



**UNIVERSITAS INDONESIA**

**PERHITUNGAN GAS RUMAH KACA DARI RUANG LINGKUP  
DUA (STUDI KASUS DI UNIVERSITAS INDONESIA DEPOK)**

**SKRIPSI**

**WACHIDYAH ANGGRAINI  
0806337264**

**FAKULTAS KESEHATAN MASYARAKAT  
PROGRAM STUDI ILMU KESEHATAN MASYARAKAT  
DEPOK  
JULI 2012**



**UNIVERSITAS INDONESIA**

**PERHITUNGAN GAS RUMAH KACA DARI RUANG LINGKUP  
DUA (STUDI KASUS DI UNIVERSITAS INDONESIA DEPOK)**

**SKRIPSI**

**Diajukan sebagai salah satu syarat memperoleh gelar  
Sarjana Kesehatan Masyarakat**

**WACHIDYAH ANGGRAINI  
0806337264**

**FAKULTAS KESEHATAN MASYARAKAT  
PROGRAM STUDI ILMU KESEHATAN MASYARAKAT  
DEPOK  
JULI 2012**

## SURAT PERNYATAAN

Yang bertanda tangan di bawah ini, saya

Nama: Wachidyah Anggraini

NPM : 0806337264

Mahasiswa Program: SI Reguler Kesehatan Masyarakat

Tahun Akademik: 2008

Menyatakan bahwa saya tidak melakukan kegiatan plagiat dalam penulisan skripsi saya yang berjudul:

**Perhitungan Gas Rumah Kaca dari Ruang Lingkup Dua  
(Studi Kasus di Universitas Indonesia Depok)**

Apabila suatu saat terbukti saya melakukan plagiat maka saya akan menerima sanksi yang ditetapkan.

Demikian surat pernyataan ini saya buat dengan sebenar-benarnya.

Depok, 3 Juli 2012



Wachidyah Anggraini

## HALAMAN PERNYATAAN ORISINALITAS

Skripsi ini adalah hasil karya sendiri,  
dan semua sumber baik yang dikutip maupun dirujuk  
telah saya nyatakan dengan benar

Nama : Wachidyah Anggraini

NPM : 0806337264

Tanda Tangan : 

Tanggal : 3 Juli 2012

## HALAMAN PENGESAHAN

Skripsi ini diajukan oleh :

Nama : Wachidyah Anggraini

NPM : 0806337264

Program Studi : Sarjana Kesehatan Masyarakat

Judul Skripsi : Perhitungan Gas Rumah Kaca dari Ruang Lingkup Dua - Studi Kasus di Universitas Indonesia Depok

Telah berhasil dipertahankan di hadapan Dewan Penguji dan diterima sebagai bagian persyaratan yang diperlukan untuk memperoleh gelar Sarjana Kesehatan Masyarakat pada Program Studi Sarjana Kesehatan Masyarakat, Fakultas Kesehatan Masyarakat, Universitas Indonesia

### DEWAN PENGUJI

Pembimbing : Dr. Suyud Warno Utomo, M.si

Penguji : Dr. Ririn Arminsih Wulandari, drg, M.Kes

Penguji : Ir. Nurul Jannah, MM, Ph.D

Ditetapkan di : Depok

Tanggal : 3 Juli 2012

## KATA PENGANTAR

Segala puji dan syukur penulis panjatkan ke hadirat Allah SWT yang telah melimpahkan rahmat, karunia, dan nikmat-Nya kepada penulis sehingga dapat menyelesaikan skripsi ini tepat pada waktunya. Permasalahan yang diambil dalam skripsi ini adalah perhitungan gas rumah kaca yang dihasilkan dari ruang lingkup dua di UI Depok. Topik ini diambil dengan harapan hasil dalam skripsi ini dapat bermanfaat bagi berbagai pihak, terutama untuk upaya mitigasi dalam perubahan iklim.

Penulis menemui berbagai macam hambatan dan kesulitan dalam proses penyusunan skripsi ini. Oleh karena itu, penulis menyadari bahwa tulisan dalam skripsi ini masih jauh dari sempurna. Namun, penulis berharap skripsi ini dapat menginspirasi dan memberi manfaat bagi semua orang. Kritik dan saran guna penyempurnaan skripsi ini sangat penulis harapkan. Pada kesempatan ini penulis mengucapkan terima kasih dan penghargaan yang setinggi-tingginya kepada:

1. Ayah dan Ibu yang telah memberikan dukungan penuh kepada saya untuk menyelesaikan skripsi ini, dan senantiasa mendo'akan agar penyusunan skripsi ini dapat berjalan dengan lancar.
2. Dr. Suyud Warno Utomo M.Si selaku pembimbing yang telah memberikan bimbingan, arahan, dan saran yang dibutuhkan selama masa perkuliahan hingga terselesaikannya penulisan skripsi ini.
3. Dr. Ririn Arminsih Wulandari, drg, M.Kes yang bersedia menjadi penguji, sekaligus sesosok Ibu yang selama ini menginspirasi saya di FKM.
4. Ir. Nurul Jannah, MM, Ph.D yang bersedia menjadi penguji saya dan memberikan saran dan arahan demi skripsi yang lebih baik.
5. Pegawai di Direktorat Umum dan Fasilitas UI, Direktorat Pendidikan, Direktorat SDM dan Manajer Umum tiap Fakultas yang memberikan data kepada penulis hingga terselesaikannya skripsi ini.

6. Segenap nama yang tercantum dalam daftar referensi skripsi ini. Terima kasih pernah membuat penelitian tentang perhitungan gas rumah kaca. Sehingga, saya bisa mendapatkan sumber teori dan pengetahuan baru untuk memperkuat skripsi saya.
7. Segenap tenaga pengajar dan staf di lingkungan FKM UI umumnya dan Departemen Kesehatan Lingkungan khususnya yang telah berperan penting dalam proses transfer ilmu kesehatan masyarakat sehingga skripsi ini dapat selesai dengan baik
8. Bu Mien Wibowo yang selalu memberikan semangat untuk lulus tepat waktu pada saya.
9. Coca-Cola Foundation yang memberikan golden tiket kepada saya untuk masuk menjadi salah satu bagian dari keluarga besar Goodwill International Foundation
10. Adik saya (Ikhsan Hidayat) yang berhasil masuk FH UI. Hal ini membuat saya semakin semangat untuk menyelesaikan skripsi ini agar bisa foto bareng keluarga di Balairung nanti.
11. Keluarga saya di Kos-an, Mega, Ana, Erni terima kasih untuk dukungannya dan tempat berkeluh kesah penulis dalam menyelesaikan skripsi
12. Keluarga kecil saya di FKM sekaligus sebagai sahabat-sahabat yang mau berbagi suka duka ( Bebe, Eik, Widya) yang meskipun sudah lulus masih terus memberikan dukungan kepada penulis. Anggota yang lain (Erna, Syifa, Sekar) yang saling berjuang bersama dan bantu membantu dalam menyelesaikan skripsi ini.
13. Noviaji Joko Priono yang rela membantu penulis untuk mengurus keberangkatan penulis menghadiri konferensi ADIC di Malaysia. sehingga, penulis masih bisa konsentrasi ke penulisan skripsi.
14. Komite kinasih Goodwill (Rara, Iwan, Fandi, AW, Denis Andreas) sebagai tempat cerita, bertanya dan terus bersama-sama saling memberikan semangat kepada penulis. Semoga bisa bareng foto di Balairung Tanggal 7 nanti
15. Keluarga Goodwillers lainnya yang senantiasa memberikan pelajaran kepada penulis agar selalu bisa lebih baik dan lebih baik lagi.

16. Seseorang yang mungkin tanpa dia sadari memberikan saya inspirasi dalam dua tahun terakhir ini, yang membuat saya berani mencoba untuk melakukan hal yang baru dan berkembang lebih baik lagi. Salah satunya berani mencoba hal yang baru dalam skripsi ini.
17. Teman – teman angkatan KL 08, tempat saling bertanya dan menghibur yang saling memberikan semangat dan dukungan di tengah proses pengerjaan skripsi.
18. Anak-anak askes ekstensi yang mau sharing ilmu tentang realnya kehidupan pasca kampus dan saling memberikan semangat
19. Keluarga Besar KL angkatan lain yang terus menyemangati penulis dalam menyelesaikan skripsi ini.
20. Keluarga SPMB UI yang selalu memberikan dukungan kepada penulis.
21. Team Nalacity, yang memberikan saya banyak pelajaran tentang kehidupan soasial sosial yang membuat saya lebih peka lagi terhadap keadaan bangsa sehingga membuat skripsi yang bisa berguna untuk kehidupan orang lain.

Semoga Allah SWT senantiasa memberikan perlindungan dan membalas segala budi baik semua pihak yang membantu. Penulis berharap skripsi ini dapat bermanfaat bagi pihak yang memerlukannya

Depok, 3 Juli 2012

Wachidyah Anggraini

**HALAMAN PERNYATAAN PERSETUJUAN PUBLIKASI  
TUGAS AKHIR UNTUK KEPENTINGAN AKADEMIS**

---

Sebagai sivitas akademik Universitas Indonesia, saya yang bertanda tangan di bawah ini :

Nama: Wachidyah Anggraini  
NPM : 0806337264  
Program Studi : Sarjana Kesehatan Masyarakat  
Departemen : Kesehatan Lingkungan  
Fakultas : Kesehatan Masyarakat  
Jenis Karya : Skripsi

demikian demi pengembangan ilmu pengetahuan, menyetujui untuk memberikan kepada Universitas Indonesia **Hak Bebas Royalti Noneksklusif (*Non-exclusive Royalty Free Right*)** atas karya ilmiah saya yang berjudul:

**Perhitungan Gas Rumah Kaca dari Ruang Lingkup Dua  
(Studi Kasus di Universitas Indonesia Depok)**

beserta perangkat yang ada. Dengan Hak Bebas Royalti Noneksklusif ini Universitas Indonesia berhak menyimpan, mengalihmedia/formatkan, mengelola dalam bentuk pangkalan data (*database*), merawat, dan memublikasikan tugas akhir saya selama tetap mencantumkan nama saya sebagai penulis/pencipta dan sebagai pemilik Hak Cipta.

Demikian pernyataan ini saya buat dengan sebenarnya.

Dibuat di : Depok

Pada Tanggal : 3 Juli 2012

Yang menyatakan



(Wachidyah Anggraini)

## ABSTRAK

Nama: Wachidyah Anggraini  
Program Studi : Ilmu Kesehatan Masyarakat  
Judul : Perhitungan Gas Rumah Kaca dari Ruang Lingkup Dua –  
Studi Kasus Universitas Indonesia Depok

Penyebab utama dari perubahan iklim berasal dari emisi gas rumah kaca dari aktivitas manusia. Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui jumlah gas rumah kaca yang dihasilkan UI Depok dari pemakaian listrik. Penelitian ini menggunakan desain studi *carbon footprint*. Terdapat hubungan antara jumlah mahasiswa, dan suhu dengan jumlah gas rumah kaca. Hasil dari perhitungan akan di normalisasi dengan variabel jumlah mahasiswa, karyawan, dan luas wilayah. Hasil normalisasi digunakan untuk membandingkan gas rumah kaca yang dihasilkan antar fakultas dan administratif. Hasil normalisasi menunjukkan perbedaan variasi gas rumah kaca yang besar antar fakultas yang mempelajari ilmu alam dan ilmu sosial.

Kata Kunci: Gas rumah kaca, *Carbon footprint*, Ruang lingkup dua, Penggunaan listrik, UI Depok

## ABSTRACT

Name : Wachidyah Anggraini  
Study Program : Public Health  
Title : Accounting Greenhouse Gas from Scope 2- The Case Study UI  
Depok

The main cause of climate change from greenhouse gas emissions that produced from human activity. The research aim to find amount greenhouse gases from purchase electricity at UI Depok. The research using carbon footprint method to calculate the amount of greenhouse gas. The result showed relationship between the number of students, and temperature with amount of greenhouse gas that produced. The results of the calculation will be normalized with the number of students, employees, and the total area. Result show large variations greenhouse gas emissions from faculty that learn natural science and sosial science.

Keyword: Greenhouse Gas, Carbon Footprint, Scope Two, Purchase electricity, UI Depok

## DAFTAR ISI

HALAMAN JUDUL .....	i
SURAT PERNYATAAN .....	ii
HALAMAN PERNYATAAN ORISINALITAS.....	iii-a
HALAMAN PENGESAHAN.....	iii
KATA PENGANTAR .....	iv
HALAMAN PERNYATAAN PERSETUJUAN PUBLIKASI KARYA ILMIAH UNTUK KEPENTINGAN AKADEMIS .....	vii
ABSTRAK .....	viii
DAFTAR ISI .....	ix
DAFTAR GAMBAR .....	xii
DAFTAR TABEL .....	xiii
<b>BAB 1 Pendahuluan</b>	
1.1 Latar Belakang Penelitian.....	1
1.2 Rumusan Masalah .....	4
1.3 Pertanyaan Penelitian .....	5
1.4 Tujuan Penelitian .....	5
1.5 Manfaat Penelitian .....	5
1.6 Lingkup Penelitian .....	6
<b>Bab 2 Tinjauan Pustaka</b>	
2.1 Perubahan Iklim.....	8
2.1.2 Dampak Perubahan Iklim terhadap Kesehatan .....	8
2.2 Gas Rumah Kaca.....	11
2.2.1 Macam Gas Rumah Kaca.....	13
2.2.1.1 Karbon Dioksida (CO <sub>2</sub> ).....	13
2.2.1.2 Metana (CH <sub>4</sub> ).....	16
2.2.1.3 Dinitro Oksida (N <sub>2</sub> O).....	17
2.2.1.4 Gas Fluorinated (HFCs, PFCs, SF <sub>6</sub> ) .....	17
2.3 Penghitungan Emisi Gas Rumah Kaca.....	19
2.3.1 Carbon Footprint .....	19
2.3.2 Metode Perhitungan Gas Rumah Kaca.....	21
2.3.2.1 Faktor Emisi .....	21
2.3.3 Faktor yang berpengaruh terhadap Jumlah Emisi GRK.....	22
2.2.3.1 Jumlah Populasi .....	22
2.2.3.2 Luas Wilayah.....	23
2.2.3.3 Cuaca.....	24
2.2.3.4 Peralatan Listrik.....	26
2.4 Manajemen Karbon.....	26
2.4.1 Perhitungan .....	26
2.4.2 Penetapan Target .....	26
2.4.3 Menghindari .....	27
2.4.4 Mengurangi .....	28
2.4.4.1 Modifikasi .....	28
2.4.4.2 Recovery.....	28

2.4.5 Mengganti .....	29
2.4.5.1 Memperbaharui .....	29
2.4.5.2 Mengganti .....	30
2.4.6 Sequester .....	30
2.4.6.1 Natural Carbon Sequestration .....	30
2.4.6.2 Artificial Carbon Sequestration .....	31
2.4.7 Offsets .....	31
2.4.8 Review .....	31
2.5 Penelitian Terdahulu .....	32

### **Bab 3 Kerangka Penelitian**

3.1 Kerangka Teori .....	34
3.2 Kerangka Konsep .....	36
3.3 Definisi Operasional .....	37

### **Bab 4 Metode Penelitian**

4.1 Rancangan Penelitian .....	39
4.2 Lokasi dan Waktu penelitian .....	40
4.3 Populasi dan Sampel .....	41
4.3.1 Populasi .....	41
4.3.2 Sampel .....	41
4.4 Teknik Pengumpulan .....	41
4.4.1 Sumber Data .....	41
4.4.2 Cara Pengumpulan Data .....	41
4.5 Pengolahan Data .....	42
4.6 Analisis Data .....	43
4.6.1 Analisis Univariat .....	43
4.6.2 Analisis Bivariat .....	43
4.6.3 Normalisasi data .....	44
4.6.3.1 Normalisasi dengan Jumlah Mahasiswa .....	44
4.6.3.2 Normalisasi dengan Jumlah Populasi .....	44
4.6.3.3 Normalisasi dengan Luas Bangunan .....	45
4.7 Penyajian Data .....	45

### **BAB V Hasil dan Pembahasan**

5.1 Gambaran Umum Universitas Indonesia .....	46
5.2 Populasi .....	48
5.2.1 Populasi Mahasiswa .....	48
5.2.2 Populasi Pegawai .....	49
5.2.3 Penggunaan Energi Listrik di Universitas Indonesia Depok .....	49
5.2.4 Luas Bangunan di Universitas Indonesia Depok .....	50
5.2.5 Jumlah Peralatan Listrik Tiap Bangunan .....	51
5.3 Jumlah Gas Rumah Kaca di Universitas Indonesia Depok .....	52
5.3.1 Jumlah Gas Rumah Kaca Tahun 2010-Sekarang .....	52
5.3.2 Jumlah Gas Rumah Kaca Pada Setiap Bangunan .....	56
5.3.2.1 Jumlah Gas Rumah Kaca Pada Setiap Bangunan Tahun 2010- April 2012 .....	56

5.3.2.2 Struktur Emisi Gas Rumah Kaca per-Departement .....	58
5.4 Analisis Univariat .....	60
5.5 Analisis Bivariat.....	60
5.5.1 Hubungan Jumlah Mahasiswa dengan Jumlah GRK .....	60
5.5.2 Hubungan Luas Bangunan dengan Jumlah Gas Rumah Kaca .....	63
5.5.3 Hubungan Suhu dengan Jumlah Gas Rumah Kaca .....	64
5.6 Normalisasi Gas Rumah Kaca .....	67
5.6.1 Normalisasi Gas Rumah Kaca dengan Jumlah Mahasiswa .....	67
5.6.2 Normalisasi Gas Rumah Kaca dengan Jumlah Populasi .....	71
5.6.3 Normalisasi Gas Rumah Kaca dengan Luas Bangunan .....	74
5.7 Keterbatasan Penelitian .....	77
<b>Bab VI Kesimpulan dan Saran</b>	
6.1 Kesimpulan.....	78
6.2 Saran.....	80
6.2.1 Universitas Indonesia .....	80
6.2.2 Akademik.....	81
6.2.3 Institusi Pemerintah.....	81
<b>Daftar Referensi .....</b>	<b>83</b>
<b>Lampiran .....</b>	<b>88</b>

## DAFTAR GAMBAR

Gambar 2.1 Alur Dampak Perubahan Iklim Terhadap Kesehatan .....	8
Gambar 2.2 Efek Rumah Kaca .....	11
Gambar 2.3 The Link Between Greenhouse Gases and Temperature .....	12
Gambar 2.3 Life Cycle CO <sub>2</sub> Emissions for Electricity Generations Technologies.....	15
Gambar 2.5 The Main Types of Emissions Sources Under Each Scope .....	21
Gambar 3.1 Kerangka Teori.....	35
Gambar 3.2 Kerangka Konsep .....	36
Gambar 4.1 Rancangan Penelitian.....	
Gambar 5.1 Gas Rumah Kaca UI Depok Tahun 2010-2012 .....	52
Gambar 5.2 Perbandingan Gas Rumah Kaca di Universitas Indonesia Depok Bulan Januari 2010 - April 2012 .....	53
Gambar 5.3: Gas Rumah Kaca (CO <sub>2</sub> e) di UI Depok Bulan Januari 2010 – April 2012 .....	55
Gambar 5.4: Gas Rumah Kaca (CO <sub>2</sub> e) setiap Bangunan di UI Depok Tahun 2010-2011 .....	57
Gambar 5.5: Gas Rumah Kaca (CO <sub>2</sub> e) di UI Depok Bulan Januari 2012- April 2012 .....	57
Gambar 5.6 komposisi Gas Rumah Kaca UI Depok per-Departement Tahun 2011 .....	59
Gambar 5.7 Jumlah Mahasiswa dan Jumlah Gas Rumah Kaca di UI Depok.....	60
Gambar 5.8 Luas Bangunan dengan Jumlah Gas Rumah Kaca di UI Depok.....	63
Gambar 5.9 Hubungan Suhu dengan Jumlah Gas Rumah Kaca .....	64
Gambar 5.10 Normalisasi Gas Rumah Kaca dengan Jumlah Mahasiswa Tahun 2010.....	68
Gambar 5.11 Normalisasi Gas Rumah Kaca dengan Jumlah Mahasiswa Tahun 2011.....	68
Gambar 5.12 Normalisasi Gas Rumah Kaca dengan Jumlah Mahasiswa Bulan Januari 2012-April 2012 .....	69
Gambar 5.13 Normalisasi Gas Rumah Kaca dengan Jumlah Mahasiswa dan Pegawai Tahun 2010.....	72
Gambar 5.14 Normalisasi Gas Rumah Kaca dengan Jumlah Mahasiswa dan Pegawai Tahun 2011 .....	72
Gambar 5.15 Normalisasi Gas Rumah Kaca dengan Jumlah Mahasiswa dan Pegawai Bulan Januari 2012 – April 2012.....	73
Gambar 5.16: Normalisasi Gas Rumah Kaca dengan Luas Bangunan Tahun 2010 .....	75
Gambar 5.17: Normalisasi Gas Rumah Kaca dengan Luas Bangunan Tahun 2011 .....	75
Gambar 5.18: Normalisasi Gas Rumah Kaca dengan Luas Bangunan di UI Depok Bulan Januari 2012- April 2012 .....	76

## DAFTAR TABEL

Tabel 2.1 Dampak Perubahan Iklim Terhadap Sektor Kesehatan .....	10
Tabel 2.2 Faktor Emisi Jaringan Listrik Jawa Madura Bali .....	22
Tabel 2.3 Penelitian tentang Gas Rumah Kaca .....	32
Tabel 3.1 Definisi Operasional dalam Penelitian. ....	37
Tabel 4.1 Cara Pengumpulan Data .....	41
Tabel 5.3 Penggunaan Listrik (Kwh) di Universitas Indonesia Depok Tahun 2010- April 2012 .....	50
Tabel 5.1. Jumlah Mahasiswa tiap Fakultas di Universitas Indonesia Depok Tahun Ajaran 2010-2012 .....	48
Tabel 5.2 Jumlah Pegawai Universitas Indonesia Depok Tahun 2010 - 2012 .....	49
Tabel 5.4 Luas Bangunan (M <sup>2</sup> ) di Universitas Indonesia Depok .....	51
Tabel 5.6 Perubahan Jumlah Emisi Gas Rumah Kaca di UI Depok Tahun 2010/11-2011/12 .....	55
Tabel 5.7 Analisis Univariat Variabel .....	60
Tabel 5.8: Analisis Korelasi Jumlah Mahasiswa dengan Gas Rumah Kaca di UI Depok, Bulan Januari 2010- April 2012. ....	61
Tabel 5.9: Analisis Korelasi Luas Bangunan dengan Jumlah Gas Rumah Kaca (CO <sub>2</sub> e) pada Bangunan di UI Depok .....	63
Tabel 5.10 Analisis Korelasi Suhu dengan Jumlah Gas Rumah Kaca (CO <sub>2</sub> e) di UI Depok Bulan Januari 2010 – April 2012 .....	65

# BAB I

## PENDAHULUAN

### 1.1 Latar Belakang

Perubahan iklim menjadi ancaman global di berbagai sektor termasuk sektor kesehatan. Perubahan iklim di Indonesia mempengaruhi kesehatan baik secara langsung maupun tidak langsung yang dapat menyebabkan berbagai penyakit. Dampak secara langsung berupa kejadian cuaca ekstrim yang dapat mengancam kesehatan bahkan kematian. Dampak secara tidak langsung berupa kematian dan kesakitan akibat penyakit yang dipicu oleh adanya perubahan temperatur, pencemaran udara, penyakit bawaan air dan vektor. Perubahan iklim akan menekan lebih kuat terhadap populasi yang berpendapatan rendah dengan sarana kesehatan yang terbatas. Sehingga penduduk yang berpendapatan rendah dengan akses kesehatan yang terbatas merupakan kelompok populasi yang paling rentan terhadap dampak kesehatan akibat perubahan iklim (ICCSR, 2010).

Penyebab utama dari perubahan iklim diidentifikasi berasal dari emisi gas rumah kaca yang berasal dari aktivitas manusia (Solomon S, 2007). Aktivitas manusia seperti pembakaran bahan bakar fosil, perubahan pada penggunaan lahan, penambahan populasi menyebabkan penambahan akumulasi gas rumah kaca di atmosfer. Gas rumah kaca yang dilepaskan ke atmosfer sebagai hasil dari aktivitas manusia adalah CO<sub>2</sub>, Methane (CH<sub>4</sub>), Dinitro Oksida (N<sub>2</sub>O) dan Fluorinated Gas (HFCs, PFCs, SF<sub>6</sub>) (Akorede, Hizam, Ab Kadir, Aris, & Buba, 2012). Tingkat emisi gas rumah kaca (GRK) di Indonesia terus meningkat, berdasarkan skenario SNC (*Second National Communication*) tingkat emisi di Indonesia diperkirakan akan meningkat dari 1,72 Gton CO<sub>2</sub>e pada tahun 2000 menjadi 2,95 Gton CO<sub>2</sub>e pada tahun 2020 (RAN-GRK, 2010)

Berdasarkan Protokol Kyoto 1997, yang telah diratifikasi oleh 141 negara termasuk Indonesia, dinyatakan perlunya pengurangan emisi sebesar 5,2 persen dari tingkat emisi pada tahun 1990 sebelum tahun 2012. Untuk melaksanakan Protokol Kyoto ini diperlukannya komitmen dari berbagai negara untuk mengendalikan emisi gas rumah kaca (Nugroho, 2011). Mengurangi laju emisi gas rumah kaca dari berbagai sumber menjadi salah satu upaya mitigasi yang

tercantum dalam rencana aksi nasional Indonesia dalam menghadapi perubahan iklim (KeMenLH, 2007).

Pengurangan emisi gas rumah kaca juga untuk menindaklanjuti kesepakatan Bali *Action Plan* pada *The Confrences of Parties (COP) ke-13 United Nations Frameworks Convention on Climate Change (UNFCC)* dan hasil COP-15 di Copenhagen dan COP-16 di Cancun serta memenuhi komitmen pemerintah Indonesia dalam pertemuan G-20 Pittsburgh. Indonesia secara sukarela telah berkomitmen untuk menurunkan emisi GRK sebesar 26 persen pada tahun 2020 dari tingkat emisi BAU (*Bussiness as Usual/Tanpa Rencana Aksi*). Target penurunan emisi GRK pada tahun 2020 sebesar 26% adalah 0,767 Gton CO<sub>2</sub>e, dan kemungkinan tambahan sebesar 15 persen (0,477 Gton CO<sub>2</sub>e) menjadi 41 persen apabila ada dukungan pendanaan internasional (RAN-GRK,2010). Perubahan iklim dan pengurangan emisi GRK adalah agenda utama kebijaksanaan lingkungan masyarakat dunia untuk saat ini (Weidema, 2008).

Berdasarkan prinsip manajemen karbon yang dibuat oleh *Enviromental Protection Agency (EPA)*, hal pertama yang harus dilakukan apabila suatu organisasi ingin melakukan manajemen karbon organisasinya adalah dengan mengetahui jumlah gas rumah kaca yang dihasilkan oleh organisasinya. Hal yang harus dilakukan pertama kali nya adalah perhitungan terhadap jumlah gas rumah kaca yang dihasilkan. Upaya pengurangan tidak akan bisa terjadi apabila tidak diketahui jumlah dan sumber emisi gas rumah kaca. Oleh karena itu, untuk mendukung rencana aksi mitigasi ini diperlukan data-data yang terkait dengan jumlah gas rumah kaca yang dihasilkan dari konsumsi energi dan kegiatan lain yang merupakan sumber emisi karbon (EPA, 2007)

Satu indikator dalam perhitungan karbon adalah *carbon footprint* (Wiedmann and Minx, 2007; Weidema et al., 2008; Peters, 2010). Metode ini digunakan untuk menghitung semua emisi langsung dan tidak langsung gas rumah kaca secara spesifik dari ruang lingkup satu (emisi dari proses langsung pembakaran bahan bakar fosil), ruang lingkup dua (emisi tidak langsung dari pembelian listrik) dan ruang lingkup tiga (emisi tidak langsung yang disebabkan

dari pembelian barang dan jasa). Pembagian ruang lingkup ini didasarkan pada *Greenhouse Gas (GHG) protocol* (WRI and WBCSD,2004)

Konsumsi energi merupakan kontributor terbesar dalam peningkatan konsentrasi gas rumah kaca di atmosfer bumi (IPCC 2006,2007). Bangunan menjadi salah satu konsumen terbesar dari energi. Berdasarkan penelitian *US green building council (USGBC)* faktor yang sangat berkontribusi terhadap emisi GRK (CO<sub>2</sub>) dalam suatu bangunan adalah dari penggunaan listrik. Bangunan di United States (US) mengkonsumsi 70% dari total jumlah listrik yang dihasilkan tiap hari di US (US Energy Information Administration, 2009 dalam Banai & Theis, 2011). Konsumsi energi listrik juga menjadi kontributor utama emisi gas rumah kaca pada bangunan suatu institusi akademik. (Wiedmann et al., 2006 ; Kissinger and Haim,2008 dalam Gottlieb, 2012). Institusi akademik seperti Universitas dan perguruan tinggi memiliki beberapa macam type bangunan yang meliputi kantor, ruang kelas, laboratorium, perawatan kesehatan dan ruang pertemuan. Emisi gas rumah kaca dari suatu institusi akademik ini dipengaruhi oleh ukuran suatu institusi yang diukur dari jumlah mahasiswa yang terdaftar dan luas bangunan (Fetcher, 2009). Emisi gas rumah kaca dari ruang lingkup satu dan dua utamanya dipengaruhi oleh ukuran fisik dari suatu institusi dan yang kedua dari iklim (Banai & Theis, 2011).

Universitas dan perguruan tinggi memiliki peran untuk menciptakan pengetahuan, mengintegrasikan pendidikan yang berkelanjutan dan program penelitian, serta mempromosikan isu lingkungan ke masyarakat (Lozano, 2010; Stephens and Graham, 2010; Waas et al, 2010 dalam Larsen, Pettersen, Solli, & Hertwich, 2011). Institusi akademik memiliki kesempatan dan tanggung jawab untuk mengajak masyarakat dalam upaya mengurangi emisi karbon melalui pengajaran dan aktivitas penelitian. Hal inilah yang mendasari Dewan Pendidikan Tinggi di Inggris memberlakukan kebijakan pada perguruan tinggi untuk melaporkan emisi gas rumah kaca yang dihasilkan setiap tahunnya dan mengurangi tingkat emisi gas rumah kaca sebesar 80% pada tahun 2020 dibandingkan tahun 1995 untuk emisi langsung dan tidak langsung (Meida, 2010).

Laporan ini juga sebagai salah satu alat untuk mengukur *sustainability university* (Banai & Theis, 2011)

Universitas Indonesia (UI) secara internasional diakui sebagai salah satu universitas terkemuka di Asia. UI memiliki dua kampus utama; yang pertama terletak di pusat wilayah bisnis yaitu di Salemba, Jakarta Pusat dan kampus kedua terletak di lingkungan hijau Depok di Jawa Barat. Pemanasan global terjadi sebagai akibat dari perkembangan yang tidak seimbang antara sains dan teknologi yang tidak mempertimbangkan dampak lingkungan secara tepat. Dalam rangka mengantisipasi isu-isu mendesak ini, UI berambisi untuk menciptakan kampus yang berbasis lingkungan atau yang lebih dikenal dengan sebutan 'kampus hijau'. (Humas UI, 2011)

Pemilihan UI Depok sebagai tempat penelitian karena UI memiliki banyak bangunan yang terdiri dari bangunan fakultas dan administratif serta jumlah mahasiswa yang besar. Hal ini tentu berpengaruh terhadap jumlah emisi gas rumah kaca yang dihasilkan. Terutama emisi gas rumah kaca yang berasal dari emisi tidak langsung dari penggunaan listrik yang berdasarkan penelitian sebelumnya diketahui menjadi kontributor terbesar gas rumah kaca dalam suatu bangunan.

## **1.2 Rumusan Masalah**

Universitas Indonesia Depok memiliki banyak bangunan fakultas dan administratif. Berdasarkan sebuah penelitian di United states (US) diketahui bahwa bangunan menjadi konsumen energi listrik terbesar yang menjadi kontributor terbesar dalam peningkatan jumlah gas rumah kaca yang menjadi penyebab dari perubahan iklim. Mengurangi laju pertumbuhan gas rumah kaca merupakan salah satu usaha pengendalian untuk mengurangi resiko kesehatan akibat perubahan iklim. Satu hal yang harus dilakukan apabila ingin melakukan pengurangan gas rumah kaca adalah dengan mengetahui jumlah dan sumber emisi gas rumah kaca. Oleh karena itu, penting untuk mengetahui jumlah gas rumah kaca yang dihasilkan dari penggunaan energi listrik pada sebuah bangunan

beserta faktor yang mempengaruhi, agar dapat dilakukan upaya untuk pengurangan emisi gas rumah kaca dari penggunaan energi listrik.

### **1.3 Pertanyaan Penelitian**

Berapa besarnya emisi gas rumah kaca (CO<sub>2</sub>e) yang dihasilkan dari penggunaan listrik di UI Depok?

### **1.4 Tujuan Penelitian**

#### **a. Tujuan Umum**

Mengetahui jumlah emisi gas rumah kaca yang dihasilkan dari ruang lingkup dua di UI Depok

#### **b. Tujuan Khusus**

1. Mengetahui hubungan antara jumlah mahasiswa dengan jumlah gas rumah kaca.
2. Mengetahui hubungan antara suhu dengan jumlah gas rumah kaca.
3. Mengetahui hubungan antara luas wilayah dengan jumlah gas rumah kaca.
4. Membandingkan dan menganalisis rata-rata gas rumah kaca yang dihasilkan tiap mahasiswa antar fakultas di UI Depok
5. Membandingkan dan menganalisis rata-rata gas rumah kaca yang dihasilkan oleh tiap individu pada semua bangunan di UI Depok
6. Membandingkan dan menganalisis rata-rata gas rumah kaca yang dihasilkan oleh tiap M<sup>2</sup> luas bangunan pada semua bangunan di UI Depok.

### **1.5 Manfaat Penelitian**

#### **a. Universitas Indonesia**

Dapat mengetahui jumlah gas rumah kaca yang dihasilkan dari ruang lingkup dua pada tiap bangunan fakultas dan administratif. Hal ini dapat digunakan membuat kebijakan dalam upaya mitigasi dan adaptasi perubahan iklim.

**Universitas Indonesia**

**b. Mahasiswa**

Sebagai suatu kesempatan bagi peneliti untuk mengaplikasikan ilmu yang telah didapatkan selama perkuliahan

**c. Akademik**

Hasil penelitian ini bisa dijadikan referensi, dokumentasi atau acuan dalam penelitian-penelitian selanjutnya.

**d. Pemerintah**

Hasil penelitian ini bisa dijadikan referensi dalam membuat kebijakan yang berhubungan dengan upaya mitigasi dan adaptasi perubahan iklim.

**1.6 Lingkup Penelitian**

Energi listrik merupakan kontributor utama gas rumah kaca dari suatu bangunan. Penelitian ini dilakukan karena gas rumah kaca selalu naik tiap tahunnya baik secara nasional maupun internasional. Indonesia sendiri secara sukarela berkomitmen untuk menurunkan emisi gas rumah kaca sebesar 26% dengan usaha sendiri dan bertambah menjadi 41% dengan bantuan internasional, sebagai upaya mitigasi dalam perubahan iklim. Langkah pertama yang harus dilakukan apabila ingin melakukan upaya pengurangan gas rumah kaca adalah dengan mengetahui jumlah dan sumber emisi gas rumah kaca. Namun, saat ini belum semua organisasi mengetahui berapa jumlah gas rumah kaca yang dihasilkan oleh organisasi mereka..

Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui jumlah emisi gas rumah kaca yang dihasilkan dari tiap bangunan fakultas dan administratif di UI Depok dari penggunaan listrik agar didapatkan database jumlah gas rumah kaca yang dihasilkan di UI Depok. Hal ini dilakukan sebagai upaya untuk mendukung upaya mitigasi dalam perubahan iklim. Dasar pemikirannya apabila diketahui jumlah gas rumah kaca yang dihasilkan maka akan diketahui jumlah gas rumah kaca yang harus diturunkan. Apabila laju emisi gas rumah kaca bisa diturunkan maka laju perubahan iklim bisa semakin berkurang sehingga dampak terhadap kesehatan juga bisa berkurang.

Penelitian ini dilakukan pada bulan Maret-Juni 2012 dengan menggunakan data sekunder yang didapatkan dari beberapa tempat. Data jumlah pemakaian listrik didapatkan dari Direktorat umum dan fasilitas UI. Data jumlah mahasiswa didapatkan dari Direktorat Pendidikan. Data jumlah pegawai didapatkan dari Direktorat Sumber Daya Manusia dan data luas fakultas didapatkan dari Manajer umum tiap fakultas dan Direktorat umum dan fasilitas.

Dari data penggunaan listrik yang telah didapatkan tersebut kemudian akan dilakukan perhitungan gas rumah kaca yang dinyatakan dalam satuan CO<sub>2</sub>e. Perhitungan ini menggunakan rumus yang telah ditetapkan oleh IPCC. Data jumlah gas rumah kaca yang telah didapatkan ini juga akan dianalisis hubungannya dengan variabel jumlah mahasiswa, suhu dan luas wilayah. Hal ini dilakukan untuk mengetahui faktor yang berpengaruh terhadap jumlah gas rumah kaca yang dihasilkan. Upaya pengurangan gas rumah kaca dapat dilakukan melalui faktor yang terbukti berpengaruh terhadap jumlah gas rumah kaca yang dihasilkan.

Data jumlah gas rumah kaca akan dianalisis lebih lanjut dengan melakukan normalisasi hasil perhitungan gas rumah kaca. Normalisasi dilakukan dengan membagi jumlah gas rumah kaca yang dihasilkan pada tiap bangunan dengan variabel jumlah mahasiswa, jumlah populasi, dan luas wilayah. Dari hasil normalisasi ini akan dapat dilakukan berapa rata-rata gas rumah kaca yang dihasilkan oleh tiap mahasiswa, individu dan M<sup>2</sup> luas bangunan serta untuk mengetahui perbandingan jumlah gas rumah kaca yang dihasilkan diantara bangunan fakultas dan bangunan administratif.

## BAB II

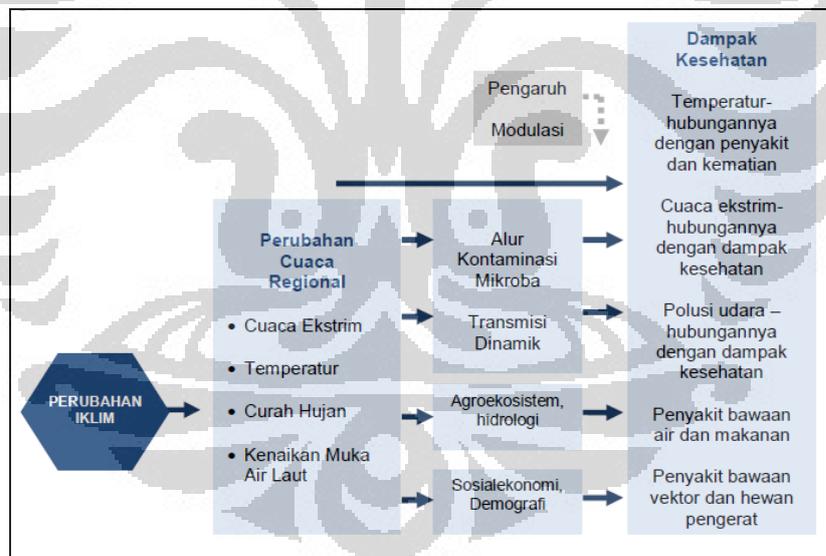
### TINJAUAN PUSTAKA

#### 2.1 Perubahan Iklim

Perubahan iklim diartikan sebagai perubahan pada kondisi iklim yang dapat diidentifikasi (misalnya menggunakan uji statistik) oleh perubahan rata-rata dan/atau variabilitas dari sifat-sifatnya dan berlangsung selama jangka waktu yang panjang, biasanya per dekade atau lebih. (*Intergovernmental panel on climate change*, 2007).

##### 2.1.1 Dampak Perubahan Iklim terhadap Kesehatan

Perubahan iklim akan mempengaruhi perubahan cuaca regional/kawasan dalam bentuk cuaca ekstrim, kenaikan temperatur, perubahan pola curah hujan dan kenaikan muka air laut. Dalam terminologi perubahan iklim komponen ini dikenal dengan bahaya (hazard) perubahan iklim (Gambar 2.1)



**Gambar 2.1:** Alur Dampak Perubahan Iklim terhadap Kesehatan (dimodifikasi dari Patz et al,2000)

Bahaya perubahan iklim di Indonesia ke depan ditandai dengan beberapa hal sebagai berikut:

1. Peningkatan curah hujan yang cukup signifikan pada bulan-bulan tertentu dengan peningkatan variabilitas di daerah tertentu
2. Penurunan curah hujan di bulan-bulan kering, sementara pada bulan – bulan musim basah curah hujan meningkat
3. Kenaikan temperatur permukaan rata-rata.

Bahaya perubahan iklim mempengaruhi kesehatan melalui jalur kontaminasi mikroba dan transmisi dinamis. Perubahan iklim juga mempengaruhi agro-ekosistem dan hidrologi, serta sosio-ekonomi dan demografi. Proses tersebut dipengaruhi oleh kondisi sosial, ekonomi dan pembangunan.

Dampak kesehatan yang dapat terjadi dari proses tersebut diantaranya efek peningkatan temperatur terhadap kesakitan dan kematian, bencana akibat cuaca ekstrim, peningkatan pencemaran udara, penyakit bawaan air dan makanan, dan penyakit bawaan vektor dan hewan pengerat. Berdasarkan alur prosesnya, bahaya perubahan iklim dapat mempengaruhi kesehatan manusia dengan dua cara yaitu secara langsung dan tidak langsung.

1. Mempengaruhi kesehatan manusia secara langsung berupa paparan langsung dari perubahan pola cuaca (temperatur, curah hujan, kenaikan muka air laut, dan peningkatan frekuensi cuaca ekstrim). Kejadian cuaca ekstrim dapat mengancam kesehatan manusia bahkan kematian.
2. Mempengaruhi kesehatan manusia secara tidak langsung. Mekanisme yang terjadi adalah perubahan iklim mempengaruhi faktor lingkungan seperti perubahan kualitas lingkungan (kualitas air, udara, dan makanan), penipisan lapisan ozon, penurunan sumber daya air, kehilangan fungsi ekosistem, dan degradasi lahan yang pada akhirnya faktor-faktor tersebut akan mempengaruhi kesehatan manusia. Dampak tidak langsung berupa (a) Kematian dan kesakitan akibat penyakit. Penyakit terkait perubahan iklim dipicu oleh adanya perubahan temperatur, pencemaran udara, penyakit bawaan air dan makanan, serta penyakit bawaan vektor dan hewan pengerat. (b) Malnutrisi, dapat terjadi karena terganggunya sumber makanan dan panen. Pada Tabel 2.1 dijelaskan bahaya perubahan iklim dan mekanisme lebih lanjut dari bahaya tersebut yang dapat mempengaruhi sektor kesehatan.

Selanjutnya, bahaya tersebut dapat berdampak pada kesehatan baik melalui dampak langsung maupun tidak langsung.

**Tabel 2.1** Dampak Perubahan Iklim Terhadap Sektor Kesehatan

<b>Bahaya Perubahan Iklim</b>	<b>Bahaya lebih lanjut terhadap sektor kesehatan</b>	<b>Dampak perubahan iklim terhadap sektor kesehatan</b>
<b>Kenaikan Temperatur</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Gelombang panas (<i>heat waves</i>)</li> <li>- Kenaikan evapotranspirasi bersama dengan perubahan curah hujan akan menurunkan aliran permukaan, menyebabkan:               <ul style="list-style-type: none"> <li>- Penurunan Ketersediaan Air</li> <li>- Kekeringan</li> <li>- Gangguan keseimbangan Air</li> </ul> </li> </ul>	<p>Peningkatan temperatur berpengaruh terhadap perkembangbiakan, pertumbuhan, umur, dan distribusi vektor penyakit seperti vektor malaria, demam berdarah dengue (DBD), chikungunya, dan filariasis.</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Peningkatan temperatur akan memperluas distribusi vektor dan meningkatkan perkembangan dan pertumbuhan parasit menjadi infeksi.</li> <li>- Penurunan ketersediaan air berpengaruh terhadap pertanian sehingga dapat menyebabkan gagal panen sehingga secara tidak langsung menyebabkan malnutrisi</li> </ul>
<b>Perubahan Pola Curah Hujan</b>	<p>Kenaikan aliran permukaan dan kelembaban tanah, menyebabkan:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Banjir</li> <li>- Gangguan keseimbangan air</li> <li>- Tanah Longsor</li> </ul> <p>Bersama kenaikan temperatur akan menurunkan aliran permukaan, menyebabkan:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Penurunan Ketersediaan Air</li> <li>- Kekeringan</li> </ul>	<p>Banjir dan gangguan keseimbangan air dapat berpengaruh terhadap kondisi sanitasi dan penyebaran penyakit bawaan air seperti diare.</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Banjir dan gangguan keseimbangan air dapat berpengaruh terhadap gagal panen sehingga dapat menyebabkan malnutrisi.</li> <li>- Curah hujan berpengaruh terhadap tipe dan jumlah habitat perkembangbiakan vektor penyakit.</li> <li>- Perubahan curah hujan bersama dengan perubahan temperatur dan kelembaban dapat meningkatkan atau mengurangi kepadatan populasi vektor penyakit serta kontak manusia dengan vektor penyiaki</li> </ul>
<b>Kenaikan Muka Laut (SLR)</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Dengan tingkat pengambilan air tanah tertentu air tanah bergeser ke atas, menyebabkan intrusi air laut sehingga mempengaruhi ketersediaan air</li> <li>- Pengaliran air di pesisir dapat terganggu sehingga dapat memperburuk sanitasi.</li> </ul>	<p>Gangguan fungsi sanitasi berpengaruh pada peningkatan penyebaran penyakit bawaan air seperti diare.</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Ekosistem rawa dan mangrove dapat berubah</li> <li>- Pola penyebaran vektor penyakit di pantai dan pesisir dapat berubah</li> </ul>

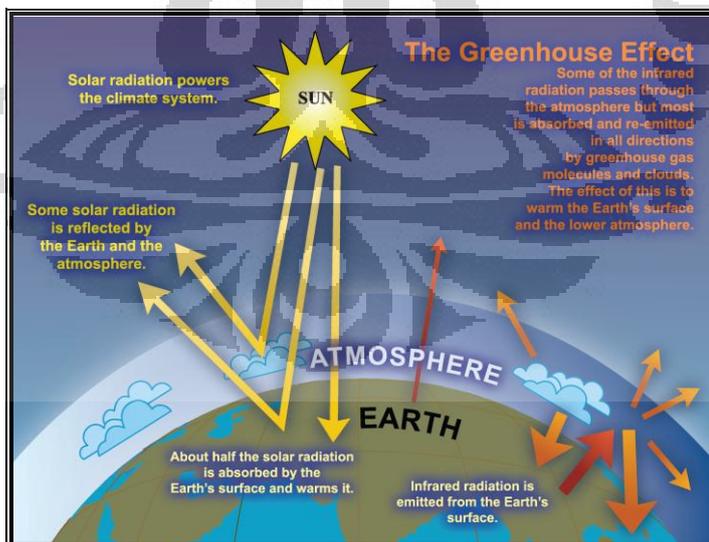
Lanjutan Tabel 2.1

<p><b>Kenaikan Frekuensi dan Intensitas Iklim Ekstrim</b></p>	<p>Curah hujan diatas normal menyebabkan kenaikan aliran permukaan dan kelembaban tanah, sehingga menyebabkan banjir dan longsor. - Badai</p>	<p>Bencana banjir, badai, dan longsor dapat menyebabkan kematian. - Bencana banjir, badai, dan longsor dapat menimbulkan kerusakan rumah tinggal sehingga terjadi pengungsian yang dapat menimbulkan banyak gangguan kesehatan. - Berpengaruh terhadap daya tahan tubuh Manusia</p>
---	---	---

Sumber : ICCSR, 2010

## 2.2 Gas Rumah Kaca

Bumi memiliki fungsi memantulkan cahaya matahari dalam bentuk sinar infra merah ke atmosfer. Kemudian sinar infra merah tersebut akan diserap (absorpsi) kembali oleh gas-gas atau zat-zat yang ada di atmosfer yang dikenal dengan sebutan gas rumah kaca, sehingga keadaan bumi menjadi tetap hangat. Temperatur bumi ini dikontrol oleh seimbangannya masuknya energi dari matahari dan kembalinya sebagian energi ke ruang angkasa. (Akorede, Hizam, Ab Kadir, Aris, & Buba, 2012). Gambar 2.1 di bawah ini merupakan ilustrasi efek rumah kaca.



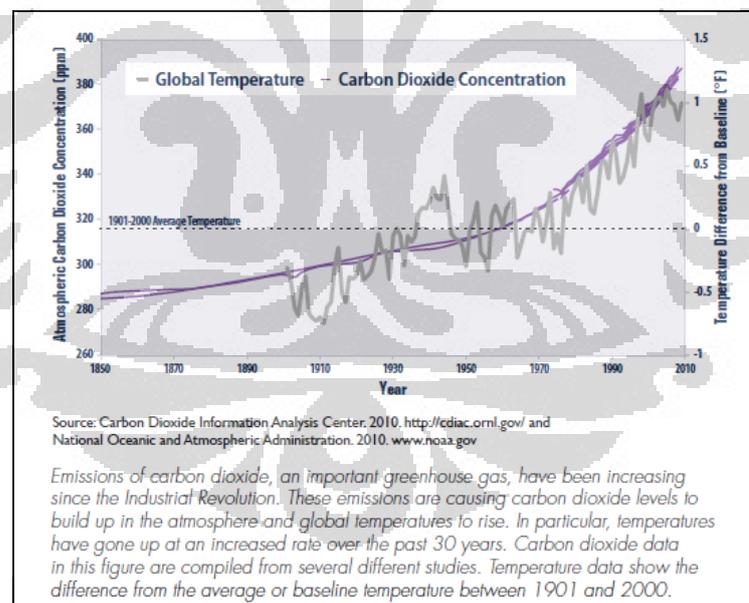
Sumber: IPCC 2007

Gambar 2.1: Efek Rumah Kaca

Gas rumah kaca ini memerangkap panas, untuk mencegah panas kembali ke luar angkasa. Gas rumah kaca seperti CO<sub>2</sub>, uap air, metana, dan nitrous oxida secara alami dipancarkan dalam jumlah sedikit ke udara melalui proses alami seperti fotosintesis. Namun, terdapat beberapa gas rumah kaca lain yang dihasilkan dari kegiatan manusia. Beberapa gas rumah kaca yang dihasilkan dari kegiatan manusia itu adalah CO<sub>2</sub>, Methana (CH<sub>4</sub>), Nitrous Oxide (N<sub>2</sub>O) dan gas fluorinated

Dalam kondisi ideal gas rumah kaca ini diperlukan untuk kehidupan yang ada di bumi. Namun, aktivitas manusia (seperti pembakaran bahan bakar fosil) menambahkan lebih banyak gas ini ke atmosfer dan ini menghasilkan pergeseran pada keseimbangan bumi yang membuat efek gobal warming (Akorede, Hizam, Ab Kadir, Aris, & Buba, 2012).

Gambar dibawah ini dapat memperjelas hubungan antara pertambahan gas rumah kaca dengan kenaikan temperatur bumi.



Sumber: EPA 2010

**Gambar 2.3: The Link Between Greenhouse Gases and Temperature, 1850-2009**

*Intergovernmental Panel on Cimate Change* (IPCC) menyimpulkan naiknya rata-rata temperatur global saat ini sebagai hasil dari meningkatnya

konsentrasi gas rumah kaca. Gas rumah seperti CO<sub>2</sub> dan metana (CH<sub>4</sub>) utamanya dilepaskan ke atmosfer pada proses pembakaran bahan bakar fosil untuk menghasilkan energi. Gas ini meningkatkan pemanasan global secara alami. Sementara itu, proyeksi model iklim yang diringkaskan oleh IPCC mengindikasikan kenaikan pada rata-rata temperatur global dari 1,1 menjadi 6,4 C pada akhir abad 21, ketika dibandingkan pada tahun 1980-1990. (Barker, Bashmakov, Bernstein, Bogner, Bosch, & Dave, 2007 dalam Akorede, Hizam, Ab Kadir, Aris, & Buba, 2012).

Peningkatan aktivitas manusia membuat level gas rumah kaca di atmosfer menjadi meningkat. Peningkatan ini dapat menyebabkan efek rumah kaca yang mengakibatkan naiknya temperatur bumi. Sebagai konsekuensinya akan terjadi pemanasan global yang berpengaruh terhadap kehidupan semua orang di planet ini (Maslin, 2007). Gas rumah kaca terutama dihasilkan dari kegiatan manusia yang berhubungan dengan penggunaan bahan bakar fosil (minyak, gas dan batubara) seperti pada penggunaan kendaraan bermotor dan penggunaan alat-alat elektronik. Selain itu penebangan pohon, penggundulan hutan serta kebakaran hutan juga merupakan sumber emisi gas rumah kaca (Akorede, Hizam, Ab Kadir, Aris, & Buba, 2012).

## **2.2.1 Macam Gas Rumah Kaca**

### **2.2.1.1 Karbon Dioksida (CO<sub>2</sub>)**

Karbon dioksida adalah gas rumah kaca antropogenik yang paling penting. Emisi tahunan semakin berkembang antara tahun 1970 sampai tahun 2004 sekitar 80% dari 21 hingga 38 gigatones (Gt), dan 77% nya berasal dari emisi gas rumah kaca pada tahun 2004. Laju pertumbuhan emisi CO<sub>2</sub> telah menjadi lebih tinggi sejak sepuluh tahun terakhir, yaitu 1995-2004 (0,92 GT CO<sub>2</sub> per tahun) dari pada tahun sebelumnya (1970-1994) yaitu 0,43 Gt CO<sub>2</sub> pertahun. (Febriasari, 2011)

Karbon dioksida (CO<sub>2</sub>) dapat diemisikan melalui sejumlah cara, secara alami melalui siklus karbon dan melalui aktivitas manusia seperti pembakaran bahan bakar fosil (minyak, gas alam, dan batubara), limbah padat, pohon dan produk kayu, dan juga sebagai akibat dari reaksi kimia lain (misalnya pembuatan

semen). Karbon dioksida juga dilepaskan pada proses natural seperti pembusukan dari bagian tanaman (IPCC,2007).

Karbon dioksida merupakan gas rumah kaca yang dapat terjadi secara alami di atmosfer bumi juga dapat dihasilkan melalui kegiatan manusia. Siklus karbon alami terjadi ketika karbon dioksida digunakan oleh tanaman selama proses fotosintesis dan pertukaran karbon dioksida antara atmosfer dan lautan. Proses alam yang melepaskan CO<sub>2</sub> ke atmosfer (sumber) dan yang menghilangkan CO<sub>2</sub> dari atmosfer (sink) adalah:

- Respirasi tanaman

Oksigen dan nutrisi akan diubah menjadi CO<sub>2</sub> dan energi, dan tanaman fotosintesis dimana CO<sub>2</sub> akan dihapus dari atmosfer dan disimpan sebagai karbon dalam biomassa tanaman

- Pertukaran CO<sub>2</sub> antara laut dan atmosfer,

Lautan menyerap lalu melepaskan CO<sub>2</sub> pada permukaan laut

- Letusan gunung berapi

Letusan ini melepaskan karbon dari batuan jauh di dalam kerak bumi (sumber ini sangat kecil) (EPA, 2007b)

Berbagai aktivitas manusia menjadi sumber emisi CO<sub>2</sub>. Beberapa aktivitas manusia tersebut adalah

- **Pembakaran bahan bakar fosil**

Sumber terbesar emisi CO<sub>2</sub> secara global adalah pembakaran bahan bakar fosil seperti batubara, minyak dan gas di pembangkit listrik, mobil, fasilitas industri dan sumber lainnya. Bahan bakar fosil dibakar untuk menghasilkan energi dari karbon yang tersimpan di dalamnya. Hampir seluruh atau sebagian CO<sub>2</sub> diemisikan dalam proses ini. Bahan bakar fosil dibakar untuk pembangkit listrik, industri, transportasi, serta untuk energi di rumah dan bangunan komersial.

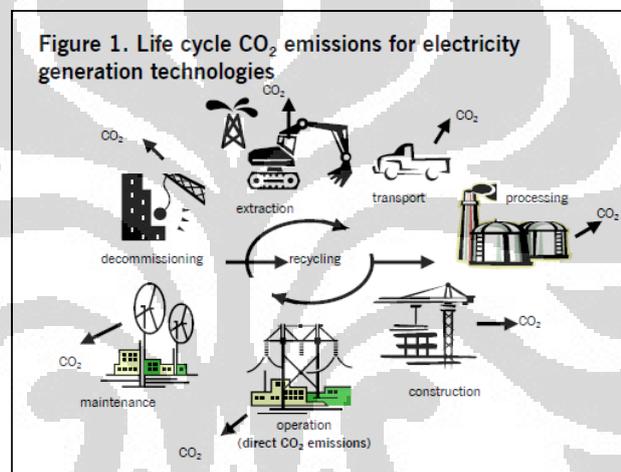
- **Proses menghasilkan energi listrik**

Semua teknologi pembangkit listrik menghasilkan emisi karbon dioksida (CO<sub>2</sub>) dan gas rumah kaca lainnya. Emisi dapat berasal secara langsung yang timbul selama proses pengoperasian pembangkit listrik dan tidak langsung yang timbul selama proses non-operasional. Teknologi

**Universitas Indonesia**

pembangkit listrik yang berbahan bakar fosil (batubara, minyak dan gas alam) memiliki jejak karbon yang besar karena membakar bahan bakar fosil selama proses operasi.

Teknologi pembangkit listrik yang berbahan bakar non fosil seperti angin, air, tenaga matahari, gelombang pasang surut dan nuklir disebut sebagai teknologi yang rendah karbon atau karbon netral karena mereka tidak memancarkan CO<sub>2</sub> selama proses operasi. Namun, bukan berarti “bebas karbon” emisi CO<sub>2</sub> muncul selama fase lain seperti pada proses *extraction*, konstruksi, dan *maintenance* (Parliament Office of Science and Technology, 2006)



**Gambar 2.3: Life Cycle CO<sub>2</sub> Emissions for Electricity Generations Technologies**

**Sumber: Parliament Office of Science and Technology, 2006**

Proses menghasilkan listrik merupakan sumber terbesar emisi CO<sub>2</sub> di Amerika Serikat (AS). Proses ini mewakili 41% dari seluruh emisi CO<sub>2</sub> di AS. Jumlah total emisi nasional di AS tergantung pada jumlah listrik yang dihasilkan dan campuran bahan bakar yang digunakan untuk menghasilkan listrik. Sebagai contoh, kenaikan dan penurunan pangsa listrik yang dihasilkan oleh pembakaran batubara dapat mempengaruhi emisi nasional total. Emisi dari pembangkit listrik dapat dikurangi dengan peningkatan pangsa listrik yang dihasilkan dari bahan bakar rendah karbon atau sumber terbarukan.

- **Industri**

Sektor industri seperti dalam kegiatan manufaktur, konstruksi dan pertambangan. Dalam manufaktur terdapat enam industri yang mewakili mayoritas penggunaan energi. Industri tersebut adalah penyulingan minyak bumi, produksi kimia, produksi logam primer, kertas, makanan, dan produksi mineral. Industri di Amerika Serikat mengkonsumsi sejumlah besar persediaan listrik negara. Sejumlah proses produksi industri khusus dan penggunaan produk seperti produksi mineral, produksi logam dan penggunaan produk berbahan dasar minyak bumi juga dapat menyebabkan emisi CO<sub>2</sub> (IPCC, 2007)

- **Hunian dan komersial**

Sektor perumahan dan komersial sangat bergantung pada listrik untuk memenuhi kebutuhan energi, terutama untuk penerangan, pemanasan, udara dan peralatan. Sumber utama emisi CO<sub>2</sub> langsung adalah pembakaran gas alam dan minyak untuk pemanasan dan pendinginan bangunan (IPCC, 2007)

- **Transportasi**

Sektor transportasi merupakan sumber emisi CO<sub>2</sub> terbesar kedua di Amerika Serikat. Hampir semua energi yang dikonsumsi di sektor transportasi berbasis minyak bumi. Termasuk bensin, diesel dan bahan bakar jet. Emisi dari transportasi tergantung pada jumlah perjalanan atau mil perjalanan dari masing-masing jenis kendaraan setiap tahun, yang pada gilirannya dipengaruhi oleh tren ekonomi yang lebih besar dan perilaku konsumen. Selama jangka panjang, perubahan dalam efisiensi bahan bakar kendaraan (misalnya, jarak tempuh), dan dalam jenis bahan bakar yang digunakan juga dapat mempengaruhi tingkat emisi (IPCC, 2007)

#### **2.2.2.2 Metana (CH<sub>4</sub>)**

Metana (CH<sub>4</sub>) dihasilkan dari berbagai aktivitas manusia (antropogenik) dan sumber-sumber alam. Kegiatan manusia seperti produksi bahan bakar fosil, peternakan (fermentasi enterik dalam ternak dan manajemen pupuk kandang), budidaya padi, pembakaran biomassa, dan pengelolaan limbah melepaskan sejumlah besar metana ke atmosfer. Diperkirakan bahwa lebih dari 50 persen

**Universitas Indonesia**

emisi metana global terkait dengan kegiatan manusia. Beberapa contoh sumber alami emisi metana adalah lahan basah, gas hidrat, lapisan es, laut, badan air tawar, kebakaran hutan (EPA, 2011)

Tingkat emisi metana dapat bervariasi secara signifikan dari satu negara atau daerah ke daerah lain. Hal ini dipengaruhi pada banyak faktor seperti iklim, karakteristik pertanian dan industri, type dan jenis penggunaan energi dan praktek pengelolaan limbah. Misalnya, suhu dan kelembaban memiliki pengaruh yang signifikan pada proses pencernaan anaerobik, yang merupakan salah satu proses kunci biologis yang menyebabkan emisi metana di kedua sumber yaitu manusia dan sumber alami. Juga, penerapan teknologi untuk menangkap dan memanfaatkan metana dari sumber seperti tempat pembuangan sampah, tambang batubara, dan sistem manajemen pupuk mempengaruhi tingkat emisi dari sumber tersebut (EPA, 2011). Methana merupakan gas rumah kaca yang lebih kuat dibandingkan CO<sub>2</sub>. Namun, konsentrasi methana lebih kecil dibandingkan gas rumah kaca lainnya (Akorede, Hizam, Ab Kadir, Aris, & Buba, 2012).

#### **2.2.2.3 Dinitro Oksida (N<sub>2</sub>O)**

Dinitro Oksida (N<sub>2</sub>O) diproduksi dari kedua sumber yaitu dari alam dan kegiatan terkait manusia. Kegiatan manusia yang terkait dengan sumber N<sub>2</sub>O adalah pengelolaan tanah pertanian dan industri, produksi asam adipat dan nitra, pembakaran bahan bakar fosil dan limbah padat (IPCC, 2007). Nitrous oksida juga diproduksi secara alami dari berbagai sumber biologis dalam tanah dan air, terutama tindakan mikroba di hutan tropis basah.

Tingkat emisi N<sub>2</sub>O dari suatu sumber bisa berbeda dari satu negara atau dari daerah ke daerah lain. Hal ini dipengaruhi pada banyak faktor seperti karakteristik industri dan pertanian, teknologi pembakaran, manajemen limbah, dan iklim. Sebagai contoh, pemanfaatan pupuk nitrogen sintetis dalam produksi tanaman biasanya mempengaruhi hasil emisi N<sub>2</sub>O secara signifikan, ada atau tidak adanya perangkat kontrol pada sumber pembakaran seperti catalytic converter pada mobil dapat memiliki pengaruh yang signifikan terhadap tingkat emisi N<sub>2</sub>O. (Akorede, Hizam, Ab Kadir, Aris, & Buba, 2012)

#### **2.2.2.4 Gas Fluorinated (HFCs, PFCs, SF<sub>6</sub>)**

Tidak sama dengan gas rumah kaca yang lain, gas fluorinated tidak memiliki sumber yang alami dan hanya berasal dari aktivitas yang berhubungan dengan manusia. Gas ini dipancarkan melalui berbagai macam proses industri seperti aluminium dan pabrik semi konduktor. Gas Fluorinated memiliki *global warming potensial* yang tinggi (GWPs) dibandingkan gas rumah kaca lainnya. Dalam konsentrasi yang kecil di atmosfer, gas ini dapat memiliki efek yang besar pada temperatur global. Gas ini juga memiliki waktu hidup yang lama di atmosfer, pada beberapa kasus bertahan hingga ribuan tahun. Gas fluorinated tercampur di atmosfer, menyebar ke seluruh dunia setelah mereka dilepaskan. Gas Fluorinated dapat hilang dari atmosfer hanya ketika mereka dirusak oleh cahaya matahari pada jarak yang jauh diatas atmosfer. Secara umum gas fluorinated adalah gas rumah kaca yang berasal dari aktivitas manusia yang paling kuat dan memiliki waktu tinggal yang lama di atmosfer. Tiga gas yang termasuk dalam gas fluorinated adalah Hidrofluorokarbon (HFCs), Perfluorokarbon (PFCs) dan Sulfur heksafluorida (SF<sub>6</sub>).

Hidrofluorokarbon (HFCs) digunakan untuk pendingin, aerosol, bahan pembakar. Sumber emisi terbesar dari bahan ini digunakan sebagai campuran pendingin. Contohnya pada AC di kendaraan dan bangunan. Bahan kimia ini dikembangkan sebagai pengganti dari chlorofluorocarbons (CFCs) dan hydrochlorofluorocarbons (HCFCs) karena bahan ini tidak merusak lapisan ozon stratosfer. HFCs adalah gas rumah kaca potensial dengan waktu hidup di atmosfer yang panjang dan memiliki *Global warming Potensial* (GWP) yang tinggi dan biasanya bahan ini dilepaskan ke atmosfer melalui kebocoran, perawatan dan pembuangan barang yang menggunakan bahan ini (EPA, 2011 )

Perfluorokarbon (PFCs) digunakan sebagai bahan campuran dalam proses produksi berbagai macam industri yang berhubungan dengan produksi aluminium dan produksi semikonduktor. Perfluorokarbon (PFC) biasanya juga digunakan di sektor elektronik (misalnya digunakan sebagai plasma untuk membersihkan wafer silikon) dalam industri kosmetik dan farmasi (ekstraksi bahan alam seperti nutraceuticals dan rasa) PFCs memiliki waktu hidup yang lama di atmosfer dan memiliki global warming potensial yang tinggi.

Sulfur heksafluorida ( $\text{SF}_6$ ) terutama digunakan dalam proses menghasilkan magnesium yang digunakan untuk mendeteksi kebocoran.  $\text{SF}_6$  juga digunakan pada peralatan transmisi dalam peralatan elektronik.  $\text{SF}_6$  memiliki GWP sebesar 23.900. Hal ini membuat  $\text{SF}_6$  menjadi gas rumah kaca yang paling kuat dan mendapat evaluasi khusus dari IPCC.

## **2.3 Perhitungan Emisi Gas Rumah Kaca**

### **2.3.1 Carbon Footprint**

*Carbon Footprint* merupakan suatu ukuran jumlah total dari hasil emisi karbon dioksida secara langsung maupun tidak langsung yang disebabkan oleh aktifitas dari penggunaan produk dalam kehidupan sehari-hari (Wiedmann dan Minx, 2008). “*Carbon footprint* umumnya digunakan untuk menggambarkan jumlah total emisi  $\text{CO}_2$  dan gas rumah kaca lainnya yang harus dipertanggung jawabkan oleh seorang individu atau organisasi (Carbon Trust, 2007). *Carbon footprint* ini diukur dalam satuan carbon dioxide equivalents ( $\text{CO}_2\text{e}$ ) (Lynas, 2007).  $\text{CO}_2$ -equivalent ( $\text{CO}_2\text{-e}$ ) adalah unit pengukuran universal untuk menyatakan global warming potensial (GWP) dari masing-masing enam gas rumah kaca, yang dinyatakan dalam GWP dari satu unit karbon dioksida. Ini digunakan untuk mengevaluasi pelepasan (atau mencegah pelepasan) berbagai macam gas rumah kaca.

Jejak karbon dari suatu organisasi memiliki jarak yang sangat luas. Emisi GRK bisa berasal dari penggunaan langsung bahan bakar hingga dampak tidak langsung dari perjalanan pekerja. Ketika menghitung jejak tapak karbon, sangat penting suatu organisasi untuk melengkapi gambaran dari dampak organisasi. Untuk menghasilkan jejak tapak karbon yang reliabel, sangat penting untuk mengikuti proses yang terstruktur dan mengklasifikasikan semua sumber emisi secara menyeluruh. Pada dasarnya emisi gas rumah kaca dapat diklasifikasikan menjadi tiga type utama yang dikenal dengan sebutan ruang lingkup (DEFRA, 2007).

#### **1. Ruang lingkup satu (emisi langsung)**

Emisi langsung dihasilkan dari kegiatan yang dapat dikontrol oleh organisasi. Contohnya adalah emisi langsung yang ditimbulkan dari pembakaran

**Universitas Indonesia**

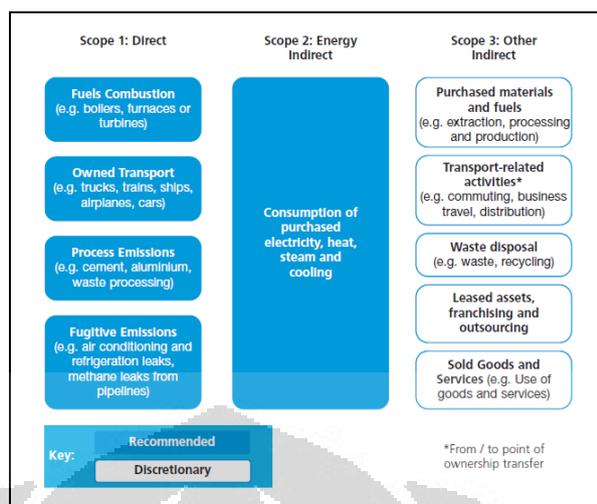
bahan bakar fosil yang menghasilkan emisi CO<sub>2</sub>, seperti pembakaran gas yang digunakan untuk menyediakan air panas pada ruang kerja. Selain itu, beberapa kegiatan secara langsung akan menghasilkan gas rumah kaca lain. Sebagai contoh, pembuatan beberapa bahan kimia menghasilkan metana (CH<sub>4</sub>) dan penggunaan pupuk yang menyebabkan emisi nitrous oxide (N<sub>2</sub>O).

## **2. Ruang lingkup dua (emisi tidak langsung)**

Emisi yang dilepaskan ke atmosfer yang diasosiasikan dengan jumlah konsumsi dari listrik yang dibayar oleh suatu organisasi. Tempat kerja umumnya menggunakan listrik untuk penerangan dan peralatan listrik. Pembangkit listrik biasanya dapat berasal dari sumber yang beraneka ragam, termasuk nuklir dan energi terbarukan. Ruang lingkup dua ini adalah adalah emisi tidak langsung yang berasal dari aktivitas organisasi tetapi dari sumber yang tidak dapat dikontrol sendiri oleh organisasi.

## **3. Ruang lingkup tiga (emisi tidak langsung dari produk dan jasa)**

Emisi tidak langsung ini sebagai konsekuensi dari aktivitas perusahaan. Namun, hal ini terjadi dari sumber yang tidak dapat dikontrol oleh perusahaan dan bukan merupakan jenis emisi pada ruang lingkup dua. Contohnya adalah perjalanan bisnis, pengolahan limbah, pembelian material atau bahan bakar. Sebuah perusahaan yang memproduksi suatu produk secara tidak langsung bertanggung jawab atas karbon yang dihasilkan dalam proses produksi, transportasi bahan baku, hingga penggunaan dan pembuangan produk dan jasa. Gambar berikut ini merupakan diagram pengklasifikasian sumber emisi gas rumah kaca.



Gambar 2.5 The Main Types of Emissions Sources Under Each Scope  
Sumber: DEFRA,2007

### 2.3.2 Metode Perhitungan Gas Rumah Kaca

Pada dasarnya penghitungan emisi Gas Rumah Kaca menggunakan rumus dasar sebagai berikut :

$$\text{Emisi GRK} = \sum A_i \times EF_i \quad \text{Daftar Rumus : 2.1}$$

Dimana :

Emisi GRK = Emisi suatu gas rumah kaca ( $\text{CO}_2$ ,  $\text{CH}_4$ ,  $\text{N}_2\text{O}$ )

$A_i$  = Konsumsi bahan jenis  $i$  atau jumlah produk  $i$

$EF_i$  = Faktor Emisi dari bahan jenis  $i$  atau produk  $i$

#### 2.3.2.1 Faktor Emisi

Faktor Emisi adalah adalah nilai representatif yang menghubungkan kuantitas suatu polutan yang dilepaskan ke atmosfer dari suatu kegiatan yang terkait dengan sumber polutan. Faktor-faktor ini biasanya dinyatakan sebagai berat polutan dibagi dengan satuan berat, volume, jarak, atau lamanya aktivitas yang mengemisikan polutan (misalnya, partikel yang diemisikan kilogram per megagram batubara yang dibakar). Pada beberapa kasus, faktor-faktor ini hanyalah rata-rata dari semua data yang tersedia dengan kualitas yang dapat diterima.

Faktor emisi untuk listrik ditentukan berdasarkan penelitian dan sangat spesifik untuk setiap bahan. Nilai faktor emisi listrik ini bisa berbeda antar wilayah dan tahun. Dalam penelitian ini peneliti menggunakan acuan faktor emisi

listrik untuk sistem interkoneksi Jawa-Madura-Bali (Jamali) yang telah ditetapkan oleh Direktur Jenderal Ketenagalistrikan, Kementerian Energi dan Sumber Daya Mineral (ESDM). Faktor emisi ini juga yang dijadikan acuan dari proyek perdagangan karbon (CDM) di Indonesia. Tabel berikut ini memuat faktor emisi listrik jaringan Jawa Madura Bali.

**Tabel 2.2** Faktor Emisi Jaringan Listrik Jawa Madura Bali

No	Tahun Perhitungan	Faktor Emisi CO <sub>2e</sub>
1	2007	0,851
2	2008	0,804
3	2009	0,713
4	2010	0,741
5	2011	0,741

Sumber: Dewan Nasional Perubahan Iklim (DNPI, 2011)

### 2.3.3 Faktor yang Berpengaruh Terhadap Jumlah Emisi Gas Rumah Kaca

#### 2.3.3.1 Jumlah Populasi

Pertumbuhan populasi menjadi faktor penting yang berpengaruh menentukan level konsumsi energi sebuah negara pada waktu yang akan datang (Dincer, 1999). Kebutuhan energi pada suatu wilayah meningkat seiring dengan jumlah populasi dan gaya hidup. Gaya hidup dan pertumbuhan populasi akan meningkat jika energi yang potensial tersedia (Feni, Lucas, & Enrique, 2010). Tidak diragukan lagi, ada hubungan yang jelas antara pertumbuhan penduduk dan masalah pemanasan global. Saat ini ada terlalu banyak orang di dunia menggunakan segala macam teknologi yang tidak ramah lingkungan (Akorede, Hizam, Ab Kadir, Aris, & Buba, 2012).

Konsumen dengan pendapatan yang tinggi akan mengkonsumsi lebih banyak energi. Hal ini menyebabkan jumlah emisi karbon yang dihasilkan juga besar pula. Kota yang memiliki populasi yang besar mengeluarkan emisi carbon yang besar. Hal ini yang menjadi dasar jumlah populasi digunakan untuk melakukan standarisasi terhadap penelitian tentang carbon footprint (Brown, 2009). Pada sebuah penelitian di US dengan menggunakan objek penelitian seluruh perguruan tinggi di US yang tergabung dalam *American College & University Presidents' Climate Commitment* (ACUPCC) dengan tujuan penelitian

**Universitas Indonesia**

untuk mengetahui efek dari iklim dan ukuran suatu institusi pada emisi gas rumah kaca yang dihasilkan. Penelitian ini mendapatkan hasil bahwa jumlah mahasiswa memiliki hubungan positif dengan jumlah emisi GHG yang dihasilkan oleh suatu institusi akademik (Fetcher, 2009).

Pada sebuah studi yang dilakukan di NTNU, variabel jumlah populasi digunakan sebagai variabel normalisasi untuk membandingkan carbon footprint yang dihasilkan antar fakultas. Normalisasi gas rumah kaca dengan jumlah populasi ini memberikan sesuatu penemuan bahwa emisi karbon bisa berbeda antar fakultas (Larsen, Pettersen, Solli, & Hertwich, 2011).

### **2.3.3.2 Luas Wilayah**

Universitas dan perguruan tinggi memiliki banyak tipe bangunan yang berbeda. Perbedaan tipe bangunan ini membuat konsumsi energi pada tiap bangunan juga berbeda. Dalam sebuah penelitian di US yang dilakukan oleh Klein Banai dengan menggunakan sebuah permodelan dengan sampel semua universitas di US yang memenuhi kriteria penelitian. Didapatkan hasil bahwa kenaikan luas bangunan akan dengan cepat menaikkan emisi gas rumah kaca dalam suatu bangunan. Hal ini disebabkan penggunaan energi yang bertambah. Penggunaan energi dari suatu bangunan dihitung sebagai sumber emisi gas rumah kaca, dengan perhitungan ini diharapkan emisi gas rumah kaca tiap meter luas bangunan untuk berbagai macam tipe bangunan akan memiliki profil yang sama. Salah satu cara untuk melakukan evaluasi emisi GRK suatu institusi adalah dengan melakukan normalisasi hasil perhitungan dengan variabel ukuran wilayah. Hasil normalisasi CF ini dapat digunakan untuk membandingkan rata-rata jumlah emisi CO<sub>2</sub>e di suatu wilayah dengan wilayah lainnya (Banai & Theis, 2011).

Pada penelitian di US yang dilakukan oleh Fetcher (2009) dengan menggunakan objek penelitian seluruh perguruan tinggi di US yang tergabung dalam American College & University Presidents' Climate Commitment (ACUPCC). Didapatkan hasil bahwa terdapat hubungan yang kuat antara luas bangunan dengan emisi GHG. Kedua variabel ini memiliki hubungan yang linear dimana emisi akan meningkat seiring dengan ukuran suatu institusi (Fetcher, 2009). Wilayah yang memiliki lebih banyak fasilitas seperti jumlah

peralatan listrik dan peralatan untuk penelitian menghasilkan jumlah emisi karbon yang lebih besar dibandingkan wilayah lain (Zhaurova, 2008).

### **2.3.3.3 Cuaca**

Faktor cuaca merupakan salah satu hal yang berpengaruh terhadap emisi karbon yang berasal dari penggunaan energi atau emisi karbon yang berasal dari ruang lingkup satu dan dua. Cuaca menjadi faktor penting yang mempengaruhi emisi GHG pada sebuah sekolah di suatu negara (Zhaurova, 2008). Hubungan antara emisi gas rumah kaca dari produksi energi dan perubahan iklim telah banyak didokumentasikan. Perubahan iklim berpengaruh terhadap kebutuhan akan pemanasan dan pendinginan.

Terdapat suatu prioritas hipotesis yang menyatakan bahwa perubahan iklim mengurangi penggunaan energi pada musim dingin dan meningkatkan energi pada musim panas. Secara umum efek ini bervariasi pada suatu wilayah, tergantung pada jarak suatu wilayah terhadap ekuator dan permukaan laut. Wilayah yang dekat dengan ekuator, penggunaan energi untuk pendinginan lebih dominan dibandingkan penggunaan energi untuk pemanasan (Sihvola, 2010).

Iklim menjadi hal yang harus dipertimbangkan pada penggunaan energi dalam suatu bangunan. Seorang arsitek bangunan harus menyadari hubungan ini, Olygay (1963) menulis sebuah buku tentang pertimbangan iklim dalam merancang dan merencanakan suatu arsitektur dan desain suatu bangunan pada masing-masing wilayah iklim. Banyak studi yang memperlihatkan bahwa wilayah iklim mempengaruhi penggunaan energi (Rappaort, 2007). Kunchornat, Namprakai, and du Pont (2009) mempelajari zona iklim di Thailand dan menemukan bahwa temperatur mempengaruhi konservasi energi, kenyamanan, dan kondisi desain di luar ruangan. Munther Salim (2009) mempelajari penggunaan energi pada pusat data komputer dan menemukan bahwa type lokasi iklim (kering, basah, atau laut) membuat perbedaan yang signifikan terhadap penggunaan energi (Jaye, 2012).

#### **a) Suhu**

Suhu adalah faktor cuaca yang berpengaruh terhadap konsumsi listrik. Pada musim panas, tingginya suhu dapat menambah pemakaian dari kulkas dan AC. Hal ini membuat bertambahnya penggunaan listrik. Pada musim dingin,

**Universitas Indonesia**

listrik yang dibutuhkan juga bertambah untuk pencahayaan dan pemanasan (Brown, 2009). Perubahan temperatur akan merubah kebutuhan pada sistem pemanasan dan pendinginan. Kenaikan konsumsi listrik membuat kebutuhan akan pendinginan menjadi naik yang membuat kenaikan pada jumlah listrik yang harus dibayar. Pertambahan konsumsi listrik pada musim panas disebabkan oleh kebutuhan akan pendinginan (AC dan air dingin) (Banai & Theis, 2010).

#### **b) Curah Hujan**

Curah hujan sangat spesifik pada suatu wilayah dan ini berpengaruh terhadap konsumsi listrik domestik suatu wilayah. Berhubungan dengan kecepatan angin, curah hujan juga memiliki pengaruh yang kuat terhadap kebutuhan listrik. Curah hujan dan kebutuhan listrik memiliki hubungan yang linear (Lai Hor, 2005). Dalam sebuah penelitian di Bangkok yang dilakukan untuk mengetahui hubungan antara variabel cuaca dengan curah hujan. Didapatkan hasil bahwa hujan dan kebutuhan listrik memiliki hubungan yang signifikan dengan  $p=0,0418$ . Curah hujan memiliki efek terhadap kebutuhan listrik di Bangkok. Curah hujan dan konsumsi listrik memiliki pola perubahan yang sama. Kenaikan sebesar 1 mm pada rata-rata bulanan curah hujan akan menghasilkan kenaikan konsumsi listrik bulanan sebesar 0,121176 GWh (Wangpattarapong, Maneewan, Ketjoy, & Rakwichian, 2008).

#### **c) Kelembapan**

Kelembapan relatif juga mempengaruhi kebutuhan terhadap listrik. Pada kelembapan yang tinggi kebutuhan listrik cenderung naik (Lai Hor, 2005). Namun, dari beberapa variabel iklim kelembapan merupakan variabel yang memiliki impact yang paling kecil terhadap CF yang dihasilkan (Jaye, 2012). Hal ini disebabkan kelembapan memiliki efek yang kecil terhadap peningkatan kebutuhan penggunaan listrik (Parkpoom & Harrison, 2008). Studi yang dilakukan di Iran tentang efek perubahan iklim terhadap konsumsi listrik di Iran dengan menggunakan variabel temperature dan kelembapan yang menggunakan permodelan regresi Fuzzy mendapatkan hasil kelembapan memiliki kesensitifan yang rendah terhadap hasil permodelan ini (Zaman & G, 2010). Namun, Kelembapan tidak memiliki hubungan dengan konsumsi listrik di Bangkok (Wangpattarapong, Maneewan, Ketjoy, & Rakwichian, 2008).

**Universitas Indonesia**

### 2.3.3.4 Peralatan Listrik

Pada permulaan tahun 1990 terdapat dua trend tambahan yang berkontribusi terhadap masalah kenaikan emisi GHG di perguruan tinggi: pertumbuhan kampus dan penambahan penggunaan jumlah alat elektronik. Sebagai hasil dari faktor ini, tidak heran jika banyak universitas besar menghasilkan emisi GRK sama dengan kota kecil. Emisi dari listrik dan bahan bakar berasal dari mesin cuci, memasak, kulkas dan peralatan kantor, computer dan peralatan lain (Zhaurova, 2008).

## 2.4 Manajemen Karbon

### 2.4.1 Perhitungan

Hal utama yang dilakukan apabila akan melakukan management carbon adalah mengetahui kuantitas dan sumber dari karbon. Sebuah organisasi tidak akan bisa melakukan manajemen apabila tidak mengetahui berapa jumlah gas rumah kaca yang dihasilkan. Minimal sebuah organisasi harus mengetahui emisi gas rumah kaca yang diproduksi secara langsung di tempat (seperti bahan bakar untuk transportasi dan memasak) dan emisi tidak langsung dari penggunaan listrik dan pemanas. Emisi tidak langsung, seperti dari perjalanan udara dan emisi yang diasosiasikan dengan peralatan bisa dievaluasi *step by step*.

Mengurangi penggunaan bahan bakar fosil pada bangunan untuk masa sekarang dan yang akan datang dapat dilakukan dengan mengubah kebiasaan konsumsi dan penggunaan bahan bakar fosil. Secara berkala sebuah organisasi harus mengukur emisi gas rumah kaca yang dihasilkan. Hal ini penting untuk memonitor emisi sebuah organisasi secara periodik serta memberikan laporan yang akurat untuk mengetahui ketercapaian tujuan

### 2.4.2 Penetapan Target

Hal kedua yang penting setelah melakukan penghitungan emisi gas rumah kaca dari kegiatan suatu organisasi adalah menetapkan target sasaran hasil yang jelas dalam penurunan gas rumah kaca. Sebuah organisasi sangat penting untuk menetapkan sasaran hasil yang jelas terkait dengan berapa jumlah penurunan gas rumah kaca organisasi mereka. Penetapan sasaran hasil dalam manajemen karbon juga harus mempertimbangkan tujuan jangka pendek dan panjang. Hal ini akan

**Universitas Indonesia**

membantu organisasi berjalan sesuai dengan tujuan yang ingin dicapai dan memberikan jaminan bahwa telah dilakukan pengurangan emisi gas rumah kaca.

### 2.4.3 Menghindari

Cara terbaik untuk mengurangi dampak karbon adalah dengan menghindari emisi gas rumah kaca secara langsung dan emisi tidak langsung. Sebagai tambahan, upaya memperkecil jejak tapak karbon untuk menjaga keberlanjutan bisnis dapat melalui meminimalkan dampak lingkungan lain dan mengurangi energi dan biaya untuk sumber daya lainnya

Menghindari penggunaan energi, dapat dilakukan misalnya melalui pengurangan kebutuhan energi untuk produksi, baik dari sumber bahan bakar fosil atau sumber-sumber yang tak terbarukan. Menghindari sumber bahan bakar energi fosil memiliki manfaat mengurangi emisi gas rumah kaca, emisi tidak langsung dari bahan bakar transportasi dan dampak yang terkait dengan ekstraksi sumber daya alam.

Kegiatan untuk menghindari gas rumah kaca tergantung pada jenis dan besarnya sumber emisi. Banyak hal yang dapat dilakukan untuk menghindari emisi gas rumah kaca. Hal tersebut mungkin tidak membutuhkan pengeluaran modal sama sekali, dan hanya berhubungan dengan perubahan perilaku dalam sebuah bisnis. Contohnya seperti :

- Memastikan peralatan tidak dalam posisi *stand-by*
- Mematikan alat produksi jika tidak digunakan. Jika saat ini peralatan atau mesin membutuhkan daya antar penggunaannya. Faktor ini dapat menjadi faktor penentu keputusan organisasi di masa depan.
- Memastikan tidak ada energi yang dikonsumsi saat kamar atau bangunan kosong. Hal penting yang perlu dipertimbangkan adalah pencahayaan, pemanasan dan pengaturan pendinginan
- Memilih berjalan atau naik sepeda daripada menggunakan mobil
- Peluang lainnya mungkin melibatkan beberapa pengeluaran modal, tetapi dalam jangka panjang, akan lebih dari hasil kemungkinan penghematan biaya, misalnya:
  - membeli bahan-bahan yang bersumber secara lokal untuk menghindari emisi yang berhubungan dengan transportasi

**Universitas Indonesia**

- Pertemuan melalui telepon atau *videoconference* bukan perjalanan untuk bertemu langsung.

#### **2.4.4 Mengurangi**

Emisi gas rumah kaca dapat dikurangi melalui perubahan aktivitas. Namun, tidak banyak orang yang memahami hal ini. Seseorang perlu melakukan identifikasi terhadap semua cara yang dapat dilakukan untuk menghindari kegiatan yang dapat menghasilkan emisi gas rumah kaca. Pendekatan yang dipilih untuk pengurangan emisi sangat bergantung pada keadaan seseorang. Untuk mempermudah, kegiatan pengurangan dapat dibagi menjadi dua kategori yaitu memodifikasi dan *recovery*.

##### **2.4.4.1 Modifikasi**

Pilihan untuk memodifikasi kegiatan yang penting, dapat bervariasi dari tingkat usaha dan biaya. Pilihan berkisar dari “rendah sampai tinggi” dari mengubah lampu standar ke lampu *fluorescent* kompak sampai melakukan perombakan bangunan lengkap. Beberapa langkah-langkah kunci yang dapat dilakukan meliputi:

- Memastikan peralatan dan perlengkapan berjalan efisien: jika membeli peralatan baru harus dapat dipastikan peralatan tersebut memiliki tingkat efisiensi yang tinggi
  - Memastikan desain bangunan yang “pintar” untuk bangunan baru. Termasuk mempertimbangkan orientasi yang lebih baik untuk bahan baku, isolasi dan naungan
  - Mempertimbangkan efisiensi bahan bakar ketika membeli kendaraan baru
- Perubahan perilaku juga dapat memberikan pengurangan yang efektif terhadap emisi. Contohnya sebagai berikut:
- Menggunakan transportasi umum jika memungkinkan
  - Menggunakan mobil dengan bahan bakar yang paling efisien.

Mengurangi penggunaan sumber daya lain juga akan memiliki dampak yang signifikan terhadap emisi gas rumah kaca. Sebagai contoh, menggunakan air panas dengan lebih efisien dapat mengurangi emisi gas rumah kaca.

##### **2.4.4.2 Recovery**

Terdapat potensi untuk memulihkan energi dari proses yang ada. Misal dengan mengubah gas dari limbah untuk energi. Metana adalah gas rumah kaca yang memiliki potensi pemanasan global 21 kali dari karbon dioksida. Metana dihasilkan oleh dekomposisi bahan organik dalam limbah padat dan kondisi anaerob pada instalasi pengolahan air limbah. Menangkap metana dan menggunakannya sebagai bahan bakar memberikan manfaat ganda yaitu mengurangi emisi gas rumah kaca dan menyediakan energi yang dapat digunakan.

#### **2.4.5 Mengganti**

Mengganti sumber energi ke energi yang lebih sedikit mengeluarkan emisi gas rumah kaca merupakan alternatif lain yang bisa dilakukan dalam upaya management carbon. Hal ini dapat dilakukan dengan menggunakan sumber energi terbarukan atau dengan mengganti energi dengan sumber bahan bakar yang lebih rendah emisi gas rumah kacanya.

##### **2.4.5.1 Memperbaharui**

Sumber daya terbarukan tidak dapat hancur atau dapat segera diisi ulang ketika energi terkumpul. Bentuk energi yang terbarukan seperti surya, angin, air mengurangi ketergantungan pada bahan bakar fosil dan secara signifikan mengurangi emisi gas rumah kaca.

Menggunakan energi terbarukan tidak selalu memberikan manfaat secara langsung terhadap keuangan. Pengembalian investasi untuk energi terbarukan biasanya membutuhkan waktu (4-10 tahun). Saat ini pembelian energi terbarukan lebih mahal daripada energi yang berasal dari bahan bakar fosil. Namun, investasi pada sumber daya dan teknologi terbarukan akan menaikkan skala ekonomi sehingga biaya untuk energi terbaharukan akan turun.

##### a) Energi langsung terbarukan

Membuat instalasi panel surya, turbin angin atau bentuk lain dari energi terbarukan pada rumah, kantor atau fasilitas industri. Mengurangi ketergantungan pada listrik berbahan bakar fosil. Sistem ini dapat berdiri sendiri dan menyediakan energi untuk tempat tersebut atau terhubung kembali ke jaringan listrik.

##### b) Membeli energi terbarukan

Listrik dari sumber energi terbarukan dapat dibeli dari penjual listrik yang terakreditasi. Harga untuk energi terbaharukan mungkin lebih mahal, mungkin akan terdapat biaya tambahan kecil untuk tagihan listrik anda dibandingkan dari yang biasa, tapi dapat dipastikan energi tersebut memiliki dampak rumah kaca yang sangat rendah.

#### **2.4.5.2 Mengganti**

Apabila tidak bisa menghindari penggunaan bahan bakar fosil maka kita dapat tetap berusaha mengurangi emisi gas rumah kaca dengan memilih bakar bakar fossil dengan intensitas gas rumah kaca yang rendah. Sebagai contoh, pembangkit listrik yang berasal dari gas alam memiliki intensitas gas rumah kaca yang lebih rendah dibandingkan listrik yang berasal dari batu bara. Menggunakan LPG untuk bahan bakar kendaraan mempunyai dampak gas rumah kaca yang lebih rendah dibandingkan gasolin.

#### **2.4.6 Sequester**

Kegiatan untuk *Sequester* berfokus pada mengurangi sumber emisi dari gas rumah kaca pada jumlah tertinggi yang dapat dijangkau. Komponen kunci lain dari management carbon dapat mengurangi konsentrasi gas rumah kaca di atmosfer melalui sequestration buatan manusia atau alami.

##### **2.4.6.1 Natural Carbon Sequestration**

Secara alami Karbon terdapat di hutan dan tumbuhan, tanah dan lautan. Jika tanaman rusak maka karbon dioksida akan dilepaskan ke atmosfer seperti pohon yang terbakar atau membusuk dan seperti tanah yang rusak. Bagaimanapun, tumbuhan yang tumbuh menyerap karbon melalui fotosintesis, menyimpannya di batang dan di sekitar tanah.

Tanah berkontribusi untuk menyerap karbon melalui pembusukan material organik secara perlahan-lahan. Melalui pengaturan cadangan karbon alami, konsentrasi gas rumah kaca di atmosfer dapat dikurangi. Proses alami penyimpanan karbon sering disebut sebagai *bio- sequestration*. Sebagian besar terjadi karena penanaman tumbuhan.

Kelompok petani dan pengusaha memiliki kesempatan yang lebih besar secara langsung untuk berpartisipasi di penanaman hutan kembali atau proyek bio-sequestration. Hutan dapat membantu mengurangi emisi gas rumah kaca dan

**Universitas Indonesia**

dapat juga menyediakan penghasilan tambahan dan keuntungan manajemen sumber daya alam, termasuk mitigasi kadar garam, meningkatkan keanekaragaman dan meningkatkan kualitas air tanah.

#### **2.4.6.2 Artificial Carbon Sequestration**

Penyerapan karbon buatan meliputi penangkapan karbon dioksida secara langsung dari pembakaran bahan bakar fosil atau dari proses industri dan dalam jangka waktu yang lama disimpan di permukaan tanah. Penyerapan dan penyimpanan karbon (CCS) meliputi injeksi dan penyimpanan GHG dibawah permukaan geologis tanah yang stabil. CCS sekarang ini diaplikasikan di proyek untuk menyimpan emisi yang berhubungan dengan minyak dan gas (contohnya di Sleipner in Norway).

#### **2.4.7 Offsets**

Carbon offsets merupakan proyek yang secara tidak langsung mengurangi emisi gas rumah kaca pada satu sumber dengan investasi pengurangan emisi gas rumah kaca di tempat lainnya. Produk offset sebagian besar berbentuk proyek yang berinvestasi pada energi terbarukan, efisiensi energi dan penanaman hutan kembali. *Offsets* merupakan pilihan terakhir dari *management carbon* karena pentingnya mempertimbangkan pilihan pertama dengan mengurangi penggunaan energi dan emisi GHG dan bukan karena hal tersebut dipertimbangkan sebagai pilihan terburuk. Untuk semua yang ingin carbon neutral di operasinya, *offset* akan menjadi komponen yang paling penting dalam strategi management karbon.

#### **2.4.8 Review**

Management karbon bukanlah sebuah proses yang statis. Review secara teratur sangat penting untuk menjamin bahwa suatu organisasi menggunakan teknologi dan cara baru sepanjang waktu. Energi dan biaya lain (termasuk biaya offsets) akan selalu berubah sepanjang waktu, diperlukan laporan secara teratur dan optimalisasi strategy dalam management carbon. Ketika implementasi *avoidance* dan pengurangan bertambah, kebutuhan untuk *sequester* dan *offsets* emisi seharusnya berkurang

## 2.5 Penelitian Terdahulu tentang Gas Rumah Kaca

**Tabel 2.3** Penelitian tentang Gas Rumah Kaca

No	Judul Penelitian	Peneliti	Tahun	Hasil Penelitian
1	<i>Public health benefits of strategies to reduce greenhouse- gas emissions: low-carbon electricity generation</i>	Anil Markandya BenG Amstrong Simon Holes Aline Chiobai Patrick Criqui Silvana Mimo Cathryn Tonne Paul Wilkinson	2006	Perubahan pada model produksi listrik untuk mengurangi jumlah emisi CO <sub>2</sub> . Dapat mengurangi jumlah PM <sub>2,5</sub> dan kematian akibat itu. Dengan efek terbesar di India dan efek terkecil di European Union (EU). Biaya untuk mitigasi gas rumah kaca tidak begitu besar dibandingkan manfaat kesehatan yang didapatkan. Terutama di India, dimana polusi sangat tinggi dan biaya mitigasi sangat kecil.
2	<i>Electricity Generation And Health</i>	Anil Markandya Paul Wilkinion	2007	Listrik memiliki manfaat yang besar untuk kehidupan, terutama untuk kesehatan, tetapi ini juga membawa biaya untuk kesehatan. Perbandingan antar pembangkit listrik menurut penggunaan bahan bakar dilakukan di Eurpean Union (EU). Penelitian di Eropa ini menunjukan bahwa dampak kesehatan dari pembangkit listrik adalah polusi udara (berdasar pada batu bara, dan minyak bumi). dampak terkecil didapatkan dari pembangkit listrik yang berasal dari penggunaan gas alam dan lebih kecil lagi dari tenaga nuklir.
3	<i>Effect of Climate and Institusion size on greenhouse gas emissions from Colleges and Universities in the United States</i>	Ned Fetcher	Desember 2009	Emisi GHG dari universitas dipengaruhi oleh ukuran institusi yang diukur dari jumlah mahasiswa dan luas bangunan. Faktor lain yang mempengaruhi adalah suhu.
4	<i>A Greenhouse Gas Inventory as a Measure of Sustainability for an Urban Public Research University</i>	Cynthia Klein-Banai, Thomas L. Theis, Thomas A. Brecheisen,	Maret 2010	Emisi GHG menjadi ukuran dari dampak lingkungan dan kelanjutan suatu institusi. Sumber emisi terbesar Universitas of illnois di Chicago (UIC)

Universitas Indonesia

		Alona Banai		berasal dari bangunan (83%), transportasi (16%) dan limbah (1%). Faktor yang paling berpengaruh terhadap emisi GHG ini berasal dari listrik yang dibayar dan sumber pembangkit listrik (nuklir dan batu bara)
5	<i>Quantitative analysis of factors affecting greenhouse gas emissions at institutions of higher education</i>	-Cynthia Klein-Banai , -Thomas L. Theis	Mei 2011	GHG dari institusi ditemukan sebagai fungsi dari ukuran institusi (yang diukur dari jumlah mahasiswa dan luas bangunan) dan iklim. Laboratorium menghasilkan emisi 10x lebih besar tiap M <sup>2</sup> dibandingkan kantor dan ruang kelas.
6	<i>Investigating the Carbon Footprint of a University - The case of NTNU</i>	-Hogne N. Larsen, -Johan Pettersen, -Christian Solli, -Edgar G.Hertwich	Oktober 2011	Terdapat variasi CF yang besar pada fakultas yang berbeda. Ilmu sosial dan sastra secara signifikan mempunyai CF mahasiswa yang lebih kecil dibandingkan ilmu alam, teknik dan kedokteran. Kontributor CF terbesar berasal dari sektor energi dan aktivitas lain dalam bangunan.
7	<i>Classification and climate zone greenhouse gas inventory benchmarking in higher education</i>	Sharon Jaye	2012	Ukuran, letak institusi pada suatu daerah iklim, mempengaruhi emisi GHG yang dihasilkan oleh suatu institusi akademik. Hal ini disebabkan oleh energi yang digunakan oleh suatu institusi akademik juga akan berbeda apabila ukuran, letak juga berbeda

Sumber: Olahan Sendiri

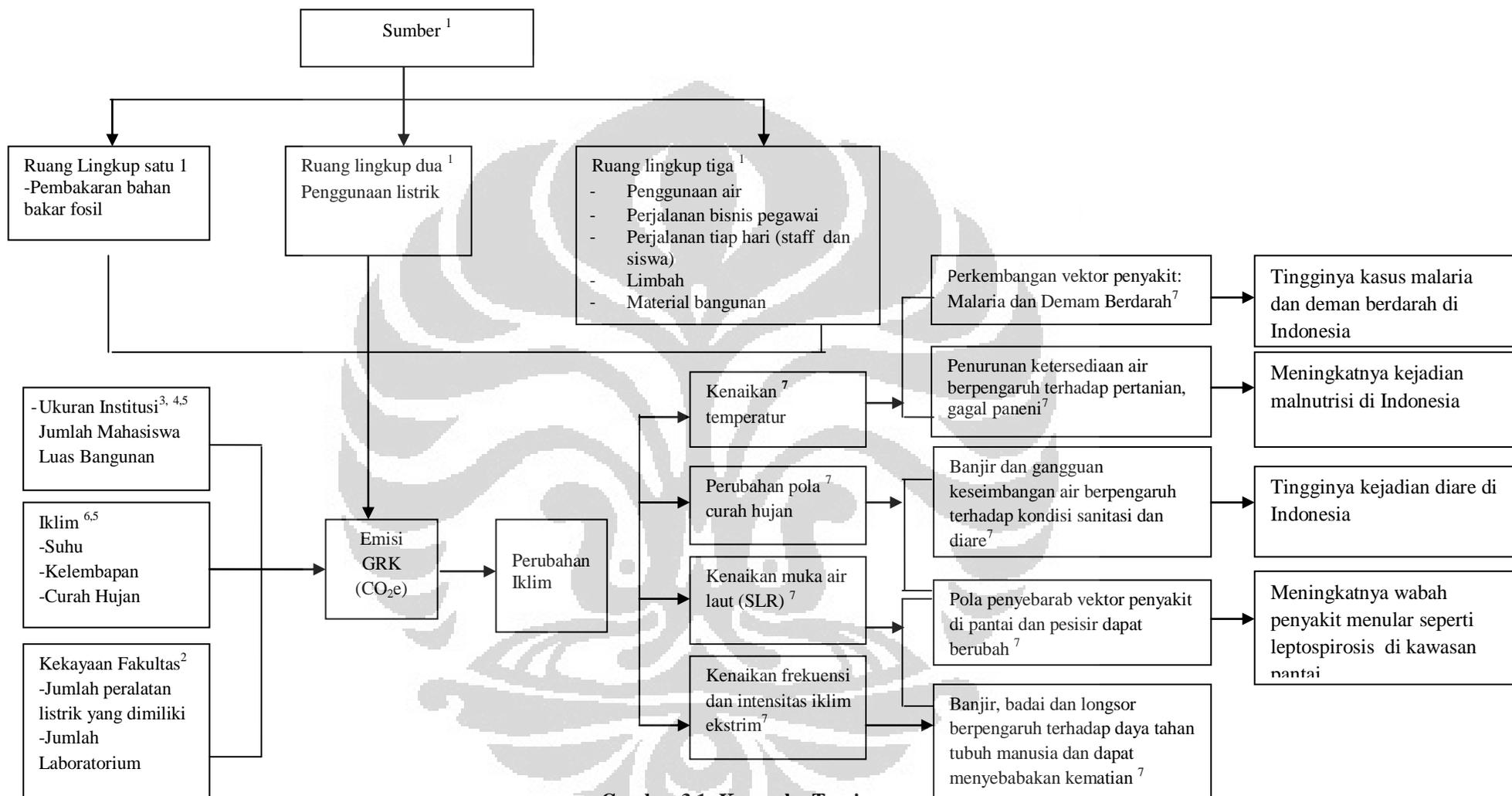
## BAB III

### KERANGKA PENELITIAN

#### 3.1 Kerangka Teori

Terdapat banyak teori yang membahas tentang terjadinya perubahan iklim. Salah satu teori pertama tentang perubahan iklim adalah *theory anthropogenic global warming* atau secara singkat dikenal dengan teori AGW. Teori ini menyatakan bahwa aktivitas manusia menghasilkan emisi gas rumah kaca yang menjadi penyebab utama dari perubahan iklim (Bast, 2010). Sumber gas rumah kaca yang dihasilkan oleh sebuah organisasi dapat dikelompokkan menjadi tiga ruang lingkup. Lingkup pertama adalah emisi langsung yang bersumber dari penggunaan bahan bakar fosil yang digunakan oleh suatu organisasi. Lingkup kedua adalah emisi tidak langsung dari penggunaan listrik dan lingkup ketiga adalah emisi tidak langsung dari kegiatan selain lingkup satu dan dua yang berupa produk dan jasa (DEFRA, 2007)

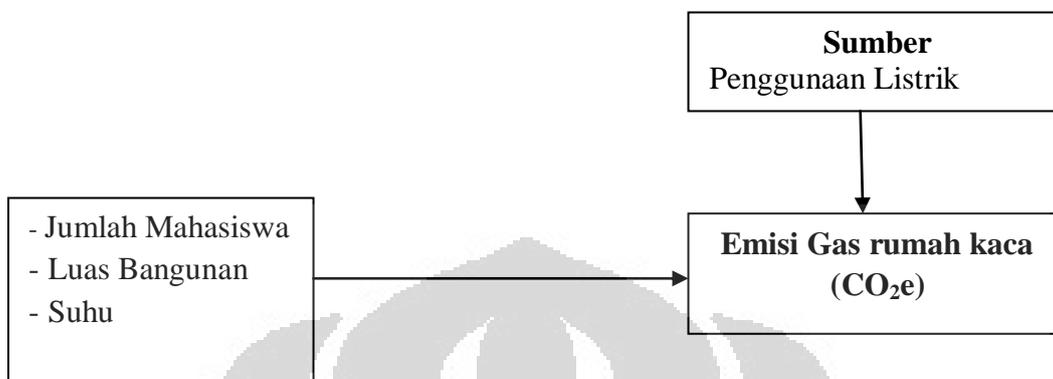
Langkah awal yang paling penting dalam manajemen karbon adalah melakukan perhitungan jumlah gas rumah kaca yang dihasilkan (EPA, 2007a). Salah satu cara dalam perhitungan gas rumah kaca adalah studi *carbon footprint* (Wiedmann & Minx, 2007; Weidema et al, 2008; Peters, 2010; Larsen, Pettersen, Solli, & Hertwich, 2011). Beberapa variabel yang berpengaruh terhadap gas rumah kaca yang dihasilkan oleh suatu institusi akademik adalah jumlah mahasiswa, dan luas wilayah (Zhaurova, 2008) (Banai & Theis, 2011) (Larsen, Pettersen, Solli, & Hertwich, 2011) (Fetcher, 2009). Variabel iklim seperti: suhu, curah hujan, hari hujan, dan kelembapan juga berpengaruh terhadap gas rumah kaca yang dihasilkan oleh suatu institusi (Jaye, 2012) (Fetcher, 20



**Gambar 3.1: Kerangka Teori**

Sumber: (DEFRA<sup>1</sup>,2007)( Zhaurova<sup>2</sup>, 2008) ( Banai & Theis<sup>3</sup>, 2011) (Larsen, Pettersen, Solli, & Hertwich<sup>4</sup>, 2011) (Fetcher<sup>5</sup>, 2009) (Jaye<sup>6</sup>, 2012), (ICCSR<sup>7</sup>, 2010), (Bast<sup>8</sup>, 2010)

### 3.2 Kerangka Konsep



**Gambar 3.2 : Kerangka Konsep Penelitian**

Dari kerangka teori yang ada peneliti melakukan simplifikasi menjadi kerangka konsep penelitian seperti diatas. Peneliti akan melakukan perhitungan emisi tidak langsung gas rumah kaca yang berasal dari penggunaan listrik (ruang lingkup dua) yang hasil perhitungan dinyatakan dalam satuan CO<sub>2</sub>e. Penelitian ini dilakukan dengan tujuan untuk mengetahui jumlah gas rumah kaca yang dihasilkan dari ruang lingkup dua di UI Depok. Apabila diketahui jumlah dan faktor yang mempengaruhi emisi gas rumah kaca maka akan dapat dicari sebuah cara untuk menurunkan laju pertambahan gas rumah kaca dengan begitu perubahan iklim tidak semakin parah sehingga dampak terhadap kesehatan bisa dikurangi.

Ruang lingkup dua dipilih karena berdasarkan penelitian yang telah dilakukan sebelumnya di beberapa universitas di Inggris, Amerika, Australia, dan Cina diketahui bahwa penggunaan listrik dalam bangunan menjadi kontributor terbesar dibandingkan ruang lingkup lainnya. Terdapat tiga variabel yang digunakan peneliti untuk melakukan penelitian, variabel itu adalah variabel jumlah mahasiswa, luas wilayah, dan variabel iklim dengan menggunakan suhu. Variabel ini dipilih karena berdasarkan penelitian yang dilakukan sebelumnya, variabel ini menjadi variabel yang paling banyak berpengaruh terhadap jumlah emisi GRK

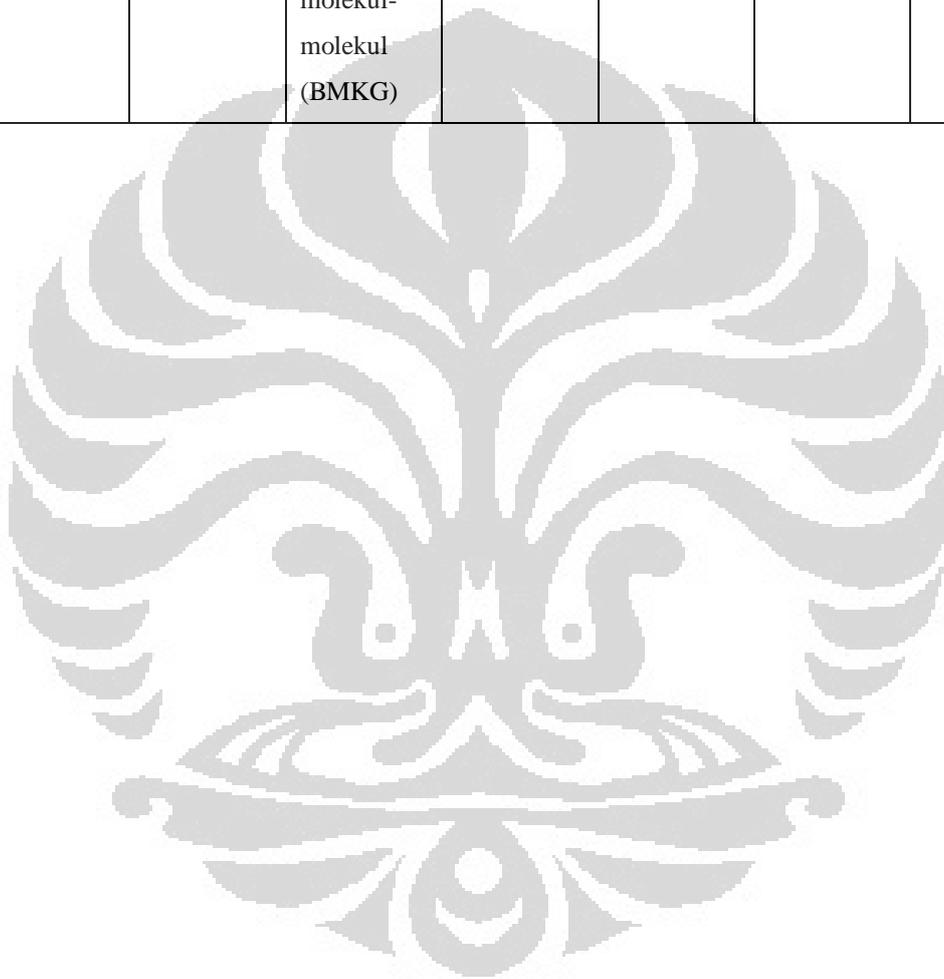
### 3.3 Definisi Operasional

**Tabel 3.1** Definisi Operasional dalam Penelitian

No	Variabel	Definisi variabel	Cara ukur	Alat Ukur	Hasil ukur	Skala ukur
1	Penggunaan listrik	Total kilowatt hours (KWh) yang digunakan oleh suatu institusi (Defra, 2007)	Observasi data sekunder	Observasi data sekunder dari PLN dan Direktorat Umum dan Fasilitas UI	Nilai numerik jumlah penggunaan listrik dalam satuan (KWh)	Rasio
2	Emisi CO <sub>2</sub> e	<i>A universal unit of measurement used to indicate the global warming potential of a greenhouse gas, expressed in terms of the global warming potential of one unit of carbon dioxide</i> (Defra, 2007)	Penghitungan	Metode yang telah ditetapkan IPCC <b>Emisi GRK</b> $= \sum A_i \times EF_i$ A= jumlah penggunaan listrik Ef = Emisi Faktor	Nilai numerik dalam satuan CO <sub>2</sub> e	Rasio
3	Jumlah Mahasiswa	Mahasiswa yang terdaftar dalam suatu universitas (Klein-Banai C., 2011)	Observasi data sekunder	Data sekunder	Nilai numerik jumlah mahasiswa dalam satuan orang	Rasio
4	Luas Bangunan	Jumlah dari semua daerah di semua lantai bangunan. (Klein-Banai C. T., 2010)	Observasi data sekunder	Data Sekunder	Nilai numerik luas wilayah dalam satuan M <sup>2</sup>	Rasio

Lanjutan Tabel 3.1 ...

5	Suhu	Ukuran energi kinetik rata-rata dari pergerakan molekul-molekul (BMKG)	Observasi data sekunder	Data sekunder	Nilai numerik temperatur udara dalam satuan $^{\circ}\text{C}$	Interval
---	------	--	-------------------------	---------------	--	----------



## **BAB IV**

### **METODE PENELITIAN**

#### **4.1 Rancangan Penelitian**

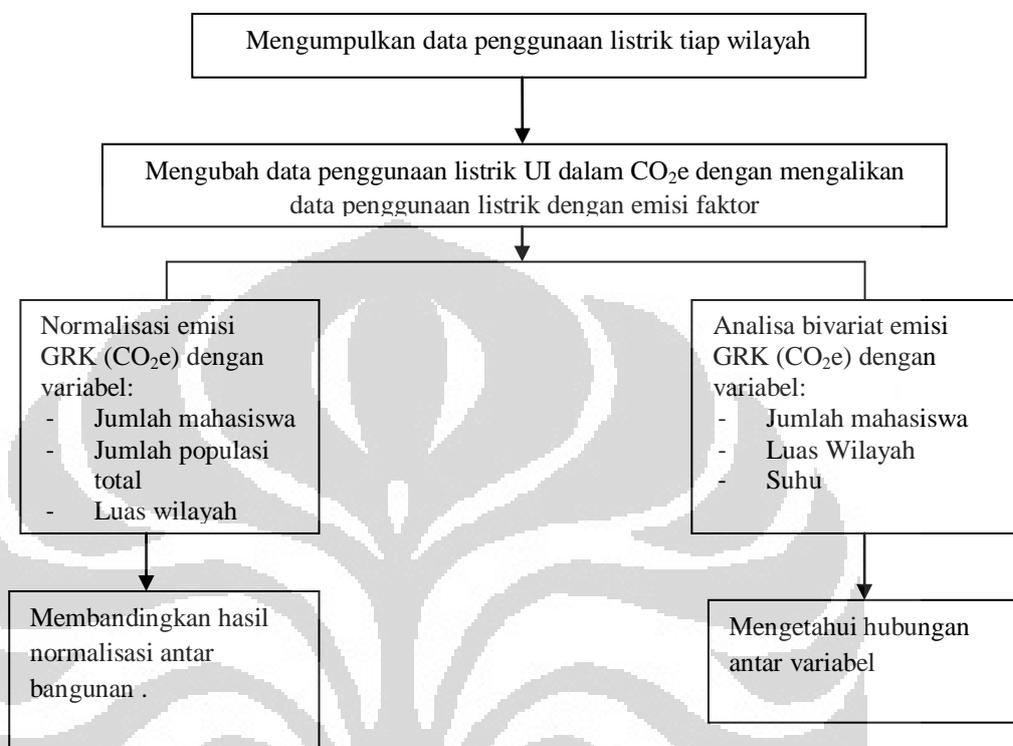
Penelitian ini menggunakan metode kuantitatif. Desain studi yang digunakan dalam penelitian ini adalah desain studi *carbon footprint*. Desain studi ini menghitung jumlah gas rumah kaca yang dihasilkan oleh suatu organisasi dan hasil dari perhitungan dinyatakan dalam CO<sub>2</sub>e. Proses perhitungan ini dimulai dengan melakukan identifikasi semua kegiatan organisasi yang diduga sebagai sumber emisi gas rumah kaca. Selanjutnya semua kegiatan yang telah diidentifikasi tersebut dikategorikan menjadi tiga ruang lingkup utama.

Ruang lingkup pertama terdiri dari semua kegiatan yang menghasilkan emisi gas rumah kaca secara langsung dari pembakaran bahan bakar fosil contohnya penggunaan bahan bakar untuk transportasi mobil milik organisasi. Ruang lingkup kedua adalah emisi tidak langsung suatu organisasi yang berasal dari penggunaan energi listrik. Ruang lingkup ketiga merupakan emisi dari kegiatan yang berasal selain dari ruang lingkup satu dan dua misalnya adalah emisi yang berasal dari pembuangan limbah, penggunaan alat tulis, perjalanan bisnis pegawai dsb.

Dalam penelitian ini akan dilakukan perhitungan gas rumah kaca yang berasal dari ruang lingkup dua yaitu yang berasal dari penggunaan energi listrik dengan unit analisis bangunan fakultas dan administratif. Pada penelitian-penelitian yang telah dilakukan sebelumnya diketahui bahwa energi listrik menjadi kontributor utama emisi gas rumah kaca dalam suatu bangunan.

Penelitian ini selain untuk mengetahui jumlah gas rumah kaca yang dihasilkan dari penggunaan listrik di UI Depok juga untuk mengetahui faktor yang mempengaruhi jumlah gas rumah kaca yang dihasilkan. Oleh karena itu, dalam penelitian ini akan dilakukan analisis bivariat untuk

mengetahui faktor yang mempengaruhi jumlah gas rumah kaca yang dihasilkan. Alur penelitian dapat dilihat pada gambar 4.1 berikut



Gambar 4.1: Rancangan Studi

## 4.2 Lokasi dan Waktu Penelitian

### 4.2.1 Lokasi Penelitian

Penelitian ini dilakukan di UI Depok. UI Depok dipilih sebagai lokasi penelitian karena UI memiliki banyak bangunan. Berdasarkan penelitian sebelumnya diketahui bangunan mengkonsumsi energi listrik yang menjadi kontributor terbesar dalam emisi gas rumah kaca. Penelitian dilakukan pada semua fakultas dan bangunan administrasi yang ada di Universitas Depok.

### 4.2.2 Waktu Penelitian

Penelitian dilakukan selama 4 bulan mulai dari bulan Maret sampai dengan bulan Juni 2012.

### 4.3 Populasi dan Sampel

#### 4.3.1 Populasi

Populasi yang akan diteliti adalah semua bangunan fakultas (FKM, FIK, FH, FISIP, Psikologi, FIB, FE, FT, FMIPA), dan administratif yang ada di UI Depok (Rektorat, Pusgiwa, CDC, Gymnasium)

#### 4.3.2 Sampel

Sampel dalam penelitian ini adalah semua populasi yang memenuhi kriteria. Maksud memenuhi kriteria disini adalah memiliki data variabel independen yang lengkap.

### 4.4 Teknik Pengumpulan data

#### 4.4.1 Sumber Data

Data penggunaan listrik didapatkan dari Direktorat umum dan fasilitas UI dan manajer umum dan fasilitas tiap fakultas. Data Iklim didapatkan dari BMKG.

#### 4.4.2 Cara Pengumpulan Data

Cara pengumpulan data yang dibutuhkan dalam penelitian dapat dilihat pada tabel berikut.

**Tabel 4.1 Cara Pengumpulan Data**

No	Parameter	Metode Pengambilan data
1	Listrik	Survei pada direktorat umum dan Fasilitas UI Log in dengan menggunakan ID pelanggan UI Survei pada manajer umum dan fasilitas tiap Fakultas
2	Jumlah Mahasiswa	Survei pada direktorat Pendidikan UI
3	Jumlah Karyawan	Survei pada unit SDM
4	Luas Wilayah	Survei pada direktorat umum dan fasilitas UI dan Manajer umum dan fasilitas tiap fakultas
6	Suhu	Survei pada BMKG

Sumber: Olahan Peneliti

#### 4.5 Pengolahan Data

Data jumlah penggunaan listrik di kawasan UI Depok yang telah dikumpulkan kemudian digunakan untuk menghitung estimasi jumlah gas rumah kaca yang dihasilkan. Penghitungan ini menggunakan metode perhitungan dari IPCC yang sudah diakui secara internasional. Penghitungan emisi GRK menggunakan rumus dasar sebagai berikut :

$$\text{Emisi GRK} = \sum \text{Ai} \times \text{EF}_i \quad (\text{Rumus 3.1})$$

Dimana :

Emisi GRK = Emisi suatu gas rumah kaca (CO<sub>2</sub>, CH<sub>4</sub>, N<sub>2</sub>O)

Ai = Konsumsi bahan jenis i atau jumlah produk i

EFi = Faktor Emisi dari bahan jenis i atau produk i

Dari rumus dasar tersebut maka dapat dihitung emisi GRK dari ruang lingkup dua yang dihasilkan di kawasan Universitas Indonesia.

a) Emisi GRK dari listrik

$$\text{Emisi GRK} = \text{EF} \times \text{Konsumsi Listrik} \quad (\text{Rumus 3.2})$$

keterangan :

Konsumsi Listrik = listrik yang dikonsumsi (KWh)

EF = faktor emisi\*

Faktor emisi listrik untuk sistem interkoneksi Jawa Madura Bali untuk tahun 2010, 2011 dan 2012 adalah sebesar 0,741 tCO<sub>2e</sub>/MWh

Contoh Perhitungan

Pada bulan Januari 2011 tagihan listrik fakultas X adalah sebesar 500 KWh maka gas rumah kaca yang dihasilkan oleh fakultas X pada bulan Januari dihitung dengan rumus sebagai berikut.

Emisi CO<sub>2</sub> = EF x Konsumsi Listrik.

$$\text{Emisi CO}_2 = 500 \times 0,741 = 370,5 \text{ CO}_2\text{e}$$

Dari hasil perhitungan diketahui bahwa gas rumah kaca yang dihasilkan pada bulan Januari di Fakultas X adalah sebesar 370,5 Kg CO<sub>2e</sub>

## 4.6 Analisis Data

### 4.6.1 Analisis Univariat

Analisa univariat data numerik dilakukan untuk membuat gambaran umum tentang suatu fenomena yang diamati dengan cara menggunakan frekuensi, proporsi, persentase, rasio, ukuran gejala pusat (mean, median, modus), dan ukuran sebaran atau disperse (varian, deviasi standar, range dan sebagainya). Hasil dari analisis univariat ini akan disajikan dengan narasi dan tabel.

### 4.6.2 Analisis Bivariat (Uji Korelasi)

Hubungan antar variabel (bivariat) digunakan untuk melihat hubungan antara variabel independen dan dependen. Dalam penelitian ini variabel dependen (emisi GRK dalam satuan CO<sub>2</sub>e) berbentuk numerik dan variabel independen (jumlah mahasiswa, luas wilayah, dan suhu) berbentuk numerik maka jenis uji statistik yang digunakan untuk analisis adalah uji statistik korelasi. Uji statistik korelasi dilakukan untuk mengetahui derajat/keeratn hubungan dan juga untuk mengetahui arah hubungan antara dua variabel independen dan dependen. Jika data berdistribusi normal maka uji korelasi yang digunakan adalah uji korelasi *Pearson Moment* dan jika data tidak berdistribusi normal dan <30 maka uji korelasi yang digunakan adalah uji nonparametrik *Spearman-rho*.

Nilai korelasi disimbolkan dengan koefisien korelasi ( $r$ ) berkisar antara 0 - 1 serta memiliki arah yang disimbolkan dengan arah positif (+) atau negatif (-), dimana

$r = 0$  tidak ada hubungan linier

$r = -1$  hubungan linier negatif sempurna

$r = +1$  hubungan linier positif sempurna

Hubungan dua variabel berpola positif terjadi bila kenaikan satu diikuti kenaikan variabel yang lain. Hubungan dua variabel berpola negatif terjadi bila kenaikan satu variabel diikuti penurunan variabel yang lain.

Menurut Colton dalam Hastono (2007), kekuatan hubungan dua variabel secara kualitatif dibagi menjadi empat area, yaitu:

$r = 0 - 0,25$  hubungan lemah

Universitas Indonesia

$r = 0,26 - 0,50$  hubungan sedang

$r = 0,51 - 0,75$  hubungan kuat

$r = 0,76 - 1,00$  hubungan sangat kuat

Analisis bivariat yang akan dilakukan ,yaitu:

- Uji korelasi jumlah mahasiswa dengan jumlah Gas Rumah Kaca (CO<sub>2</sub>e)
- Uji korelasi suhu dengan jumlah gas rumah kaca (CO<sub>2</sub>e)
- Uji korelasi luas wilayah dengan jumlah gas rumah kaca (CO<sub>2</sub>e)

### 4.6.3 Normalisasi Gas Rumah Kaca

#### 4.6.3.1 Normalisasi Gas Rumah Kaca dengan Jumlah Mahasiswa

Normalisasi gas rumah kaca dengan jumlah mahasiswa dilakukan pada tiap fakultas. Normalisasi dilakukan dengan membagi gas rumah kaca yang dihasilkan pada tiap fakultas dengan jumlah mahasiswa. Dari hasil normalisasi ini akan diketahui rata-rata jumlah gas rumah kaca yang dihasilkan oleh tiap mahasiswa pada masing-masing fakultas. Hasil normalisasi ini lalu dibandingkan antar fakultas, untuk mengetahui urutan tertinggi hingga terendah.

Jumlah Emisi Tiap Mahasiswa menggunakan rumus sebagai berikut:

#### **Rumus 3.3**

**Emisi Tiap Mahasiswa = Jumlah Emisi GRK : Jumlah Mahasiswa**

Contoh Perhitungan

Pada suatu fakultas X setiap bulannya menghasilkan emisi sebesar 1500 CO<sub>2</sub>e Jumlah Mahasiswa di Fakultas tersebut adalah sebesar 200 mahasiswa. Maka setiap bulannya rata-rata mahasiswa menghasilkan emisi sebesar 7,5 CO<sub>2</sub>e

#### 4.6.3.2 Normalisasi dengan Jumlah Populasi (Pegawai dan Mahasiswa)

Normalisasi ini dilakukan dengan membagi gas rumah kaca yang dihasilkan pada tiap bangunan dengan populasi total yang ada pada bangunan tersebut. Populasi total fakultas didapatkan dari penjumlahan jumlah mahasiswa dan jumlah

karyawan. Dari normalisasi ini akan diketahui rata-rata gas rumah kaca yang dihasilkan oleh tiap orang setiap bulannya.

#### **Rumus 3.4**

**Emisi Tiap individu = Jumlah Emisi GRK : Jumlah (Mahasiswa + pegawai)**

#### Contoh

Pada Fakultas X, jumlah gas rumah kaca yang dihasilkan sebesar 1500 CO<sub>2</sub>e. Jumlah mahasiswa sebesar 200 orang dan jumlah pegawai adalah sebesar 10 maka emisi GRK tiap individu sebesar:

Emisi tiap Individu = 1500 : (200 + 10) = 7,14 CO<sub>2</sub>e.

#### **4.6.3.3 Normalisasi Gas Rumah Kaca dengan Luas Bangunan**

Normalisasi ini dilakukan dengan membagi gas rumah kaca yang dihasilkan tiap bangunan dengan luas bangunan. Dari normalisasi ini akan diketahui rata-rata gas rumah kaca yang dihasilkan setiap M<sup>2</sup> luas bangunan. hasil normalisasi ini digunakan untuk membandingkan rata-rata gas rumah kaca antar bangunan fakultas dan administratif.

#### **Rumus 3.5**

**Emisi tiap M<sup>2</sup> = Jumlah Emisi GRK tiap Fakultas : Luas Bangunan**

#### Contoh

Pada Fakultas X, Jumlah gas rumah kaca yang dihasilkan sebesar 1500 CO<sub>2</sub>e. Fakultas X luas bangunannya sebesar 30 M<sup>2</sup>, maka emisi GRK tiap M<sup>2</sup> luas bangunan sebesar:

Emisi tiap M<sup>2</sup> = 1500 CO<sub>2</sub>e : 300 M<sup>2</sup> = 5 CO<sub>2</sub>e/M<sup>2</sup>

### **4.7 Penyajian Data**

Hasil analisis data disajikan dalam bentuk grafik, tabel, dan narasi.

## **BAB V**

### **HASIL DAN PEMBAHASAN**

#### **5.1 Gambaran Umum Universitas Indonesia**

Universitas Indonesia (UI) secara internasional diakui sebagai salah satu universitas terkemuka di Asia. Didirikan pada tahun 1849, UI adalah salah satu universitas tertua di Asia dan secara berkesinambungan tumbuh menjadi pusat komunitas multikultural yang canggih dan modern. Tujuan UI adalah mencapai tingkat terbaik dalam bidang penemuan, pengembangan, penyebarluasan ilmu pengetahuan melalui komunitas-komunitas strategis, baik di tingkat regional maupun global. Sebagai salah satu universitas penelitian terpercaya di Asia, UI berupaya mengembangkan program penemuan akademik dan kegiatan penelitian yang progresif. Hal ini dapat dicapai melalui sejumlah besar program-program ilmiah dalam bidang teknik, humaniora, serta ilmu pengetahuan alam dan ilmu sosial.

UI memiliki dua kampus utama; yang pertama terletak di pusat wilayah bisnis yaitu di Salemba, Jakarta Pusat, dan kampus kedua terletak di lingkungan hijau Depok di Jawa Barat. Kampus Depok terletak di tanah hijau tropis seluas 320 hektar yang dirawat secara cermat dengan separuh dari luas lahan tersebut disisihkan secara eksklusif sebagai laboratorium ekologi dan daerah konservasi. Jika dilihat dari peruntukannya, seluas 25 persen area tersebut secara ketat diperuntukkan bagi kegiatan-kegiatan akademik, penelitian, dan kemahasiswaan, sedangkan 75 persen sisanya diperuntukkan bagi penghutanan kembali. Secara keseluruhan UI memiliki 6 danau yang tersebar di area kampusnya dan dirawat secara cermat untuk melindungi ekosistem yang rapuh. Sebagai bukti komitmen UI terhadap kampus yang memiliki keseimbangan ekologis, telah dibangun jalur sepeda sepanjang lebih dari 20 km dan disediakan pula bus bagi mahasiswa dan sivitas akademika

Berdasarkan alokasi Rencana Area Kampus, terdapat 4 komponen ekosistem di kampus Universitas Indonesia (UI) Depok, yaitu:

- Gedung fisik dan 170 ha lansekap hijau sebagai penyangga,
- 30 ha ekosistem air,

- 100 ha area hutan kota,
- Fasilitas dan infrastruktur pendukung, termasuk penyangga lingkungan seluas 12 ha.

Pemanasan global terjadi sebagai akibat dari perkembangan yang tidak seimbang antara sains dan teknologi yang tidak mempertimbangkan dampak lingkungan secara tepat. Dalam rangka mengantisipasi isu-isu mendesak ini, UI berambisi untuk menciptakan kampus yang berbasis lingkungan atau yang lebih dikenal dengan sebutan 'kampus hijau'. Sebagai lembaga pendidikan dengan perspektif pandangan dunia, UI memiliki sumber daya alam yang dapat memberikan dampak yang penting bagi lingkungan. Ekosistem di UI hijau dan rimbun karena adanya pertimbangan yang sungguh-sungguh tentang lingkungan di dalam kampus. Lingkungan tersebut berkembang dengan baik sebagai upaya bersama banyak akademisi dalam bidang kajian lingkungan di universitas.

Di samping daerah hutan kota yang indah dan tenang, juga terdapat danau-danau di dalam kompleks Kampus UI Depok yang berfungsi sebagai resapan air. Ke-6 danau ini adalah: Danau Kenanga, Danau Aghatis, Danau Mahoni, Danau Puspa, Danau Ulin, dan Danau Salam.

UI menciptakan *Green Metric Ranking of World Universities* pada bulan April 2010 untuk memberikan profil rinci dari universitas-universitas peserta yang ingin mengambil langkah-langkah yang perlu untuk mendorong operasi yang dapat berkelanjutan. Diharapkan bahwa ranking ini, apabila dipublikasikan, akan mendorong munculnya kesadaran tentang lingkungan yang lebih besar di lembaga-lembaga pendidikan tinggi, tentang pentingnya meletakkan kebijakan dan sistem dalam prioritas yang tepat sehingga memberikan dampak positif bagi pemanasan global dan perubahan cuaca, khususnya kebijakan dan sistem yang membantu mengurangi emisi karbon dengan penggunaan energi yang efisien serta bentuk alternatif angkutan, penghijauan kampus, dan daur ulang sampah.

Praktik-praktik manajemen dan kebijakan juga sebaiknya mencakup cara mengkomunikasikan betapa pentingnya upaya dan cara melibatkan setiap orang dan membantu mereka agar memberi sumbangsih dengan perilaku yang mendukung upaya tersebut. (Humas, 2011)

## 5.2 Populasi

### 5.2.1 Populasi Mahasiswa

Data populasi mahasiswa tiap fakultas di Universitas Indonesia didapatkan dari Direktorat Pendidikan Universitas Indonesia. Data jumlah mahasiswa terdiri dari tiga semester. Jumlah mahasiswa 2009 (1) berarti jumlah mahasiswa yang terdaftar di suatu fakultas pada semester pertama tahun ajaran 2009-2010. Jumlah mahasiswa 2009 (2) berarti jumlah mahasiswa yang terdaftar di suatu fakultas pada semester pertama tahun ajaran 2009 – 2010. Jumlah mahasiswa 2009 (3) berarti jumlah mahasiswa yang terdaftar di suatu fakultas pada semester pendek tahun ajaran 2009-2010. Semester pendek berlangsung pada saat liburan semester genap dan sebuah pilihan bagi mahasiswa untuk mengambil semester pendek atau tidak. Hal ini membuat mahasiswa yang terdaftar dalam semester pendek lebih sedikit dibandingkan pada semester genap atau ganjil (Tabel 5.1).

**Tabel 5.1.** Jumlah Mahasiswa tiap Fakultas di Universitas Indonesia Depok Tahun Ajaran 2010-2012

No	Fakultas	2009	2009	2009	2010	2010	2010	2011	2011
		(1)*	(2)**	(3)***	(1)	(2)	(3)	(1)	(2)
1	Fak MIPA	3728	3432	2649	3659	3341	2487	3350	3304
2	Fak Teknik	5473	5117	4506	5964	5264	4769	5554	5125
3	Fak Hukum	3547	3431	2075	3755	3641	2722	4005	3824
4	Fak Ekonomi	6988	6257	5918	6892	6360	6084	6808	6265
5	Fak Ilmu Budaya	4046	3831	3088	4321	4090	3327	4347	4120
6	Fak Psikologi	1804	1681	1681	1867	1545	973	1597	1552
7	Fak Ilmu Politik	6874	6557	6417	6329	5884	596	6565	6104
8	Fak KesMas	3063	2901	2531	3478	3178	2834	3573	3285
9	Fak Ilmu Komputer	1323	1285	905	1433	1379	973	1511	1513
10	Fak Ilmu Keperawatan	1406	1386	709	1398	1435	503	1517	1490
11	Vokasi	2352	2341	2207	3396	3341	1825	3531	3405
Total		40604	38219	32686	42492	39458	27093	42240	39987

Sumber: Direktorat Pendidikan Universitas Indonesia

Ket:

(1)\* : Semester 1

(2)\*\* : Semester 2

(3)\*\*\* : Semester 3 (SP)

### 5.2.2 Populasi Pegawai

Data Jumlah pegawai di Universitas Indonesia didapatkan dari Unit Sumber Daya Manusia (SDM) UI. Terdapat dua jenis data pegawai yang diberikan unii SDM yaitu pegawai akademik dan non akademik. Pegawai akademik terdiri dari dosen yang berstatus PNS, PNS Non UI, CPNS dan BHMN. Pegawai non akademik terdiri dari pegawai yang berstatus PNS, BHMN, CPNS, dan pegawai tetap (Tabel 5.2).

**Tabel 5.2** Jumlah Pegawai Universitas Indonesia Depok Tahun 2010 - 2012

No	Fakultas	2010	2011	2012
1	Fakultas Matematika & IPA	246	248	350
2	Fakultas Teknik	258	251	345
3	Fakultas Hukum	169	160	239
4	Fakultas Ekonomi	291	294	584
5	Fakultas Ilmu Budaya	261	258	325
6	Fakultas Psikologi	129	128	190
7	Fakultas Ilmu Politik	279	276	387
8	Fakultas Kesehatan	142	140	236
9	Fakultas Ilmu Komputer	47	51	131
10	Fakultas Ilmu Keperawatan	66	67	109
11	PAU	49	301	722

Sumber: Direktorat Sumber Daya Manusia Universitas Indonesia

### 5.2.3 Penggunaan Energi Listrik di Universitas Indonesia Depok

Data penggunaan listrik tiap bulan di UI Depok didapatkan dari Direktorat umum dan Fasilitas UI. Direktorat umum dan fasilitas hanya memiliki data penggunaan listrik di UI Depok untuk tahun 2010, 2011 dan empat bulan pertama di awal tahun 2012. Dari data ini dapat dilihat perubahan penggunaan listrik tiap bulan dan tahunnya. Penggunaan listrik cenderung turun pada masa liburan semester genap dan semester ganjil (Tabel 5.3).

**Tabel 5.3** Penggunaan Listrik (Kwh) di Universitas Indonesia Depok Tahun 2010- April 2012

<b>Bulan</b>	<b>2010</b>	<b>2011</b>	<b>2012</b>
Januari	1.653.855	1.513.709	1.825.510
Februari	1.689.109	1.702.668	2.050.878
Maret	1.942.502	2.116.152	2.348.684
April	1.991.353	2.160.227	2.286.385
Mei	1.935.756	2.226.087	
Juni	1.573.242	1.821.638	
Juli	1.598.012	1.880.413	
Agustus	1.585.059	1.540.213	
September	1.489.201	2.052.681	
Oktober	1.950.630	2.470.257	
November	1.863.396	2.463.421	
Desember	1.890.978	2.322.518	
<b>Total</b>	<b>21.163.093</b>	<b>24.269.984</b>	

Sumber: Direktorat Umum dan Fasilitas Universitas Indonesia

Penggunaan listrik di UI cenderung naik tiap tahun. Dapat dilihat perubahan penggunaan listrik pada bulan yang sama di tahun yang berbeda cenderung positif. Penurunan hanya terjadi pada bulan Januari 2011 dan Agustus 2011. Pada tahun 2010 total penggunaan listrik sebesar 21.163.093 KWh sedangkan pada tahun 2011 meningkat menjadi 24.269.984 Kwh. Penggunaan listrik yang terus meningkat ini juga menandakan bahwa GRK yang dihasilkan dari ruang lingkup dua juga terus meningkat.

#### 5.2.4 Luas Bangunan di Universitas Indonesia Depok

Data luas bangunan didapatkan dari Direktorat Umum dan Fasilitas UI. Data luas bangunan ini digunakan untuk melakukan normalisasi terhadap jumlah gas rumah kaca yang dihasilkan tiap bangunan. Untuk mengetahui rata-rata GRK yang dihasilkan tiap  $M^2$  luas bangunan. Diasumsikan tidak ada penambahan luas pada masing-masing bangunan fakultas dan sektor administratif. Data luas bangunan dapat dilihat pada tabel berikut ini (Tabel 5.4)

**Tabel 5.4** Luas Bangunan (M<sup>2</sup>) di Universitas Indonesia Depok

<b>Wilayah</b>	<b>Luas Bangunan (M<sup>2</sup>)</b>
Rektorat	10.653,04
Fak MIPA	27.622,00
Fak Ilmu Budaya	18.559,78
Fak Kesehatan Masyarakat	8.180,30
Fak Ilmu Keperawatan	6.510,00
Fak Ilmu Komputer	9.305,07
Fak Ilmu Sosial dan Politik	15.463,11
Fak Hukum	12.461,15
Fak Ekonomi	43.741,32
Fak Psikologi	19.240,30
Fak Teknik	46.207,47
Perpustakaan Pusat	24.743,51
Balairung	7.915,00

Sumber: Direktorat Umum dan Fasilitas UI dan Manajer Umum Fakultas

### 5.2.5 Jumlah Peralatan Lisrik Tiap Bangunan

Jumlah AC dan Komputer yang dimiliki tiap bangunan fakultas dan rektorat cenderung sama tiap tahunnya. Beberapa fakultas belum melakukan pendataan terhadap jumlah AC dan Komputer yang dimiliki. Oleh karena itu, terdapat beberapa data yang masih kosong (Tabel 5.5)

**Tabel 5.5** Jumlah AC dan Komputer Pada setiap Bangunan

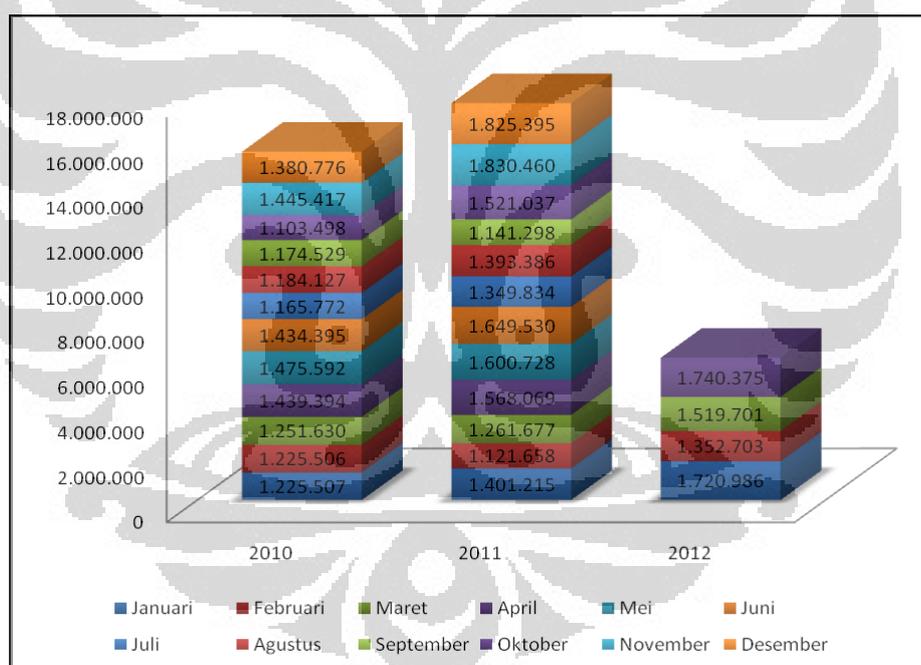
<b>Bangunan</b>	<b>AC</b>	<b>Komputer</b>
Rektorat	412	978
Fakultas MIPA	-	749
Fakultas Ilmu Budaya	306	400
Fakultas Kesehatan Masyarakat	294	167
Fakultas Ilmu Keperawatan	142	-
Fakultas Ilmu Komputer	183	950
Fakultas Ilmu Sosial dan Politik	348	908
Fakultas Hukum	255	-
Fakultas Ekonomi	127	181
Fakultas Psikologi	256	393
Fakultas Teknik	348	24

Sumber: Direktorat Umum dan Fasilitas UI & Manajer Umum dan Fasilitas Fakultas

### 5.3 Jumlah Gas Rumah Kaca di Universitas Indonesia Depok

#### 5.3.1 Jumlah Gas Rumah Kaca (CO<sub>2</sub>e) Tahun 2010-Sekarang

Berdasarkan perhitungan sesuai dengan rumus yang telah ditetapkan oleh IPCC, gas rumah kaca yang dihasilkan dari penggunaan listrik pada tahun 2010 adalah sebesar 15.681 ton CO<sub>2</sub>e. Pada tahun 2011 dihasilkan 17.984 ton CO<sub>2</sub>e dan pada empat bulan pertama di tahun 2012 dihasilkan sebesar 6.306 ton CO<sub>2</sub>e. GRK yang dihasilkan UI pada empat bulan pertama (Januari, Februari, Maret, April) di awal tahun 2012 lebih tinggi apabila dibandingkan dengan GRK yang dihasilkan pada empat bulan pertama di awal tahun 2011 dan 2010. Pada empat bulan pertama di tahun 2011 dihasilkan sebesar 5.552.132 kg CO<sub>2</sub>e sedangkan pada empat bulan pertama di tahun 2010 dihasilkan sebesar 5.392.123 kg (Gambar 5.1)



Keterangan

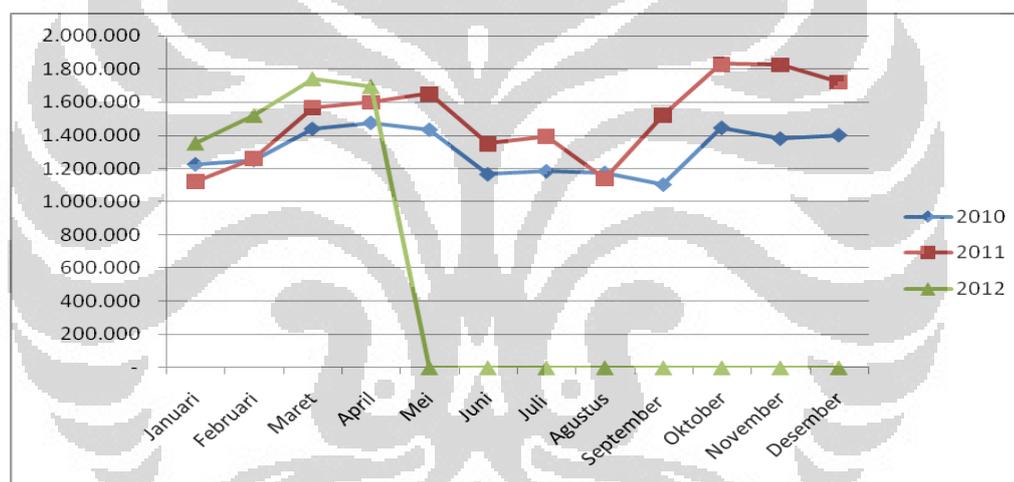
Satuan: Kg CO<sub>2</sub>e

**Gambar 5.1:** Gas Rumah Kaca UI Depok Tahun 2010-2012

Peningkatan jumlah GRK yang dihasilkan dari penggunaan listrik ini dapat disebabkan oleh dua hal. Pertama disebabkan oleh meningkatnya penggunaan listrik atau yang kedua disebabkan oleh meningkatnya faktor emisi listrik. Pada studi kasus yang ada di UI saat ini, faktor emisi listrik untuk jaringan Jawa

Madura Bali (JAMALI) untuk tahun 2010, 2011 dan 2012 sama yaitu sebesar 0,741. Oleh karena itu, dapat ditarik kesimpulan bahwa yang mempengaruhi besar kecilnya jumlah GRK yang dihasilkan di UI Depok berasal dari penggunaan listrik.

GRK yang dihasilkan UI Depok dari penggunaan listrik cenderung naik tiap tahunnya. Pada tahun 2011 GRK yang dihasilkan tiap bulan selalu lebih tinggi dibandingkan GRK yang dihasilkan pada tahun 2010. Hanya pada bulan Januari dan Agustus 2011 GRK yang dihasilkan sama atau lebih rendah dibandingkan tahun 2010. Pada tahun 2012 GRK yang dihasilkan tiap bulan juga lebih tinggi dibandingkan pada tahun 2010 dan 2011. Untuk tahun 2012 hanya bisa digambarkan naik turunnya GRK selama empat bulan pertama (Gambar 5.2).



Keterangan:

Satuan: Kg CO<sub>2e</sub>

**Gambar 5.2:** Perbandingan Gas Rumah Kaca di Universitas Indonesia Depok Bulan Januari 2010 - April 2012

Terdapat beberapa hal yang dapat mempengaruhi kenaikan GRK di UI Depok. Pertama adalah jumlah populasi yang ada di UI dan yang kedua adalah gaya hidup. Jumlah mahasiswa dan pegawai di UI Depok meningkat tiap tahunnya. Pada semester pertama tahun ajaran 2009-2010 jumlah mahasiswa yang ada di UI sebesar 40604 sedangkan pada semester pertama tahun ajaran 2010-2011 jumlah mahasiswa yang ada di UI meningkat sebesar 42492. Faktor yang kedua adalah gaya hidup, semakin lama teknologi semakin canggih. Jenis

**Universitas Indonesia**

gadget yang dimiliki mahasiswa juga lebih bermacam-macam. Tak jarang satu orang memiliki alat komunikasi elektronik (HP, Ipad) lebih dari satu. Sebagian besar mahasiswa juga memiliki laptop yang dibawa ke kampus tiap hari untuk mengerjakan tugas atau sekadar untuk mendownload film.

Pertambahan jumlah gadget yang dimiliki ini tentu berpengaruh terhadap kebutuhan energi listrik yang diperlukan. Ditambah pula dengan kemajuan dunia maya yang menawarkan berbagai macam hiburan dan pengetahuan. Banyak mahasiswa yang dapat menghabiskan waktunya hingga ber jam-jam untuk menjelajah di dunia maya lewat laptop. Hal ini tentu berpengaruh terhadap pertambahan penggunaan energi listrik. Pada sebuah penelitian didapatkan hasil bahwa kebutuhan energi pada suatu wilayah meningkat seiring dengan jumlah populasi dan gaya hidup (Feni, Lucas, & Enrique, 2010). Pada sebuah penelitian ditemukan adanya hubungan korelasi yang positif antara jumlah populasi dan jumlah GRK yang dihasilkan (Larsen & Hertwich, 2010).

Pertambahan penggunaan energi listrik di UI Depok juga dapat disebabkan oleh suhu yang semakin panas. Suhu yang panas ini membuat penggunaan AC untuk pendinginan juga semakin besar. AC di kelas yang biasanya dinyalakan dalam suhu 24 C bisa diturunkan hingga 22 C karena suhu luar yang panas. Suhu yang panas ini juga membuat mahasiswa lebih memilih untuk berdiam diri di dalam ruangan seperti perpustakaan atau spot-spot lain pada bangunan yang dingin. Semakin banyak orang maka suhu AC yang dibutuhkan juga harus semakin dingin agar AC lebih terasa. Hal seperti itu tentu membuat energi listrik yang dibutuhkan untuk menyalakan AC juga semakin besar.

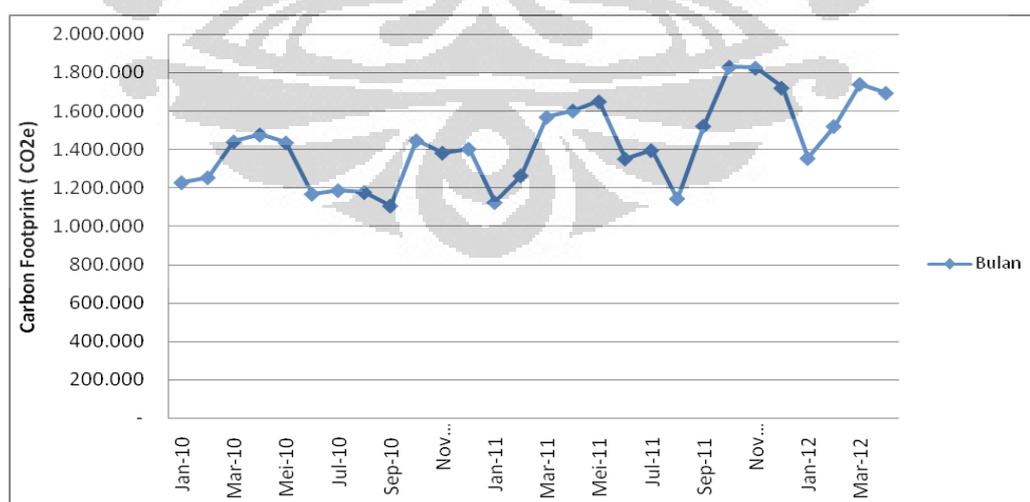
GRK yang dihasilkan selalu naik tiap tahunnya. Perubahan jumlah GRK 2010/2011 berarti perubahan jumlah GRK pada bulan Januari tahun 2011 dibandingkan pada bulan yang sama di tahun 2010. Terdapat hasil yang positif dan negatif dalam perhitungan, apabila hasilnya positif maka terjadi kenaikan jumlah GRK di bulan yang sama pada tahun yang berbeda (Tabel 5.6).

**Tabel 5.6** Perubahan Jumlah Emisi Gas Rumah Kaca di UI Depok Tahun 2010/11-2011/12

Bulan	2010	2011	2012	Perubahan 2010/2011	Perubahan 2011/2012
Januari	1.225.506	1.121.658	1.352.703	-8,5%	20,6%
Februari	1.251.630	1.261.677	1.519.701	0,8%	20,5%
Maret	1.439.394	1.568.069	1.740.375	8,9%	11,0%
April	1.475.592	1.600.728	1.694.211	8,5%	5,8%
Mei	1.434.395	1.649.530		15,0%	
Juni	1.165.772	1.349.834		15,8%	
Juli	1.184.127	1.393.386		17,7%	
Agustus	1.174.529	1.141.298		-2,8%	
September	1.103.498	1.521.037		37,8%	
Oktober	1.445.417	1.830.460		26,6%	
November	1.380.776	1.825.395		32,2%	
Desember	1.401.215	1.720.986		22,8%	
Total	15.681.852	17.984.058			

Sumber: Olahan Pribadi

GRK yang dihasilkan di UI Depok selama Januari 2010 – April 2012 memiliki pola kenaikan dan penurunan yang hampir sama. GRK yang dihasilkan tinggi pada bulan Februari - Mei lalu turun pada bulan Juni-September dan turun pada bulan Januari (Gambar 5.3).



**Gambar 5.3:** Gas Rumah Kaca (CO<sub>2</sub>e) di UI Depok Bulan Januari 2010 – April 2012

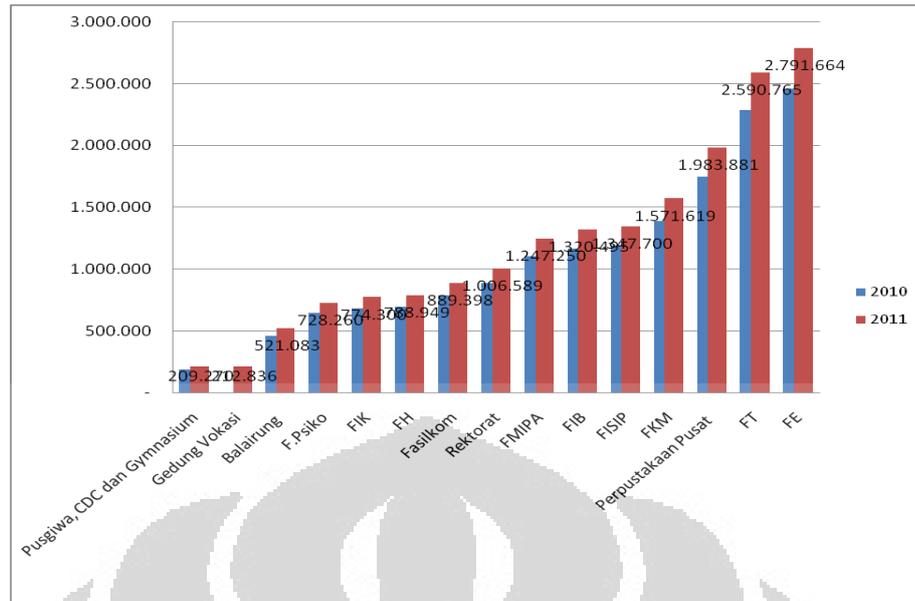
Bulan Februari – Mei saat GRK naik merupakan bulan perkuliahan aktif. Pada bulan perkuliahan aktif, banyak kelas yang digunakan untuk perkuliahan, berarti lebih banyak energi yang dibutuhkan untuk menyalakan AC dan komputer yang ada di kelas. Bulan Juni-Agustus saat GRK turun bertepatan dengan masa liburan. Pada masa liburan, tentu tidak ada kegiatan perkuliahan hal ini membuat jumlah mahasiswa yang melakukan kegiatan di kampus juga berkurang dibandingkan pada bulan saat masa perkuliahan aktif. Tidak adanya kegiatan belajar mengajar juga berarti tidak ada ruang kelas yang digunakan untuk perkuliahan. Kebutuhan energi untuk penggunaan AC, komputer dan lampu di dalam ruang kelas tentu menurun drastis dibandingkan saat masa perkuliahan. Sebagai hasilnya GRK yang dihasilkan pada masa liburan juga berkurang.

Perubahan jumlah GRK yang dihasilkan juga bisa akibat dari berubahnya temperatur udara. Pada sebuah penelitian didapatkan hasil, terdapat hubungan yang bermakna antara suhu dengan jumlah GRK. Suhu adalah faktor cuaca yang berpengaruh terhadap konsumsi listrik (Brown, 2009). Perubahan temperatur akan merubah kebutuhan pada sistem pemanasan dan pendinginan. Pada negara yang dekat dengan ekuator seperti Indonesia, penggunaan energi untuk pendinginan lebih dominan dibandingkan untuk pemanasan (Sihvola, 2010). Oleh karena itu, terdapat kemungkinan naik turunnya GRK di UI berhubungan dengan suhu. Pada saat suhu tinggi kebutuhan untuk pendinginan menjadi bertambah. Hal ini membuat lebih banyak energi listrik yang digunakan untuk menghidupkan AC. Sebagai akibatnya jumlah GRK yang dihasilkan menjadi tinggi.

### **5.3.2 Jumlah Gas Rumah Kaca Pada setiap Bangunan**

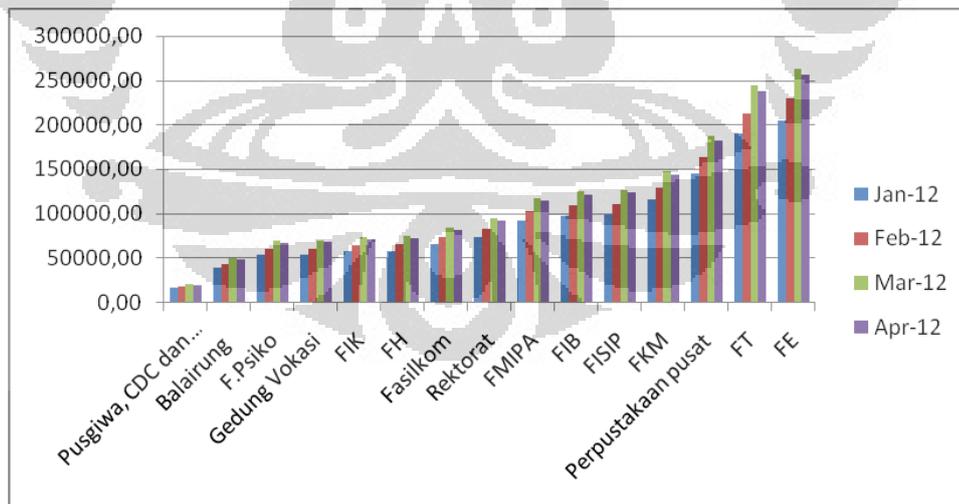
#### **5.3.2.1 Jumlah Gas Rumah Kaca Pada setiap Bangunan Tahun 2010- April 2012**

Grafik dan tabel sebelumnya menggambarkan jumlah GRK yang dihasilkan di UI Depok setiap bulan. Pada tabel dan grafik sebelumnya, belum diketahui jumlah GRK yang dihasilkan oleh tiap bangunan fakultas dan administratif. Jumlah GRK yang dihasilkan oleh tiap fakultas dan gedung administratif di Universitas Indonesia pada tahun 2010-2011 juga selalu meningkat. Fakultas Ekonomi (FE) menjadi kontributor GRK terbesar dibandingkan bangunan lainnya (Gambar 5.4).



**Gambar 5.4:** Gas Rumah Kaca (CO<sub>2</sub>e) setiap Bangunan di UI Depok Tahun 2010-2011

Pada tahun 2012 Fakultas Ekonomi tetap menjadi wilayah yang menghasilkan GRK tertinggi dibandingkan wilayah lainnya. Apabila dicermati terdapat pola yang sama pada jumlah GRK yang dihasilkan tiap bangunan di UI Depok pada empat bulan pertama di tahun 2012 dengan Jumlah GRK yang dihasilkan pada Tahun 2010-2011 (Gambar 5.5)



**Gambar 5.5:** Gas Rumah Kaca (CO<sub>2</sub>e) di UI Depok Bulan Januari 2012- April 2012

Dari gambar 5.4 dan 5.5 dapat dilihat bahwa GRK yang dihasilkan dari penggunaan listrik selalu naik. Perbedaan besarnya GRK yang dihasilkan oleh

tiap bangunan ini dapat disebabkan oleh perbedaan jumlah populasi (mahasiswa dan karyawan), luas bangunan, jumlah peralatan elektronik, dan waktu operasional bangunan tersebut. Luas bangunan mempengaruhi jumlah energi yang digunakan, Semakin luas suatu bangunan maka energi yang digunakan akan semakin banyak dan ini membuat GRK yang dihasilkan juga semakin besar (Banai & Theis, 2011). Jumlah populasi yang ada pada bangunan juga berpengaruh terhadap jumlah GRK yang dihasilkan. Terdapat hubungan yang kuat antara jumlah populasi dengan besar GRK yang dihasilkan pada suatu bangunan (Larsen & Hertwich, 2010). Jumlah peralatan listrik yang terdapat pada sebuah bangunan juga mempengaruhi penggunaan energi yang digunakan oleh suatu bangunan semakin banyak peralatan listrik yang digunakan pada bangunan maka energi listrik yang digunakan juga semakin besar. Hal ini membuat GRK yang dihasilkan oleh suatu bangunan juga semakin besar (Zhaurova, 2008). Waktu operasional bangunan juga berpengaruh terhadap GRK yang dihasilkan. Bangunan yang memiliki waktu operasional lebih lama memiliki GRK yang lebih besar.

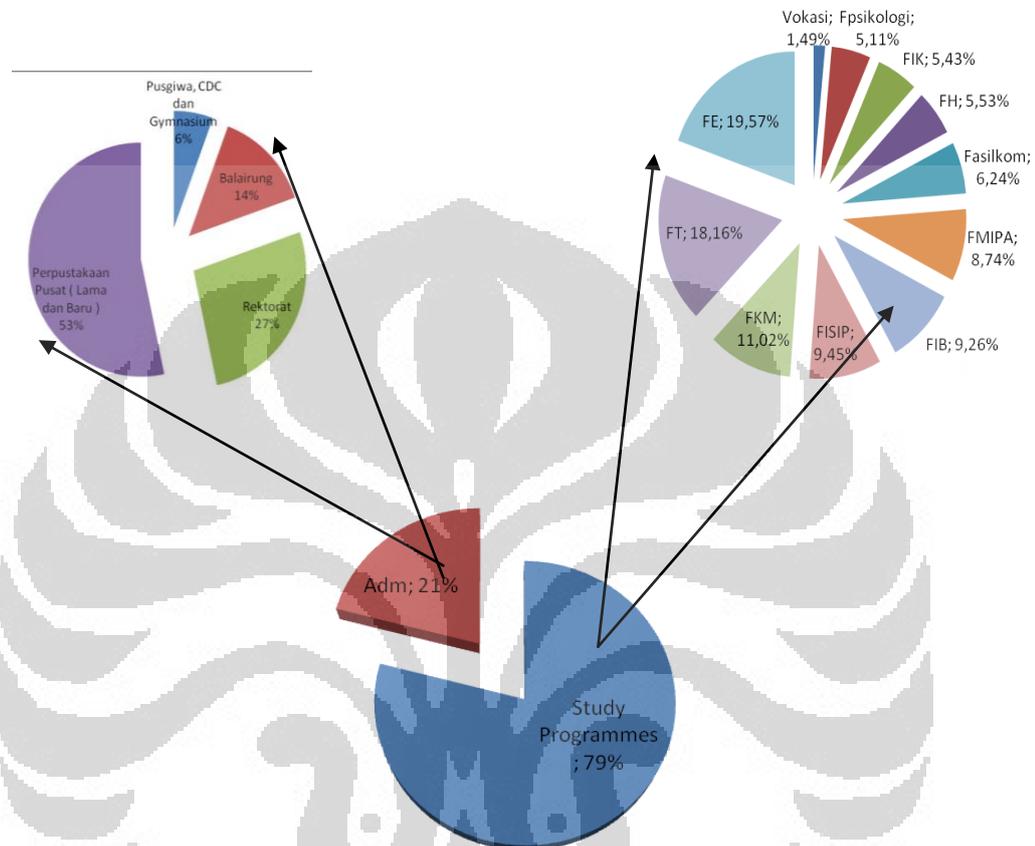
### **5.3.2.2 Struktur Emisi Gas rumah kaca per-Departement**

GRK pada suatu universitas dapat distandarisasi dengan membagi sesuai dengan peruntukannya. Hal ini dilakukan dengan tujuan untuk mengetahui besarnya kontribusi GRK pada tiap sektor. Standardisasi ini dilakukan pada sebuah penelitian yang dilakukan di University-NTNU pada tahun 2011. Standardisasi jumlah total GRK dilakukan dengan membagi GRK dalam dua jenis kategori, yaitu GRK yang dihasilkan dari kegiatan *study programme* dan *administrative* (Larsen, Pettersen, Solli, & Hertwich, 2011).

GRK dari program studi adalah GRK yang dihasilkan dari bangunan untuk kegiatan akademik, dalam hal ini adalah bangunan fakultas. GRK dari sektor administratif (ADM) adalah GRK dari bangunan yang digunakan untuk pelayanan administrasi seperti pelayanan mahasiswa, perpustakaan dan fasilitas kegiatan mahasiswa (Larsen, Pettersen, Solli, & Hertwich, 2011).

Sektor program studi berkontribusi sebesar 79% dari total GRK yang dihasilkan di UI Depok. Sektor administrasi menyumbang 21% dari total GRK yang dihasilkan. Berdasarkan hasil standarisasi tersebut dapat disimpulkan bahwa

bangunan untuk kegiatan akademik menyumbang GRK lebih besar dibandingkan untuk kegiatan administrasi. Hal ini disebabkan jumlah bangunan untuk program studi lebih banyak dibandingkan sektor administrasi (Gambar 5.6)



**Gambar 5.6 :** Komposisi Gas Rumah Kaca UI Depok per-Departemen Tahun 2011

Persentase GRK dari sektor program studi lebih besar dibandingkan persentase GRK dari sektor administratif. Hal ini disebabkan jumlah bangunan untuk program studi lebih banyak dibandingkan bangunan administratif. Program studi terdiri dari 11 bangunan dan sektor administratif terdiri dari empat bangunan. Apabila luas bangunan dari semua sektor program studi digabungkan maka luasnya akan melebihi luas bangunan dari sektor administratif. Luas bangunan berpengaruh terhadap jumlah GRK yang dihasilkan dalam suatu bangunan. Semakin luas suatu bangunan maka penggunaan energi listrik juga semakin bertambah (Banai & Theis, 2011).

## 5.4 Analisis Univariat

Sebelum melakukan analisis bivariat, akan dilakukan analisis univariat terhadap semua variabel yang dibutuhkan untuk analisis bivariat. Dari bulan Januari 2010 – April 2012 rata-rata jumlah mahasiswa tiap bulan adalah sebesar 36400. Rata-rata GRK yang dihasilkan tiap bulan adalah sebesar 1430000. Rata-rata suhu tiap bulan adalah sebesar 27,61 (tabel 5.7)

**Tabel 5.7** Analisis Univariat Variabel

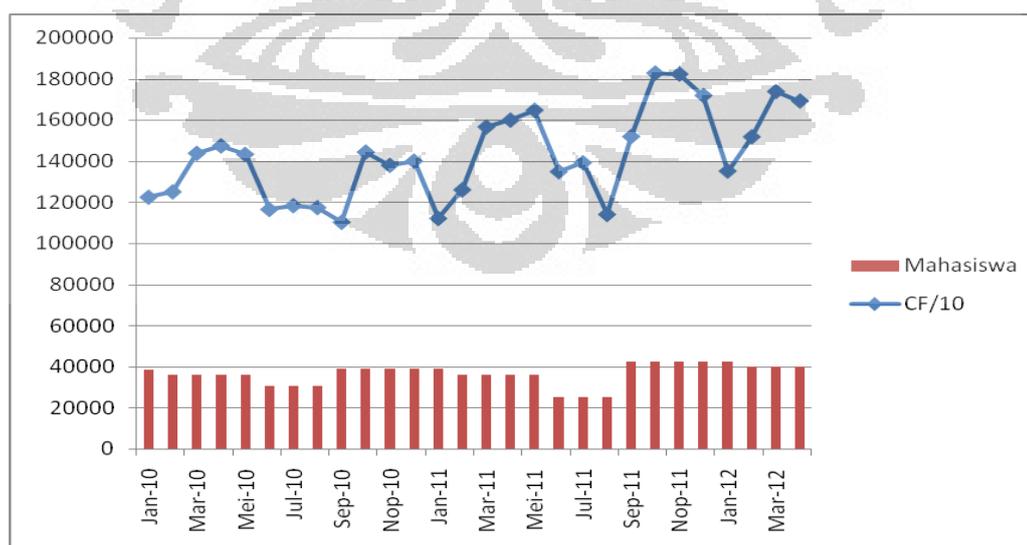
Variabel	Mean	Min	Max	SD
GRK ( CO <sub>2</sub> e)	1430000	1103498	1830460	217906,063
Mahasiswa	36400	25268	42240	5189,802
Suhu	27,61	27	29	0,557
Luas wilayah	20200	6510	46207	12967,226

Sumber: Olahan Peneliti

## 5.5 Analisis Bivariat

### 5.5.1 Hubungan Jumlah Mahasiswa dengan Jumlah Gas Rumah Kaca

Hubungan antara jumlah mahasiswa dengan jumlah GRK yang dihasilkan di Universitas Indonesia Depok tiap bulan menunjukkan pola yang cenderung searah, yaitu ketika jumlah mahasiswa besar jumlah GRK yang dihasilkan juga tinggi begitu pula sebaliknya (Gambar 5.7)



**Gambar 5.7:** Jumlah Mahasiswa dan Jumlah Gas Rumah Kaca di UI Depok

Bulan Januari 2010 – April 2012

Hasil uji korelasi selama tahun 2010-sekarang menunjukkan adanya hubungan yang signifikan antara jumlah mahasiswa dengan jumlah GRK yang dihasilkan ( $p=0,002$ ). Hubungan antara jumlah mahasiswa dan jumlah GRK memiliki kekuatan hubungan yang sedang dan arah yang positif ( $r = 0,552$ ) yang berarti jika jumlah mahasiswa besar maka GRK yang dihasilkan juga besar dan sebaliknya (Tabel 5.8)

**Tabel 5.8:** Analisis Korelasi Jumlah Mahasiswa dengan Gas Rumah Kaca di UI Depok, Bulan Januari 2010- April 2012.

Variabel	Mean	SD	Nilai p	R
Emisi CO <sub>2</sub> e	1430000	217906,063	0,002	0,552
Mahasiswa	34600	5189,802		

Nilai  $p \leq 0,05$  = ada hubungan yang signifikan

Terdapatnya hubungan antara jumlah mahasiswa dengan jumlah GRK ini mendukung teori *anthropogenic global warming* yang menyatakan bahwa perubahan iklim diakibatkan oleh perbuatan manusia. Semakin besar jumlah populasi maka semakin banyak jumlah bahan bakar fosil yang dibakar untuk menghasilkan listrik. Pembakaran bahan bakar fosil ini menghasilkan GRK, dalam jumlah normal GRK ini dibutuhkan untuk membuat bumi tetap hangat. Namun, saat ini jumlah GRK di atmosfer semakin besar dan hal ini menimbulkan permasalahan baru yaitu pemanasan global yang berakibat terhadap perubahan iklim (Akorede, Hizam, Ab Kadir, Aris, & Buba, 2012)

Hasil penelitian di UI Depok ini juga sama dengan sebuah hasil penelitian bahwa pada populasi yang kecil GRK yang dihasilkan juga kecil sedangkan pada populasi yang besar GRK yang dihasilkan juga besar (Larsen & Hertwich, 2010). Hasil penelitian ini juga sama dengan dengan dua hasil penelitian sebelumnya yang dilakukan di perguruan tinggi di US bahwa GRK yang dihasilkan dari ruang lingkup satu dan dua sangat dipengaruhi utamanya oleh ukuran suatu institusi yang dapat dihitung dari jumlah mahasiswa yang terdaftar di universitas tersebut dan luas wilayahnya. (Banai & Theis, 2011) (Fetcher, 2009).

GRK yang dihitung dalam penelitian ini adalah GRK yang berasal dari ruang lingkup dua yaitu yang berasal dari penggunaan energi listrik. Kebutuhan energi pada suatu wilayah meningkat seiring dengan jumlah populasi dan

**Universitas Indonesia**

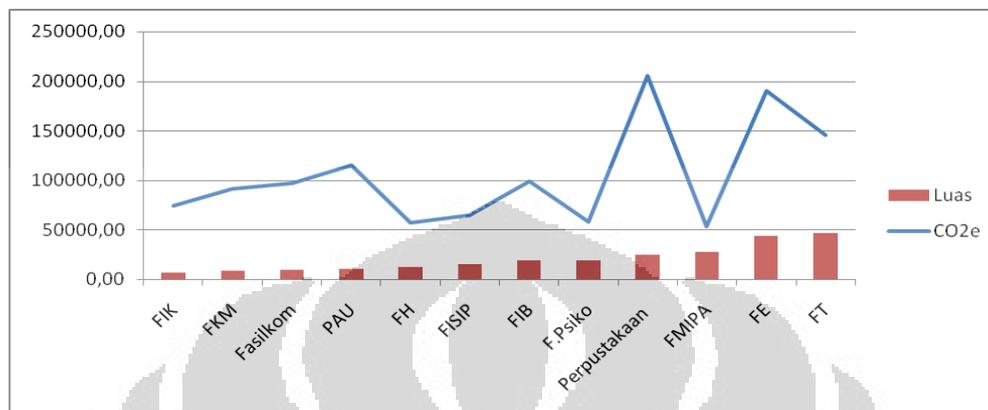
sebaliknya ( Feni, Lucas, & Enrique, 2010). Ilustrasinya adalah sebagai berikut, apabila untuk menyalakan satu laptop membutuhkan energi listrik sebesar 40 watts maka apabila jumlah mahasiswa ada 20 orang dibutuhkan 800 watts energi listrik sedangkan apabila jumlah mahasiswa bertambah menjadi 5 orang maka dibutuhkan (25x40) 1000 watts energi listrik. Hal ini yang membuat jumlah konsumsi energi listrik bertambah seiring dengan bertambahnya jumlah mahasiswa.

Kuatnya hubungan antara kedua variabel ini menunjukkan pula bahwa pengurangan GRK dapat dilakukan melalui perubahan perilaku populasi dalam penggunaan energi (Gottlieb, 2012). Oleh karena itu, upaya untuk menurunkan jumlah GRK yang dihasilkan oleh UI dapat melalui penurunan GRK dari masing-masing individu. Untuk mengurangi GRK yang dihasilkan dari penggunaan listrik dapat dilakukan melalui perubahan perilaku dari mahasiswa dalam penggunaan energi. UI bisa mengimplementasikan konsep ESD (*education for sustainable development*) pada kurikulum pendidikan pada semua mahasiswa baik yang mempelajari ilmu alam atau ilmu sosial.

Sanusi and Khelghat-Doost (2008, p.488): menyatakan bahwa pembelajarn untuk pembangunan berkelanjutan membuat seseorang mengembangkan pengetahuan, nilai dan kemampuannya untuk berpartisipasi pada pengambilan keputusan tentang cara yang harus dilakukan oleh individu atau kelompok, lokal ataupun global, untuk mengembangkan kualitas kehidupan tanpa merusak kehidupan planet di masa yang akan datang. Pembelajaran tentang perubahan iklim di UI dapat dimulai dengan memperkenalkan hal tersebut pada mahasiswa baru pada semua disiplin ilmu melalui mata kuliah MPKT. Dapat dibangun kesadaran semua mahasiswa bahwa perubahan iklim merupakan isu bersama. Oleh karena itu, diperlukan kesinergisan dalam bertindak dari semua disiplin ilmu untuk mengurangi sumber dan dampak dari perubahan iklim. Universitas dan perguruan tinggi adalah tempat untuk mendidik para generasi muda yang akan menjadi pemimpin di masa depan. Oleh karena itu, sejak ada di universitas para mahasiswa ini harus dibangun kesadarannya tentang isu perubahan iklim.

### 5.5.2 Hubungan Luas Bangunan dengan Jumlah Gas Rumah Kaca (CO<sub>2</sub>e)

Luas bangunan dan GRK menunjukkan pola yang cenderung searah. Bangunan yang luas menghasilkan GRK yang lebih tinggi. (Gambar 5.17)



Keterangan

Luas: M2

Gas Rumah Kaca CO<sub>2</sub>e

**Gambar 5.8.** Luas Bangunan dengan Jumlah Gas Rumah Kaca di UI Depok

Hasil uji korelasi menunjukkan adanya hubungan yang signifikan antara luas wilayah dengan GRK yang dihasilkan ( $p=0,025$ ). Hubungan luas wilayah dengan jumlah CO<sub>2</sub>e menunjukkan hubungan sedang ( $r=0,457$ ) dan memiliki korelasi yang positif artinya semakin luas suatu wilayah maka semakin besar GRK yang dihasilkan begitu pula sebaliknya (Tabel 5.9)

**Tabel 5.9:** Analisis Korelasi Luas Bangunan dengan Jumlah Gas Rumah Kaca (CO<sub>2</sub>e) pada Bangunan di UI Depok

Variabel	Mean	SD	Nilai-p	R
Emisi CO <sub>2</sub> e	106000	54675,412	0,025	0,457
Luas	20200	12969,226		

Nilai  $p \leq 0,05$  = ada hubungan yang signifikan

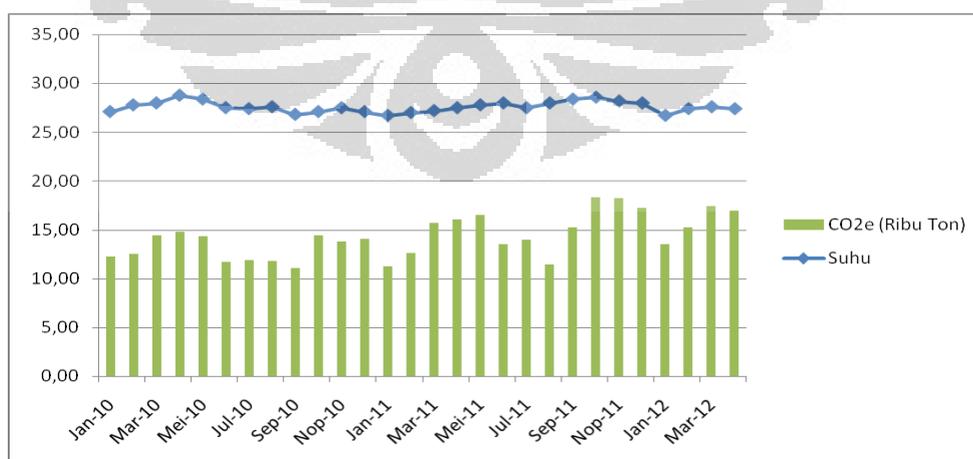
Hasil penelitian ini sama dengan hasil sebuah studi yang menyatakan bahwa GRK yang dihasilkan berhubungan dengan luas wilayah. Pertambahan luas wilayah akan menaikkan jumlah GRK yang dihasilkan (Banai & Theis, 2011). Sejalan juga dengan hasil penelitian oleh Fetcher bahwa emisi tiap unit bangunan

akan naik sesuai dengan ukuran bangunan (Fetcher, 2009). Wilayah yang memiliki lebih banyak fasilitas seperti jumlah peralatan listrik dan peralatan untuk penelitian memiliki GRK yang lebih besar dibandingkan wilayah lain. (Zhaurova, 2008).

Terdapat hubungan yang kuat antara luas wilayah dengan jumlah GRK yang dihasilkan, hal ini berarti upaya untuk reduksi GRK dapat dilakukan melalui pengurangan luas bangunan yang digunakan untuk perkuliahan di UI Depok. Pengurangan luas bangunan tidak harus dengan merobohkan bangunan. Upaya pengurangan luas bangunan dapat dilakukan dengan mengatur jadwal kuliah sehingga perkuliahan tidak menyebar ke semua gedung. Pengurangan luas bangunan juga dapat dilakukan dengan melakukan pengaturan terhadap kelas yang dibuka berdasarkan jumlah mahasiswa. Apabila jumlah mahasiswa yang ingin mengikuti kelas tersebut sedikit maka kelas boleh tidak dibuka atau perkuliahan dilakukan di tempat yang kecil.

### 5.5.3 Hubungan Suhu dengan Jumlah Gas Rumah Kaca (CO<sub>2</sub>e)

Hubungan antara suhu dengan GRK yang dihasilkan di Universitas Indonesia Depok tiap bulan menunjukkan pola yang cenderung searah, yaitu ketika suhu tinggi GRK yang dihasilkan juga tinggi begitu pula sebaliknya. Pada bulan September 2010 dan Januari 2012 disaat suhu turun GRK yang dihasilkan juga turun. Pada bulan April 2010 disaat temperatur udara tinggi GRK yang dihasilkan juga lebih besar (Gambar 5.9)



**Gambar 5.9:** Hubungan Suhu dengan Jumlah Gas Rumah Kaca (CO<sub>2</sub>e)

Bulan Januari 2010- April 2012 di UI Depok

Hasil uji korelasi menunjukkan adanya hubungan yang signifikan antara suhu dengan GRK yang dihasilkan ( $p=0,02$ ). Hubungan suhu dengan GRK menunjukkan hubungan sedang ( $r=0,436$ ) dan memiliki korelasi yang positif artinya semakin tinggi suhu maka semakin besar GRK yang dihasilkan begitu pula sebaliknya (Tabel 5.10)

**Tabel 5.10** Analisis Korelasi Suhu dengan Jumlah Gas Rumah Kaca ( $\text{CO}_2\text{e}$ ) di UI Depok Bulan Januari 2010 – April 2012

Variabel	Mean	SD	Nilai-p	R
Emisi $\text{CO}_2\text{e}$	1430000	217906	0,02	0,436
Suhu	27,61	0,557	0,02	

Nilai  $p < 0,05$  = ada hubungan yang signifikan

Hasil penelitian ini sama dengan hasil penelitian yang menunjukkan bahwa pada saat temperatur naik terjadi kenaikan GRK pada ruang lingkup satu dan dua. (Banai & Theis, 2010). Hasil ini juga sama dengan hasil penelitian yang mendapatkan hasil bahwa GRK untuk penggunaan energi di populasi berkorelasi erat dengan suhu (Larsen & Hertwich, 2010). Sebuah penelitian yang dilakukan di seluruh perguruan tinggi di Amerika mendapatkan hasil bahwa universitas yang terletak pada daerah yang memiliki suhu yang panas memiliki jumlah GRK yang tinggi. Tingginya level emisi GRK ini berasal dari energi yang dikonsumsi (Jaye, 2012).

UI terletak di daerah yang dekat dengan ekuator, dalam sebuah studi yang dilakukan oleh Sihvola (2010) didapatkan hasil bahwa wilayah yang dekat dengan ekuator, penggunaan energi umumnya bertambah untuk tujuan pendinginan (Sihvola, 2010). Peningkatan energi untuk tujuan pendinginan berakibat terhadap kenaikan GRK dari ruang lingkup satu dan dua (Banai & Theis, 2011).

Terdapat hubungan yang bermakna secara statistik antara suhu dan jumlah emisi GRK yang dihasilkan maka untuk mengurangi jumlah emis GRK dapat dilakukan dengan intervensi melalui suhu. Suhu di luar ruangan (alam) tidak

mungkin dapat diubah maka yang harus diubah adalah suhu yang ada di dalam ruangan agar tidak terlalu panas sehingga penggunaan AC untuk pendinginan bisa berkurang.

Mengurangi masuknya udara dari luar dapat membantu mengontrol lingkungan di dalam ruangan. Suhu dari luar ruangan bisa masuk ke dalam ruangan melalui beberapa perantara seperti pintu, jendela, dinding, dan atap, komponen bangunan ini dikenal dengan *building envelope*. Oleh karena itu, agar tidak banyak udara luar ruangan yang masuk dan menyebabkan suhu di dalam ruangan menjadi panas maka desain, ukuran, dan warna dari *building envelope* harus benar-benar diperhatikan (Rappaort, 2007)

Jendela secara aktif berkontribusi terhadap transmisi panas diantara bangunan dan lingkungan. Di USA 3% dari energi dibuang melalui jendela. Pada bangunan, jendela merupakan komponen yang penting untuk konsumsi energi dan emisi karbon. Pemasangan kaca yang baik dapat mengurangi energi yang digunakan untuk keperluan pemanasan atau pendinginan. Jendela juga penting untuk perlengkapan melihat pada siang hari. Pada suatu penelitian tentang bangunan yang ramah lingkungan dengan objek penelitian adalah jendela yang dilakukan di Malaysia, didapatkan hasil menempatkan jendela ke arah timur membuat lebih banyak energi dari panas matahari yang masuk. Sedangkan jendela yang menghadap ke utara menerima energi panas matahari yang lebih kecil. Oleh karena itu, menempatkan jendela dengan menghadap ke arah utara dapat membuat suatu bangunan mempertahankan suhu ruangan. Oleh karena itu, hendaknya membangun jendela dengan ukuran dan penangkap cahaya yang benar dan juga memilih bahan jendela yang memiliki karakter menghilangkan panas. Dari penelitian ini juga didapatkan hasil bahwa menggunakan jendela dengan ukuran lebih dari 34% dari ukuran lantai tidak akan memperburuk konsumsi energi (Tahmasebi, Banihashemi, & Hassanabadi, 2011).

Untuk atap alternatif yang dapat dilakukan adalah dengan menggunakan atap yang berwarna cerah. Warna cerah cenderung memantulkan panas dibandingkan menyerapnya. Oleh karena itu, warna putih lebih memberikan manfaat terhadap bangunan di daerah tropis (Rappaort, 2007).

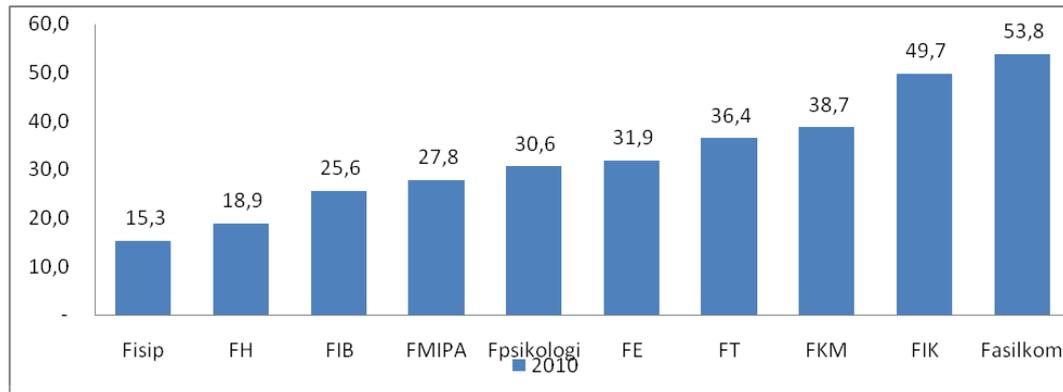
## 5.6 Normalisasi Gas Rumah Kaca

Grafik sebelumnya memperlihatkan jumlah GRK secara global. Namun, selain menghitung jumlah emisi GRK yang dihasilkan UI Depok secara keseluruhan, peneliti akan melakukan normalisasi terhadap jumlah emisi GRK yang dihasilkan di UI Depok. Normalisasi dilakukan dengan membagi jumlah GRK yang dihasilkan tiap bangunan fakultas dan administratif dengan variabel jumlah mahasiswa, total populasi (jumlah mahasiswa dan pegawai) serta dengan luas wilayah. Normalisasi ini bertujuan untuk membandingkan GRK antar bangunan. Hasil normalisasi ini juga akan memberikan gambaran yang lebih jelas wilayah yang menjadi kontributor GRK yang besar.

### 5.6.1 Normalisasi Gas Rumah Kaca dengan Jumlah Mahasiswa

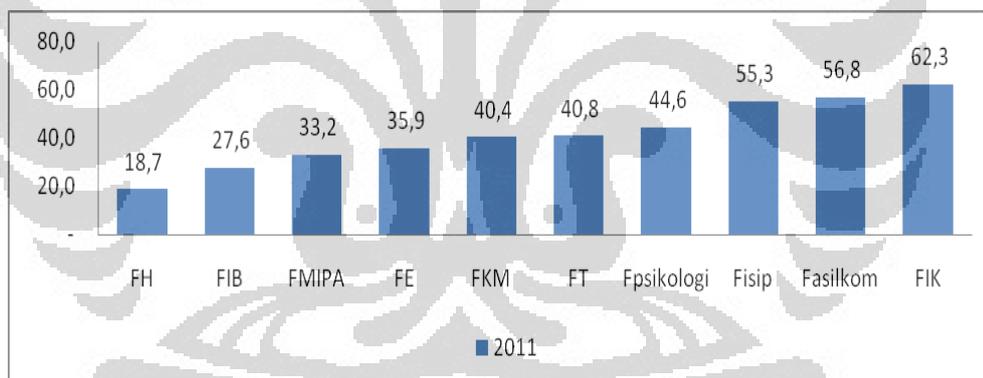
Normalisasi GRK dengan menggunakan variabel jumlah mahasiswa berarti membagi rata-rata GRK yang dihasilkan oleh tiap wilayah setiap tahun dengan jumlah mahasiswa dari fakultas tersebut. Metode ini digunakan pada sebuah penelitian pada tahun 2010 di Universitas NTNU (Larsen & Hertwich, 2011). Normalisasi ini juga dilakukan dalam sebuah penelitian yang bertujuan untuk mengukur performa GRK pada semua perguruan tinggi di US (Banai & Theis, 2011). Normalisasi GRK dengan jumlah mahasiswa dilakukan pada bangunan fakultas. Normalisasi dengan jumlah mahasiswa tidak dilakukan pada bangunan yang digunakan untuk peruntukan administrasi karena tidak ada jumlah pasti mahasiswa yang melakukan aktivitas sehari-hari di bangunan tersebut.

Pada tahun 2010, range GRK yang dihasilkan oleh tiap mahasiswa berkisar antara 53,8 – 15,3 Kg CO<sub>2</sub>e. Fasilkom menjadi fakultas dengan rata-rata GRK tiap mahasiswa tertinggi dibandingkan fakultas lainnya yaitu sebesar 53,8 Kg CO<sub>2</sub>e dan FISIP menjadi fakultas dengan rata-rata GRK tiap mahasiswa yang paling rendah yaitu sebesar 15,3 Kg CO<sub>2</sub>e (Gambar 5.10)



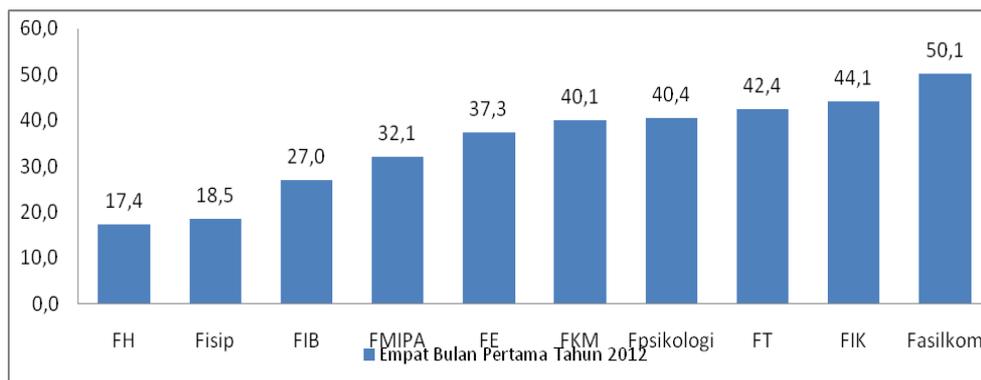
**Gambar 5.10:** Normalisasi Gas Rumah Kaca dengan Jumlah Mahasiswa Tahun 2010

Pada tahun 2011, range GRK yang dihasilkan oleh tiap mahasiswa berkisar antara 62,3–18,7 Kg CO<sub>2</sub>e. FIK menjadi fakultas dengan rata-rata GRK tiap mahasiswa tertinggi dibandingkan fakultas lainnya yaitu sebesar 62,3 Kg CO<sub>2</sub>e dan FH menjadi fakultas dengan rata-rata GRK tiap mahasiswa yang paling rendah yaitu sebesar 18,7 Kg CO<sub>2</sub>e (Gambar 5.11)



**Gambar 5.11:** Normalisasi Gas Rumah Kaca dengan Jumlah Mahasiswa Tahun 2011

Pada empat bulan pertama di tahun 2012, range GRK yang dihasilkan oleh tiap mahasiswa berkisar antara 50,1 – 17,4. Fasilkom menjadi fakultas dengan rata-rata GRK tiap mahasiswa tertinggi dibandingkan fakultas lainnya yaitu sebesar 50,1 CO<sub>2</sub>e dan FH menjadi fakultas dengan rata-rata GRK tiap mahasiswa yang paling rendah yaitu sebesar 17,4 (Gambar 5.12)



**Gambar 5.12:** Normalisasi Gas Rumah Kaca dengan Jumlah Mahasiswa Bulan Januari 2012- April 2012

Normalisasi dengan variabel jumlah mahasiswa memberikan suatu hal yang menarik. Fakultas yang pada awalnya menghasilkan GRK total keseluruhan yang besar. Namun, setelah dilakukan normalisasi dengan jumlah mahasiswa menjadi fakultas yang rata-rata GRK tiap mahasiswanya tidak terlalu besar. Fakultas Ekonomi dan Teknik pada awalnya memiliki GRK yang tinggi dibandingkan dengan fakultas lainnya. Namun, sesudah dilakukan normalisasi dengan menggunakan variabel jumlah mahasiswa, fakultas ini menjadi fakultas dengan rata-rata GRK mahasiswa yang tidak terlalu tinggi. Fakultas Ilmu Komputer (Fasilkom) pada awalnya memiliki GRK total yang rendah dibandingkan fakultas lainnya. Namun, setelah dilakukan normalisasi Fasilkom berubah menjadi fakultas yang memiliki rata-rata GRK tiap mahasiswa yang lebih tinggi dibandingkan fakultas lainnya.

Hasil normalisasi dengan variabel jumlah mahasiswa menunjukkan variasi yang besar. Rata-rata GRK tiap mahasiswa bervariasi dari 53,8-15,3 kg/bulan di tahun 2010, meningkat menjadi 62,3 – 18,7 kg /bulan pada tahun 2011 dan pada empat bulan pertama di awal tahun 2012 rata-rata GRK turun menjadi 50,1-17,4 kg/bulan. Kenaikan rata-rata GRK yang dihasilkan oleh tiap mahasiswa ini bisa disebabkan oleh gaya hidup mahasiswa. Saat ini sebagian besar mahasiswa memiliki HP lebih dari satu. Kemajuan teknologi juga membuat mahasiswa sering menggunakan komputer dan laptop untuk mengakses internet dalam jangka waktu yang lama. Sehingga penggunaan energi listrik juga bertambah. Untuk hasil normalisasi pada empat bulan pertama di tahun 2012 memang mengalami

penurunan. Namun, penurunan ini belum dapat dijadikan acuan karena hasil normalisasi ini belum mencakup semua bulan di Tahun 2012.

Dari tahun 2010 - sekarang Fasilkom menjadi fakultas dengan GRK yang paling tinggi dibandingkan fakultas lainnya. Hal ini mengindikasikan bahwa mahasiswa Fasilkom menggunakan listrik yang lebih banyak dibandingkan fakultas lainnya. Setiap mahasiswa Fasilkom pada tahun 2010 rata-rata menghasilkan GRK sebesar 53,8 Kg per bulan atau setara dengan 0,645 ton per tahun. Pada tahun 2011 meningkat menjadi 56,8 Kg per bulan atau setara dengan 0,681 ton per tahun.

Terdapat sebuah teori yang menyatakan bahwa GRK yang dihasilkan pada suatu institusi akademik berhubungan dengan jenis fakultas. GRK yang dihasilkan berhubungan dengan jenis pelajaran yang dipelajari pada fakultas tersebut. Dalam sebuah studi yang dilakukan oleh Larsen didapatkan hasil bahwa fakultas Ilmu alam dan teknik memiliki GRK yang lebih tinggi dibandingkan fakultas ilmu sosial, budaya dan arsitektur. Di Universitas NTNU, GRK yang dihasilkan fakultas ilmu alam berkisar pada angka 10,8 ton per tahun sedangkan fakultas ilmu sosial berkisar pada 0,58 Ton (Larsen, Pettersen, Solli, & Hertwich, 2011).

Hasil yang sama juga didapatkan oleh Baboleut di Universitas Sydney pada tahun 2009, fakultas IPA, ilmu kedokteran hewan dan pertanian memiliki GRK yang lebih besar dibandingkan fakultas ekonomi, hukum dan seni (Baboulet, 2010). Dalam studi yang dilakukan oleh Larsen di NTNU dan Baboluet di Universitas Sydney didapatkan kesamaan bahwa fakultas yang mempelajari ilmu alam memiliki GRK yang lebih besar dibandingkan fakultas yang mempelajari ilmu sosial

Hal yang sama juga terjadi di UI Depok, terdapat variasi GRK diantara fakultas yang ada di UI Depok. Fakultas yang mempelajari ilmu alam memiliki GRK yang lebih tinggi dibandingkan fakultas yang mempelajari ilmu sosial. Hasil normalisasi GRK di UI menunjukkan bahwa sebagian besar fakultas IPA (Fasilkom, FIK, FT, FKM) memiliki GRK dengan urutan 5 besar. Namun, ada beberapa fakultas yang mempelajari ilmu alam tetapi memiliki GRK yang lebih kecil dibandingkan fakultas yang mempelajari ilmu sosial. Pada tahun 2010, Fakultas MIPA yang mempelajari ilmu alam memiliki GRK yang lebih rendah

dibandingkan F.Psikologi dan Fakultas Ekonomi yang mempelajari ilmu sosial. Hal itu juga terjadi pada tahun 2011, FKM dan FMIPA memiliki GRK yang lebih rendah dibandingkan Fakultas Ekonomi dan F.Psikologi. Pada tahun 2012 FKM dan FMIPA juga memiliki GRK yang lebih kecil dibandingkan FE dan F.Psikologi.

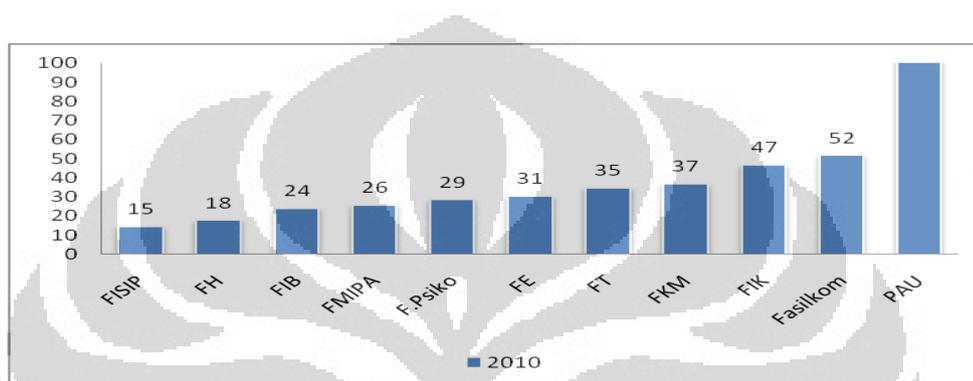
Perbedaan GRK yang dihasilkan oleh tiap mahasiswa antar fakultas dapat disebabkan oleh perbedaan aktivitas mahasiswa pada suatu fakultas. Fakultas yang tiap mahasiswanya memiliki rata-rata GRK yang tinggi mengindikasikan bahwa mahasiswa banyak melakukan aktivitas yang menggunakan energi listrik di fakultas tersebut sehingga listrik yang digunakan juga lebih besar. Mahasiswa di fakultas ilmu alam memiliki rata-rata GRK yang lebih besar dibandingkan pada fakultas ilmu sosial. Kemungkinan besar hal ini dikarenakan mahasiswa fakultas ilmu alam lebih banyak melakukan praktikum dengan peralatan yang menggunakan listrik. Contohnya di Fasilkom, Fasilkom menjadi wilayah yang memiliki GRK tiap mahasiswa yang lebih besar dibandingkan wilayah yang lain. Setelah diidentifikasi ternyata Fasilkom memiliki beberapa laboratorium komputer, dengan jumlah total komputer di Fasilkom sebesar 950 buah dengan waktu operasi pukul 8-22.00. Komputer merupakan peralatan listrik yang membutuhkan energi listrik yang besar untuk pengoperasiannya. Fakultas lain mungkin juga memiliki laboratorium untuk praktikum. Namun, praktikum yang dilakukan di fakultas tersebut bukan praktikum yang banyak menggunakan energi listrik.

#### **5.6.2 Normalisasi GRK dengan Total Populasi (Jumlah Mahasiswa dan Pegawai)**

Jumlah Mahasiswa juga memiliki hubungan yang signifikan dengan jumlah GRK yang dihasilkan. Namun, pada fakultas selain ada mahasiswa tentu ada pegawai akademik dan non akademik. Oleh karena itu, dalam penelitian ini dilakukan normalisasi dengan menggunakan jumlah populasi total, yaitu jumlah mahasiswa dan pegawai yang ada pada satu fakultas. Hal ini dilakukan untuk mengetahui kontribusi tiap individu. Apabila dilakukan normalisasi hanya dengan jumlah pegawai maka itu belum bisa mewakili kontribusi pegawai karena hasilnya

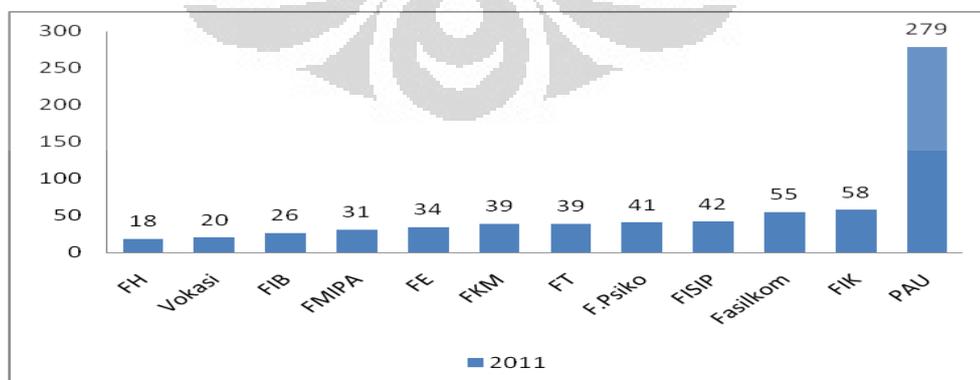
tentu sangat ekstrim sekali karena komponen terbesar dalam suatu bangunan fakultas adalah mahasiswa bukan pegawai.

Pada tahun 2010, range GRK yang dihasilkan oleh tiap individu berkisar antara 1511 – 15 Kg CO<sub>2</sub>e. PAU menjadi bangunan yang memiliki rata-rata GRK tiap individu tertinggi dibandingkan bangunan fakultas lainnya yaitu sebesar 1511 Kg dan FISIP menjadi fakultas dengan rata-rata GRK tiap individu yang paling rendah yaitu sebesar 15 Kg CO<sub>2</sub>e (Gambar 5.13)



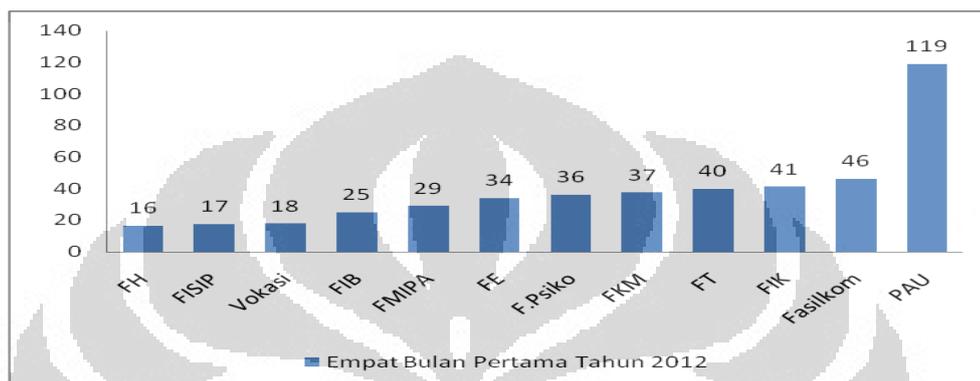
**Gambar 5.13:** Normalisasi Gas Rumah Kaca dengan Jumlah Mahasiswa dan Pegawai Tahun 2010

Pada tahun 2011, range GRK yang dihasilkan oleh tiap individu berkisar antara 279- 18 Kg CO<sub>2</sub>e. Setiap individu di PAU memiliki rata-rata GRK tiap individu tertinggi dibandingkan bangunan lainnya yaitu sebesar 279 Kg CO<sub>2</sub>e dan FISIP menjadi fakultas dengan rata-rata GRK tiap individu yang paling rendah yaitu sebesar 18 Kg CO<sub>2</sub>e (Gambar 5.14)



**Gambar 5.14:** Normalisasi Gas Rumah Kaca dengan Jumlah Mahasiswa dan Pegawai Tahun 2011

Pada empat bulan pertama di tahun 2012, range GRK yang dihasilkan oleh tiap individu berkisar antara 119 – 16 Kg CO<sub>2</sub>e. PAU menjadi bangunan yang memiliki rata-rata GRK tiap individu tertinggi dibandingkan bangunan lainnya yaitu sebesar 119 Kg CO<sub>2</sub>e dan FH menjadi fakultas dengan rata-rata GRK tiap individu yang paling rendah yaitu sebesar 16 Kg CO<sub>2</sub>e (Gambar 5.15)



**Gambar 5.15:** Normalisasi Gas Rumah Kaca dengan Jumlah Mahasiswa dan Pegawai Bulan Januari 2012- April 2012

Terdapat hasil yang menarik dalam normalisasi dengan menggunakan variabel jumlah mahasiswa dan karyawan selama tahun 2010, 2011 sampai sekarang. Hasil normalisasi setiap tahun menunjukkan variasi GRK tiap individu dengan range yang besar. Pada tahun 2010 range GRK tiap individu berkisar antara 1511 – 15 Kg CO<sub>2</sub>e. Pada tahun 2011 range GRK tiap individu berkisar antara 279-18 Kg CO<sub>2</sub>e dan pada empat bulan pertama di Tahun 2011 range GRK tiap Individu berkisar antara 119-16 Kg CO<sub>2</sub>e.

PAU menjadi wilayah dengan rata-rata GRK tiap individu yang tinggi yaitu sebesar 279 Kg/orang pada tahun 2011 dan 119 Kg pada tahun 2012. Hal ini berarti setiap individu (pegawai) di Rektorat memiliki kontribusi GRK yang lebih besar dibandingkan wilayah lainnya. Tingginya GRK di PAU ini bisa disebabkan oleh dua hal. Kemungkinan pertama data jumlah karyawan yang didapat peneliti dari Unit SDM UI belum mencakup semua pegawai yang ada di PAU karena pegawai kontrak belum masuk di dalam unit pegawai yang ada di PAU. Hal ini membuat adanya hasil yang ekstrim dalam normalisasi pada tahun 2010 dan 2011. Kemungkinan kedua tingkat penggunaan listrik tiap individu di PAU memang

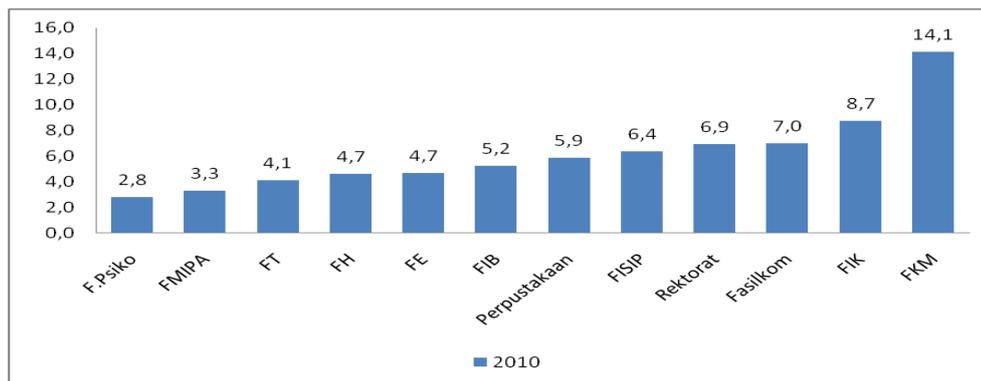
besar. Semua pegawai di PAU menggunakan komputer untuk bekerja. Berdasarkan observasi yang dilakukan peneliti diketahui bahwa rektorat memiliki 412 AC dan 978 komputer. Jumlah AC dan komputer di Rektorat paling banyak apabila dibandingkan dengan wilayah lainnya. Pada sebuah penelitian didapatkan hasil bahwa tingginya GRK dalam suatu institusi bisa dipengaruhi oleh jumlah peralatan kantor yang dimiliki oleh pegawai (Zhaurova, 2008).

Penyebab kenaikan GRK oleh tiap individu ini juga dimungkinkan karena perubahan gaya hidup tiap individu. Dalam hasil normalisasi ini juga didapatkan hasil yang tidak jauh beda dengan hasil normalisasi dengan jumlah mahasiswa, fakultas yang mempelajari ilmu IPA seperti Fasilkom, FIK, FKM, FT memiliki GRK yang lebih tinggi dibandingkan fakultas yang mempelajari ilmu sosial.

### **5.6.3 Normalisasi Gas Rumah Kaca dengan Luas Bangunan**

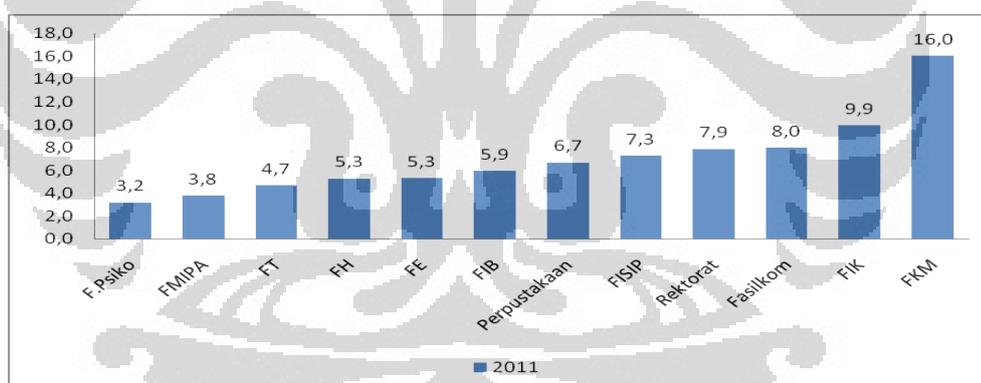
Normalisasi GRK dengan menggunakan variabel luas wilayah dilakukan pada sebuah penelitian yang dilakukan oleh Klein-Banai C (2011) untuk mengetahui performa GRK yang dihasilkan oleh perguruan tinggi di United Kingdom (UK) (Banai & Theis, 2011). Normalisasi ini dilakukan pula pada penelitian ini untuk mengetahui rata-rata GRK yang dihasilkan tiap  $M^2$  luas bangunan. data luas bangunan yang ada adalah data luas bangunan untuk saat ini. Oleh karena itu, diansumsikan tidak ada perubahan luas bangunan pada tahun 2010-sekarang.

Pada tahun 2010, range GRK yang dihasilkan oleh tiap  $M^2$  bangunan berkisar antara 14,3 – 2,8 Kg  $CO_2e$ . FKM menjadi bangunan yang menghasilkan GRK tiap  $M^2$  tertinggi dibandingkan bangunan fakultas lainnya yaitu sebesar 14,3 Kg/ $M^2$  dan F.Psiko menjadi fakultas dengan rata-rata GRK tiap  $M^2$  yang paling rendah yaitu sebesar 2,8 Kg  $CO_2e$  tiap  $M^2$  (Gambar 5.16)



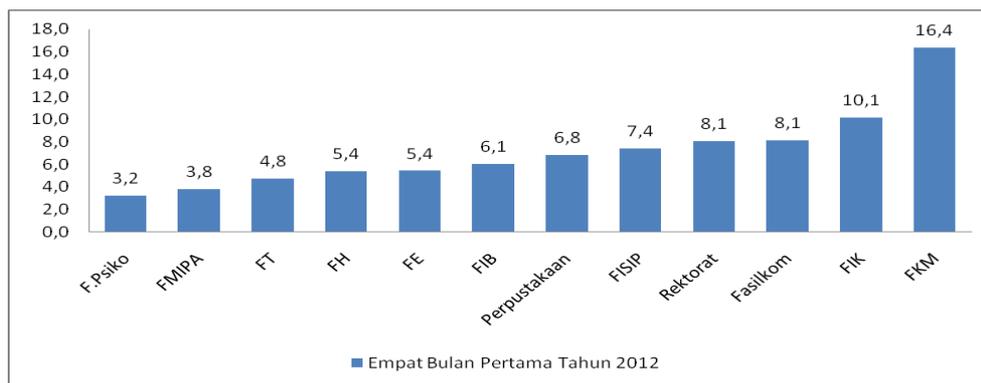
**Gambar 5.16:** Normalisasi Gas Rumah Kaca dengan Luas Bangunan Tahun 2010

Pada tahun 2010, range GRK yang dihasilkan oleh tiap M<sup>2</sup> bangunan meningkat dibandingkan tahun 2010. GRK yang dihasilkan berkisar antara 16 – 3,2 Kg CO<sub>2</sub>e. FKM menjadi bangunan yang menghasilkan GRK tiap M<sup>2</sup> tertinggi dibandingkan bangunan fakultas lainnya yaitu sebesar 16 Kg/M<sup>2</sup> dan F.Psiko menjadi fakultas dengan rata-rata GRK tiap M<sup>2</sup> yang paling rendah yaitu sebesar 3,2 Kg CO<sub>2</sub>e tiap M<sup>2</sup> (Gambar 5.17)



**Gambar 5.17:** Normalisasi Gas Rumah Kaca dengan Luas Bangunan Tahun 2011

Pada empat bulan pertama di tahun 2012, range GRK yang dihasilkan oleh tiap M<sup>2</sup> bangunan meningkat dibandingkan tahun 2011. GRK yang dihasilkan berkisar antara 16,4 – 3,2 Kg CO<sub>2</sub>e. FKM menjadi bangunan yang menghasilkan GRK tiap M<sup>2</sup> tertinggi dibandingkan bangunan fakultas lainnya yaitu sebesar 16,4 Kg/M<sup>2</sup> dan F.Psiko menjadi fakultas dengan rata-rata GRK tiap M<sup>2</sup> yang paling rendah yaitu sebesar 3,2 Kg CO<sub>2</sub>e tiap M<sup>2</sup> (Gambar 5.18)



**Gambar 5.18:** Normalisasi Gas Rumah Kaca dengan Luas Bangunan di UI Depok  
Bulan Januari 2012- April 2012

Gambar-gambar diatas memperlihatkan rata-rata GRK yang dihasilkan tiap M<sup>2</sup> di UI Depok. Bangunan FKM menjadi wilayah yang memiliki rata – rata GRK per M<sup>2</sup> dengan jumlah terbesar dibandingkan wilayah lainnya. Rektorat menjadi wilayah administratif yang memiliki rata-rata GRK dengan jumlah terbesar tiap M<sup>2</sup> dibandingkan wilayah administratif lainnya.

Fakultas Kesehatan Masyarakat (FKM) menjadi fakultas yang memiliki GRK paling tinggi per M<sup>2</sup> dibandingkan fakultas lainnya. Hal ini disebabkan luas FKM tidak terlalu besar dibandingkan fakultas lainnya. Namun, penggunaan listrik di FKM tergolong tinggi, sehingga apabila dilakukan pembagian antara GRK yang dihasilkan dengan luas bangunan mendapatkan hasil yang besar. Hal ini berbeda dengan yang terjadi di Fakultas Teknik (FT). FT memiliki luas bangunan yang paling besar dibandingkan wilayah lainnya, penggunaan listrik di FT juga lebih besar dibandingkan FKM. Namun, setelah dilakukan pembagian antara GRK yang dihasilkan dengan luas wilayah, rata-rata GRK yang dihasilkan tiap M<sup>2</sup> tidak setinggi FKM.

Dalam studi kasus ini, GRK tiap M<sup>2</sup> FKM tinggi bisa disebabkan oleh intensitas pemakaian gedung di FKM yang mungkin lebih tinggi dibandingkan fakultas lainnya. Intensitas pemakaian gedung yang tinggi ini bisa karena padatnya jadwal kuliah di FKM atau karena waktu operasional FKM yang lebih lama dibandingkan fakultas lainnya. Pada sebuah penelitian yang dilakukan Riedy and Daly, 2010 ditemukan bahwa tempat yang beroperasi dalam jangka waktu yang lama, tidak hanya dari pukul 9 am – 5 pm memiliki emisi GRK per M<sup>2</sup> yang lebih besar dibandingkan wilayah lainnya.

Namun, emisi GRK per  $M^2$  ini bukan pendekatan yang baik untuk menetapkan kontribusi GRK tiap wilayah (Banai & Theis, 2011). Perbedaan GRK yang dihasilkan oleh  $1M^2$  bangunan juga mengindikasikan bahwa ada ketidakefisiensian dalam bangunan tersebut. Suatu bangunan dengan fungsi yang sama diharapkan memiliki rata-rata GRK tiap  $M^2$  yang sama pula. Oleh karena itu, idealnya bangunan fakultas memiliki jumlah GRK tiap  $M^2$  dengan jumlah yang sama.

## **5.7 Keterbatasan Penelitian**

### **5.7.1 Keterbatasan Studi**

Studi ini menghitung gas rumah kaca yang dihasilkan oleh suatu institusi. Gas rumah kaca yang dihitung dan dihasilkan dari organisasi ini tidak semuanya ke atmosfer. Ada sebagian yang hilang karena siklus karbon alami. Oleh karena itu, hasil perhitungan ini masih bersifat estimasi. Studi menghitung semua gas rumah kaca dalam satuan  $CO_2e$ . Hal ini membuat tidak diketahui jumlah masing-masing gas rumah kaca yang dihasilkan.

### **5.7.2 Tingkat Keakuratan dan Kualitas Data**

Data yang digunakan adalah data sekunder yang didapatkan dari beberapa tempat yang kemudian diolah kembali oleh peneliti. Data luas wilayah tiap fakultas didapatkan dari manajer umum tiap fakultas dan direktorat umum dan fasilitas. Terdapat beberapa fakultas yang memberikan data secara lisan sehingga tidak diketahui rincian luas tiap gedungnya, hal ini menyebabkan kekhawatiran adanya ketidakakuratan dalam data tersebut.

Data jumlah pegawai yang didapatkan dari Direktorat SDM hanya memuat data jumlah pegawai tetap sehingga dikhawatirkan tidak sesuai dengan keadaan sebenarnya di lapangan. Data – data ini tentu akan mempengaruhi hasil dari penelitian yang dilakukan.

## **BAB VI**

### **KESIMPULAN dan SARAN**

#### **6.1 Kesimpulan**

##### **1. Jumlah Emisi Gas Rumah Kaca:**

- Gas rumah kaca yang dihasilkan dari ruang lingkup dua pada tahun 2010 adalah sebesar 15.681 ton CO<sub>2</sub>e.
- Gas rumah kaca yang dihasilkan dari ruang lingkup dua pada tahun 2011 adalah sebesar 17.984 ton CO<sub>2</sub>e
- Gas rumah kaca yang dihasilkan dari ruang lingkup dua pada bulan Januari 2012 – April 2012 adalah sebesar 6.306 ton CO<sub>2</sub>e

2. Terdapat hubungan yang bermakna antara jumlah mahasiswa dengan jumlah gas rumah kaca yang dihasilkan di UI Depok

3. Terdapat hubungan yang bermakna antara luas bangunan dengan gas rumah kaca yang dihasilkan di UI Depok

4. Terdapat hubungan yang bermakna antara suhu dengan gas rumah kaca yang dihasilkan di UI Depok

##### **5. Perbandingan Normalisasi dengan Jumlah Mahasiswa**

- Tahun 2010, Fasilkom menjadi fakultas dengan rata-rata gas rumah kaca tiap mahasiswa tertinggi dibandingkan fakultas lainnya yaitu sebesar 53,8 CO<sub>2</sub>e, lalu diikuti dengan FIK, FKM, FT, FE, F.Psikologi, FMIPA, FIB, FH, dan FISIP.
- Tahun 2011, FIK menjadi fakultas dengan rata-rata gas rumah kaca tiap mahasiswa tertinggi dibandingkan fakultas lainnya yaitu sebesar 62,3 CO<sub>2</sub>e, lalu diikuti dengan Fasilkom, FISIP, F.Psikologi, FT, FKM, FE, FMIPA, FIB, dan FH
- Bulan Januari 2012 – April 2012, Fasilkom menjadi fakultas dengan rata-rata gas rumah kaca tiap mahasiswa tertinggi dibandingkan fakultas lainnya yaitu sebesar 50,1 CO<sub>2</sub>e lalu diikuti dengan FIK, FT, F.Psikologi, FKM, FE, FMIPA, FIB, FISIP, dan FH

#### 6. Normalisasi dengan Populasi ( Jumlah Mahasiswa dan Pegawai)

- Tahun 2010, PAU menjadi bangunan yang memiliki rata-rata gas rumah kaca tiap orang tertinggi dibandingkan wilayah lainnya, yaitu sebesar 1511 Kg CO<sub>2</sub>e lalu diikuti dengan FASILKOM, FIK, FKM, FT, FE, F.Psiko, FMIPA, FIB, FH, FISIP.
- Tahun 2011, PAU menjadi bangunan yang memiliki rata-rata gas rumah kaca tiap orang tertinggi dibandingkan wilayah lainnya, yaitu sebesar 279 Kg CO<sub>2</sub>e lalu diikuti dengan FIK, Fasilkom, FISIP, F.Psiko, FT, FKM, FE, FMIPA, FIB, dan FH
- Bulan Januari 2012- April 2012, PAU menjadi wilayah yang memiliki rata-rata gas rumah kaca individu tertinggi dibandingkan wilayah lainnya, yaitu sebesar 119 Kg CO<sub>2</sub>e lalu diikuti dengan Fasilkom, FIK, FT, FKM, F.Psiko, FE, FMIPA, FIB, FISIP, dan FH.

#### 7. Normalisasi dengan Luas Wilayah

- Tahun 2010, Fakultas Kesehatan Masyarakat (FKM) menghasilkan gas rumah kaca per M<sup>2</sup> paling tinggi dibandingkan wilayah lainnya, yaitu sebesar 14,1 Kg CO<sub>2</sub>e lalu diikuti dengan FIK, Fasilkom, Rektorat, FISIP, Perpustakaan, FIB, FE, FH, FT, FMIPA, F.Psiko.
- Tahun 2011, FKM menghasilkan gas rumah kaca per M<sup>2</sup> paling tinggi dibandingkan wilayah lainnya yaitu sebesar 16,0 lalu diikuti dengan FIK, Fasilkom, Rektorat, FISIP, Perpustakaan, FIB, FE, FH, FT, FMIPA, F.Psiko.
- Bulan Januari- April 2012, FKM menghasilkan gas rumah kaca per M<sup>2</sup> paling tinggi dibandingkan wilayah lainnya yaitu sebesar 16,4, lalu diikuti dengan FIK, Fasilkom, Rektorat, FISIP, Perpustakaan, FIB, FE, FH, FT, FMIPA, F.Psiko.

## 6.2 Saran

Berdasarkan hasil yang ditemukan dalam penelitian ini maka dapat dibuat beberapa rekomendasi untuk semua pihak yang berkepentingan

### 6.2.1 Universitas Indonesia

Untuk mengurangi gas rumah kaca yang dihasilkan dari ruang lingkup dua dapat dilakukan dua cara yaitu dengan:

#### 1. Memperkecil jumlah konsumsi listrik

##### - Perubahan perilaku mahasiswa

Pengurangan gas rumah kaca dapat dilakukan melalui perubahan perilaku mahasiswa dalam penggunaan energi (Gottlieb, 2012). Perubahan perilaku mahasiswa dapat dilakukan melalui proses edukasi. UI bisa memasukan kurikulum tentang perubahan iklim ke semua disiplin ilmu. Dengan begitu mahasiswa dari berbagai macam disiplin ilmu akan selalu berpikir tentang dampak keputusan yang mereka buat terhadap lingkungan.

##### - Menstabilkan suhu dalam ruangan

Mengurangi masuknya udara dari luar ruangan dapat membantu mengontrol lingkungan di dalam ruangan. Suhu dari luar ruangan bisa masuk ke dalam ruangan melalui perantara seperti pintu, jendela, dinding, dan atap atau dikenal dengan *building envelope*. Oleh karena itu, desain, ukuran, warna dari *building envelope* harus benar-benar diperhatikan agar suhu di luar ruangan tidak banyak masuk ke dalam ruangan sehingga suhu di dalam ruangan tetap stabil. Beberapa alternatif yang dapat dilakukan adalah dengan mengganti warna atap dengan warna yang cerah. Kaca jendela dibuat dari bahan yang tidak banyak menyerap panas.

#### 2. Memperkecil faktor emisi listrik

Faktor emisi listrik akan lebih kecil apabila menggunakan bahan bakar terbarukan seperti geotermal, energi matahari, atau angin. Dapat juga dilakukan dengan memasang solar panel atau photovoltaic. Hal ini sangat

memungkinkan di aplikasikan di UI. Beberapa anak fakultas tehnik berhasil membuat alat untuk menghasilkan energi listrik dari semua cahaya. Biaya investasi awal mungkin besar. Namun, ini akan terganti setelah beberapa tahun berjalan.

### 6.2.2 Akademik

- Penelitian ini dapat dilanjutkan dengan melakukan perhitungan jumlah gas rumah kaca yang dihasilkan UI dari ruang lingkup satu dan tiga.
- Penelitian serupa dapat dilakukan dengan populasi penelitian semua Universitas yang ada di Indonesia. Sehingga akan dapat ditemukan jumlah GRK yang ideal dalam suatu institusi akademik.

### 6.2.3 Institusi Pemerintah

#### 1. Kementerian Lingkungan Hidup

Jumlah GRK yang dihasilkan oleh tiap Universitas bisa dijadikan penilaian dalam green campus. Tiap tahunnya semua universitas dapat diwajibkan untuk melaporkan jumlah emisi gas rumah kaca yang dihasilkan institusi nya.

#### 2. Direktorat Pendidikan Tinggi

Mewajibkan semua universitas dan perguruan tinggi untuk memasukan pelajaran tentang perubahan iklim dalam kurikulum wajib universitas. Memberikan dana untuk penelitian yang mengarah dalam pengembangan renewable resources sebagai upaya mitigasi perubahan iklim.

#### 3. Kementerian Energi dan Sumber Daya Alam

Secara perlahan-lahan bisa mengubah energi pembangkit listrik yang awalnya berasal dari *non renewable resources* menjadi *renewable resources* misalnya dari energi batu bara atau minyak bumi menjadi energi geothermal atau gas alam yang memiliki faktor emisi yang lebih rendah.

## DAFTAR PUSTAKA

- Akorede, M. F., Hizam, H., Ab Kadir, M. Z., Aris, I., & Buba, S. D. (2012). Mitigating the anthropogenic global warming in the electric power industry. *Journal of Renewable and Sustainable Energy Review* , 2747-2761.
- Anies. (2010). *Manajemen berbasis lingkungan*. www.googlebook.com
- Anonim. (2000). *Carbon Dioxide emissios from the generation of electric power in the United States*. Washington DC: Departement of Energy.
- Anonim. (2007). *Carbon footprinting An introduction for organisations*. Carbon Trust.
- Baboulet, O., & Lenzen, M. (2010). Evaluating the environmental performance of a University. *Journal of Cleaner Production* , 18 (12), 1134-1141.
- Balas, D. F., Lonzano, R., Huisinigh, D., Huisinigh, D., Buckland, H., Ysern, P., et al. (2010). Going beyond the rhetoric: system-wide changes in universities for sustainable societies. *Journal of Cleaner Production* , 18 (7), 607-610.
- Banai, C. K., & Theis, T. L. (2010). A Greenhouse gas inventory as a measure of sustainability for an urban public research university. *Enviromental Practice* , 12 (01), 35-47.
- Banai, C. K., & Theis, T. L. (2010). An Urban University's Ecological Footprint and the Effect of Climate Change. *Journal Ecological Indicators* , 857-860.
- Banai, C. K., & Theis, T. L. (2011). Quantitative analysis of factors affecting greenhouse gas emissions at institutions of higher education. *Journal of Cleaner Production* , 1-10.
- Barker, T., Bashmakov, I., Bernstein, L., Bogner, J., Bosch, P., & Dave, R. (2007). *Technical summary, in Climate change 2007: mitigation. Contribution of Working Group III to the Fourth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change*. Cambridge, UK/New York,NY,USA: Cambridge University Press.
- Bast, Joseph.L (2010). *Seven Theories of Climate Change*. The Hearthland Institute
- Bezyrtzi, G. (2009). *Carbon Footprint of The University of Strahclyde*. University of Strathclyde, Departement of Mechanical Engineering.Boardman, M.

- (2009). *The Carbon Footprint of Miami University, Oxford, Ohio*. Miami University.
- Brown, A. (2009). The Geography of Metropolitan Carbon Footprint. *Policy and Society* , 285-304.
- DEFRA. (2007). *A Guidance on How to Measure and Report your Greenhouse Gas and Emissions*. Departement for Environment, Food and Rural Affairs.
- Dincer, I. (1999). Enviromental Impacts of Energy. *Journal Energy Policy* , 845-854.
- EPA. (2007a). *Carbon management principles*. Victoria, Australia: EPA Victoria.
- EPA. (2007b). Emissions CO<sub>2</sub> natural.  
[http://www.epa.gov/climatechange/emissions/CO2\\_natural.html](http://www.epa.gov/climatechange/emissions/CO2_natural.html)
- EPA. (2011). *Climate Change Emissions CO2* .
- EPA. (2012). *Humans are largely responsible for recent climate change*. Enviromental Protection Agency.
- EPA. (2011). *Methane Sources*.  
<http://www.epa.gov/methane/sources.html>
- Fang, Y., Dan, H., Haitao, Z., Zhen, G., Yanhua, Z., Bennan, W., et al. (2011). Carbon emissions in the life cycle of urban building system in China-A case study of residential building. *Journal of Ecological Complexity* , 201-212.
- Febriasari, Sri Gusni. (2011). Perubahan iklim dengan kejadian penyakit demam berdarah dengue (DBD) di kota administrasi Jakarta Timur tahun 2000-2009, Depok: FKM UI
- Feni, A., Lucas, P., & Enrique, O. (2010). Support Area as an Indicator of Environmental Load: Comparison Between Ecological Footprint, Embodied Energy and Energy Accounting. *The State of the Art in Ecological*. Academic Conference.
- Fetcher, N. (2009). Effects of climate and institution size on greenhouse gas emissions from colleges and universities in the United States. *The Higher Education, Sustainability 2* , (6), 362-367.
- Gea, A. A. (2005). *Relasi dengan Dunia*. PT Elex Media Komputindo .

- Gottlieb, D. (2012). Analyzing the ecological footprint at the institutional scale-the case of an Israeli high-school. *Journal of Ecological Indicators* , 18, 91-97.
- Haines, A. (2012, Desember 23). Sustainable policies to improve health and prevent climate change. *Journal of Sosial Science & Medicine* , 680-683.
- Haines, A., MCMichael, A. J., Smith, K. R., Robert, I., Woodcock, J., Markandya, A., et al. (2009). Public health benefits of strategies to reduce greenhouse-gas emissions: overview and implications for policy makers. *Lancet* , 2104-2114.
- Higher Education Funding Council for England, H. (2010). *Carbon Management Strategies and Plans, a Guide to Good Practice*. UK: HEFCE.
- Hor, C. L. (2005, November 4). Analyzing the Impact of Weather Variables on Monthly Electricity Demand. *IEEE Transaction on Power System* .
- Humas UI. (2011). *Profil Universitas Indonesia*. Universitas Indonesia.
- ICCSR, 2011. Roadmap Perubahan Iklim Sektor Kesehatan, Bappenas.
- IPCC. (2007). *Syntesis Report 2007 Mitigation of Climate Change*. Intergovernmental Panel on Climate Change. Cambridge; [www.cambridge.org/9780521880114](http://www.cambridge.org/9780521880114)
- Jaye, S. (2012). Classification and Climate Zone Greenhouse Gas Inventory Benchmarking in Higher Education. *International Journal of Facilitaty Management* , 3 (1).
- KeMenLH. (2007). *Rencana aksi nasional dalam menghadapi perubahan iklim*. Jakarta: Kementrian Negara Lingkungan Hidup.
- Kusumawardhani, D. (2009). Emisi dari Berbagai Sektor. *Jurnal Ekonomi dan Bisnis* , 176-187.
- Larsen, H. H., & Hertwich, E. G. (2010). Identifying Important Characteristics of Municipal Carbon Footprints. *Eological Economics* , 70 (1), 60-66.
- Larsen, H. H., & Hertwich, E. H. (2009). The Case for Consumption-Based Accounting of Green House Gas Emissions to Promote Local Climate Action. *Environmental Science and Policy* , 12 (7), 791-798.
- Larsen, H. N., Pettersen, J., Solli, C., & Hertwich, E. G. (2011). Investigating the Carbon Footprint of a University-The case of NTNU. *Journal of Cleaner Production* , 1-9.
- Lynas M. Carbon Counter. Glasgow: HarperCollins Publishers; 2007.

- Maslin, M. (Global Warming Causes effects, and the Future ). 2007. World Library.
- Meida, L. O., Brockway, P., Letten, K., Davies, J., & Fleming, P. (2011). Measuring carbon performance in a UK University through a consumption based carbon footprint: De Montfort University case study. *Journal of Cleaner Production* , 1-14.
- Nugroho, W. (2011). *Rachmat Witoelar dan perubahan iklim*. Jakarta: Kompas.
- Olivier, J. G. (2011). *Long term trend in global CO2 emission*. PBL Netherlands Enviromental Assesment Agency The Hague, PBL publication number 500253004.
- Parkpoom, S. J., & Harrison, P. G. (2008). Analyzing the Impact of Climate Change on Future Electricity Demand In Thailand. *IEEE* , 23.
- Peters, G. P. (2010). Carbon footprint and embodied carbon at multiple scales. *Journal of enviromental sustainability* 2 (4), 245-250
- Pilli-Sihvola, K. (2010). Climate change and Electricity Consumption-Witnessing Increasing or Decrease Use and Cost. *Energy Policy* , 2409-2419.
- Rappaort, S. (2007). *Degrees that Matter Climate Change and the University*. USA: MIT Press.
- RAN-GRK, (2010). Rencana Aksi Nasional Penurunan Emisi Gas Rumah Kaca.
- Sanusi, Z. A., & Khelghat, D. H. (2008). Regional centre of expertise as transformational platform for sustainability: A case study of University Sains Malaysia, Penang. *International Journal of Sustainability in Higher Education* , 487-497.
- Sapri, M. (2010). Monitoring Energy Performance in Higher Education Buildings for Sustainable Campus. *Malasyian Journal of Real Estate* , 5.
- Schnoor, J. L. (1996). *Enviromental Modelling:Fate and Transport of Pollutans in Water, Air and Soil*.
- Sihvola, K. P., Aatola, P., Ollikainen, M., & Tuomenvirta, H. (2010). Climate Change and Electricity Consumption-Witnessing Increasing or Decreasing use and costs? *Journal Energy Policy* , 2409-2419.
- Solomon S, Q. D. (2007). *The Physical Science Basis, Contribution of Working Group I to the Fourth Assesment*. Cambridge UK: Cambridge University Press.
- Syed, M. H. *Encyclopaedia of Global Warming*. Global Media.

- Tahmasebi, M. M., Banihashemi, S., & Hassanabadi, M. S. (2011). Assessment of the variation impacts of window on energy consumption and carbon footprint. *2011 International Conference on Green Buildings and Sustainable Citie* (pp. 820-828). Scieverse ScienceDirect.
- Parlianmentary Office of Science and Technology, (2006). *Carbon footprint of electricity generation*. Parlianment office of science and technology.
- Theodoulidis, B. "Carbon Footprint" Innovation Through Enviromental Information Management. *Annual SRII Global Confrences*.
- Carbon Trust. (2007). *Carbon footprinting an introduction for organisations*. UK: The Carbon Trust 2007.
- Wangpattarapong, K., Maneewan, S., Ketjoy, N., & Rakwichian, W. (2008). The impacts of climatic and economic factors on residential electricity consumption of Bangkok Metropolis. *Energy and Building* , 1419-1425.
- Weidema, B. P., Thrane, M., Christensen, P., Schmidt, J., & Lokke, S. (2008). Carbon footprint: a catalyst for life cycle assessment. *Journal of Industrial Ecology* , 3-6.
- WHO. (2008). *Protecting health from climate change*. Switzerland: WHO Library Cataloguing. <http://www.who.int/world-health-day/en/>
- Wiedmann, T., & Minx, J. (2007). *A definition of "carbon footprint"*. UK: Center for Intergrated Sustainability Analysis.
- WRI, & WBCSD. (2004). *The Greenhouse Gas Protocol - A Corporate Accounting and Reporting Standard*. World Resources Institute and World Business Council for Sustainable Development.
- Zaman, H., & G, H. S. (2010). A Combined 2-Dimensional Fuzzy Regression Model to Study Effect of Climate Change on the Electricity Consumption in Iran. *International Conference on Energy, Power and Control (EPC-IQ)*. Basrah, Iraq.
- Zhaurova, L. (2008). *U.S. Higher Education and Global Climate Change: An Exploration of Institutional Factors That Affect Greenhouse Gas Emissions*. Tufts University.

**Lampiran 1**  
**Hasil Perhitungan Variabel Penelitian**

**Descriptive Statistics**

	N	Minimum	Maximum	Mean		Std. Deviation	Skewness	
	Statistic	Statistic	Statistic	Statistic	Std. Error	Statistic	Statistic	Std. Error
Emisi_CO2e	28	1103498	1830460	1.43E6	4.118E4	217906.063	.269	.441
Suhu	28	27	29	27.61	.105	.557	.304	.441
Mahasiswa	28	25268	42240	3.64E4	980.780	5189.802	-1.026	.441
Valid N (listwise)	28							

**ANALISIS BIVARIAT JUMLAH MAHASISWA DAN EMISI CO<sub>2</sub>e**

**Correlations**

			Emisi_CO2e	Mahasiswa
Spearman's rho	Emisi_CO2e	Correlation Coefficient	1.000	.552**
		Sig. (2-tailed)	.	.002
		N	28	28
	Mahasiswa	Correlation Coefficient	.552**	1.000
		Sig. (2-tailed)	.002	.
		N	28	28

\*\* . Correlation is significant at the 0.01 level (2-tailed).

**Lampiran 1**  
**Hasil Perhitungan Variabel Penelitian**

**Luas Wilayah dan Jumlah Gas Rumah Kaca**  
**Descriptive**

[DataSet3] D:\SPSS\CO2\_Luas.sav

**Descriptive Statistics**

	N	Minimum	Maximum	Mean	Std. Deviation	Skewness	
	Statistic	Statistic	Statistic	Statistic	Statistic	Statistic	Std. Error
CF	24	43424	232639	1.06E5	54675.412	1.150	.472
Luas	24	6510	46207	2.02E4	12967.226	1.042	.472
Valid N (listwise)	24						

**Analisis Bivariat Luas Wilayah dan Jumlah Gas Rumah Kaca (CO<sub>2</sub>e)**  
**Nonparametric Correlations GRK dan Luas Wilayah**

**Correlations**

			CF	Luas
Spearman's rho	CF	Correlation Coefficient	1.000	.457*
		Sig. (2-tailed)	.	.025
		N	24	24
	Luas	Correlation Coefficient	.457*	1.000
		Sig. (2-tailed)	.025	.
		N	24	24

\*. Correlation is significant at the 0.05 level (2-tailed).

**Lampiran 1**  
**Hasil Perhitungan Variabel Penelitian**

**ANALISIS BIVARIAT SUHU DENGAN GRK**  
**Nonparametric Correlations GRK dan Suhu**

[DataSet1] D:\SPSS\CO2\_Variabel.sav

**Correlations**

		Emisi_CO2e	Suhu
Spearman's rho	Emisi_CO2e	Correlation Coefficient	1.000
		Sig. (2-tailed)	.436*
		N	.020
	Suhu	Correlation Coefficient	.436*
		Sig. (2-tailed)	1.000
		N	.020
		N	28
		N	28

\*. Correlation is significant at the 0.05 level (2-tailed).