

DYNAMIC MODEL OF USED COOKING OIL WASTE MANAGEMENT IN DENPASAR CITY

MODEL DINAMIK PENGELOLAAN LIMBAH MINYAK GORENG BEKAS DI KOTA DENPASAR

Deria Wahyuni, I. K. Satriawan*, C. A. Bayu Sadyasmara

Program Studi Teknologi Industri Pertanian, Fakultas Teknologi Pertanian, Universitas Udayana, Kampus Bukit Jimbaran, Badung, Kode pos : 80361; Telp/Fax : (0361) 701801.

Diterima 17 Maret 2022 / Disetujui 5 Agustus 2022

ABSTRACT

Waste cooking oil (WCO) is oil that has been used for frying more than three times, so it is classified as dangerous, which can endanger human health and also have a negative impact on the environment. The city of Denpasar every month produces approximately 604,629 liters/month of waste cooking oil. Until now, it has not been clearly managed. WCO, if appropriately managed, will be potential because it can be processed into products and provide added economic value. This research aims to analyze the potential of WCO management in Denpasar City and develop a design model for WCO management in Denpasar City. This research was conducted using a dynamic system approach, and system simulations were carried out from 2020 to 2030. The development of a dynamic model of WCO utilizes secondary and primary data. The simulation results show the factors that influence the model's behavior, namely the supply of household WCO, the supply of non-household WCO, and waste treatment technology. The simulation results on existing conditions in 2030 show that the stock of waste cooking oil cannot meet the demand for waste cooking oil. Based on the simulation results of several scenarios, alternative policy recommendations that follow the objectives are scenario 4 (combined scenarios), which can produce a supply of used cooking oil of 229,897.75 liters in 2025 and increase to 253,348.94 liters in 2030.

Keywords : Waste cooking oil; system dynamic; waste

ABSTRAK

Minyak Goreng Bekas (MGB) adalah minyak yang telah digunakan untuk menggoreng lebih dari tiga kali, sehingga tergolong berbahaya, yang dapat membahayakan kesehatan manusia dan juga berdampak negatif terhadap lingkungan. Kota Denpasar setiap bulannya menghasilkan minyak goreng bekas kurang lebih 604.629 liter/bulan. Sampai saat ini belum dikelola secara jelas. MGB jika dikelola dengan baik akan menjadi potensi karena dapat diolah menjadi produk dan memberikan nilai tambah ekonomi. Penelitian ini bertujuan untuk menganalisis potensi pengelolaan MGB di Kota Denpasar dan mengembangkan model desain pengelolaan MGB di Kota Denpasar. Penelitian ini dilakukan dengan menggunakan pendekatan sistem dinamis, dan simulasi sistem dilakukan dari tahun 2020 hingga 2030. Pengembangan model dinamis MGB menggunakan data sekunder dan primer. Hasil simulasi

* Korespondensi Penulis:

Email: satriawan@unud.ac.id

menunjukkan faktor-faktor yang mempengaruhi perilaku model, yaitu pasokan MGB rumah tangga, pasokan MGB non-rumah tangga, dan teknologi pengolahan limbah. Hasil simulasi pada kondisi eksisting tahun 2030 menunjukkan bahwa stok minyak goreng bekas tidak dapat memenuhi kebutuhan minyak goreng bekas. Berdasarkan hasil simulasi beberapa skenario, alternatif rekomendasi kebijakan yang sesuai dengan tujuan adalah skenario 4 (skenario gabungan), yang dapat menghasilkan pasokan minyak goreng bekas sebesar 229.897,75 liter pada tahun 2025 dan meningkat menjadi 253.348,94 liter pada tahun 2030.

Kata kunci : minyak goreng bekas; sistem dinamis; limbah

PENDAHULUAN

Minyak goreng bekas (MGB) adalah minyak dan lemak yang sudah digunakan untuk memasak atau menggoreng di industri pengolahan makanan, restoran, makanan cepat saji dan di tingkat konsumen atau rumah tangga (EUBIA, 2020). Menurut Arini (2013), minyak goreng bekas merupakan minyak goreng yang sudah tidak bisa digunakan lagi dalam menggoreng bahan makanan karena telah digunakan lebih dari 3 kali penggorengan serta bisa mengganggu lingkungan apabila dibuang sembarangan. Penggunaan minyak goreng bekas secara terus menerus dapat mengakibatkan hal buruk bagi kesehatan jika dikonsumsi dalam jangka waktu panjang.

Setiap tahunnya konsumsi minyak goreng di Provinsi Bali dapat mengalami peningkatan ataupun penurunan sesuai dengan kebutuhan masyarakat. Kebutuhan minyak goreng dapat mengalami peningkatan yang disebabkan konsumsi masyarakat dan industri makanan yang banyak menggunakan minyak goreng dalam proses pengolahannya (Emelike *et.al.*, 2020). Kota Denpasar di Provinsi Bali merupakan daerah dengan pemukiman padat penduduk yang jumlah penduduknya sebesar 947.100 jiwa (BPS, 2019). Berdasarkan data tahun 2019 diketahui bahwa total konsumsi minyak goreng untuk penduduk Kota Denpasar adalah 863.755 L/bulan (BPS, 2019). Jumlah penggunaan minyak goreng yang semakin meningkat akan berakibat pada jumlah minyak goreng bekas yang semakin banyak.

Berdasarkan survei pada tahun 2019 yang dilakukan oleh Yuarini *et al.*, (2021) dengan sebagian komponen masyarakat seperti ibu rumah tangga, *catering* serta *owner* hotel atau restoran diketahui bahwa penyusutan minyak goreng sehabis pemakaian adalah sebesar 30%. Dari total konsumsi minyak goreng di Kota Denpasar sebesar 863.755 L/bulan dihasilkan limbah berupa minyak goreng bekas sebesar 604.629 L/bulan (Anonim, wawancara 10 Desember 2019). Pandemi Covid-19 mengakibatkan pelaku usaha di bidang pangan akhirnya tidak beroperasi secara maksimal, dengan itu perlu di lihat apakah Pandemi Covid-19 berpengaruh terhadap penggunaan minyak goreng.

Minyak goreng bekas di Kota Denpasar berasal dari sisa penggorengan bahan pangan rumah tangga, restoran, hotel, kafe, usaha mikro, kecil dan menengah di bidang industri pangan yang kemudian dikumpulkan oleh pengepul minyak goreng bekas. Sejauh ini, limbah minyak goreng bekas tersebut belum diatur pengelolaannya dan saat ini hanya terdapat satu organisasi di Bali yang mengelola minyak goreng bekas menjadi biodiesel, yaitu Yayasan Lengis Hijau (YLH). Kapasitas produksi biodiesel yayasan ini hanya menerima pasokan minyak goreng bekas 20.000 L/bulan.

Upaya untuk menemukan pola pengelolaan minyak goreng bekas dan pemanfaatannya di Kota Denpasar perlu dilakukan, yaitu penelitian tentang bagaimana alur distribusi minyak goreng bekas hingga pengolahannya menjadi produk-produk turunan yang memiliki nilai tambah. Harapannya dengan menemukan pola pengelolaan dan pemanfaatan minyak goreng bekas di Kota Denpasar dapat mencegah dan juga mengurangi pencemaran lingkungan yang berakibat secara tidak langsung pada kesehatan. Metode yang dapat digunakan untuk mengatasi permasalahan tersebut adalah dengan menggunakan pendekatan sistem, dimana salah satunya adalah menggunakan sistem dinamik.

Beberapa penelitian terdahulu seperti Indayani *et al.*, (2017) menggunakan pendekatan sistem dinamik untuk mensimulasikan ketersediaan buah pisang di Provinsi Bali, Krisdayanti *et al.*, (2017) melakukan penelitian swasembada kedelai di Provinsi Bali dan Harmini *et al.*, (2011) melakukan penelitian pemodelan sistem dinamik ketersediaan daging sapi nasional. Tujuan penelitian ini adalah untuk menganalisis potensi pengelolaan limbah minyak goreng bekas di Kota Denpasar dan menyusun rancangan model dinamik pengelolaan limbah minyak goreng bekas di Kota Denpasar.

METODE PENELITIAN

Pengambilan data penelitian model dinamik pengelolaan limbah minyak goreng bekas dilakukan di Kota Denpasar pada bulan Agustus – November 2021. Penelitian menggunakan metode survei dengan kuisioner dan wawancara. Populasi penelitian ini adalah pengguna minyak goreng yang terdiri dari beberapa kategori sumber, yaitu rumah tangga, hotel, restoran, kafe, UMKM berbasis pangan, *catering* dan pedagang kaki lima di Kota Denpasar.

Tahapan pelaksanaan penelitian, yaitu: identifikasi masalah dan tujuan, konseptualisasi model, formulasi model, verifikasi dan validasi model, simulasi sistem dan skenario kebijakan, serta penyusunan alternatif rekomendasi kebijakan. Identifikasi masalah dan tujuan dilakukan dengan memanfaatkan data sekunder yang bersumber dari Badan Pusat Statistik (BPS), Dinas Perindustrian dan Perdagangan, Dinas Koperasi dan UMKM, Dinas Pariwisata, Dinas Lingkungan Hidup dan Kebersihan Kota Denpasar, jurnal maupun artikel ilmiah.

Konseptualisasi model dinamik pengelolaan limbah minyak goreng bekas di Kota Denpasar dimulai dengan membuat diagram sebab-akibat (*causal loop diagram*). Diagram tersebut digunakan untuk menggambarkan interaksi antar variabel dalam pengelolaan limbah minyak goreng bekas. Formulasi model merupakan tahap membuat definisi matematis pada *stock and flow diagram* disusun berdasarkan variabel-variabel yang teridentifikasi pada saat membuat *causal loop diagram*. Formulasi model disusun dengan cara menghubungkan variabel-variabel yang telah diidentifikasi dalam model konseptual dengan bahasa simbolik. *Software* yang digunakan untuk mensimulasikan *stock and flow diagram* adalah *Powersim Studio 10* (Ardi dan Leisten, 2016).

Validasi model dilakukan dengan membandingkan *output* model berupa hasil simulasi dengan data *existing* yang didapat dari sistem nyata (Mahbubi, 2013). Dalam penelitian ini derajat validasi model diukur menggunakan indikator nilai *Root Mean Square Error* (RMSE), suatu model dikatakan valid bila model tersebut mempunyai nilai RMSE < 10,00 persen. Dalam mengaplikasikan simulasi model ini, dibuat beberapa skenario kebijakan, sehingga tujuan yang diharapkan dapat tercapai. Simulasi sistem dengan beberapa skenario dilakukan dengan cara mengubah parameter-parameter model yang berkaitan sebagai interpretasi dari suatu kebijakan yang mungkin untuk dilaksanakan.

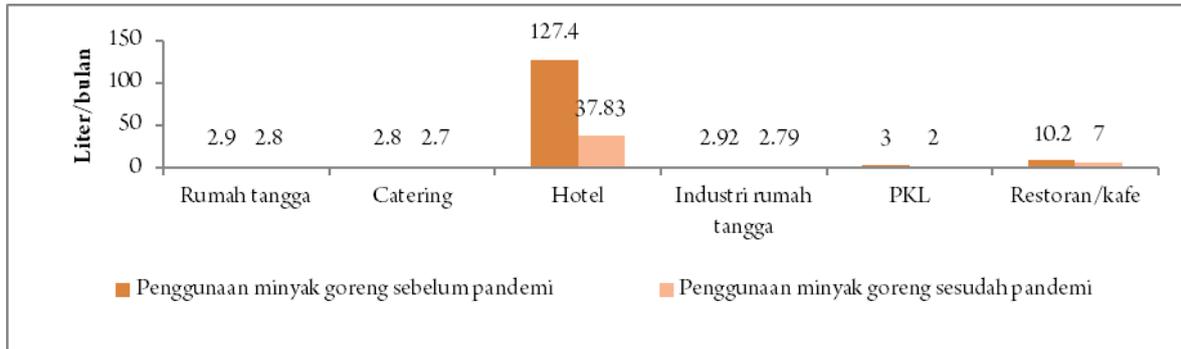
HASIL DAN PEMBAHASAN

Identifikasi Atribut

Potensi minyak goreng bekas yang ada di Kota Denpasar dapat dilihat berdasarkan penggunaan minyak goreng dari masing-masing sumber yang dihitung berdasarkan penggunaan minyak goreng dan perilaku pengulangan penggunaan minyak goreng. Data penggunaan minyak goreng sebelum dan sesudah pandemi digunakan untuk melihat suplai minyak goreng bekas sebelum dan sesudah Pandemi Covid-19. Data penggunaan minyak goreng setiap sumber sebelum dan sesudah pandemi Covid 19 dapat dilihat pada Gambar 1.

Uji Validitas dan Reliabilitas

Hasil uji validitas menunjukkan 28 atribut valid dengan rentang nilai t-hitung 2,063 hingga 9,707 dan satu atribut tidak valid yaitu pada atribut X12 dengan nilai t-hitung 0,899 yang kurang dari t-tabel yaitu 2,048. Sementara itu seluruh atribut valid, telah reliabel dengan rentang nilai koefisien reliabilitas 0,962 hingga 1,027.



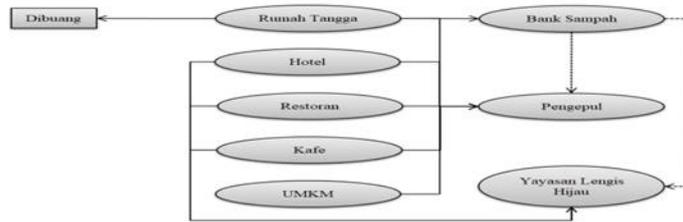
Gambar 1. Penggunaan Minyak Goreng Bekas di Kota Denpasar

Berdasarkan Gambar 1 diperoleh informasi bahwa dampak pandemi Covid 19 terhadap penggunaan minyak goreng di Kota Denpasar mengalami penurunan yang signifikan pada hotel dan restoran. Menurut Sugihamertha (2020), Covid 19 berdampak besar hampir di semua aspek kehidupan termasuk sektor pariwisata karena meningkatnya pembatasan perjalanan, pembatalan acara besar dan keengganan untuk melakukan perjalanan internasional dan domestik. Pada hotel penggunaan minyak goreng turun mencapai 70% sementara pada restoran/kafe turun sebesar 31%. Penggunaan minyak goreng setelah pandemi mengalami penurunan pada hotel, awalnya rata-rata penggunaan minyak goreng sebanyak 46.501 liter/bulan turun menjadi 13.807 liter/bulan. Restoran dan kafe bila mengalami penurunan penggunaan minyak goreng sebanyak 11.158 liter/bulan menjadi 7.658 liter/bulan. Penggunaan minyak goreng di rumah tangga dapat dikatakan cukup stabil meskipun mengalami sedikit penurunan dari 2,9 liter/bulan menjadi 2,8 liter/bulan. Jumlah penduduk Kota Denpasar mencapai 962.900 jiwa dimana 1 rumah tangga terdiri dari 4 orang (BPS, 2021), maka penggunaan minyak goreng pada rumah tangga kurang lebih 647.030 liter/bulan. Berdasarkan penjelasan di atas, penggunaan minyak goreng sebelum dan sesudah pandemi tidak mengakibatkan perubahan suplai yang signifikan, karena dapat dilihat potensi terbesar minyak goreng bekas di Kota Denpasar adalah bersumber dari rumah tangga.

Pengelolaan Limbah Minyak Goreng Bekas

Pengelolaan limbah minyak goreng bekas di Kota Denpasar meliputi kegiatan pengumpulan, pengolahan hingga pemrosesan akhir menjadi produk. Kegiatan pengumpulan minyak goreng bekas dari sumber dikelola oleh masyarakat yang dilakukan baik secara mandiri ataupun berkelompok. Pengelolaan minyak goreng bekas dilakukan di bank sampah dan sektor informal (pengepul) yang akan dijual kembali ke industri pengolahan seperti Yayasan Lengis Hijau dan juga pabrik yang ada di luar Bali. Di Kota Denpasar terdapat 224 unit bank sampah (DLHK Kota Denpasar, 2021). Pengumpulan minyak goreng bekas dilakukan pada masing-masing unit bank sampah, dimana setiap pengumpulannya minimal membawa 1 liter minyak goreng bekas yang akan di beli seharga Rp. 2.000/liter. Terdapat beberapa situasi terbaru mengenai pengelolaan limbah minyak goreng bekas yang ada di Kota Denpasar. Distribusi minyak goreng bekas di Kota Denpasar diketahui dengan mengumpulkan data sekunder dan survei langsung ke lapangan. Dapat dilihat pada Gambar 2.

mengenai distribusi minyak goreng bekas di Kota Denpasar.

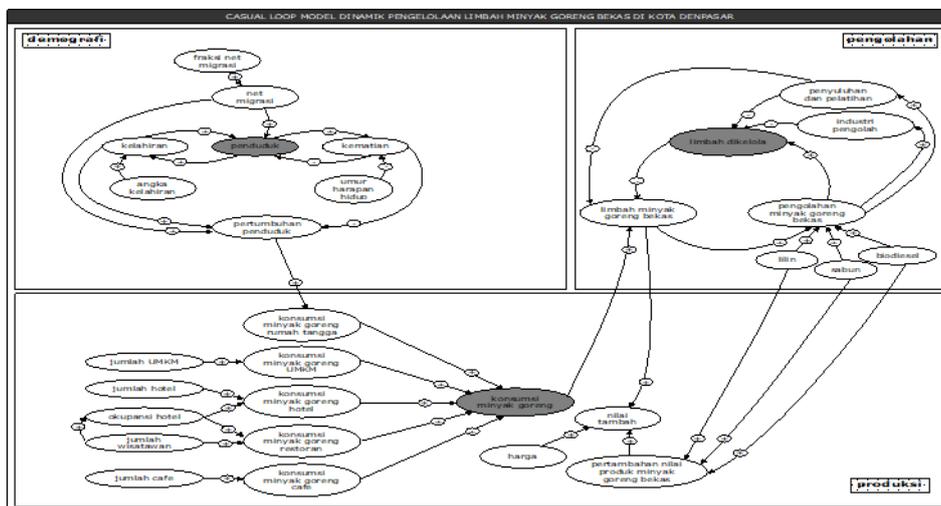


Gambar 2. Distribusi Minyak Goreng Bekas di Kota Denpasar

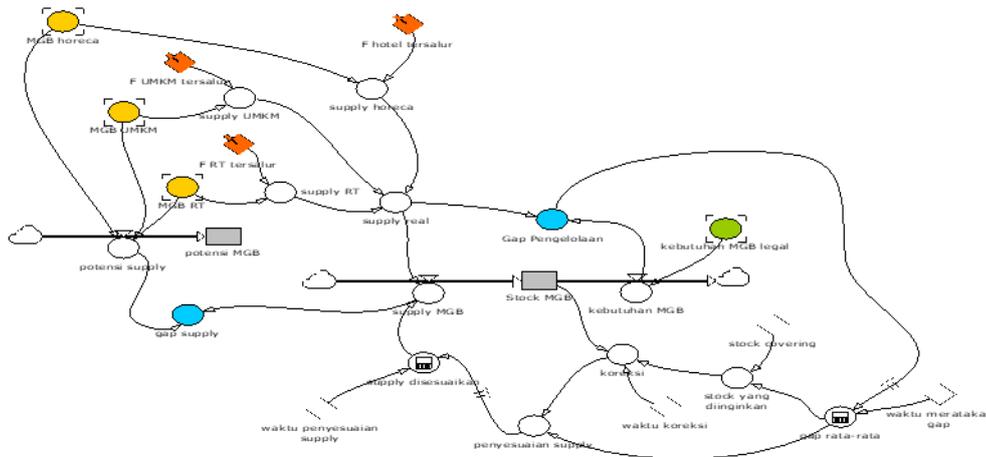
Model Dinamik Pengelolaan Limbah Minyak Goreng Bekas di Kota Denpasar

Pendekatan sistem dinamik dipilih karena mampu mewakili hubungan timbal balik kompleks antara tindakan manusia (ekonomi dan pemerintah) dan lingkungan sosio-fisikbiologis (Neto *et al.*, 2006). Model dinamik pengelolaan limbah minyak goreng bekas dalam penelitian ini dibangun atas dasar adanya relasi yang dibentuk *Causal Loop Diagram* (CLD) yang dilengkapi dengan *feedback loop*. Pembagian sektor model menjadi beberapa submodel dimaksudkan untuk mempermudah pengerjaan, pemahaman perilaku sistem, dan lebih teliti dalam menganalisis serangkaian hubungan kausal dalam konteks tertentu. Untuk mempermudah identifikasi dan pemodelan, disusun sebuah diagram interaksi antar variabel.

CLD model dinamik pengelolaan limbah minyak goreng bekas di Kota Denpasar terbagi menjadi 3 sub model, yaitu: (1) sub model demografi, (2) sub model produksi, dan (3) sub model pengolahan. Formulasi model merupakan penerjemahan sistem ke dalam persamaan *stock and flow* dari model dinamik (Forrester, 1994). Perilaku *stock and flow* pada sistem dinamik dipahami dengan melakukan simulasi. *Causal loop diagram* dan *stock and flow* pengelolaan limbah minyak goreng bekas di Kota Denpasar yang dapat dilihat pada Gambar 3 dan Gambar 4.



Gambar 3. Causal Loop Diagram Model Dinamik Pengelolaan Limbah Minyak Goreng Bekas di Kota Denpasar



Gambar 4. Stock and Flow Diagram Model Dinamik Pengelolaan Limbah Minyak Goreng Bekas di Kota Denpasar

Verifikasi dan Validasi Model

Sebuah model dapat digunakan sebagai alat analisa kebijakan jika model tersebut telah diverifikasi kebenarannya baik secara logika maupun teoritis. Verifikasi dilakukan dengan memeriksa formulasi matematis dan satuan (unit) variabel model. Validasi model dalam penelitian ini dilakukan dengan metode RMSE. Data hasil simulasi dibandingkan dengan kondisi sistem nyata. Hasil uji validasi menunjukkan bahwa nilai RMSE variabel-variabel yang terdapat pada model memiliki RSME < 10,00 persen, yaitu RSME variabel jumlah penduduk sebesar 0,01 persen, RSME variabel mikro sebesar 0,07 persen, RSME variabel usaha kecil sebesar 3,04 persen, RSME variabel usaha menengah sebesar 0,40 persen, dan RSME variabel konsumsi penduduk sebesar 0,11 persen. Model dinamik pengelolaan limbah minyak goreng bekas di Kota Denpasar dinyatakan valid dalam menggambarkan kondisi *existing*.

Skenario Kebijakan dan Hasil Simulasi Model

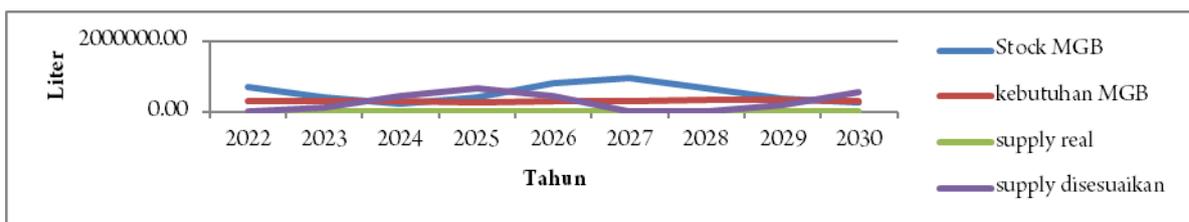
Skenario model disimulasikan dari input terkontrol, yang merupakan faktor pengungkit utama dalam pengelolaan limbah minyak goreng bekas. Faktor yang paling berpengaruh terhadap perilaku model, yaitu: suplai limbah minyak goreng bekas rumah tangga, suplai limbah minyak goreng bekas non rumah tangga dan teknologi pengelolaan limbah. Simulasi sistem dengan skenario kebijakan dan implikasinya terhadap variabel output sistem. Skema skenario kebijakan simulasi dilihat pada Tabel 1.

Tabel 1. Skenario Kebijakan Simulasi Limbah Minyak Goreng Bekas.

No.	Kebijakan	Kondisi di masa mendatang	
		Moderat	Optimis
0.	Kondisi Existing		
1.	Penyuluhan Rumah Tangga	Tahun 2023 1%	Tahun 2026 meningkat 5%
2.	Pelatihan Non Rumah Tangga	Tahun 2023 10%	Tahun 2026 meningkat 25%
3.	Pemanfaatan Teknologi untuk Pengolahan Minyak Goreng Bekas Menjadi Biodiesel	Tahun 2023 dari 84% menjadi 88%	Tahun 2026 peningkatan 90%
4.	Kombinasi Kebijakan 1, 2, dan 3		

Skenario-0 (kondisi *existing*)

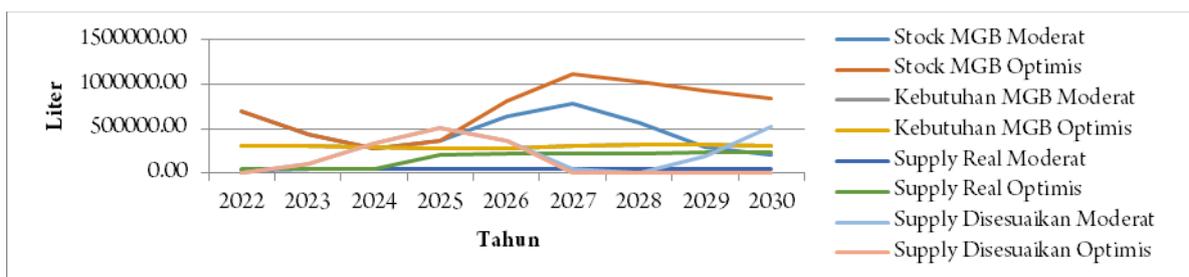
Skenario-0 disimulasikan berdasarkan kondisi yang berjalan seperti sekarang ini. Skenario-0 merupakan skenario untuk memprediksi stok minyak goreng bekas masa mendatang dengan kondisi parameter *existing*. Skenario-0 digunakan sebagai tolak ukur dalam menyusun skenario berikutnya. Pada skenario tersebut dapat dilihat perubahan dari tahun 2010-2030. Pada skenario ini fraksi konsumsi minyak goreng bekas untuk rumah tangga 35,51 liter/tahun/RT (hasil dari wawancara, 2021). Fraksi konsumsi minyak goreng ini dianggap tetap pada periode tahun 2010-2030. Hasil simulasi menunjukkan jumlah penduduk Kota Denpasar pada tahun 2010 sebanyak 793.000 orang meningkat menjadi 1.210.114 orang pada tahun 2030. Dengan bertambahnya jumlah penduduk akan meningkatkan potensi suplai minyak goreng bekas rumah tangga yang awalnya 3.000.59 liter menjadi 4.578.893,24 liter. Potensi suplai masing-masing sumber yakni dari Horeca adalah sebesar 87.570 liter per tahun, UMKM sebesar 148.564 liter pada tahun 2010 meningkat menjadi 251.178 liter pada tahun 2030. Kebutuhan minyak goreng bekas berfluktuasi sebagai akibat sistem yang dibuat menyesuaikan dengan suplai yang telah dikoreksi. Berdasarkan Gambar 5. hasil simulasi skenario-0 pada tahun 2030 menunjukkan stok minyak goreng bekas sebesar 241.317,32 liter tidak dapat memenuhi kebutuhan minyak goreng bekas sebesar 312.108,72 liter maka suplai tambahan lain sebesar 554.639,44 liter.



Gambar 5. Hasil Simulasi Skenario-0 (kondisi existing)

Skenario-1 disusun dalam rangka meningkatkan upaya partisipasi masyarakat untuk mengelola limbah minyak goreng bekas sehingga meningkatkan suplai minyak goreng bekas di Kota Denpasar. Melalui skenario ini diproyeksikan suplai dari rumah tangga dapat meningkat sebesar 1% pada tahun 2023 (tingkat moderat) dan 5% pada tahun 2026 (tingkat optimis).

Hasil simulasi skenario-1 moderat menunjukkan bahwa pada tahun 2030 ketersediaan minyak goreng bekas adalah sebesar 211.165,07 liter. Jumlah tersebut belum dapat memenuhi kebutuhan minyak goreng bekas yakni sebesar 312.108,72 liter, dengan suplai real sebesar 52.679,22 liter, sehingga masih dibutuhkan suplai tambahan lain sebesar 525.355,49 liter. Sedangkan hasil simulasi skenario-1 optimis menunjukkan bahwa pada tahun 2030 ketersediaan minyak goreng bekas adalah sebesar 837.449,15 liter. jumlah tersebut dapat memenuhi kebutuhan minyak goreng bekas yakni sebesar 312.108,71 liter, dengan suplai real sebesar 235.834,94 liter. Hasil simulasi skenario-1 penyuluhan rumah tangga dapat dilihat pada Gambar 6.



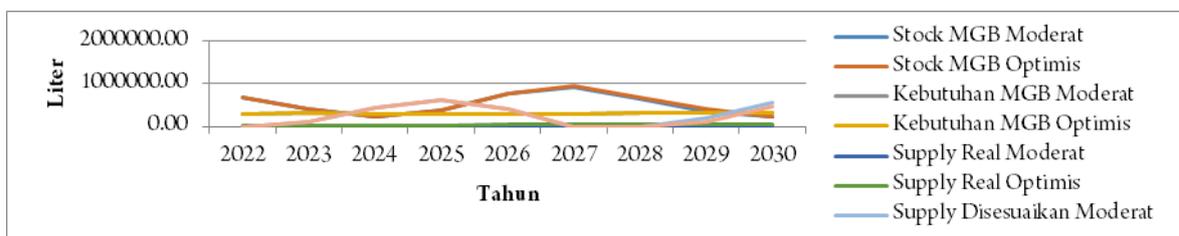
Gambar 6. Hasil Simulasi Skenario-1 (Penyuluhan Rumah Tangga)

Skenario-2 (pelatihan non rumah tangga)

Skenario-2 disusun dalam rangka upaya meningkatkan partisipasi non rumah tangga dengan melakukan pelatihan pada hotel, restoran, dan kafe sehingga dapat membantu meningkatkan suplai minyak goreng bekas di Kota Denpasar. Melalui skenario ini diproyeksikan suplai dari non rumah tangga dapat meningkat sebesar 10% pada tahun 2023 (tingkat moderat) dan 25% pada tahun 2026 (tingkat optimis).

Hasil simulasi skenario-2 moderat menunjukkan bahwa pada tahun 2030 ketersediaan minyak goreng bekas adalah sebesar 236.938,82 liter.

Jumlah tersebut belum dapat memenuhi kebutuhan minyak goreng bekas sebesar 312.108,72 liter, dengan suplai real sebesar 22.716,02 liter, sehingga masih dibutuhkan suplai tambahan lain sebesar 559.017,94 liter. Sedangkan hasil simulasi skenario-2 optimis menunjukkan bahwa pada tahun 2030 ketersediaan minyak goreng bekas adalah sebesar 223.803,32 liter. Jumlah tersebut belum dapat memenuhi kebutuhan minyak goreng bekas sebesar 312.108,72, dengan suplai real sebesar 35.851,52 liter, sehingga masih dibutuhkan suplai tambahan sebesar 467.069,44 liter. Hasil simulasi skenario-2 pelatihan non rumah tangga dapat dilihat pada Gambar 7.

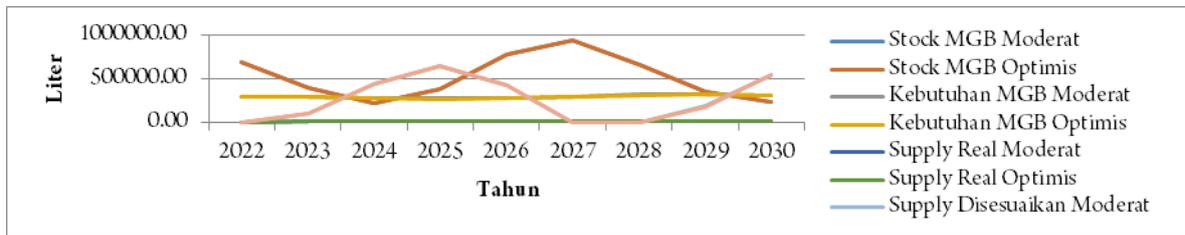


Gambar 7. Hasil Simulasi Skenario-2 (Pelatihan Non Rumah Tangga)

Skenario-3 (Pemanfaatan Teknologi)

Skenario-3 disusun dalam rangka memanfaatkan teknologi untuk melakukan pengolahan minyak goreng bekas menjadi biodiesel. Menurut (Sahar *et al.*, 2018) minyak goreng bekas dapat dikonversi menjadi biodiesel sebagai sumber energi serta pengurangan pencemaran udara. Melalui pemanfaatan teknologi, *yield* biodiesel yang semula diperoleh sebesar 84%, berdasarkan penelitian Saifuddin *et al.*, (2009) dapat ditingkatkan menjadi 88% yang diproyeksikan dapat dicapai pada tahun 2023 (tingkat moderat). *Yield* biodiesel dapat mencapai angka 90% berdasarkan penelitian yang dilakukan oleh Haigh *et al.*, (2012) dan diproyeksikan dapat dicapai pada tahun 2026.

Hasil simulasi skenario-3 moderat menunjukkan bahwa pada tahun 2030 ketersediaan minyak goreng bekas sebesar adalah 241.569,81 liter. Jumlah tersebut belum mampu memenuhi kebutuhan minyak goreng bekas sebesar 310.071,81 liter, dengan suplai real sebesar 18.337,52 liter sehingga masih dibutuhkan suplai tambahan lain sebesar 553.887,45 liter. Sedangkan hasil simulasi skenario-3 optimis menunjukkan bahwa pada tahun 2030 ketersediaan minyak goreng bekas sebesar 241.721,31 liter. Jumlah tersebut belum dapat memenuhi kebutuhan minyak goreng bekas sebesar 308.849,67 liter, sehingga masih dibutuhkan suplai tambahan lain sebesar 546.146,25 liter. Hasil simulasi skenario-3 pemanfaatan teknologi dapat dilihat pada Gambar 8.

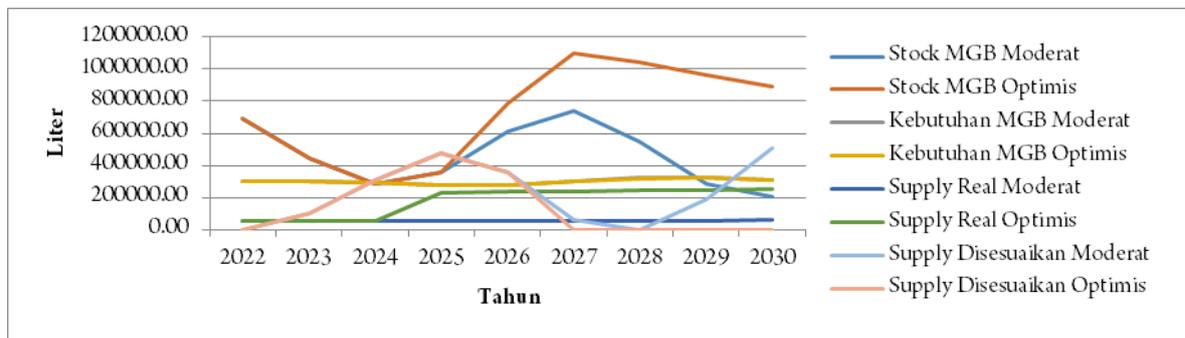


Gambar 8. Hasil Simulasi Skenario-3 (Pemanfaatan Teknologi)

Skenario-4 (Kombinasi Kebijakan 1, 2, dan 3)

Skenario-4 disusun dalam rangka upaya untuk memaksimalkan skenario yang ada dengan melakukan penyuluhan kepada rumah tangga, pelatihan non rumah tangga seperti hotel, restoran, dan kafe, serta pemanfaatan teknologi pengolahan minyak goreng bekas menjadi biodiesel diharapkan dapat memberikan alternatif terbaik. Melalui skenario ini diproyeksikan pada tahun 2023 (tingkat moderat) suplai dari rumah tangga dapat meningkat sebesar 1%, suplai non rumah tangga dapat meningkat sebesar 10% dan pemanfaatan teknologi yang semula *yield* biodiesel diperoleh sebesar 84% dapat ditingkatkan menjadi 88%. Pada tahun 2026 (tingkat optimis) suplai dari rumah tangga akan ditingkatkan menjadi 5%, suplai non rumah tangga meningkat sebesar 25% dan pemanfaatan teknologi dimana *yield* biodiesel dapat mencapai angka 90%.

Hasil simulasi skenario-4 moderat menunjukkan bahwa pada tahun 2030 ketersediaan minyak goreng bekas adalah sebesar 207.039,06 liter. Jumlah tersebut belum mampu memenuhi kebutuhan minyak goreng bekas sebesar 310.071,81 liter, dengan suplai real 57.057,72 liter, sehingga masih dibutuhkan suplai tambahan lain sebesar 253.348,94 liter. Sedangkan hasil simulasi skenario-4 optimis menunjukkan bahwa pada tahun 2030 ketersediaan minyak goreng bekas sebesar 890.629,86 liter. Jumlah tersebut mampu memenuhi kebutuhan minyak goreng bekas sebesar 308.849,67 liter. Hasil simulasi skenario-4 kombinasi kebijakan 1,2, dan 3 dapat dilihat pada Gambar 9.



Gambar 9. Hasil Simulasi Skenario-4 (Kombinasi Kebijakan 1, 2, dan 3)

Alternatif Rekomendasi Kebijakan

Alternatif rekomendasi kebijakan yang dipilih pada model dinamik pengelolaan limbah minyak goreng bekas di Kota Denpasar yaitu skenario yang berjalan sesuai dengan tujuan simulasi. Alternatif rekomendasi kebijakan yang sesuai dengan tujuan simulasi yaitu dengan skenario-4 optimis kombinasi skenario 1, 2, dan 3 dimana alternatif tersebut memaksimalkan potensi suplai dari rumah tangga dan non rumah tangga, dan pemanfaatan teknologi pengolahan minyak goreng bekas. Berdasarkan hasil simulasi skenario-4 optimis, stok minyak goreng bekas tahun 2030 dapat memenuhi kebutuhan minyak goreng bekas. Kombinasi kebijakan yang di rekomendasikan dapat menghasilkan suplai minyak goreng bekas sebesar 229.897,75 liter pada tahun 2025 dan meningkat menjadi 253.348,94 liter pada tahun 2030. Alternatif kebijakan yang diberikan dapat dilakukan sesuai

dengan situasi dan kesiapan pemerintah untuk menyusun teknis pengelolaan limbah minyak goreng bekas.

KESIMPULAN

Kesimpulan

1. Kota Denpasar memiliki potensi limbah minyak goreng bekas sebesar 674.030 liter/bulan dengan suplai terbesar dari rumah tangga. Pengelolaan limbah minyak goreng bekas di Kota Denpasar meliputi kegiatan pengumpulan, pengolahan hingga pemrosesan akhir menjadi produk. Potensi dan kendala yang dimiliki harus dapat dikelola dengan baik berdasarkan peraturan yang jelas, sehingga limbah minyak goreng bekas dapat memberikan nilai tambah tidak hanya dari sisi ekonomi melainkan dari sisi sosial masyarakat serta lingkungan.
2. Model pengelolaan minyak goreng bekas di Kota Denpasar terdiri dari beberapa sub model, yaitu: sub model ekonomi, sub model sosial dan sub model lingkungan. Alternatif skenario yang direkomendasikan adalah yaitu skenario-4 kombinasi kebijakan penyuluhan rumah tangga, pelatihan non rumah tangga serta pemanfaatan teknologi. Alternatif rekomendasi skenario tersebut dapat menghasilkan suplai minyak goreng bekas sebesar 229.897,75 liter pada tahun 2025 dan meningkat menjadi 253.348,94 liter pada tahun 2030. Berdasarkan hasil simulasi, stok minyak goreng bekas pada tahun 2030 sebesar 890.629,86 mampu memenuhi kebutuhan minyak goreng bekas sebesar 308.849,67 liter.

Saran

Perlu dilakukan penelitian lanjutan dikarenakan model yang dibuat masih memiliki keterbatasan, yakni belum mampu menampilkan GAP antara potensi minyak goreng bekas yang ada, minyak goreng bekas yang disalurkan, dan minyak goreng bekas yang telah dikelola dan diolah. Dengan kata lain belum mampu menampilkan perubahan perilaku masyarakat terhadap minyak goreng bekas yang dihasilkan, berapa besar yang sudah tersalurkan dan berapa besar yang masih dibuang ke lingkungan berdasarkan waktu simulasi yang telah ditentukan.

DAFTAR PUSTAKA

- Ardi, R., dan Leisten, R. 2016. Assessing The Role of Informal Sector in WEEE Management Systems: A System Dynamics Approach. *Waste Management*. 57(1): 3-16.
- Arini, W.D. 2013. Pengaruh Kecepatan Sentrifugasi Terhadap Kemurnian Gliserol Sebagai Hasil Samping Pembuatan Biodiesel Dari Minyak Goreng Bekas. Skripsi S1. Tidak Dipublikasikan. Universitas Diponegoro, Semarang.
- Badan Pusat Statistik Provinsi Bali. 2021. Statistik Demografi dan Sosial Ekonomi Rumah Tangga Provinsi Bali.
- Bali Provincial Statistics Agency. 2021. *Statistik-Demografi-Dan-Sosial-Ekonomi-Rumah-Tangga-Provinsi-Bali-2020*. <https://Bali.Bps.Go.Id/Publication/2021/10/29/853aab0f8eb746e60cd3b167/Statistik-Demografi-Dan-Sosial-Ekonomi-Rumah-Tangga-Provinsi-Bali-2020.Html>. Diakses pada tanggal 14 Februari 2022.
- Emelike, N.J.T., Ujong A.E., dan Achinewu S.C. 2020. Knowledge and Practice of Local Fried Food Vendors in D/Line, Port Harcourt, Rivers State Regarding The Quality of Oils Used For Frying. In *Research Journal of Food Science and Quality Control* E-ISSN. 6(1): 32-43.

- EUBIA. 2020. *Used Cooking Oil*. <https://www.eubia.org/cms/wiki-biomass/biomass-resources/challenges-related-to-biomass/used-cooking-oil-recycling/>. Diakses pada tanggal 14 Februari 2022.
- Forrester, J.W. 1999. *System Dynamics: The Foundation Under System Thinking*. Sloan School of Management Massachusetts Institute Of Technology. Cambridge.
- Haigh, K.F., Abidin, S.Z., Saha, B., dan Vladisavljević, G.T. 2012. Pretreatment of Used Cooking Oil For The Preparation of Biodiesel Using Heterogeneous Catalysis. *Progress in Colloid And Polymer Science*. 139(1): 19–22.
- Harmini, R. W. Asmrantaka, dan J. Atmakusuma. 2011. Model Dinamik Sistem Ketersediaan Daging Sapi Nasional. *Jurnal Ekonomi Pembangunan*. 12(1):128-146.
- Indayani, N P., I. K. Satriawan, dan C. A. B. Sadyasmara, 2017. Sistem Dinamik Ketersediaan Buah Pisang di Provinsi Bali. *Jurnal Rekayasa dan Manajemen Agroindustri*. 5(2): 77-87.
- Krisdayanti, N. K. L., I. K. Satriawan, dan I. W. G. S. Yoga., 2017. Sistem Dinamik Ketersediaan Kedelai Dalam Rangka Swasembada Pangan di Provinsi Bali. *Jurnal Rekayasa dan Manajemen Agroindustri*. 5(3):45-56.
- Mahbubi, A. 2013. Model Dinamis Supply Chain Beras Berkelanjutan. *Jurnal Management dan Agribisnis*. 10(1): 81-89.
- Neto, A.D.C.L., Legey, L.F.L., Araya, M.C.G., dan Jablonski, S. 2006. A System Dynamics Model For The Environmental Management of The Sepetiba Bay Watershed, Brazil. *Environmental Manage*. 38(1): 879-888.
- Sahar, S., Iqbal, J., Ullah, I., Bhatti, H.N., Nouren, S., Nisar, J., dan Iqbal, M. 2018. Biodiesel Production From Waste Cooking Oil: An Efficient Technique To Convert Waste Into Biodiesel. *Sustainable Cities And Society*. 41(1): 220-226
- Saifuddin, N., Raziah, A., dan Farah, H. 2009. Production Of Biodiesel From High Acid Value Waste Cooking Oil Using An Optimized Lipase Enzyme/Acid-Catalyzed Hybrid Process. *Journal of Chemistry*. 6(S1): S485–S495.
- Sugihamretha, I.D.G. 2020. Respon Kebijakan: Mitigasi Dampak Wabah COVID-19 Pada Sektor Pariwisata. *Jurnal Perencanaan Pembangunan: The Indonesian Journal of Development Planning*. 4(2): 191-206.
- Yuarini, D. A. A., G. P. G. Putra, A. A. P. A. S. Wiranatha, dan L. P. Wrsiati. 2021. Production and Added Value of Waste Cooking Oil Product Derivatives in The Bali Province. *Advances in Food Science, Sustainable Agriculture and Agroindustrial Engineering*. 4(1): 56–62.