

TUGAS AKHIR

**KAJIAN JEJAK KARBON AKTIFITAS DI GEDUNG FAKULTAS MIPA
UNIVERSITAS HASANUDDIN**

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



AURELIA DINDA ZHAFIRAH ANDRY

D131 18 1025

DEPARTEMEN TEKNIK LINGKUNGAN

FAKULTAS TEKNIK

UNIVERSITAS HASANUDDIN

2022

TUGAS AKHIR

**KAJIAN JEJAK KARBON AKTIFITAS DI GEDUNG FAKULTAS MIPA
UNIVERSITAS HASANUDDIN**

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



AURELIA DINDA ZHAFIRAH ANDRY

D131 18 1025

DEPARTEMEN TEKNIK LINGKUNGAN

FAKULTAS TEKNIK

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 MIPA Universitas Hasanuddin**

Disusun Oleh :

Nama : Aurelia Dinda Zhafirah Andry D131181025

Telah diperiksa dan disetujui
Oleh Dosen Pembimbing

Gowa, 12 Januari 2023

Pembimbing I

Rasdiana Zakaria, S.T., M.T.
NIP. 198510222019032011

Pembimbing II

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

Menyetujui,
Ketua Departemen Teknik Lingkungan



Dr. Eng. Muralia Hustim, S.T., M.T.
NIP. 197204242000122001

PERNYATAAN KEASLIAN KARYA ILMIAH

Saya yang bertanda tangan di bawah ini:

Nama : Aurelia Dinda Zhafirah Andry

Nim : D131181025

Program Studi : Teknik Lingkungan

Jenjang Studi : Strata 1 (S1)

Menyatakan bahwa karya tulis dengan judul:

*"Kajian Jejak Karbon Aktifitas di Gedung Fakultas MIPA
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.

Makassar, 15 Januari 2023

Yang membuat pernyataan



Aurelia Dinda Zhafirah Andry

D131181025

KATA PENGANTAR

Puji syukur kehadirat Allah Subhanahu Wa Ta'ala atas segala rahmat dan hidayahNya yang telah memberikan kelapangan dan kemudahan di dalam penulisan tugas akhir ini serta dengan mengucap syukur Alhamdulillah, penulisan tugas akhir yang berjudul **“Kajian Jejak Karbon Aktifitas di Gedung Fakultas MIPA Universitas Hasanuddin”** dapat penulis selesaikan. Shalawat dan taslim senantiasa tercurahkan kepada baginda Nabi Muhammad SAW yang dikenal sebagai sang revolusioner sejati serta teladan bagi umat muslim.

Penulisan tugas akhir ini diajukan untuk memenuhi salah satu syarat kelulusan dalam jenjang perkuliahan Strata I sekaligus salah satu syarat untuk memperoleh gelar Sarjana Teknik di Fakultas Teknik Universitas Hasanuddin. Dalam penulisan tugas akhir ini tidak lepas dari hambatan dan kesulitan, namun berkat bimbingan, bantuan, nasihat dan saran serta kerjasama dari berbagai pihak, khususnya pembimbing, sehingga penulis dapat mengatasi segala hambatan tersebut dengan baik. Oleh karena itu dalam kesempatan ini penulis ingin mengucapkan rasa terimakasih yang sebesar – besarnya dengan hati yang tulus kepada :

1. Kedua orang tua tersayang, Bapak Muh Nur Andry Djaja dan Ibu Zaryanti Zainuddin yang senantiasa memberikan doa dan mendukung penulis dengan penuh kasih sayang baik secara moral maupun material. Begitu pula terkhusus kepada saudara – saudari penulis Naufal, Qayla, dan Abyan yang telah memberikan dukungan dan selalu menghibur.
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. Bapak Mukti Ali, S.T., M.T., Ph.D. selaku Wakil Dekan Bidang Kemahasiswaan Alumni dan Kemitraan Fakultas Teknik Universitas Hasanuddin serta staf yang senantiasa mendukung segala kegiatan kemahasiswaan yang penulis ikuti selama menjadi mahasiswa FT-UH.

5. Ibu Dr. Eng. Muralia Hustim, S.T., M.T. selaku Ketua Departemen Teknik Lingkungan Universitas Hasanuddin
6. Ibu Rasdiana Zakaria, S.T., M.T selaku Dosen Pembimbing I yang telah meluangkan waktu membimbing dan mengarahkan penulis hingga tugas akhir ini dapat terselesaikan.
7. Ibu Nurul Masyiah Rani, ST., M.Eng. selaku Dosen Pembimbing II yang telah meluangkan waktu dan sabar membimbing penulis serta membagikan ilmunya dalam memberikan pengarahannya sehingga penulisan tugas akhir ini dapat terselesaikan. Terima kasih atas segala ilmu dan kesabarannya dalam membimbing saya
8. Ibu Prof. Dr. Ir. Hj. Sumarni Hamid Aly, M.T. dan Ibu Zarah Arwieny Hanami, S.T., M.T. selaku dosen penguji yang telah bersedia menguji serta memberikan kritik dan saran kepada penulis dalam penulisan tugas akhir.
9. Bapak/Ibu Dosen Fakultas Teknik Departemen Teknik Lingkungan atas bimbingan, arahan, didikan, dan motivasi yang telah diberikan selama kurang lebih empat tahun.
10. Seluruh staf dan karyawan Fakultas Teknik Universitas Hasanuddin atas segala bantuannya selama penulis menempuh perkuliahan terutama kepada staf S1 Teknik Lingkungan Ibu Sumiati, Ibu Utami dan Pak Olan.
11. Rizki Amalia, selaku teman seperjuangan dan *partner* dalam mengerjakan tugas akhir ini dan dengan sangat sabar menemani dan menghadapi *moody* penulis pada saat pengukuran dimulai.
12. Titi, Savi, Kiki, Cica, Sri, Yaya, Dessy, Fira, dan Nurul yang telah menjadi teman seperjuangan selama kurang lebih empat tahun perkuliahan yang penuh suka duka tapi tetap saling menyemangati dan tiada akhir saling mendukung dalam menyelesaikan tugas akhir dengan penuh canda tawa sehingga perkuliahan terasa menyenangkan.
13. Nufit, Indira, dan Opy yang tiada akhir menanyakan “kapan seminar?” sehingga memberikan penulis motivasi untuk segera menyelesaikan tugas akhir. Terima kasih atas pertanyaan, dukungan, dan waktu yang telah diluangkan untuk penulis dikala susah dan senang penulis dalam menyelesaikan tugas akhir.

14. Teman – teman Lab. Riset Kualitas Udara dan Bising 2018 dengan hiburan, dukungan, serta semangat yang diberikan kepada penulis.
15. Teman – teman Teknik Lingkungan 2018 dan TRANSISI 2019 atas segala bantuan, cerita, dan kenangan selama masa perkuliahan.
16. Ahmad Nurfauzan Hasmin yang telah sabar mendengar keluh kesah penulis dalam menyelesaikan tugas akhir dan tiada henti memberikan dukungan penuh dan motivasi serta nasehat kepada penulis yang sangat membantu penulis menyelesaikan tugas akhir.
17. Dan kepada rekan, sahabat, saudara dan berbagai pihak yang tidak dapat penulis sebutkan satu persatu, penulis ucapkan banyak terima kasih atas setiap bantuan dan doa yang diberikan.
18. *Last but not least*, teruntuk diri sendiri Aurelia Dinda Zhafirah Andry terima kasih untuk tidak menyerah dan menikmati proses pengerjaan tugas akhir. Terima kasih untuk selalu percaya bisa melewati semua hambatan dan rintangan yang ada. Terima kasih telah berhasil menyelesaikan tugas akhir ini.

Semoga Allah membalas kebaikan semua pihak yang turut membantu dalam penyelesaian tugas akhir ini. Penulis menyadari bahwa dalam penulisan tugas akhir ini masih sangat jauh dari kata sempurna sehingga sangat diperlukan kritik maupun saran yang membangun, agar kedepannya bisa memperbaiki penelitian selanjutnya. Akhir kata semoga tugas akhir ini memberikan manfaat bagi pengembangan ilmu pengetahuan

Makassar, 12 Desember 2022

Penulis,

Aurelia Dinda Zhafiirah Andry
D131 18 1025

ABSTRAK

AURELIA DINDA ZHAFIRAH ANDRY. *Kajian Jejak Karbon Aktifitas di Gedung Fakultas MIPA Universitas Hasanuddin* (Dibimbing oleh Rasdiana Zakaria dan Nurul Masyiah Rani).

Keberadaan universitas memiliki dampak terhadap lingkungan yang berasal dari aktivitas dan operasional universitas yang sangat kompleks sehingga dapat menghasilkan emisi gas rumah kaca yang berdampak langsung maupun tidak langsung bagi lingkungan yang menyebabkan pemanasan global. Fakultas MIPA merupakan salah satu fakultas di Universitas Hasanuddin yang memiliki aktivitas yang kompleks seperti kegiatan perkuliahan di kelas, kegiatan yang dilakukan di laboratorium serta administrasi operasional fakultas. Namun, saat ini belum diketahui berapa besar jejak karbon yang dihasilkan.

Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui tingkat emisi jejak karbon yang dihasilkan dari aktifitas di Fakultas MIPA Universitas Hasanuddin dan penyebarannya serta melakukan scenario mitigasi dalam menurunkan tingkat emisi yang dihasilkan. Metode yang digunakan ialah dengan mengklasifikasikan data menjadi data primer dan sekunder yang didapatkan melalui observasi langsung, wawancara, dan pembagian kuisisioner kepada staff Fakultas MIPA lalu kemudian data diolah menggunakan metode Tier 1 berdasarkan IPCC 2006.

Hasil yang penelitian menunjukkan aktivitas penghasil jejak karbon terbesar di Fakultas MIPA Universitas Hasanuddin berasal dari pemakaian listrik yakni sebesar 206.085,79 KgCO₂/Tahun dengan total pemakaian listrik sebanyak 756.937,99 kWh/Tahun. Sedangkan aktivitas yang menghasilkan jejak karbon paling sedikit ialah dari pemakaian kertas dengan total pemakaian sebanyak 1.254,00 dan jejak karbon yang dihasilkan sebesar 921,69 KgCO₂/Tahun. Adapun scenario yang digunakan ialah pemanfaatan suhu ruang 24 – 27 derajat, pemanfaatan cahaya alami, system *paperless*, pemanfaatan kendaraan umum, dan pemanfaatan TPS 3R.

Kata Kunci: Jejak Karbon, Fakultas MIPA, Skenario Mitigasi

ABSTRACT

AURELIA DINDA ZHAFIRAH ANDRY. Study of Activity Carbon Traces at the Faculty of Mathematics and Natural Sciences, Hasanuddin University (Supervised by Rasdiana Zakaria and Nurul Masyiah Rani).

The existence of the university has an impact on the environment that comes from the activities and operations of the university which are very complex so that it can produce greenhouse gas emissions that have direct and indirect impacts on the environment that cause global warming. The Faculty of Mathematics and Natural Sciences is one of the faculties at Hasanuddin University which has complex activities such as lectures in class, activities carried out in the laboratory and operational administration of the faculty. However, it is not yet known how large the carbon footprint will be.

This study aims to determine the level of carbon footprint emissions resulting from activities at the Faculty of Mathematics and Natural Sciences, Hasanuddin University and their distribution as well as to carry out mitigation scenarios in reducing the level of emissions produced. The method used is to classify the data into primary and secondary data obtained through direct observation, interviews, and distributing questionnaires to the MIPA Faculty staff and then the data is processed using the Tier 1 method based on the 2006 IPCC.

The results showed that the largest carbon footprint generating activity at the Faculty of Mathematics and Natural Sciences, Hasanuddin University, came from electricity consumption, which was 206,085.79 KgCO₂/year with a total electricity consumption of 756,937.99 kWh/year. While the activity that produces the least carbon footprint is from the use of paper with a total usage of 1,254,00 and the resulting carbon footprint of 921.69 KgCO₂/year. The scenarios used are the use of room temperature of 24-27 degrees, the use of natural light, the paperless system, the use of public transportation, and the use of 3R TPS.

Keywords: Carbon Footprint, Faculty of Mathematics and Natural Sciences, Mitigation Scenarios

DAFTAR ISI

HALAMAN SAMPUL	i
LEMBAR PENGESAHAN	iii
SURAT PERNYATAAN KEASLIAN	iv
KATA PENGANTAR	v
ABSTRAK	viii
ABSTRACT	ix
DAFTAR ISI	x
DAFTAR GAMBAR	xii
DAFTAR TABEL	xiii
BAB I PENDAHULUAN	1
A. Latar Belakang	1
B. Rumusan Masalah.....	3
C. Tujuan Penelitian	3
D. Ruang Lingkup.....	4
E. Sistematika Penulisan	4
BAB II TINJAUAN PUSTAKA	6
A. Pemanasan Global.....	6
B. Gas Rumah Kaca.....	7
C. Jejak Karbon	8
D. <i>Intergovernmental Panel on Climate Change (IPCC)</i>	11
E. Software Surfer 16	12
F. Skenario Mitigasi Jejak Karbon.....	13
BAB III METODOLOGI PENELITIAN	17
A. Rancangan Penelitian.....	17

B.	Waktu dan Lokasi Penelitian	17
C.	Alat dan Bahan.....	19
D.	Metode Pengumpulan Data.....	20
E.	Metode Analisis Data.....	21
BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN.....		26
A.	Inventaris Kegiatan Sumber Jejak Karbon	26
B.	Beban Emisi Karbon Setiap Gedung	36
C.	Beban Emisi Karbon Setiap Aktivitas	48
D.	Mitigasi Penurunan Emisi Karbon di Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam (MIPA) Universitas Hasanuddin	55
BAB V PENUTUP		60
A.	Kesimpulan	60
B.	Saran	61
DAFTAR PUSTAKA		62
LAMPIRAN		

DAFTAR GAMBAR

Gambar 1. Peta Lokasi Fakultas MIPA Universitas Hasanuddin	19
Gambar 2. <i>Flowchart</i> Analisis Data Penelitian.....	21
Gambar 3. <i>Flowchart</i> Pemetaan Surfer.....	24
Gambar 4. Histogram Emisi CO ₂ Timbunan Sampah Campur Setiap Gedung.....	37
Gambar 5. Histogram Emisi CO ₂ Pemakaian LPG Setiap Gedung/Tahun.....	39
Gambar 6. Histogram Emisi CO ₂ Primer Setiap Gedung/Tahun.....	40
Gambar 7. Pemetaan Penyebaran Beban Emisi Primer	41
Gambar 8. Histogram Emisi CO ₂ Pemakaian Listrik Setiap Gedung/Tahun	43
Gambar 9. Diagram Persentase Emisi CO ₂ Pemakaian Kertas Setiap Gedung/Tahun	44
Gambar 10. Histogram Emisi CO ₂ Sekunder Setiap Gedung/Tahun.....	46
Gambar 11. Pemetaan Penyebaran Beban Emisi Sekunder	46
Gambar 12. Diagram Persentase Emisi CO ₂ Total Setiap Gedung/Tahun	47
Gambar 13. Pemetaan Emisi CO ₂ Fakultas MIPA Universitas Hasanuddin	48
Gambar 14. Diagram Persentase Emisi CO ₂ Total Setiap Aktivitas/Tahun	53
Gambar 15. Diagram Perbandingan Data Aktivitas dan Beban Emisi	54
Gambar 16. Grafik Emisi CO ₂ Pemakaian Listrik Sebelum dan Setelah Reduksi 5%	56
Gambar 17. Grafik Emisi CO ₂ Pemakaian Kendaraan Sebelum dan Setelah Pemanfaatan Kendaraan Umum.....	57
Gambar 18. Grafik Emisi CO ₂ Pemakaian Kertas Sebelum dan Setelah Pemanfaatan <i>Paperless</i>	58
Gambar 19. Grafik Emisi CO ₂ Timbunan Sampah Sebelum dan Setelah Pemanfaatan TPS 3R.....	59

DAFTAR TABEL

Tabel 1. Faktor Emisi.....	12
Tabel 2. Data Volume Kendaraan.....	27
Tabel 3. Timbulan Sampah Gedung SB.....	28
Tabel 4. Timbulan Sampah Gedung I.....	28
Tabel 5. Timbulan Sampah Gedung II.....	29
Tabel 6. Timbulan Sampah Gedung III.....	29
Tabel 7. Timbulan Sampah Gedung IV.....	30
Tabel 8. Timbulan Sampah Gedung V.....	30
Tabel 9. Timbulan Sampah Gedung VI.....	31
Tabel 10. Pemakaian Kertas.....	31
Tabel 11. Pemakaian Alat Elektronik.....	33
Tabel 12. Pemakaian LPG.....	36
Tabel 13. Timbulan Sampah Campur/Tahun.....	36
Tabel 14. Rekapitulasi Emisi CO ₂ Timbulan Sampah Campur Setiap Gedung....	37
Tabel 15. Pemakaian LPG/Tahun.....	38
Tabel 16. Rekapitulasi Emisi CO ₂ Pemakaian LPG Setiap Gedung.....	38
Tabel 17. Rekapitulasi Emisi CO ₂ Primer Total.....	40
Tabel 18. Pemakaian Listrik/Tahun.....	42
Tabel 19. Rekapitulasi Emisi CO ₂ Pemakaian Listrik Setiap Gedung/Tahun.....	42
Tabel 20. Pemakaian Kertas/Tahun.....	43
Tabel 21. Rekapitulasi Emisi CO ₂ Pemakaian Kertas Setiap Gedung.....	44
Tabel 22. Rekapitulasi Emisi CO ₂ Sekunder Setiap Gedung/Tahun.....	45
Tabel 23. Rekapitulasi Emisi CO ₂ Total Setiap Gedung/Tahun.....	47
Tabel 24. Hasil Perhitungan Penggunaan Kendaraan.....	49
Tabel 25. Hasil Perhitungan Timbulan Sampah Campur.....	49
Tabel 26. Hasil Perhitungan LPG.....	50
Tabel 27. Hasil Perhitungan Emisi CO ₂ Primer Secara Keseluruhan.....	51
Tabel 28. Hasil Perhitungan Pemakaian Listrik.....	51
Tabel 29. Hasil Perhitungan Pemakaian Kertas.....	52
Tabel 30. Hasil Perhitungan Emisi CO ₂ Sekunder Keseluruhan.....	52

Tabel 31. Rekapitulasi Hasil Perhitungan Emisi CO ₂ Total dari Setiap Aktivitas	53
Tabel 32. Hasil Emisi CO ₂ Pemakaian Listrik Sebelum dan Sesudah Reduksi 5%	55
Tabel 33. Hasil Emisi CO ₂ dari Pemakaian Kendaraan Sebelum dan Sesudah Pemanfaatan Kendaraan Umum.....	56
Tabel 34. Hasil Emisi CO ₂ Pemakaian Kertas Sebelum dan Setelah Sistem Paperless.....	57
Tabel 35. Hasil Emisi CO ₂ Timbulan Sampah Sebelum dan Setelah Pemanfaatan TPS 3R	58

BAB I

PENDAHULUAN

A. Latar Belakang

Aktivitas manusia modern saat ini cenderung menyebabkan kerusakan terhadap alam, berdampak langsung maupun tidak langsung terhadap manusia lain. Salah satu dampak terbesar aktivitas manusia adalah munculnya gas rumah kaca yang menjadi unsur polutan utama penyebab fenomena pemanasan global. Aktivitas manusia, secara langsung maupun tidak langsung, berkontribusi terhadap peningkatan konsentrasi gas rumah kaca. Permasalahan terkait peningkatan konsumsi energi, kendaraan bermotor, serta perubahan perencanaan dan konstruksi kota berdampak pada degradasi kualitas lingkungan. Dampak negatif terlihat dari penurunan kualitas udara, air dan tanah. Dari kualitas udara penurunannya dilihat dengan emisi karbon. Aktivitas penggunaan energi oleh manusia menyumbang 67% emisi karbon dan memperburuk kualitas udara.

Protokol Kyoto (1998) menyebutkan, enam jenis gas yang digolongkan sebagai GRK utama, karbondioksida (CO_2) adalah GRK antropogenik paling penting. Konsentrasi global karbon dioksida pada tahun 2005 meningkat nilainya dari 280 ppm³ ke 379 ppm³. Konsentrasi karbondioksida tersebut jauh melebihi konsentrasi alami lebih dari 650.000 tahun terakhir (180-300 ppm). Dari 10 tahun terakhir (1995-2005 rata-rata: 1,9 ppm per tahun) tingkat pertumbuhan konsentrasi karbondioksida tahunan lebih besar (IPCC, 2007). Sebagai bentuk partisipasi dalam pengurangan emisi, Indonesia meratifikasi Protokol Kyoto melalui pengesahan UU RI No.17 Tahun 2004. Komitmen pemerintah Indonesia dituangkan dalam Program Aksi Nasional Penurunan Emisi Gas Rumah Kaca. Dengan menggunakan sumber pendanaan dalam negeri pada tahun 2020 berusaha menurunkan emisi GRK secara nasional hingga 26%, serta 41% apabila ada dukungan internasional dalam aksi mitigasi (Bappenas, 2010 dalam Handayani dkk, 2021).

Emisi karbon yang memperburuk kualitas udara salah satunya gas CO_2 . Gas ini termasuk dalam gas rumah kaca. Gas CO_2 merepresentasikan 76,7% emisi GRK yang berasal dari 56,6% dari bahan bakar fosil, 17,3% deforestasi, dan 2,8% dari

sumber lainnya. Emisi CO₂ menyebabkan efek rumah kaca yang berakibat terjadinya perubahan iklim dan pemanasan global. Efek dari pemanasan global yaitu terjadinya kenaikan muka air laut, perubahan garis pantai, penggenangan lahan bawahan, perubahan bentuk jalan dan peningkatan abrasi. Sedangkan efek dari perubahan iklim yaitu adanya badai, dan peningkatan curah hujan dan evapotranspirasi (Maria, 2015).

Salah satu penyebab pemanasan global adalah meningkatnya konsentrasi gas rumah kaca di atmosfer bumi, kebanyakan berupa gas karbon dioksida (CO₂). Penyumbang terbesar konsentrasi gas rumah kaca (GRK) ialah berasal dari sector pemanfaatan energi yakni sebesar 68% di mana gas karbondioksida (CO₂) merupakan polutan terbesar dari gas rumah kaca tersebut dengan persentase 90% (IEA,2015). Ada tiga sektor yang berkontribusi terhadap tingginya emisi tersebut, yaitu sektor listrik sebesar 42%, transportasi sebesar 23%, dan perumahan sebesar 6% (Subkhan, 2017). Selain itu, Santoso (2017) mengemukakan bahwa beragam aktivitas yang dapat menghasilkan karbon dioksida (CO₂) antara lain seperti konsumsi energi listrik (penggunaan lampu, penggunaan peralatan dapur, alat cukur, penggunaan perangkat elektronik), sampah harian (sampah organik, kertas HVS, botol air minum dalam kemasan (AMDK) dan penggunaan alat transportasi (kendaraan bermotor dan mobil). 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).

Keberadaan universitas memiliki dampak terhadap lingkungan yang berasal dari aktivitas dan operasional universitas yang sangat kompleks sebab berbagai macam kegiatan terjadi di dalam kampus di mana kegiatan tersebut menghasilkan emisi gas rumah kaca yang berdampak langsung maupun tidak langsung bagi lingkungan yang menyebabkan pemanasan global (Nurhayat, 2019). 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 CO₂ yang dihasilkan (Nurhayat, 2019). Aktifitas – aktifitas yang

beragam tentunya akan menghasilkan emisi GRK yang berdampak langsung maupun tidak langsung bagi Lingkungan. Nurhayati (2017) juga menyatakan bahwa Universitas dan Perguruan Tinggi mengemisikan sekitar 2-3% dari total emisi GRK suatu negara. Universitas Hasanuddin merupakan salah satu kampus terbesar di Sulawesi yang memiliki 15 Fakultas dengan luas kampus sebesar 220 hektar. Fakultas MIPA merupakan salah satu fakultas di Universitas Hasanuddin yang memiliki aktivitas yang kompleks seperti kegiatan perkuliahan di kelas, kegiatan yang dilakukan di laboratorium serta administrasi operasional fakultas. Namun, saat ini belum diketahui berapa besar jejak karbon yang dihasilkan.

Banyaknya kegiatan di perkuliahan baik dari kegiatan di laboratorium dan di kelas menjadi factor perhitungan emisi. Untuk membuktikan hal tersebut dilakukan identifikasi terhadap berbagai faktor yang mempengaruhi emisi jejak karbon yang dihasilkan sehingga akan diteliti besar daya listrik yang digunakan, jenis bahan bakar, besarnya emisi karbon yang dihasilkan. Maka dari itu, hal ini menjadi latar belakang dilakukannya penelitian ini guna mengetahui seberapa besar emisi jejak karbon yang dapat menyebabkan pemanasan global di Gedung MIPA Universitas Hasanuddin Makassar.

B. Rumusan Masalah

Adapun rumusan masalah dari penelitian ini adalah:

1. Bagaimana tingkat emisi CO₂ dari aktivitas di Gedung MIPA Universitas Hasanuddin?
2. Bagaimana penyebaran emisi CO₂ yang ada di Gedung Fakultas MIPA Universitas Hasanuddin?
3. Bagaimana Skenario mitigasi yang efektif untuk mengurangi emis jejak karbon yang ada di Gedung Fakultas MIPA Universitas Hasanuddin?

C. Tujuan

Adapun tujuan dari penelitian ini ialah:

1. Menganalisis tingkat emisi CO₂ yang dihasilkan oleh aktivitas di Gedung MIPA Universitas Hasanuddin.
2. Memetakan emisi jejak karbon dengan menggunakan software Surfer.

3. Membuat scenario mitigasi yang efektif untuk emisi jejak karbon yang dihasilkan oleh aktivitas di Gedung Fakultas MIPA Universitas Hasanuddin.

D. Ruang Lingkup

Ruang lingkup dari penelitian ini ialah:

1. Data penggunaan listrik dari aktivitas di Gedung Fakultas MIPA Universitas Hasanuddin
2. Data timbulan sampah yang dihasilkan dari aktivitas Gedung Fakultas MIPA Universitas Hasanuddin
3. Data penggunaan kendaraan yang ada di Gedung Fakultas MIPA Universitas Hasanuddin
4. Data pemakaian kertas di Gedung Fakultas MIPA Universitas Hasanuddin
5. Data pemakaian *Liquified Petroleum Gas* (LPG) yang ada di Gedung Fakultas MIPA Universitas Hasanuddin

E. Sistematika Penulisan

Sistematika penulisan dalam laporan Tugas Akhir ini adalah sebagai berikut.

BAB I PENDAHULUAN

Membahas mengenai latar belakang penelitian, rumusan masalah, tujuan penelitian, ruang lingkup penelitian, dan sistematika dalam penulisan laporan.

BAB II TINJAUAN PUSTAKA

Bab ini membahas mengenai tinjauan terhadap literatur atau topik yang terkait dengan penelitian Tugas Akhir.

BAB III METODELOGI PENELITIAN

Bab ini berisi tentang prosedur perolehan data serta tahapan atau alur kerja dalam pelaksanaan penelitian.

BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN

Bab ini berisikan tentang uraian mengenai hasil penelitian yang diperoleh beserta dengan pembahasan atau analisis.

BAB V PENUTUP

Bab ini berisi uraian mengenai kesimpulan dari laporan Tugas Akhir dan saran terhadap kemungkinan adanya penelitian lebih lanjut.

BAB II

TINJAUAN PUSTAKA

A. Pemanasan Global

Pemanasan global (*global warming*) menjadi salah satu isu lingkungan utama yang dihadapi dunia saat ini. Pemanasan global merupakan suatu proses meningkatnya suhu rata-rata atmosfer laut, serta daratan bumi. Suhu rata-rata global pada permukaan Bumi telah meningkat 0.74 ± 0.18 °C (1.33 ± 0.32 °F) selama seratus tahun terakhir (DLH, 2019). Adanya radiasi sinar matahari menuju ke atmosfer bumi merupakan salah satu penyebab terjadinya peningkatan suhu bumi, sebagian sinar ini berubah menjadi energi panas dalam bentuk sinar infra merah diserap oleh udara dan permukaan bumi. Peneliti dari Center for International Forestry Research (CIFR) menjelaskan bahwa pemanasan global adalah kejadian terperangkapnya radiasi gelombang panjang matahari (gelombang panas atau infra merah) yang dipancarkan ke bumi oleh gas rumah kaca. Gas rumah kaca ini secara alami terdapat di udara (atmosfer). Sedangkan efek rumah kaca adalah istilah yang digunakan untuk panas yang terperangkap di alam atmosfer bumi dan tidak bisa menyebar (Mulyani, 2021). Gas – gas rumah kaca terutama berupa karbon dioksida, metana dan nitrogen oksida. Kontribusi besar yang mengakibatkan akumulasi gas – gas kimia ini di atmosfer adalah aktivitas manusia (R Utina, 2009).

Pemanasan global merupakan suatu fenomena global yang dipicu oleh kegiatan manusia terutama yang berkaitan dengan penggunaan bahan fosil dan kegiatan alih guna lahan. Kegiatan tersebut menghasilkan gas-gas yang semakin lama semakin banyak jumlahnya di atmosfer, terutama gas karbon dioksida (CO₂) melalui proses yang disebut efek rumah kaca (Mulyani, 2021). Pemanasan global diperkirakan telah menyebabkan perubahan – perubahan sistem terhadap ekosistem di bumi, antara lain; perubahan iklim yang ekstrim, mencairnya es sehingga permukaan air laut naik, serta perubahan jumlah dan pola presipitasi. Adanya perubahan sistem dalam ekosistem ini telah memberi dampak pada kehidupan di bumi seperti terpengaruhnya hasil pertanian, hilangnya gletser dan punahnya

berbagai jenis hewan (R Utina, 2009). Meningkatnya suhu global diperkirakan akan menyebabkan perubahan – perubahan yang lain seperti naiknya permukaan air laut, meningkatnya intensitas fenomena cuaca yang ekstrim, serta perubahan jumlah dan pola presipitasi. Akibat-akibat pemanasan global yang lain adalah terpengaruhnya hasil pertanian, hilangnya gletser, dan punahnya berbagai jenis hewan (DLH, 2019). Dalam Arah Kebijakan dan Sasaran Adaptasi Perubahan Iklim di Indonesia menyatakan bahwa suhu di Indonesia yang terus naik dapat menyebabkan meningkatnya frekuensi dan intensitas kejadian iklim ekstrim seperti:

- Lebar garis menunjukkan karakter dari kejadian, yaitu lama berlangsungnya El - Nino (berkisar 6-18 bulan).
- Kejadia El – Nino semakin sering dan intnsitas juga cenderung menguat dan ini berasosiasi dengan semakin kuatnya intensitas kejadian cuaca dan iklim ekstrim.

B. Gas Rumah Kaca

Gas Rumah Kaca merupakan gas-gas yang ada di atmosfer yang terperangkap. Sebuah perumpamaan untuk menggambarkan sebuah bumi yang memiliki efek rumah kaca dimana, sinar dari matahari yang berbentuk radiasi ultra violet terperangkap di dalam atmosfer oleh gas-gas rumah kaca yang seharusnya diterima oleh bumi dan memantulkan kembali dalam bentuk radiasi inframerah tetapi, hanya beberapa saja yang bisa di pantulkan dan yang lainnya terperangkap dan menyebabkan bumi menjadi lebih hangat di siang hari dan lebih dingin di malam hari . Proses terjadinya gas rumah kaca ini menyebabkan bocornya lapisan atmosfer di bumi, yang dihasilkan oleh CO₂ yang berlebihan (A Oja, 2019). Gas – gas yang memiliki memiliki sifat GRK antara lain adalah karbon dioksida (CO₂), nitrogen oksida (N₂O), metana (CH₄), gas – gas terflorinasi (HFCs, PFCs dan SF₆), kelompok aldehyd, ozon (O₃) dan uap air (Uyigue, dkk., 2010). The Intergovernmental Panel on Climate Change (IPCC) dalam kajian dan laporannya hanya berfokus pada 4 jenis GRK yaitu CO₂, N₂O, CH₄, dan gas – gas terflorinasi (HFCs, PFCs dan SF₆) (IPCC, 2006).

Di Indonesia, emisi GRK terbesar adalah berasal dari konversi lahan gambut dan ahli fungsi hutan menjadi bentuk penggunaan lahan lainnya (LULUCF = *Land Use and Land Use Land Cover Change of Forest*), emisi dari industry transportasi, dan penambangan semen, pertanian , peternakan, dan sebagainya (A Oja, 2019). Berdasarkan laporan DNPI (Dewan Nasional Perubahan Iklim), bahwa pada tahun 2005 emisi GRK Indonesia kira – kira sebesar 4,97% jumlah tersebut diperkirakan akan terus meningkat di tahun 2030 menjadi 5,1%. Oleh karena itu alih fungsi hutan di lahan gambut perlu diperhitungkan dengan seksama (A Oja, 2019).

C. Jejak Karbon

Jejak karbon adalah total keseluruhan emisi gas rumah kaca yang diakibatkan oleh aktivitas individu dan/atau suatu instansi yang dihitung dan dinyatakan setara dengan karbon dioksida (Kasman, 2020). Hal – hal tersebut mencakup analisis dari sumber pencemar, simpanan spasial dan temporal pada populasi maupun aktivitas, dan dihitung sebagai karbon dioksida ekuivalen menggunakan 100 years Global Warming Potential (GWP 100) (Prihatmaji dkk., 2016 dalam Akmalina, 2020). Jejak karbon adalah ukuran dampak aktivitas manusia terhadap lingkungan dan perubahan iklim tertentu. Hal ini terkait dengan jumlah gas rumah kaca yang dihasilkan dari pembakaran bahan bakar fosil untuk keperluan listrik, pemanas dan transportasi dalam kehidupan sehari-hari. Jejak karbon adalah jumlah total emisi karbon dioksida langsung dan tidak langsung, dan merupakan akumulasi produk yang digunakan dalam kehidupan sehari-hari (Akmalina, 2020).

Terdapat 2 (dua) macam jejak karbon (*carbon footprint*) yakni emisi primer dan emisi sekunder. Yang dimaksud dengan emisi primer adalah ukuran emisi CO₂ yang bersifat langsung, dimana emisi ini didapat dari hasil pembakaran bahan bakar fosil seperti kendaraan dan transportasi lainnya, sedangkan emisi sekunder adalah ukuran emisi CO₂ yang bersifat tidak langsung, didapat dari daur ulang produk yang kita gunakan seperti dalam penggunaan listrik dan sebagainya (Nurhayati, 2017). Jejak karbon kendaraan bermotor dapat dihitung berdasarkan jenis bahan bakar yang digunakan dan emisi gas rumah kaca atau potensi pemanasan global (GWP)

(Akmalina, 2020). Perhitungan jejak karbon dilakukan dengan cara mengubah data emisi menjadi setara karbon dioksida (CO₂-eq) (Kementerian Lingkungan Hidup dan Kehutanan, 2017).

Adapun Rumus Perhitungan Jejak Karbon yang digunakan ialah sebagai berikut:

1. Emisi Jejak Karbon Primer

Yang termasuk Emisi Jejak Karbon Primer merupakan LPG, penggunaan transportasi atau kendaraan, pemakaian kertas dan timbulan sampah yang dapat dilihat sebagai berikut:

- Perhitungan Jejak Karbon dari Pemakaian LPG

$$ECO_2 = KBB \times FE \times NCVLPG \quad (1)$$

Keterangan:

E_{CO_2} : Emisi CO₂ penggunaan LPG (KgCO₂)

KBB : Konsumsi bahan bakar (Kg)

FE : Faktor emisi LPG (KgCO₂/Tj)

NCVLPG : Net caloric value (Kg/Tj)

- Perhitungan Jejak Karbon dari Aktivitas Kendaraan di Kampus

$$ECO_2 = \text{Jumlah Kendaraan} \times FE \times L \quad (2)$$

Keterangan:

E_{CO_2} : Emisi CO₂ penggunaan BBM (Kend.KgCO₂/Hari)

Jumlah Kendaraan: Banyaknya Kendaraan (Kend/Hari)

FE : Faktor Emisi Bahan Bakar (Kg/Km)

L : Panjang Jalan (Km)

- Perhitungan Jejak Karbon dari Timbulan Sampah Campur

$$ECO_2 = TS \times FE \quad (3)$$

Keterangan :

E_{CO_2} : Emisi CO₂ Timbulan Sampah (KgCO₂/Hari)

TS : Timbulan Sampah (Kg/Hari)

FE : Faktor Emisi (KgCO₂/Kg)

- Perhitungan Jejak Karbon Primer Keseluruhan

$$ECO_{2\text{PrimerTotal}} = ECO_{2(\text{LPG})} + ECO_{2(\text{Kendaraan})} + ECO_{2(\text{Timbulan Sampah})} \quad (4)$$

Keterangan:

$E_{CO_{2\text{PrimerTotal}}}$: Emisi total karbon dioksida primer keseluruhan (KgCO₂)

$E_{CO_{2(\text{LPG})}}$: Emisi total karbon dioksida penggunaan LPG (KgCO₂)

$E_{CO_{2(\text{Kendaraan})}}$: Emisi total karbon dioksida penggunaan kendaraan di kampus (KgCO₂)

$E_{CO_{2(\text{Timbulan Sampah})}}$: Emisi total karbon dioksida timbulan sampah di kampus (KgCO₂)

2. Emisi Jejak Karbon Sekunder

Yang termasuk Emisi Jejak Karbon Sekunder merupakan peralatan – peralatan elektronik

- Perhitungan Jejak Karbon dari Penggunaan Listrik

$$ECO_2 = KE \times FE \quad (5)$$

Keterangan:

E_{CO_2} : Emisi CO₂ penggunaan listrik (KgCO₂)

KE : Konsumsi Energi (kWh)

FE : Faktor Emisi (KgCO₂/kWh)

- Perhitungan Jejak Karbon dari Pemakaian Kertas

$$ECO_2 = KPK \times FE \quad (6)$$

Keterangan:

E_{CO_2} : Emisi CO₂ Penggunaan Kertas (KgCO₂)

KPK : Konsumsi Pemakaian Kertas (Kg/Hari)

FE : Faktor Emisi Pemakaian Kertas (KgCO₂/KgKertas)

- Perhitungan Jejak Karbon Sekunder Keseluruhan

$$ECO_2 \text{ Sekunder Total} = ECO_{2(\text{Listrik})} + ECO_{2(\text{Kertas})} \quad (7)$$

Keterangan :

$E_{CO_{2\text{SekunderTotal}}}$: Emisi total karbon dioksida sekunder keseluruhan

(KgCO₂)

$E_{CO_2(\text{Listrik})}$: Emisi total karbon dioksida penggunaan listrik
(KgCO₂)

$E_{CO_2(\text{Kertas})}$: Emisi total karbon dioksida kertas di kampus
(KgCO₂)

3. Emisi CO₂ Secara Keseluruhan

$$E_{CO_2 \text{ Total}} = E_{CO_2 \text{ Primer}} + E_{CO_2 \text{ Sekunder}} \quad (8)$$

Keterangan:

$E_{CO_2 \text{ Total}}$: Emisi total karbon dioksida keseluruhan (KgCO₂)

$E_{CO_2 \text{ primer}}$: Emisi total karbon dioksida primer keseluruhan (KgCO₂)

$E_{CO_2 \text{ Sekunder}}$: Emisi total karbon dioksida sekunder keseluruhan (KgCO₂)

D. Intergovernmental Panel on Climate Change (IPCC) Guidelines

Intergovernmental Panel on Climate Change atau IPCC merupakan organisasi independen yang dibentuk oleh PBB pada tahun 1998 dengan tujuan untuk melakukan survei secara ilmiah dan teknis terkait dengan perubahan iklim di seluruh dunia (A Oja, 2021). Metode pengukuran IPCC lebih fleksibel karena disesuaikan dengan kebutuhan data, jenis teknologi kendaraan, dan jenis kendaraan khusus pada sektor transportasi (Kementrian ESDM, 2018).

Metodologi perhitungan emisi yang digunakan adalah:

$$Emisi \text{ GRK} = AD \times EF \quad (9)$$

Keterangan:

EGRK: Emisi Gas Rumah Kaca

AD: Data Aktivitas

EF: Faktor Emisi

Faktor emisi adalah massa dari suatu polutan yang dihasilkan untuk setiap unit proses, per satuan massa bahan bakar yang dikonsumsi atau per unit produksi. Faktor ini digunakan untuk menyatakan besarnya emisi gas rumah kaca yang dilepaskan ke atmosfer per satuan aktivitas tertentu (A Oja, 2021). Nilai factor emisi yang digunakan berdasarkan IPCC 2006 dapat dilihat pada Tabel 1.

Tabel 1. Faktor Emisi

No.	Aktivitas	Faktor Emisi
1	Listrik Wil. Sulawesi	0.269 KgCO ₂ /kWh
2	Mobil	0.04 KgCO ₂ /Km
3	Motor	0.014 KgCO ₂ /Km
4	Sampah	0.427 KgCO ₂ /Kg
5	Kertas	0.735 KgCO ₂ /Kg
6	LPG	61000 Kg/Tj

E. Software Surfer 16

Surfer merupakan suatu program pembuat kontur dan peta 3 (tiga) dimensi berbasis grid (grid-based contouring and 3D surface plotting graphics program) yang berjalan pada system operasi Windows, Windows 95, Windows NT. Materi yang dibahas dalam digitasi peta, didasarkan kepada cara pembuatan peta topografi, peta 3 dimensi, penampang serta perhitungan luas dan volume, yang berbasis pada program terapan surfer. Surfer bekerja dengan cara menginterpolasi data XYZ yang tidak beraturan menjadi bentuk grid yang teratur, dan meletakkan hasil proses peng-grid-an tersebut dalam file *.GRD. File bertipe ini yang selanjutnya akan digunakan untuk membuat peta kontur dan peta permukaan 3D. (A Oja, 2019) Alasan penggunaan program terapan karena adanya beberapa kelebihan, di antaranya :

- Hasil pengukuran di lapangan yang menggunakan kordinat local X,Y, dan elevasi Z dapat dengan mudah ditransfer
- Pelaksanaan digitasi dapat dilakukan dengan cara yang cukup mudah jika data yang tersedia sudah berupa peta topografi hasil pengukuran
- Dapat dilakukan modifikasi, dengan manipulasi sebageian nilai kontur bagian dari bentang alam yang berubah (misalnya setelah terbentuk bench penambangan)
- Perhitungan luas dan volume sebelum sesudah kondisi bentang alam berubah dapat dilakukan dengan cara sederhana
- Dapat dilakukan pembagian daerah berdasarkan kawasan penyaluran; misalnya untuk kebutuhan perencanaan drainage tambang dengan fasilitas Vector yang tersedia

- Dalam surfer tersedia juga fasilitas untuk menghitung dasarnya sumber daya/cadangan; misalnya dengan menggunakan Kriging, Inverse Distance, Minimum Curvature, dan lain-lain

Kriging merupakan suatu metode analisis data geostatistika yang digunakan untuk menduga besarnya nilai yang mewakili suatu titik yang tidak tersampel berdasarkan titik tersampel yang berada di sekitarnya dengan menggunakan model structural semivariogram (Rozalia, 2016). Kriging juga dapat mempresentasikan dan menunjukkan metode khusus yang dapat meminimalkan nilai variansi dari hasil pendugaan Georges Matheron (Wulandari, 2021). Metode kriging dapat dibedakan menjadi 3 berdasarkan diketahui atau tidaknya nilai rata-rata (mean) dari populasi yaitu *simple kriging*, *ordinary kriging* dan *universal kriging* (Rozalia, 2016). Kriging yang umum digunakan diantaranya adalah *ordinary kriging* karena data tidak diakomodir dan tidak mengandung pencilan (*outlier*). *Ordinary kriging* disebut metode paling sederhana pada data geostatistika. Metode ini memiliki asumsi bahwa nilai rata-rata populasi (*mean*) tidak diketahui tetapi bernilai konstan dan data spasial yang digunakan tidak mengandung trend dan pencilan (*outlier*) (*outlier*) (Wulandari, 2021). Data spasial diperoleh dari hasil pengukuran yang berisi informasi tentang lokasi dan pengukuran. Data ini disajikan dalam bentuk posisi geografis dari objek, lokasi, hubungan dengan objek-objek lainnya, dengan menggunakan titik koordinat dan luasan (Rozalia, 2016).

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. Dengan demikian, dapat dilakukan transfer antar program terapan lainnya, yang menggunakan basis data dan format gambar yang sama, seperti Auto Cad, Corel Draw, Google Earth, dan Adobe Photoshop.

F. Skenario Mitigasi Jejak Karbon

Mitigasi merupakan segala upaya yang dilakukan untuk mengendalikan penyebab terjadinya emisi atau meningkatkan serapan emisi untuk membantu mengurangi dampak perubahan iklim (A Oja, 2019). Berdasarkan Perpres Nomor

98 Tahun 2021 mitigasi adalah usaha pengendalian untuk mengurangi risiko akibat perubahan iklim melalui kegiatan yang dapat menurunkan emisi atau meningkatkan penyerapan gas rumah kaca dan penyimpanan/penguatan cadangan karbon dari berbagai sumber emisi.

Dalam penurunan emisi jejak karbon terdapat beberapa program scenario mitigasi yang dilakukan pemerintah. Berdasarkan Perpres Nomor 61 Tahun 2011 program scenario mitigasi yang dilakukan antara lain:

- Mendukung implementasi program diversifikasi dan konservasi energi dengan mengubah penggunaan bahan bakar minyak menjadi gas atau listrik atau energy terbarukan yang lain.
- Mendukung pengembangan energi alternatif seperti bioetanol, listrik, surya, angin, gelombang laut, petir, dan lainnya.
- Mendukung konservasi lingkungan.
- Mendukung pertumbuhan ekonomi lokal.
- Meningkatkan kualitas dan sumber daya masyarakat lokal.
- Menjaga tingkat penyerapan tenaga kerja tanpa pemberhentian.
- Mendukung perubahan teknologi.
- Pemasangan alat *converter kit* pada angkutan umum, di mana *converter kit* ini memiliki fungsi mengubah bahan bakar bensin ke bahan bakar gas alami. Alat ini dapat menurunkan emisi sebesar 20%.
- Penyediaan dan pengelolaan energi baru terbarukan dan konservasi energi seperti PLTP (Pembangkit Listrik Tenaga Panas Bumi), PLTMH (Pembangkit Listrik Tenaga Micro Hydro), PLTM (Pembangkit Listrik Tenaga Mini Hydro), PLTS (Pembangkit Listrik Tenaga Surya), PLT Hybrid (Pembangkit Listrik Tenaga Hybrid), dan PLT Biomassa (Pembangkit Listrik Tenaga Biomassa).

Emisi gas rumah kaca akan terus bertambah seiring dengan bertambahnya kebutuhan energi dan kebutuhan penunjang aktivitas dan kehidupan manusia. Upaya pengurangan emisi gas rumah kaca menjadi perhatian lingkungan saat ini. Dalam mengurangi emisi jejak karbon maka dimulai dengan mengukur jumlah jejak karbon yang dihasilkan terlebih dahulu. Keberadaan universitas sebagai

sarana pendidikan dengan berbagai aktivitas pastinya membutuhkan energi sebagai penunjang berlangsungnya kegiatan perkuliahan, aktivitas ini tentunya memiliki dampak terhadap lingkungan akibat dari operasional dan aktivitas universitas (Nataya, 2022). Berbagai kegiatan terjadi didalam kampus, diantaranya kegiatan perkuliahan dan pemakaian laboratorium, administrasi kampus, mobilitas civitas kampus, dan aktivitas kampus lainya yang membutuhkan energi (Nataya, 2022).

Berdasarkan penelitian terdahulu terdapat beberapa hal yang dapat dilakukan untuk mereduksi jejak karbon di universitas salah satunya dengan penggunaan suhu pendingin ruangan antara 24°C - 27°C. Penelitian yang dilakukan oleh Azizah (2017) di Fakultas Ilmu Budaya Universitas Diponegoro mereduksi emisi sebesar 5% dengan melakukan aksi pemakaian suhu pendingin ruangan antara 24°C - 27°C, hal ini mengacu pada Peraturan Menteri Energi dan Sumber Daya Mineral No. 13 Tahun 2012 tentang Penghematan Pemakaian Tenaga Listrik di mana telah dilaksanakan pula di Gedung Pemerintahan.

Timbunan sampah yang semakin tinggi tanpa pengolahan terlebih lanjut dapat menimbulkan emisi yang semakin besar (Kustiasih dkk, 2014). Pencegahan timbulnya emisi dari timbulan sampah yakni diperlukan adanya usaha – usaha penanggulangan sampah salah satunya yaitu dengan penerapan TPS 3R (*Reduce, Reuse, Recycle*) (Kustiasih dkk, 2014). TPS 3R dapat mengurangi emisi timbulan sampah di landfill dan beban pengelolaan sampah dengan cara mengolah sampah untuk didaur ulang sehingga sampah tidak terbuang langsung ke TPA dan mengalami pembusukan (Septiani, 2019). Dalam program pemerintah berdasarkan Perwali Kota Makassar No. 36 Tahun 2018 tentang Kebijakan dan Strategi Dalam Pengelolaan Sampah Rumah Tangga dan Sampah Sejenis Sampah Rumah Tangga (Jakstrada) dapat mengurangi sebesar 30% emisi sampah dengan melakukan TPS 3R.

Sistem *Paperless Office* atau yang biasa disebut kantor tanpa kertas dikenal sebagai lingkungan kerja dimana penggunaan kertas diminimalisir atau dikurangi. Artinya *Papperless Office* bukan tidak menggunakan kertas sama sekali melainkan pengurangan terhadap penggunaa kertas yang ada di kantor untuk berbagai macam kegiatan setiap harinya (Hakim, 2019). Berdasarkan penelitian yang dilakukan oleh

Hakim (2019) di Universitas Islam Indonesia, reduksi emisi untuk pemakaian kertas dapat dilakukan dengan system *paperless* yang diterapkan di layanan administrasi di mana selain dapat mereduksi emisi pemakaian kertas juga dapat mengurangi biaya pemakaian kertas.

Emisi CO₂ yang dihasilkan sektor transportasi yang paling tinggi adalah emisi dari jenis kendaraan bermotor dan sejenisnya. Hal tersebut disebabkan karena emisi yang disebabkan karena tingginya jumlah penggunaan sepeda motor (Kadmaerubun dan Hermana, 2013). Berdasarkan penelitian yang dilakukan oleh Nestiti (2017) yang dilakukan di Kota Surabaya, emisi CO₂ yang dihasilkan oleh sector transportasi dalam hal ini kendaraan pribadi dapat direduksi dengan pemanfaatan kendaraan umum seperti taxi, bus, dan lain – lain.