

**DAMPAK *FOOD WASTE* PADA PROGRAM MAKANAN
BERGIZI GRATIS (MBG) TERHADAP POTENSI KENAIKAN
EMISI GAS RUMAH KACA DI KOTA BANDA ACEH**

TUGAS AKHIR

Diajukan Oleh:

**FIKRI AL KISRA
NIM. 220702047**

**Mahasiswa Fakultas Sains dan Teknologi
Program Studi Teknik Lingkungan**



**FAKULTAS SAINS DAN TEKNOLOGI
UNIVERSITAS ISLAM NEGERI AR-RANIRY
BANDA ACEH
2026 M/1448 H**

LEMBAR PERSETUJUAN

DAMPAK *FOOD WASTE* PADA PROGRAM MAKANAN BERGIZI GRATIS (MBG) TERHADAP POTENSI KENAIKAN EMISI GAS RUMAH KACA DI KOTA BANDA ACEH

TUGAS AKHIR

Diajukan kepada Fakultas Sains dan Teknologi

Universitas Islam Negeri (UIN) Ar-Raniry Banda Aceh

Sebagai Salah Satu Persyaratan Studi Memperoleh Gelar Sarjana (S1)

Dalam Ilmu Teknik Lingkungan

Oleh:

Fikri Al Kisra

NIM. 220702047

Mahasiswa Fakultas Sains dan Teknologi

Program Studi Teknik Lingkungan

Disetujui Untuk Dimunafasyah kan Oleh:

Pembimbing I,

Arief Rahman, M.T.
NIDN. 2010038901

Pembimbing II,

Ir. Svarifah Seicha Fathma, S.T., M.T.

Mengetahui,

Ketua Program Studi Teknik Lingkungan

Husnawati Yahya, S.Si., M.S.c
NIP. 198311092014032002

LEMBAR PENGESAHAN TUGAS AKHIR
DAMPAK *FOOD WASTE* PADA PROGRAM MAKANAN
BERGIZI GRATIS (MBG) TERHADAP POTENSI KENAIKAN
EMISI GAS RUMAH KACA DI KOTA BANDA ACEH

TUGAS AKHIR

Telah Diuji Oleh Panitia Ujian Munaqasyah Tugas Akhir/Skripsi Fakultas
Sains dan Teknologi UIN Ar-Raniry Banda Aceh dan Dinyatakan Lulus Serta
Diterima Sebagai Salah Satu Beban Studi Program Sarjana (S-1)
Dalam Prodi Teknik Lingkungan

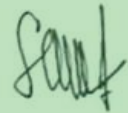
Pada Hari/Tanggal: Jum'at, 3 Juli 2026
18 Muharram 1448 H
di Darussalam, Banda Aceh

Panitia Ujian Munaqasyah Skripsi

Ketua,

Sekretaris,


Arief Rahman, M.T.
NIP. 198903102019031012


Ir. Svarifah Seicha Fathma, S.T., M.T.

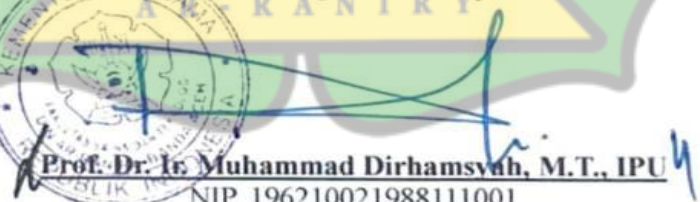
Penguji I,

Penguji II,


Suardi Nur, S.T., M.Sc., Ph.D
NIP: 198110102006041006


Ir. Muhammad Haikal, S.T., M.Sc.
NIP.199502252025051003

Mengetahui,
Dekan Fakultas Sains dan Teknologi
Universitas Islam Negeri Ar-Raniry Banda Aceh


Prof. Dr. Ir. Muhammad Dirhamsyah, M.T., IPU
NIP. 196210021988111001

LEMBAR PERNYATAAN KEASLIAN TUGAS AKHIR

Yang bertanda tangan di bawah ini:

Nama : Fikri Al Kisra
Nim : 220702047
Program Studi : Teknik Lingkungan
Fakultas : Sains dan Teknologi UIN Ar-Raniry Banda Aceh
Judul Skripsi : Dampak *Food Waste* Pada Program Makanan Bergizi Gratis (MBG) Terhadap Potensi Kenaikan Emisi Gas Rumah Kaca Di Kota Banda Aceh

Dengan ini menyatakan bahwa dalam penulisan skripsi ini, saya:

1. Mengerjakan sendiri karya ini dan mampu bertanggung jawab atas karya ini;
2. Karya tulis ini adalah asli dan belum pernah diajukan untuk mendapatkan gelar akademik apapun, baik di Universitas Islam Negeri Ar-Raniry Banda Aceh maupun di perguruan tinggi lainnya;
3. Karya tulis ini adalah merupakan gagasan, rumusan dan penelitian saya sendiri, tanpa bantuan pihak lain kecuali arahan dari dosen pembimbing;
4. Tidak melakukan plagiasi terhadap naskah karya orang lain;
5. Tidak menggunakan karya orang lain tanpa menyebutkan sumber asli atau tanpa izin pemilik karya, dan
6. Tidak memanipulasi dan memalsukan data.

Bila kemudian hari ada tuntutan dari pihak lain atas karya saya, dan telah melalui pembuktian yang dapat dipertanggungjawabkan dan ternyata memang ditemukan bukti bahwa saya melanggar pernyataan ini, maka saya siap dikenai sanksi berdasarkan aturan yang berlaku di Fakultas Sains dan Teknologi Universitas Islam Negeri Ar-Raniry Banda Aceh.

Banda Aceh, 03 Juli 2026



Fikri Al Kisra

KATA PENGANTAR

Dengan nama Allah yang maha pengasih lagi Maha Penyayang. Segala puji dan syukur ke hadirat Allah Swt. Berkat rahmat dan hidayah-Nya peneliti dapat menyelesaikan Proposal Tugas Akhir dengan judul “Dampak *Food Waste* Pada Program Makanan Bergizi Gratis (MBG) Terhadap Potensi Kenaikan Emisi Gas Rumah Kaca Di Kota Banda Aceh” dengan baik. Selawat beserta salam kepada Nabi Muhammad SAW, yang telah membawa umat manusia menuju alam berilmu pengetahuan.

Tugas Akhir ini sebagai salah satu syarat ke depannya untuk gelar Sarjana Teknik pada Program Studi Teknik Lingkungan Fakultas Sains dan Teknologi UIN Ar-Raniry Banda Aceh, serta selesai berkat bantuan dan bimbingan yang sangat berarti dari berbagai pihak. Selama penyusunan Tugas Akhir ini, penulis menyampaikan rasa sayang dan terima kasih kepada kedua orang tua, Ayahanda Amirul Kisra, S.Pd., M.Pd. dan Ibunda Rosmawati, S.Pd. yang senantiasa memberikan dukungan, semangat serta doa untuk penulis. Penulis juga ingin menyampaikan terima kasih kepada saudari kandung tersayang Zaskia Putri Aqilah yang telah memberikan dukungan materi dan moril serta motivasi yang tiada hentinya.

Pada kesempatan ini, perkenankan peneliti mengucapkan banyak terima kasih kepada pihak yang telah banyak memberikan bantuan dan bimbingan demi kelancaran Tugas Akhir ini:

1. Prof. Dr. Ir. Muhammad Dirhamsyah, M.T., IPU. selaku Dekan Fakultas Sains dan Teknologi UIN Ar-Raniry Banda Aceh.
2. Ibu Husnawati Yahya, S.Si., M.Sc. selaku Kepala Program Studi Teknik Lingkungan sekaligus Pembimbing Akademik UIN Ar-Raniry Banda Aceh.
3. Bapak Aulia Rohendi, S.T., M.Sc. selaku Sekretaris Program Studi Teknik Lingkungan Universitas Islam Negeri Ar-Raniry Banda Aceh.
4. Bapak Dr. Ir. Juliansyah Harahap, S.T., M.Sc., IPM., APEC Eng. selaku Dosen Pembimbing Akademik Program Studi Teknik Lingkungan Universitas Islam Negeri Ar-Raniry Banda Aceh.
5. Bapak Arief Rahman, M.T. selaku Dosen Pembimbing I penulisan Tugas Akhir. Terima Kasih untuk segala pembelajaran dan motivasi yang diberikan

saat perkuliahan maupun selama bimbingan yang menjadi penyemangat dalam menyelesaikan Tugas Akhir ini. Rasa hormat dan bangga, bisa menjadi mahasiswa bimbingan Bapak.

6. Ibu Ir. Syarifah Seicha Fathma, S.T., M.T. selaku Dosen Pembimbing II penulisan Tugas Akhir. Terima Kasih untuk segala pembelajaran dan motivasi yang diberikan saat perkuliahan maupun selama bimbingan yang menjadi penyemangat dalam menyelesaikan Tugas Akhir ini. Rasa hormat dan bangga, bisa menjadi mahasiswa bimbingan Ibu.
7. Bapak dan Ibu seluruh Dosen Fakultas Sains dan Teknologi, UIN Ar-Raniry Banda Aceh. Terutama Bapak dan Ibu dosen Prodi Teknik Lingkungan yang telah memberikan ilmu pengetahuan, mendidik, dan membimbing peneliti selama perkuliahan. Rasa hormat dan bangga, penulis berkesempatan diajarkan dan dibimbing oleh Bapak dan Ibu dosen.
8. Ibu Firda Elvisa, SE, Ak, selaku Staf Administrasi Program Studi Teknik Lingkungan yang telah membantu dengan sabar dalam hal administrasi.
9. Seluruh staf dan pihak pengelola SPPG 1, SPPG 2, dan SPPG 3 yang telah bersedia meluangkan waktunya serta senantiasa memberikan data maupun informasi yang sangat berguna bagi kelancaran penyusunan Tugas Akhir ini.
10. Seluruh Saudara Angkatan Teknik Lingkungan 2022 yang telah menjadi teman seperjuangan selama masa perkuliahan. Dukungan, kebersamaan, dan semangat yang terus dibagi menjadi salah satu penguat dalam menyelesaikan Tugas Akhir ini.
11. Kepada seluruh pihak yang turut membantu memberikan masukan, motivasi, dan doa baik secara langsung maupun tidak langsung yang tidak dapat penulis sebutkan satu persatu. Semoga Allah Swt. membalas ketulusan hati dan kebaikan yang telah diberikan kepada penulis.

Semua bantuan tersebut penulis kembalikan kepada Allah Swt. Untuk dapat diberikan imbalan berupa pahala yang setimpal dengan besarnya bantuan yang telah diberikan kepada penulis. Apabila nantinya terdapat kekurangan dan kesilapan dalam penulisan Tugas Akhir ini, penulis mengharapkan masukan yang bersifat membangun guna memperbaiki penulisan karya-karya ilmiah selanjutnya.

Akhir kata, kepada Allah Swt. kita berserah diri. Semoga Tugas Akhir ini dapat bermanfaat bagi semua pihak.

Banda Aceh, 16 Januari 2026

Penulis



ABSTRAK

Nama : Fikri Al Kisra
Nim : 220702047
Program Studi : Teknik Lingkungan
Judul Skripsi : Dampak *Food Waste* Pada Program Makanan Bergizi Gratis (MBG) Terhadap Potensi Kenaikan Emisi Gas Rumah Kaca Di Kota Banda Aceh
Jumlah Halaman : 79
Pembimbing 1 : Arief Rahman, M.T.
Pembimbing 2 : Ir. Syarifah Seicha Fathma, S.T., M.T.
Kata Kunci : *Food Waste*, Makanan Bergizi Gratis (MBG), Emisi Gas Rumah Kaca, IPCC 2006, Analisis SWOT.

Program Makanan Bergizi Gratis (MBG) di Kota Banda Aceh berpotensi meningkatkan *food waste* dan emisi Gas Rumah Kaca (GRK) di TPA. Penelitian ini bertujuan mengukur timbulan *food waste*, mengestimasi emisi GRK, dan merumuskan strategi mitigasi. Metode deskriptif kuantitatif diterapkan melalui *sampling* pada 3 SPPG selama 3 hari berpedoman SNI 3964:2025. Emisi GRK dihitung menggunakan IPCC 2006 Tier 1, dan mitigasi dianalisis dengan matriks SWOT. Hasil penelitian menunjukkan rata-rata timbulan *food waste* mencapai 154,38 kg/hari, menyumbang emisi 2,254 ton CH₄/tahun atau setara 63,109 ton CO₂-eq/tahun. Proyeksi ekspansi 44 SPPG dengan pembuangan konvensional akan memicu lonjakan emisi hingga 33,23 ton CH₄/tahun. Posisi strategis pengelolaan berada pada Kuadran II atau Strategi Diversifikasi. Kesimpulan penelitian ini menegaskan bahwa ekspansi program MBG tanpa pengolahan limbah di sumber akan memicu krisis kapasitas TPA dan ancaman ekologis akibat gas metana. Rekomendasi mitigasi utamanya adalah mendirikan fasilitas Rumah Kompos terpadu, kalibrasi menu, pemanfaatan pakan ternak, serta edukasi pemilahan sampah guna menetralisasi krisis dari hulu.

ABSTRACT

Name : Fikri Al Kisra
Nim : 220702047
Study Program : Environmental Engineering
Title : *The Impact Of Food Waste On The Free Nutritious Food Program (MBG) On The Potential Increase In Greenhouse Gas Emissions In Banda Aceh City*
Number of Pages : 79
Advisor 1 : Arief Rahman, M.T.
Advisor 2 : Ir. Syarifah Seicha Fathma, S.T., M.T.
Keywords : *Food Waste, Free Nutritious Food (MBG), Greenhouse Gas Emissions, IPCC 2006, SWOT Analysis*

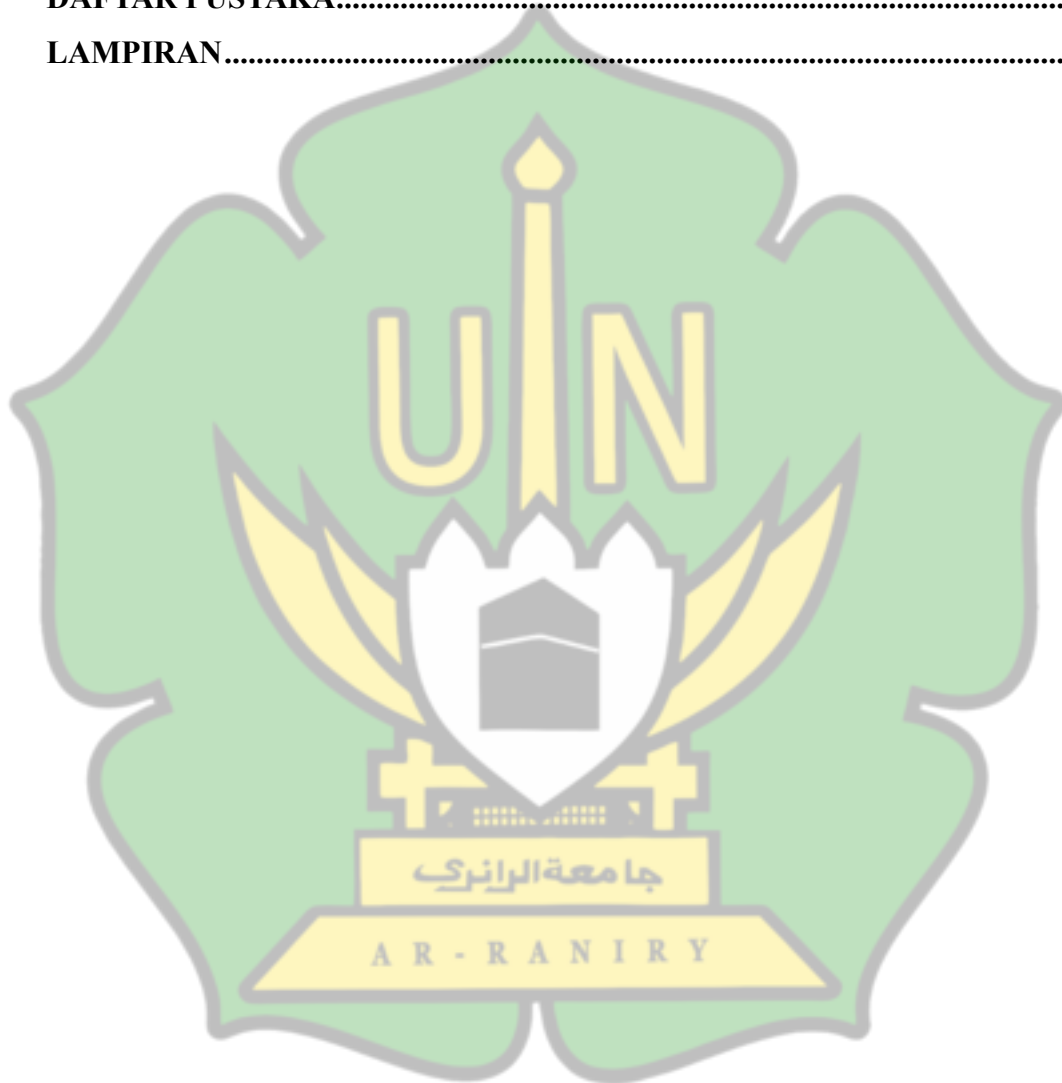
The Free Nutritious Meal (MBG) Program in Banda Aceh City has the potential to increase food waste and Greenhouse Gas (GHG) emissions at the Final Disposal Site (TPA). This study aims to measure food waste generation, estimate GHG emissions, and formulate mitigation strategies. A quantitative descriptive method was applied through sampling at 3 SPPGs for 3 days based on SNI 3964:2025. GHG emissions were calculated using the IPCC 2006 Tier 1 method, and mitigation was analyzed using a SWOT matrix. The results showed that the average food waste generation reached 154.38 kg/day, contributing to emissions of 2.254 tons of CH₄/year, equivalent to 63.109 tons of CO₂-eq/year. The projected expansion of 44 SPPGs with conventional disposal will trigger an emission surge up to 33.23 tons of CH₄/year. The strategic management position is in Quadrant II or Diversification Strategy. The conclusion of this study confirms that the expansion of the MBG program without source-level waste treatment will trigger a TPA capacity crisis and ecological threats due to methane gas. The primary mitigation recommendations are establishing integrated Composting House facilities, menu calibration, utilizing animal feed, and waste segregation education to neutralize the crisis from the source.

DAFTAR ISI

LEMBAR PERSETUJUAN TUGAS AKHIR.....	i
LEMBAR PENGESAHAN TUGAS AKHIR	ii
LEMBAR PERNYATAAN KEASLIAN TUGAS AKHIR	iii
KATA PENGANTAR.....	iv
ABSTRAK	vii
<i>ABSTRACT</i>	viii
DAFTAR ISI.....	ix
DAFTAR GAMBAR	xii
DAFTAR TABEL	xiii
DAFTAR LAMPIRAN	xiv
BAB 1 PENDAHULUAN	1
1.1 Latar Belakang.....	1
1.2 Rumusan Masalah.....	3
1.3 Tujuan Penelitian	4
1.4 Manfaat Penelitian	4
1.5 Batasan Penelitian.....	4
BAB II TINJAUAN PUSTAKA.....	5
2.1 <i>Food Waste</i>	5
2.2 Dampak <i>Food Waste</i>	6
2.3 Strategi untuk mengurangi <i>Food Waste</i>	7
2.4 Strategi Pengelolaan <i>Food Waste</i> dan <i>Loss</i>	7
2.5 Estimasi Emisi GRK Menggunakan Metode IPCC (2006)	7
2.5.1 Penimbunan Sampah di TPA.....	8
2.5.2 Sampah yang Dikomposkan.....	9
2.5.3 Pembakaran Sampah Terbuka (<i>Open Burning</i>).....	9
2.6 Sejarah Makanan Bergizi Gratis (MBG)	9
2.7 Penelitian Terdahulu	11

BAB III METODOLOGI PENELITIAN	15
3.1 Metode Penelitian	15
3.2 Lokasi dan Waktu Penelitian.....	15
3.2.1 Lokasi Penelitian.....	15
3.2.2 Waktu Penelitian	16
3.3 Alat dan bahan	17
3.3.1 Alat-alat.....	17
3.3.2 Bahan-bahan.....	17
3.4 Populasi dan Sampel Penelitian	17
3.4.1 Populasi Penelitian.....	17
3.4.2 Sampel Penelitian.....	18
3.5 Variabel Penelitian	19
3.6 Data dan Analisis Data.....	19
3.6.1 Pengumpulan Data	19
3.6.2 Metode Pengumpulan Data.....	20
3.6.3 Analisis Data	21
BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN.....	30
4.1 Analisis Timbulan <i>Food Waste</i> Program MBG di Kota Banda Aceh.....	30
4.1.1 Gambaran Umum dan Operasional SPPG	30
4.1.2 Analisis Berat Timbulan Sampah Organik (<i>Food Waste</i>)	30
4.1.3 Analisis Volume Timbulan Sampah Organik (<i>Food Waste</i>).....	32
4.1.4 Analisis Berat Jenis Densitas (<i>Food Waste</i>).....	34
4.1.5 Proyeksi Peningkatan Volume Skala Kota Banda Aceh.....	36
4.2 Estimasi Emisi Gas Rumah Kaca dari <i>Food Waste</i>	37
4.3 Strategi Mitigasi dan Pengurangan Dampak Lingkungan	39
4.3.1 Analisis Matriks Strategi IFAS dan EFAS	41

4.3.2	Penentuan Posisi Strategis (Kuadran SWOT).....	45
4.3.3	Rekomendasi Strategi Mitigasi Berdasarkan Kuadran	47
BAB V PENUTUP		50
5.1	Kesimpulan	50
5.2	Saran	50
DAFTAR PUSTAKA.....		52
LAMPIRAN.....		55



DAFTAR GAMBAR

Gambar 3.1 Peta Lokasi Penelitian.....	16
Gambar 3.2 Diagram Alir	29
Gambar 4.1 Pengukuran Berat Sampah.....	31
Gambar 4.2 Pengukuran Volume Sampah	32
Gambar 4.3 Diagram Analisis SWOT EFAS/IFAS	46



DAFTAR TABEL

Tabel 2.1 Penelitian Terdahulu	12
Tabel 3.1 Matriks Jadwal Rencana Penelitian	16
Tabel 3.2 Jumlah Sekolah Penerima Program MBG	18
Tabel 3.3 Nilai <i>Global Warming Potential</i> (GWP)	24
Tabel 4.1 Rekapitulasi Hasil Pengukuran Berat dan Timbulan <i>Food Waste</i>	31
Tabel 4.2 Rekapitulasi Hasil Pengukuran Volume Timbulan <i>Food Waste</i>	33
Tabel 4.3 Rekapitulasi Rata-Rata Berat Jenis <i>Food Waste</i>	34
Tabel 4.4 Proyeksi Peningkatan Volume <i>Food Waste</i> Skala Kota Banda Aceh ...	36
Tabel 4.5 Estimasi Emisi Gas Rumah Kaca (GRK) Timbulan <i>Food Waste</i>	37
Tabel 4.6 Proyeksi Emisi (GRK) <i>Food Waste</i> Kota Banda Aceh.....	38
Tabel 4.7 Identifikasi Faktor Internal (Sistem Operasional SPPG).....	40
Tabel 4.8 Identifikasi Faktor Eksternal (Lingkungan Sekolah).....	40
Tabel 4.9 Matriks <i>Internal Factor Analysis Summary</i> (IFAS)	42
Tabel 4.10 Matriks <i>Eksternal Factor Analysis Summary</i> (EFAS)	44



DAFTAR LAMPIRAN

Lampiran 1 Surat Observasi Awal.....	55
Lampiran 2 Logbook Pengambilan Data Timbulan Sampah di SPPG.....	56
Lampiran 3 Hasil Kuesioner Penentuan Bobot Faktor Internal (IFAS)	58
Lampiran 4 Hasil Kuesioner Penentuan Bobot Faktor Eksternal (EFAS)	59
Lampiran 5 Instrumen Kuesioner Analisis SWOT.....	61
Lampiran 6 Foto Kegiatan Lampiran.....	63



BAB 1

PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Menurut UU Pengelolaan Sampah No. 18 Tahun 2008, definisi sampah merupakan sisa-sisa dari aktivitas sehari-hari manusia yang berbentuk padat. Sampah juga sisa dari aktivitas hewan dan manusia yang berupa lumpur, padat, cair atau gas yang terbuang yang dikarenakan sudah tidak diinginkan atau dibutuhkan lagi (Nagong, 2021). Menurut SNI 3964 (2025), sampah merupakan material residu berwujud padat yang dihasilkan dari aktivitas rutin manusia maupun proses alam. SNI ini berpedoman pada teknik pengambilan dan pengukuran sampel timbulan serta komposisi sampah domestik. Hal ini dilakukan guna mendukung perencanaan pengelolaan sampah yang lebih efektif.

Pengelolaan sampah kini menjadi tantangan krusial yang dihadapi oleh berbagai wilayah perkotaan di tingkat global, termasuk di Indonesia. Merujuk pada data dari (So, 2025) volume sampah yang dihasilkan mengalami peningkatan signifikan dalam beberapa dekade terakhir secara global, serta belum memperlihatkan tanda-tanda penurunan. Jumlah sampah kota di seluruh dunia diperkirakan akan meningkat sekitar 70% menjadi 3,4 miliar metrik ton pada tahun 2050. Sekitar 33 persen sampah di dunia tidak dikelola, jadi sampah akan menjadi masalah. Pembuangan sampah sembarangan dapat mencemari tanah dan air tanah, dan pembakaran sampah mencemari udara. Selain itu, sampah yang dibuang ke sungai dapat menyebabkan banjir, bau tak sedap, dan kerusakan lingkungan lainnya (Sholihah, 2020).

Indonesia, yang menempati posisi sebagai negara kepulauan terbesar di dunia, juga ditandai dengan adanya pertumbuhan jumlah penduduk yang terus meningkat, Indonesia menghadapi masalah besar dalam pengelolaan sampah. Dengan pertumbuhan ekonomi dan pergeseran pola konsumsi masyarakat, yang menghasilkan lebih banyak limbah, masalah ini semakin mendesak. Jumlah sampah yang diproduksi masyarakat Indonesia mencapai 37.311.750,55 ton per tahun pada tahun 2024, menurut data dari sistem informasi pengelolaan sampah nasional (SIPSN, 2024). Pada tahun 2024, Kota Banda Aceh menghasilkan sampah rata-rata

sebanyak 255 ton per hari dan 93.370 ton per tahun, menjadikan provinsi Aceh sebagai Provinsi ke-8 penghasil sampah terbanyak di Indonesia. Masalah sampah di Indonesia semakin krisis karena populasi yang meningkat, volume sampah yang dihasilkan, dan siklus pengelolaan sampah (Kurniawan dkk., 2021).

Secara umum, sampah dapat diklasifikasikan meliputi tiga jenis, yakni organik, anorganik, dan B3. Sampah organik atau basah meliputi residu biologis seperti daun-daunan, buah-buahan, sisa sayuran, dan limbah dari dapur dan restoran. Sampah anorganik atau kering merupakan material *non-biodegradable* seperti plastik dan logam yang dapat diproses kembali. Sedangkan sampah B3 adalah limbah berbahaya yang memerlukan manajemen khusus, contohnya limbah nuklir dan jarum suntik, guna menghindari bahaya bagi ekosistem dan makhluk hidup. Berdasarkan hal tersebut, pemisahan limbah pada sumbernya merupakan langkah strategis yang sangat penting untuk mendukung sistem pengelolaan sampah yang berkelanjutan dan ramah lingkungan (Yuliana & Limbong, 2023).

Enam daerah di Provinsi Aceh telah melaksanakan uji coba program Makan Bergizi Gratis (MBG) bagi siswa jenjang TK hingga SMA, dengan standar porsi meliputi nasi, ayam, sayuran, tempe, dan pisang (Isni dan Mustanginah, 2023). Namun, implementasi program ini memunculkan tantangan persampahan baru, yakni peningkatan volume *Food Loss and Waste* (FLW). Permasalahan limbah pangan ini terbagi menjadi dua fase utama: *Food Loss* yang terjadi di dapur produksi akibat bahan pangan mentah yang rusak atau membusuk sebelum diolah, serta *Food Waste* yang terjadi di lingkungan sekolah yang dipicu oleh ketidakinginan siswa mengonsumsi menu tertentu, rendahnya kesadaran akan nilai makanan, dan kurangnya kepedulian terhadap sisa makanan yang terbuang.

Peningkatan sampah juga disebabkan oleh program makanan bergizi gratis. Sekolah menghadapi kesulitan karena siswa belum sepenuhnya menyadari pentingnya membuang sampah di tempat yang telah disediakan. Kebanyakan siswa makan, kotak makan mereka langsung dibuang di dalam kelas. Hal ini menyebabkan sampah menumpuk dan tidak terurus. Sekolah menyarankan agar siswa belajar memilah dan membersihkan sampah setelah makan. Agar tidak ada lagi sampah di kelas, sangat penting untuk konsisten dalam melakukan ini. Dinas pendidikan juga mengusulkan agar siswa membawa tempat makan mereka

sendiri. hal ini akan membantu menjaga lingkungan sekolah bersih dan mengurangi limbah kemasan (Tambunan dkk., 2025).

Limbah pangan *food waste* berpotensi menurunkan ketersediaan pangan dan mengancam ketahanan pangan, yang pada gilirannya memperburuk tantangan sosial-ekonomi serta meningkatkan emisi gas rumah kaca. Merujuk pada kajian BAPPENAS (2021), rata-rata emisi yang dihasilkan dari *Food Loss and Waste* (FLW) mencapai 2.324,24 kg CO₂-ek per ton. Total potensi dampak pemanasan global akibat FLW di Indonesia selama dua dekade terakhir diperkirakan sebesar 1.702,9 juta ton CO₂-ek, atau setara dengan 7,29% dari total emisi gas rumah kaca nasional. Kajian tersebut juga menunjukkan bahwa kontribusi terbesar terhadap emisi berasal dari tahap konsumsi, di mana emisi dari *food waste* sekitar 4,3 kali lebih besar dibandingkan *Food Loss*. Secara rata-rata, 77% emisi GRK dihasilkan dari *food waste*, sedangkan 23% berasal dari *Food Loss* (Dina, 2024).

Berdasarkan latar belakang tersebut, maka perlu dilakukan penelitian dengan judul yaitu dampak *food waste* pada program makanan bergizi gratis (MBG) terhadap potensi kenaikan emisi Gas Rumah Kaca Di Kota Banda Aceh untuk mengetahui sejauh mana program tersebut berpengaruh terhadap jumlah dan jenis sampah yang dihasilkan.

1.2 Rumusan Masalah

Berdasarkan latar belakang diatas, Program makanan bergizi gratis (MBG) atau dikenal *food waste* memunculkan masalah sampah di Indonesia khususnya di aceh karena berbagai penyebab, seperti makanan yang dipersiapkan dalam porsi yang berlebihan, siswa tidak menyukai makanan, kurangnya kesadaran siswa tentang pentingnya membuang sampah di tempat yang telah disediakan. Sebagian besar siswa makan, sisa makanan langsung dibuang di kelas. Hal ini menyebabkan timbulan sampah menumpuk dan tidak terurus.

1. Berapa timbulan *food waste* yang dibuang dari program makanan bergizi gratis (MBG)?
2. Bagaimana timbulan sampah dari program makanan bergizi gratis (MBG) terhadap emisi gas rumah kaca?

3. Apa strategi yang dapat diterapkan untuk mengurangi dampak lingkungan dari program makanan bergizi gratis (MBG)?

1.3 Tujuan Penelitian

Tujuan dalam penelitian ini sebagai berikut:

1. Mendapatkan besaran timbulan *food waste* yang dihasilkan dalam program makanan bergizi gratis di wilayah Kota Banda Aceh.
2. Mendapatkan besaran timbulan sampah dari program makanan bergizi gratis (MBG) terhadap emisi Gas Rumah Kaca.
3. Memberikan rekomendasi strategi pengelolaan sampah yang lebih ramah lingkungan.

1.4 Manfaat Penelitian

Hasil dari penelitian ini diharapkan dapat memberikan manfaat sebagai berikut:

1. Dapat memberikan informasi mengenai timbulan *food waste* di sekolah di wilayah kota Banda Aceh.
2. Dapat memberikan gambaran mengenai emisi Gas Rumah Kaca yang dihasilkan dari timbulan *food waste* program makanan bergizi gratis (MBG).
3. Dapat memberikan strategi pengelolaan *food waste* program makanan bergizi gratis (MBG) yang lebih ramah lingkungan.

1.5 Batasan Penelitian

Penelitian ini dibatasi pada aspek tertentu untuk menjamin fokus dan efektivitas pelaksanaan sesuai dengan tujuan utama. Berikut adalah batasan yang digunakan dalam penelitian ini:

1. Penelitian ini dibatasi pada analisis timbulan *food waste* pada Program MBG serta estimasi emisi Gas Rumah Kaca menggunakan metode IPCC 2006 Tier 1.
2. Pengukuran timbulan sampah dilakukan sesuai SNI 3964:2025 pada beberapa SPPG di Kota Banda Aceh selama 3 hari berturut-turut.
3. Lokasi pengambilan sampel dibatasi hanya pada lingkup wilayah Kecamatan Kuta Alam, Kota Banda Aceh, yang diwakili oleh 3 (tiga) fasilitas SPPG aktif

BAB II

TINJAUAN PUSTAKA

2.1 *Food Waste*

Secara umum, limbah pangan dibedakan menjadi dua kategori utama berdasarkan fasenya, yaitu *food loss* dan *food waste*. Perbedaan mendasar dari keduanya terletak pada status pengolahan bahan pangan tersebut. *Food loss* merujuk pada hilangnya bahan pangan mentah yang belum diolah, yang umumnya terjadi pada fase prasarana seperti di gudang penyimpanan atau dapur produksi akibat bahan baku yang mengalami kerusakan, layu, atau membusuk sebelum sempat dimasak (Handoyo & Asri, 2023). Sebaliknya, *food waste* merupakan bahan makanan yang telah melalui tahapan pengolahan matang atau siap saji, namun pada akhirnya tidak dikonsumsi dan terbuang. Menurut *Food and Agriculture Organization* (FAO), *food waste* secara spesifik merujuk pada produk pangan yang sebenarnya masih layak konsumsi, namun sengaja dibuang atau tidak dimanfaatkan. Hingga saat ini, Indonesia belum memiliki terminologi hukum yang spesifik mengenai *food waste*, sehingga kategori ini masih diidentifikasi sebagai bagian dari sampah rumah tangga. Merujuk pada Peraturan Pemerintah Nomor 81 Tahun 2012, jenis sampah ini diklasifikasikan sebagai sampah organik atau sampah rumah tangga yang sifatnya mudah terurai secara alami (Hermanu, 2022).

Fenomena *food waste* menjadi salah satu tantangan besar dalam sistem pangan modern, terutama di tengah pesatnya pertumbuhan industri makanan global yang tidak selalu sejalan dengan tingkat konsumsi masyarakat. Indonesia termasuk salah satu negara dengan produksi sampah makanan (*food waste*) terbesar di dunia. Secara ironis, jumlah *food waste* di Indonesia mencapai 300 kilogram per orang setiap tahun, sehingga negara ini menduduki peringkat kedua dunia dalam hal tersebut. Angka tersebut sebenarnya cukup untuk memenuhi kebutuhan pangan bagi 28 juta orang yang masih membutuhkan. Merujuk pada data Badan Pusat Statistik (BPS) tahun 2021, volume sampah makanan di Indonesia tercatat berada pada kisaran 23 hingga 40 juta ton setiap tahunnya. Situasi ini memicu berbagai konsekuensi buruk, termasuk pencemaran lingkungan, inefisiensi sumber daya alam, serta kerugian finansial (Abdillah dkk., 2024).

2.2 Dampak *Food Waste*

Persoalan *food waste* saat ini telah berkembang menjadi isu global dengan dampak yang semakin luas, sehingga akhirnya terintegrasi ke dalam agenda *Sustainable Development Goals* (SDGs) nomor 12, yaitu *Responsible Consumption and Production*. Menurut Organisasi Pangan dan Pertanian (FAO), sekitar sepertiga dari makanan yang dihasilkan untuk konsumsi manusia justru terbuang sia-sia ke tempat pembuangan akhir. Secara ironis, meskipun berbagai inisiatif telah diterapkan, kelaparan global tetap menjadi tantangan besar bagi umat manusia, dengan perkiraan sebanyak 757 juta orang di seluruh dunia yang menderita kelaparan pada tahun 2023. Krisis *food waste* ini memiliki implikasi signifikan terhadap ketahanan pangan, dan Program Makan Bergizi Gratis (MBG) yang diinisiasi dalam pemerintahan Prabowo Subianto merupakan langkah strategis yang tidak hanya menargetkan isu ketahanan pangan dan gizi, tetapi juga berperan krusial dalam menangani berbagai tantangan sosial, ekonomi, serta pembangunan manusia di Indonesia (Komara dkk., 2025).

Food Loss and Food Waste (FL&FW) telah lama diakui sebagai bentuk pemborosan pangan yang menjadi masalah utama secara global, terutama karena volume yang sangat besar. Limbah pangan ini menimbulkan kerugian yang kompleks dan memengaruhi berbagai sektor, termasuk lingkungan, ekonomi, serta sosial (Handoyo dan Asri, 2023). Secara khusus, dampak *Food Loss and Waste* (FLW) terhadap lingkungan utamanya terkait dengan peningkatan emisi Gas Rumah Kaca (GRK), yang terjadi di sepanjang rantai pasok pangan mulai dari tahap produksi, distribusi, konsumsi, hingga pembuangan akhir. Gas seperti karbon dioksida (CO₂), metana (CH₄), nitrogen dioksida (NO₂), dan senyawa berfluor merupakan kontributor utama dalam proses tersebut. Dari perspektif ekonomi, kondisi ini memperparah harga pangan dan kesenjangan sosial, yang berpotensi mengancam ketahanan pangan global dan keamanan masyarakat lokal. Data timbulan *Food Loss and Waste* (FLW) di Indonesia pada periode 2000 hingga 2019 menunjukkan angka 23–48 juta ton per tahun. Hal ini mengakibatkan kerugian ekonomi sebesar 213–551 triliun rupiah per tahun, atau sekitar 4%–5% dari Produk Domestik Bruto (PDB) nasional (Bappenas dkk., 2021).

2.3 Strategi untuk mengurangi *Food Waste*

Konsep *Zero Food Waste* yang dibahas dalam artikel *Zero Waste Indonesia* bertujuan untuk meminimalkan volume sampah yang berakhir di Tempat Pemrosesan Akhir (TPA) serta mengurangi dampak negatifnya terhadap lingkungan. Implementasi program ini juga berpotensi menurunkan penggunaan plastik dan kemasan sekali pakai di masa depan. Penerapan program ini menerapkan prinsip 3R (*Reduce, Reuse, Recycle*), yaitu: *Reduce*: Mengurangi penggunaan bahan makanan dan menghindari bahan yang tidak perlu, serta memasak dengan porsi yang sesuai untuk mencegah sisa makanan. *Reuse*: Memanfaatkan kembali sisa bahan makanan yang masih dapat diolah, contohnya nasi sisa yang diolah menjadi nasi goreng. *Recycle*: Mengolah sisa bahan makanan yang tidak dapat dikonsumsi lagi menjadi pupuk kompos sebagai nutrisi tanaman (Rimbing dkk., 2024).

2.4 Strategi Pengelolaan *Food Waste dan Loss*

Dalam merancang strategi pengelolaan *Food Loss and Waste (FLW)* di Indonesia, langkah yang dilakukan adalah Fokus perubahan perilaku meliputi pengembangan lembaga penyuluhan di daerah serta peningkatan kapasitas tenaga kerja di bidang pangan. Pembenahan sistem pangan pendukung mencakup pengembangan korporasi petani dan penyediaan infrastruktur serta sarana prasarana. Penguatan regulasi dan optimalisasi pendanaan memerlukan pengalokasian dana yang efisien untuk peningkatan infrastruktur pangan, serta penyusunan regulasi FLW pada tingkat nasional dan regional. Pemanfaatan FLW dapat mendorong pembangunan platform distribusi makanan dan sistem pengelolaan FLW yang mendukung ekonomi sirkular. Pengembangan kajian menekankan pentingnya pendataan timbulan FLW yang terintegrasi melalui sensus dan survei, serta pengembangan penelitian untuk melengkapi data FLW di Indonesia. (Bappenas dkk., 2021).

2.5 Estimasi Emisi GRK Menggunakan Metode IPCC (2006)

Sampah merupakan kontributor utama emisi gas rumah kaca yang menjadi tantangan mendesak dalam perubahan iklim global. Proyeksi menunjukkan

peningkatan suhu permukaan bumi sebesar $4,8^{\circ}\text{C}$ dan kenaikan permukaan laut hingga 0,82 meter pada tahun 2100 (IPCC, 2006). Emisi dari TPA umumnya berupa metana (CH_4) dari zona penimbunan, sementara zona pengomposan menghasilkan CH_4 dan N_2O . Emisi CO_2 juga berasal dari operasi alat berat di TPA. Metode IPCC 2006 digunakan untuk memperkirakan emisi GRK dengan data proyeksi penduduk, volume sampah, dan persentase pengelolaan. Upaya minimisasi sampah diperlukan untuk mengurangi emisi GRK secara keseluruhan (Hutagalung dkk., 2020).

Sektor persampahan merupakan salah satu kontributor emisi Gas Rumah Kaca (GRK) yang berasal dari aktivitas manusia. Sektor utama yang berkontribusi terhadap emisi GRK mencakup energi, transportasi, pertanian, serta pengelolaan sampah. Secara khusus, sektor pengelolaan sampah memberikan dampak yang substansial terhadap emisi GRK, terutama melalui proses dekomposisi bahan organik yang menghasilkan metana (CH_4), suatu gas yang memiliki potensi pemanasan global 28 kali lebih tinggi dibandingkan karbon dioksida (CO_2) dalam kurun waktu 100 tahun. Pengelolaan sampah yang kurang optimal, seperti pembuangan langsung ke Tempat Pemrosesan Akhir (TPA) tanpa melalui proses pemilahan atau pengolahan, dapat meningkatkan emisi GRK secara signifikan. Di sisi lain, pendekatan seperti pengomposan, daur ulang, dan pemilahan sampah mampu mengurangi emisi tersebut secara bermakna (Kandouw dkk., 2025).

2.5.1 Penimbunan Sampah di TPA

Estimasi emisi GRK mencakup seluruh sampah yang telah diangkut dan ditimbun di Tempat Pemrosesan Akhir (TPA). Pada saat proses penimbunan, kondisi anaerobik di lokasi tersebut memicu pembentukan gas metana. Sumber utama emisi GRK dari kegiatan pengelolaan sampah berasal dari tahap pengangkutan sampah dari sumbernya ke tempat penimbunan, serta proses penimbunan sampah di TPA (Ridho., 2021). Emisi GRK yang dihasilkan, berupa CH_4 dan N_2O , berasal dari timbunan sampah, di mana emisi CH_4 dan N_2O tersebut merupakan hasil dekomposisi anaerobik bahan organik dalam sampah. Berdasarkan Laporan *Intergovernmental Panel on Climate Change* (IPCC) tahun 2006, sektor limbah turut berkontribusi terhadap emisi GRK ke atmosfer, dengan kontribusi

khusus dari TPA mencapai 3–4% dari total emisi GRK global (Hutagalung dkk., 2023).

2.5.2 Sampah yang Dikomposkan

Penerapan daur ulang di tingkat sumber dapat menurunkan emisi yang dihasilkan dari transportasi sampah ke TPA dan proses penimbunan. Aktivitas pengomposan menghasilkan emisi metana dengan koefisien 4 kg CH₄ per kg sampah organik, serta 0,3 kg N₂O per kg sampah organik. Koefisien emisi yang rendah ini menyebabkan jumlah metana yang dihasilkan lebih minim dibandingkan dengan penimbunan di TPA. Emisi dari penimbunan residu sampah di TPA tetap lebih besar daripada proses pengomposan. Emisi GRK dari dekomposisi bahan organik cenderung lebih tinggi pada penimbunan. Selain itu, pengomposan menghasilkan produk bernilai ekonomi dan efisien secara ekologis, serta mendukung sistem pengelolaan sampah tertutup (Ridho dkk., 2021).

2.5.3 Pembakaran Sampah Terbuka (*Open Burning*)

Pembakaran sampah secara terbuka merupakan salah satu sumber utama emisi karbon dioksida (CO₂), metana (CH₄), karbon monoksida (CO), serta polutan berbahaya lainnya seperti dioksin dan partikel halus (PM_{2.5}). Kegiatan ini secara langsung berkontribusi terhadap perubahan iklim global dan menimbulkan risiko bagi kesehatan manusia. Menurut Kusumaningtyas dkk., (2020) pembakaran sampah di area permukiman menyumbang sekitar 5–10% dari total emisi karbon lokal. Jika tidak dikontrol dengan baik, aktivitas tersebut dapat memperburuk kondisi iklim di wilayah setempat. Di sisi lain, meskipun pembakaran sampah dianggap sebagai metode pengelolaan yang sederhana dan ekonomis, asap yang dihasilkan mengandung partikel berbahaya seperti dioksin dan logam berat, yang dapat menimbulkan gangguan kesehatan hingga penyakit kronis seperti kanker (Pramudya & Gusri, 2025).

2.6 Sejarah Makanan Bergizi Gratis (MBG)

Program Makan Bergizi Gratis (MBG) merupakan sebuah program pemerintah yang diluncurkan pada masa kepemimpinan Presiden Prabowo

Subianto, dengan fokus utama untuk meningkatkan kualitas sumber daya manusia melalui perbaikan asupan nutrisi bagi siswa sekolah dasar hingga sekolah menengah atas. Selain itu, program ini dirancang untuk memberikan dukungan kepada usaha mikro, kecil, dan menengah (UMKM), memperkuat perekonomian masyarakat, serta mendorong pertumbuhan ekonomi di tingkat nasional. Kelompok sasaran utama mencakup anak-anak, pelajar, dan ibu hamil (Komara dkk., 2025).

Berdasarkan data dari Kementerian Kesehatan serta Kementerian Koordinator Bidang Pembangunan Manusia dan Kebudayaan yang menunjukkan bahwa sekitar 41 % siswa mengalami kekurangan pangan, yang pada akhirnya memengaruhi kualitas pendidikan. Program ini dikembangkan sebagai langkah pencegahan stunting melalui penyediaan makanan bagi siswa sekolah, namun dalam implementasinya muncul masalah signifikan berupa peningkatan limbah *food waste*. Tantangan utama yang dihadapi termasuk menu yang kurang menarik bagi siswa serta distribusi yang tidak efisien, sehingga sebagian besar makanan akhirnya terbuang percuma (Prasetyo, 2023).

Meskipun program Makan Bergizi Gratis (MBG) di Indonesia menghadapi berbagai tantangan, sebenarnya di Jepang juga ada program yang serupa dan sudah diimplementasikan sejak abad ke-19. Program tersebut dikenal dengan istilah *Kyushoku*, yang berarti “makan siang sekolah”. *Kyushoku* berpedoman pada Undang-Undang Dasar *Shokuiku* (Pangan dan Gizi) di Jepang, berupa kebijakan untuk menyediakan makanan secara terorganisir dan berkelanjutan kepada sejumlah besar masyarakat pada fasilitas khusus (seperti di pusat makan siang sekolah). *Kyushoku* di Jepang pada awalnya juga karena masalah seputar kesehatan pada anak-anak, seperti asupan gizi yang tidak seimbang, kebiasaan makan yang buruk seperti melewatkan sarapan, dan kecenderungan obesitas atau kekurangan pada anak-anak di Jepang. Seiring berjalannya waktu, program ini tidak lagi sekadar pemberian makanan gratis, melainkan bertransformasi menjadi sarana edukasi formal di lingkungan sekolah. Fokus utama *Kyushoku* saat ini adalah membangun literasi gizi pada siswa, dengan tujuan membentuk kebiasaan gaya makan sehat yang melekat sampai dewasa (Auliawan & Harsiwi, 2025).

2.7 Penelitian Terdahulu

Penelitian pendahuluan merujuk pada kajian yang telah dilakukan oleh peneliti lain sebelumnya. Kajian tersebut dapat berfungsi sebagai rujukan dan pembandingan antara penelitian yang sedang dilakukan dengan penelitian lain di bidang yang sama. Penelitian terdahulu terkait Dampak Sampah *Food Waste* pada Program Makanan Bergizi Gratis terhadap Potensi Kenaikan Emisi Gas Rumah Kaca di Kota Banda Aceh yang menunjukkan pengaruh negatif terhadap sampah, pengelolaan sampah, penanganan sampah, serta timbulan sampah secara keseluruhan. Beberapa kajian serupa yang telah dilakukan penelitian sebelumnya dapat dilihat pada tabel 2.1 meliputi, antara lain: (Qomarrullah, R dkk., 2025), (Dewi, 2024), (Andriyanty dkk.,2025),(Athailah dkk.,2021), (Lina, 2020), (Tambunan dkk., 2025).



Tabel 2.1 Penelitian Terdahulu

TOPIK	JUDUL / AUTHOR / TAHUN / LOKASI PENELITIAN	TUJUAN	METODE	HASIL
1	2	3	4	5
Efektivitas dan Dampak Program Makan Bergizi Gratis (MBG)	Dampak Jangka Panjang Program Makan Bergizi Gratis terhadap Kesehatan dan Keberlanjutan Pendidikan / Qomarrullah, R., dkk. / 2025 / Indonesia (Studi Kasus Sekolah Penerap MBG)	Penelitian ini bertujuan menganalisis dampak jangka panjang program MBG terhadap kesehatan siswa dan kelangsungan pendidikan mereka, dengan fokus pada evaluasi aspek seperti pola makan, nutrisi, serta performa akademik, guna mengidentifikasi manfaat dan tantangan potensial dari program tersebut.	Pendekatan kualitatif dengan studi kasus pada sekolah yang menerapkan program MBG. Pengumpulan data melalui wawancara, observasi, dan analisis data sekunder.	Program MBG memiliki potensi besar untuk menurunkan angka stunting dan malnutrisi, meningkatkan kehadiran siswa, serta memperbaiki capaian akademik melalui intervensi nutrisi. Selain itu, program ini mendorong keterlibatan aktif komunitas, yang memperkuat ekosistem pendidikan dan kesehatan di sekolah.
1	2	3	4	5
Implementasi dan Inovasi Pengelolaan Sampah Makanan	Implementasi Pengelolaan Sampah Makanan di Rumah Sakit / Dewi / 2024 / Rumah Sakit	Penelitian ini bertujuan untuk mengeksplorasi berbagai tantangan yang mungkin muncul, peluang yang dapat dimanfaatkan, serta strategi efektif dalam penerapan pengelolaan sampah makanan dengan memanfaatkan inovasi biokonversi melalui larva <i>Black Soldier Fly</i> (BSF).	Pendekatan deskriptif kualitatif menggunakan <i>Focus Group Discussion</i> (FGD).	Penerapan larva <i>Black Soldier Fly</i> (BSF) telah terbukti efektif dalam mengurangi volume timbulan sampah makanan hingga mencapai 80%, yang menunjukkan potensi besar dalam pengelolaan limbah organik. Meskipun demikian, implementasi ini dihadapkan pada tantangan utama, termasuk keterbatasan sumber pendanaan, perlunya edukasi intensif bagi staf terkait, serta resistensi terhadap perubahan yang

				sering kali muncul dari pihak-pihak yang terlibat dalam proses tersebut..
1	2	3	4	5
Dampak Ekonomi dan Kesejahteraan Petani dari MBG	KEBIJAKAN MAKAN BERGIZI GRATIS (MBG): BAGAIMANA PENGARUHNYA TERHADAP KESEJAHTERAAN PETANI / Andriyanty dkk., / 2025 / IPB University (Indonesia)	Penelitian ini bertujuan untuk melakukan analisis mendalam terhadap keterkaitan antara program MBG dan tingkat kesejahteraan petani di Indonesia, yang diukur melalui indikator Nilai Tukar Petani (NTP). Dengan mengevaluasi dampaknya pada dinamika ekonomi pertanian untuk mengidentifikasi kontribusi dan tantangan dalam pembangunan berkelanjutan.	Penelitian ini menggabungkan riset kuantitatif dan kajian pustaka. Teknik analisis yang dipilih adalah korelasi Spearman, yang digunakan untuk mengolah data sekunder (NTP) dari Januari 2023 hingga Juni 2025.	Penerapan kebijakan MBG memiliki pengaruh positif terhadap kesejahteraan petani dengan nilai hubungan kuat, yaitu 58,7%. Kebijakan MBG memiliki kecenderungan meningkatkan Nilai Tukar Petani (NTP) sebesar 1,8492 point dibanding sebelum ada kebijakan MBG. Secara spesifik, NTP sub-sektor tanaman pangan, hortikultura, dan perkebunan menunjukkan trend meningkat pasca-implementasi MBG. Sementara itu, NTP sub-sektor peternakan cenderung konstan, dan sub-sektor perikanan menunjukkan trend yang menurun.
1	2	3	4	5
Pemanfaatan Limbah Sisa Makanan dan Nilai Ekonomis	Edukasi Pemanfaatan Limbah Sisa Makanan Menjadi Produk Yang Bernilai Ekonomis / Teuku Athaillah / 2021 / Desa Kuta Jeumpa, Aceh	Penelitian ini bertujuan untuk menyelesaikan isu tata kelola sampah yang belum optimal serta memberikan penyuluhan dan transfer pengetahuan kepada komunitas lokal mengenai	Metode yang diimplementasikan adalah pendekatan berbasis Pengabdian Kepada Masyarakat (PKM). Strategi pelaksanaannya berfokus pada aktivitas edukasi	Masyarakat Desa Kuta Jeumpa berhasil membuat produk makanan olahan baru dari limbah rumah tangga setelah menerima edukasi pengelolaan sampah.

	Barat Daya (Athailah et al., 2021)	metode konversi limbah sisa makanan menjadi produk yang memiliki nilai tambah secara ekonomis.	dan sosialisasi secara terstruktur kepada masyarakat sasaran.	
1	2	3	4	5
Identifikasi Emisi Gas Rumah Kaca Sampah Pasar	IDENTIFIKASI TIMBULAN DAN EMISI GAS RUMAH KACA SAMPAH PASAR DI KOTA SURABAYA /Lina / 2020/ Kota Surabaya	Penelitian ini bertujuan untuk mengidentifikasi emisi gas rumah kaca yang dihasilkan oleh limbah pasar di Kota Surabaya, dengan fokus pada analisis sumber-sumber utama dan dampaknya terhadap lingkungan perkotaan. Pendekatan ini melibatkan pengumpulan data lapangan, pengukuran kuantitatif, serta evaluasi terhadap strategi pengelolaan sampah yang dapat mengurangi kontribusi emisi tersebut.	Dalam penelitian ini, metode yang diterapkan meliputi perhitungan timbulan sampah pasar serta estimasi emisi gas rumah kaca yang dihasilkan dari limbah tersebut. Pendekatan ini melibatkan pengumpulan data lapangan, pengukuran kuantitatif, serta evaluasi terhadap strategi pengelolaan sampah yang dapat mengurangi kontribusi emisi tersebut.	Upaya pengurangan dan daur ulang sampah pasar di sumbernya, khususnya melalui pengomposan limbah sayuran dan makanan, terbukti sangat efektif dalam mengurangi stok karbon serta meminimalkan emisi gas metana dan karbondioksida secara signifikan. Strategi ini tidak hanya mendukung pengelolaan lingkungan yang berkelanjutan di Kota Surabaya, tetapi juga berkontribusi pada mitigasi perubahan iklim melalui pengurangan jejak karbon dari aktivitas pasar tradisional.

BAB III

METODOLOGI PENELITIAN

3.1 Metode Penelitian

Penelitian ini menerapkan metode deskriptif kuantitatif dengan tujuan utama untuk mendeskripsikan dan menganalisis secara numerik skala timbulan sampah organik makanan yang dihasilkan melalui implementasi Program Makanan Bergizi Gratis (MBG) di Kota Banda Aceh. Pendekatan ini diterapkan guna mengidentifikasi besaran timbulan sampah makanan, baik dari segi berat maupun volume, dengan mengacu pada Standar Nasional Indonesia (SNI) 3964:2025 yang mengatur prosedur pengambilan sampel dan pengukuran timbulan sampah non-domestik. Pengumpulan data dilakukan melalui observasi lapangan secara langsung, disertai dengan pengukuran berat dan volume sampah organik makanan yang berasal dari aktivitas program MBG tersebut.

3.2 Lokasi dan Waktu Penelitian

3.2.1 Lokasi Penelitian

Penelitian ini dilaksanakan di Kota Banda Aceh, Provinsi Aceh, Indonesia. Kota Banda Aceh terletak pada posisi geografis antara 5°30'–5°35' Lintang Utara dan 95°13'–95°22' Bujur Timur. Kota Banda Aceh terdiri dari sembilan kecamatan, yaitu Meuraxa, Jaya Baru, Banda Raya, Baiturrahman, Lueng Bata, Kuta Alam, Kuta Raja, Syiah Kuala, dan Ulee Kareng. Penelitian ini dilaksanakan pada 3 Satuan Pelayanan Pemenuhan Gizi (SPPG) yang melaksanakan Program Makanan Bergizi Gratis (MBG) di wilayah Kota Banda Aceh. Setiap SPPG menjadi lokasi pengambilan sampel dengan fokus pada sekolah-sekolah penerima MBG yang menjadi sasaran program. Adapun peta lokasi penelitian terletak di Kota Banda Aceh yang terdiri dari 9 kecamatan dapat dilihat pada gambar 3.1

3.2.2 Waktu Penelitian

Tabel 3.1 Matriks Jadwal Rencana Penelitian

[illegible]

3.3 Alat dan bahan

3.3.1 Alat-alat

Alat-alat yang digunakan dalam pelaksanaan penelitian ini meliputi:

- a. Kantong plastik berkapasitas besar, yang berfungsi sebagai media penampung sampah.
- b. Sampah di sumber (masing-masing sekolah penerima MBG di bawah koordinasi SPPG).
- c. Timbangan digital, digunakan untuk menimbang berat total timbulan sampah makanan organik dari sisa MBG.
- d. kantong sampah (*trashbag*), pengukur *volume*, digunakan untuk mengukur *volume* timbulan sampah makanan yang telah dikumpulkan, dengan standar pengukuran berdasarkan SNI 3964:2025.
- e. Peralatan pendukung lainnya, seperti terpal, sapu, sarung tangan dan masker digunakan untuk menjaga kebersihan serta keamanan selama proses pengumpulan dan pemisahan sampah.
- f. Lembar pencatatan data, digunakan untuk mencatat hasil penimbangan dan pengukuran *volume* sampah makanan setiap harinya selama 3 hari pengambilan sampel.

3.3.2 Bahan-bahan

Bahan yang digunakan pada penelitian ini adalah sebagai berikut:

1. Data Primer: yang diperoleh dari pengukuran timbulan sampah organik
2. Data Sekunder: yang bersumber dari data sekolah penerima MBG yang dikelola oleh SPPG

3.4 Populasi dan Sampel Penelitian

3.4.1 Populasi Penelitian

Populasi dalam penelitian ini adalah seluruh sekolah yang menerima program Makanan Bergizi Gratis di wilayah Kota Banda Aceh.

3.4.2 Sampel Penelitian

Penentuan Sampel dalam penelitian ini adalah sekolah-sekolah penerima Program Makanan Bergizi Gratis (MBG) yang dilakukan pengukuran sampel pada Satuan Pelayanan Pemenuhan Gizi (SPPG) berdasarkan SNI 3964:2025 tentang tata cara pengambilan contoh dan pengukuran timbulan sampah non domestik di Kota Banda Aceh. Rumus yang digunakan sebagai berikut:

$$S = Cd\sqrt{Ts} \dots\dots\dots \text{Pers 3.1}$$

Keterangan:

S = adalah jumlah contoh sampah sejenis sampah rumah tangga (SSSRT) yang akan dilakukan pengambilan contoh sampah, dinyatakan dalam unit;

Cd = adalah koefisien jenis kota, dapat dilihat pada Tabel 3 SNI 3964:2025;

Ts = adalah jumlah lokasi setiap jenis fasilitas sampah sejenis sampah rumah tangga (SSSRT), dinyatakan dalam unit Lokasi

Jumlah total Satuan Pelayanan Pemenuhan Gizi (SPPG) Kota Banda Aceh yang melaksanakan Program Makanan Bergizi Gratis (MBG) adalah sebanyak 27 unit, sehingga perhitungannya adalah sebagai berikut:

$$S = Cd\sqrt{Ts}$$

$$S = 0,5\sqrt{27}$$

$$S = 2,59 \approx \text{Dibulatkan menjadi } 3$$

$$S = 3 \text{ SPPG}$$

Jadi, pengukuran sampel seluruh sekolah dilakukan pada Satuan Pelayanan Pemenuhan Gizi (SPPG) dalam penelitian ini adalah 3 lokasi SPPG.

Tabel 3.2 Jumlah Sekolah Penerima Program MBG

Nama SPPG	Jumlah Sekolah Penerima MBG
SPPG 1	20 Sekolah
SPPG 2	16 Sekolah
SPPG 3	7 Sekolah

3.5 Variabel Penelitian

Fokus utama penelitian ini terletak pada variabel tertentu yang menjadi objek studi. Secara spesifik objek yang diteliti meliputi:

- a. Volume timbunan sampah yang dihasilkan dari program Makanan Bergizi Gratis (MBG) di sekolah penerima yang berada di bawah koordinasi Satuan Pelayanan Pemenuhan Gizi (SPPG) selama periode pengamatan tiga hari.
- b. Sisa sampah makanan yang dihasilkan dari program MBG di setiap sekolah penerima pada tiga lokasi SPPG, yang dianalisis berdasarkan jenis sampah organik serta hubungannya dengan potensi emisi gas rumah kaca (GRK) yang ditimbulkan.
- c. Strategi pengurangan dampak lingkungan dari program MBG yang diterapkan sebagai upaya pengurangan timbunan sampah dan emisi GRK.

3.6 Data dan Analisis Data

3.6.1 Pengumpulan Data

Pengumpulan data dalam penelitian ini dilakukan dengan memanfaatkan data primer dan sekunder yang dikumpulkan di lokasi.

1. Data Primer

Pengambilan data primer dilakukan dengan cara observasi secara langsung ke lokasi Satuan Pelayanan Pemenuhan Gizi (SPPG) di kota Banda Aceh untuk melihat proses pelaksanaan program Makanan Bergizi Gratis (MBG). Kegiatan observasi ini mencakup data jumlah sekolah penerima MBG, pengelolaan sisa makanan, dan pembuangan sisa dari makanan ke TPA. Pengumpulan data primer berfokus pada volume sampah organik dengan metode pengukuran sesuai Standar Nasional Indonesia (SNI) 3964:2025, Proses pengambilan sampel dilakukan dengan mengukur timbunan sampah organik selama 3 (tiga) hari berturut-turut, yaitu pada hari Rabu, Kamis dan Jumat. Pengambilan sampel dilakukan dengan membagikan kantong penampung sampel di masing-masing 3 SPPG, mengumpulkan sampah sisa dari MBG dengan mencatat dan menimbang sampah setiap harinya.

2. Data sekunder

Pengambilan data sekunder penelitian ini diperoleh melalui daftar unit Satuan Pelayanan Pemenuhan Gizi (SPPG) di Kota Banda Aceh yang diperoleh melalui penelusuran situs resmi Bgn.go.id, dengan tujuan mengidentifikasi lokasi, nama, serta penyebaran SPPG yang aktif berpartisipasi dalam Program Makanan Bergizi Gratis. Dan Jurnal dan publikasi ilmiah terkait SNI 3964:2025 sebagai pedoman pengambilan contoh dan pengukuran timbulan sampah, yang dijadikan acuan untuk memastikan metode penelitian sesuai standar nasional.

3.6.2 Metode Pengumpulan Data

Metode pengukuran timbulan sampah organik dan komposisinya dalam penelitian ini mengikuti pedoman SNI 3964:2025 terkait pengambilan dan pengukuran contoh timbulan serta komposisi sampah rumah tangga dan sampah sejenis rumah tangga. Pengukuran dilakukan secara langsung di sumbernya, yaitu pada sekolah-sekolah penerima Program Makanan Bergizi Gratis (MBG) di bawah koordinasi lima Satuan Pelayanan Pemenuhan Gizi (SPPG) di Kota Banda Aceh.

Proses pengambilan sampel dilakukan selama tiga hari berturut-turut yang disesuaikan dengan hari aktif sekolah. Proses pengukuran meliputi pengumpulan, pemisahan, dan penimbangan sampah makanan sisa dari kegiatan MBG, untuk memperoleh data berat dan volumenya. Metode pengukuran timbulan sampah di masing-masing SPPG sampel dilaksanakan setiap harinya dengan langkah-langkah sebagai berikut:

- a. Mengambil sampah sisa makanan dari kegiatan Program Makanan Bergizi Gratis (MBG) dari SPPG yang telah membawa kembali sampah tersebut dari sekolah.
- b. Melakukan penimbangan terhadap kantong atau wadah pengukuran yang akan digunakan sebagai tempat penimbangan sampah.
- c. Memasukkan sampah sisa makanan hasil kegiatan MBG ke dalam wadah pengukuran.
- d. Menata dan memadatkan isi wadah sebanyak tiga kali dengan cara mengangkat wadah setinggi 20 cm (lutut) dari permukaan tanah, kemudian dijatuhkan untuk menyeragamkan kepadatan isi.

- e. Mengukur, menimbang, dan mencatat berat serta volume sampah makanan yang dihasilkan setiap hari.
- f. Mengulangi langkah-langkah sebelumnya sampai seluruh timbunan sampah organik MBG tercatat lengkap.

3.6.3 Analisis Data

Setelah seluruh data diperoleh, maka dilakukan Analisis data mengenai timbunan sampah dari sisa makanan bergizi gratis di SPPG Kota Banda Aceh sebagai berikut:

1. Berat Sampah (B)

$$B = \frac{Bs}{U} \dots\dots\dots \text{Pers 3.2}$$

Keterangan:

B = berat sampah per hari, dinyatakan dalam kg per unit per hari (kg/unit/hari);

Bs = berat sampah yang ditimbang, dinyatakan dalam kilogram per hari (kg/hari);

U = unit penghasil sampah

2. Volume Sampah (V)

$$V = \frac{Vs}{U} \dots\dots\dots \text{Pers 3.3}$$

Keterangan:

V = volume sampah per hari, dinyatakan dalam liter per unit per hari (L/unit/hari);

Vs = volume sampah yang diukur, dinyatakan dalam liter per hari (L/hari);

U = unit penghasil sampah.

3. Densitas Sampah (ρ)

$$\rho = \frac{B}{V} \dots\dots\dots \text{Pers 3.4}$$

Keterangan:

ρ = densitas, dinyatakan dengan berat per volume, dalam kilogram per liter atau kilogram per meter kubik (kg/L atau kg/m³)

B = berat sampah per hari, dinyatakan dalam kilogram per unit per hari (kg/unit/hari);

V = volume sampah per hari, dinyatakan dalam liter per unit per hari (L/unit/hari).

4. Timbulan Rata-rata per Lokasi

$$q_r \text{ SSSRT} = \frac{\sum q_i}{\sum n} \dots \text{Pers 3.5}$$

Keterangan:

q_r = timbulan sampah rata-rata dari satu lokasi (kg/hari)

q_i = timbulan sampah pada hari ke-i (kg)

n = jumlah hari pengambilan contoh

5. Timbulan Rata-rata lebih dari satu lokasi per jenis Sampah sejenis sampah rumah tangga (SSSRT)

$$q_{rx} \text{ SSSRT} = \frac{\sum q_i}{\sum f} \dots \text{Pers 3.6}$$

Keterangan:

q_{rx} = timbulan sampah rerata dari beberapa lokasi sampah sejenis sampah rumah tangga (SSSRT) (kg/hari)

q_r = timbulan sampah rerata dari satu lokasi sampah sejenis sampah rumah tangga (SSSRT) (kg/hari)

f = jumlah sampah sejenis sampah rumah tangga (SSSRT) sejenis yang menjadi contoh

6. Timbulan sampah sejenis sampah rumah tangga (SSSRT)

$$q \text{ SSSRT} = \frac{q_{rx}}{u} \dots \text{Pers 3.7}$$

Keterangan:

$q \text{ SSSRT}$ = timbulan sampah sejenis sampah rumah tangga SSSRT (kg/unit/hari)

q_{rx} = timbulan sampah rerata dari beberapa lokasi SSSRT (kg/hari)

u = jumlah total contoh setiap jenis SSSRT

7. Total timbulan sampah sejenis sampah rumah tangga (SSSRT)

$$Q \text{ SSSRT} = \sum (q \text{ SSSRT} \times P \text{ SSSRT}) \dots \text{Pers 3.8}$$

Keterangan:

$Q \text{ SSSRT}$ = timbulan sampah sejenis sampah rumah tangga (SSSRT) (kg/hari)

$q \text{ SSSRT}$ = satuan timbulan sampah sejenis sampah rumah tangga (SSSRT)

(kg/unit/hari)

p SSSRT = total jumlah fasilitas setiap jenis SSSRT

8. Perhitungan timbunan sampah terhadap emisi gas rumah kaca

Perhitungan emisi gas rumah kaca (GRK) yang dihasilkan dari sampah makanan dalam program Makanan Bergizi Gratis (MBG) pada penelitian ini mengacu pada Pedoman IPCC 2006 dengan menggunakan pendekatan Tier 1. Tahapan perhitungan tersebut meliputi:

- Perhitungan timbunan sampah organik, yang didasarkan pada hasil pengukuran berat dan volume sampah sisa makanan di masing-masing lokasi Satuan Pelayanan Pemenuhan Gizi (SPPG) di Kota Banda Aceh sesuai SNI 3964:2025.
- Penentuan nilai *Degradable Organic Carbon* (DOC), di mana karena seluruh sampah dalam penelitian ini bersifat organik, khususnya sisa makanan, maka nilai DOC dihitung menggunakan nilai standar default IPCC untuk kategori sampah makanan, yang dirumuskan sebagai berikut:

$$DOC = DOC_i \times W_i \dots \dots \dots \text{Pers 3.9}$$

- Setelah memperoleh data data tersebut, dilanjutkan dengan menghitung emisi CH₄ dengan persamaan Emisi CH₄ di bawah ini:

$$= (MSWT \times MSW_f \times MCF \times DOC \times DOCF \times F \times \frac{16}{12} - R) \times (1 - OX) \dots \text{Pers 3.10}$$

Keterangan:

MSWT : Jumlah timbunan sampah (Gg/tahun)

MSWF : Nilai 1, (semua sampah di SPPG masuk ke TPA)

MCF : 0,8 (default IPCC, tidak dikelola, dengan ketinggian lebih dari 5m)

DOC : Nilai DOC (Degradasi Organik Carbon) 0,15 diperoleh dari nilai DOC_i x nilai W_i

DOC_i : Fraksi DOC pada jenis sampah *i* khususnya *food waste* (Nilai 0,15; default IPCC 2006 Tier 1)

W_i : Fraksi massa atau jumlah jenis sampah *i* dalam setahun

DOCF: 0,5 (default IPCC)

F : 0,5 (default IPCC)

$\frac{16}{12}$: Rasio konversi berat molekul metana CH₄ terhadap karbon (C)

R : 0 (tanpa ada *recovery*, default IPCC)

OX : 0 (tidak dikelola, default IPCC)

Selain itu, untuk mengubah emisi CH_4 ke dalam satuan $\text{CO}_2\text{-eq}$, digunakan nilai potensi pemanasan global (GWP) berdasarkan IPCC AR5 sebagaimana disajikan dalam Tabel 3.3

Tabel 3.3 Nilai *Global Warming Potential* (GWP)

Gas	GWP (CO_2eq)
CO_2	1
Metana (CH_4)	28

d. Hasil dari emisi CH_4 dikonversikan ke CO_2 dengan persamaan sebagai berikut:

$$\text{EMISI } \text{CO}_2 = \text{EMISI } \text{CH}_4 \times \text{GWP} \dots \dots \dots \text{Pers (3.11)}$$

Keterangan:

Emisi CH_4 : Total emisi CH_4 dari hasil perhitungan

GWP : Konversi dari CH_4 ke CO_2 yang bernilai 28

Hasil akhir dari perhitungan dinyatakan dalam satuan karbon dioksida ekuivalen (CO_2eq).

9. Analisis Strategi Menggunakan Metode SWOT

Pada tahapan ini, perumusan strategi mitigasi dan pengelolaan *food waste* disusun menggunakan pendekatan analisis SWOT. Sesuai dengan batasan operasional, pengumpulan data SWOT secara spesifik difokuskan pada identifikasi faktor internal yang bersumber dari unit pelayanan gizi (SPPG), serta faktor eksternal yang bersumber dari lingkungan sekolah, yaitu siswa selaku penerima manfaat. Adapun penjabaran metode pelaksanaan analisis SWOT adalah sebagai berikut:

a. Penentuan dan Distribusi Responden

Penentuan responden dalam analisis ini dilakukan menggunakan teknik *purposive sampling*, yaitu dengan memilih pihak-pihak yang memiliki keahlian, kewenangan, dan keterlibatan langsung dalam alur penyediaan hingga pendistribusian makanan. Total responden yang dilibatkan berjumlah 6 (enam) orang, dengan rincian distribusi pada masing-masing unit layanan sebagai berikut:

1. SPPG 1 (2 Orang): Terdiri dari perwakilan Pihak Distribusi dan Pihak Pengelola Ompreng (Wadah) Makanan.

2. SPPG 2 (2 Orang): Terdiri dari perwakilan Pihak Manajer SPPG dan Pihak Distribusi.
3. SPPG 3 (2 Orang): Terdiri dari perwakilan Pihak Ahli Gizi dan Pihak Distribusi.

b. Teknik Pengumpulan Data, Pembobotan, dan Penilaian (*Rating*)

Untuk mengubah data kualitatif menjadi matriks kuantitatif, tahapan evaluasi faktor-faktor strategis IFAS (*Internal Factor Analysis Summary*) dan EFAS (*External Factor Analysis Summary*) dilakukan melalui tiga prosedur teknis berikut:

1. Metode Pengumpulan Data

Proses identifikasi kekuatan, kelemahan, peluang, dan ancaman dilakukan melalui instrumen kuesioner yang didukung dengan wawancara langsung secara mendalam kepada keenam responden terpilih.

2. Pembobotan (*Weighting*)

Tahap pembobotan dilakukan dengan menabulasi data primer hasil wawancara dan kuesioner untuk menyusun matriks *Internal Factor Analysis Summary* (IFAS) dan *External Factor Analysis Summary* (EFAS). Pemberian bobot pada masing-masing indikator ditentukan berdasarkan tingkat urgensi dan signifikansi faktor tersebut dalam memengaruhi angka timbulan *food waste*. Langkah ini bertujuan untuk membandingkan besarnya pengaruh suatu faktor strategis terhadap faktor lainnya. Dengan menggunakan teknik normalisasi data dari skala kuesioner, bobot didistribusikan secara proporsional. Sesuai dengan pembagian aspek kajian, akumulasi bobot untuk seluruh faktor internal yang mengevaluasi sistem operasional unit pelayanan gizi (SPPG) ditetapkan bernilai mutlak 1,00. Skema perhitungan yang sama juga diterapkan pada matriks faktor eksternal yang berfokus pada kondisi siswa dan lingkungan sekolah, di mana total bobot keseluruhannya juga dipastikan berjumlah 1,00.

3. Penilaian (*Rating*)

Tahapan penilaian (*rating*) dilaksanakan berdasarkan evaluasi terhadap kondisi riil di lapangan pada setiap indikator. Sistem evaluasi ini menerapkan skala 1 hingga 4 dengan mengakomodasi dua pendekatan logis.

Untuk indikator yang bermuatan positif, yakni Kekuatan (*Strengths*) dan Peluang (*Opportunities*), perhitungan nilainya bersifat searah; skor 4 mengindikasikan kondisi aktual yang sangat kuat atau sangat baik. Sebaliknya, indikator bermuatan negatif berupa Kelemahan (*Weaknesses*) dan Ancaman (*Threats*) dievaluasi dengan mensejajarkan tingginya skor dengan tingkat keparahan masalah. Dalam pendekatan ini, pemberian skor 4 menandakan bahwa suatu kendala operasional berada dalam kondisi Sangat Mengancam atau berpotensi fatal terhadap keberlangsungan sistem, sementara skor 1 mencerminkan bahwa masalah tersebut berstatus Sangat Terkendali. Rangkaian analisis ini diakhiri dengan mengalikan nilai bobot dan *rating* pada kedua matriks guna mendapatkan akumulasi skor akhir, yang selanjutnya menjadi penentu penempatan strategi mitigasi pengelolaan sisa makanan pada kuadran SWOT. (Mashuri & Nurjannah, 2020).

3.7 Tahapan Penelitian

Tahapan-tahapan dalam penelitian ini dirancang secara sistematis untuk memastikan bahwa pelaksanaan kegiatan berjalan dengan arah yang jelas dan selaras dengan tujuan yang telah ditentukan sebelumnya. Setiap tahap tersebut dibuat untuk mengilustrasikan urutan kegiatan penelitian, mulai dari penyusunan rumusan masalah hingga penyelesaian laporan hasil akhir.

1. Studi Literatur

- a. Mengidentifikasi berbagai sumber literatur yang relevan dengan topik penelitian, khususnya yang berkaitan dengan *food waste*, timbulan sampah, serta estimasi emisi Gas Rumah Kaca (GRK).
- b. Melakukan tinjauan pustaka secara mendalam untuk memahami konsep Program Makanan Bergizi Gratis (MBG), metode perhitungan emisi berdasarkan IPCC 2006 Tier 1, serta standar pengukuran timbulan sampah sesuai SNI 3964:2025.

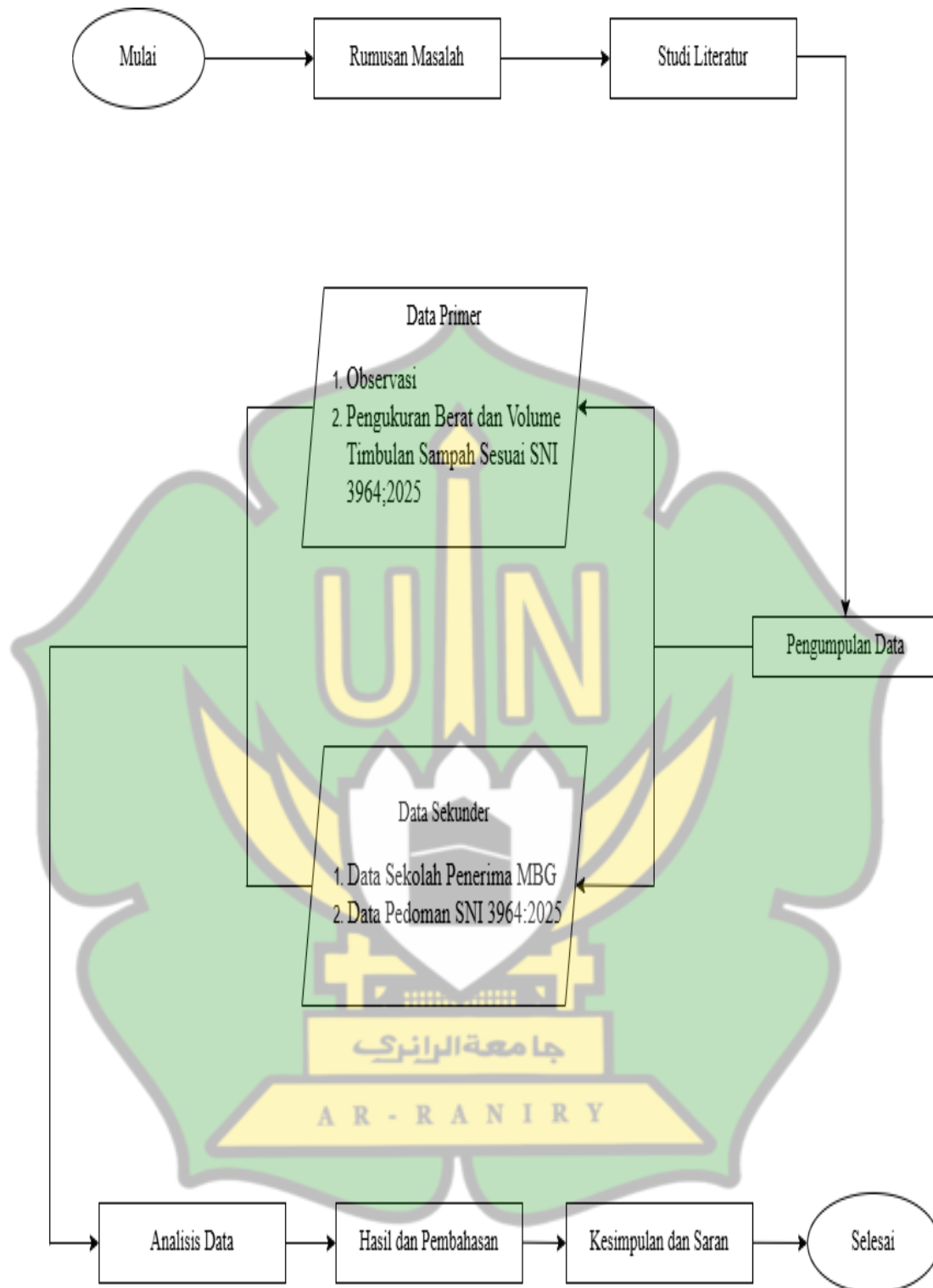
2. Rumusan Masalah

- a. Mengidentifikasi permasalahan utama yang berkaitan dengan timbulan *food waste* pada Program Makanan Bergizi Gratis (MBG).

- b. Merumuskan pertanyaan penelitian secara jelas dan terstruktur sesuai dengan latar belakang yang telah diuraikan.
 - c. Menetapkan batasan masalah yang jelas agar penelitian dapat fokus pada ruang lingkup yang terukur.
3. Pengumpulan Data
 - a. Menentukan lokasi dan objek penelitian, yaitu Satuan Pelayanan Pemenuhan Gizi (SPPG) di Kota Banda Aceh.
 - b. Mengumpulkan data primer melalui pengukuran langsung timbulan *food waste* menggunakan metode sesuai dengan standar SNI 3964:2025 selama tiga hari berturut-turut.
 - c. Mengumpulkan data sekunder dari instansi terkait, seperti jumlah porsi makanan yang diproduksi per hari, jumlah sekolah dan siswa penerima program, serta faktor emisi yang digunakan dalam perhitungan estimasi emisi GRK menggunakan metode IPCC 2006 Tier 1.
4. Analisis Data
 - a. Mengolah data timbulan sampah untuk memperoleh nilai rata-rata timbulan *food waste* dalam satuan (kg/hari dan ton/tahun).
 - b. Mengestimasi emisi Gas Rumah Kaca (GRK) menggunakan metode IPCC 2006 Tier 1 berdasarkan faktor emisi yang berlaku.
 - c. Menghitung nilai emisi dalam satuan CO₂-ekuivalen menggunakan nilai *Global Warming Potential* (GWP).
 - d. Melakukan analisis deskriptif untuk menggambarkan kontribusi timbulan *food waste* terhadap potensi emisi GRK.
5. Hasil dan Pembahasan
 - a. Menyajikan hasil perhitungan timbulan *food waste* dalam bentuk tabel dan grafik yang sistematis.
 - b. Menyajikan hasil estimasi emisi Gas Rumah Kaca (GRK) yang dihasilkan dari kegiatan penelitian.
 - c. Membandingkan hasil penelitian dengan teori dan penelitian terdahulu yang relevan untuk memvalidasi temuan.

- d. Menganalisis dampak timbunan *food waste* terhadap peningkatan emisi GRK di Kota Banda Aceh.
 - e. Merumuskan strategi pengelolaan untuk mengurangi timbunan *food waste* dan potensi emisi GRK yang ditimbulkannya.
6. Kesimpulan dan Saran
- a. Menyimpulkan hasil penelitian berdasarkan analisis data yang dilakukan.
 - b. Menjawab rumusan masalah secara ringkas dan sistematis.
 - c. Memberikan rekomendasi untuk penelitian selanjutnya yang berkaitan dengan estimasi emisi Gas Rumah Kaca.





Gambar 3.2 Diagram Alir

BAB IV

HASIL DAN PEMBAHASAN

4.1 Analisis Timbulan *Food Waste* Program MBG di Kota Banda Aceh

Analisis timbulan sampah pada bagian ini dimaksudkan untuk memetakan jumlah sisa makanan yang dihasilkan dari kegiatan operasional tiga Satuan Pelayanan Pemenuhan Gizi (SPPG) yang dipilih di Kota Banda Aceh. Pengukuran dilakukan secara komprehensif guna mengidentifikasi korelasi antara karakteristik operasional harian dengan sisa makanan tersebut, baik dari aspek massa (berat) maupun dimensi spasial (volume).

4.1.1 Gambaran Umum dan Operasional SPPG

Penelitian ini berfokus pada tiga Satuan Pelayanan Pemenuhan Gizi (SPPG) di Kota Banda Aceh sebagai unit pelaksana pokok dalam Program Makanan Bergizi Gratis (MBG). Ketiga SPPG tersebut merupakan titik distribusi strategis di kawasan perkotaan Banda Aceh, yang berkarakteristik oleh volume timbulan sampah yang tinggi, sebab kota Banda Aceh memproduksi rata-rata 255 ton sampah setiap hari. Berikut adalah uraian rinci mengenai ketiga lokasi tersebut:

SPPG 1 : Melayani 20 sekolah dengan total produksi 3.498 porsi per hari.

SPPG 2 : Melayani 16 sekolah dengan total produksi 3.682 porsi per hari.

SPPG 3 : Melayani 7 sekolah dengan total produksi 3.460 porsi per hari.

4.1.2 Analisis Berat Timbulan Sampah Organik (*Food Waste*)

Pengukuran berat sampah yang dihasilkan dilakukan secara langsung di lokasi pengumpulan menggunakan timbangan digital selama tiga hari operasi. Kegiatan penimbangan ini dimaksudkan untuk menentukan massa total sisa makanan yang terkumpul dari berbagai sekolah di bawah pengawasan masing-masing SPPG. Dokumentasi proses pengukuran berat sampah di lapangan dapat diamati pada Gambar 4.1.



Gambar 4.1 Pengukuran Berat Sampah

Berdasarkan proses penimbangan yang telah dilakukan, hasil rekapitulasi data berat sampah harian dari ketiga lokasi penelitian disajikan pada Tabel 4.1.

Tabel 4.1 Rekapitulasi Hasil Pengukuran Berat dan Timbunan *Food Waste*

Satuan Pelayanan Pemenuhan Gizi (SPPG)	Rabu 15 April Berat (kg/hari)	Kamis 16 April Berat (kg/hari)	Jumat 17 April Berat (kg/hari)	Total (3 Hari)	Rata-rata/Hari	W_i	Jumlah Siswa	Timbunan Sampah (kg/orang/hari)
SPPG 1	47.25	52.80	55.34	155.39	51.80	18.91	3498	0.015
SPPG 2	55.15	95.14	33.53	183.82	61.27	22.36	3682	0.017
SPPG 3	33.46	22.18	68.28	123.92	41.31	15.08	3460	0.012

Berdasarkan data yang diperoleh, analisis berat sisa makanan mengungkapkan temuan penting yang dipengaruhi oleh preferensi menu siswa, sebagaimana diuraikan berikut.

Pada SPPG 1, timbunan berat sampah tercatat paling stabil dengan variasi yang tidak signifikan, yakni dalam rentang 47,25 kg hingga 55,34 kg setiap hari. Timbunan terendah sebesar 47,25 kg terjadi pada hari Rabu dengan menu ikan masak Aceh dan sayur capcay, yang menunjukkan tingkat penerimaan tinggi dari siswa. Sementara itu, peningkatan ringan menjadi 55,34 kg tercatat pada hari Jumat, diduga disebabkan oleh tekstur telur kukus asam manis yang kurang familiar bagi sebagian siswa dibandingkan telur goreng konvensional. Secara keseluruhan, kestabilan ini mencerminkan bahwa olahan sayur non-berkuah seperti capcay atau tumis sawi hijau mampu menjaga tingkat sisa makanan pada level terkendali.

Berbeda dengan SPPG 1, SPPG 2 mengalami fluktuasi ekstrem dan mencatat rekor timbunan berat sampah harian tertinggi sebesar 95,14 kg pada hari Kamis (16 April 2026). Puncak ini secara langsung berkorelasi dengan menu konvensional berkuah, yaitu nasi putih, ayam semur, tempe goreng rempah dan sayur sop, yang menandakan rendahnya preferensi siswa sekolah terhadap sayuran berkuah. Sebaliknya, timbunan terendah yakni 33,53 kg terjadi pada hari Jumat (17

April 2026) berkat peralihan ke menu modern dan kering seperti potato saus daging cincang serta telur mata sapi, yang jauh lebih diminati dan dikonsumsi habis oleh siswa.

Pola fluktuasi tajam serupa juga terlihat pada SPPG 3, dipicu oleh preferensi menu. Timbulan terendah sebesar 22,18 kg tercatat pada hari Kamis (16 April 2026), di mana menu mengadopsi gaya makanan cepat saji seperti chicken katsu saus BBQ, kentang goreng, dan *mix vegetable* yang sangat disukai anak-anak. Namun, pada hari Jumat (17 April 2026), berat sampah melonjak hingga 68,28 kg tiga kali lipat, akibat penyajian menu lokal konvensional berupa nasi putih, ayam masak Aceh, dan tumis kol. Temuan ini menegaskan bahwa olahan sayur konvensional seperti tumis kol menghasilkan sisa makanan lebih besar dibandingkan varian modern seperti *mix vegetable*.

4.1.3 Analisis Volume Timbulan Sampah Organik (*Food Waste*)

Selain pengukuran massa, observasi lapangan juga meliputi penilaian volume sampah sisa makanan. Pengukuran volume tersebut dilakukan dengan memanfaatkan parameter tinggi dan lebar pada wadah penampung standar yang memiliki diameter 60 cm. Proses ini sangat penting untuk menentukan kapasitas ruang penyimpanan yang diperlukan. Dokumentasi kegiatan pengukuran volume sampah dapat dilihat pada Gambar 4.2.



Gambar 4.2 Pengukuran Volume Sampah

Dari hasil pengukuran lapangan tersebut, rekapitulasi data volume timbulan *food waste* di ketiga lokasi SPPG selama tiga hari berturut-turut dapat dilihat pada Tabel 4.2.

Tabel 4.2 Rekapitulasi Hasil Pengukuran Volume Timbunan *Food Waste*

Satuan Pelayanan Pemenuhan Gizi (SPPG)	Rabu 15 April 2026			Kamis 16 April 2026			Jumat 17 April 2026			Rata rata Volume (L/hari)
	Tinggi Sampah (cm)	Lebar Sampah (cm)	Volume (L/hari)	Tinggi Sampah (cm)	Lebar Sampah (cm)	Volume (L/hari)	Tinggi Sampah (cm)	Lebar Sampah (cm)	Volume (L/hari)	
SPPG 1	62	60	175.2	66	60	186.5	67	60	189.3	183.69
SPPG 2	73	60	206.3	123	60	347.6	49	60	138.5	230.79
SPPG 3	41	60	115.9	21	60	59.3	89	60	251.5	142.242

Berdasarkan data yang diperoleh, analisis volume sisa makanan menunjukkan bahwa karakteristik fisik menu berperan krusial dalam memengaruhi penggunaan ruang pada wadah penampungan sampah di setiap fasilitas SPPG.

Pada SPPG 1, pola volume sampah sejalan dengan tren beratnya, yakni relatif stabil dengan rata-rata 183,69 L per hari. Stabilitas ini disebabkan oleh dominasi menu olahan sayur tumis seperti capcay dan sawi hijau, yang memiliki struktur padat dan minim rongga, sehingga volume terjaga dalam rentang 175,2 L hingga 189,3 L.

SPPG 2, mencatat volume harian tertinggi di antara ketiga lokasi, dengan rata-rata 230,79 L per hari. Puncak volume sebesar 347,6 L terjadi pada hari Kamis (16 April 2026) akibat menu berkuah seperti sayur sop dan juga tempe goreng rempah, yang sulit dipadatkan dan sehingga menempati ruang lebih besar di wadah. Sebaliknya, volume terendah yakni 138,5 L tercatat pada hari Jumat (17 April 2026) ketika menu beralih ke masakan kering seperti potato saus daging cincang, yang mudah dimampatkan dan efisien secara spasial.

Fluktuasi volume paling kontras terlihat pada SPPG 3, volume terendah sebesar 59,3 L dicapai pada hari Kamis (16 April 2026) berkat sisa makanan kering dari kentang goreng dan chicken katsu, yang strukturnya memungkinkan pemadatan optimal. Namun, pada hari Jumat (17 April 2026), volume melonjak menjadi 251,5 L lebih dari empat kali lipat akibat menu ayam masak Aceh dan tumis kol, di mana struktur berongga daun kol serta kebasahan bumbu menyebabkan okupasi ruang wadah yang signifikan meskipun porsi relatif sama.

Secara kumulatif, total volume rata-rata dari ketiga fasilitas mencapai 556,72 L per hari, dengan densitas rata-rata 0,689 kg/L, yang mengklasifikasikan sisa makanan Program Makan Bergizi Gratis (MBG) sebagai sampah organik basah berkepadatan tinggi. Kondisi volume besar dan lembab ini menimbulkan implikasi logistik, yaitu kebutuhan frekuensi pengangkutan yang lebih tinggi untuk mencegah

dekomposisi anaerobik, bau tidak sedap, serta risiko sanitasi di area operasional dapur sentral.

4.1.4 Analisis Berat Jenis Densitas (*Food Waste*)

Berdasarkan data berat dan volume *food waste* yang telah diukur selama periode sampling (15–17 April 2026), perhitungan berat jenis (densitas) dilakukan untuk mengevaluasi karakteristik fisik dan tingkat kepadatan limbah organik dari masing-masing unit SPPG. Penggunaan data akumulasi selama tiga hari ini bertujuan untuk mereduksi fluktuasi harian sehingga menghasilkan nilai rata-rata yang lebih representatif. Rekapitulasi hasil perhitungan rata-rata berat jenis beserta pengamatan terhadap sisa makanan dapat dilihat pada Tabel 4.3 berikut:

Tabel 4.3 Rekapitulasi Rata-Rata Berat Jenis *Food Waste*

Lokasi Pengamatan	Total Berat (kg)	Total Volume (Liter)	Rata-rata Berat Jenis (kg/L)
SPPG 1	155,39	551,0	0,28
SPPG 2	183,82	692,4	0,26
SPPG 3	123,92	426,7	0,31
Total Akumulasi	462,89	1.669,9	0,28

Hasil pengukuran di unit SPPG 1 menunjukkan rata-rata berat jenis limbah makanan berada pada angka 0,28 kg/L. Selama periode observasi, catatan operasional mengindikasikan bahwa menu yang didistribusikan meliputi nasi putih, capcay, ayam goreng ketumbar, ikan masak Aceh, tahu lado, serta buah-buahan seperti salak dan pisang. Sisa hidangan dari variasi menu tersebut membentuk komposisi dengan rasio yang proporsional antara massa material padat dan kandungan air bawaannya. Secara fisik, karakteristik limbah yang dihasilkan terpantau pada kondisi sedang, yakni tidak terlampau memakan banyak tempat dan tidak pula terlalu padat. Keseimbangan proporsi ini menjadikan nilai densitas pada SPPG 1 berada pada titik keseimbangan, yang sekaligus merepresentasikan gambaran umum dari rata-rata karakteristik timbulan *food waste* secara keseluruhan dalam penelitian ini.

Di sisi lain, hasil pengukuran di lokasi SPPG 2 mencatatkan nilai berat jenis terendah, yakni sebesar 0,26 kg/L. Fakta ini cukup menarik mengingat unit pelayanan tersebut justru banyak menyajikan hidangan berkuah dengan kandungan

air yang tinggi, seperti sayur sop, daging masak Aceh, dan ayam semur. Secara matematis, fenomena tersebut dapat dipahami melalui konsep dasar hubungan antara massa dan volume. Walaupun massa total sisa makanan yang terkumpul cukup berat, volume limbah yang menempati wadah ternyata jauh lebih besar secara proporsional. Kondisi ini dipicu oleh banyaknya sisa hidangan pelengkap yang berukuran besar dan bertekstur kaku, seperti potongan timun, lalapan wortel, kacang panjang, serta kulit pisang. Karakteristik material semacam ini membuatnya sulit untuk memadat secara alami, sehingga menyisakan banyak rongga udara di dalam wadah pengukuran. Tingginya angka volume yang diakibatkan oleh banyaknya rongga udara tersebut merupakan faktor utama yang pada akhirnya menurunkan nilai keseluruhan berat jenis sisa makanan di lokasi ini.

Sementara itu, angka berat jenis tertinggi ditemukan pada unit SPPG 3, yaitu mencapai 0,31 kg/L. Kondisi ini mengindikasikan bahwa limbah organik di lokasi tersebut memiliki tingkat kepadatan yang sangat tinggi. Berdasarkan pengamatan terhadap hidangan, sisa makanan dari SPPG 3 didominasi oleh komponen yang berukuran kecil, bertekstur lunak, dan mudah hancur, seperti sayuran campur mix vegetable, tumis toge, tumis kol, serta olahan ayam chicken popcorn dan chicken katsu yang telah terpotong kecil. Saat dibuang, wujud fisik material semacam ini akan saling menutupi celah kosong sehingga meminimalkan rongga udara. Akibatnya, tumpukan sisa makanan tersebut menjadi sangat rapat dan menempati ruang wadah secara efisien. Perbandingan antara massa yang terakumulasi padat dengan volume ruang yang minim rongga ini, secara matematis menghasilkan nilai berat jenis yang paling tinggi di antara seluruh lokasi pengamatan.

Secara keseluruhan, rata-rata berat jenis limbah makanan dari ketiga lokasi studi selama masa pengamatan tercatat sebesar 0,28 kg/L. Angka rata-rata ini memberikan gambaran menyeluruh mengenai berbagai karakteristik fisik sampah organik di seluruh unit pelayanan SPPG. Dalam teknis pengelolaan sampah, nilai berat jenis ini menjadi acuan yang sangat penting untuk dua tujuan utama. Pertama, nilai ini digunakan sebagai dasar perhitungan untuk menentukan ukuran tempat penampungan yang tepat, serta untuk memaksimalkan efisiensi kapasitas muatan pada kendaraan pengangkut. Kedua, data berat jenis ini akan digunakan secara langsung untuk memperkirakan massa limbah yang terurai, yang selanjutnya

menjadi dasar perhitungan dalam menentukan potensi emisi gas rumah kaca (GRK) pada tahapan analisis berikutnya.

4.1.5 Proyeksi Peningkatan Volume Skala Kota Banda Aceh

Program Makanan Bergizi Gratis (MBG) memiliki potensi ekspansi yang signifikan. Untuk mengevaluasi dampak makro terhadap sistem pengelolaan persampahan kota, dilakukan proyeksi timbunan sampah berdasarkan nilai rata-rata dari ketiga sampel SPPG yang diteliti, yakni sebesar 185,57 L/hari/SPPG.

Tabel 4.4 Proyeksi Peningkatan Volume *Food Waste* Skala Kota Banda Aceh

Total Volume 3 SPPG (L/hari/SPPG)	Rata-rata Volume (L/hari/SPPG)	Jumlah SPPG Di Banda Aceh	Estimasi Volume Kota Banda Aceh (L/hari)	Estimasi Volume Jika Terlayani (44 SPPG)	GAP / Kenaikan Volume Sampah Baru
556.722	185.57	27	5010.5	8208.4	3197.9

Berdasarkan analisis kesenjangan (gap) yang disajikan pada Tabel 4.4 saat ini terdapat 27 unit Satuan Pelayanan Pemenuhan Gizi (SPPG) yang aktif beroperasi di Kota Banda Aceh. Dengan kapasitas pelayanan rata-rata sebesar 14 sekolah per unit SPPG, infrastruktur SPPG yang ada hanya mampu mencakup 387 sekolah. Padahal, jumlah total fasilitas pendidikan di wilayah tersebut mencapai 634 sekolah, sehingga masih menyisakan kesenjangan pelayanan sebanyak 247 sekolah yang belum terjangkau oleh program Makanan Bergizi Gratis (MBG). Demi mencapai target cakupan 100%, Pemerintah Kota Banda Aceh diperlukan untuk membangun minimal 17 unit SPPG tambahan, yang akan meningkatkan total fasilitas operasional menjadi 44 unit pada masa mendatang.

Perluasan infrastruktur pelayanan tersebut secara tidak langsung akan memengaruhi potensi dampak lingkungan. Proyeksi analisis menunjukkan bahwa dengan 27 unit SPPG saat ini, volume limbah makanan di Kota Banda Aceh diperkirakan mencapai 5.010,5 liter per hari. Jika program diperluas hingga melibatkan 44 unit SPPG secara penuh, volume sisa makanan tersebut diprediksi akan meningkat secara signifikan menjadi 8.165 liter per hari.

4.2 Estimasi Emisi Gas Rumah Kaca dari *Food Waste*

Estimasi emisi Gas Rumah Kaca (GRK) dilakukan dengan menggunakan pedoman IPCC 2006 Tier 1. Volume timbunan sisa makanan harian dikonversi ke dalam satuan tahunan (MSWT) guna menghitung besaran emisi secara periodik. Konstanta faktor pengali (K) sebesar 0,04 diperoleh dari rumus standar IPCC yang mempertimbangkan faktor koreksi metana (MCF), Karbon Organik yang Dapat Terdegradasi (DOC), serta fraksi metana (F). Selanjutnya, emisi gas metana (CH₄) dikonversi menjadi satuan Karbon Dioksida Ekuivalen (CO₂-eq) menggunakan nilai *Global Warming Potential* (GWP) sebesar 28. Rekapitulasi hasil perhitungan emisi tersebut disajikan pada Tabel 4.5.

Tabel 4.5 Estimasi Emisi Gas Rumah Kaca (GRK) Timbunan *Food Waste*

Satuan Pelayanan Pemenuhan Gizi (SPPG)	W _i (Ton/Tahun)	MSWT (Gg/Tahun)	Faktor Pengali (K)	Emisi CH ₄ (Gg/Tahun)	Emisi CH ₄ (Ton/Tahun)	Nilai GWP	Emisi CO ₂ -eq (Ton/Tahun)
SPPG 1	18.906	0.019	0.04	0.000756	0.756	28	21.17
SPPG 2	22.365	0.022	0.04	0.000895	0.895	28	25.05
SPPG 3	15.077	0.015	0.04	0.000603	0.603	28	16.89

SPPG 1, Tingkat Emisi Sedang dan Stabil Fasilitas ini menghasilkan emisi pada level menengah, yakni mencatat beban emisi yaitu 0,756 ton CH₄ per tahun dan 21,17 ton CO₂-eq per tahun, dengan total timbunan sampah tahunan mencapai 18.906 ton. Kondisi tersebut selaras dengan karakteristik menu yang stabil seperti capcay dan tumis sawi hijau, yang memperoleh tingkat penerimaan moderat dari siswa. Meskipun tidak sebesar SPPG 2, pengelolaan timbunan organik "sedang" ini secara konvensional melalui pembuangan langsung ke TPA tetap berkontribusi pada produksi gas metana secara berkelanjutan. Akibatnya, hal ini secara bertahap membebani kapasitas TPA dan menghambat target reduksi emisi di tingkat kota.

SPPG 2, Tingkat Emisi Tertinggi dan Berisiko Ekologis SPPG 2 mencatat beban emisi paling tinggi, yaitu 0,895 ton CH₄ per tahun dan 25,05 ton CO₂-eq per tahun. Tingginya emisi ini berasal dari rendahnya preferensi siswa terhadap menu sayuran berkuah seperti sayur sop. Dari perspektif lingkungan, sisa makanan berkuah dengan kadar air tinggi mempercepat proses dekomposisi anaerobik, yang menghasilkan emisi metana masif di TPA. Mengingat potensi pemanasan global metana 28 kali lebih besar dari pada CO₂, pengelolaan yang tidak memadai di SPPG 2 berpotensi menjadi penyumbang utama gas rumah kaca di Kota Banda Aceh, menjadikannya sebagai area *hotspot* emisi yang signifikan.

SPPG 3, Tingkat Emisi Terendah namun Fluktuatif Emisi terendah tercatat di SPPG 3, sebesar 0,603 ton CH₄ per tahun dan 16,89 ton CO₂-eq per tahun, yang mencerminkan efektivitas menu modern seperti chicken katsu dan kentang goreng dalam mengurangi residu makanan siswa. Namun, fluktuasi muncul ketika menu berganti ke sajian lokal berminyak dan berongga seperti tumis kol, yang menyebabkan lonjakan timbunan sampah. Tanpa standarisasi menu yang ketat, potensi emisi di fasilitas ini dapat meningkat secara tiba-tiba, mempercepat pemenuhan kapasitas sel TPA jika tidak didukung sistem pengelolaan terintegrasi.

Untuk memahami sepenuhnya dampak lingkungan dari Program Makanan Bergizi Gratis (MBG), dilakukan analisis proyeksi emisi di tingkat kota. Analisis tersebut menggunakan nilai emisi rata-rata dari tiga SPPG sampel sebagai garis dasar untuk memperkirakan total emisi dari seluruh fasilitas SPPG yang beroperasi di Banda Aceh. Rekapitulasi hasil perhitungan proyeksi emisi GRK skala Kota Banda Aceh tersebut disajikan pada Tabel 4.6.

Tabel 4.6 Proyeksi Emisi (GRK) *Food Waste* Kota Banda Aceh

Emisi	Total Emisi 3 SPPG (Ton/Tahun)	Rata-rata per SPPG (Ton/Tahun)	Jumlah SPPG Kota Banda Aceh	Estimasi Emisi Kota Banda Aceh (Ton/Tahun)	Estimasi Emisi Jika Terlayani 44 SPPG (Ton/Tahun)	GAP / Kenaikan Volume Sampah Baru (Ton/Tahun)
Gas Metana (CH ₄)	2.254	0.751	27	20.285	33.23	12.95
Gas CO ₂ -eq	63.109	21.036	27	567.983	930.49	362.51

Berdasarkan proyeksi data pada Tabel 4.6, estimasi peningkatan emisi gas rumah kaca (GRK) menggambarkan ancaman ekologis yang amat mengkhawatirkan jika pengelolaan persampahan dalam Program Makan Bergizi Gratis (MBG) tidak segera dievaluasi secara menyeluruh. Pada kondisi eksisting, infrastruktur 27 unit (SPPG) yang melayani sebagian sekolah di Kota Banda Aceh telah menghasilkan total emisi sebesar 20,285 ton CH₄ per tahun, setara dengan 567,983 ton CO₂-eq per tahun. Nilai ini menjadi baseline dari sistem pengelolaan konvensional, di mana sisa makanan dibuang langsung ke Tempat Pemrosesan Akhir (TPA) dan mengalami proses pembusukan anaerobik.

Apabila Pemerintah Kota Banda Aceh merealisasikan target cakupan layanan 100% untuk seluruh sekolah dengan mengekspansi fasilitas menjadi 44 unit SPPG, maka beban lingkungan diproyeksikan akan melonjak drastis. Estimasi emisi gas metana diprediksi meningkat tajam menjadi 33,23 ton CH₄/tahun, atau setara dengan 930,49 ton CO₂-eq/tahun. Ekspansi program secara penuh ini

menciptakan kesenjangan atau potensi penambahan beban emisi baru yang sangat masif, yakni sebesar 362,51 ton CO₂-eq/tahun berasal dari penambahan 12,95 ton gas metana murni. Mengingat gas metana CH₄ memiliki Potensi Pemanasan Global Warming Potential 28 kali lebih mematikan dalam memerangkap panas dibandingkan karbon dioksida CO₂, akumulasi penambahan emisi ini akan secara signifikan mempercepat laju pemanasan global di tingkat regional Kota Banda Aceh.

Jika dibiarkan tanpa intervensi teknologi dan kebijakan, akumulasi *food waste* dari 44 SPPG di masa depan berpotensi melampaui daya tampung TPA dan memicu lonjakan emisi gas metana secara signifikan. Proyeksi dampak lingkungan tersebut menegaskan urgensi penerapan strategi mitigasi yang proaktif, di mana upaya reduksi dan pengolahan limbah organik perlu ditangani secara optimal langsung pada tahap hulu sumber timbulan.

4.3 Strategi Mitigasi dan Pengurangan Dampak Lingkungan

Berdasarkan analisis karakteristik timbulan sampah serta proyeksi emisi gas rumah kaca (GRK) yang telah dibahas sebelumnya, teridentifikasi bahwa sisa makanan dari Program Makanan Bergizi Gratis (MBG) menimbulkan potensi beban lingkungan yang sangat besar. Dengan demikian, diperlukan penyusunan strategi mitigasi yang komprehensif melalui pendekatan analisis SWOT (*Strengths, Weaknesses, Opportunities, Threats*).

Pada analisis ini, batasan sistem difokuskan pada titik timbulnya sampah. Oleh karena itu, faktor internal lebih ditekankan pada subjek Satuan Pelayanan Pemenuhan Gizi (SPPG). Sementara itu, ekosistem sekolah meliputi siswa, guru, regulasi pemerintah kota, ketersediaan teknologi, serta Tempat Pemrosesan Akhir (TPA) dikelompokkan sebagai faktor eksternal.

Identifikasi faktor internal yang meliputi kekuatan dan kelemahan dari sisi operasional fasilitas SPPG saat ini disajikan pada Tabel 4.7.

Tabel 4.7 Identifikasi Faktor Internal (Sistem Operasional SPPG)

No	Kekuatan (Strengths – S)	Kelemahan (Weaknesses – W)
1.	SPPG memiliki manajemen terpusat dan armada logistik harian yang potensial untuk menerapkan sistem <i>reverse logistics</i> sisa makanan dari sekolah kembali ke dapur sentral.	SPPG saat ini belum memiliki fasilitas maupun <i>Standard Operating Procedure</i> (SOP) pengolahan limbah mandiri dari sisa program MBG.
2.	Limbah yang dihasilkan dari dapur SPPG dan sisa makanan program MBG memiliki karakteristik 100% organik dan sangat homogen, sehingga sangat bisa dimanfaatkan sebagai pakan ternak dan kompos.	Suplai porsi dari SPPG yang <i>over-capacity</i> (berlebih) atau penyajian menu yang tidak sesuai selera siswa sehingga menghasilkan sisa makanan di SPPG.
3.	SPPG didukung sepenuhnya oleh pemerintah pusat melalui anggaran operasional terpadu guna menjamin keberlanjutan pelaksanaan program MBG.	Seluruh sampah sisa makanan dari program MBG saat ini langsung dibuang ke TPA oleh armada pengangkut tanpa adanya Upaya pengolahan dari sumbernya.

Selanjutnya, identifikasi faktor eksternal yang meliputi peluang dan ancaman mengenai kondisi siswa, ekosistem sekolah, dan lingkungan Kota Banda Aceh saat ini disajikan pada Tabel 4.8.

Tabel 4.8 Identifikasi Faktor Eksternal (Lingkungan Sekolah)

No	Peluang (Opportunities – O)	Ancaman (Threats – T)
1.	Lingkungan sekolah memiliki struktur tata tertib dan figur tenaga pendidik (guru) yang melakukan pengawasan langsung terhadap siswa saat jam makan MBG.	Fakta di lapangan menunjukkan tingkat penerimaan (<i>acceptability</i>) siswa terhadap menu sayuran konvensional sangat rendah, yang menjadi penyebab utama tingginya <i>food waste</i> .
2.	Adanya potensi ekonomi dari hasil pengolahan limbah organik MBG	Rencana ekspansi program MBG menjadi 44 SPPG di masa depan

No	Peluang (Opportunities – O)	Ancaman (Threats – T)
	berupa pupuk kompos jika menjalin kerja sama dengan sektor pertanian maupun peternakan di wilayah Aceh	untuk memenuhi program ini seluruh sekolah yang diproyeksikan akan melipat gandakan timbulan sampah kota Banda Aceh
3.	Terbukanya peluang kolaborasi antara institusi sekolah, SPPG, dan Dinas Lingkungan Hidup untuk program edukasi dan pengelolaan sampah organik terpadu	Keterbatasan daya tampung dan umur pakai TPA Kota Banda Aceh yang terancam oleh akumulasi lonjakan emisi gas metana (CH ₄) dari dekomposisi limbah padat MBG ini jika tidak dikelola.

4.3.1 Analisis Matriks Strategi IFAS dan EFAS

Analisis SWOT pada dasarnya menganalisis antara faktor eksternal peluang dan ancaman dengan faktor internal kekuatan dan kelemahan. Untuk mentransformasi identifikasi kualitatif tersebut menjadi sebuah rumusan yang terukur, faktor internal dimasukkan ke dalam matriks faktor strategi internal atau IFAS (*Internal Strategic Factor Analysis Summary*). Sementara itu, faktor eksternal dimasukkan ke dalam matriks faktor strategi eksternal atau EFAS (*External Strategic Factor Analysis Summary*).

Setelah seluruh faktor strategis teridentifikasi dan dipetakan, tahapan selanjutnya adalah penentuan nilai bobot (weight) pada setiap indikator. Penentuan bobot ini didasarkan pada normalisasi data tingkat kepentingan dari hasil kuesioner responden, mulai dari nilai desimal tertinggi untuk faktor yang sangat krusial hingga nilai terendah untuk faktor dengan urgensi minor. Nilai pembobotan ini merepresentasikan seberapa besar kontribusi masing-masing faktor terhadap keberhasilan reduksi sampah organik dan mitigasi emisi gas rumah kaca. Dalam perhitungannya, akumulasi bobot didistribusikan secara proporsional dalam satu kesatuan matriks, sehingga total nilai bobot untuk keseluruhan faktor internal (gabungan Kekuatan dan Kelemahan SPPG) wajib menghasilkan angka mutlak sebesar 1,00. Ketentuan perhitungan yang sama juga diterapkan secara terpisah pada matriks faktor eksternal (gabungan Peluang dan Ancaman dari ekosistem

sekolah), di mana total bobotnya juga dipastikan bernilai mutlak 1,00. Tahap berikutnya adalah penentuan peringkat (*rating*) aktual dengan menggunakan rentang skala 1 hingga 4 untuk merepresentasikan kondisi riil di wilayah studi. Pemberian nilai *rating* ini mengadopsi dua pendekatan logika. Pada parameter positif yang berupa kekuatan (*strengths*) dan peluang (*opportunities*), nilai *rating* 4 mengindikasikan kapasitas sistem yang sangat unggul dan kondisinya sangat baik. Sebaliknya, pada parameter negatif yang berupa kelemahan (*weaknesses*) dan ancaman (*threats*), nilai *rating* diberikan berbanding lurus dengan tingkat keparahan dampaknya. Artinya, pemberian skor 4 menandakan bahwa kendala tersebut berada dalam kondisi yang Sangat Mengancam atau berpotensi fatal terhadap keberlangsungan sistem, sedangkan skor 1 mencerminkan bahwa masalah operasional tersebut berada dalam status Sangat Terkendali. Seluruh nilai bobot dan *rating* yang telah ditetapkan kemudian dikalikan untuk menghasilkan nilai skor individual dari masing-masing faktor, yang pada akhirnya dijumlahkan secara kumulatif guna memperoleh total skor representatif dari kondisi internal (IFAS) maupun kondisi eksternal (EFAS) sistem. Hasil perhitungan matriks IFAS yang mengevaluasi faktor kekuatan dan kelemahan pada sistem operasional SPPG disajikan pada Tabel 4.9.

Tabel 4.9 Matriks *Internal Factor Analysis Summary* (IFAS)

No	Faktor Internal (Sistem SPPG)	Bobot	Rating	Nilai Skor
Kekuatan (<i>Strengths</i>)				
1.	Manajemen terpusat dan armada logistik harian	0,20	4	0,80
2.	Karakteristik sampah 100% organik dan homogen	0,15	4	0,60
3.	Dukungan anggaran operasional penuh dari pemerintah	0,15	4	0,60
Total Skor Kekuatan (S)		0,50		2,00
Kelemahan (<i>Weaknesses</i>)				
1.	Belum tersedianya fasilitas dan SOP pengolahan limbah mandiri	0,20	3	0,60
2.	Suplai porsi dari SPPG yang <i>over-capacity</i> dan penyajian menu yang tidak sesuai selera siswa	0,15	3	0,45

No	Faktor Internal (Sistem SPPG)	Bobot	Rating	Nilai Skor
3.	pembuangan sampah langsung ke TPA secara Konvensional tanpa pengolahan dari sumbernya	0,15	4	0,60
Total Skor Kelemahan (W)		0,50		1,65
Total IFAS (S +W)		1,00		3,65

Berdasarkan hasil kalkulasi Matriks IFAS yang tersaji pada Tabel 4.9, diperoleh total skor faktor internal sebesar 3,65, yang terdiri dari akumulasi nilai kekuatan sebesar 2,00 dan akumulasi nilai kelemahan sebesar 1,65. Selisih positif yang diraih melalui perhitungan tersebut mengindikasikan bahwa Satuan Pelayanan Pemenuhan Gizi (SPPG) memiliki kapasitas internal yang dominan untuk melaksanakan intervensi tata kelola lingkungan secara mandiri.

Faktor kekuatan utama terletak pada sistem manajemen terpusat dan armada logistik harian dengan nilai bobot 0,20, rating 4, dan skor 0,80, Penyiapan armada logistik harian tersebut merupakan modal teknis yang sangat penting untuk mendukung pelaksanaan sistem reverse logistik, yaitu mekanisme pengembalian sisa makanan dari sekolah menuju dapur sentral secara terjadwal. Di sisi lain, karakteristik sampah yang memiliki kemurnian organik sebesar 100% serta sifatnya yang homogen, dikombinasikan dengan adanya kepastian dukungan anggaran dari pusat, masing-masing memberi kontribusi nilai sebesar 0,60. Karakteristik sampah yang homogen dan tersusun dari bahan organik murni ini dengan sebuah keunggulan biologis yang sangat strategis. Keunggulan tersebut tidak hanya memudahkan proses reduksi pada tahap awal, tetapi juga membuka peluang besar untuk memanfaatkan limbah secara langsung sebagai pakan ternak atau sebagai bahan baku yang optimal bagi pengembangan infrastruktur Rumah Kompos secara desentralisasi.

Sebaliknya, kelemahan internal yang paling kritis terdeteksi pada praktik pembuangan sampah secara konvensional langsung ke TPA tanpa pengolahan di sumbernya, yang diberikan rating 4 dan skor 0,60. Skor yang tinggi pada parameter ini menegaskan adanya ketergantungan sistemik akibat ketiadaan fasilitas dan Standar Operasional Prosedur (SOP) penanganan mandiri di tingkat SPPG, yang

berpotensi membiarkan residu organik mengalami dekomposisi anaerobik yang bersifat destruktif.

Selanjutnya, hasil perhitungan matriks EFAS yang mengevaluasi peluang dan ancaman dari sisi ekosistem sekolah serta lingkungan kota disajikan pada Tabel 4.10.

Tabel 4.10 Matriks *Eksternal Factor Analysis Summary* (EFAS)

No	Faktor Eksternal (Siswa dan Sekolah)	Bobot	Rating	Nilai Skor
Peluang (<i>Opportunities</i>)				
1.	Pengawasan guru dan struktur tata tertib di sekolah dalam program MBG	0,15	3	0,45
2.	Potensi ekonomi sirkular dari hasil pengolahan limbah organik di wilayah Aceh	0,15	4	0,60
3.	Peluang kolaborasi antara sekolah, SPPG dan DLHK terkait pengolahan sampah organik	0,20	3	0,60
Total Skor Peluang (O)		0,50		1,65
Ancaman (<i>Threats</i>)				
1.	Rendahnya tingkat penerimaan siswa terhadap menu	0,15	4	0,60
2.	Rencana perluasan program menjadi 44 SPPG yang memicu lonjakan sampah	0,15	3	0,45
3.	Risiko penuhnya kapasitas TPA dan meningkatnya Emisi gas metana (CH ₄)	0,20	4	0,80
Total Skor Ancaman (T)		0,50		1,85
Total EFAS (O + T)		1,00		3,50

Berdasarkan hasil kalkulasi EFAS yang tersaji pada Tabel 4.10 menunjukkan total skor sebesar 3,50, dengan ancaman lingkungan sebesar 1,85 yang mendominasi peluang sosiologis sebesar 1,65. Ancaman bersumber utamanya dari risiko pemenuhan kapasitas Tempat Pemrosesan Akhir (TPA) dan eskalasi emisi gas metana (CH₄) dengan skor tertinggi sebesar 0,80. Ancaman ekologis ini semakin diperparah oleh rendahnya tingkat akseptabilitas siswa terhadap menu

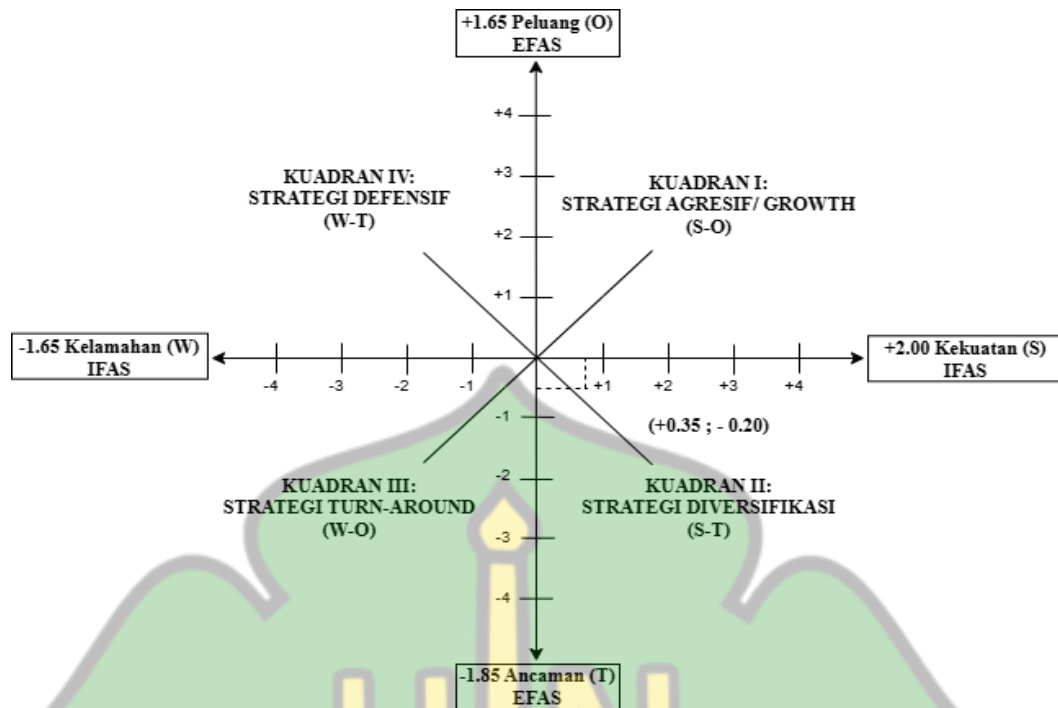
berkuah serta rencana ekspansi program MBG berskala kota. Guna mengantisipasi tekanan tersebut, SPPG perlu mengeksplorasi peluang strategis yang tersedia, yaitu melalui kolaborasi lintas institusi serta pemanfaatan potensi hilirisasi ekonomi sirkular pupuk kompos dengan skor 0,60 untuk mengalihkan rute pembuangan residu organik dari TPA secara permanen.

4.3.2 Penentuan Posisi Strategis (Kuadran SWOT)

Penentuan posisi strategis dilakukan melalui integrasi skor matriks IFAS dan EFAS guna memetakan kondisi aktual sistem pengelolaan sampah pada Program MBG di Kota Banda Aceh. Koordinat posisi tersebut diperoleh dari perhitungan selisih skor faktor internal pada sumbu X dan faktor eksternal pada sumbu Y, yakni:

- **Sumbu X (Internal)** = Skor Kekuatan (S) - Skor Kelemahan (W) = 2,00 - 1,65 = +0,35
- **Sumbu Y (Eksternal)** = Skor Peluang (O) - Skor Ancaman (T) = 1,65 - 1,85 = -0,20

Hasil perhitungan menghasilkan titik koordinat (+0,35 ; -0,20), yang menempatkan operasional SPPG pada Kuadran II (Strategi Diversifikasi). Posisi ini mengindikasikan bahwa sistem memiliki kekuatan internal yang sangat solid, namun secara bersamaan dihadapkan pada tekanan ancaman eksternal yang mendesak. Oleh karena itu, prioritas utama mitigasi difokuskan pada pemanfaatan keunggulan sistem, seperti kekuatan manajemen dan dukungan anggaran, untuk mengantisipasi serta menetralisasi ancaman krisis daya tampung TPA dan ledakan emisi Gas Rumah Kaca (GRK) melalui pembangunan fasilitas pengolahan mandiri di sumber. Visualisasi posisi strategis ini ditampilkan pada Gambar 4.3..



Gambar 4.3 Diagram Analisis SWOT EFAS/IFAS

Kuadran I merupakan situasi yang sangat menguntungkan, karena sistem memiliki peluang eksternal dan kekuatan internal yang memadai sehingga dapat memanfaatkan peluang yang ada secara optimal. Kuadran II meskipun menghadapi berbagai ancaman lingkungan, tetapi masih memiliki kekuatan dari segi internal. Kuadran III menghadapi peluang yang sangat besar di luar sistem, tetapi di lain pihak menghadapi beberapa kendala yaitu kelemahan internal. Kuadran IV merupakan situasi yang sangat tidak menguntungkan karena menghadapi berbagai ancaman eksternal dan kelemahan internal secara bersamaan.

Dari Gambar 4.3 di atas yang didasarkan pada perhitungan matriks IFAS dan EFAS, tata kelola persampahan Satuan Pelayanan Pemenuhan Gizi (SPPG) Program MBG Kota Banda Aceh berada pada titik koordinat (+0,35 ; -0,20). Posisi ini menunjukkan bahwa nilai kekuatan berada pada sumbu positif Sumbu X, sementara pada Sumbu Y nilai ancaman ekologis jauh lebih mendominasi dibandingkan dengan peluang yang ada. Kondisi ini secara absolut menempatkan arah kebijakan SPPG dalam mereduksi emisi lingkungan pada kondisi diversification strategy atau strategi diversifikasi (Kuadran II).

Strategi diversifikasi *Diversification Strategy* dalam konteks Teknik Lingkungan ini didesain untuk menggunakan kekuatan internal sistem guna

menghindari, mengantisipasi, atau menetralisasi ancaman eksternal yang mendesak. Hal ini dapat dicapai dengan cara mendiversifikasi rute pembuangan sisa makanan melalui optimalisasi armada *reverse logistick* dapur sentral dan pengalihan residu menjadi pakan ternak serta bahan baku komposting agar tidak lagi membebani Tempat Pemrosesan Akhir (TPA). Usaha nyata dan agresif yang mutlak dilakukan adalah memobilisasi kekuatan anggaran dan manajemen logistik SPPG untuk mewajibkan pembangunan fasilitas pengolahan mandiri berupa Rumah Kompos di setiap lingkungan sekolah dan dapur sentral SPPG. Melalui intervensi pengolahan langsung di sumber timbulan serta kemudahan distribusi sisa makanan homogen untuk sektor peternakan ini, rantai aliran residu organik basah menuju TPA dapat dipotong secara total, sehingga ancaman krisis daya tampung dan ledakan emisi gas metana CH_4 dapat dihentikan secara signifikan.

4.3.3 Rekomendasi Strategi Mitigasi Berdasarkan Kuadran

Berdasarkan posisi sistem pengelolaan persampahan SPPG yang telah ditetapkan pada Kuadran II (Strategi Diversifikasi), prioritas utama mitigasi perlu difokuskan pada penggunaan kekuatan internal guna mengantisipasi dan menetralisasi ancaman eksternal yang mendesak. Walaupun penekanan utama diberikan pada strategi diversifikasi (S-T), pendekatan yang komprehensif tetap mengharuskan penyusunan strategi pendukung (S-O, W-O, serta W-T) untuk mengoptimalkan peluang yang ada sekaligus mengatasi kelemahan internal demi melindungi keberlanjutan sistem di masa mendatang. Formulasi strategi mitigasi serta pengurangan dampak lingkungan yang direkomendasikan adalah sebagai berikut:

1. Kewajiban Pembangunan Rumah Kompos Terpadu di Setiap SPPG dan Sekolah (Strategi S-T)

Sebagai langkah diversifikasi agresif sekaligus prioritas utama untuk menghalau risiko penuhnya kapasitas TPA dan paparan emisi gas metana CH_4 , kekuatan manajemen distribusi logistik serta jaminan alokasi anggaran dari pemerintah pusat harus dikerahkan untuk membangun infrastruktur Rumah Kompos di setiap unit dapur sentral SPPG serta di seluruh lingkungan sekolah penerima MBG (S). Sisa makanan dilarang keras dibuang ke dalam armada

pengangkutan kota menuju TPA, melainkan dialihkan untuk langsung diolah menjadi pupuk organik di Rumah Kompos sekolah, atau ditarik kembali *reverse logistics* ke Rumah Kompos induk SPPG. Strategi ini secara mutlak memotong kontribusi *food waste* terhadap pembentukan gas metana di TPA secara permanen.

2. **Kalibrasi Formulasi Menu Kering Dan Pemanfaatan Pakan Ternak Warga (Strategi S-O)**

Strategi ini memadukan keunggulan sisa makanan yang 100% organik murni dan homogen dengan peluang struktur pengawasan guru di sekolah. Berdasarkan fakta lapangan, sisa makanan MBG diambil langsung oleh warga sekitar setiap hari di SPPG untuk pakan ternak swadaya. Guna mengoptimalkan pemanfaatan ini, SPPG perlu mengkalibrasi menu menjadi variasi masakan kering agar residu yang dihasilkan tetap higienis, bersih, dan bebas dari kontaminasi sampah anorganik. Kemurnian sampah organik ini mempermudah warga memanfaatkannya sebagai pakan ternak berkualitas, sedangkan sisa residu yang tidak terangkut oleh warga dialihkan langsung menuju unit Rumah Kompos untuk diolah menjadi pupuk organik.

3. **Integrasi Edukasi Pemilahan Sampah Berbasis Rumah Kompos Sekolah (Strategi W-O)**

Strategi ini bertujuan meminimalkan kelemahan suplai porsi berlebih (W) dengan mengeksplorasi peluang struktur pengawasan guru (O). Keberadaan fasilitas Rumah Kompos yang telah dibangun di sekolah dimanfaatkan sebagai laboratorium hidup pendidikan lingkungan. Pihak sekolah mengintegrasikan tata laksana Rumah Kompos ke dalam pembiasaan harian, di mana siswa diedukasi untuk memilah sisa makanan mereka secara mandiri ke dalam wadah komposter. Keterlibatan langsung ini akan meningkatkan tanggung jawab siswa terhadap sisa makanan mereka

4. Standardisasi Prosedur Operasional (SOP) dan Sanitasi Rumah Kompos (Strategi W-T)

Sebagai tindakan defensif untuk mengatasi kelemahan absennya fasilitas dan panduan teknis penanganan limbah saat ini (W), sekaligus membentengi sistem dari ancaman multiplikasi sampah akibat rencana ekspansi menjadi 44 unit SPPG (T). Pemerintah daerah bersama SPPG wajib menyusun *Standard Operating Procedure* (SOP) formal terkait teknis operasional Rumah Kompos. SOP ini mengatur standar kapasitas wadah komposter, pengendalian bau dekomposisi agar tidak mengganggu proses belajar-mengajar, serta mekanisme penyaluran pupuk kompos hasil produksi SPPG/Sekolah kepada sektor pertanian lokal di wilayah Aceh.



BAB V

PENUTUP

5.1 Kesimpulan

Berdasarkan hasil penelitian dan analisis yang diperoleh maka dapat diambil kesimpulan yaitu:

1. Timbulan *food waste* rata-rata dari tiga unit Satuan Pelayanan Pemenuhan Gizi (SPPG 1, 2, dan 3) sampel di Kota Banda Aceh mencapai 154,38 kg dengan volume mencapai 556,72 liter per hari. Jika diproyeksikan pada 27 unit SPPG yang beroperasi aktif di skala kota Banda Aceh, estimasi total volume sisa makanan tersebut melonjak hingga 5.010,5 liter per hari.
2. Timbulan *food waste* dari ketiga SPPG sampel tersebut menyumbang emisi Gas Rumah Kaca sebesar 2,254 ton CH₄/tahun yang setara dengan 63,109 ton CO₂-eq/tahun. Rencana ekspansi program MBG menjadi 44 unit SPPG dengan metode pembuangan konvensional ke TPA diproyeksikan akan memicu lonjakan emisi secara signifikan hingga 33,23 ton CH₄/tahun setara 930,49 ton CO₂-eq/tahun, yang sangat mengancam kapasitas ekologis wilayah secara keseluruhan.
3. Analisis matriks IFAS dan EFAS menempatkan tata kelola persampahan SPPG pada Kuadran II (Strategi Diversifikasi) dengan titik koordinat (+0,35 ; -0,20). Strategi mitigasi utama yang wajib diterapkan adalah optimalisasi armada logistik dan pemanfaatan sisa makanan higienis hasil kalibrasi menu kering sebagai pakan ternak swadaya oleh warga sekitar SPPG secara harian. Selanjutnya, sisa residu organik yang tidak terangkut oleh warga dialihkan langsung menuju unit Rumah Kompos terpadu di setiap unit SPPG dan sekolah guna menetralkan ancaman krisis TPA dari hulu.

5.2 Saran

Berdasarkan kesimpulan yang telah diuraikan, terdapat beberapa saran yang dapat direkomendasikan sebagai bahan masukan dan evaluasi, yaitu

1. Bagi Pemerintah Kota Banda Aceh dan Manajemen SPPG

- a. Pemerintah Kota Banda Aceh dan manajemen SPPG disarankan untuk segera menetapkan peraturan mengenai Prosedur Operasi Standar (SOP) resmi terkait penggunaan sisa makanan MBG yang bersih sebagai pakan ternak harian bagi warga.
- b. Manajemen SPPG disarankan untuk membangun fasilitas pengolahan limbah organik mandiri (rumah kompos) di dapur pusat guna mengolah sisa makanan yang tidak dikumpulkan oleh warga.
- c. Pihak manajemen SPPG perlu mengevaluasi secara berkala ukuran porsi makanan guna meminimalkan limbah makanan sejak sumbernya.

2. Bagi Peneliti Selanjutnya

- a. Diharapkan para peneliti selanjutnya akan mengumpulkan sampel sisa makanan selama 5 (lima) hari berturut-turut, yang mewakili satu pekan lengkap hari sekolah. Tujuannya adalah untuk memberikan gambaran yang jauh lebih akurat mengenai fluktuasi data terkait korelasi antara variasi rotasi menu mingguan dalam program MBG dan volume total sisa makanan.
- b. Bagi peneliti selanjutnya di bidang teknik lingkungan, disarankan untuk mengembangkan penelitian ini dengan menguji secara laboratorium kualitas unsur hara pupuk kompos yang dihasilkan dari karakteristik limbah homogen MBG.
- c. Penelitian selanjutnya diharapkan dapat mengevaluasi jejak karbon armada logistik pendistribusian makanan dari SPPG ke sekolah. Analisis emisi transportasi ini krusial untuk melengkapi perhitungan total beban lingkungan program MBG secara komprehensif dari tahap distribusi hingga pembuangan akhir.

DAFTAR PUSTAKA

- Abdillah, M. S., Dafa, F. A. M., & Widiati, I. S. (2024). Penerapan Metode Design Thinking pada UI / UX Website SaveBite untuk Penjualan Sisa Makanan dalam Mengurangi Food waste dengan membuat platform online atau website penjualan makanan sisa atau donasi sisa menyelamatkan bumi kita dari sisa makanan yang akan. *Router : Jurnal Teknik Informatika Dan Terapan*, 2(3), 185–196.
- Anifah, E. M., Rini, I. D. W. S., Hidayat, R., & Ridho, M. (2021). Estimasi Emisi Gas Rumah Kaca (Grk) Kegiatan Pengelolaan Sampah Di Kelurahan Karang Joang, Balikpapan. *Jurnal Sains & Teknologi Lingkungan*, 13(1), 17–33. <https://doi.org/10.20885/jstl.vol13.iss1.art2>
- Athailah, T., Bagio, & Husin, H. (2021). Edukasi Pemanfaatan Limbah Sisa Makanan Menjadi Produk Yang Bernilai Ekonomis. *Dinamisia : Jurnal Pengabdian Kepada Masyarakat*, 5(2), 437–442. <https://doi.org/10.31849/dinamisia.v5i2.5262>
- Auliawan, A. G., & Harsiwi, W. (2025). Kyushoku di Jepang Sebagai Referensi Program Makan Bergizi Gratis di Indonesia. *Kiryoku*, 9(1), 184–197. <https://doi.org/10.14710/kiryoku.v9i1.184-197>
- Dewi, P. K. (2024). Implementasi Pengelolaan Sampah Makanan di Rumah Sakit. *Jurnal Bidang Ilmu Kesehatan*, 14(3), 230–237. <https://doi.org/10.52643/jbik.v14i3.4615>
- Dina, R. A. (2024). Strategi Pencegahan Food Waste di Indonesia. *Policy Brief Pertanian, Kelautan, Dan Biosains Tropika*, 6(4), 1069–1076. <https://doi.org/10.29244/agro-maritim.0604.1069-1076>
- Handoyo, M. A. P., & Asri, N. P. (2023). Study on *Food Loss* and Food Waste: Conditions, Impact and Solutions. *AGRITEPA: Jurnal Ilmu Dan Teknologi Pertanian*, 10(2), 247–258. <https://doi.org/10.37676/agritepa.v10i2.4579>
- Hermanu, B. (2022). Pengelolaan Limbah Makanan (Food Waste) Berwawasan Lingkungan Environmentally Friendly Food Waste Management. *Jurnal Agrifoodtech*, 1(1), 1–11. <https://doi.org/10.56444/agrifoodtech.v1i1.52>
- Hutagalung, W. L. C., Ariska, E., & Rinaldi, R. (2023). Estimasi Emisi Gas Rumah Kaca dari Proses Pengelolaan Sampah Di Tempat Pemrosesan Akhir (TPA)

- Kabupaten Kerinci. *Jurnal Daur Lingkungan*, 6(1), 73. <https://doi.org/10.33087/daurling.v6i1.191>
- Hutagalung, W. L. C., Sakinah, A., & Rinaldi, R. (2020). Estimasi Emisi Gas Rumah Kaca pada Pengelolaan Sampah Domestik dengan Metode IPCC 2006 di TPA Talang Gulo Kota Jambi. *Jurnal Teknik Sipil Dan Lingkungan*, 5(1), 59–68. <https://doi.org/10.29244/jsil.5.1.59-68>
- Isni, K., & Mustanginah, T. (2023). Pengaruh Edukasi Kesehatan terhadap Peningkatan Pengetahuan Pengelolaan Sampah Sebagai Upaya Mewujudkan Program Bantul Bersih Sampah 2025. *Perilaku Dan Promosi Kesehatan: Indonesian Journal of Health Promotion and Behavior*, 5(1), 35. <https://doi.org/10.47034/ppk.v5i1.6800>
- Kandouw, C. S. E., Mangangka, I. R., & Mandagi, A. T. (2025). *Analisis Emisi Gas Rumah Kaca Dari Sektor Sampah Menggunakan Metode IPCC di Kecamatan Wanea Kota Manado*. 23(91).
- Keane, P. J. (P. J., Caletka, A. F. (Anthony F. ., & Ph, R. O. (2008). *UNDANG-UNDANG REPUBLIK INDONESIA NOMOR 18 TAHUN 2008 TENTANG PENGELOLAAN SAMPAH*. 1, 276.
- Kementerian PPN/Bappenas, Waste4Change, & World Resource Institute. (2021). Laporan Kajian *Food Loss and Waste* di Indonesia. *Laporan Kajian Food Loss and Waste Di Indonesia*, 1–116. <https://lcdi-indonesia.id/wp-content/uploads/2021/06/Report-Kajian-FLW-FINAL-4.pdf>
- Kurniawan, D. A., Santoso, A., & Zaenal. (2021). Pengelolaan Sampah di daerah Sepatan Kabupaten Tangerang. *ADI Pengabdian Kepada Masyarakat*, 1(1), 31–36. <https://doi.org/10.34306/adimas.v1i1.247>
- Mashuri, M., & Nurjannah, D. (2020). Analisis SWOT Sebagai Strategi Meningkatkan Daya Saing. *JPS (Jurnal Perbankan Syariah)*, 1(1), 97–112. <https://doi.org/10.46367/jps.v1i1.205>
- Nagong, A. (2021). Studi Tentang Pengelolaan Sampah Oleh Dinas Lingkungan Hidup Kota Samarinda Berdasarkan Peraturan Daerah Kota Samarinda Nomor 02 Tahun 2011 Tentang Pengelolaan Sampah. *Jurnal Administrative Reform*, 8(2), 105. <https://doi.org/10.52239/jar.v8i2.4540>
- Pramudya, N. A., & Gusri, L. (2025). Strategi Adaptasi Dan Mitigasi Pembakaran

- Sampah Terbuka di Kenali Asam Bawah, Kota Jambi. *Jurnal Ilmiah Nusantara*, 2(3), 933–941.
<https://ejurnal.kampusakademik.co.id/index.php/jinu/article/view/6092>
- Prasetyo, D. E. (2023). Program Makan Bergizi Gratis (MBG) dalam Perspektif Keadilan Sosial dan Dinamika Sosial – Politik. *Jurnal Keindonesiaan*, 3(2), 1–10.
- Rimbing, S. C., Tenda, M. P., & Towoliu, B. I. (2024). *Implementasi Zero Foodwaste Sebagai Upaya Pengelolaan Foodloss dan Food Waste pada Restoran Gardenia Sintesa Peninsula Hotel Manado*. 3(4), 124–130.
<https://doi.org/10.55123/toba.v3i4.4057>
- Sciences, P., Pitriani, S., Komara, C. P., Sari, D. S., & Yulianti, D. (n.d.). *E-SOSPOL*. 379–391.
- Sholihah, K. K. A. (2020). Kajian Tentang Pengelolaan Sampah di Indonesia. *Kajian Tentang Pengelolaan Sampah Di Indonesia*, 03(03), 1–9.
<https://ejournal.unesa.ac.id/index.php/swara-bhumi/article/view/35038>
- SNI 19-3964-2025. (2025). Metode pengambilan dan pengukuran contoh timbulan dan komposisi sampah rumah tangga dan sampah sejenis sampah rumah tangga. *Badan Standardisasi Nasional*, 16.
- So, W. (2025). *Global municipal solid waste generation 2020–2050*. Statista.
<https://www.statista.com/statistics/916625/global-generation-of-municipal-solid-waste-forecast/>
- Tambunan, K. A. H., Nababan, R., Siagian, R. A., Naiborhu, R., Harianti, S., & Jamaludin, J. (2025). Tinjauan Kritis Tentang Program Makan Bergizi Gratis Terhadap Produktivitas Belajar Siswa. *Katalis Pendidikan: Jurnal Ilmu Pendidikan Dan Matematika*, 2(2), 21–31.
<https://doi.org/10.62383/katalis.v2i2.1428>
- Yuliana, L., & Limbong, J. Y. (2023). Sosialisasi Pemilahan Sampah dan Redesain Tempat Sampah Sesuai Klasifikasinya. *Abdimas Universal*, 5(2), 278–283.
<https://doi.org/10.36277/abdimasuniversal.v5i2.322>

LAMPIRAN

Lampiran 1 Surat Observasi Awal



KEMENTERIAN AGAMA REPUBLIK INDONESIA
UNIVERSITAS ISLAM NEGERI AR-RANIRY BANDA ACEH
PRODI TEKNIK LINGKUNGAN FAKULTAS SAINS & TEKNOLOGI
Jl. Syekh Abdur Rauf Kopelma Darussalam Banda Aceh
Telepon : 0651-7552921 – 7551857 Fax. 0651-7552922
E-mail: tekniklingkungan.fst@ar-raniry.ac.id | Web : www.fst.ar-raniry.ac.id

Nomor : B-565/Un.08/TL/PP.00.9/10/2025
Sifat : Biasa
Hal : Observasi Awal

Kepada Yth.
Kepala Satuan Pelayanan Pemenuhan Gizi (SPPG)
Kota Banda Aceh
di-
Tempat

Assalamualaikum Wr. Wb.
Dengan hormat,
Ketua Program Studi Teknik Lingkungan Fakultas Sains dan Teknologi UIN Ar-Raniry Banda Aceh, dengan ini mengharapkan bantuan Kepada Kepala Satuan Pelayanan Pemenuhan Gizi (SPPG) Kota Banda Aceh, agar sudi kiranya memberikan izin observasi awal kepada mahasiswa :

Nama Mahasiswa : Fikri Al kiswa
NIM : 220702047
Judul Tugas Akhir : Dampak Program Makanan Bergizi Gratis terhadap Perubahan Timbulan Sampah di Kota Banda Aceh

Untuk melaksanakan observasi awal terkait judul Tugas Akhir tersebut pada Satuan Pelayanan Pemenuhan Gizi (SPPG) Kota Banda Aceh. Demikian kami sampaikan, atas perhatian dan kerjasamanya kami ucapkan terima kasih.

Banda Aceh, 21 Oktober 2025
Ketua Prodi Teknik Lingkungan,

Husnawati Yahya



Lampiran 2 Logbook Pengambilan Data Timbulan Sampah di SPPG

1. Logbook Pengambilan Data Timbulan Sampah Organik di SPPG

No	SPPG	Waktu Pengambilan	Jenis Sampah	Berat Sampah (kg)	Volume (L)	Densitas (kg/L)	Keterangan Menu Harian
1.	SPPG 1	Rabu, 15 April 2026	<i>Food Waste</i>	47,25	175,2	0,27	Nasi Putih, Buah Salak, Tahu Lado, Ikan Masak Aceh, Capcay
2.	SPPG 2	Rabu, 15 April 2026	<i>Food Waste</i>	55,15	206,3	0,27	Nasi Putih, Pisang, Tahu Goreng Mariasi, Daging Masak Aceh, Timun
3.	SPPG 3	Rabu, 15 April 2026	<i>Food Waste</i>	33,46	115,9	0,29	Nasi Putih, Buah Salak, Tumis Tahu dan Toge, Chicken Popcorn Sambal Matah, Susu UHT
4.	SPPG 1	Kamis, 16 April 2026	<i>Food Waste</i>	52,80	186,5	0,28	Nasi Putih, Pisang, Tempe Orek, Ayam Goreng Ketumbar Sambal Lamongan, Tumis Sawi Hijau
5.	SPPG 2	Kamis, 16 April 2026	<i>Food Waste</i>	95,14	347,6	0,27	Nasi Putih, Buah Salak, Tempe Goreng Daun Kari, Ayam Semur, Sayur Sop
6.	SPPG 3	Kamis, 16 April 2026	<i>Food Waste</i>	22,18	59,3	0,37	Kentang Goreng, Mix Vegetable, Buah Salak, Chicken Katsu Saus BBQ, Kacang Arab
7.	SPPG 1	Jumat, 17 April 2026	<i>Food Waste</i>	55,34	189,3	0,29	Kentang Goreng, Telur

No	SPPG	Waktu Pengambilan	Jenis Sampah	Berat Sampah (kg)	Volume (L)	Densitas (kg/L)	Keterangan Menu Harian
							Kukus Asam Manis, Tahu Bulat, Mix Vegetable, Susu UHT
8.	SPPG 2	Jumat, 17 April 2026	<i>Food Waste</i>	33,53	138,5	0,24	Telur Mata Sapi, Pisang, Tahu Goreng, Potato Saus Daging Cincang, Lalapan Wortel & Kacang Panjang
9.	SPPG 3	Jumat, 17 April 2026	<i>Food Waste</i>	68,28	251,5	0,27	Nasi Putih, Tumis Kol, Buah Pisang, Tempe Goreng, Ayam Masak Aceh

Catatan:

- Pengukuran dilakukan selama 3 hari berturut-turut di masing-masing lokasi SPPG.
- Berat diukur menggunakan timbangan digital, volume diukur dengan alat ukur standar (L).
- Densitas dihitung dengan rumus: $\rho = \text{Berat (kg)} / \text{Volume (L)}$

2. Hasil Per Lokasi SPPG (Setelah 3 Hari):

Nama SPPG	Rata-rata Berat (kg/hari)	Rata-rata Volume (L/hari)	Rata-rata Densitas (kg/L)
SPPG 1	51,80	183,67	0,28
SPPG 2	61,27	230,80	0,26
SPPG 3	41,31	142,23	0,31

Keterangan Responden:

- **R1:** Pihak Distribusi (SPPG 1)
- **R2:** Pihak Pengelola *Ompreng* (SPPG 1)
- **R3:** Manajer SPPG (SPPG 2)
- **R4:** Pihak Distribusi (SPPG 2)
- **R5:** Ahli Gizi (SPPG 3)
- **R6:** Pihak Distribusi (SPPG 3)

Keterangan Skala Positif Penilaian: 1 = Sangat Lemah, 2 = Lemah, 3 = Kuat, 4 = Sangat Kuat.

Keterangan Skala Negatif Penilaian: 1 = Sangat Terkendali, 2 = Cukup Terkendali, 3 = Mengancam, 4 = Sangat Mengancam.

[illegible]

Lampiran 4 Hasil Kuesioner Penentuan Bobot Faktor Eksternal (EFAS)

Keterangan Responden:

- **R1:** Pihak Distribusi (SPPG 1)
- **R2:** Pihak Pengelola *Ompreng* (SPPG 1)
- **R3:** Manajer SPPG (SPPG 2)
- **R4:** Pihak Distribusi (SPPG 2)
- **R5:** Ahli Gizi (SPPG 3)
- **R6:** Pihak Distribusi (SPPG 3)

Keterangan Skala Positif Penilaian: 1 = Sangat Lemah, 2 = Lemah, 3 = Kuat, 4 = Sangat Kuat.

Keterangan Skala Negatif Penilaian: 1 = Sangat Terkendali, 2 = Cukup Terkendali, 3 = Mengancam, 4 = Sangat Mengancam.

NO	Faktor Internal (Sistem SPPG)	R1	R2	R3	R4	R5	R6	Total Skor	Perhitungan Bobot
Peluang (Opportunities)									
1.	Pengawasan guru dan struktur tata tertib di sekolah dalam program MBG	3	3	2	2	2	3	15	$15/100 = 0,15$
2.	Potensi ekonomi sirkular dari hasil pengolahan limbah organik di wilayah aceh	3	2	3	2	3	2	0,15	$15/100 = 0,15$
3.	Peluang kolaborasi antara sekolah, SPPG, DLHK terkait pengolahan sampah organik	3	4	3	3	4	3	20	$20/100 = 0,20$
Ancaman (Threats)									
1.	Rendahnya tingkat penerimaan siswa terhadap menu	3	3	2	2	2	3	15	$20/100 = 0,20$
2.	Rencana perluasan program menjadi 44 SPPG yang	3	3	3	2	2	2	15	$15/100 = 0,15$

	memicu lonjakan sampah								
3.	Risiko penuhnya kapasitas TPA dan meningkatnya Emisi gas metana (CH ₄)	4	4	3	3	3	3	20	$20/100 = 0,20$
Total Keseluruhan (O+T)								100	1,00



Lampiran 5 Instrumen Kuesioner Analisis SWOT

KUESIONER PENELITIAN

Analisis Strategi Pengelolaan Food Waste Pada Unit Pelayanan Gizi (SPPG)

A. IDENTITAS RESPONDEN

Nama Lengkap :
 Jabatan/Posisi :
 Lokasi Penugasan : () SPPG1 () SPPG 2 () SPPG 3
 Tanggal Pengisian :

B. PETUNJUK PENGISIAN

Berikan tanda centang (V) pada kolom yang paling mewakili penilaian Bapak/Ibu:

1. Tingkat Kepentingan (Urgensi): 1 (Tidak Penting), 2 (Kurang Penting), 3 (Penting), 4 (Sangat Penting).
2. Rating Kondisi Aktual:
 - Untuk Kekuatan/Peluang: 1 (Sangat Lemah), 2 (Lemah), 3 (Kuat), 4 (Sangat Kuat).
 - Untuk Kelemahan/Ancaman: 1 (Sangat Terkendali), 2 (Cukup Terkendali), 3 (Mengancam), 4 (Sangat Mengancam).

BAGIAN I: Evaluasi Faktor Internal (Kondisi Sistem Sppg)

NO	Faktor Internal (Sistem SPPG)	Tingkat Kepentingan (1-4)	Rating Kondisi Aktual (1-4)
Kekuatan (Strengths)			
1.	Manajemen terpusat dan armada logistik harian	[] [] [] [] []	[] [] [] [] []
2.	Karakteristik sampah 100% organik dan homogen	[] [] [] [] []	[] [] [] [] []
3.	Dukungan anggaran operasional penuh dari pemerintah	[] [] [] [] []	[] [] [] [] []
Kelemahan (Weaknesses)			
1.	Belum tersedianya fasilitas dan SOP pengolahan limbah mandiri	[] [] [] [] []	[] [] [] [] []
2.	Suplai porsi dari SPPG yang over-capacity dan	[] [] [] [] []	[] [] [] [] []

	penyajian menu yang tidak sesuai selera siswa		
3.	Pembuangan sampah langsung ke TPA secara konvensional tanpa pengolahan dari sumbernya	[] [] [] [] []	[] [] [] [] []

BAGIAN II: Evaluasi Faktor Eksternal (Siswa Dan Lingkungan Sekolah)

NO	Faktor Internal (Sistem SPPG)	Tingkat Kepentingan (1-4)	Rating Kondisi Aktual (1-4)
Peluang (Opportunities)			
1.	Pengawasan guru dan struktur tata tertib di sekolah dalam program MBG	[] [] [] [] []	[] [] [] [] []
2.	Potensi ekonomi sirkular dari hasil pengolahan limbah organik di wilayah aceh	[] [] [] [] []	[] [] [] [] []
3.	Peluang kolaborasi antara sekolah, SPPG, DLHK terkait pengolahan sampah organik	[] [] [] [] []	[] [] [] [] []
Ancaman (Threats)			
1.	Rendahnya tingkat penerimaan siswa terhadap menu	[] [] [] [] []	[] [] [] [] []
2.	Rencana perluasan program menjadi 44 SPPG yang memicu lonjakan sampah	[] [] [] [] []	[] [] [] [] []
3.	Risiko penuhnya kapasitas TPA dan meningkatnya Emisi gas metana (CH ₄)	[] [] [] [] []	[] [] [] [] []

Lampiran 6 Foto Kegiatan Lampiran

NO	Gambar	Keterangan
1.		Melakukan perizinan kepada kepala pengelola kegiatan SPPG 1 untuk sampling selama 3 hari.
2.		Melakukan perizinan kepada kepala pengelola kegiatan SPPG 2 untuk sampling selama 3 hari.
3.		Melakukan perizinan kepada kepala pengelola kegiatan SPPG 3 untuk sampling selama 3 hari.
4.		Melakukan pengukuran sisa <i>food waste</i> dari MBG menggunakan timbangan digital analitik
5.		Melakukan kompaksi sampah setinggi 20 cm (sejajar lutut) sebanyak 3 kali

NO	Gambar	Keterangan
6.		Melakukan pengukuran ketinggian sampah menggunakan meteran ukur
7.		Sisa <i>food waste</i> dari program MBG antara lain: (sayur, ayam, telur dll)