

ANALISIS *CARBON FOOTPRINT* PADA UMKM MAKANAN DAN MINUMAN MELALUI INTEGRASI *LEAN* DAN *GREEN WASTE PRODUCTION*

Daniella C. Sampepajung¹, Sarniati², Muhammad Rifai³, Nurazmi Afifah⁴

^{1,2,3,4}Manajemen, Universitas Hasanuddin, Indonesia, Makassar

ARTICLE INFORMATION ISSN: 2579-7204 (Online) ISSN: 0216-4132 (Print) DOI: 10.26487/jbmi.v19i3.22302	ABSTRAK Indonesia menghadapi masalah sampah makanan yang serius. Sampah makanan (<i>food waste</i>) dapat menyebabkan pemanasan global karena menjadi salah satu kontributor yang menghasilkan emisi karbon ke lingkungan. UMKM sektor Makanan dan Minuman yang beroperasi dalam bentuk prasmanan menghasilkan lebih banyak <i>food waste</i> dalam kegiatan operasionalnya. Penelitian ini bertujuan untuk meningkatkan nilai tambah (<i>Value added</i>) produk, efektivitas dan efisiensi produksi guna mengurangi <i>food waste</i> dengan melakukan analisis <i>carbon footprint</i> melalui pengembangan model integrasi pendekatan <i>lean</i> dan <i>green waste production</i> pada UMKM Prasmanan di Kota Makassar. Jenis penelitian ini adalah penelitian kuantitatif deskriptif dengan 20 responden menggunakan <i>purposive sampling method</i> . Penelitian ini dianalisis menggunakan analisis faktor. Hasil penelitian menunjukkan adanya energi dan material sebagai variabel <i>green waste</i> , sehingga <i>carbon footprint</i> dapat dianalisis melalui selisih penggunaan listrik, BBM, gas alam, dan sampah. Total emisi karbon dari penggunaan energi terbesar yaitu di Rumah Makan Mba Sari sebanyak 0,72 ton CO ₂ eq. Sedangkan emisi karbon dari limbah sampah yang dianalisis menunjukkan bahwa Warung Mardati menghasilkan emisi sebesar 25% dari total emisi karbon sampah pada 20 UMKM Prasmanan di Kota Makassar.
SUBMISSION TRACK Received: 26 August 2022 Final Revision: 16 February 2023 Available Online: 18 February 2023	
KATA KUNCI Limbah makanan; <i>Carbon footprint</i> ; UMKM; <i>Lean Waste</i> ; <i>Green Waste</i>	
KEYWORD <i>Food Waste</i> ; <i>Carbon footprint</i> ; <i>MSMEs</i> ; <i>Lean Waste</i> ; <i>Green Waste</i>	ABSTRACT Indonesia faces a serious food waste problem. Food waste can cause global warming because it is one of the contributors that produce carbon emissions to the environment. MSMEs in the Food and Beverage sector that operate in the form of buffets produce more food waste in their operational activities. This study aims to increase product value, effectiveness and production efficiency in order to reduce food waste by
CORRESPONDENCE Phone: +6281288374563 E-mail: daniellacynthia@unhas.ac.id	

conducting carbon footprint analysis through the development of an integration model of lean and green waste production approaches at Prasmaan MSMEs in Makassar City. This type of research is a descriptive quantitative study with 20 respondents using the purposive sampling method. This study was analyzed using factor analysis. The results showed that the presence of energy and materials as green waste variables, so that the carbon footprint can be analyzed through the difference in the use of electricity, fuel, natural gas, and waste. The total carbon emission from the largest energy use at the Mba Sari Restaurant, was 0.72 tons of CO₂eq. Meanwhile, carbon emissions from waste analyzed showed that Warung Mardati produced emissions of 25% of the total waste carbon emissions at 20 MSMEs buffet in Makassar City.

PENDAHULUAN

Berdasarkan data Bappenas (2021), diperkirakan dari tahun 2000 hingga 2019, timbulan sampah makanan Indonesia akan mencapai 115 hingga 184 kg/orang/tahun. Data tersebut diperkuat oleh Sistem Informasi Pengelolaan Sampah Nasional (SIPSN) Kementerian LHK yang menunjukkan bahwa komposisi sampah terbesar di Indonesia pada tahun 2021 adalah sampah makanan, yaitu mencapai 27,8% (SIPSN, 2021). Secara lebih spesifik, SIPSN menunjukkan bahwa dari 2018 hingga 2021, timbulan sampah kota Makassar didominasi oleh sisa makanan yang menyumbang 48,32%. Usaha kecil dan menengah (UMKM) yang bergerak di bidang kuliner seperti penjual makanan, restoran, katering, dan bisnis pengiriman makanan lainnya ternyata menjadi penyumbang terbesar peningkatan limbah makanan. Warung makan merupakan salah satu sumber sampah baik makanan maupun non makanan (Wulansari, Ekayani & Karlinasari, 2019).

Katering yang menerapkan konsep prasmanan dapat menghasilkan lebih banyak sisa makanan. Sebuah studi baru-baru ini yang diterbitkan di *The New York Times* menemukan bahwa biasanya setengah dari makanan di prasmanan hotel terbuang sia-sia (Himelstein, 2017). Hal ini diperparah dengan perilaku masyarakat Indonesia yang lebih memilih menggunakan jasa catering atau makan di restoran dengan menu *buffet* yang dinilai lebih nyaman (Prabowo, 2020). Limbah makanan tidak hanya berdampak pada kinerja keuangan, tetapi juga lingkungan. Makanan dibuat menggunakan karbon dan energi seperti air, listrik, dan bahan bakar. Jadi ketika makanan terbuang, karbon dan energi yang

digunakan juga dibuang ke lingkungan. 25% dari seluruh air bersih yang tersedia, atau setara dengan 600 kilometer kubik, digunakan untuk memproduksi makanan yang berakhir sebagai limbah (Kusumastuti et al., 2020).

Menurut FAO (*Food and Agriculture Organization*), penyebab *food loss and waste* (FLW) dapat ditemukan dari tingkat produksi hingga konsumsi (Wulansari, Ekayani & Karlinasari, 2019). Perbedaan preferensi konsumen dalam menentukan jenis dan kuantitas makanan menjadi penyumbang utama *food waste* di industri kuliner dengan menggunakan menu *buffet* (Ramadhita, Ekayani & Suharti, 2021). Selain itu, kurangnya pengetahuan dan keterampilan pelaku UMKM bidang kuliner dalam merencanakan produksi pangan dan menganalisis preferensi konsumen menjadi penyebab lain yang menyebabkan terjadinya *food waste* dari tahap produksi hingga tahap akhir konsumsi. Kurangnya pengetahuan, keterampilan, dan perilaku dalam perencanaan makan dapat meningkatkan timbulan limbah makanan (Van der Werf, Seabrook & Gilliland, 2019). Oleh karena itu, para pelaku UMKM khususnya di bidang kuliner harus memiliki pengetahuan dan pemahaman yang baik tentang perencanaan dan pengelolaan makanan yang tidak hanya efisien dan efektif, tetapi juga berkelanjutan.

Pelaku UMKM umumnya menghadapi kesulitan dan hambatan dalam menerapkan UMKM hijau dan berkelanjutan karena keterbatasan biaya dan sumber daya, skalabisnis yang masih kecil, pendapatan rendah dan modal yang langka. Hambatan utama untuk mempromosikan UMKM hijau dan berkelanjutan adalah biaya dan pengetahuan teknis yang terkait dengan industri hijau (Ghadge et al., 2017). Misalnya karena ingin menghemat waktu dan uang, makanan yang dimasak dalam jumlah banyak sekaligus akan tertinggal setelah dikonsumsi dan berakhir di tempat sampah. Selain itu, untuk menjaga kualitas, makanan dimasak secara bertahap sesuai pesanan dan jumlah orang, sehingga energi seperti air, listrik, dan bahan bakar terbuang percuma. Ini mungkin terlihat efektif dan efisien dalam hal produksi, tetapi dianggap boros dalam hal lingkungan. Pengurangan limbah yang efektif hanya dapat dicapai dengan konsumsi sumber daya (karbon) yang minimal tanpa mengorbankan nilai produk. Dalam proses penggunaan sumber daya secara efisien dan pengurangan jumlah limbah, upaya harus dilakukan untuk mengurangi jejak karbon secara keseluruhan (Thanki & Thakkar, 2016).

Berdasarkan penelitian Choudhary *et al.* (2019), salah satu cara UKM dapat berproduksi secara efisien dan ramah lingkungan adalah integrasi pendekatan *lean* dan *green* menggunakan metode VSM (*Value stream mapping*). Dengan mengukur jejak karbon di seluruh peta proses dan menggabungkannya dengan VSM tradisional, peluang untuk secara bersamaan meningkatkan kinerja operasional dan lingkungan dapat divisualisasikan (Choudhary *et al.*, 2019). VSM adalah salah satu metode *lean manufacturing* yang paling populer dan cukup sederhana untuk diterapkan pada industri kecil seperti UMKM. VSM diterapkan dengan mengidentifikasi dan membedakan antara aktivitas bernilai tambah dan tidak bernilai tambah. Prinsip *lean manufacturing* menganggap aktivitas non-nilai tambah sebagai pemborosan dan harus diminimalkan atau dihilangkan tidak hanya dari produksi hingga konsumsi tetapi juga dari rantai pasokan makanan. Mengintegrasikan *lean* dan *green waste* memerlukan identifikasi jejak karbon dari aktivitas yang tidak bernilai tambah dan meminimalkan atau menghilangkan aktivitas tersebut.

Oleh karena itu, berdasarkan permasalahan yang terjadi, penelitian ini selanjutnya akan menganalisis *carbon footprint* melalui model integrasi *lean* dan *green waste production* pada UMKM kuliner dengan studi kasus usaha prasmanan sebagai solusi bagi UMKM kuliner untuk dapat berproduksi secara efektif dan efisien serta berkelanjutan dengan mengurangi *food waste* dari penggunaan karbon dan energi yang berlebih.

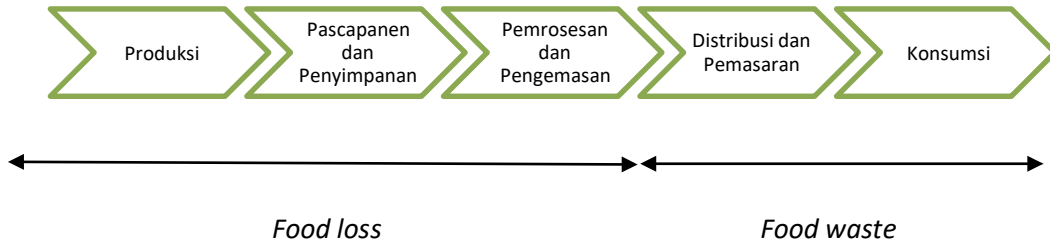
TINJAUAN PUSTAKA

A. *Food loss and Food waste*

Merujuk pada definisi oleh Food and Agricultural Organization (FAO), Bappenas (2021) mendefinisikan *food loss* sebagai penurunan kuantitas pangan yang dihasilkan dari keputusan dan tindakan pemasok makanan dalam rantai makanan, tidak termasuk ritel, penyedia layanan makanan dan konsumen. Sedangkan *food waste* didefinisikan sebagai penurunan kuantitas pangan yang dihasilkan dari keputusan dan tindakan pengecer, layanan makanan dan konsumen.

Dalam Food Supply Chain (FSC), pangan (produk) bergerak mengalir secara berkesinambungan dari produsen ke konsumen melalui proses produksi, pengolahan, distribusi, ritel dan konsumen. Menurut FAO, *food loss* terjadi selama tiga tahap pertama

food supply chain, dan *food waste* berarti pemborosan yang terjadi pada tahap akhir food supply chain. Menurut definisi ini, *food waste* terkait dengan pengecer dan perilaku konsumen.



Sumber: Bappenas, 2021

Gambar 1. Kerangka Definisi *Food loss and Waste* (FLW)

Pada tahap produksi, *food loss* terjadi ketika akses yang tepat ke peralatan panen, pestisida dan pupuk, dan layanan lainnya sulit karena keterbatasan infrastruktur. Selain itu, metode panen dan peralatan dengan kinerja yang buruk dapat pula menyebabkan *food loss*. Beberapa produk tidak dipanen atau dibuang langsung setelah panen karena gagal memenuhi standar kualitas, seperti bentuk, ukuran, warna, dan berat, yang dibutuhkan oleh pengolah atau pasar sasaran.

Pada tahap pascapanen dan penyimpanan, terjadinya *food loss* bervariasi tergantung pada jenis produk makanan. Produk seperti sayuran mengalami kerugian akibat degradasi dan tumpahan saat bongkar muat, transportasi (dari pertanian ke distribusi), dan penyimpanan. Tingkat *food loss* dalam transportasi bisa relatif rendah dengan infrastruktur jalan yang baik, fasilitas di lapangan, dan fasilitas bongkar muat yang memadai. Selain itu, kondisi penyimpanan yang baik, yang dapat mengontrol cahaya, kelembapan, tingkat oksigen, sanitasi, dan suhu dengan baik, membantu mengurangi *food loss* produk yang mudah rusak.

Pada tahap pemrosesan dan pengemasan, terjadinya *food loss* sebagian besar disebabkan oleh inefisiensi teknis dan malfungsi. Kesalahan dalam pemrosesan menyebabkan cacat pada produk akhir, seperti bentuk, ukuran, berat, atau kerusakan kemasan yang salah. Selain itu, perubahan yang sering terjadi pada makanan yang diproduksi di fasilitas pengolahan serta pencemaran pada jalur pengolahan yang terjadi karena unit pengolahan yang tidak dibersihkan dengan baik dari proses sebelumnya juga merupakan salah satu penyebab utama terjadinya *food loss*.

Pada tahap distribusi dan pemasaran, tahap ini meliputi kegiatan pengangkutan makanan dari satu tempat (pertanian, pabrik, penyimpanan, dan lain-lain) ke tempat lain. Untuk menghindari *food waste* dalam kegiatan distribusi, penting untuk menggunakan kondisi alat angkut yang sesuai, misalnya, pesawat dan kapal dengan pengatur suhu.

Pada tahap konsumsi, *food waste* berarti sisa makanan di rumah, tempat usaha, atau restoran (kantin). Makanan yang dibeli dan dimasak tetapi tidak dikonsumsi berkontribusi terhadap *food waste* selama tahap ini.

B. Carbon footprint

Menurut Lissy (2012), *carbon footprint* merupakan ukuran dampak aktivitas manusia terhadap lingkungan dan perubahan iklim. Hal ini berkaitan dengan jumlah gas rumah kaca (GRK) yang dihasilkan dalam kehidupan sehari-hari. *Carbon footprint* dapat dihitung sebagai karbon dioksida ekuivalen menggunakan 100 *years Global Warming Potential* (GWP 100) dan dinyatakan dalam satuan ton karbon atau ton karbon dioksida ekuivalen. *Carbon footprint* produk mengukur emisi gas rumah kaca (GRK) selama masa pakai suatu produk (barang atau jasa), dari ekstraksi bahan mentah dan manufaktur hingga penggunaannya dan penggunaan kembali, daur ulang, atau pembuangan akhir.

Menurut Eludoyin (2015), rantai produksi makanan dan timbulan limbah merupakan kontributor penting terhadap *carbon footprint* makanan. Sektor pertanian berkontribusi besar terhadap *carbon footprint*. Satu rantai seperti pertanian berasal dari pupuk, pestisida, dan bibit. Setiap rantai produksi makanan itu menyumbang *carbon footprint*. Peternakan ternak melepaskan metana (CH₄) dan oksida nitrat (NO). Sumber karbon lainnya adalah emisi dari mesin berbasis traktor yang digunakan untuk pengolahan tanah, dan pergantian karbon tanah selama pengolahan tanah dan penanaman tanaman.

Kegiatan yang terlibat dalam pengolahan atau pemurnian makanan sampai ke supermarket dan/atau produk siap konsumsi juga merupakan sumber nyata karbon ke lingkungan. Seringkali, daging dibekukan atau dikeringkan dengan oven yang merupakan sumber penting karbon. Distribusi makanan melibatkan transportasi tanaman pangan dari lahan ke tempat mereka diproses. Secara umum, transportasi dan limbah dari distribusi makanan merupakan sumber utama pelepasan karbon. Penduduk perkotaan terbiasa mengonsumsi produk olahan, seperti mie instan dan minuman dalam kemasan. Restoran

cepat saji serta gerai-gerai makanan di pusat kota biasanya banyak dikunjungi oleh penduduk perkotaan, dimana pada proses perolehannya mereka menggunakan kendaraan bermotor untuk menjangkau tempat-tempat tersebut. Tidak tersedianya fasilitas pengolahan bahan yang sudah tidak terpakai sehingga seringkali berakhir di tempat pembuangan sampah akhir yang merupakan sumber polusi lingkungan serta penghasil CO2 dan gas metana

C. UMKM Sektor Makanan dan Minuman

Di Indonesia, Undang-Undang yang mengatur tentang Usaha Mikro, Kecil, dan Menengah (UMKM) adalah Undang-Undang Nomor 20 Tahun 2008. Dalam undang-undang tersebut UMKM dijelaskan sebagai: “Sebuah perusahaan yang digolongkan sebagai UMKM adalah perusahaan kecil yang dimiliki dan dikelola oleh seseorang atau dimiliki oleh sekelompok kecil orang dengan jumlah kekayaan dan pendapatan tertentu.”

Menurut Bank Dunia, UMKM dapat dikelompokkan dalam tiga jenis, yaitu: 1. Usaha Mikro (jumlah karyawan 10 orang); 2. Usaha Kecil (jumlah karyawan 30 orang); dan 3. Usaha Menengah (jumlah karyawan hingga 300 orang (Bank Indonesia, 2015). Kriteria usaha kecil dan menengah diatur dalam Undang-Undang UMKM (Usaha Mikro Kecil dan Menengah) No. 20 Tahun 2008 pada pasal VI yang tertera pada tabel 1.

Tabel 1. Kriteria UMKM berdasarkan asset dan omzet

Ukuran usaha	Aset	Omzet
Usaha Mikro	Maksimum Rp50 juta	Maksimum Rp300 juta
Usaha Kecil	>Rp50 juta – Rp500 juta	>Rp300 juta – Rp2,5 milyar
Usaha Menengah	>Rp500 juta – Rp10 milyar	>Rp2,5 milyar – Rp50 milyar

Sumber: Bank Indonesia, 2015

D. Lean Waste Production

Istilah “lean” yang dikenal luas dalam dunia manufaktur dewasa ini dikenal dalam berbagai nama yang berbeda seperti: *lean production*, *lean manufacturing*, *toyota production system*, dan lain-lain. Definisi *Lean Manufacturing* dapat diartikan sebagai suatu pendekatan sistemik dan sistematis untuk mengidentifikasi dan menghilangkan

waste atau aktivitas dalam proses kerja yang non value-added melalui peningkatan terus-menerus (*continuous improvement*) (Mustofa, Choiri & Riawati, 2014)

Salah satu teknik yang dapat digunakan dalam *lean production* ialah *Value stream mapping* (VSM). VSM digunakan untuk menganalisis aliran material dan informasi saat ini yang dibutuhkan untuk membawa produk atau jasa hingga sampai ke konsumen (Anugrah, Zaini & Rispianda, 2016). Metode yang digunakan ialah dengan membuat peta alur produksi maupun alur informasi yang didapatkan perusahaan untuk memproduksi produk yang bermutu. Semua informasi yang didapatkan akan dipetakan dalam gambar yang sangat sederhana. Gambar tersebut mencakup input dan output, proses pembuatan barang maupun keberadaan konsumennya. Dengan adanya konsep ini maka perusahaan bisa membangun *sense of urgency* yang meliputi beberapa anggota suatu organisasi dan juga digunakan sebagai alat komunikasi untuk memperlancar implementasi *Lean* tersebut (Tambunan, Handayani & Puspitasari, 2018).

Taiichi Ohno (*Chief Engineer Toyota*) mengidentifikasi tujuh jenis limbah industri atau aktivitas tidak bernilai tambah dengan mengadopsi pemikiran dan prinsip *lean* sebagai berikut (Choudhary et al., 2019).

1. Produksi yang berlebihan (*Overproduction*)

Waste terjadi karena memproduksi lebih dari permintaan konsumen atau sebelum waktu yang dibutuhkan. Kelebihan produksi baik yang berbentuk barang jadi (*finished goods*) maupun WIP barang setengah jadi (*Work in Process*) tetapi tidak ada order/pesan dari konsumen.

2. Transportasi (*Transportation*)

Waste terjadi karena gerakan yang tidak perlu dan penanganan berulang dari bahan atau produk jadi yang sama. Tata letak (*layout*) produksi yang buruk, pengorganisasian tempat kerja yang kurang baik sehingga memerlukan kegiatan pemindahan barang dari satu tempat ke tempat lainnya juga menjadi penyebab pemborosan pada aktivitas transportasi.

3. Persediaan (*Inventory*)

Waste yang terjadi karena *Inventory* merupakan salah satu akibat dari *waste overproduction*. Bahan atau produk jadi yang disimpan dalam persediaan, menunggu untuk diproses, untuk diangkut atau untuk diperiksa, dan lain-lain. *Waste of inventory*

dapat menjadi indikasi terjadinya *overproduction*, maupun menurunnya kinerja penjualan/ sales perusahaan.

4. Gerakan (*Motion*)

Waste yang terjadi karena gerakan-gerakan orang yang tidak perlu tidak menambahkan nilai apapun pada produk misalnya peletakan komponen yang jauh dari jangkauan operator, sehingga memerlukan gerakan melangkah dari posisi kerjanya untuk mengambil komponen tersebut.

5. Menunggu (*Waiting*)

Menunggu bisa dikarenakan proses yang tidak seimbang sehingga ada orang menunggu informasi, mesin menyelesaikan siklus otomatisnya, memperpanjang siklus produksi atau pengiriman. Adanya kerusakan mesin, supply komponen yang terlambat, hilangnya alat kerja ataupun menunggu keputusan atau informasi tertentu. Hal ini dapat diminimalisir dengan mengukur waktu yang dibutuhkan untuk menghasilkan setiap produk.

6. Cacat/Kerusakan (*Scrap/Defects*)

Waste yang terjadi karena memproduksi produk dengan cacat, membutuhkan pengerjaan ulang dan menyebabkan banyak biaya terkait seperti biaya bahan, biaya tenaga kerja, biaya mesin, dan lain-lain.

7. Proses yang berlebihan (*Over-processing*)

Setiap pekerjaan berlebihan yang dilakukan dalam proses produksi daripada yang diminta oleh pelanggan misalnya proses inspeksi yang berulang kali, proses persetujuan yang harus melewati banyak orang, proses pembersihan.

E. Green Waste Production

Green production adalah proses manufaktur yang menggunakan input dengan dampak lingkungan yang relatif rendah, sangat efisien dan menghasilkan sedikit atau tanpa limbah atau polusi. *Green production* juga mengarahkan untuk merancang sistem produksi yang ramah lingkungan dengan mengubah manajemen bahan baku, konsumsi energi, proses manufaktur, dan mengurangi dampak negatif terhadap lingkungan. *Green production* juga dianggap sebagai proses inovatif karena alasan potensial dan bermanfaat seperti pengurangan limbah, pencegahan polusi, penghematan energi, kesehatan, dan masalah keselamatan (Soedarmadji, Surachman & Siswanto, 2015). Konsep *green production* bertujuan untuk meminimalkan limbah dari proses produksi termasuk limbah padat, cair

maupun gas yang berdampak pada manusia maupun makhluk hidup lain dengan integrasi berkelanjutan dan menitikberatkan pada perbaikan proses produksi.

Wills membagi limbah pada suatu perusahaan ke dalam tujuh jenis yang dikenal dengan *seven green wastes*, ketujuh *seven green wastes* tersebut di antaranya adalah energi, air, bahan, sampah, transportasi, emisi dan biodiversitas (Choudhary et al., 2019).

1. Energi (*Energy*)

Waste pada energi terjadi ketika terlalu berlebihan dalam menggunakan daya dari hal-hal seperti penerangan, motor, dan peralatan elektronik.

2. Air (*Water*)

Penggunaan air yang berasal dari sumber mata air maupun perusahaan air diharapkan dapat diminimalisir karena pemborosan terjadi ketika membayar untuk menggunakan lebih banyak air daripada yang dibutuhkan dan membayar lagi untuk mengambil dan membersihkannya.

3. Material

Waste pada material terjadi ketika merancang bahan mentah menjadi produk yang akan berakhir di tempat pembuangan akhir atau merancang produk yang tidak dapat didaur ulang dengan sumber daya yang mahal untuk masa pakai yang singkat.

4. Sampah (*Garbage*)

Waste pada sampah terjadi ketika membayar untuk sesuatu yang akan dibuang yaitu sesuatu yang menghasilkan dampak lingkungan yang negatif, dan kemudian membayar lagi untuk pembuangan.

5. Transportasi (*Transportation*)

Waste pada transportasi terjadi ketika terdapat transportasi material, barang, dan orang yang tidak perlu.

6. Emisi (*Emissions*)

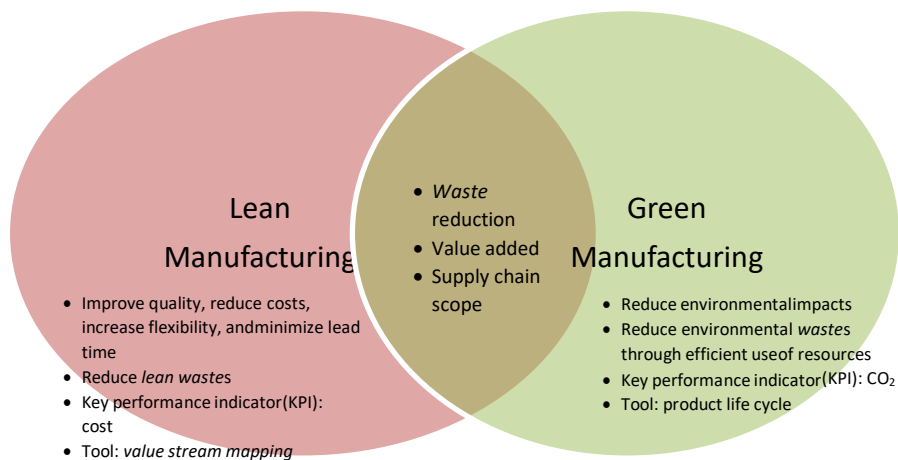
Waste pada emisi apabila melakukan pembayaran yang tidak perlu untuk membuat dan membuang polutan di tempat, dan kemudian dikenakan denda dan retribusi yang terkait dengan melakukan hal ini

7. Biodiversitas (*Biodiversity*)

Kegiatan alih fungsi lahan yang dapat mengakibatkan berkurangnya flora dan fauna karena banyak flora dan fauna alami yang musnah akibat penggunaan lahan sehingga berdampak pada penurunan keanekaragaman hayati.

F. Lean and Green Interrelations

Green production menurut Amaranti, Irianto & Govindaraju (2017) erat kaitannya dengan *Sustainable manufacturing* yaitu penciptaan produk yang bernilai ekonomis melalui proses yang meminimalkan dampak negatif terhadap lingkungan, menghemat energi dan sumber daya alam, serta melestarikan sumber daya alam dan energi untuk menjamin ketersediaannya di masa yang akan datang. *Sustainable Manufacturing* merupakan pengembangan dari sistem manufaktur mulai dari sistem manufaktur yang tradisional, kemudian *lean manufacturing* yang lebih terfokus pada pengurangan pemborosan (*waste reduction based*), *green manufacturing* dengan 3R, hingga akhirnya pada konsep *sustainable manufacturing* dengan pendekatan 6R pada siklus hidup produk. Penerapan *Sustainable Manufacturing* mengarah pada tercapainya pembangunan berkelanjutan (*sustainable development*).



Sumber: Hallam & Contreras, 2016

Gambar 2. Filosofi lean and green production

Hubungan antara dua konsep *lean and green production* ini muncul dari hipotesis bahwa ketika diterapkan, fokus *Lean* untuk mengurangi aktivitas yang tidak bernilai tambah membantu secara langsung atau tidak langsung menurunkan efek negatif dari limbah lingkungan yang berbeda dengan memproduksi lebih sedikit (Hallam dan Contreras, 2016). Ada beberapa manfaat yang terkait dengan gabungan penerapan *lean and green production* dalam organisasi. Diantaranya ialah pengurangan limbah, pengurangan konsumsi energi dan bahan baku, peningkatan efisiensi, peningkatan reputasi dan

kepuasan pelanggan serta pengurangan biaya operasi. Manfaat ini dicapai karena prinsip *lean-green* dari *total quality management, process mapping, inventory management, team-working, total productive maintenance, six sigma and community engagement* (Bhattacharya, Nand dan Castka, 2019).

METODE PENELITIAN

Penelitian ini dilaksanakan selama 6 (enam) bulan dari bulan Juli hingga Desember 2022 dan berlokasi di Kota Makassar. Penelitian ini adalah penelitian kuantitatif deskriptif. Subjek penelitian ini adalah UMKM Prasmanan di Kota Makassar, adapun objek penelitian ini yaitu mengkaji tentang *lean waste* dan variabel yang mempengaruhinya yakni *over production, transportation, inventory, motion, waiting, defect, dan over-processing*, serta mengkaji tentang *green waste* dan variabel yang mempengaruhinya yakni *energy, water, material, garbage, transportation, emissions, dan biodiversity*.

A. Populasi dan Sampel

1. Populasi

Adapun yang menjadi populasi dalam penelitian ini adalah seluruh pelaku UMKM sektor makanan dan minuman dengan fokus usaha prasmanan di kota Makassar. Menurut data dari Kementerian Koperasi dan Usaha Kecil dan Menengah Republik Indonesia (2021) terdapat 25 pelaku UMKM sektor makanan dan minuman (usaha prasmanan) di kota Makassar (Kemenkopumkm, 2021).

2. Sampel

Dalam menentukan besar sampel, penelitian ini didasarkan pada rumus yang Slovin sebagai berikut:

$$n = N/(1+N(e))^2$$

Dimana:

n = ukuran sampel

N = ukuran populasi yaitu pelaku UMKM Prasmanan

e = Toleransi untuk ketidakakuratan karena kesalahan pengambilan sampel bisa setinggi 0,1 atau 10%.

Dari rumus perhitungan tersebut, maka jumlah sampel yang diambil dari penelitian ini sebagai berikut:

$$n = 25/(1+25 (0,1))^2 = 20 \text{ responden}$$

Metode pengambilan sampel yang digunakan untuk menentukan sampel *adalah metode Purposive sampling*. Artinya, Menentukan sampel berdasarkan pertimbangan peneliti mengenai sampel mana yang paling tepat dan berguna serta dianggap mewakili populasi (*representative*).

B. Metode Pengumpulan Data

Untuk memperoleh data dalam penelitian ini, maka digunakan teknik pengumpulan penelitian melalui kepustakaan dan *field survey* menggunakan *purposive sampling* dengan menetapkan kriteria responden yaitu bentuk usaha UMKM prasmanan (*self service*), berada di Kota Makassar, dan telah beroperasi selama minimal 3 tahun. Kriteria lama operasi ditentukan untuk memastikan bahwa UMKM yang terlibat telah memiliki ritme dan rutinitas kegiatan operasional yang stabil setiap harinya.

C. Analisis dan Pengolahan Data

Data primer dari hasil kuesioner yang telah dikumpulkan terlebih dahulu diuji validitas dan reliabilitasnya. Hal ini sangat penting dilakukan karena kualitas data yang valid dan reliable nantinya akan sangat mempengaruhi kualitas hasil penelitian. Langkah selanjutnya melakukan uji normalitas sebagai syarat untuk melakukan analisis faktor. Untuk mereduksi variabel yang ada, selanjutnya dilakukan analisis data dengan menggunakan analisis faktor dalam menentukan beberapa dimensi yang mendasari sekumpulan variabel yang saling berkaitan. Tujuan umum dari analisis faktor adalah untuk meringkas kandungan isi informasi variabel dalam jumlah yang besar menjadi jumlah yang lebih kecil. Analisis faktor dimulai dari menyusun kelompok variable baru berdasarkan hubungan sebagaimana ditunjukkan matrik korelas (Ghozali, Imam 2006). Analisis data menggunakan *software* SPSS 26.

HASIL DAN DISKUSI

Responden

Data diperoleh dari 20 UMKM prasmanan yang berada di Kota Makassar. Sebagian besar UMKM prasmanan yang menjadi responden memiliki umur usaha yang telah berjalan 3-6 tahun (55%) dengan durasi operasi selama seminggu antara 71-100 jam (40%) atau > 100 jam (40%). Berdasarkan kriteris UMKM yang ditetapkan oleh Bank Indonesia (2015), UMKM prasmanan yang diidentifikasi sebagian besar memiliki usaha ukuran

kecil dengan omset atau pendapatan per tahun adalah >300 juta hingga 2,5M (60%). Adapun mayoritas responden memiliki jumlah karyawan 0-3 orang (60%).

Tabel 2. Karakteristik responden

Karakteristik	Total	Karakteristik	Total
Umur usaha		Durasi operasi (per minggu)	
3-6 tahun	55%	40-70 jam	20%
7-10 tahun	5%	71-100 jam	40%
>10 tahun	40%	>100 jam	40%
Omset (per tahun)		Jumlah karyawan	
<300 juta	40%	0-3 orang	65%
>300 juta-2,5 M	60%	4-7 orang	30%
>2,5 M	0%	8-10 orang	5%

Sumber: Data primer, 2022 (diolah)

HASIL

A. Uji Validitas

Pengujian validitas setiap pertanyaan dilakukan dengan menggunakan nilai korelasi *product moment* (r) antara skor item dengan skor total. Setiap butir pertanyaan dinyatakan valid apabila memiliki nilai $r_{hitung} > r_{tabel}$. Berikut ini merupakan hasil uji validitas pada masing-masing variabel penelitian yang telah dilakukan:

Tabel 3. Hasil Uji Validitas

Variabel	Pertanyaan	r_{hitung}	r_{tabel}	Ket
<i>Overproduction</i>	OP1	0,880	0,444	Valid
	OP2	0,687	0,444	Valid
	OP3	0,737	0,444	Valid
	OP4	0,536	0,444	Valid
	OP5	0,742	0,444	Valid
	OP6	0,727	0,444	Valid
	OP7	0,696	0,444	Valid
<i>Transportation</i>	TR1	0,811	0,444	Valid
	TR2	0,698	0,444	Valid
	TR3	0,731	0,444	Valid
	TR4	0,776	0,444	Valid

	TR5	0,507	0,444	Valid
	TR6	0,526	0,444	Valid
<i>Inventory</i>	IN1	0,631	0,444	Valid
	IN2	0,706	0,444	Valid
	IN3	0,787	0,444	Valid
	IN4	0,527	0,444	Valid
	WT1	0,521	0,444	Valid
<i>Waiting</i>	WT2	0,611	0,444	Valid
	WT3	0,584	0,444	Valid
	WT4	0,746	0,444	Valid
	WT5	0,802	0,444	Valid
	WT6	0,734	0,444	Valid
	WT7	0,710	0,444	Valid
	WT8	0,487	0,444	Valid
	WT9	0,705	0,444	Valid
	WT10	0,474	0,444	Valid
	<i>Scrap</i>	SC1	0,670	0,444
SC2		0,799	0,444	Valid
SC3		0,672	0,444	Valid
SC4		0,640	0,444	Valid
SC5		0,778	0,444	Valid
SC6		0,658	0,444	Valid
<i>Overprocessing</i>	OS1	0,573	0,444	Valid
	OS2	0,802	0,444	Valid
	OS3	0,800	0,444	Valid
	OS4	0,771	0,444	Valid

Sumber: Data primer, 2022 (diolah)

Berdasarkan hasil uji validitas yang telah dilakukan pada masing-masing pertanyaan dalam variabel penelitian (*overproduction, transportation, inventory, waiting, scrap*, dan *overprocessing*) diketahui bahwa semua butir pertanyaan memiliki nilai r hitung > rtabel dengan nilai signifikan 0,05. Sehingga, dapat disimpulkan bahwa semua butir pertanyaan

yang berhubungan dengan seluruh variabel penelitian dinyatakan valid sehingga masing-masing pertanyaan dalam kuisisioner dapat digunakan dalam penelitian.

B. Uji Reliabilitas

Uji Reliabilitas dapat dilakukan secara kolektif terhadap seluruh butir atau item pertanyaan dalam kuesioner penelitian. Adapun dasar pengambilan keputusan dalam uji Reliabilitas adalah sebagai berikut.

1. Jika Nilai Cronbach’s Alpha > 0.60 maka kuesioner atau angket dinyatakan Reliabel atau Konsisten.
2. Jika Nilai Cronbach’s Alpha < 0.60 maka kuesioner atau angket dinyatakan tidak Reliabel atau tidak Konsisten.

Tabel 4. Hasil Uji Reliabilitas

Variabel	Cronbach’s Alpha	N of items	Ket
<i>Overproduction</i>			
<i>Transportation</i>			
<i>Inventory</i>			
<i>Waiting</i>	0,882	37	Reliabel
<i>Scrap</i>			
<i>Overprocessing</i>			

Sumber: Data primer, 2022 (diolah)

Berdasarkan uji reliabilitas yang telah dilakukan pada variabel penelitian, hasilnya menunjukkan nilai Cronbach’s Alpha 0,882 yang artinya nilai Cronbach’s Alpha variabel > 0,60. Sehingga jawaban responden yang berhubungan dengan seluruh variabel penelitian tersebut dinyatakan reliabel dan pertanyaan pada kuisisioner dapat digunakan untuk penelitian selanjutnya.

C. Uji Normalitas

Sebelum dilakukan pengujian menggunakan metode faktor, dilakukan uji normalitas terhadap data yang telah diperoleh menggunakan SPSS.

Tabel 5. Hasil Uji Normalitas Data

Variabel	Asymp. Sig. (2 tailed)	Nilai Standar Minimum
----------	------------------------	-----------------------

<i>Overproduction</i>	0,101	
<i>Transportation</i>	0,200	
<i>Inventory</i>	0,200	0,5
<i>Waiting</i>	0,200	
<i>Scrap</i>	0,139	
<i>Overprocessing</i>	0,054	

Sumber: Data primer, 2022 (diolah)

Hasil Uji normalitas menunjukkan bahwa semua variabel memiliki nilai signifikansi lebih besar dari 0,5, hasil tersebut menunjukkan bahwa data terdistribusi normal. Hasil uji normalitas memungkinkan untuk dilakukan analisis faktor.

D. Analisis Faktor

1. Uji Asumsi Menggunakan Metode Faktor

Penelitian dilakukan dengan penyebaran kuisisioner berbentuk *google form* yang terdiri atas 37 pertanyaan tertutup sebagai variabel independen, di mana 37 pertanyaan tersebut mengarah pada 6 indikator lean waste Manufacturing yang diidentifikasi menghasilkan karbon dalam prosesnya: *overproduction* (produksi berlebihan), *transportation* (transportasi), *inventory* (persediaan), *waiting* (waktu tunggu), *scrap* (cacat), *overprocessing* (proses yang berlebihan). Analisis data penelitian dilakukan dengan metode faktor menggunakan software SPSS. Untuk mengetahui apakah data dapat dianalisis menggunakan metode faktor, maka korelasi antarvariabel independen dalam analisis faktor harus lebih besar dari 0,5 dan nilai signifikannya kurang dari 0,05, di mana ukuran yang digunakan untuk menguji asumsi adalah nilai Kaiser-Meyer-Olkin (KMO), hasil uji Bartlett, dan Measures of Sampling Adequacy (MSA).

Tabel 6. Tabel KMO dan Uji Bartlett

Kaiser-Meyer-Olkin Measure of Sampling Adequacy		0,713
Bartlett's Test of Sphericity	Approx. Chi-square	25.774
	Df	15
	Sig	0,040

Sumber: Data primer, 2022 (diolah)

Tabel 7. Hasil Pengukuran MSA (*Measure of Sampling Adequacy*)

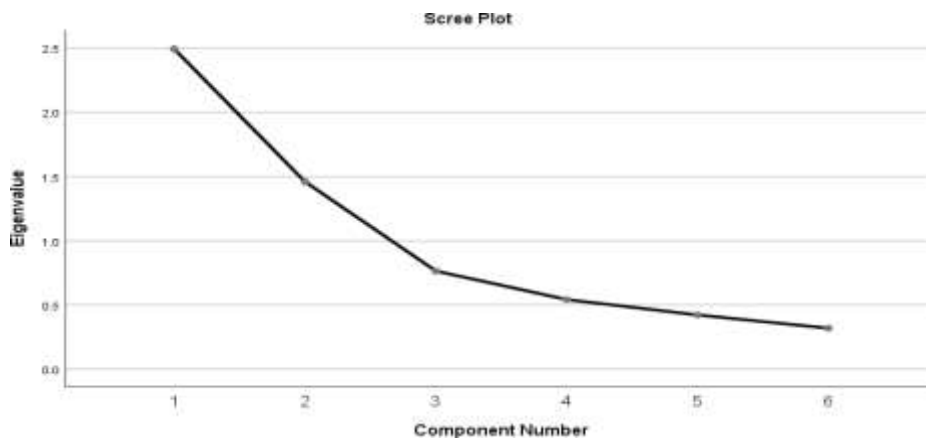
Variabel	Nilai MSA	Nilai Standar Minimum
Overproduction	0,727	0,5
Transportation	0,618	
Inventory	0,766	
Waiting	0,740	
Scrap	0,647	
Overprocess	0,584	

Sumber: Data primer, 2022 (diolah)

Dari hasil perhitungan SPSS, nilai KMO adalah 0,713 lebih besar dari 0,5 dengan nilai signifikan uji Bartlett 0,040 lebih kecil dari 0,05, yang artinya variabel-variabel saling berkorelasi dan dapat diproses lebih lanjut menggunakan analisis faktor. Selain itu hasil pengukuran MSA yang tertera pada tabel Anti Image Correlation menunjukkan bahwa besaran MSA untuk masing-masing atribut lebih besar dari nilai standar minimum yaitu 0,5.

2. Menentukan Jumlah dan Komponen Faktor

Langkah selanjutnya adalah menentukan jumlah faktor yang terbentuk. Jumlah faktor yang terbentuk didasarkan pada kriteria eigenvalue minimum pada kolom total sama dengan 1, dimana jika hasil eigenvalue lebih besar dari 1 maka terbentuk 1 faktor. Analisis dapat dilihat pada grafik dalam Scree plot dan tabel total variance explained.



Sumber: Data primer, 2022 (diolah)

Gambar 3. Scree Plot

Tabel 8. Total Variance Explained

Component	Initial Eigenvalues			Extraction Sums of Square			Rotation Sums of Square		
				Loadings			Loadings		
	Total	% of variance	Cumulative %	Total	% of variance	Cumulative %	Total	% of variance	Cumulative %
1	2,493	41,552	41,552	2,493	41,552	41,552	2,478	41,300	41,300
2	1,460	24,326	65,878	1,460	24,326	65,878	1,475	24,578	65,878
3	0,764	12,732	78,610						
4	0,542	9,034	87,645						
5	0,422	7,033	94,677						
6	0,319	5,323	100,000						

Sumber: Data primer, 2022 (diolah)

Grafik scree plot dan tabel total variance explained menunjukkan 2 komponen yang memiliki nilai eigenvalue di atas 1, yang artinya ada 2 faktor yang terbentuk. Nilai eigenvalue komponen 1 sebesar 2,493 atau >1 maka menjadi faktor 1 dan mampu menjelaskan 41,552% variansi. Sedangkan nilai eigenvalue komponen 2 sebesar 1,460 atau >1 maka menjadi faktor 2 dan mampu menjelaskan 24,326 variasi. Oleh karenanya 2 faktor tersebut dapat dianalisis lebih lanjut untuk dapat diketahui komponen matriks setiap faktor.

Selanjutnya untuk menganalisis komponen matriks tiap setiap faktor dapat menggunakan tabel component matrix x yang telah dirotasi sebagai berikut.

Tabel 9. Rotated Component Matrix

	1	2
<i>Overproduction</i>	0,862	0,072
<i>Transportation</i>	0,312	0,732
<i>Inventory</i>	0,825	0,131
<i>Waiting</i>	0,844	-0,102
<i>Scrap</i>	0,492	-0,628
<i>Overprocessing</i>	0,048	0,722

Sumber: Data primer, 2022 (diolah)

Untuk menginput variabel pada faktor tertentu ditentukan berdasarkan besaran nilai korelasi antar variabel dan faktor, yaitu nilai korelasinya yang paling besar.

- a. Variabel *overproduction* memiliki nilai korelasi dengan faktor 1 = 0,862 dan faktor 2 = 0,072, karena nilai korelasi variabel *overproduction* dengan faktor 1 yang paling besar, maka variabel *overproduction* berada pada faktor 1.
- b. Variabel *transportation* memiliki nilai korelasi dengan faktor 1 = 0,312 dan faktor 2 = 0,732, karena nilai korelasi variabel *transportation* dengan faktor 2 yang paling besar, maka variabel *transportation* berada pada faktor 2.
- c. Variabel *inventory* memiliki nilai korelasi dengan faktor 1 = 0,825 dan faktor 2 = 0,131, karena nilai korelasi variabel *inventory* dengan faktor 1 yang paling besar, maka variabel *inventory* berada pada faktor 1.
- d. Variabel *waiting* memiliki nilai korelasi dengan faktor 1 = 0,844 dan faktor 2 = -0,102, karena nilai korelasi variabel *waiting* dengan faktor 1 yang paling besar, maka variabel *waiting* berada pada faktor 1.
- e. Variabel *scrap* memiliki nilai korelasi dengan faktor 1 = 0,492 dan faktor 2 = -0,628 karena nilai korelasi variabel *scrap* dengan faktor 2 yang paling besar, maka variabel *scrap* berada pada faktor 2.
- f. Variabel *overprocessing* memiliki nilai korelasi dengan faktor 1 = 0,048 dan faktor 2 = 0,722, karena nilai korelasi variabel *overprocessing* dengan faktor 2 yang paling besar, maka variabel *overprocessing* berada pada faktor 2.

Langkah terakhir adalah menganalisis hasil output Component Transformation Matrix berikut.

Tabel 10. Component Transformation Matrix

Component	1	2
1	0,993	0,121
2	-0,121	0,993

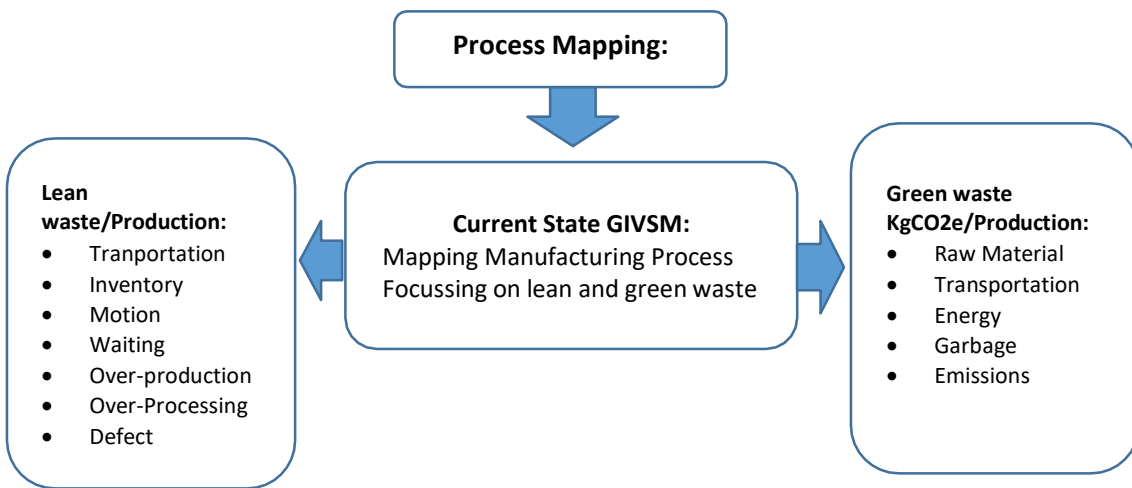
Sumber: Data primer, 2022 (diolah)

Tabel 10 menunjukkan terdapat 2 faktor yang memiliki nilai berbeda dengan setiap komponennya memiliki nilai lebih besar dari 0,5, yaitu faktor 1 (F1) sebesar 0,993 (99,3%) dan faktor 2 (F2) dengan 0,993 (99,3%). Karena nilai korelasi semua komponen 0,5 maka kedua faktor yang terbentuk ini dapat disimpulkan layak untuk merangkum kedua variabel yang dianalisis.

DISKUSI

1. Model Analisis *Carbon footprint* pada UMKM Prasmanan di Kota Makassar

Menurut Garza-Reyes (2015) Untuk mencapai manufaktur yang efisien dan ramah lingkungan, perlu untuk mengidentifikasi lean waste dan green waste yang melekat dalam proses, menganalisis penyebabnya, merumuskan dan menerapkan strategi untuk menghilangkan limbah. Berdasarkan model GIVSM (*Green-integrated Value stream mapping*) yang dikembangkan oleh Choudhary *et al.* (2019) mengemukakan hubungan antara *lean production* dan *green production* dalam model berikut



Sumber: Choudhary *et.al*, 2019

Gambar 4. Hubungan *Lean and Green Production* dalam Model GIVSM

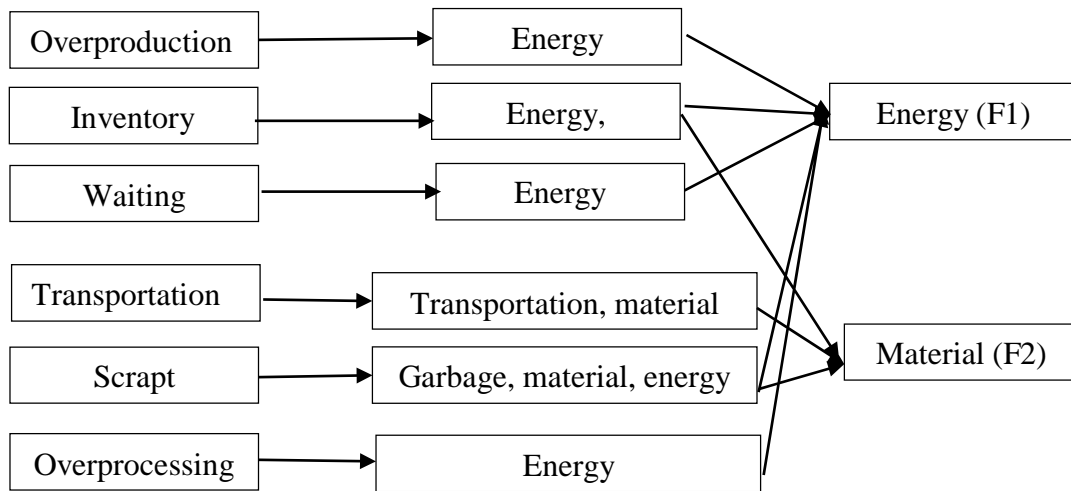
Model tersebut mengemukakan adanya hubungan sinergis antara *lean production* dan *green production*. Hubungan sinergitas lain juga terungkap dalam penelitian Balinski dan Grantham (2013) dalam tabel 11.

Tabel 11. Sinergitas Antara *Lean Waste* dan *Green Waste*

Jenis <i>Lean Waste</i>	Hasil	<i>Green Waste</i>
<i>Overproduction</i>	<i>Storage, excess production time, scrap</i>	<i>Energy</i>
<i>Transportation</i>	<i>Travel, Packaging scrap</i>	<i>Transportation, material</i>
<i>Inventory</i>	<i>Storage, raw material scrap (shelf life)</i>	<i>Energy, material</i>
<i>Motion</i>	<i>Time and energy loss</i>	<i>Garbage</i>
<i>Waiting</i>	<i>Time and energy loss</i>	<i>Energy</i>
<i>Defect</i>	<i>Scrap, Excess production time</i>	<i>Garbage, material, energy</i>
<i>Overprocessing</i>	<i>Excess production time</i>	<i>Energy</i>

Sumber: Balinski & Grantham, 2013

Berdasarkan hasil analisis faktor, dapat diidentifikasi adanya dua faktor baru yang terbentuk. Faktor 1 (F1) terdiri atas variabel *overproduction*, *inventory*, dan *waiting*. Sedangkan untuk faktor 2 (F2) terdiri atas variabel *transportation*, *scrap*, dan *overprocessing*. Kedua faktor tersebut diidentifikasi sebagai *green waste* yang dihasilkan dari variabel *lean waste*, oleh karena ini dapat dibentuk model sinergitas baru antara *lean waste* dan *green waste* sebagai berikut.



Gambar 5. Model hubungan *lean waste* dan *green waste* UMKM Prasamanan di Kota Makassar

Hasil analisis data penelitian dan visualisasi model dalam gambar 3 menjelaskan bahwa UMKM Prasamanan di Kota Makassar menghasilkan energi dan material sebagai *green waste*. Menggunakan energi dan material seminimal mungkin menjadi salah satu strategi dalam penerapan *green production*. Konsep dari *green manufacturing* telah dilihat sebagai paradigma manufaktur baru yang menggunakan strategi hijau dan teknik inovatif, meliputi produk/sistem yang menggunakan sedikit energi dan material Hallam dan Contreras (2016). Hal ini dikarenakan energi maupun material dapat menghasilkan unsur karbon dalam proses penggunaannya, sehingga penggunaan yang berlebihan pada energi dan material akan menyebabkan jumlah karbon yang dibuang ke lingkungan menjadi lebih banyak. Pemanfaatan karbon yang efisien, dalam bentuk energi dan material bersama dengan pengurangan karbon dari limbah material, sama pentingnya untuk menjadi fokus saat merencanakan perbaikan (Thanki & Thakkar, 2016).

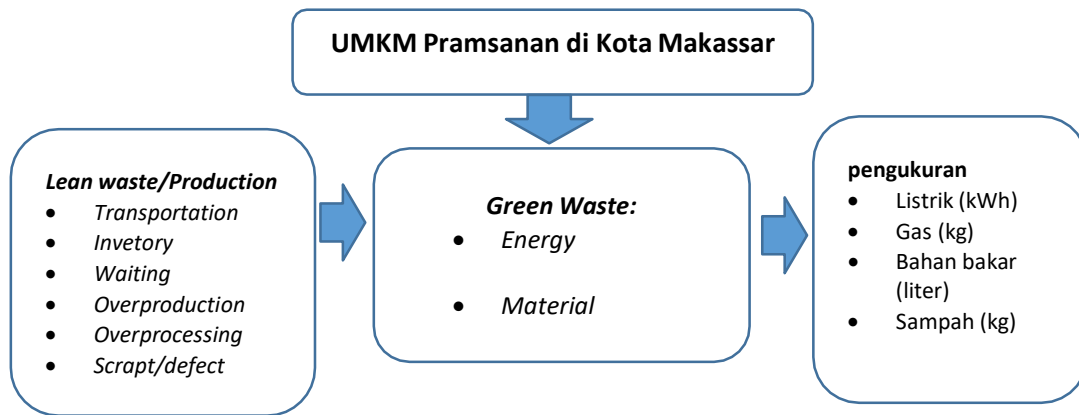
Menurut Balinski dan Grantham (2013), energi secara khusus mengacu pada energi dan bahan bakar (seperti gas alam) yang digunakan untuk memberi daya pada perangkat listrik dan mekanik yang menjadi limbah ketika digunakan secara berlebihan, sedangkan limbah material berasal dari cacat desain global—merancang bahan baku murni menjadi produk yang dirancang untuk berakhir di tempat pembuangan sampah. Oleh karena itu, *carbon footprint* dari limbah energi dapat diidentifikasi melalui penggunaan pemanas, pendingin, alat listrik, maupun bahan bakar/gas alam melalui aktivitas operasional UMKM prasmanan. Adapun *carbon footprint* dari material dapat diidentifikasi melalui limbah sampah sisa makanan yang dihasilkan oleh UMKM Prasmanan dikarenakan penggunaan bahan baku yang berlebihan. Berikut pendekatan pengukuran *green waste* oleh Balinski dan Grantham (2013).

Tabel 12. Matriks Pengukuran *Green Waste*

<i>Green Waste</i>	Hasil yang dapat diukur	Jenis	Matriks
Energi	Energi yang digunakan untuk pemanasan/pendinginan/ dan pencahayaan	<ul style="list-style-type: none"> • Bensin • Diesel • listrik • Gas alam 	kWh, kg
Material	Energi yang digunakan untuk mendaur ulang atau membuang	Sampah	lbs, cubic ft, liter, kg

Sumber: Balinski & Grantham, 2013

Berdasarkan pendekatan matriks pengukuran pada tabel 12, untuk memudahkan analisis dan perhitungan *carbon footprint* terhadap jawaban responden dan alat ukur yang digunakan yaitu *GHG Calculator*, maka penelitian ini menggunakan satuan listrik dengan kWh, gas dalam Kilogram (kg), bahan bakar dalam liter (l), dan sampah dalam kilogram (kg). Adapun *carbon footprint* pada UMKM Prasmana di Kota Makassar dapat dianalisis melalui pendekatan model pada gambar 6.



Gambar 6. Model Pendekatan Analisis *Carbon footprint* pada UMKM Prasmanan di Kota Makassar

Melalui penggunaan visualisasi model pada gambar 6, *Carbon footprint* yang dihasilkan dari penggunaan listrik, gas, bahan bakar, dan sampah terhadap 20 UMKM Prasmanan di Kota Makassar dianalisis dan dihitung menggunakan *GHG Calculator*.

2. Analisis *Carbon footprint* pada UMKM Prasmanan di Kota Makassar

Pada penelitian ini, *carbon footprint* yang dianalisis berupa *greenhouse gas emission* yang diukur dalam *ton carbon dioxide equivalent* (CO₂eq). Adapun hasil perhitungan *carbon footprint* merupakan hasil *lean waste* dan *green waste* yang diperoleh melalui selisih *penggunaan green waste* terbesar dan terkecil selama produksi 1 bulan pada 20 UMKM Prasmanan di Kota Makassar tertera pada tabel 13.

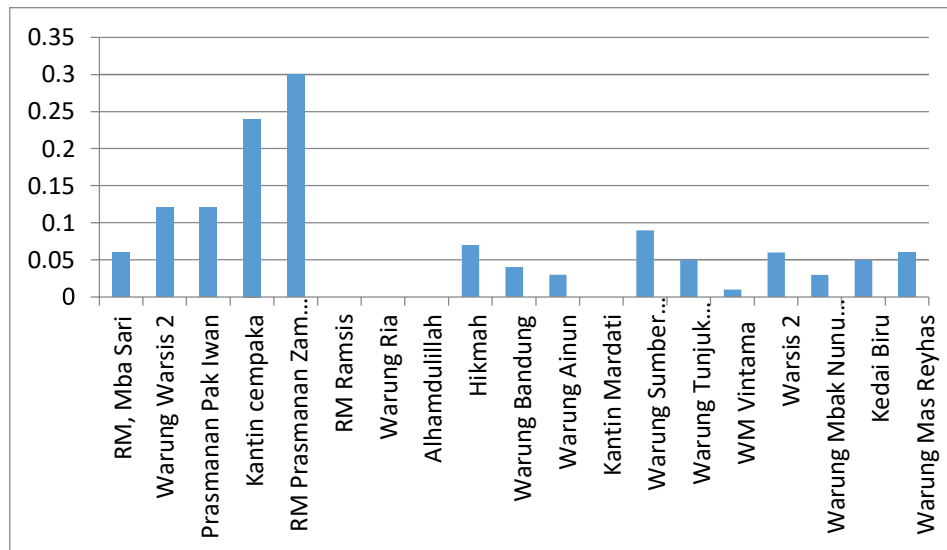
Tabel 13. Hasil Pengukuran *Carbon footprint* pada 20 UMKM Prasmanan di Kota Makassar

Nama UMKM	Nilai Emisi Karbon (ton CO ₂ eq)			
	Listrik	BBM	Gas	Total
RM. Mba Sari	0.06	0.58	0.08	0.72
Warung Warsis 2	0.12	0	0.08	0.2
Prasmanan Pak Iwan	0.12	0.01	0.01	0.14
Kantin cempaka	0.24	0.05	0.02	0.31
RM Prasmanan Zam Zam	0.3	0.01	0.03	0.34
RM Ramsis	0	0	0.02	0.02
Warung Ria	0	0	0.04	0.04
Alhamdulillah	0	0.33	0.04	0.37
Hikmah	0.07	0	0.01	0.08
Warung Bandung	0.04	0.01	0.02	0.07
Warung Ainun	0.03	0.01	0.01	0.05
Kantin Mardati	0	0	0.01	0.01
Warung Sumber Rezeki	0.09	0.01	0.08	0.18

Warung Tunjuk Tunjuk	0.05	0	0.01	0.06
WM Vintama	0.01	0	0.08	0.09
Warsis 2	0.06	0	0.08	0.14
Warung Mbak Nunu Surabaya	0.03	0.01	0.08	0.12
Kedai Biru	0.05	0.03	0.08	0.16
Warung Mas Reyhas	0.06	0	0.08	0.14
Warung Makan Selerata	0.09	0	0.04	0.13

Sumber: Data primer, 2022 (diolah)

Proses produksi warung prasmanan membutuhkan listrik sebagai energi untuk membantu proses produksi menjadi lebih efisien. Nilai emisi karbon yang didapatkan dari penggunaan listrik dapat diperoleh dari konsumsi listrik dikali dengan faktor emisi. Nilai emisi karbon dari penggunaan listrik yang dihasilkan oleh warung prasmanan di kota Makassar yang paling besar adalah Rumah Makan Prasmanan Zam-Zam dengan nilai emisi sebesar 0.3 ton CO₂ eq. Nilai emisi karbon yang dihasilkan dipengaruhi oleh daya listrik, waktu pemakaian dan nilai faktor emisi.

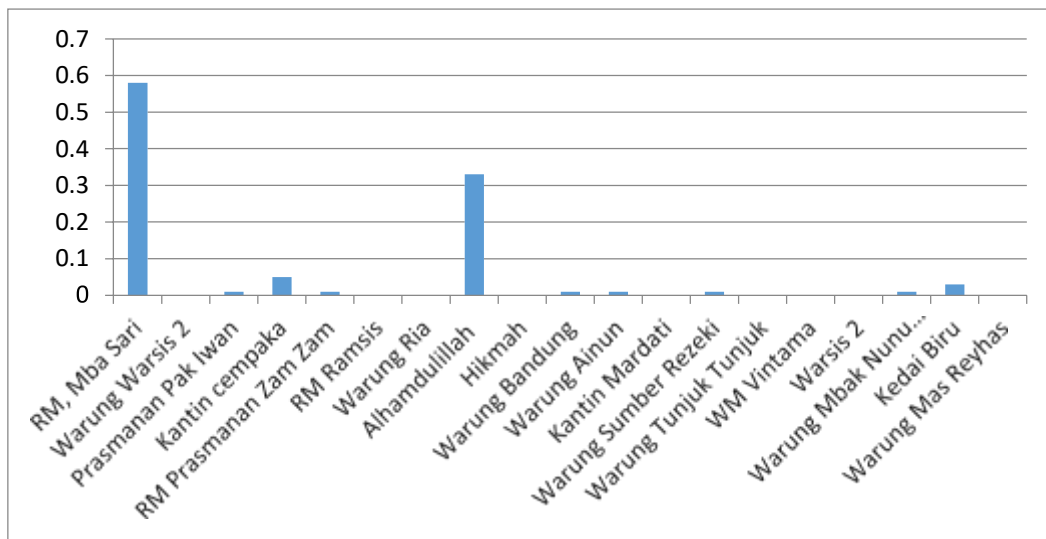


Sumber: Data primer, 2022 (diolah)

Gambar 7. Grafik Nilai Emisi Karbon Penggunaan Listrik UMKM Prasmanan di Kota Makassar

Nilai emisi karbon adalah nilai total emisi yang digunakan oleh responden dari konsumsi listrik pada proses produksinya. Nilai emisi tertinggi pada gambar 7 adalah pada warung makan Prasmanan Zam-Zam, hal tersebut dikarenakan konsumsi listrik dari warung sangat besar.

Bahan bakar minyak digunakan oleh warung makan prasmanan untuk membantu dalam kegiatan proses produksi seperti untuk transportasi, proses memasak, dan lain sebagainya. Penggunaan bahan bakar minyak dapat menghasilkan nilai emisi karbon. Nilai emisi karbon dari penggunaan bahan bakar minyak yang diperoleh dari warung prasmanan di kota Makassar yang paling besar adalah RM. Mba Sari dengan nilai emisi sebesar 0.58 ton CO₂ eq. Nilai emisi karbon yang dihasilkan dipengaruhi oleh jumlah bahan bakar minyak yang dipakai, waktu pemakaian dan nilai faktor emisi.



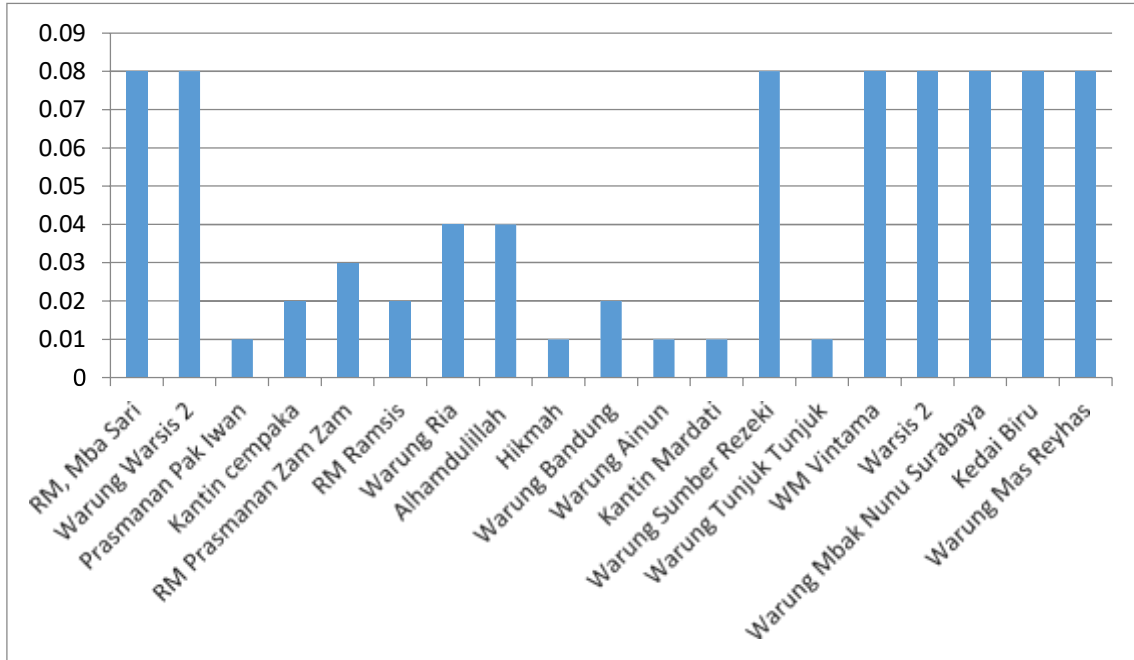
Sumber: Data primer, 2022 (diolah)

Gambar 9. Grafik Nilai Emisi Karbon Penggunaan BBM UMKM Prasmanan di Kota Makassar

Nilai emisi karbon adalah nilai total emisi yang digunakan oleh responden dari konsumsi bahan bakar minyak pada proses produksinya. Nilai emisi tertinggi pada gambar 9 adalah pada warung makan RM Mba Sari, hal tersebut dikarenakan konsumsi bahan bakar minyak yang dihasilkan dari warung sangat besar.

Nilai emisi yang diperoleh dari penggunaan bahan bakar gas pada warung makan prasmanan disebabkan oleh aktivitas produksi seperti memasak. Berdasarkan data yang didapatkan dari 20 responden warung makan prasmanan, gas atau LPG yang dipakai oleh warung makan memiliki tipe tabung 3 kilogram. Terdapat beberapa warung makan prasmanan di kota Makassar yang memiliki nilai emisi karbon besar dari penggunaan bahan bakar gas yaitu RM. Mba Sari, Warung Warsis 2, Warung Sumber Rezeki, WM Vintama, Warsis 2, Warung Mba Nunu Surabaya, Kedai Biru, dan Warung Mas Reyhas.

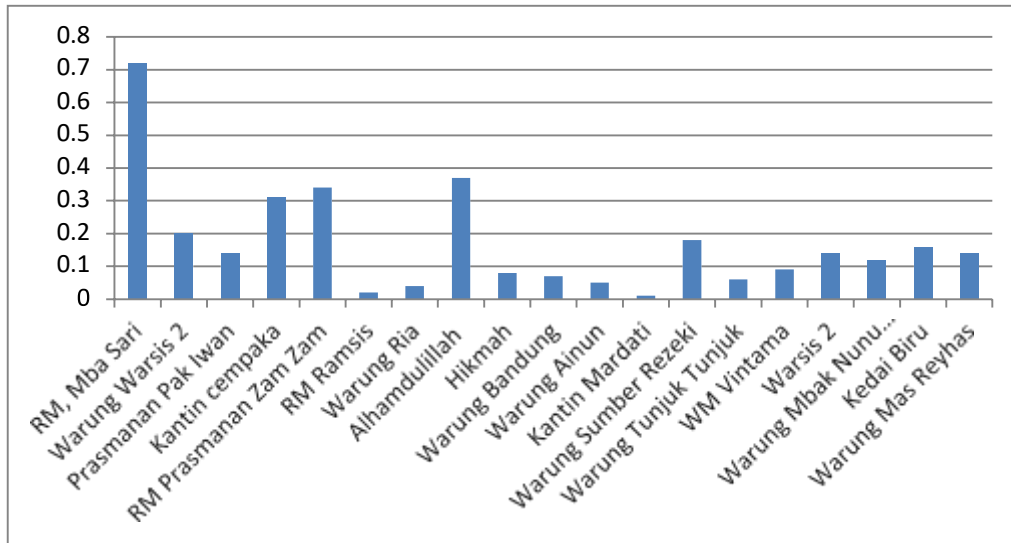
Ketujuh warung makan prasmanan tersebut memiliki nilai emisi yang sama yaitu sebesar 0.8 ton CO₂ eq. Nilai emisi karbon yang dihasilkan dipengaruhi oleh jumlah tabung gas dipakai, waktu pemakaian dan nilai faktor emisi.



Sumber: Data primer, 2022 (diolah)

Gambar 10. Grafik Nilai Emisi Karbon Penggunaan Bahan Bakar Gas UMKM Prasmanan di Kota Makassar

Nilai emisi karbon adalah nilai total emisi yang digunakan oleh responden dari konsumsi bahan bakar gas pada proses produksinya. Nilai emisi tertinggi pada gambar 10 adalah pada warung makan RM Mba Sari, Warung Warsis 2, Warung Sumber Rezeki, WM Vintama, Warsis 2, Warung Mba Nunu Surabaya, Kedai Biru, dan Warung Mas Reyhas. Hal tersebut dikarenakan konsumsi bahan bakar gas yang dihasilkan dari warung sangat besar.

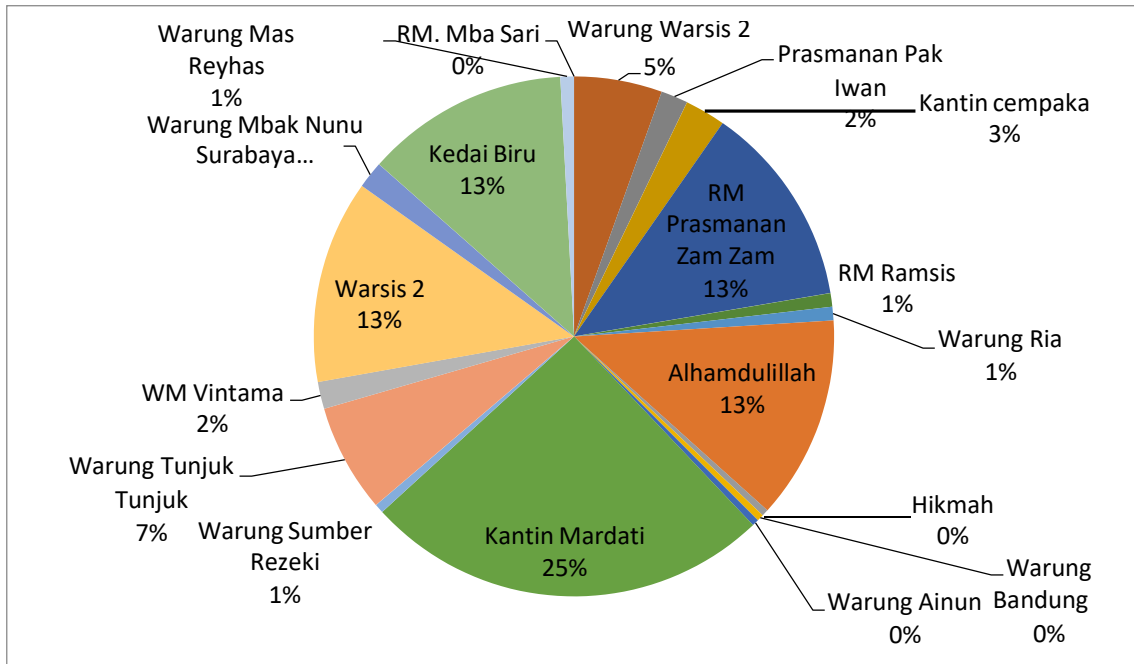


Sumber: Data primer, 2022 (diolah)

Gambar 11 Grafik Total Nilai Emisi Karbon Prasmanan di Kota Makassar

Total nilai emisi karbon adalah nilai total emisi yang digunakan oleh responden dari penggunaan listrik, sampah organik, bahan bakar minyak, dan bahan bakar gas pada proses produksinya. Nilai emisi tertinggi pada gambar 11 adalah pada warung makan RM Mba Sari, yaitu sebesar 0.72 ton CO₂ eq. Nilai emisi karbon yang dihasilkan dipengaruhi oleh penggunaan listrik, sampah organik, bahan bakar minyak, dan bahan bakar gas, waktu pemakaian dan nilai faktor emisi.

Selain penggunaan energi, aktivitas yang juga bisa menghasilkan nilai emisi karbon adalah berasal dari material yang menjadi sampah baik pada proses daur ulang maupun pembuangan. Nilai emisi diperoleh dari sisa-sisa makanan atau bahan baku yang sudah tidak dapat digunakan kembali. Pengambilan data sampah organik responden dilakukan dengan melihat berapa jumlah sampah organik yang dihasilkan selama 1 bulan.



Sumber: Data primer, 2022 (diolah)

Gambar 8. Grafik Nilai Emisi Karbon Penggunaan Sampah Organik UMKM Prasmanan di Kota Makassar

Nilai emisi karbon adalah nilai total emisi yang digunakan oleh responden dari sampah organik yang dihasilkan pada proses produksinya. Nilai emisi tertinggi pada gambar 8 adalah pada warung makan Kantin Mardati yaitu sebesar 25%, hal tersebut dikarenakan sampah organik yang dihasilkan dari warung sangat besar.

3. Minimalisasi Carbon Footprint

Carbon footprint dapat diminimalisir dengan beberapa cara salah satunya yaitu memanfaatkan ketersediaan lahan sebagai tempat untuk vegetasi yang bisa menyerap CO₂ di udara melalui media tanam seperti vertical garden. Selain itu, beberapa cara yang bisa dilakukan adalah memperbanyak ruang terbuka hijau, ketersediaan ruang terbuka hijau menjadi solusi yang efektif dalam mengurangi CO₂. Yang tidak kalah penting adalah mengubah gaya hidup masyarakat untuk lebih irit terhadap aktivitas-aktivitas penggunaan listrik, gas, bahan bakar, dan sebagainya yang dapat menimbulkan emisi karbon. Ada beberapa cara yang dapat dilakukan untuk meminimalisir *carbon footprint* atau jejak emisi karbon pada warung makan prasmanan, sebagai berikut:

a. Konsumsi Listrik

Penggunaan energi terbarukan dapat menjadi solusi untuk mereduksi *carbon footprint* seperti menggunakan listrik dari panel surya, namun penggunaan listrik panel surya dinilai mahal dan pemeliharaannya yang memakai banyak biaya. Oleh karena itu, beberapa cara yang dapat digunakan dalam meminimalisir emisi karbon adalah menggunakan listrik secukupnya, mematikan peralatan-peralatan listrik ketika sedang tidak digunakan, tidak menggunakan peralatan yang memakan listrik yang besar.

b. Sampah Organik

Beberapa cara yang dapat dilakukan untuk meminimalisir carbon footprint yang dihasilkan dari sampah organik yaitu menerapkan konsep 3R (*reduce, recycle, dan reuse*) dalam mengelola sampah, contohnya mengolah sampah organik menjadi kompos. Selain itu, untuk mengurangi emisi dan timbunan sampah, pemilik warung bisa mengatur persediaan dengan benar agar tidak menimbulkan bahan baku yang tidak terpakai dan berakhir dipembuangan akhir, serta mengurangi produksi yang besar-besaran (*overproduction*).

c. Bahan Bakar Minyak

Untuk mereduksi carbon footprint yang dihasilkan bahan bakar minyak pada warung makan prasmanan dapat dilakukan dengan beberapa cara yaitu menggunakan BBM dengan hemat, mengurangi pemakaian transportasi yang menimbulkan emisi karbon yang besar, mengganti penggunaan bahan bakar minyak dengan sesuatu yang lebih ramah lingkungan.

d. Bahan Bakar Gas

Cara yang paling efektif untuk mengurangi penggunaan bahan bakar gas dalam proses produksi warung makan prasmanan adalah menghemat penggunaannya, kemudian juga dapat dilakukan dengan mengganti kompor gas menjadi kompor yang lebih ramah lingkungan seperti kompor listrik.

KESIMPULAN DAN SARAN

Penelitian ini menggunakan analisis faktor sebagai metode statistik untuk memperoleh faktor-faktor yang mendasar dan mampu menjelaskan hubungan antara berbagai variabel independen yang diteliti. Hasil analisis faktor mengidentifikasi adanya 2 faktor baru yang terbentuk yaitu energi dan material. Energi dan material merupakan 2 variabel *green waste* yang dihasilkan dari aktivitas yang menimbulkan *food waste* pada 20 UMKM Prasmanan di Kota Makassar. Variabel energi dan material menjadi variabel yang menghubungkan *lean waste* dan pengukuran *carbon footprint* sehingga model analisis *carbon footprint* pada UMKM Prasmanan di Kota Makassar terbentuk dengan gas alam, BBM, listrik, dan sampah sebagai pengukurannya. Hasil analisis *carbon footprint* pada UMKM Prasmanan di Kota Makassar menunjukkan bahwa total emisii karbon dari penggunaan energi terbesar adalah penggunaan bahan bakar gas dengan jumlah emisii karbon 0,8 ton CO₂eq.

Green waste yang dihasilkan oleh UMKM Prasmanan di Kota Makassar dalam bentuk energi dan material diidentifikasi dari kegiatan operasi UMKM yang sering melakukan pemborosan (*waste*) dalam bentuk *overproduction*, *transportation*, *inventory*, *waiting*, *scrap/defect*, dan *overprocessing*. Pemborosan tersebut sebaiknya diminimalisir dengan mengurangi aktivitas yang tidak memberikan nilai tambah dalam penggunaan energi, serta menerapkan konsep 3R (*recycle*, *reuse*, dan *reduce*) dalam pengelolaan sampah.

Salah satu keterbatasan utama penelitian ini adalah terbatasnya jumlah sampel yang dikarenakan oleh sektor objek penelitian yang sangat spesifik. Untuk penelitian berikutnya, disarankan untuk memperluas sektor objek penelitian sehingga bisa didapatkan analisis data yang lebih menyeluruh untuk sampah makanan yang dihasilkan industri makanan dan minuman.

DAFTAR PUSTAKA

- Amaranti, R., Irianto, D., & Govindaraju, R. (2017). Green manufacturing: kajian literatur. *In Seminar Dan Konferensi Nasional IDEC*, 8, 2579–6429.
- Anugrah, M., Zaini, E., & Rispianda, R. (2016). Usulan Pengurangan Waste Proses Produksi Menggunakan Waste Assessment Model dan Value Stream Mapping Di PT. X. *Reka Integra*, 4(1).
- Auliya, D. F., Marlyana, N., & Fatmawati, W. (2021). Analisis Penentuan Faktor Pendorong dalam Penerapan Green Manufacturing di PT. Aneka Adhilogam Karya dengan Metode Fuzzy Topsis. *Jurnal Teknik Industri*, 11(2), 156–163.
- Balinski, K. D., & Grantham, K. (2013). Quantifying the Carbon Footprint of Lean Waste. *Engineerin*, 5(1), 80–91.
- Bappenas. (2021). Food Loss and Waste di Indonesia. *Bappenas*. <https://bit.ly/3uvPTsI>
- Bhattacharya, A., Nand, A., & Castka, P. (2019). Lean-green integration and its impact on sustainability performance: A critical review. *Journal of Cleaner Production*, 236, 117697.
- Choudhary, S., Nayak, R., Dora, M., Mishra, N., & Ghadge, A. (2019). An integrated lean and green approach for improving sustainability performance: a case study of a packaging manufacturing SME in the U.K. *Production Planning and Control*, 30(5–6), 353–368. <https://doi.org/10.1080/09537287.2018.1501811>
- Eludoyin, O. M. (2015). The Challenge of Reducing Food Carbon Footprint in a Developing Country. *Journal of Climatology & Weather Forecasting*, 3(1), 1–5.
- Garza-Reyes, J. A. (2015). Lean and Green in the Transport and Logistics Sector- a Case Study of Simultaneous Deployment. *Journal of Cleaner Production*, 102, 18–29.
- Ghadge, A., Kaklamanou, M., Choudhary, S., & Bourlakis, M. (2017). Implementing environmental practices within the Greek dairy supply chain: Drivers and barriers for SMEs. *Industrial Management & Data Systems*, 117(9), 1995–2014. <https://doi.org/http://dx.doi.org/10.1108/IMDS-07-2016-0270>
<http://dspace.lib.cranfield.ac.uk/handle/1826/12654>
- Hallam, C. R., & Contreras, C. (2016). The interrelation of Lean and green manufacturing Practices: A case of push or pull in implementation. *In 2016 Portland International Conference on Management of Engineering and Technology (PICMET)*, 1815–1823.
- Himelstein, L. (2017). *Hotel Buffets, A Culprit of Food Waste, Get Downsized*. The New York Times. <https://nyti.ms/35XARlk>
- Indonesia, B. (2015). *Profil Bisnis Usaha Mikro, Kecil dan Menengah (UMKM)*. Bank Indonesia. www.bi.go.id
- Ishangulyyev, R., Kim, S., & Lee, S. H. (2019). Understanding food loss and waste— why are we losing and wasting food? *Foods*, 8(8), 297.

- Kemenkopumkm. (2021). *Jumlah UMKM Sektor Makanan dan Minuman (usaha Prasmanan)*. <http://umkm.depkop.go.id/>
- Kusumastuti, D., Choerudin, A., Kinasih, W., Pramono, J., & Mardikasari, S. (2020). *Kajian Kerangka Pengaturan dan Pengelolaan Makanan Berlebih di Hotel, Restoran, dan Catering*. <https://assets.rikolto.org/paragraph/attachments/foodwasteprint.pdf>
- Lissy, P. N. M. (2012). Carbon Footprint of an Educational Institution as a Technique for Sustainable Development. *The International Journal of Engineering And Science (IJES)*, 1(2), 196–200.
- Mustofa, S., Choiri, M., & Riawati, L. (2014). Pendekatan Lean Manufacturing Untuk Mereduksi Waste Menggunakan Value Stream Mapping (Studi Kasus Pada PT X Bangil-pa. *Jurnal Rekayasa Dan Manajemen Sistem*, 2(2), 337–347.
- Prabowo, P. A. (2020). Analisis Perilaku Konsumen Jasa Katering untuk Keperluan Pesta di Surabaya. *Jurnal Analisa, Prediksi Dan Informasi (Jurnal EKBIS)*, 21(1), 69–90. <https://doi.org/https://doi.org/10.30736/ekbis.v17i1>
- Ramadhita, A. N., Ekayani, M., & Suharti, S. (2021). Apakah Konsumen Resto Hotel Mengetahui Isu Food Waste? *Jur. Ilm. Kel. & Kons*, 14(1), 88–100. <https://doi.org/http://dx.doi.org/10.24156/jikk.2021.14.1.88>
- SIPSN. (2021). *Data Pengelolaan Sampah: Komposisi Sampah*. MenLHK. <https://bit.ly/3rz8gLv>
- Soedarmadji, W., Surachman, S., & Siswanto, E. (2015). Penerapan konsep green manufacturing pada botol minuman kemasan plastik. *Journal of Engineering and Management in Industrial System*, 3(2).
- Tambunan, R. A., Handayani, N. U., & Puspitasari, D. (2018). Penerapan Lean Manufacturing menggunakan Value Stream Mapping (VSM) untuk Identifikasi Waste & Performance Improvement Pada UKM “Shoes and Care.” *Industrial Engineering Online Journal*, 6(4).
- Thanki, S., & Thakkar, J. J. (2016). Value–Value Load Diagram: A Graphical Tool for Lean–Green Performance Assessment. *Production Planning & Control*, 27(15), 1280–1297. <https://doi.org/10.1080/09537287.2016.1220647>
- Van der Werf, P., Seabrook, J. . A., & Gilliland, J. A. (2019). Food for Naught: Using the Theory of Planned Behavior to Better Understand Household Food Wasting Behavior. *The Canadian Geographer*, 63(3), 478–493. <https://doi.org/https://doi.org/10.1111/cag.12519>
- Wulansari, D., Ekayani, M., & Karlinasari, L. (2019). Kajian Timbulan Sampah Makanan Warung Makan. *ECOTROPHIC: Jurnal Ilmu Lingkungan (Journal of Environmental Science)*, 13(2), 125. <https://doi.org/10.24843/ejes.2019.v13.i02.p01>