

Pengembangan Model Konseptual Closed-Loop Supply Chain Pada Studi Kasus Toko Sayuran Di Pasar Pagesangan Surabaya

1st Badrut Tamam

Teknik Industri

Universitas Telkom Surabaya

Surabaya, Indonesia

badruttamam@student.telkomuniversity.ac.id

2nd Silvi Istiqomah

Teknik Industri

Universitas Telkom Surabaya

Surabaya, Indonesia

silviistiqomah@telkomuniversity.ac.id

3rd Aufar Fikri Dimiyati

Teknik Industri

Universitas Telkom Surabaya

Surabaya, Indonesia

aufarfd@telkomuniversity.ac.id

Permasalahan limbah sayuran di sektor perdagangan, khususnya pada Toko Sayur XYZ di Pasar Pagesangan Surabaya, menjadi permasalahan penting karena setiap harinya toko Sayuran XYZ ini menghasilkan sisa sayuran sebanyak 8–10 kg yang berpotensi mengalami penumpukan sampah apabila tidak dikelola dengan baik. Penelitian ini bertujuan untuk mengembangkan model Conceptual Closed-Loop Supply Chain (CLSC) sebagai solusi pengelolaan sisa sayuran agar bernilai ekonomi baru dan ramah lingkungan. Metode penelitian yang digunakan adalah kualitatif dengan pendekatan comparative study, melalui studi literatur, observasi lapangan, serta wawancara dengan pemilik toko. Data yang diperoleh dianalisis menggunakan diagram SIPOC, flow diagram, dan pemodelan konseptual CLSC untuk memetakan aliran bahan dari pasokan, pengolahan, hingga distribusi produk olahan. Hasil penelitian menunjukkan bahwa penerapan model CLSC mampu mengintegrasikan sistem pengelolaan limbah sayuran menjadi produk bernilai seperti pupuk organik, pakan ternak, biogas, dan probiotik. Implementasi model ini tidak hanya mengurangi volume limbah yang dibuang ke TPA, tetapi juga membuka peluang ekonomi baru bagi pelaku usaha lokal. Kesimpulannya, Conceptual CLSC dapat menjadi model efektif dalam mendukung ekonomi sirkular dan keberlanjutan lingkungan di sektor perdagangan sayuran tradisional.

Kata kunci— *Closed-Loop Supply Chain*, keberlanjutan lingkungan, limbah sayuran, pengolahan limbah organik.

I. PENDAHULUAN

Sampah makanan adalah limbah yang berasal dari sisa makanan yang tidak dimakan, baik dalam bentuk bahan mentah, sudah diolah, atau sisa piring. Masalah ini terjadi di berbagai tahap rantai pasokan pangan, mulai dari produksi, distribusi, hingga konsumsi. Sampah makanan telah menjadi salah satu tantangan utama selama satu dekade terakhir, limbah organik dapat menghasilkan dampak yang parah terhadap lingkungan dan kesehatan manusia [1]. Dampaknya sangat signifikan, termasuk pemborosan sumber daya seperti air, energi, dan tanah, serta perubahan iklim melalui emisi gas metana dari sampah organik yang membusuk di tempat pembuangan akhir. Mikroorganisme patogen dan lindi beracun mencapai tanah pertanian dan sumber air, menghasilkan gas rumah kaca dan menyebabkan sejumlah

masalah kesehatan jangka panjang yang berdampak negatif [2].

Mengelola sampah makanan membutuhkan pendekatan yang menyeluruh, seperti pengurangan limbah pada sumbernya, donasi makanan layak konsumsi, dan pengolahan limbah organik menjadi kompos atau energi terbarukan. Berdasarkan data yang dihimpun oleh [3], Dinas Lingkungan Hidup (DLH) Kota Surabaya membeberkan data komposisi sampah domestik maupun non domestik di Surabaya pada tahun 2021 sebesar 578.169 ton per tahun atau 1.585 ton per hari. Dari jumlah sampah ini sebanyak 314.003,58 ton 54,31% adalah sampah organik, sementara 264.168,42 ton 45,69% adalah sampah anorganik yang terdiri dari 109.852,11 ton sampah plastik; dan 154.316,31 ton sampah anorganik lainnya.

Seperti pada toko sayuran XYZ di Pasar Pagesangan Surabaya ini menghasilkan potensi limbah organik pada sektor perdagangan yang dimana setiap harinya, toko sayuran XYZ ini menghasilkan 8-10 kg bahkan sampai lebih, sisa sayuran seperti brokoli, kol, sawi, bayam, wortel, kentang, timun, terong, tomat, dan berbagai sayuran sisa lainnya. Sisa sayuran ini sering kali berakhir sebagai sampah yang menumpuk dan terbuang sia-sia tanpa diolah lebih lanjut, sisa sayuran ini memiliki peluang besar jika diolah kembali atau diubah menjadi produk bernilai seperti, sisa sayuran ini dapat diolah menjadi pakan ternak hewan yang bergizi, probiotik untuk pertanian, pupuk organik penyubur tanaman, biogas sebagai sumber energi alternatif, keripik sayur sebagai camilan sehat, atau bahkan sayuran kemasan yang siap masak dan praktis [4].

Penelitian ini memberi gambaran mengenai pengembangan model konseptual *Closed-Loop Supply Chain*. Model ini bertujuan untuk meminimalkan pembuangan sampah dan memaksimalkan pemanfaatan sumber daya melalui daur ulang dan pemrosesan ulang [5]. Untuk merancang solusi yang tepat, penelitian ini akan menggunakan metode *Comparative Study*, yang akan membandingkan praktik terbaik dan tepat dalam pengelolaan sampah organik serta implementasi *Closed Loop Supply Chain* pada lapangan [6]. Analisis *Comparative Study* ini akan membantu untuk mengidentifikasi strategi yang sesuai dan tepat untuk diterapkan pada studi kasus toko sayuran XYZ.

Sebagai langkah awal dalam implementasi model, penelitian ini akan mengembangkan diagram (SIPOC) *Supplier, Input, Process, Output, Customer*, untuk memetakan alur proses yang terlibat dalam *Closed Loop Supply Chain*. Diagram ini akan mengidentifikasi pemasok sisa sayuran, *input* yang dibutuhkan, proses pengolahan, *output* yang dihasilkan, dan pelanggan yang akan menerima produk [7]. Selanjutnya, diagram SIPOC akan dikembangkan menjadi *flow diagram* yang lebih rinci, untuk menggambarkan setiap tahapan dalam model *Closed Loop Supply Chain*.

Harapan pada penelitian ini, dapat memberikan manfaat bagi berbagai pihak pengolahan sisa sayuran dan bagi toko sayuran XYZ, dengan model konseptual *Closed Loop Supply Chain*, dapat mengurangi volume sampah organik serta menciptakan sumber pendapatan baru. Penelitian ini dapat berkontribusi pada sistem rantai pasok yang mengembalikan produk bekas ke siklus produksi melalui daur ulang, serta menggunakan kembali. Supaya dapat meminimalkan dampak lingkungan dan meningkatkan efisiensi ekonomi [8]. Hal ini dilakukan untuk mendukung *Sustainable Development Goals (SDGs)*, khususnya SDGs poin 12 tentang *Responsible Consumption And Production*.

II. KAJIAN TEORI

Kajian teori merupakan kumpulan teori-teori yang berkaitan dengan objek penelitian dan metode penelitian yang digunakan sebagai fokus penelitian. Metode penelitian yang digunakan meliputi model *Conceptual Closed-Loop Supply Chain*.

A. Food Waste

Food waste atau sampah makanan merupakan pemborosan makanan mengacu pada makanan yang dibuang meskipun masih layak untuk dikonsumsi. Sampah makanan terjadi di seluruh rantai pasokan, dari tahap produksi hingga konsumen akhir. Dalam konteks bisnis makanan seperti restoran, toko bahan makanan, dan rumah tangga, pemborosan ini dapat terjadi karena berbagai alasan, termasuk pembelian berlebih, pengelolaan stok yang buruk, serta tanggal kedaluwarsa [9]. *Food waste* dapat menyebabkan masalah global yang signifikan yang memengaruhi lingkungan, ekonomi, dan masyarakat. Sampah makanan mengacu pada pembuangan atau hilangnya makanan yang masih aman untuk dimakan, sering kali karena produksi berlebih, penyimpanan yang tidak tepat, atau perilaku konsumen [10].

B. Sayuran dan Buah

Sayuran adalah bagian tanaman yang dapat dimakan, meliputi akar, batang, daun, bunga, atau umbi, yang biasanya tidak berkembang dari bunga tanaman. Dalam klasifikasi botani, sayuran berbeda dari buah karena tidak mengandung biji dan tidak berkembang dari ovarium bunga. Contohnya, wortel termasuk dalam sayuran akar, kentang dalam sayuran umbi, bayam dalam sayuran daun, brokoli dalam sayuran bunga, dan seledri dalam sayuran batang. Setiap jenis sayuran ini memiliki kandungan nutrisi yang berbeda, seperti serat, vitamin, mineral, dan antioksidan, yang menjadikannya penting untuk kesehatan tubuh [11].

Buah-buahan adalah bagian tanaman yang berkembang dari bunga dan berfungsi sebagai tempat penyimpanan biji untuk reproduksi tanaman. Secara botani, buah terbentuk dari ovarium bunga setelah proses penyerbukan dan pembuahan.

Buah memiliki beragam bentuk, ukuran, warna, dan tekstur, serta biasanya dibagi menjadi dua jenis utama: buah berdaging dan buah kering. Buah berdaging, seperti mangga, apel, dan semangka, memiliki lapisan daging buah yang lunak dan kaya air, sedangkan buah kering, seperti kacang-kacangan dan biji-bijian, cenderung memiliki lapisan yang keras dan tidak berdaging. Selain itu, buah-buahan dapat dikategorikan berdasarkan cara mereka berkembang, misalnya buah tunggal berasal dari satu ovarium bunga, seperti mangga, buah majemuk berasal dari banyak bunga, seperti nanas, atau buah agregat berasal dari satu bunga dengan banyak ovarium, seperti stroberi [12].

C. Closed-Loop Supply Chain

Closed-Loop Supply Chain merupakan pendekatan strategis dalam manajemen rantai pasok yang memperhitungkan siklus hidup produk secara menyeluruh, termasuk proses daur ulang dan penggunaan kembali produk. Konsep *Closed-Loop Supply Chain* mencakup pengelolaan aliran material, informasi, dan keuangan dari tahap penggunaan kembali produk dengan tujuan untuk mengoptimalkan efisiensi, keberlanjutan, dan keuntungan. *Closed-Loop Supply Chain* memerlukan kolaborasi dari berbagai pihak, termasuk produsen, distributor, dan konsumen untuk menciptakan siklus hidup produk yang lebih berkelanjutan [13].

Selain itu, *Closed-Loop Supply Chain* mengintegrasikan keberlanjutan dan efisiensi dengan merancang sistem yang memungkinkan pengembalian produk yang tidak dipakai atau bekas ke dalam rantai pasok untuk digunakan kembali atau didaur ulang. Hal tersebut tidak hanya mengurangi dampak lingkungan, tetapi juga membuka peluang baru untuk efisiensi operasional dan nilai ekonomi. Prinsip-prinsip utama dalam *Closed-Loop Supply Chain* yaitu *recycling*, *reuse*, dan *waste*, yang semuanya bertujuan mengurangi limbah dan mendukung keberlanjutan. *recycling* pada sampah makanan dan sayuran sering melibatkan proses pengolahan ulang menjadi produk baru yang bermanfaat. *Reuse* melibatkan pengolahan sisa sampah makanan dan sayuran menjadi produk baru yang bermanfaat serta dapat memberi nilai tambah yang lebih tinggi. *Waste* pada sampah makanan dan sayuran berfokus pada pengurangan, pemanfaatan, dan pengelolaan limbah secara efektif. Tujuan utamanya adalah mengurangi jumlah limbah yang dibuang ke tempat pembuangan akhir (TPA) dengan menciptakan solusi yang lebih ramah lingkungan, pemahaman yang mendalam mengenai siklus hidup [14].

D. Keadaan Ekonomi pada Olahan Sisa Sayuran

Keadaan ekonomi pada pengolahan sisa sayuran di toko sayuran XYZ menunjukkan adanya potensi peningkatan nilai tambah melalui pemanfaatan limbah organik yang sebelumnya dianggap tidak bernilai. Dengan mengolah sisa sayuran menjadi produk bernilai jual seperti pupuk organik, pakan ternak, atau sayur *pack*, toko dapat mengurangi sampah atau limbah dan menciptakan sumber pendapatan tambahan. Proses ini tidak hanya memberikan keuntungan bagi pemilik toko, tetapi juga membuka peluang kerja bagi masyarakat sekitar melalui keterlibatan dalam kegiatan pengumpulan, pemilahan, dan pengolahan bahan sisa.

TABEL 1
(HARGA BARANG DAN BAHAN)

No	Barang & bahan	Metode Pengolahan	Harga/1kg	Nilai/Value	Harga Jual
1	Sayuran	Pemilahan & pengepakan	Rp. 5000	Sayur segar	Rp. 10.000
2	Pupuk	Pengomposan	Rp. 2000	Pupuk organik	Rp. 4000
3	Pakan ternak	Fermentasi sederhana	Rp. 4000	Pakan ternak alami	Rp. 8000
4	Makanan ringan	Diolah atau dimasak	Rp. 10.000	Keripik atau camilan	Rp. 20.000
5	Biogas	Proses biogas	Rp. 5000	Gas energi	Rp. 10.000
6	Probiotik	Fermentasi limbah sayuran	Rp. 15.000	Larutan probiotik	Rp. 30.000

Tabel 1 menjelaskan berbagai produk yang diolah untuk meningkatkan nilai tambahnya. Sayuran segar diolah melalui pemilahan dan pengepakan, pupuk melalui pengomposan, dan pakan ternak melalui fermentasi sederhana, masing-masing menghasilkan nilai jual yang lebih tinggi dari harga bahan bakunya. Makanan ringan diolah menjadi camilan, biogas diproses menjadi gas energi, dan limbah sayuran difermentasi menjadi larutan probiotik, semuanya memberikan keuntungan ekonomi sekaligus manfaat tambahan sesuai dengan kebutuhan pasar.

E. Comparative Study

Comparative study adalah metode penelitian yang digunakan untuk membandingkan dua atau lebih objek, variabel, atau kelompok guna menganalisis perbedaan dan persamaan di antara pengolahan sisa sayuran. Tujuannya adalah untuk memahami bagaimana faktor-faktor tertentu mempengaruhi hasil atau kondisi yang berbeda, atau untuk mengidentifikasi tren dan pola dalam data [15]. Metode ini sering digunakan dalam berbagai bidang, seperti pendidikan, sosial, ekonomi, dan ilmu politik, dengan cara membandingkan kelompok yang berbeda berdasarkan karakteristik atau kondisi tertentu untuk menarik kesimpulan atau memberikan rekomendasi berdasarkan temuan perbandingan tersebut. Dalam penelitian tentang sampah sisa sayuran, metode *comparative study* dapat digunakan untuk membandingkan biaya pengolahan sisa sayuran dan proses pengolahan sisa sayuran. Dengan membandingkan perbedaan antara biaya proses pengolahan serta proses pengolahan yang bersumber dari sampah sisa sayuran atau bahan olahan yang lebih alami, peneliti dapat menganalisis pola pemborosan, faktor penyebab, dan tingkat pengolahan atau sisa sayuran. Hasil perbandingan ini bisa memberikan wawasan yang lebih dalam tentang kebiasaan konsumsi dan pengelolaan sampah sisa sayuran di masyarakat, serta membuka peluang untuk mengembangkan solusi yang lebih efektif dalam mengurangi sampah sisa sayuran.

F. Conceptual Framework Modelling Closed-Loop Supply Chain

Conceptual Framework Modelling Closed Loop Supply Chain (CLSC) merupakan pendekatan yang merancang dan menganalisis aliran material serta informasi dalam rantai pasok yang tertutup. Dalam konteks pengolahan sisa sayuran dan makanan menjadi produk bernilai tambah seperti biogas,

probiotik, pupuk organik cair, sayur kemasan, pakan ternak, dan makanan ringan, kerangka ini sangat relevan. *Conceptual Framework Modelling* adalah metode pemodelan deskriptif yang digunakan untuk menyusun kerangka kerja konseptual dari suatu sistem atau fenomena, berdasarkan teori, hasil studi terdahulu, dan data empiris. Model ini tidak berbentuk rumus atau simulasi, melainkan berupa struktur blok yang menggambarkan hubungan antar elemen. *Closed Loop Supply Chain* mengintegrasikan aliran maju produksi hingga konsumen dan aliran balik pengembalian limbah untuk diolah kembali, sejalan dengan prinsip ekonomi sirkular yang menekankan pada pengurangan limbah dan pemanfaatan sumber daya secara efisien [16].

G. Diagram SIPOC

Diagram SIPOC, merupakan singkatan dari *Suppliers, Inputs, Processes, Outputs*, dan *Customers*, adalah alat analisis pemetaan proses yang menggambarkan alur kerja dari pemasok hingga pelanggan, serta menunjukkan hubungan antar langkah proses, diagram ini digunakan untuk memahami keseluruhan alur produksi [17]. Dalam konteks pengolahan sisa sayuran menjadi produk bernilai seperti pupuk organik cair atau kompos [18]. Pemasok mencakup pasar tradisional atau petani yang menyediakan limbah organik segar seperti kulit sayur, daun sisa, dan potongan buah. Inputnya meliputi bahan baku tersebut beserta udara, aktivator mikroba, dan alat pengolah seperti pisau pencacah serta wadah fermentasi. Prosesnya terdiri dari tahapan pembersihan, pencacahan, fermentasi selama 14 hari atau lebih, dan pengeringan untuk menghasilkan produk akhir yang stabil. Outputnya berupa pupuk organik bernilai ekonomi tinggi yang kaya nutrisi, siap dipasarkan sebagai pupuk cair atau padat. Pengguna utama adalah petani, pengusaha pertanian, atau komunitas lokal yang memanfaatkannya untuk meningkatkan kesuburan tanah.

III. METODE

Penelitian ini menggunakan pendekatan kualitatif dengan studi kasus pada pengolahan sisa sayuran pada Toko Sayuran XYZ di Pasar Pagesangan.

A. Pengumpulan Data

Pengumpulan data dilakukan melalui dua jenis sumber, yaitu data primer dan data sekunder. Data primer diperoleh melalui wawancara, observasi, sedangkan data sekunder diperoleh dari penelitian terdahulu, dan referensi terkait pengolahan sisa sayuran.

B. Sumber dan Teknik Pengumpulan Data

Data penelitian terdiri dari:

1. Data Primer

Data primer didapatkan dari hasil wawancara pada pemilik Toko Sayuran dengan memberikan beberapa pertanyaan mengenai sisa sayuran, kualitas sayuran, berapa lama sayuran tersebut bertahan lama, sayur apa saja yang sering tersisa, dan bagaimana pengolahan terhadap sisa sayuran serta sayuran yang sudah busuk dan observasi langsung terhadap alur rantai pasok sayuran.

2. Data Sekunder

Data sekunder seperti informasi terkait statistik pasar dan laporan penelitian sebelumnya. Data ini mencakup volume pasokan sayuran, jumlah limbah yang dihasilkan, dan keberagaman jenis sayuran yang

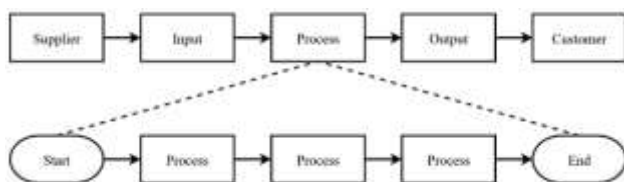
diperdagangkan. Data yang terkumpul akan digunakan untuk membangun model konseptual *Closed-Loop Supply Chain* yang dapat diterapkan di pasar. Serta data seperti dari *website*, jurnal artikel ilmiah, skripsi, penelitian terdahulu yang berkaitan dengan pengolahan sampah.

C. Tahap Pengolahan Data

Tahap ini dilakukan setelah seluruh data dikumpulkan. Pada penelitian ini menggunakan metodologi *Comparative Study* serta dengan menggunakan beberapa tools seperti diagram (SIPOC), *flow diagram*. dan pembuatan model *Conceptual Closed Loop Supply Chain*. Adapun tahapan dan penjelasan terkait beberapa tools dan model sebagai berikut:

1. Identifikasi SIPOC

Pada tahap ini dilakukan penyusunan diagram SIPOC (*Supplier-Input-Process-Output-Customer*) untuk memetakan proses bisnis yang berjalan di toko sayuran, serta SIPOC *Closed Loop Supply Chain*. Diagram SIPOC membantu memahami hubungan antara pemasok, *input* operasional, tahapan proses kerja, *output* yang dihasilkan, serta pihak yang menerima manfaat. Identifikasi SIPOC menjadi dasar penting sebelum menyusun alur proses secara lebih rinci seperti pada contoh gambar 1 Diagram SIPOC.



GAMBAR 1
(DIAGRAM SIPOC)

2. Flow Diagram Mapping

Tahap ini bertujuan menggambarkan alur kegiatan operasional toko sayuran secara visual dan sistematis. Flow diagram menunjukkan urutan aktivitas mulai dari penerimaan sayuran, penyortiran, penjualan, hingga terbentuknya sisa sayuran. Diagram ini menjadi alat verifikasi untuk memastikan bahwa alur kerja telah sesuai dengan kondisi lapangan. Jika pada tahap ini ditemukan ketidaksesuaian, maka dilakukan perbaikan sebelum masuk ke tahap berikutnya.

3. Pembuatan Model *Conceptual Closed Loop Supply Chain*

Pada tahap pembuatan Model *Conceptual Closed Loop Supply Chain* (CLSC) pengolahan sisa sayuran adalah kerangka konseptual yang menggambarkan sistem rantai pasok tertutup yang mengintegrasikan aliran maju dan aliran balik dalam pengelolaan sisa sayuran untuk menghasilkan produk bernilai tambah, yang bertujuan untuk meningkatkan efisiensi rantai pasok dan mengurangi dampak lingkungan. serta model yang digunakan pada penelitian ini yaitu, *Conceptual Framework Modelling* adalah metode pemodelan deskriptif yang digunakan untuk menyusun kerangka kerja konseptual dari suatu sistem atau fenomena, berdasarkan teori, hasil studi terdahulu, dan data empiris. Model ini tidak berbentuk rumus atau simulasi, melainkan berupa struktur blok yang menggambarkan hubungan antar elemen.

IV. HASIL DAN PEMBAHASAN

Bagian hasil dan pembahasan berisi tentang hasil pengolahan data yang dikumpulkan dan diolah oleh penulis dengan menggambarkan alur diagram SIPOC proses bisnis toko sayur XYZ dan alur diagram SIPOC CLSC serta membuat konseptual model *closed loop supply chain*.

A. Kondisi Sistem Pada Toko Sayuran di Pasar Pagesangan

Dimana kondisi sistem pada Toko sayuran di Pasar Pagesangan ini selalu mengalami sisa sayuran dimana pada saat belanja sayuran awal dari berbagai macam jenis sayuran brokoli 10 kg, kol 25 kg, sawi 10 ikat, bayam 5 ikat, wortel 15 kg, kentang 60 kg, timun 80 kg, terong 10 kg, tomat 50. Dari belanja awal hingga sayuran terjual, ada juga sayur yang tersisa kisaran 8-10 kg per harinya dari beberapa jenis sayuran contohnya sayuran yang sering sisa brokoli, kol, sawi, bayam, wortel, kentang, timun, terong, tomat. Sisa sayur tersebut selain dibuang dan menjadi sampah, sisa sayuran tersebut dapat dimanfaatkan kembali untuk diolah menjadi produk atau bahan yang bernilai tinggi. Seperti pada tabel 2 di bawah ini akan menjelaskan bahwa dari jenis-jenis sisa sayuran dan kondisi sayuran tersebut dapat dimanfaatkan kembali atau diolah menjadi bahan atau produk yang bernilai.

TABEL 2
(KONDISI SISTEM PADA TOKO SAYURAN XYZ)

Jenis sayuran	Kondisi sayuran	Keterangan
Sayur Segar	Sisa sayuran kondisi segar memiliki tekstur keras atau padat, warna cerah, dan aroma masih segar.	Sisa sayuran kondisi segar menjadi sayuran pilihan bagi pelanggan untuk diolah menjadi makanan olahan seperti keripik sayuran.
	Sisa sayuran kondisi segar memiliki tekstur keras atau padat, warna cerah, dan aroma masih segar.	Sisa sayuran kondisi segar dapat diolah menjadi sayur <i>pack</i> agar sisa sayuran yang tidak laku atau sayuran yang masih layak jual dan konsumsi namun membutuhkan sedikit perawatan dengan disortir kembali agar dapat terjual kembali dengan cara dijadikan seperti sayur <i>pack</i> .
Sayur Layu	Sisa sayuran kondisi layu memiliki tekstur mulai melunak, warna berubah menjadi kuning pada beberapa sisi bagian sayuran.	Sayuran dalam kondisi layu dapat diolah menjadi probiotik serta terdapat penambahan bahan baku seperti air, starter tambahan, dan alat-alat untuk mendukung proses pembuatan probiotik.
	Sisa sayuran kondisi layu memiliki tekstur mulai melunak, warna berubah menjadi kuning pada beberapa sisi bagian sayuran.	Sisa sayuran kondisi layu dapat diolah menjadi pupuk organik serta terdapat penambahan bahan baku seperti kotoran hewan dan starter lainnya untuk mendukung proses pembuatan pupuk organik.
	Sisa sayuran kondisi layu memiliki tekstur mulai melunak, warna berubah menjadi kuning pada beberapa sisi bagian sayuran.	Sisa sayuran kondisi layu dapat diolah menjadi pakan ternak serta terdapat penambahan bahan baku seperti air, bubuk dedak, dan starter lainnya.
Sayuran Busuk	Sisa sayuran kondisi busuk memiliki tekstur lunak,	Sisa sayuran kondisi busuk dapat diolah menjadi biogas serta terdapat penambahan bahan

Jenis sayuran	Kondisi sayuran	Keterangan
	berarir, muncul aroma busuk, adanya pertumbuhan jamur pembusukan, dan perubahan warna pada kulit.	baku seperti air, starter tambahan, dan alat-alat untuk mendukung proses pembuatan biogas.

Pada tabel 2 diatas menjelaskan bahwa sisa sayuran dari kondisi busuk hingga baik atau segar dengan ciri-ciri sayur bagus atau segar, sayuran sedang atau layu, dan sayuran yang sudah membusuk. Dapat diolah menjadi produk atau bahan yang lebih bermanfaat dan bernilai seperti yang dibahas pada tabel IV.1.

B. SIPOC Proses Bisnis Toko Sayuran XYZ

Pada gambar 2 menggambarkan proses bisnis Toko Sayuran XYZ secara menyeluruh bagaimana proses bisnis Toko Sayuran XYZ mengelola rantai pasok sayur segar dari supplier hingga penjualan ke pelanggan customer.



GAMBAR 2

(DIAGRAM SIPOC PROSES BISNIS TOKO SAYURAN XYZ)

1. Supplier

Dalam proses ini *supplier* merupakan pihak yang berperan penting dalam menyediakan bahan baku utama yang dibutuhkan oleh Toko Sayuran XYZ, yaitu sayuran segar. Dalam hal ini, pemasok *Supplier* sayur segar atau distributor yang menjual berbagai jenis sayur dari pasar induk atau pasar daerah lainnya untuk memenuhi kebutuhan stok harian.

2. Input

Pada proses ini, *input* merupakan segala bentuk sumber daya yang dibutuhkan untuk melaksanakan proses bisnis. Dalam hal ini, *input* utama yang digunakan oleh Toko Sayuran XYZ adalah sayuran segar yang berasal dari pemasok sayuran yang menjadi bahan utama.

3. Process

Pada *process* ini, adalah inti dari kegiatan operasional toko, dimana seluruh aktivitas utama berlangsung untuk mengubah *input* menjadi *output* yang bernilai bagi pelanggan. Pada Toko Sayuran XYZ, proses bisnis dijalankan melalui beberapa tahapan utama yang pertama yaitu penerimaan pesanan sayuran dari pelanggan, yang kedua pemilihan sayuran yang dibutuhkan oleh pelanggan, ketiga penimbangan sayuran, yang keempat pengemasan sayuran, dan tahap yang terakhir yaitu pembayaran.

4. Output

Output dari proses ini adalah hasil akhir yang dihasilkan dari seluruh rangkaian proses bisnis. Pada Toko Sayuran XYZ, terdapat dua jenis *output*, yaitu sayuran terjual, seperti produk sayuran yang dibeli oleh pelanggan. Dan juga terdapat sisa sayuran,

yaitu sayuran yang tidak terjual atau mengalami kerusakan ringan.

5. Customer

Customer atau pelanggan merupakan pihak penerima produk sayuran atau layanan dari toko. Dalam bisnis Toko Sayuran XYZ, pelanggan terbagi menjadi dua kelompok yang pertama Pelanggan toko, yaitu konsumen individu atau rumah tangga yang membeli sayuran dalam jumlah kecil untuk kebutuhan masak sehari-hari. Dan yang kedua pelanggan bisnis, yaitu seperti pihak yang membeli dalam jumlah besar, seperti katering, restoran, dan warung makan.

C. SIPOC Closed Loop Supply Chain

Pada gambar 3 menggambarkan proses pengolahan sisa sayuran yang disusun berdasarkan prinsip *Closed Loop Supply Chain*. Diagram ini menjelaskan alur kegiatan mulai dari pengumpulan sisa sayuran, pemilahan berdasarkan kondisi fisik, hingga pengolahan menjadi berbagai produk bernilai.



GAMBAR 3

(DIAGRAM SIPOC CLOSED LOOP SUPPLY CHAIN)

Diagram SIPOC diatas menggambarkan rantai proses mulai dari pemasok hingga pelanggan dalam skema SIPOC (*Supplier-Input-Process-Output-Customer*) untuk pengolahan sisa sayuran. Pemasok *Supplier* adalah toko sayuran XYZ yang menyediakan sisa sayuran sebagai bahan baku, kemudian input-nya adalah sisa sayuran. Tahap proses (*Process*) terdiri dari beberapa langkah pengumpulan sisa sayuran yaitu, pemilahan berdasarkan sisa sayuran kondisi busuk, sisa sayuran kondisi layu, sisa sayuran kondisi segar [6]. Kategori sisa sayuran kondisi busuk diolah melalui pemotongan, pencampuran ke digester, dan fermentasi anaerob untuk menghasilkan biogas [19]. Kategori sisa sayuran kondisi layu diolah menjadi probiotik, pupuk organik, dan pakan ternak melalui fermentasi [20] [21]. Kategori bagus atau segar diolah menjadi keripik sayur atau sayur pack melalui pencucian, pengirisan, oven, pengemasan [22]. Setelah itu produk dikemas Pengemasan produk dan kemudian didistribusikan kepada pelanggan Distribusi ke pelanggan sampai selesai. *Output* nya berupa produk yang dihasilkan seperti biogas,

pakan ternak, probiotik, pupuk organik, keripik sayur, sayur *pack*. Sedangkan pelanggan Customer mencakup kelompok seperti tempat makan sekitar dan UMKM, peternak hewan, petani lokal, serta konsumen rumah tangga.

Proses pengolahan kategori busuk membawa aspek energi terbaru biogas, sedangkan kategori layu menyediakan solusi bagi pakan ternak, probiotik, dan pupuk sehingga menghubungkan sektor pertanian dan peternakan [23]. Kategori bagus atau segar menghasilkan produk konsumen siap-pakai seperti keripik dan sayur *pack*, yang membuka peluang bisnis dan pemasaran. Pengemasan dan distribusi menjadi tahap penting untuk menjangkau pelanggan dan mewujudkan nilai tambah dari produk olahan tersebut [24].

D. Pengolahan Sisa Sayuran

Pentingnya dalam memahami bahwa proses pengolahan sisa sayuran dilakukan untuk mengurangi limbah sekaligus memberikan nilai tambah [25]. Proses ini biasanya dimulai dengan memilah sisa sayuran berdasarkan kondisi dan jenisnya, seperti sisa sayuran busuk, layu, atau masih segar. Setelah dipilah, sisa sayuran tersebut kemudian diolah menjadi berbagai produk berguna, tergantung pada kualitas bahan yang tersedia, serta dalam Proses pengolahan ini terdapat beberapa Stakeholder seperti yang di jelaskan pada tabel 3.

TABEL 3
(DAFTAR STAKEHOLDER)

No.	Profil Singkat Stakeholder
1.	Pekerja pada tempat pembuangan sampah (TPA) yang berusia 58 tahun, yang berpengalaman pernah mengikuti kegiatan pengolahan sampah menjadi energi seperti biogas yang memanfaatkan limbah organik dari pasar dan limbah rumah tangga pada sampah yang membusuk sebagai bahan baku utama.
2.	Penjual tanaman, pupuk tanaman dan ciran probiotik yang berusia 37, yang berpengalaman sering membuat pupuk organik dan probiotik dari daun-daun tanaman dan sisa sayuran serta buah yang diambil dari bank sampah.
3.	Pemilik toko sayur XYZ pada pasar pagesangan yang berusia 51 yang mengalami sisa sayuran yang memiliki kondisi segar untuk disortir dan dibersihkan lagi untuk dijual sayur <i>pack</i> .
4.	Peternak kambing yang berusia 60 tahun, yang sering pembuat pakan ternak dari sayur dan buah dari pasar tradisional lalu dicampur dengan bubuk dedak dan bahan tambahan lainnya untuk disajikan ke hewan ternak.
5.	Penjual keripik yang berusia 42 tahun, yang berpengalaman membuat atau memproduksi makanan olahan seperti keripik sayur dan buah.

Pengumpulan data dengan mengimplementasikan serangkaian metode pengumpulan informasi langsung (data primer) dan informasi yang sudah ada sebelumnya (data sekunder). Pengumpulan data langsung dilakukan peneliti dengan melakukan wawancara kepada lima orang pemangku kepentingan. Pemangku kepentingan tersebut dipilih untuk mewakili seluruh pemangku kepentingan yang terlibat dalam penelitian ini. Kelima pemangku kepentingan tersebut akan mewakili dari pemasok hingga proses akhir dari pengelolaan sisa sayuran. Wawancara dilakukan untuk mengumpulkan wawasan dari pendapat ahli mengenai manfaat apa saja yang bisa didapatkan dari pengelolaan sisa sayuran serta. yang telah dijelaskan pada tabel 3. Daftar pemangku kepentingan (*stakeholder*). Pada tabel 4 ini menunjukkan berbagai jenis produk yang dapat dihasilkan dari sisa sayuran, lengkap dengan usia sayuran, pengolahan sisa sayuran dan kebutuhan bahan bakunya.

TABEL 4
(PROSES KLASIFIKASI PENGOLAHAN SISA SAYURAN)

No	Kondisi sayuran	Produk	Keterangan
1.	Sisa sayuran kondisi busuk memiliki tekstur lunak, berair, muncul aroma busuk, adanya pertumbuhan jamur pembusukan, dan perubahan warna pada kulit	Biogas	Sisa sayuran kondisi busuk seperti kol, bayam, dan tomat dicacah menjadi potongan kecil. Potongan ini kemudian dicampur dengan air dan dimasukkan ke dalam alat fermentasi tertutup yang disebut digester. Di dalam digester, proses fermentasi terjadi selama 15 hingga 20 hari tanpa kehadiran udara. Bakteri akan menguraikan bahan organik menjadi gas metana. Gas ini ditangkap dan dapat digunakan sebagai bahan bakar alternatif. Sementara itu, limbah cair dan padat yang tersisa dapat dimanfaatkan sebagai pupuk organik cair atau padat.
2.	Sisa sayuran kondisi layu memiliki tekstur mulai melunak, warna berubah menjadi kuning pada beberapa sisi bagian sayuran.	Probiotik	Sisa sayuran kondisi layu diproses dengan cara dibersihkan terlebih dahulu lalu dihaluskan menggunakan blender atau dicacah. Hasil cacahan ini dicampur dengan air, gula (seperti molase atau gula merah), dan mikroorganisme fermentasi seperti EM4. Campuran ini kemudian difermentasi dalam wadah tertutup selama 8 hingga 10 hari. Setelah selesai, cairan hasil fermentasi disaring dan disimpan dalam botol sebagai larutan probiotik. Produk ini bisa digunakan sebagai pupuk hayati untuk tanaman.
3.	Sisa sayuran kondisi layu memiliki tekstur mulai melunak, warna berubah menjadi kuning pada beberapa sisi bagian sayuran.	Pupuk organik	Sisa sayuran kondisi layu dikumpulkan dan disortir untuk memisahkan bahan yang bisa dikomposkan dari bahan non-organik. Sayuran yang masih mengandung nutrisi kemudian dicacah atau diblender dan dicampurkan. Setelah itu, campuran ini disiapkan air bersih, gula merah, larutan seperti starter EM4. Bahan difermentasi dalam wadah tertutup selama 7-14 hari dengan suhu ideal untuk fermentasi 25-30°C. Setelah matang, pupuk dikeringkan dan siap digunakan atau dikemas.
4.	Sisa sayuran kondisi layu memiliki tekstur mulai melunak, warna berubah menjadi kuning pada beberapa sisi bagian sayuran.	Pakan ternak	Sisa sayuran kondisi layu yang masih layak konsumsi dan tidak berjamur seperti daun sawi, kol, wortel, dicuci bersih. Lalu sayuran tersebut kemudian dicacah kecil-kecil untuk memudahkan proses makan oleh hewan ternak. Sayuran ini bisa langsung diberikan kepada ternak seperti kambing, sapi, atau ayam. Alternatif lain, sisa sayuran dapat difermentasi bersama dedak dan EM4 selama 2-3 hari untuk dijadikan pakan fermentasi. Hasil fermentasi ini dapat disimpan dalam karung plastik yang tertutup rapat agar tahan lama.
5.	Sisa sayuran kondisi segar memiliki tekstur keras atau padat, warna cerah, dan aroma masih segar.	Olahan makanan ringan	Sisa sayuran kondisi segar dan tidak rusak diseleksi secara baik untuk dijadikan olahan makanan. Setelah dicuci dan dipotong sesuai kebutuhan, sayuran dapat diolah menjadi berbagai produk seperti keripik sayur. Untuk keripik sayuran biasanya dikukus, dikeringkan, lalu digoreng dan dikemas. Untuk produk fermentasi seperti asinan atau acar, sayuran direndam dalam larutan garam atau cuka selama beberapa hari sebelum dikemas.
6.	Sisa sayuran kondisi segar memiliki tekstur keras atau padat, warna cerah, dan aroma masih segar.	Sayur <i>pack</i>	Berdasarkan dari hasil wawancara bersama pemilik toko sayuran XYZ untuk menghasilkan 1 <i>Pack</i> sayur, dibutuhkan berbagai macam sayuran sisa kondisi seperti wortel, kol, buncis, dan kentang untuk menghasilkan sayur <i>pack</i> (sop) siap masak. Sisa sayuran ini berasal dari sayuran kondisi masih segar yang tidak laku namun masih layak diperjual belikan atau layak konsumsi.

Pengolahan sisa sayuran berperan penting menciptakan keberlanjutan lingkungan [18]. Dari sisa sayuran tersebut untuk menghasilkan berbagai produk yang bernilai. Salah satunya adalah biogas, yang dibuat dari 8-10 kg sisa sayuran kondisi busuk. Proses ini membantu mengurangi emisi gas rumah kaca dari limbah organik yang membusuk di tempat pembuangan [26]. Selain itu, juga dapat diolah menjadi probiotik cair dari sisa sayuran yang difermentasi bersama molase dan terasi [27]. Petani dapat menggunakan pupuk organik hasil olahan limbah sisa sayuran untuk meningkatkan kesuburan tanah secara alami. Konsumen juga dapat membeli sayur *pack* yang berasal dari sayuran segar sisa penjualan pada Toko Sayur maupun pasar yang masih layak konsumsi. Peternak bisa memberikan pakan lunak dari sayuran rebus dan daun untuk mengurangi ketergantungan pada pakan komersial [28]. Lalu pada UMKM dapat menghasilkan keripik dari 8-10 kg sisa sayuran yang berkualitas.

Pada proses pengolahan sisa sayuran terdapat biaya proses pengolahan sisa sayuran dimana biaya proses pengolahan tersebut saya dapat, pada saat melakukan wawancara terhadap 5 stakeholder seperti pada tabel 5 dibawah ini yang akan dijelaskan dengan lebih rinci mengenai biaya proses pengolahan pada setiap produk.

TABEL 5
(BIAYA PROSES PENGOLAHAN SISA SAYURAN)

Produk	Biaya Proses Produksi	Harga	Harga Jual
Biogas	1. Sisa sayuran & makanan	Rp 0	Rp 15000-Rp
	2. Air/PDAM	Rp 0	

Produk	Biaya Proses Produksi	Harga	Harga Jual
	3. Starter (kotoran hewan)	Rp 5.000/kg	20000/Liter
	4. Tabung biogas kapasitas 10-20 liter	Rp 10.000.000	
Probiotik	1. Sisa sayuran & makanan	Rp 0	Rp 20.000- Rp 30.000/Liter
	2. Gula/Molase (250gram)	Rp 5.000	
	3. Starter/Yakult	Rp 5.000/gram	
	4. Air/PDAM	Rp 0	
	5. Galon bekas	Rp 20.000	
Pupuk organik cair	Sisa sayuran & makanan	Rp 0	Rp 10.000 - Rp 15.000/liter
	Gula/Molase	Rp 5.000/gram	
	Starter EM4	Rp 5.000/ml	
	Air/PDAM	Rp 0	
	Botol bekas	Rp 0	
Sayur pack	1. Sisa sayuran dalam kondisi 60% hingga 80%	Rp 0	Rp 10.000 - Rp 15.000/pack
	2. Kemasan plastik	Rp 7.000/pack	
	3. Air untuk membersihkan	Rp 0	
Pakan ternak	1. Sisa sayuran	Rp 0	Rp 20.000 - Rp 25.000/kg
	2. Sisa makanan	Rp 0	
	3. Dedak halus	Rp 5.000/Kg	
	4. Air	Rp 0	
	5. Starter fermentasi EM4	Rp 5.000/liter	
	6. Kemasan plastik atau ember	Rp 2.500/biji-25.000	
Olahan makanan	1. Sisa sayuran	Rp 0	Rp 60.000 - Rp 107.000/gram
	2. Tepung terigu	Rp 15.000/Kg	
	3. Bumbu	Rp 12.000/Kg	
	4. Minyak goreng	Rp 30.000/liter	
	5. Plastik kemasan	Rp 10.000/kemasan	
	6. Microwave	Rp 1.500.000	
	7. oven	Rp 1.000.000	

Pengolahan sisa sayuran harus mempertimbangkan kesesuaian bahan dan potensi keuntungannya. Biogas merupakan pilihan yang tepat untuk mengolah sisa sayuran busuk karena prosesnya memakan waktu cukup lama. Dengan biaya produksi awal kurang lebih sekitar Rp 10.005.000, biogas bisa dijual hingga Rp 20.000 per liter, sehingga keuntungannya tergolong kecil dengan biaya produksi awal yang cukup mahal. Probiotik cair lebih cocok dibuat dari sisa organik segar yang masih layak fermentasi, dengan biaya produksi sekitar Rp 25.000 dan harga jual hingga Rp 30.000, memberi untung yang baik. Pupuk organik cair menjadi pilihan efisien karena bisa menggunakan sisa sayuran busuk dan bahan fermentasi murah, serta memiliki potensi keuntungan sedang. Sayur *pack* sangat cocok untuk

sayuran sisa dan sayuran tidak laku, namun keuntungannya kecil karena harga jual hanya Rp 10.000–Rp 15.000 per *pack* dan memerlukan tenaga sortir. Pakan ternak lunak adalah solusi efektif untuk sayuran busuk, dengan biaya murah sekitar Rp 25.000 dan harga jual Rp 25.000/kg, sehingga memberi margin cukup tinggi. Produk olahan makanan seperti keripik memberikan keuntungan paling besar karena harga jualnya tinggi Rp 60.000–Rp 107.000, sementara bahan baku berupa sayuran sisa masih gratis. Dari semua pilihan, keripik olahan dan probiotik cair adalah produk yang memberikan keuntungan paling besar.

E. Tahap Proses Pengolahan Sisa Sayuran

Proses Penyortiran sisa sayuran dan sisa makanan terdiri dari beberapa proses yang akan digambarkan pada gambar 4.



GAMBAR 4
(TAHAP PENGOLAHAN SISA SAYURAN)

- 1. Pengumpulan Sisa Sayuran**
Bahan baku yang berasal dari sisa sayuran yang ada pada toko sayur xyz pasar pagesangan surabaya. Dipilah oleh pemilik toko sayur secara terpisah, untuk sayuran yang memiliki usia yang tahan lama akan ditata dengan rapi dan apa bila ada sisa sayuran yang kurang segar seperti layu dan berlendir akan dipisah ditaruh pada kantong plastik yang akan diambil oleh pihak ketiga untuk atau diolah menjadi produk yang bermanfaat dan bernilai [29].
- 2. Pemeriksaan Sisa Sayuran**
Pemeriksaan ini dilakukan pembersihan kotoran pada sisa sayuran. Dan pemisahan sisa sayuran menjadi 3 kategori yaitu sisa sayuran segar, sisa sayuran mulai layu, dan sisa sayuran busuk [29].
- 3. Persiapan Bahan dan Alat**
Pada tahap ini dilakukan persiapan bahan tambahan seperti air, enzim atau mikroorganisme tambahan, serta bahan-bahan olahan lainnya. Dan alat-alat pendukung untuk proses pengolahan seperti pisau, wadah tertutup, plastik [20].
- 4. Proses Pengolahan**
Proses pengolahan berdasarkan 3 kategori sisa sayuran yaitu:

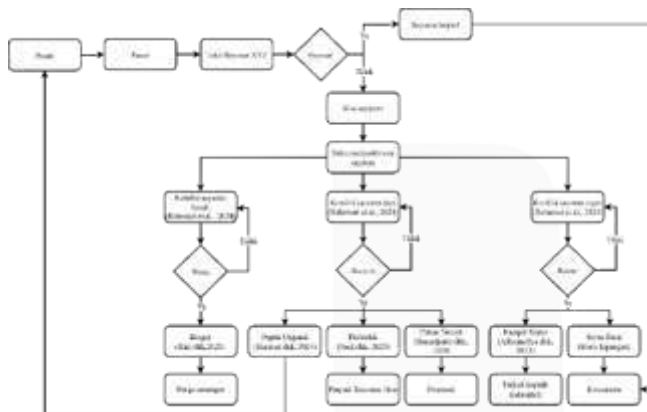
- a. Sisa sayuran yang masih bagus atau segar dapat diolah menjadi produk olahan baru seperti keripik sayur atau sayur *pack* untuk dijual kembali [22].
- b. Sisa sayuran sudah layu dan tidak terjual namun belum busuk dapat diproses menjadi probiotik, pupuk organik, dan pakan ternak [23].
- c. Sisa sayuran yang sudah busuk atau dapat diolah melalui fermentasi menjadi biogas [19].

5. Pengemasan dan Distribusi

Setelah melalui semua proses maka langkah selanjutnya dilakukan pengemasan dan distribusi produk atau bahan yang berguna bagi pihak-pihak yang membutuhkan produk atau bahan olahan sisa sayuran menjadi produk yang bernilai [24].

F. Model *Conceptual Closed Loop Supply Chain*

Pada gambar 5 di bawah menggambarkan model *Conceptual Closed-Loop Supply Chain*, model ini tidak berbentuk rumus atau simulasi, melainkan berupa struktur blok yang menggambarkan hubungan antar elemen, yang dimana sisa sayuran dari suatu tahap akan diolah dan dimanfaatkan kembali dalam sistem rantai pasok sehingga menjadi produk yang bernilai serta menciptakan sistem yang berkelanjutan.



GAMBAR 5
(MODEL *CONCEPTUAL CLOSED LOOP SUPPLY CHAIN*)

Model konseptual *Closed-Loop Supply Chain* (CLSC) yang dikembangkan dalam penelitian ini bertujuan untuk menggambarkan aliran produk, informasi, dan pengembalian material pada sistem distribusi sayuran di Toko Sayuran XYZ yang beroperasi di Pasar Pagesangan Surabaya. Alur proses diawali dari petani sebagai produsen utama yang menanam, dan mendistribusikan hasil panennya ke pasar induk. Lalu masuk ke pasar, pasar kemudian berfungsi sebagai perantara yang menyalurkan sayuran ke Toko Sayuran XYZ. Pada titik ini, Toko Sayuran XYZ menjadi pusat kegiatan operasional, mulai dari penerimaan barang, penyortiran, penyimpanan, hingga penjualan. Aktivitas penjualan menghasilkan dua kemungkinan output, yaitu sayuran terjual yang tidak memerlukan proses lanjutan, serta sayuran tidak terjual yang dikategorikan sebagai sisa sayuran dan menjadi fokus utama model *Closed Loop Supply Chain*.

Sisa sayuran yang tidak terjual disortir oleh pihak Toko Sayuran XYZ, penyortiran ini untuk menentukan jalur pengolahan berdasarkan kondisi fisiknya. Sayuran diklasifikasikan ke dalam tiga kategori, yaitu sayuran busuk, sayuran kondisi sedang atau layu, dan sayuran kondisi baik atau segar [6]. Sayuran busuk merupakan bahan organik yang

tidak dapat dikonsumsi maupun diolah menjadi produk pangan. Oleh karena itu, kategori ini diarahkan pada jalur waste untuk diolah menjadi biogas melalui proses fermentasi anaerob [30].

Sayuran dalam kondisi sedang atau layu merupakan bahan yang masih memiliki tekstur sedikit layu namun belum sepenuhnya busuk. Kategori ini memasuki jalur *recycle* dan diproses menjadi beberapa produk bernilai tambah, seperti pupuk organik, probiotik, dan pakan ternak. Pupuk organik hasil olahan dapat dimanfaatkan oleh petani maupun penjual tanaman hias untuk meningkatkan kesuburan tanah dan produktivitas tanaman [20]. Probiotik dari fermentasi sayuran sedang dapat digunakan sebagai campuran pakan ternak atau bahan peningkat kualitas mikroorganisme tanah [31]. Sementara itu, pakan ternak yang dihasilkan menjadi suplai bagi peternak lokal [32].

Berbeda dengan kedua kategori sebelumnya, sayuran dalam kondisi baik merupakan sisa sayuran yang masih layak konsumsi meskipun tidak terjual. Sayuran ini masuk ke jalur reuse dan dimanfaatkan langsung untuk diolah menjadi produk pangan siap konsumsi seperti keripik sayur dan sayur *pack* sayuran kemasan siap masak [33]. Kedua produk ini kemudian kembali dipasarkan kepada konsumen sehingga menciptakan nilai tambah sekaligus memperpanjang umur simpan sayuran.

Keseluruhan proses ini berkontribusi pada pembentukan aliran balik (*reverse flow*) yang menghubungkan kembali hasil olahan ke beberapa peran seperti petani dan peternak. Produk hasil daur ulang seperti pupuk organik, probiotik, pakan ternak, dan biogas kembali ke sistem produksi pertanian atau peternakan, sehingga menciptakan siklus tertutup yang berkelanjutan [20].

V. KESIMPULAN

Proses pengelolaan sampah sisa sayuran di Toko Sayur XYZ pada Pasar Pagesangan dilakukan dengan menerapkan prinsip keberlanjutan melalui tahapan pemilahan, pemrosesan ulang, dan pengolahan limbah organik menjadi produk bernilai seperti pupuk, pakan ternak, biogas, dan probiotik. Upaya ini bertujuan untuk mengurangi volume sampah yang dibuang ke TPA sekaligus mendukung kelestarian lingkungan. Penerapan model *Conceptual Closed-Loop Supply Chain* menjadi kerangka penting dalam menciptakan sistem pengelolaan siklus produk yang berkelanjutan. Model ini menggabungkan aliran maju produk segar dengan aliran balik limbah dalam satu sistem tertutup. Dalam konteks toko sayur, pendekatan ini memungkinkan pemanfaatan sisa sayuran menjadi produk baru yang bermanfaat. Hasil olahan kemudian dapat dimanfaatkan kembali oleh sektor pertanian, peternakan, dan masyarakat sekitar. Model ini juga mendorong kolaborasi antara toko sayur, konsumen, dan mitra pengolah limbah organik.

REFERENSI

- [1] B. Parsafar, M. Ahmadi, G. J. J. Khaniki, N. Shariatifar, and A. R. Foroushani, "The Impact Of Fruit And Vegetable Waste On Economic Loss Estimation," *Glob. J. Environ. Sci. Manag.*, vol. 9, no. 4, pp. 871–884, Sep. 2023, doi: 10.22035/gjesm.2023.04.14.

- [2] F. Nenciu *et al.*, “Decentralized Processing Performance of Fruit and Vegetable Waste Discarded from Retail, Using an Automated Thermophilic Composting Technology,” *Sustain.*, vol. 14, no. 5, Mar. 2022, doi: 10.3390/su14052835.
- [3] Ika Suryani Syarief, “Komposisi sampah Kota Surabaya pada tahun 2020,” *suarasurabaya.net*. Accessed: Oct. 22, 2024. [Online]. Available: <https://www.suarasurabaya.net/senggang/2022/menyelamatkan-sumber-kehidupan-yang-tak-seharusnya-terbuang/>
- [4] R. Setiati, H. Widiyatni, D. Syavitri, and P. Rakhmanto, “Pengolahan Limbah Sisa Sayuran dan Buah menjadi Pupuk Kompos,” *Sci. Technol. J. Pengabd. Masy.*, vol. 1, no. 3, pp. 227–239, 2024, doi: 10.69930/scitech.v1i3.99.
- [5] F. Husna, Windu Fajar Arum, Evi Aryanti, and Islamul Hadi, “Optimalisasi Pengelolaan Sampah dan Daur Ulang untuk Mengurangi Emisi Gas Rumah Kaca Di Perkotaan,” *Lambda J. Ilm. Pendidik. MIPA dan Apl.*, vol. 5, no. 1, pp. 9–24, 2025, doi: 10.58218/lambda.v5i1.1029.
- [6] R. Rahmiati, T. S. Situmorang, H. A. Simanjuntak, S. Karnina, and Z. Fadilla, “Karakterisasi Kerusakan Fisik, Proses Pembusukan dan Jamur Pembusuk pada Buah dan Sayur,” *J. Nat. Sci.*, vol. 5, no. 2, pp. 123–132, 2024, doi: 10.34007/jonas.v5i2.617.
- [7] M. Irma Dwiputranti and Y. Melati, “Upaya Pengurangan Kecacatan Produk Pertanian di Agro Industri Berbasis Metode Dmaic (Studi Kasus PT Bimandiri Agro Sedaya),” *J. Logistik Bisnis*, vol. 11, no. 1, pp. 14–23, 2021, doi: 10.46369/logistik.v1i1.1374.
- [8] Theresia Mayke Nindiya and R. R. D. Kusumastuti, “Supply chain analysis study: pengaruh rantai pasokan terhadap kapabilitas ekonomi sirkular Indonesia,” *J. Entrep. Econ.*, vol. 1, no. 2, pp. 12–24, Aug. 2024, doi: 10.61511/jane.v1i2.2024.1006.
- [9] P. Tamasiga, T. Miri, H. Onyeaka, and A. Hart, “Food Waste and Circular Economy: Challenges and Opportunities,” *Sustainability*, vol. 14, no. 16, p. 9896, Aug. 2022, doi: 10.3390/su14169896.
- [10] A. H. Shinta Citra Lestari1, “Kebijakan Pengelolaan Sampah Nasional: Analisis Pendorong Food Waste di Tingkat Rumah Tangga,” *J. Good Gov.*, vol. 18, Mar. 2022.
- [11] M. Darise, I. Isa, M. Paputungan, N. I. Ischak, E. Mohamad, and N. Suleman, “Analisis Kadar Logam Berat Timbal (Pb), Kadmium (Cd), dan Merkuri (Hg) pada Sayuran Selada (*Lactuca Satiya L.*) yang Beredar di Pasar Sentral Kota Gorontalo,” pp. 38–47, 2025, doi: 10.62383/algoritma.v3i1.348.
- [12] L. Ardila, D. Rosanti, T. Kartika, P. Studi Biologi, and F. Sains dan Teknologi, “KARAKTERISTIK MORFOLOGI TANAMAN hortikultura,” *J. Indobiosains*, vol. 4, no. 2, pp. 36–46, 2022.
- [13] N. K. Hidayat, M. Firdaus, and T. Novianti, “Peningkatan Kapasitas Petani Closed-Loop Pangan (Beras) di Nusa Tenggara Timur,” *Agrokreatif J. Ilm. Pengabd. Kpd. Masy.*, vol. 10, no. 2, pp. 250–258, Jun. 2024, doi: 10.29244/agrokreatif.10.2.250-258.
- [14] E. Sulastri, R. Setiyowati, and S. Siswanto, “Closed-Loop Supply Chain With Delivery Lead Time On Direct and Indirect Channel,” *Barekeng J. Ilmu Mat. dan Terap.*, vol. 14, no. 2, pp. 201–210, Sep. 2020, doi: 10.30598/barekengvol14iss2pp201-210.
- [15] D. Handoko, “Multi-Criteria Decision-Making Pemilihan Koston Menggunakan Multi-Atributive Ideal-Real Comparative Analysis (MAIRCA),” *Chain J. Comput. Technol. Comput. Eng.*, vol. 2, no. 1, 2024, doi: 10.58602/chain.v2i1.87.
- [16] J. Gaur, R. Subramoniam, K. Govindan, and D. Huisinigh, “Closed-loop supply chain management: From conceptual to an action oriented framework on core acquisition,” *J. Clean. Prod.*, vol. 167, pp. 1415–1424, Nov. 2017, doi: 10.1016/j.jclepro.2016.12.098.
- [17] Ahmad Luqmanul Farras and Widya Setiafindari, “Penerapan Metode Six Sigma dan Failure Mode Effect Analysis dalam Pengendalian Kualitas Produk Sarung Tangan Golf di CV Cahaya Setia Mulia Abadi,” *J. Rekayasa Proses dan Ind. Terap.*, vol. 3, no. 2, pp. 12–27, 2025, doi: 10.59061/repit.v3i2.1098.
- [18] Anisa Sasmita Sari, Febi Nurlita, Wira Bharata, Annisa Wahyuni Arsyad, and Lailatul Hijrah, “Pengolahan Limbah Organik Untuk Pembuatan Pupuk Kompos Di Desa Kersik Kecamatan Marangkayu,” *J. Pengabd. Masy. Polmanbabel*, vol. 4, no. 1, pp. 87–95, 2024.
- [19] A. A. Damayanti, Z. N. Fuadina, N. N. Azizah, and Y. Karinta, “Pemanfaatan Sampah Organik Dalam Pembuatan Biogas Sebagai Sumber Energi Kebutuhan Hidup Sehari-Hari,” *J. Tek. Energi*, vol. 17, no. 3, pp. 182–190, 2021.
- [20] A. R. Sianturi *et al.*, “Pemanfaatan Limbah Sayuran untuk Produksi Pupuk Organik : Analisis Kandungan dan Kualitas Utilization of Vegetable Waste for Organic Fertilizer Production : Content and Quality Analysis,” *J. Intelek Insa. Cendikia*, vol. 1, no. 4, pp. 1242–1248, 2024, [Online]. Available: <https://jicnusanantara.com/index.php/jiic>
- [21] I. Aminaallah, “Optimalisasi penggunaan limbah sayuran pasar sebagai pakan fermentasi untuk meningkatkan produktivitas dan efisiensi pakan ternak kambing,” pp. 160–167, 2025.
- [22] Hermiza Aulia3 Dheny Arina Hartawaty, Marosimy Millaty2, “Strategi Pemasaran Sayur Kemas Siap Masak (Vegetable Mix) Di Umkm Pack Instan,” vol. 27, no. 2, pp. 199–206, 2025.
- [23] R. R. S. Wardah, “Pengelolaan Sampah Organik Menjadi Nutrisi Probiotik dan Kompos Guna Mendorong Pembangunan Berkelanjutan di Desa Pabean Kecamatan Sedati Sidoarjo,” *J. Abdidias*, vol. 5, no. 3, pp. 241–245, 2024, doi: 10.31004/abdidias.v6i3.1155.
- [24] Dea Tio Mareta and Shofia Nur A, “Pengemasan Produk Sayuran Dengan Bahan Kemasan Plastik Pada Penyimpanan Suhu Ruang Dan Suhu Dingin,” *Mediagro*, vol. 7, no. 1, pp. 26–40, 2011.
- [25] M. F. Saputra, M. A. Syah, and D. A. A. Pranada, “Pelatihan Optimalisasi Peran Maggot Dalam Pengolahan Limbah Sayur Dan Peningkatan Nilai Ekonomi Desa Bareng Banyuwangi,” vol. 2, no. 2,

- pp. 123–144, 2025, doi: 10.62734/ipm.v2i2.765.
- [26] M. A. S. Dwi and A. Anggorowati, “Karakteristik Produk Biogas Dari Berbagai Jenis Limbah Sayur Sawi *Characteristics Of Biogas Products From Various Types Of Mustard Green Waste*,” Oct. 2022.
- [27] D. Mustari, “Produksi Minuman Probiotik Hasil Fermentasi Buah Mangga (*Mangifera Indica* L) Dan Sayur Kol (*Brassica Oleracea* L),” *SAINTIS*, vol. 2, no. 1, 2021.
- [28] M. , F. , N. Y. , A. S. , H. M. R. Andi Ahmad Gunadi1, “Sociopreneurship Pengolahan Sampah Organikmenjadi Pakan Ikan Dan Pakan Ternak,” *J. Pengabd. Pada Masy.*, vol. 5, Sep. 2021.
- [29] R. Sidabutar *et al.*, “Pembuatan Bahan Bakar Alternatif dari Sampah Sayuran Hasil Pertanian Kabupaten Karo .,” *J. Abdimas Madani dan lestari*, vol. 07, no. 01, pp. 150–159, 2025.
- [30] A. H. Rini Kartika Dewi, Faidliyah Nilna Minah, Jimmy, “Biogas Waste Vegetable Green (*Brassica Chinensis* Var. *Parachinensis*) As Alternative Energy Sources,” vol. 4, no. 1, p. 6, 2021.
- [31] K. Naik, S. Mishra, H. Srichandan, P. K. Singh, and A. Choudhary, “Microbial formulation and growth of cereals , pulses , oilseeds and vegetable crops,” 2020.
- [32] S. Soeprijanto, A. R. Fatullah, S. Agustina, D. F. Amalia, and A. A. Kaisar, “Biogas Production from Vegetables and Fruit Wastes Using Anaerobic Floating Bioreactor,” *Eksergi*, vol. 17, no. 2, p. 99, 2020, doi: 10.31315/e.v17i2.3733.
- [33] A. Adhamatika, A. Brilliantina, E. Kurnia, N. Sari, and R. Wijaya, “Program Studi Teknologi Industri Pangan, Jurusan Teknologi Pertanian, Politeknik Negeri Jember 2 Program Studi Keteknikan Pertanian, Jurusan Teknologi Pertanian, Politeknik Negeri Jember,” *J. Sains dan Terap.*, vol. 2, no. 1, 2023.