

**TUGAS AKHIR**

**KAJIAN JEJAK KARBON AKTIVITAS DI GEDUNG FAKULTAS**

**KEDOKTERAN UNIVERSITAS HASANUDDIN**



**RIZKI AMALIA**

**D131181321**

**DEPARTEMEN TEKNIK LINGKUNGAN**

**UNIVERSITAS HASANUDDIN**

**2022**

**TUGAS AKHIR**

**KAJIAN JEJAK KARBON AKTIFITAS DI GEDUNG FAKULTAS**

**KEDOKTERAN UNIVERSITAS HASANUDDIN**

Diajukan sebagai Tugas Akhir dalam Rangka Penyelesaian Studi Sarjana S1  
Teknik Lingkungan pada Program Studi Teknik Lingkungan



**RIZKI AMALIA**

**D131 18 1321**

**DEPARTEMEN TEKNIK LINGKUNGAN**

**UNIVERSITAS HASANUDDIN**

**2022**



KEMENTERIAN PENDIDIKAN, KEBUDAYAAN, RISET DAN TEKNOLOGI  
**UNIVERSITAS HASANUDDIN FAKULTAS TEKNIK**  
**DEPARTEMEN TEKNIK LINGKUNGAN**  
JL. POROS MALINO. KM.6 BONTOMARANNU KAB. GOWA

## LEMBAR PENGESAHAN

Tugas akhir ini diajukan untuk memenuhi salah satu syarat untuk mendapatkan gelar Sarjana Teknik pada Departemen Teknik Lingkungan Fakultas Teknik Universitas Hasanuddin.

Judul : **Kajian Jejak Karbon Aktifitas di Gedung Fakultas Kedokteran Universitas Hasanuddin**

Disusun Oleh :

Nama : Rizki Amalia

D131181321

Telah diperiksa dan disetujui  
Oleh Dosen Pembimbing

Gowa, 2 Desember 2022

Pembimbing I

**Prof. Dr. Ir. Hj. Sumarni Hamid Aly, M.T.**  
NIP. 195812281986012001

Pembimbing II

**Nurul Masyiah Rani, S.T., M.Eng.**  
NIP. 199501152021074001

Menyetujui,

Ketua Departemen Teknik Lingkungan



**Dr. Eng. Mufalia Hustim, S.T., M.T.**  
NIP. 197204242000122001

## PERNYATAAN KEASLIAN KARYA ILMIAH

Saya yang bertanda tangan di bawah ini:

Nama : Rizki Amalia

Nim : D131 18 1321

Program Studi : Teknik Lingkungan

Jenjang Studi : Strata I (S1)

Menyatakan bahwa karya tulis dengan judul:

*“Kajian Jejak Karbon Aktivitas Di Gedung Fakultas Kedokteran Universitas  
Hasanuddin”*

Adalah karya tulis saya sendiri dan belum pernah digunakan untuk mendapatkan gelar apapun dan dimanapun. Adapun semua informasi yang tertulis dalam karya tulis ini yang bersumber dari penulis lainnya telah dicantumkan sumber dan tahun penerbitannya. Jika terdapat pihak yang merasa terdapat kesamaan judul atau hasil yang diperoleh dengan karya tulis ini maka saya siap untuk dimintai pertanggungjawaban mengenai hal tersebut.

Gowa, 4 Desember 2022

Yang membuat pernyataan



**Rizki Amalia**  
D131 18 1321

## KATA PENGANTAR

Dengan mengucapkan syukur kepada Allah Yang Maha Esa, yang telah memberikan ridho, rahmat dan hidayah-nya, sehingga penulis dapat menyelesaikan tugas akhir yang berjudul ‘**Kajian Jejak Karbon Aktivitas Di Gedung Fakultas Kedokteran Universitas Hasanuddin**’. Shalawat dan taslim senantiasa tercurahkan kepada baginda Nabi Muhammad SAW, keluarga dan sahabatnya.

Penulisan tugas akhir ini dilakukan dalam rangka memenuhi salah satu syarat untuk mencapai gelar Sarjana Teknik pada Prodi Teknik Lingkungan Fakultas Teknik Universitas Hasanuddin. Dalam penulisan tugas akhir ini tidak lepas dari beberapa hambatan namun berkat bimbingan, bantuan, dan nasihat, serta kerjasama dari berbagai pihak hambatan tersebut dapat diatasi. Oleh karena itu, penulis mengucapkan terima kasih kepada:

1. Kedua orang tua penulis, Ibu Haslinda dan Pak Aris yang senantiasa mendukung, mengurus dan mendoakan penulis sepanjang masa. Berkat doa merekalah sehingga penulis bisa sampai pada titik saat ini. Begitu pula terkhusus kepada adik-adik penulis yaitu Riki dan Anca yang telah menjadi penyemangat penulis selama masa perkuliahan.
2. Bapak Prof. Dr. Ir. Jamaluddin Jompa, M.Sc. selaku Rektor Universitas Hasanuddin.
3. Bapak Prof. Dr.Eng. Ir. Muhammad Isran Ramli, S.T., M.T. selaku Dekan Fakultas Teknik Universitas Hasanuddin.
4. Ibu Dr. Eng. Muralia Hustim, S.T., M.T. selaku Ketua Departemen Teknik Lingkungan Universitas Hasanuddin dan selaku dosen penguji.
5. Ibu Prof. Dr. Ir. Hj. Sumarni Hamid Aly, S.T., M.T selaku Dosen Pembimbing I telah membimbing dan mengarahkan penulis hingga tugas akhir ini dapat terselesaikan.
6. Ibu Nurul Masyiah Rani, S.T., M.Eng. selaku Dosen Pembimbing II yang telah sabar dan meluangkan waktu bahkan pada larut malam sekalipun serta membagikan ilmunya dalam memberikan bimbingan sehingga penulisan tugas akhir ini dapat terselesaikan.

7. Ibu Zarah Arwieny Hanami, S.T., M.T. selaku dosen penguji yang telah meluangkan waktu dan memberikan pengarahan dalam penyelesaian tugas akhir ini serta telah menjadi partner penulis dalam pertandingan bulutangkis pada saat dies natalis teknik.
8. Bapak/Ibu Dosen Fakultas Teknik Departemen Teknik Lingkungan atas bimbingan, arahan, didikan, dan motivasi yang telah diberikan selama kurang lebih empat tahun.
9. Seluruh staf dan karyawan Fakultas Teknik Universitas Hasanuddin atas segala bantuannya selama penulis menempuh perkuliahan terutama kepada staf S1 Teknik Lingkungan Ibu Sumiati, Pak Olan, dan Ibu Tami.
10. Savi yang telah menjadi pendengar, menemani dan memberikan banyak masukan dan bantuan dari awal perkuliahan, kerja praktek, pengerjaan tugas akhir, teman *healing*, *teman nongki*, dan insyaallah sampai seterusnya.
11. Cica yang sering menjadi pendengar, menemani, dan memberikan banyak masukan, tempat numpang tidur, teman makan, teman curhat, dan insyaallah sampai seterusnya.
12. Orel selaku partner dalam survei lokasi, pengurusan surat, pengambilan data sampai mobilnya masuk ke selokan, hingga proses selesainya tugas akhir ini.
13. Ama yang selalu siap di panggil kemana pun dan kapanpun waktunya dari pagi sampai pagi lagi. Kepada Titi yang selalu memberikan hal-hal positif dan selalu memberikan arahan. Kepada Firmal yang selalu menjadi sumber tempat untuk penulis kalau sedang susah cari makan dan butuh *healing*.
14. Riza dan Anti partner bonti setia penulis sampe di makassar dan pemilih apart yang siap 24 jam.
15. Ridho, Mona, Danur, Osop, dan Bigo yang selalu memanggil penulis pergi ke mubes dan nongki di cafe, dan teman-teman yang maaf tidak bisa penulis sebutkan satu per satu.
16. Teman-teman Teknik Lingkungan 2018 dan TRANSISI 2019 atas segala bantuan, cerita, dan kenangan selama masa perkuliahan.

17. Dan kepada rekan, sahabat, saudara dan berbagai pihak yang tidak dapat penulis sebutkan satu persatu, penulis mengucapkan banyak terimakasih atas setiap bantuan dan doa yang diberikan.

Terima kasih atas semuanya semoga Allah SWT membalas kebaikan semua pihak yang turut membantu dalam penyelesaian tugas akhir ini. Penulis menyadari, bahwa tugas akhir ini jauh dari kesempurnaan, maka dari itu penulis mengharapkan kritik dan sarannya dari para pembaca yang budiman, demi kebaikan/kesempurnaan dimasa yang akan datang. Semoga tugas akhir ini memberikan manfaat bagi orang lain dalam mengembangkan ilmu pengetahuan.

Makassar, 31 Oktober 2022

Penulis

## ABSTRAK

Fakultas kedokteran Universitas Hasanuddin merupakan fakultas kedokteran tertua di Indonesia Timur. Kegiatan perkuliahan sangat kompleks yang tidak hanya kegiatan belajar-mengajar tetapi juga ada kegiatan perkantoran dan laboratorium. Semua kegiatan yang berlangsung dapat menghasilkan emisi jejak karbon sehingga dapat mempengaruhi Gas Rumah Kaca (GRK). Tujuan dari penelitian ini adalah untuk mengidentifikasi aktivitas yang menghasilkan jejak karbon serta menganalisis beban emisi jejak karbon yang dihasilkan dari kegiatan kampus. Metode yang digunakan untuk pengumpulan data yaitu dengan observasi langsung, wawancara dan kuesioner. Sedangkan, metode yang digunakan untuk pengolahan data yaitu menggunakan metode yang sesuai dengan yang berlaku di Indonesia. Dari hasil analisis data total emisi jejak karbon yang ada Fakultas di 328884,844 KgCO<sub>2</sub>-e/tahun. Aktivitas yang paling banyak menyumbang emisi jejak karbon adalah pemakaian listrik yaitu 246324,506 KgCO<sub>2</sub>-e/tahun dengan penggunaan listrik sebesar 915704,482 kWh/tahun. Sedangkan aktivitas yang paling sedikit menyumbang emisi jejak karbon adalah pemakaian LPG yaitu 5133 KgCO<sub>2</sub>-e/tahun dengan penggunaan sebanyak 1716 KgLPG/tahun. Pada bangunan, penghasil emisi jejak karbon tertinggi dihasilkan dari Gedung A yaitu 119990,767 KgCO<sub>2</sub>-e/tahun sedangkan, penghasil emisi terendah dihasilkan dari Gedung SC yaitu 606,046 KgCO<sub>2</sub>-e/tahun. Skenario mitigasi dalam mereduksi emisi jejak karbon secara efektif adalah dengan menerapkan penggunaan kendaraan umum ke kampus, mengganti pengarsipan dengan metode *soft file*, mengatur suhu ruang menjadi 24-27 derajat, dan menerapkan penggunaan TPS 3R. Skenario-skenario tersebut dapat mereduksi emisi jejak karbon hingga 80511,135 KgCO<sub>2</sub>-e/tahun. Penelitian ini diharapkan dapat menjadi awal untuk pengambilan kebijakan dalam mereduksi emisi tingkat Universitas.

**Kata Kunci:** Jejak Karbon, Emisi CO<sub>2</sub>, Gas Rumah Kaca (GRK), Mitigasi



## ***ABSTRACT***

The Faculty of Medicine, Hasanuddin University is the oldest architecture in Eastern Indonesia. Lecture activities are very complex which are not only teaching and learning activities but also office and laboratory activities. All activities that can produce a carbon footprint that can affect Greenhouse Gases (GHG). The purpose of this study is to identify activities that find carbon footprints and analyze the carbon footprints generated from campus activities. The method used for data collection is by direct observation, interviews and questionnaires. While the method used for data processing is using a method that is in accordance with the applicable in Indonesia. From the results of data analysis, the total emission of carbon footprints is 328884,844 KgCO<sub>2</sub>-e/year. The activity that contributes the most to carbon footprint emissions is electricity consumption, which is 246324,506 KgCO<sub>2</sub>-e/year with electricity use of 915704,482 kWh/year. While the activity that contributes the least to carbon footprint emissions is the use of LPG, which is 5133 KgCO<sub>2</sub>-e/year with the use of 1716 KgLPG/year. In buildings, the highest emitter of carbon footprint is generated from Building A, which is 119990,767 KgCO<sub>2</sub>-e/year, while the lowest emitter is from Building SC, which is 606,046 KgCO<sub>2</sub>-e/year. Mitigation scenarios in reducing carbon footprint emissions effectively are by implementing the use of public transportation to campus, replacing filing with the soft file method, setting the room temperature to 24-27 degrees, and implementing the use of 3R TPS. These scenarios can reduce carbon footprint emissions up to 80511,135 KgCO<sub>2</sub>-e/year. This research is expected to be the beginning for policy making in reducing university-level emissions.

**Keywords:** Carbon Footprint, CO<sub>2</sub> Emissions, Greenhouse Gases (GHG), Mitigation

## DAFTAR ISI

<b>SAMPUL</b> .....	<b>i</b>
<b>LEMBAR PENGESAHAN</b> .....	<b>iii</b>
<b>PERNYATAAN KEASLIAN KARYA ILMIAH</b> .....	<b>iv</b>
<b>KATA PENGANTAR</b> .....	<b>v</b>
<b>ABSTRAK</b> .....	<b>viii</b>
<b>ABSTRACT</b> .....	<b>ix</b>
<b>DAFTAR ISI</b> .....	<b>x</b>
<b>DAFTAR TABEL</b> .....	<b>xii</b>
<b>DAFTAR GAMBAR</b> .....	<b>xiv</b>
<b>BAB I PENDAHULUAN</b> .....	<b>1</b>
A. Latar Belakang .....	1
B. Rumusan Masalah .....	3
C. Tujuan dan Manfaat Penelitian .....	3
D. Ruang Lingkup.....	4
E. Sistematika Penulisan.....	4
<b>BAB II TINJAUAN PUSTAKA</b> .....	<b>6</b>
A. Udara .....	6
B. Gas Rumah Kaca.....	7
C. Jejak Karbon.....	8
D. Faktor Emisi .....	9
E. Mitigasi .....	13
F. Software <i>Surfer</i> .....	16

<b>BAB III METODOLOGI PENELITIAN .....</b>	<b>19</b>
A. Rancangan Penelitian .....	19
B. Waktu dan Lokasi Penelitian .....	20
C. Alat dan Bahan .....	23
D. Metode Pengumpulan Data .....	24
E. Metode Analisis Data .....	26
<b>BAB IV HASILDAN PEMBAHASAN.....</b>	<b>32</b>
A. Inventarisasi Kegiatan Sumber Jejak Karbon .....	32
B. Beban Emisi Jejak Karbon Setiap Gedung .....	39
C. Beban Emisi Jejak Karbon Setiap Aktivitas .....	52
D. Mitigasi Emisi .....	59
<b>BAB V PENUTUP .....</b>	<b>66</b>
A. Kesimpulan .....	66
B. Saran.....	67
<b>DAFTAR PUSTAKA .....</b>	<b>68</b>
<b>LAMPIRAN</b>	

## DAFTAR TABEL

<b>Tabel 1.</b> Faktor Emisi Kendaraan.....	10
<b>Tabel 2.</b> Ekonomi Bahan Bakar.....	10
<b>Tabel 3.</b> Faktor Emisi Pemakaian Listrik.....	13
<b>Tabel 4.</b> Keterangan Lokasi Penelitian.....	22
<b>Tabel 5.</b> Volume Kendaraan.....	32
<b>Tabel 6.</b> Timbulan Sampah Gedung SC.....	33
<b>Tabel 7.</b> Timbulan Sampah Gedung A.....	33
<b>Tabel 8.</b> Timbulan Sampah Gedung B.....	33
<b>Tabel 9.</b> Timbulan Sampah Gedung C.....	34
<b>Tabel 10.</b> Timbulan Sampah Gedung D.....	34
<b>Tabel 11.</b> Timbulan Sampah Gedung E.....	35
<b>Tabel 12.</b> Timbulan Sampah Gedung F.....	35
<b>Tabel 13.</b> Timbulan Sampah Gedung G.....	36
<b>Tabel 14.</b> Timbulan Sampah Gedung H.....	36
<b>Tabel 15.</b> Pemakaian Liquefied Petroleum Gas (LPG).....	37
<b>Tabel 16.</b> Pemakaian Kertas.....	37
<b>Tabel 17.</b> Penggunaan Alat Elektronik.....	38
<b>Tabel 18.</b> Timbulan Sampah / Tahun.....	40
<b>Tabel 19.</b> Emisi CO <sub>2</sub> Timbulan Sampah / Tahun.....	40
<b>Tabel 20.</b> Pemakaian Liquefied Petroleum Gas (LPG) / Tahun.....	42
<b>Tabel 21.</b> Emisi CO <sub>2</sub> Pemakaian LPG / Tahun.....	42
<b>Tabel 22.</b> Rekapitulasi Emisi CO <sub>2</sub> Primer Setiap Gedung / Tahun.....	44
<b>Tabel 23.</b> Pemakaian Kertas / Tahun.....	45
<b>Tabel 24.</b> Emisi CO <sub>2</sub> Pemakaian Kertas / Tahun.....	46
<b>Tabel 25.</b> Pemakaian Listrik / Tahun.....	47
<b>Tabel 26.</b> Emisi CO <sub>2</sub> Pemakaian Listrik / Tahun.....	48
<b>Tabel 27.</b> Rekapitulasi Emisi CO <sub>2</sub> Sekunder Setiap Gedung / Tahun.....	49
<b>Tabel 28.</b> Rekapitulasi Emisi CO <sub>2</sub> Total Setiap Gedung / Tahun.....	51
<b>Tabel 29.</b> Emisi CO <sub>2</sub> Volume Kendaraan / Tahun.....	53

<b>Tabel 30.</b> Hasil Perhitungan Volume Kendaraan .....	53
<b>Tabel 31.</b> Hasil Perhitungan Timbulan Sampah.....	54
<b>Tabel 32.</b> Hasil Perhitungan LPG.....	55
<b>Tabel 33.</b> Rekapitulasi Perhitungan CO <sub>2</sub> Primer Total .....	55
<b>Tabel 34.</b> Hasil Perhitungan Pemakaian Kertas .....	56
<b>Tabel 35.</b> Hasil Perhitungan Pemakaian Listrik .....	57
<b>Tabel 36.</b> Rekapitulasi Perhitungan CO <sub>2</sub> Sekunder Total .....	57
<b>Tabel 37.</b> Rekapitulasi Emisi CO <sub>2</sub> Total Setiap Aktivitas .....	58
<b>Tabel 38.</b> Hasil Emisi CO <sub>2</sub> Sebelum dan Sesudah Menggunakan Kendaraan Umum .....	59
<b>Tabel 39.</b> Hasil Emisi CO <sub>2</sub> Sebelum dan Sesudah Tereduksi 5 % .....	61
<b>Tabel 40.</b> Hasil Emisi CO <sub>2</sub> Sebelum dan Sesudah Menggunakan Metode Pengarsipan Soft File .....	63
<b>Tabel 41.</b> Hasil Emisi CO <sub>2</sub> Sebelum dan Sesudah Memanfaatkan Penggunaan TPS 3R .....	64

## DAFTAR GAMBAR

<b>Gambar 1.</b> Bagan Alir Penelitian.....	20
<b>Gambar 2.</b> Peta Lokasi Fakultas Kedokteran Universitas Hasanuddin .....	21
<b>Gambar 3.</b> Alat dan Bahan Pengambilan Data .....	23
<b>Gambar 4.</b> Alat dan Bahan Pengolahan Data .....	23
<b>Gambar 5.</b> Bagan Alir Metode Pengumpulan Data Secara Umum .....	26
<b>Gambar 6.</b> Flowchart Peta Penyebaran Menggunakan Surfer.....	29
<b>Gambar 7.</b> Histogram Emisi CO <sub>2</sub> Timbulan Sampah Setiap Gedung / Tahun....	41
<b>Gambar 8.</b> Histogram Emisi CO <sub>2</sub> Pemakaian LPG Setiap Gedung / Tahun .....	43
<b>Gambar 9.</b> Histogram Emisi CO <sub>2</sub> Primer Total.....	44
<b>Gambar 10.</b> Pemetaan Jejak Karbon Emisi Primer Setiap Gedung / Tahun .....	45
<b>Gambar 11.</b> Histogram Emisi CO <sub>2</sub> Pemakaian Kertas Setiap Gedung / Tahun ..	47
<b>Gambar 12.</b> Histogram Emisi CO <sub>2</sub> Pemakaian Listrik Setiap Gedung / Tahun ..	48
<b>Gambar 13.</b> Histogram Emisi CO <sub>2</sub> Sekunder Total.....	49
<b>Gambar 14.</b> Pemetaan Jejak Karbon Emisi Sekunder Setiap Gedung / Tahun ...	50
<b>Gambar 15.</b> Histogram Emisi CO <sub>2</sub> Total.....	51
<b>Gambar 16.</b> Pemetaan Jejak Karbon Emisi Total Setiap Gedung / Tahun.....	52
<b>Gambar 17.</b> Histogram CO <sub>2</sub> Volume Kendaraan .....	53
<b>Gambar 18.</b> Diagram Persentase Emisi CO <sub>2</sub> Total Setiap Aktivitas / Tahun.....	58
<b>Gambar 19.</b> Diagram Perbandingan Data Aktivitas dan Beban Emisi.....	59
<b>Gambar 20.</b> Grafik Emisi CO <sub>2</sub> Sebelum dan Sesudah Menggunakan Kendaraan Umum.....	61
<b>Gambar 21.</b> Grafik Emisi CO <sub>2</sub> Sebelum dan Sesudah Tereduksi 5% .....	62
<b>Gambar 22.</b> Grafik Emisi CO <sub>2</sub> Sebelum dan Sesudah Menggunakan Metode Pengarsipan Soft File .....	64
<b>Gambar 23.</b> Grafik Emisi CO <sub>2</sub> Sebelum dan Sesudah Memanfaatkan Penggunaan TPS 3R .....	65

## **DAFTAR LAMPIRAN**

**Lampiran 1.** Data Lapangan Volume Kendaraan

**Lampiran 2.** Data Lapangan Timbulan Sampah

**Lampiran 3.** Contoh Perhitungan

**Lampiran 4.** Dokumentasi Kegiatan

## **BAB I**

### **PENDAHULUAN**

#### **A. Latar Belakang**

Perubahan iklim di Indonesia salah satunya dipengaruhi oleh kegiatan ekonomi manusia di bidang industri seperti pertanian yang menghasilkan gas buangan berupa Dinitro Oksida ( $N_2O$ ), peternakan yang menghasilkan gas buangan berupa Metana ( $CH_4$ ) dan transportasi seperti kendaraan bermotor yang dapat menghasilkan gas buangan berupa Karbon Monoksida ( $CO$ ) serta beberapa unsur alami lainnya seperti kebakaran hutan, asap pabrik, dll. Dari hal-hal tersebut, kegiatan manusia memiliki dampak pada perubahan iklim baik secara langsung maupun tidak langsung. Sebagian besar, dampak tersebut dihasilkan dari kegiatan manusia yang berasal dari pemukiman (BMKG, 2012 dalam Dina, 2021).

Pemanasan global selalu menjadi topik hangat dibicarakan dari tahun ke tahun, hal ini disebabkan karena pemanasan global yang semakin terasa di berbagai belahan dunia. Efek gas rumah kaca dinilai sebagai salah satu upaya penyebab pemanasan global yang memiliki pengaruh paling besar, efek rumah kaca menyebabkan energi dari sinar matahari tidak dapat terpantul keluar bumi (Nur dkk, 2008).

Pemerintah Indonesia terus berupaya untuk menurunkan emisi gas rumah kaca (GRK) sesuai dengan target yang tercantum dalam *Nationally Determined Contribution* (NDC). Di dalam NDC, target penurunan emisi sebesar 29% pada Tahun 2030 diterjemahkan menjadi angka 834 juta ton  $CO_2$  untuk seluruh sektor. Sektor energi mendapatkan porsi penurunan emisi sebesar 314 juta ton  $CO_2$  (Pusat Data dan Teknologi Informasi Energi dan Sumber Daya Mineral Kementerian Energi dan Sumber Daya Mineral, 2020).



Emisi gas rumah kaca akan terus bertambah seiring dengan bertambahnya energi. Keberadaan universitas memiliki dampak terhadap lingkungan akibat dari aktivitas dan operasional universitas, berbagai macam kegiatan terjadi di dalam kampus, kegiatan-kegiatan tersebut menghasilkan emisi gas rumah kaca yang berdampak langsung maupun tidak langsung bagi lingkungan yang menyebabkan pemanasan global. Kegiatan-kegiatan tersebut adalah kegiatan perkuliahan dan pemakaian laboratorium, administrasi kampus, dan kegiatan lain yang membutuhkan energi (Alshuwaikhat dan Abubakar, 2008). Perhitungan emisi gas rumah kaca nantinya akan menjadi suatu ukuran dari berapa banyak emisi gas rumah kaca yang dihasilkan yang disebut dengan carbon footprint atau jejak karbon (Wiedmann dan Minx, 2008).

Jejak karbon merupakan istilah umum yang digunakan untuk menggambarkan jumlah total emisi GRK dari individu atau organisasi yang bertanggung jawab (Carbon Trust, 2007). Setiap orang turut menghasilkan GRK, dengan demikian setiap orang mempunyai hutang karbon yang harus dibayar. Semakin banyak aktivitas manusia, maka semakin banyak energi yang digunakan sehingga semakin besar pula jejak karbon (Rahayu, 2011). Jejak karbon yang dimaksud adalah jejak karbon dari segala aktivitas manusia yang menimbulkan emisi karbon dan meninggalkan bekas di bumi. Perubahan lingkungan hidup dengan semakin meningkatnya jejak karbon dikarenakan aktivitas manusia, maka pemulihan lingkungan hidup harus perlu diusahakan oleh manusia. Oleh karena itu, perlu mengkaji kontribusi manusia terhadap jejak karbon yang dihasilkan dari kegiatan sehari-hari. Tujuannya agar manusia dapat membatasi jumlah jejak karbon yang ditimbulkan sehingga dapat membantu memulihkan lingkungan hidup.

Menurut Alwin (2016), beberapa sektor penting yang mengakibatkan bertambahnya gas rumah kaca yaitu sektor transportasi, energi, limbah, pertanian dan peternakan. Sektor transportasi di Indonesia saat ini merupakan konsumen terbesar produksi minyak bumi dan sumber yang besar dari emisi gas rumah kaca. Penggunaan bahan bakar untuk kendaraan bermotor yang berbasis fosil akan menghasilkan emisi CO<sub>2</sub>. Pemanfaatan energi sektor rumah tangga terkait dengan

kebutuhan tenaga listrik (untuk penerangan, pengkondisian ruangan, peralatan elektronik lainnya) dan energi panas untuk memasak. Kebutuhan energi panas dipenuhi dengan pembakaran BBM misalnya minyak tanah, LPG, gas bumi (untuk beberapa wilayah kota besar) dan kayu bakar (untuk beberapa wilayah pinggiran kota dan pedesaan) (Dina, 2021).

Fakultas Kedokteran (FK) dipilih menjadi lokasi penelitian karena merupakan fakultas dengan berbagai program studi sehingga setiap tahunnya jumlah mahasiswa yang ada di Fakultas Kedokteran selalu bertambah serta banyaknya aktivitas di dalamnya seperti aktivitas akademik, non-akademik, dan laboratorium sehingga cukup banyak menggunakan peralatan elektronik serta transportasi yang menggambarkan aktivitas di Fakultas Kedokteran (FK) Universitas Hasanuddin.

## **B. Rumusan Masalah**

Berdasarkan latar belakang diatas, diperoleh rumusan masalah sebagai berikut:

1. Berapa total emisi CO<sub>2</sub> dari aktivitas di Fakultas Kedokteran Universitas Hasanuddin?
2. Bagaimana pola penyebaran emisi CO<sub>2</sub> yang dihasilkan dari sumber emisi yang berada di Fakultas Kedokteran Universitas Hasanuddin?
3. Bagaimana skenario mitigasi yang efektif untuk mengurangi emisi CO<sub>2</sub> di Fakultas Kedokteran Universitas Hasanuddin?

## **C. Tujuan dan Manfaat Penelitian**

Tujuan dari penelitian ini yaitu:

1. Menganalisis total emisi CO<sub>2</sub> dari sumber aktivitas di Fakultas Kedokteran Universitas Hasanuddin.
2. Memetakan emisi CO<sub>2</sub> berdasarkan gedung yang berasal dari setiap aktivitas di Fakultas Kedokteran Universitas Hasanuddin.
3. Membuat skenario yang efektif untuk mengurangi emisi CO<sub>2</sub> di Fakultas Kedokteran Universitas Hasanuddin.

Manfaat dari penelitian ini yaitu:

1. Bagi Akademisi
  - a. Memberikan kesempatan bagi mahasiswa untuk mengembangkan kemampuan dan keahlian yang telah diperoleh.
  - b. Menjadi sumber referensi maupun bahan pembandingan pada penelitian di bidang pencemaran udara.
  - c. Menjadi referensi untuk penelitian selanjutnya.
2. Bagi Masyarakat
  - a. Memberikan informasi mengenai tingkat penyebaran emisi karbon di Fakultas Kedokteran Universitas Hasanuddin

#### **D. Ruang Lingkup**

1. Data volume kendaraan di Fakultas Kedokteran Universitas Hasanuddin.
2. Data timbul sampah di Fakultas Kedokteran Universitas Hasanuddin.
3. Data pemakaian *Liquified Petroleum Gas* (LPG) di Fakultas Kedokteran Universitas Hasanuddin.
4. Data pemakaian kertas di Fakultas Kedokteran Universitas Hasanuddin.
5. Data pemakaian listrik di Fakultas Kedokteran Universitas Hasanuddin.
6. Faktor emisi dari setiap aktivitas

#### **E. Sistematika Penulisan**

Sistematika penulisan dari penelitian ini yaitu sebagai berikut:

##### **BAB I PENDAHULUAN**

Bab ini membahas mengenai latar belakang penelitian, rumusan masalah, tujuan dan manfaat penelitian, ruang lingkup penelitian, dan sistematika penulisan laporan.

##### **BAB II TINJAUAN PUSTAKA**

Bab ini berisikan hasil literatur dari topik yang terkait dengan penelitian ini.

##### **BAB III METODOLOGI PENELITIAN**

Bab ini membahas mengenai prosedur perolehan data, dan tahapan atau alur kerja dalam pelaksanaan penelitian.

#### **BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN**

Bab ini membahas uraian mengenai hasil penelitian yang diperoleh serta pembahasan atau analisis.

#### **BAB V KESIMPULAN DAN SARAN**

Bab ini berisikan mengenai kesimpulan dari penelitian ini dan saran jika adanya penelitian lebih lanjut.

## **BAB II**

### **TINJAUAN PUSTAKA**

#### **A. Udara**

Udara merupakan komponen esensial bagi kehidupan, baik manusia maupun makhluk hidup lainnya. Udara merupakan campuran dari gas, yang terdiri dari sekitar 78% nitrogen, 20% Oksigen; 0,9% Argon; 0,03% Karbon Dioksida (CO<sub>2</sub>) dan sisanya terdiri dari Neon (Ne), Helium (He), Metana (CH<sub>4</sub>) dan Hidrogen (H<sub>2</sub>) (Wardhani,2019).

Berdasarkan Peraturan Pemerintah No. 41 Tahun 1999 bahwa udara ambien adalah udara bebas di permukaan bumi pada lapisan troposfer yang berada di dalam wilayah yuridis Republik Indonesia yang dibutuhkan dan mempengaruhi kesehatan manusia, makhluk hidup dan unsur lingkungan hidup lainnya. Sedangkan, pencemaran udara adalah masuknya atau dimasukkannya zat, energi, dan/atau komponen lain ke dalam udara ambien oleh kegiatan manusia, sehingga mutu udara ambien turun sampai ketinggian tertentu yang menyebabkan udara ambien tidak dapat memenuhi fungsinya.

Kualitas udara pada umumnya dinilai dari konsentrasi parameter pencemaran udara yang terukur lebih tinggi atau lebih rendah dari nilai Baku Mutu Udara Ambien Nasional. Baku mutu udara adalah ukuran batas atau kadar unsur pencemaran udara yang dapat ditenggang keberadaannya dalam udara ambien. Udara ambien adalah udara bebas di permukaan troposfer bumi (lapisan udara 16 kilometer di atas permukaan tanah) berada dalam wilayah Republik Indonesia yang mempengaruhi kesehatan manusia, makhluk hidup dan lingkungan hidup lainnya (Kurniawan, 2017).

Meningkatnya aktivitas manusia merupakan salah satu sumber pencemaran udara yang dapat menghasilkan polutan. Salah satunya adalah penggunaan kendaraan bermotor. Kendaraan bermotor menghasilkan emisi gas buang. Salah

satu emisi gas buang tersebut adalah Karbon Monoksida (CO). Konsentrasi karbon monoksida yang tinggi merupakan salah satu penyebab terjadinya gas rumah kaca. Karbon monoksida mempengaruhi peningkatan suhu dan kelembaban di bumi (Kurniawati & Nurullita, 2017).

Menurut Undang-Undang Nomor 32 Tahun 2009 tentang Pengelolaan Lingkungan Hidup, pencemaran lingkungan hidup adalah masuknya atau dimasukkannya hayati, material, energi, dan/atau komponen lain ke lingkungan oleh kegiatan manusia sehingga melebihi baku mutu lingkungan yang telah ditetapkan.

## **B. Gas Rumah Kaca**

Gas Rumah Kaca yang selanjutnya disebut GRK adalah gas yang terkandung dalam atmosfer baik alami maupun antropogenik, yang menyerap dan memancarkan kembali radiasi inframerah (Peraturan Presiden No.71 Tahun 2011). Gas rumah kaca terdiri dari Karbondioksida (CO<sub>2</sub>), Metana (CH<sub>4</sub>), Nitrogen (N<sub>2</sub>O), dan Chloro Fluoro Carbon (CFC) (Majid, 2015).

Permasalahan muncul ketika konsentrasi gas rumah kaca di atmosfer bertambah. Dengan meningkatnya konsentrasi gas rumah kaca, maka akan semakin banyak panas yang ditahan di permukaan bumi dan akan mengakibatkan suhu permukaan bumi menjadi meningkat. Kondisi ini sering disebut pemanasan global. Pemanasan global ini bila tidak ditanggulangi diperkirakan pada tahun 2100 akan dapat meningkatkan suhu udara sebesar 1,4 - 5,8° C relatif terhadap suhu udara pada tahun 1990. Meningkatnya suhu udara ini akan dapat mengakibatkan adanya perubahan iklim yang sangat ekstrim di bumi. Hal ini ditandai dengan terganggunya ekosistem dan mencairnya gunung-gunung es di daerah kutub yang dapat menimbulkan naiknya permukaan air laut sebesar 9 - 88 cm pada tahun 2100 (Houghton et.al., dalam Sugiyono, 2006).

Emisi GRK adalah lepasnya GRK ke atmosfer pada suatu area tertentu dalam jangka waktu tertentu (Peraturan Presiden No.71 Tahun 2011). Pelepasan gas

tersebut menyebabkan bercampurnya berbagai zat di lapisan udara bumi, apabila tidak ditanggulangi dalam jangka waktu yang lama maka akan berdampak pada perubahan iklim pada suatu tempat secara drastic (Majid, 2015).

Inventarisasi GRK adalah kegiatan untuk memperoleh data dan informasi mengenai tingkat, status, dan kecenderungan perubahan emisi GRK secara berkala dari berbagai sumber emisi (source) dan penyerapnya (sink) termasuk simpanan karbon (carbon stock).

Dalam inventarisasi emisi, jenis pencemar yang diinventarisir adalah pencemar primer, umumnya pencemar udara kriteria dan pencemar berbahaya primer, yaitu karbon monoksida (CO), nitrogen oksida (NO<sub>x</sub>), sulfur dioksida (SO<sub>2</sub>), partikel halus (PM<sub>10</sub>), hidrokarbon (HC). Selain itu, dapat ditambahkan salah satu gas rumah kaca, yaitu karbon dioksida (CO<sub>2</sub>).

### **C. Jejak Karbon**

Jejak karbon merupakan suatu ukuran jumlah total dari hasil emisi CO<sub>2</sub> secara langsung maupun tidak langsung yang disebabkan oleh aktivitas dari penggunaan produk dalam kehidupan sehari-hari (Wiedmann dan Minx, 2008).

Jejak karbon terbagi atas dua yaitu (Ratih, 2012):

#### **1. Jejak Karbon Primer**

Jejak karbon primer merupakan ukuran emisi CO<sub>2</sub> yang bersifat langsung seperti, kegiatan memasak dan transportasi yang dihasilkan dari hasil pembakaran bahan bakar fosil.

#### **2. Jejak Karbon Sekunder**

Jejak karbon sekunder merupakan emisi CO<sub>2</sub> yang bersifat tidak langsung yang dihasilkan oleh peralatan-peralatan elektronik rumah tangga dan digunakan daya listrik.

## D. Faktor Emisi

Faktor emisi adalah besarnya emisi yang dilepaskan ke dalam udara ambien dari suatu kegiatan untuk setiap satuan bahan bakar yang digunakan atau intensitas kegiatan yang dilakukan (Permen LH, 2010).

Faktor Emisi (FE) merupakan nilai/angka yang merepresentasikan besaran/kuantitas pencemar yang diemisikan ke atmosfer oleh suatu aktivitas. Nilai ini dapat dinyatakan dalam massa pencemar per unit berat, volume, jarak atau durasi suatu aktivitas mengemisikan pencemar tersebut. Angka faktor ini berasal dari nilai rata-rata statistik dari data pemantauan yang tersedia, yang umumnya diasumsikan telah merepresentasikan nilai rata-rata jangka panjang untuk suatu kategori sumber pada aktivitas/fasilitas yang spesifik (Permen LH, 2012).

Terdapat beberapa sumber emisi yaitu emisi primer dengan aktivitas kampus yaitu volume kendaraan, timbunan sampah, dan pemakaian *Liquefied Petroleum Gas* (LPG), serta emisi sekunder dengan aktivitas kampus yaitu pemakaian kertas, dan pemakaian listrik. Berikut penjelasan lebih lengkap mengenai sektor-sektor tersebut:

### 1. Emisi Primer

#### a. Volume Kendaraan

Transportasi merupakan sumber utama pencemaran udara di perkotaan. Emisi kendaraan bermotor disebabkan oleh perilaku mengemudi dan kondisi lingkungan. Langkah pertama yang harus dilakukan untuk mengetahui emisi dari sektor transportasi adalah menghitung konsumsi energi kemudian menghitung besar emisinya. Berikut adalah rumus untuk menentukan banyaknya CO<sub>2</sub> yang dihasilkan dari kendaraan bermotor menurut Merry J & Pasaribu, 2015 dalam Canina, 2020:

$$\text{Emisi CO}_2 = \frac{n \times L \times f \times x \times \rho}{FE} \quad (1)$$

Keterangan:

Emisi CO<sub>2</sub> : Beban emisi CO<sub>2</sub> (g/hari)



- n : Jumlah Kendaraan (kendaraan/jam)  
 L : Panjang Jalan (km)  
 f : Faktor Emisi (g/kg)  
 ρ : Massa Jenis (Bensin (0.63 kg/liter), dan Solar (0.7 kg.liter))  
 FE : *Fuel Economy* (km/liter)

Faktor emisi yang digunakan pada volume kendaraan sebagai berikut:

**Tabel 1.** Faktor Emisi Kendaraan

Faktor Emisi (g/kg bbm)					
Pencemar	Sepeda Motor	Mobil Bensin	Mobil Solar	Bus	Truck
TSP (g/km)	0.24	0.01	0.53	1.4	1.4
NO <sub>x</sub> (g/km)	0.29	2	3.5	11.9	17.7
SO <sub>2</sub> (g/km)	0.008	0.026	0.44	0.93	0.82
HC (g/km)	5.9	4	0.2	1.3	1.8
CO (g/km)	14	40	2.8	11	8.4
CO <sub>2</sub> (g/kg)	3180	3180	3172	3172	3172

Sumber: Peraturan Menteri Negara Lingkungan Hidup Nomor 12 Tahun 2010

Pada suatu negara perlu diketahui mengenai Ekonomi Bahan Bakar (*fuel economy*) dikarenakan setiap negara memiliki Ekonomi Bahan Bakar (*fuel economy*) berbeda-beda. Ekonomi Bahan Bakar (*fuel economy*) adalah banyaknya bahan bakar yang diperlukan oleh suatu kendaraan untuk menempuh suatu jarak tertentu (Permen LH, 2010). Berikut ekonomi bahan bakar di Indonesia:

**Tabel 2.** Ekonomi Bahan Bakar

No	Kategori/sub-kategori	Ekonomi bahan bakar (km/L)
1	Sedan	9,8
2	Van/Minibus	8
3	Taksi	8,7
4	Angkot	7
5	Bis sedang / mikrobis	4
6	Bis Besar	3,5
7	Pickup	8,5
8	Truck 2 as	4,4
9	Truck 3 as	4

Lanjutan **Tabel 2.** Ekonomi Bahan Bakar

No	Kategori/sub-kategori	Ekonomi bahan bakar (km/L)
10	Sepeda motor / roda 3	28

Sumber: Peraturan Menteri Negara Lingkungan Hidup Nomor 12 Tahun 2010

**b. Timbulan sampah**

Sampah merupakan bagian dari aktivitas manusia dan merupakan penyebab pemanasan global. Sampah menghasilkan gas rumah kaca berupa Gas Metana (CH<sub>4</sub>) dan Gas Karbondioksida (CO<sub>2</sub>). Sampah yang terkumpul dalam kurun waktu tertentu akan terurai dan menghasilkan gas yang tersebar di udara. Gas yang paling sering dihasilkan selama degradasi sampah organik adalah Metana (CH<sub>4</sub>) dan Karbon Dioksida (CO<sub>2</sub>).

Pengambilan data dilakukan selama 8 hari berturut-turut sesuai dengan SNI 19-3964-1994 tentang Metode Pengambilan dan Pengukuran Contoh Timbulan dan Komposisi Sampah Perkotaan. Berikut adalah rumus untuk menentukan banyaknya CO<sub>2</sub> yang dihasilkan dari timbulan sampah menurut Permen LH, 2010:

$$\text{Emisi CO}_2 = Akv \times FE \tag{2}$$

Keterangan:

Emisi CO<sub>2</sub> : Beban emisi CO<sub>2</sub> (KgCO<sub>2</sub>)

Akv : Aktivitas Timbulan Sampah (kwh/tahun)

FE : Faktor Emisi (g/kg)

Berdasarkan Petunjuk Teknis Pemetaan, Evaluasi, dan Pelaporan (PEP) Pelaksanaan RAD-GRK faktor emisi yang digunakan pada timbulan sampah yaitu 0.427 CO<sub>2</sub>/kg.

**c. Pemakaian *Liquefied Petroleum Gas* (LPG)**

Pemakaian LPG diperoleh dari kegiatan memasak sehari-hari di kantin maupun di *pantry*. Berikut adalah rumus untuk menentukan banyaknya CO<sub>2</sub> yang dihasilkan dari pemakaian LPG menurut Permen LH, 2010:

$$\text{Emisi CO}_2 = Akv \times Fe \tag{3}$$

Keterangan:

Emisi CO<sub>2</sub> : Beban emisi CO<sub>2</sub> (KgCO<sub>2</sub>)

Akv : Aktivitas Konsumsi LPG (kwh/tahun)

FE : Faktor Emisi (g/kg)

Berdasarkan Pedoman Teknis Perhitungan Baseline Emisi GRK Sektor Berbasis Energi Tahun 2014 faktor emisi yang digunakan pada pemakaian LPG yaitu 2,98 CO<sub>2</sub>/kg.

**d. Emisi CO<sub>2</sub> Primer Total**

$$\text{Emisi CO}_{2\text{PrimerTotal}} = \text{Emisi CO}_2 (\text{Volume Kendaraan} + \text{Timbulan Sampah} + \text{Pemakaian LPG}) \quad (4)$$

**2. Emisi Sekunder**

**a. Pemakaian Kertas**

Pemakaian kertas di peroleh dari kegiatan administrasi maupun laboratorium sehari-hari. Berikut adalah rumus untuk menentukan banyaknya CO<sub>2</sub> yang dihasilkan dari pemakaian kertas menurut Permen LH, 2010:

$$\text{Emisi CO}_2 = Akv \times FE \quad (5)$$

Keterangan:

Emisi CO<sub>2</sub> : Beban emisi CO<sub>2</sub> (KgCO<sub>2</sub>)

Akv : Aktivitas Pemakaian Kertas (kwh/tahun)

FE : Faktor Emisi (g/kg)

Berdasarkan Petunjuk Teknis Pemetaan, Evaluasi, dan Pelaporan (PEP) Pelaksanaan RAD-GRK faktor emisi yang digunakan pada pemakaian kertas yaitu 0.735 CO<sub>2</sub>/kg.

**b. Pemakaian Listrik**

Pemakaian listrik diperoleh dari penggunaan alat-alat elektronik sehari-hari. Berikut adalah rumus untuk menentukan banyaknya CO<sub>2</sub> yang dihasilkan dari pemakaian listrik menurut Permen LH, 2010:

$$\text{Emisi CO}_2 = Akv \times FE \quad (6)$$

Keterangan:

Emisi CO<sub>2</sub> : Beban emisi CO<sub>2</sub> (KgCO<sub>2</sub>)

Akv : Aktivitas Pemakaian Listrik (kwh/tahun)

FE : Faktor Emisi (g/kg)

Faktor emisi yang digunakan pada pemakaian listrik sebagai berikut:

**Tabel 3.** Faktor Emisi Pemakaian Listrik

Sistem Ketenagalistrikan	Faktor Emisi (kg CO <sub>2</sub> / kWh)
Jawa-Madura-Bali	0.725
Sumatera	0.743
Kaltim	0.742
Kalbar	0.775
Kalteng dan Kalsel	1.273
Sulut, Sulteng, Gorontalo	0.161
Sulsel, Sulbar, Sultra	0.269

Sumber: Pedoman Teknis Perhitungan Baseline Emisi GRK Sektor Berbasis Energi Tahun 2014

Berdasarkan Pedoman Teknis Perhitungan Baseline Emisi GRK Sektor Berbasis Energi Tahun 2014 faktor emisi yang digunakan pada pemakaian listrik terkhusus daerah Sulawesi Selatan yaitu 0.269 CO<sub>2</sub>/kWh.

**c. Emisi CO<sub>2</sub> Sekunder Total**

$$\text{Emisi CO}_2 \text{ Sekunder Total} = \text{Emisi CO}_2 (\text{Pemakaian Kertas} + \text{Pemakaian Listrik}) \quad (7)$$

**3. Emisi CO<sub>2</sub> Total**

$$\text{Emisi CO}_2 \text{ Total} = \text{Emisi CO}_2 (\text{Primer} + \text{Sekunder}) \quad (8)$$

**E. Mitigasi**

Mitigasi Perubahan Iklim adalah usaha pengendalian untuk mengurangi risiko akibat perubahan iklim melalui kegiatan yang dapat menurunkan emisi atau meningkatkan penyerapan GRK dari berbagai sumber emisi (PP No.71 Tahun 2011).

Dalam program pemerintah pada Peraturan Presiden Nomor 61 Tahun 2011 tentang Rencana Aksi Nasional Penurunan Emisi Gas Rumah Kaca (RAN-GRK). Dalam pelaksanaan RAN-GRK meliputi beberapa bidang yaitu:

- a. Pertanian;

Rencana aksi:

- Penelitian sistem pengolahan air pada daerah irigasi.

- Penelitian metode pengurangan emisi GRK di Waduk.
  - Penelitian dan pengembangan teknologi rendah emisi, metodologi, *measurable, reportable, verifiable* (MRV) sektor pertanian (non gambut).
  - Penerapan pembukaan lahan tanpa bakar
- b. Kehutanan dan lahan gambut;
- Rencana aksi:
- Survey dan pengumpulan data hidrogeologi pada lahan bergambut.
  - Identifikasi lahan rawa untuk budidaya dan konservasi.
  - Penelitian sistem tata air pada lahan bergambut.
  - Penyusunan Perpres Kawasan Strategis Nasional (KSN) dan Rencana Tata Ruang (RTR) pulau.
  - Dan lainnya.
- c. Energi dan transportasi;
- Rencana aksi:
- Monitoring pasokan gas bumi untuk konsumen hulu, dan penyiapan rekomendasi alokasi gas bumi.
  - Penyediaan dan pengelolaan energi baru terbarukan dan konservasi energi.
  - Penyediaan regulasi panas bumi dan air tanah.
  - Penyusunan klasifikasi data potensi dan cadangan panas bumi untuk ketenagalistrikan dan pemanfaatan langsung energi panas bumi.
  - Pengalihan pemakaian minyak tanah ke LPG.
  - Perhitungan dan *updating* faktor emisi pada sistem grid ketenagalistrikan.
  - Penelitian sistem pembangkit listrik tenaga gelombang dan arus laut.
  - Pengujian seluruh kendaraan bermotor termasuk kendaraan pribadi dan sepeda motor.
  - Penerapan standar emisi CO<sub>2</sub> untuk mobil penumpang.
  - Pengembangan sistem logistik modern.
  - Penerapan *Car Labeling*.

- Pembatasan kecepatan pada jalan tol.
  - Penerapan pajak kendaraan berdasarkan tingkat emisi CO<sub>2</sub>.
  - Penanaman pohon
- d. Industri;
- Rencana aksi:
- Penyusunan kebijakan teknis pengurangan emisi CO<sub>2</sub> di industri semen dan baja. Fasilitasi dan insentif pengembangan teknologi low carbon dan ramah lingkungan di industri semen dan baja.
  - Penyusunan dan pengembangan roadmap/peta jalan “Green Industry” dan implementasinya.
  - Inventori potensi emisi CO<sub>2</sub> pada sektor industri.
  - Implementasi Standard of EURO IV untuk kendaraan bermotor baru.
  - Penerapan International Organization for Standardization (ISO) 50001 tentang konservasi energi dan monitoring pelaksanaan manajemen energi di sektor industri.
  - Dan lainnya.
- e. Pengolahan limbah;
- Rencana aksi:
- Pelaksanaan inventarisasi GRK.
  - Pengawasan kegiatan pembakaran terbuka (open burning) sampah.
  - Peningkatan kapasitas pengelolaan sampah.
  - Pemanfaatan limbah hasil pembukaan lahan untuk bahan pembuatan kompos, arang dan briket arang.
- f. Kegiatan pendukung lain.
- Rencana aksi:
- Sistem Inventarisasi GRK Nasional (SIGN).
  - Menuju Indonesia Hijau.
  - Pengelolaan Tata Lingkungan.
  - Pengelolaan ekosistem gambut berkelanjutan.
  - Pembangunan Sistem Informasi Peringatan Dini Kualitas Udara untuk informasi tingkat bahaya kebakaran.

Keberadaan universitas memiliki dampak terhadap lingkungan yang diakibatkan dari aktivitas sehari-hari di universitas. Berbagai kegiatan terjadi di dalam kampus menghasilkan emisi gas karbondioksida (CO<sub>2</sub>) yang berdampak langsung maupun tidak langsung bagi lingkungan yang menyebabkan pemanasan global (Wiedmann & Minx, 2008). Kegiatan kampus adalah kegiatan perkuliahan dan pemakaian laboratorium, administrasi kampus, dan kegiatan lainnya yang membutuhkan energi. Besarnya aktivitas dan kegiatan yang dilakukan di lingkungan kampus tentu akan berpengaruh terhadap besar emisi CO<sub>2</sub> yang dihasilkan (Nurhayat, 2019)

Penelitian terdahulu mengenai skenario mitigasi terhadap penurunan emisi GRK telah banyak dilakukan. Penelitian Tasha Nur Azizah (2017) dengan judul ‘‘Kajian Jejak Karbon Dan Pemetaannya Dari Aktivitas Kampus Di Fakultas Ilmu Budaya Universitas Diponegoro‘’. Pada penelitian tersebut hal-hal yang dilakukan untuk mereduksi jejak karbon di Universitas Diponegoro yaitu dengan penggunaan suhu ruang 24°C-27°C, dengan melakukan hal tersebut sesuai dengan Peraturan Menteri Energi dan Sumber Daya Mineral No. 13 Tahun 2012 tentang Penghematan Pemakaian Tenaga Listrik seperti yang telah diterapkan di Gedung Pemerintahan.

Dalam program pemerintah dalam penurunan emisi GRK terdapat pada Peraturan Walikota Makassar No. 36 Tahun 2018 tentang Kebijakan dan Strategi dalam Pengelolaan Sampah Rumah Tangga dan Sampah Jenis Sampah Rumah Tangga (Jakstrada) yang dapat mengurangi sebesar 30% emisi dengan memanfaatkan penggunaan TPS 3R.

## **F. Software *Surfer***

Surfer (Surface Mapping System) merupakan perangkat lunak untuk pengolahan data spasial dan analisa tiga dimensi. Dalam bidang oseanografi, Surfer banyak digunakan untuk mengolah dan menampilkan data batimetri, topografi, arus, pola sebaran dan sebagainya. Surfer juga mempermudah dan mempercepat konversi data ke dalam bentuk peta kontur, plot permukaan, wireframe, vektor,

gambar, relief, dan post map. Lembar kerja Surfer terdiri dari tiga bagian yaitu surface plot, worksheet, dan editor. Surface plot adalah lembar kerja yang digunakan untuk membuat tampilan dan grid. Worksheet adalah lembar kerja yang digunakan untuk melakukan input dan pengolahan data XYZ. Jendela editor adalah tempat yang digunakan untuk membuat atau mengolah file teks ASCII dan analisa statistik data yang di grid (Prawira, 2015). Alasan penggunaan program terapan karena adanya beberapa kelebihan menurut Widiyati, 2010 di antaranya:

1. Jika hasil pengukuran di lapangan yang menggunakan kordinat lokal X, Y, dan elevasi Z; dapat dengan mudah ditransfer;
2. Jika data yang tersedia sudah berupa peta topografi hasil pengukuran, pelaksanaan digitasi dapat dilakukan dengan cara yang cukup mudah;
3. Dapat dilakukan modifikasi, dengan manipulasi sebagaimana nilai kontur bagian dari bentang alam yang berubah (misalnya setelah terbentuk bench penambangan);
4. Perhitungan luas dan volume sebelum sesudah kondisi bentang alam berubah dapat dilakukan dengan cara sederhana;
5. Dengan fasilitas yang tersedia (*Vector*), dapat dilakukan membagi daerah berdasarkan kawasan penyaluran; misalnya untuk kebutuhan perencanaan *drainage* tambang;
6. Dalam surfer tersedia juga fasilitas untuk menghitung dasarnya sumberdaya/cadangan; misalnya dengan menggunakan Kriging, Inverse Distance, Minimum Curvature, dan lain-lain.

Metode *kriging* yang digunakan oleh G. Matheron pada tahun 1960-an untuk menonjolkan metode khusus dalam moving average terbobot (*weighted moving average*) yang meminimalkan variansi dari hasil estimasi. *Kriging* adalah suatu teknik perhitungan untuk estimasi dari suatu variabel teriregional yang menggunakan pendekatan bahwa data yang dianalisis dianggap sebagai suatu realisasi dari suatu variabel acak dan keseluruhan variabel acak yang dianalisis tersebut akan membentuk suatu fungsi acak menggunakan model struktural variogram (Wira Puspita, 2013).



Secara umum, *kriging* merupakan suatu metode yang digunakan untuk menganalisis data geostatik yaitu untuk menginterpolasi suatu nilai kandungan mineral terhadap suatu data sampel. Data sampel pada ilmu kebumihian biasanya diambil di lokasi-lokasi atau titik-titik yang tidak beraturan (Wira Puspita, 2013).

Kriging menghasilkan estimasi nilai  $z$  berdasarkan bobot rata-rata dari lokasi yang nilainya sudah diketahui pada suatu area tertentu. Kriging sesuai digunakan ketika hubungan jarak atau arah dari data yang akan diproses sudah diketahui, dan metode ini banyak digunakan pada aplikasi ilmu tanah dan geologi (Agustinus, 2019).

Di samping penggunaan program terapan ini sangat mudah dan sederhana, juga multiguna dalam terapannya. Beberapa tipe file yang tersedia dalam program terapan ini adalah: Data *Spreadsheet*; \*.dat, \*.txt, \*.xls, \*.bna, \*.bln dan lain-lain; Data *Topo Coutur Map*; \*.srf, \*.wmf, \*.jpg, \*.bmp, \*.gif dan lain-lain.