipergunakan oleh 2 persen responden. Perilaku lain yang dianggap signifikan adalah upaya sederhana, yaitu membuka pintu atau jendela, yang dilakukan oleh 9,7 persen responden. Hal ini terkait dengan sulitnya menambah lubang angin/sirkulasi udara di rumah-rumah responden. Pilihan adaptasi yang dilakukan oleh penduduk masih bersifat jangka pendek/ sementara.

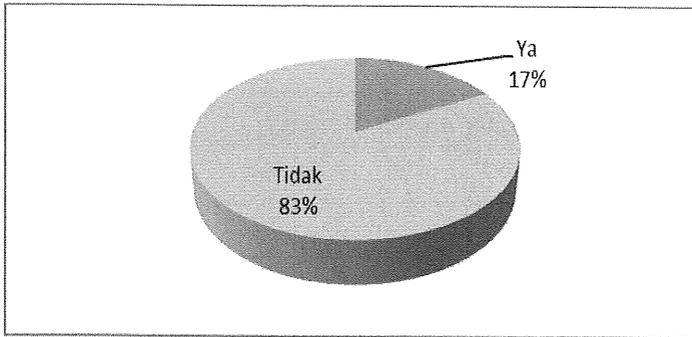
Sementara itu, respons yang bersifat lebih jangka panjang belum terlihat signifikan. Hanya 2 persen dari responden yang melakukan upaya perbaikan sirkulasi udara, sedangkan responden yang mencoba menanam tanaman di sekitar rumahnya terdapat 9, 2 persen. Sementara itu, sebanyak 12, 2 persen memilih kombinasi pilihan-pilihan yang ada dan sebagian besar tetap mencantumkan pemakaian kipas angin sebagai satu kombinasi pilihan untuk rumah tangga mereka.

**Tabel 5.2** *Respons/Adaptasi yang Dilakukan oleh Rumah Tangga di Lokasi Penelitian*

| <b>Tindakan yang dilakukan</b>                       | <b>Persentase</b> |
|--|-------------------|
| Pasang AC  | 2,0               |
| Pakai kipas angin                                    | 63,8              |
| membuka jendela/pintu                                | 9,7               |
| Tanam pohon/memperbanyak tanaman/bunga didepan rumah | 9,2               |
| Menambah luas halaman                                | 0,5               |
| memperbaiki sirkulasi udara                          | 2,0               |
| tidak melakukan apa-apa                              | 0,5               |
| Kombinasi  | 12,2              |

*Sumber: Hasil Survei PPK LIPI 2012*

Sebagai upaya untuk menciptakan bangunan ramah lingkungan, 83 persen dari responden menyebutkan bahwa tidak ada upaya yang dilakukan untuk merenovasi rumah dalam bentuk memperbaiki sirkulasi udara. Hanya 17 persen yang pernah memperbaiki sirkulasi udara di rumah. Secara fisik, kondisi perumahan di lokasi survei merupakan hunian padat sehingga sulit untuk memperbaiki sirkulasi udara. Beberapa rumah tersambung tanpa memiliki halaman sama sekali sehingga sulit menambah lubang angin untuk memperbaiki sirkulasi udara. Selain itu, upaya untuk menambah sirkulasi udara memang secara tidak langsung berhubungan dengan peningkatan kondisi status ekonomi rumah tangga yang bersangkutan. Hal ini disebabkan oleh dibutuhkan biaya yang relatif tidak sedikit untuk menambah lubang angin atau memperlancar sirkulasi udara. Tentu saja dengan memperlancar sirkulasi udara, maka kenyamanan untuk tinggal di rumah akan meningkat.

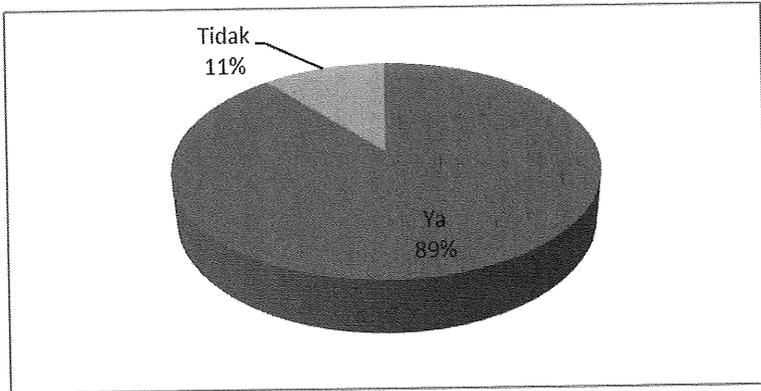


Sumber: Hasil Survei PPK LIPI 2012

**Diagram 5.2** *Persentase Rumah Tangga di Lokasi Penelitian yang Melakukan Renovasi Rumah untuk Perbaikan Sirkulasi Udara (n=200)*

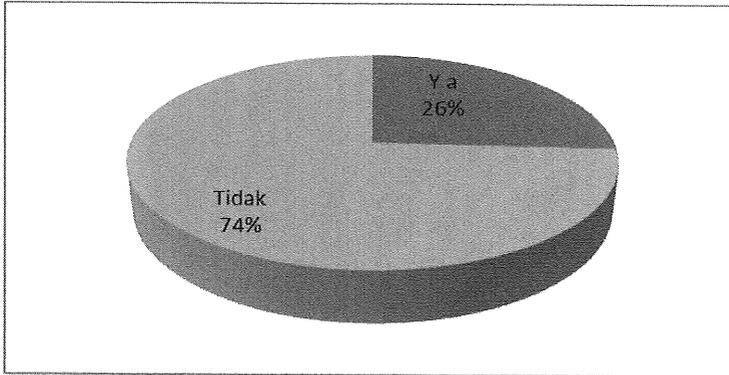
### ***Pencahayaannya***

Terkait dengan upaya penciptaan *green infrastruktur*, pencahayaan menjadi salah satu faktor penting yang diperhitungkan untuk memanfaatkan energi yang ada. Dari hasil survei 2012 tercatat 11 persen dari responden yang merasa pencahayaan di rumah mereka tidak mencukupi. Namun, pada saat ditanya “apakah ada lampu yang menyala sepanjang hari di rumah tersebut?” terdapat 26 persen responden yang menjawab ya. Hal ini tentu terkait pula dengan bentuk rumah. Terkadang ruangan tertentu seperti kamar mandi, memang membutuhkan lampu yang harus dinyalakan pada saat masuk ke dalamnya. Namun demikian, lampu yang menyala sepanjang hari bisa disebabkan oleh bentuk dan letak ruangan yang memang memerlukan tambahan pencahayaan dari lampu. Ketidakefisienan pemakaian energi lampu seperti ini dapat dikurangi dengan penambahan kaca atau jendela. Namun, karena keterbatasan ruang, maka penambahan kaca/jendela tidak dapat dilakukan.



Sumber: Hasil Survei PPK LIPI 2012  
**Diagram 5.3** *Persentase Kecukupan Pencabayaan pada Rumah Tangga di Lokasi Penelitian (n=200)*

Kondisi rumah yang dianggap memiliki ventilasi, ditegaskan dengan tidak menyalakan alat penerangan pada siang hari. Penegasan ini diketahui pada saat melakukan wawancara melalui survei rumah tangga. Interviewer mencatat bagaimana kondisi rumah responden melalui pengamatan langsung. Untuk responden yang menyatakan tidak cukup ventilasi, rumah terlihat gelap dan mereka harus menyalakan lampu walaupun pada siang hari. Ini merupakan tambahan penggunaan energi rumah tangga.



Sumber: Hasil Survei PPK LIPI 2012  
**Diagram 5.4** *Persentase Keberadaan Lampu yang Menyala Sepanjang Hari (n=200)*

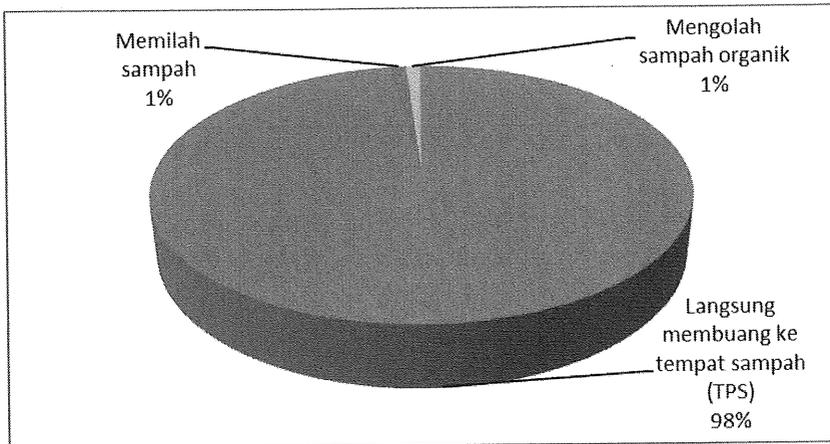
Rumah yang memiliki keterbatasan pencahayaan sebagian besar ditemukan pada rumah padat penduduk dengan bentuk bangunan yang sangat rapat. Sehingga jendela yang dibuatpun tidak terkena sinar matahari.

### ***Penghijauan di Sekitar Rumah***

Penghijauan di sekitar rumah, walau tidak dalam skala besar seperti taman kota, dianggap mampu memperbaiki kondisi lingkungan. Dalam artikelnya, Cameron dkk (2012) menyebutkan bahwa *domestic garden* berupa taman yang ada di sekitar rumah memainkan peran yang penting dalam mengurangi dampak negatif dari kenaikan temperatur tanpa menambah pemakaian energi. Taman seperti ini mampu mendinginkan udara di sekitarnya dan bermanfaat secara langsung pada suhu udara dan kualitas udara.

dari hasil survei terlihat bahwa 98 persen responden secara langsung membuang sampah ke tempat sampah/tempat pembuangan sementara (TPS). Hanya 1 persen dari responden yang memilah sampah dan 1 persen yang mengolah sampah organik. Banyak faktor yang menjadi penyebab kondisi ini, di antaranya ialah kurang tersosialisasinya upaya pengolahan sampah di rumah tangga. Sampah masih dianggap hal yang tidak terlalu penting untuk diperhatikan dalam upaya penciptaan lingkungan yang lebih baik. Ada anggapan bahwa semakin cepat sampah dibuang dari rumah, rumah akan semakin bersih.

Sumber: Hasil Survei PPK LIPI 2012



**Diagram 5.5** Pengolahan Sampah di Tiap Rumah Tangga (n=200)

#### 4. Penutup

Uraian diatas memperlihatkan bahwa untuk mewujudkan bangunan ramah lingkungan (*green infrastructure*) dapat disesuaikan dengan kondisi lokal dan tidak memerlukan biaya

Dari 200 responden yang diwawancarai, 9,2 persen dari responden (tabel 5.1) beradaptasi dengan menanam pohon sekitar rumahnya, baik dengan tanaman hias maupun buah-buahan. Kondisi ini memperlihatkan bahwa adaptasi yang dilakukan oleh responden relatif bersifat jangka pendek (dengan pemakaian kipas angin dan AC) dan belum bersifat jangka panjang.

Gambaran sebagian kecil kelompok masyarakat di kota Bandung yang sudah memiliki kesadaran untuk menanami sekitar rumahnya ditemui di sebuah kawasan padat penduduk di bantaran Sungai Cikapundung. Berbagai jenis tanaman dipajang di depan rumah dengan menggunakan pot, karena lahan yang terbatas. Bahkan, kesadaran untuk menghidupkan lingkungan mereka kemudian berkembang menjadi sebuah kegiatan *urban farming* di pinggir Sungai Cikapundung.

#### Kotak 1 : Inisiatif Penghijauan Kota melalui *Urban Farming*

Kegiatan *urban farming* dilakukan dengan menanam tanaman yang berguna seperti sayur dan bunga yang ditanam di lahan milik ITB. Mereka mendapat izin untuk mengelola lahan di sekitarnya. Kegiatan ini mendapatkan dukungan dari Wakil Walikota Bandung. Program ini juga merupakan program yang dikembangkan di kota Bandung terkait dengan upaya meningkatkan ruang terbuka hijau. Atas inisiatif yang konsisten dari kelompok ibu-ibu ini, mereka sudah diwawancarai oleh radio lokal untuk dapat menjadi inspirasi bagi masyarakat lain dalam melestarikan lingkungan.

#### *Pemilahan sampah*

Untuk mengurangi dampak emisi gas kaca, idealnya setiap rumah tangga melakukan upaya pemilahan sampah. Sampah yang masih dapat dimanfaatkan dapat didaur ulang. Namun demikian,

yang mahal. Asumsi biaya mahal membuat tidak banyak orang ikut serta dalam upaya untuk mengurangi dampak pemanasan di wilayah perkotaan. Sekecil apa pun upaya yang dilakukan untuk mengurangi pemanasan di kota akan berdampak positif terutama apabila banyak orang yang turut serta.

## 5. Daftar Pustaka

- Bankoff, Greg. 2003. *Cultures of Disaster Society and Natural hazard in the Philippines*, Routledge Curzon.
- Cameron, Ross W.F dkk. 2012. The Domestic Garden-Its contribution to urban green infrastructure, in *Urban Forestry and Urban Greening*, vol. 11, issue 2 129-137 pp.
- Gartland, Lisa. 2008. *Heat Islands: Understanding And Mitigating Heat In Urban Areas*. Earthscan.
- Hoverter, Sara P. 2012. *Adapting to urban Heat: A Tool Kit for Local Governments*. Harrison Institute for Public Law Georgetown Climate Center.
- Hunt, Alistair dan Paul Watkiss. 2011. Climate change impacts and adaptation in cities: a review of the literature, *Climatic Change* 104: 13-49 pp.
- Smit, B & Wandel, J. 2006. Adaptation, Adaptive Capacity and Vulnerability, *Global Environmental Change* 16: 282-292.
- Van der Ryn, Sim dan Stuart Cowan. 1996. *Ecological Design*. Island Press.

