

### Perencanaan Pendekatan Analisis Sistem Causal Loop Diagram pada Pengolahan Sisa Spunbond Produksi Industri Tekstil sebagai Bahan Baku Produksi Berbasis Low Waste

Raihan Januar Anggoro dan Syadzadhiya Qothrunada Z. Nisa

Program Studi Teknik Lingkungan, Universitas Pembangunan Nasional “Veteran” Jawa Timur

Email Korespondensi: [syadzadhiya.tl@upnjatim.ac.id](mailto:syadzadhiya.tl@upnjatim.ac.id)

**Kata Kunci:**

*Causal Loop Diagram, Perencanaan Waste Produksi, Recycle, Stella 9.0.2*

**ABSTRAK**

Industri di Indonesia semakin berkembang dari tahun ke tahun seiring dengan perkembangan ekonomi, teknologi, dan ilmu pengetahuan. Permasalahan sampah industri tidak terlepas dari permasalahan sampah secara keseluruhan. Permasalahan tersebut meliputi aspek teknis operasional, hukum, pendanaan, sosial, dan institusi atau manajemen. Pada produksi spunbond dalam perusahaan di industri tekstil non woven menghasilkan produk yang berkualitas kurang baik. Dengan berkurangnya penumpukan waste sisa produksi yang berupa spunbond yang diolah dalam proses recycle waste sisa produksi yang berupa spunbond dan menjadi bahan baku produksi yang berbentuk chip biji plastik polypropylene (PP) atau bahan hasil jadi dari unit recycle. Penelitian ini bertujuan melakukan analisa terhadap pengolahan waste sisa produksi yang diolah pada unit recycle. Pendekatan ini dilakukan dengan model sistem dinamis serta dengan bantuan perangkat lunak stella 9.0.2. Metode yang dilakukan dalam penelitian ini yaitu identifikasi masalah, membuat hipotesis dinamis, validasi model, dan evaluasi model. Dari hasil simulasi menunjukkan bahwa jumlah pengolahan recycle yaitu dapat mengolah sekitar 10,86% dari produksi yang menghasilkan 100.000 ton/hari dalam produksi. Oleh karena itu, diperlukan kebijakan dengan cara memperbesar proses dalam recycle sehingga siklus yang dimanfaatkan untuk bahan baku produksi lebih baik tidak terjadi penumpukan waste sisa produksi dengan tidak diolah.

**Keyword:**

*Causal Loop Diagram, Production Waste Planning, Recycle, Stella 9.0.2*

**ABSTRACT**

*Industry in Indonesia is growing from year to year along with economic, technological, and scientific developments. The industrial waste problem cannot be separated from the overall waste problem. These problems include operational technical, legal, funding, social, and institutional or management aspects. Spunbond production in companies in the non-woven textile industry produces products of poor quality. By reducing the accumulation of production waste in the form of spunbond which is processed in the recycle process, the remaining production waste in the form of spunbond becomes raw material for production in the form of polypropylene (PP) plastic seed chips or finished products from recycling units. This research aims to analyze the processing of production waste which is processed in the recycling unit. This approach is carried out using a dynamic system model and with the help of Stella 9.0.2 software. The methods used in this research are problem identification, creating dynamic hypotheses, model validation, and model evaluation. The simulation results show that the amount of recycle processing can process around 10.86% of the production which produces 100,000 tons/day in production. Therefore, a policy is needed to enlarge the process of recycling so that the cycle used for the production of raw materials is better without the accumulation of waste left over from unprocessed production.*

### 1. PENDAHULUAN

Globalisasi dan revolusi industri mendorong berbagai pihak untuk berinovasi menciptakan berbagai produk yang dapat memenuhi kebutuhan manusia. Setiap kegiatan produksi pasti menghasilkan residu atau hasil sisa. Untuk menghindari kegagalan yang terjadi pada faktor sosial dan lingkungan, hasil sisa yang biasa disebut dengan limbah harus dikelola dengan

baik. Masalah limbah menjadi masalah yang cukup serius di Indonesia dikarenakan dampak yang ditimbulkan jika tidak dikelola dengan baik. Industri yang sedang berkembang harus memperhatikan tiga hal dalam menjalankan aktivitasnya, yakni people, planet, dan profit. Idealnya sebuah perusahaan harus memperhatikan lingkungan dan kesejahteraan masyarakat dalam dunia perusahaan selain mempertimbangkan aspek keuntungan sebesar-besarnya.

Salah satu problematika dalam industri adalah mengenai limbah (Tarmizi, 2013).

Permasalahan limbah industri tidak dapat dipisahkan dari permasalahan limbah secara keseluruhan. Permasalahan tersebut mencakup aspek teknis-operasional, hukum, keuangan, sosial dan kelembagaan atau manajemen. Contoh paling umum dari permasalahan ini adalah semakin sulitnya memperoleh lahan untuk Tempat Pembuangan Akhir (TPA) di perkotaan dan tingginya biaya pengangkutan sampah. Pada saat yang sama, biaya operasi dan pemeliharaan yang terkait dengan pengangkutan sampah menjadi beban yang sangat besar karena volume sampah yang perlu diangkut dan jarak antara sumber sampah dan tempat pengolahan sampah. Salah satu upaya pemerintah dalam mengatasi masalah sampah adalah dengan mendorong upaya pengurangan sampah. Upaya untuk mengurangi atau meminimalkan volume sampah yang diangkut ke TPA antara lain dengan melakukan daur ulang sampah, termasuk daur ulang sampah manufaktur.

Sampah merupakan sisa hasil samping kegiatan industri atau manusia yang dianggap tidak berguna lagi dan tidak mempunyai nilai. Permasalahan sampah cukup pelik di Indonesia. Angka kejadian penyakit ini semakin buruk karena manajemen yang tidak memadai dan pertumbuhan penduduk yang pesat. Penumpukan sampah yang tidak terkendali dapat menyebabkan gangguan lingkungan, termasuk pencemaran air, tanah, dan udara. Terakhir, pencemaran tersebut selain berdampak pada estetika, juga dapat menimbulkan gangguan kesehatan dan berdampak pada aspek sosial ekonomi masyarakat (Kwanda, 2000).

Daur ulang adalah proses mendaur ulang barang-barang yang tidak mempunyai nilai ekonomi lagi melalui proses fisik atau kimia atau keduanya untuk memperoleh suatu produk yang dapat digunakan, dibeli, dan dijual kembali. Dengan adanya daur ulang akan diperoleh manfaat berupa terciptanya industri daur ulang limbah manufaktur dan pemberdayaan masyarakat kelas bawah. Limbah produksi spunbond, salah satu bahan baku industri daur ulang, saat ini belum dikelola dengan baik. Contohnya adalah tidak adanya sistem pemilahan yang menyebabkan sebagian insulasi dan residu inti tercampur dengan limbah produksi sehingga menyebabkan kotor dan hancur, sehingga sulit melakukan daur ulang dan mengakibatkan peralatan daur ulang harus tetap terjaga. Jenis limbah produksi ada banyak sekali, setiap jenis limbah produksi mempunyai ciri khas tersendiri sehingga kemampuan dalam mendaur ulang dan menghasilkan produk juga berbeda-beda. Sementara itu, sebagian besar sisa limbah produksi yang tidak dapat didaur ulang akan dijual dan memberikan nilai ekonomi bagi dunia usaha.

Produksi daur ulang dalam jumlah besar ini dapat mengurangi limbah pembuatan spunbond dengan mengurangi akumulasi limbah pembuatan spunbond. Dapat membantu menciptakan suatu tempat dalam lingkungan industri atau usaha yang mempunyai lingkungan bersih dan nyaman melalui daur ulang limbah produksi berupa spunbond dan menjadi bahan produksi berupa pelet plastik Polypropylene (PP) atau bahan baku jadi. dari unit daur ulang dapat dijual dengan nilai ekonomis dan sangat bermanfaat serta bermanfaat bagi industri nonwoven sehingga perusahaan dapat memperoleh keuntungan.

Teknologi berperan penting dalam menghadirkan inovasi di berbagai sektor dengan tujuan mengoptimalkan pelayanan.

Penelitian ini menyajikan analisis perkiraan permintaan pengolahan daur ulang dengan keseimbangan antara pasokan dan permintaan berdasarkan peningkatan produksi. Pendekatan ini diimplementasikan menggunakan model sistem dinamis dan menggunakan perangkat lunak Stella 9.0.1.

Dalam pemodelan sistem dinamis, diperlukan suatu antarmuka yang digunakan untuk menggambarkan saling ketergantungan sistem, terutama dalam bentuk diagram lingkaran sebab-akibat (cause-and-effect loop diagram/CLDs) dan stock and flow diagram (SFDs). Namun pada umumnya pemodelan antara CLD dan SFD sering digunakan secara bersamaan, dalam artian CLD diproses untuk mendukung penyusunan SFD (Mohamad Jihan, 2018). Diagram lingkaran sebab akibat (CLD), juga dikenal sebagai diagram lingkaran, adalah alat bantu visual dalam sistem dinamis yang digunakan untuk memvisualisasikan saling ketergantungan berbagai peran variabel yang penting dalam proses pengambilan keputusan (Hidayatno, 2013). CLD menggambarkan variabel yang dilambangkan dengan kata-kata dan hubungan timbal balik (feedback loop) antar variabel yang dilambangkan dengan tanda panah dengan simbol positif (umpan balik positif) dan negatif (umpan balik negatif). Sedangkan Stock and Flow Diagram (SFD) diartikan sebagai diagram stok dan aliran, mewakili suatu sistem yang menggunakan dua komponen utama, persediaan dan aliran, untuk mempengaruhi persediaan.

## 2. METODE PENELITIAN

Penelitian ini dilakukan berdasarkan penelitian pendahuluan, yaitu langkah awal yang dilakukan penulis untuk memperoleh informasi mengenai status terkini limbah produksi pada industri nonwoven. Dari hasil penelitian akan diperoleh informasi tentang bagaimana model konseptual menjaga proses daur ulang limbah produksi sehingga penulis dapat menentukan langkah-langkah yang akan diterapkan dan dibuat dalam penelitian ini. Setelah ditemukan permasalahan maka dilakukan penelusuran literatur untuk mencari teori-teori pendukung terkait model konseptual, pengelolaan sampah dan dinamika sistem untuk menggali secara teoritis metode-metode solusi yang digunakan untuk menyelesaikan permasalahan yang ada. Teori ini penulis ambil dari majalah teknologi terkait pengelolaan limbah produksi serta buku referensi.

Model CLD merupakan model yang menonjolkan hubungan sebab-akibat antar variabel sistem (komponen) dan direpresentasikan dalam diagram sebagai garis lengkung yang diakhiri dengan anak panah yang menghubungkan komponen sistem satu dengan komponen sistem lainnya, dimana mata panah tersebut menunjukkan tanda positif (atau tanda S) dan negatif (atau tanda O), yang menggambarkan pengaruh suatu variabel terhadap variabel lain, yang berubah secara dinamis sesuai dengan perkembangan waktu. CLD dapat membantu kita menjelaskan dinamika hubungan sebab-akibat dalam suatu sistem yang kompleks.

Tanda S (kesetaraan) menunjukkan bahwa ketika variabel yang dipengaruhinya (penyebabnya) berubah (misalnya meningkat), maka variabel yang dipengaruhi (akibatnya) berubah arah perubahan variabel yang dipengaruhinya mempengaruhi, berubah (yaitu juga meningkat). Sedangkan tanda O (oposisi) mempunyai pengaruh sebaliknya, yaitu apabila variabel yang dipengaruhinya bertambah maka variabel yang dipengaruhinya berkurang. Di CLD, panah

membentuk lingkaran berlabel R (*reinforcing*) dan B (*balance*). R berarti saling menguatkan atau melemahkan.

Keuntungan pendekatan sistem dengan menggunakan model CLD adalah:

(1) Mendorong kita untuk melihat permasalahan secara holistik, baik ruang lingkup maupun waktunya, sehingga tidak berpikir sempit dan ringkas.

(2) Dengan mendeskripsikan rantai hubungan sebab-akibat dalam CLD dan memperjelas model mental kita, keyakinan inti kita tentang cara kerja dunia dan dasar pengambilan keputusan dan tindakan menjadi lebih baik.

(3) Adanya CLD memungkinkan kita mengetahui model kita dan membandingkannya dengan model orang lain untuk permasalahan yang relevan, sehingga dapat tercipta landasan kerjasama tim yang lebih baik. Dengan demikian, CLD mewakili alat yang ampuh untuk komunikasi antar anggota tim.

(4) CLD juga dapat membantu memetakan kebijakan dan keputusan alternatif sehingga dampaknya dapat diantisipasi lebih cepat. Dengan cara ini kita dapat menghindari pengambilan keputusan yang tidak bijaksana yang terkadang berujung pada pengeboman atau keputusan yang kemudian kita sesali.

(5) Secara keseluruhan, pendekatan sistematis dengan menggunakan model CLD memberi kita peluang terbaik dalam mengambil keputusan yang diuji terhadap berbagai kemungkinan dan perubahan seiring berjalannya waktu (Billy, 2007).

Melalui CLD kita akan dapat mengetahui faktor atau variabel apa saja yang relevan atau berkaitan dengan permasalahan yang kita hadapi, termasuk hubungan sebab akibat antar variabel yang berkaitan dengan konteks permasalahan. Kemudian berdasarkan pengetahuan tersebut kita akan dapat memilih dan menentukan tindakan apa yang perlu kita ambil untuk mengatasi permasalahan yang kita hadapi dan cara terbaik untuk memulai tindakan tersebut, serta akibat yang akan terjadi jika kita mengambil tindakan tersebut. Semakin lengkap, relevan, dan terukur variabel-variabel yang diajukan CLD, maka semakin tepat pilihan tindakan kita.

Data yang digunakan dalam penelitian ini adalah data primer dan sekunder. Data primer dikumpulkan melalui observasi langsung dan wawancara dengan pemangku kepentingan. Ada beberapa langkah dalam mendefinisikan model konseptual, yaitu:

Penyelesaian masalah. Proses identifikasi masalah dilakukan untuk mendeteksi permasalahan relevan yang terjadi dalam bisnis. Hal ini digunakan untuk mengetahui rumusan masalah dan tujuan penelitian. Hipotesis Dinamis Hipotesis terbentuk setelah menemukan permasalahan kemudian mendefinisikan konsep perencanaan yang digunakan dengan menggunakan sistem dinamis. Hipotesis itu sendiri melibatkan penjelasan masalah melalui diagram struktur dan reaksi serta menggambarkan bagaimana masalah itu mungkin muncul. Pada saat ini perlu dibangun causal load diagram (CLD) yang menjelaskan hubungan sebab akibat antar variabel dan mengubah loop diagram menjadi inventory flow diagram (SFD) untuk menyelesaikan permasalahan tersebut. Validasi model yang digunakan dalam penelitian ini meliputi pemeriksaan struktur dan perilaku model. Evaluasi Model Setelah memodelkan dan mendapatkan keyakinan dalam struktur dan perilaku model, pemodel menentukan

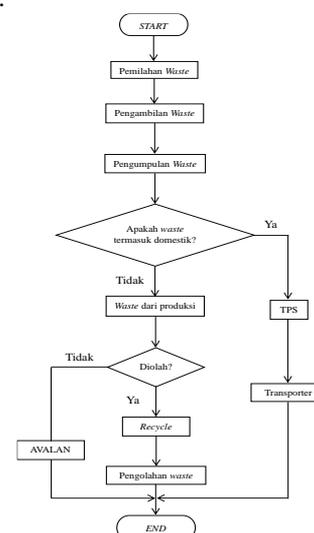
kegunaan model yang valid untuk merancang dan mengevaluasi skenario atau perbaikan kebijakan.

### 3. HASIL DAN PEMBAHASAN

Jenis plastik yang banyak ditemui di Indonesia adalah *Polypropylene* (PP), *Polyethylene* (PE), *Polystyrene* (PS), *Polyvinyl Chloride* (PVC), *Acrylonitrile Butadiene Styrene* (ABS), dan *Polyethylene Terephthalate* (PET) (Sahwan dkk, 2005).

Sementara itu, agar *waste* sisa produksi dapat dimanfaatkan secara optimal proses *recycle waste* sisa produksi dilakukan langsung di unit *recycle* menggunakan mesin yang disebut *Polypropylene 2* (PP 2). Telah terpilah terlebih dahulu *waste* sisa produksi saat produksi berjalan dan akan menghasilkan bahan jadi dan ada bahan yang bisa dikatakan kurang bagus secara kualitas sehingga dikategorikan dalam *waste* sisa produksi yang nantinya akan diolah lagi ke unit *recycle* untuk menjadi bahan baku produksi atau dijual kembali sehingga konsep yang dipakai adalah *low waste*. Pemilahan *waste* sisa produksi di sumbernya sebaiknya perlu dioptimalkan entah itu tercampur dengan sisa isolasi atau core yang menempel pada spunbond sehingga mengganggu pada pengolahan sisa spunbond dari produksi pada mesin *recycle* dikarenakan mesin tidak bisa menerima atau mengolah spunbond yang tercampur dengan isolasi atau core yang menempel pada spunbond. Peran aktif pekerja dalam unit *recycle* merupakan kunci utama dalam proses pengecekan supaya mesin *recycle* tidak terjadi *maintenance* sehingga konsep *low waste* bisa diterapkan dan mendapatkan nilai ekonomis bagi industri jika dijual.

*Waste* sisa produksi jenisnya bermacam-macam, masing-masing jenis *waste* sisa produksi juga memiliki karakteristik tersendiri sehingga kemampuannya untuk didaurulang dan produknya juga berbeda-beda. Sementara itu sebagian besar *waste* sisa produksi yang tidak bisa didaurulang akan dijual dan bermanfaat bagi nilai ekonomis perusahaan. Dengan berkurangnya penumpukan *waste* sisa produksi yang berupa spunbond dapat membantu membuat tempat di lingkup industri atau perusahaan mendapatkan lingkungan yang bersih dan nyaman.



Gambar 1. Flowchart Pengelolaan dan Pengolahan Waste

Untuk kapasitas setiap unit mesin pengolahan recycle yaitu pada pengolahan pada mesin *polypropylene 1* (PP 1) dapat

mengolah *waste spunbond* sebesar 3.330 kg/shift, untuk pengolahan pada mesin *polypropylene 2 (PP 2)* dapat mengolah *waste spunbond* sebesar 1.800 kg/shift, pada mesin *crusher* dapat mengolah *waste* sebesar 330 kg/shift

**Tabel 1. Waste Diolah Recycle**

Jenis Waste Sisa Produksi	Sumber	Produk Daur Ulang
Spunbond <i>Vistamax</i>	Produksi	<i>Polypropylene (PP)</i>
Spunbond <i>Hidrophilic</i>		
Spunbond SMS		
Spunbond Kalsium		
Spunbond <i>Meltblown</i>		
Spunbond SS		
Spunbond <i>Lmode</i>		
PE Plastik		

Pada tabel diatas ada beberapa jenis *waste* sisa produksi yang diolah pada unit *recycle* yaitu *spunbond vistamax*, *spunbond hidrophilic*, *spunbond kalsium*, *spunbond meltblown*, *spunbond SS*, *spunbond lmode*, *spunbond SMS*, dan PE plastik. Dari beberapa *waste* yang dihasilkan tersebut bersumber dari proses produksi untuk bahan jadi yaitu *spunbond*, bisa dikatakan cacat atau kualitas campuran kurang bagus maka dikategorikan *waste* dan akan diolah ke unit *recycle* nantinya. Produk daur ulang yang dihasilkan yaitu berupa biji plastik *polypropylene (PP)* yang berbentuk chip, bahan jadi pada unit *recycle* yaitu berupa PP yang akan digunakan kembali untuk bahan produksi, apabila bahan tersebut sudah menjadi PP tapi tidak bisa digunakan dengan ketentuan *raw material* pada produksi maka bahan hasil jadi unit *recycle* bisa dijual dan penunjang produksi pada industri tekstil yang berbahan baku PP sehingga konsep *low waste* berlaku dan juga efisiensi nilai ekonomis pada perusahaan.

**Tabel 2. Daya Tampung Unit Recycle**

Unit Recycle	Kapasitas Pengolahan (Kg/shift)
<i>Polypropylene (PP) 1</i>	3300 Kg/shift
<i>Polypropylene (PP) 2</i>	1800 Kg/shift
<i>Crusher</i>	330 Kg/shift

Pada unit *recycle* terdapat 3 pengolahan/mesin pengolahan untuk mendaur ulang *spunbond* yang dikategorikan cacat atau kualitas tidak bagus untuk diperjual belikan saat produksi, sehingga terdapat *spunbond* yang menjadi *waste* dan akan diolah ke unit *recycle* untuk diolah menjadi bahan baku produksi yang berbentuk biji plastik *polypropylene (PP)* yang berbentuk chip. Dari hasil proses produksi terdapat *waste spunbond* dengan campuran bahan untuk menjadikan *spunbond* dengan kualitas yang baik, disini dapat dikategorikan dan dipilah dalam beberapa kategori *spunbond* yang bisa dibilang kurang bagus untuk diolah kembali ke unit

*recycle* atau bisa langsung dimasukkan kembali ke proses produksi secara langsung. Pemilahan *spunbond* yang akan diolah ke dalam unit *recycle* dibedakan antara *spunbond* warna dan *spunbond* putih, dalam artian *spunbond* yang berwarna putih tetapi kotor tidak bersih akan dimasukkan ke dalam *spunbond* warna.

Untuk kapasitas setiap unit mesin pengolahan *recycle* yaitu pada pengolahan pada mesin *polypropylene 1 (PP 1)* dapat mengolah *waste spunbond* sebesar 3.330 kg/shift, untuk pengolahan pada mesin *polypropylene 2 (PP 2)* dapat mengolah *waste spunbond* sebesar 1.800 kg/shift, pada mesin *crusher* dapat mengolah *waste* sebesar 330 kg/shift.

**Tabel 3. Presentase Pengolahan Unit Recycle**

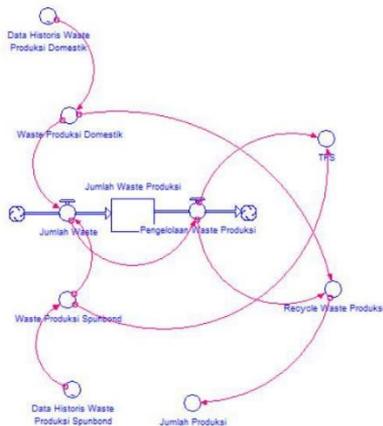
Hasil Produksi (ton/hari)	Jenis Pengolahan Recycle	Kapasitas Pengolahan Recycle (kg/shift)	Presentase Pengolahan Waste di Recycle (%)
100.000	<i>Polypropylene 1 (PP 1)</i>	3300	6,6
	<i>Polypropylene 2 (PP 2)</i>	1800	3,6
	<i>Crusher</i>	330	0,66

Pada tabel 3 mendapatkan hasil presentase pengolahan *waste* di *recycle*, dengan cara perhitungan pendekatan dapat menghasilkan presentase yang berbeda beda. Dalam pengolahan *waste* sisa produksi unit *recycle* memiliki kapasitas pengolahan untuk setiap mesinnya. Ada 2 shift dalam proses pengerjaan dalam *recycle*. Pada jenis pengolahan *recycle PP 1* berkapasitas 3300 kg/shift dan mendapatkan hasil presentase pengolahan *waste* di *recycle* yaitu sebesar 6,6 % dari hasil produksi yang menjadi *waste* untuk diolah dalam mesin PP 1, pada jenis pengolahan *recycle PP 2* berkapasitas 1800 kg/shift dan mendapatkan hasil presentase pengolahan *waste* di *recycle* yaitu sebesar 3,6 % dari hasil produksi yang menjadi *waste* untuk diolah dalam mesin PP 2, sedangkan pada jenis pengolahan *recycle* dengan mesin *crusher* berkapasitas 330 kg/shift dan mendapatkan hasil presentase *waste* di *recycle* yaitu sebesar 0,66 % dari hasil produksi yang menjadi *waste* untuk diolah dalam mesin *crusher*.

Dari ketiga proses pengolahan *waste* sisa *spunbond* yang dihasilkan pada proses produksi maka akan diolah di unit *recycle*, hal tersebut bisa dikatakan perusahaan melakukan proses pengolahan dan pengelolaan *waste* dengan baik dan benar, untuk konsepnya yaitu meminimalisir *waste* yang ada atau biasa disebut dengan *low waste*. Tetapi untuk penerapan pengolahan pada mesin PP 1, PP 2, dan *crusher* tergantung *waste* produksi yang dihasilkan, jika produksi per hari menghasilkan *spunbond* warna maka *waste* yang dihasilkan oleh produksi akan diolah pada mesin *recycle* yaitu PP 2, jika produksi pada saat itu khusus warna putih maka *waste* yang dihasilkan pada saat produksi akan diolah pada mesin PP 1, pada *crusher* biasanya *waste* yang sisa dari produksi atau dari *recycle* akan di proses dengan mesin *crusher* sesuai dengan pesanan pembeli untuk dijual dan menjadi nilai ekonomis bagi perusahaan. Dengan adanya teknologi pengolahan *waste* dengan unit *recycle* ini dapat mengurangi *waste* yang di hasilkan oleh perusahaan dan bisa menjadi bahan baku produksi kembali atau dijual menjadi bahan baku untuk pembeli yang membutuhkan bahan tersebut.

### 3.1 Causal Loop Diagram (CLD)

Diagram sebab-akibat yang sebagai visualiasi dari aliran informasi antar komponen sistem. Diagram ini menggambarkan sistem yang terlibat dalam pengelolaan recycle di industri tekstil, dimana hubungan antara peningkatan produksi, peningkatan waste sisa produksi, dan pengolahan recycle.



**Gambar 2.** Causal Loop Diagram

Pada gambar menunjukkan bagaimana komponen variabel yang berinteraksi dengan cara menggunakan simbol anak panah. Pada diagram terdapat tanda '+' yang berarti komponen satu dapat meningkatkan komponen lainnya, sebaliknya tanda '-' menjelaskan bahwa unsur satu dapat mengurangi komponen sistem tersebut.

### 3.2 Stock and Flow Diagram (SFD)

Penelitian ini dalam melakukan formulasi pembuatan model dengan analisis sistem model dinamis memanfaatkan *software Stella 9.0.2*. untuk penyusunan model dilakukan beberapa sub model berdasarkan pengelompokan input dan output dari setiap sistem. Hal tersebut dilakukan dengan tujuan agar memudahkan rancangan sistematis dari model keseluruhan yang dibuat. Komponen input yang berasal dari input terkontrol maupun input tak terkontrol, itu semua akan mempengaruhi output dari yang dikehendaki. Pemodelan dinamik ini menghasilkan *output* yang dikehendaki berupa ketersediaan daya tampung pengolahan *recycle* dan keseimbangan supply-Demand, serta output dari pengolahan *waste* produksi.



**Gambar 3.** Pengolahan Waste Produksi

### 3.3 Analisis Jumlah Pengolahan Waste Sisa Produksi

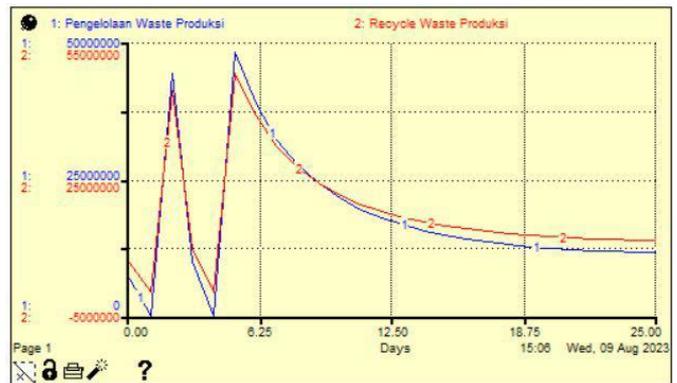
Perkembangan jumlah produksi berdasarkan permintaan pelanggan dapat dilihat pada gambar 3 Produksi akan mengalami puncak pada bulan ke 1, pada bulan tersebut mengalami penjomplangan dibanding dengan nilai 10 bulan hasil simulasi, untuk bulan selanjutnya dapat dikatakan bahwa relatif stabil. Nilai tersebut merupakan hasil peramalan sesuai dengan data historis selama beberapa bulan yang dilakukan proyeksi selama 1 tahun dalam model dinamis.



**Gambar 4.** Jumlah Pengolahan Waste Sisa Produksi

### 3.4 Analisis Waste Produksi dan Pengolahan Recycle

Permintaan jumlah produksi dari simulasi model dinamis, diketahui bahwa permintaan semakin meningkat. Hal tersebut mempengaruhi jumlah volume pengolahan unit *recycle* yang dibutuhkan untuk proses produksi dan jumlah *waste* yang diolah dalam unit *recycle*. *Waste* sisa produksi dan pengolahan *waste* sisa produksi cenderung mengalami fluktuasi dari bulan pertama hingga bulan ke 10.



**Gambar 5.** Pengolahan Waste Produksi dan Waste Produksi

**Tabel 4.** Waste Produksi dan Pengoahan Recycle

Bulan	Waste Produksi (kg)	Pengolahan Recycle (kg)
0	6.600.920.00	6.600.000.00
1	0.00	593.37
2	4.478.489.58	4.478.688.52
3	9.810.160.05	9.810.810.81
4	0.00	-2.042.14
5	8.285.332.49	8.284.949.23
6	8.834.484.27	8.834.052.27
7	7.644.832.67	7.644.323.24
8	4.162.210.16	4.161.670.42
9	1.510.479.10	1.509.913.68
10	9.454.590.12	9.454.002.99

Perbandingan waste produksi dengan waste produksi yang diolah dalam unit *recycle* dapat dilihat pada gambar 5 dan tabel 4. Gambar tersebut menunjukkan bahwa pada tiap bulan *waste* produksi dan pengolahan *recycle* sisa produksi mengalami naik turun. Pasokan pengolahan *recycle* berpengaruh dari hasil *waste* sisa produksi yang dihasilkan. Sedangkan produksi sangat tidak menentu dengan hasil jadi dikarenakan produksi berjalan sesuai orderan dan berjalan sesuai pesanan.

#### 4. KESIMPULAN

Jadi dapat disimpulkan industri ini sangat berkembang dalam pengelolaan dan pengolahan waste yang sesuai dengan ketentuan yang berlaku. Apabila *waste spunbond* sisa produksi dapat diolah baik melalui upaya daur ulang atau dijual secara langsung tanpa diolah maka hasil tersebut juga berpotensi besar untuk dapat diubah menjadi nilai jual dan menjadikan efisiensi ekonomis yang tinggi bagi perusahaan.

Berdasarkan hasil penelitian yang dilakukan, diperoleh beberapa kesimpulan pengolahan *recycle* pada industri tekstil *non-woven* yaitu dimana diketahui sebagian besar pengolahan *recycle*. Dari hasil analisa berdasarkan kondisi dengan menggunakan *software* Stella 9.0.2 diketahui seluruh pengolahan *waste* sisa produksi dengan proyeksi 1 tahun ke depan.

#### UCAPAN TERIMA KASIH

Segala puji bagi Allah SWT yang telah melimpahkan rahmat dan karunia-Nya sehingga saya dapat menyelesaikan penelitian ini. Penelitian ini dapat selesai tepat waktu, tentunya tidak lepas dari peran serta berbagai pihak. Oleh karena itu penulis mengucapkan terima kasih kepada Firra Rosariawari., ST., MT., dan Syadzadhiya Qothrunada Z. Nisa., ST., MT selaku pembimbing penelitian yang telah membantu untuk mengarahkan, maupun membimbing saya dalam melaksanakan penelitian ini sehingga penelitian ini dapat terselesaikan dengan baik. Penulis menyadari bahwa dalam penulisan penelitian ini masih terdapat kekurangan, baik dalam metode penulisan maupun pembahasan materi. Hal ini dikarenakan penulis masih dalam tahap belajar, sehingga penulis mengharapkan saran dan kritik yang membangun, semoga kedepannya dapat memperbaiki segala kekurangannya.

#### DAFTAR PUSTAKA

- Billy T, 2007. Memahami dan Memecahkan Masalah dengan Pendekatan Sistem.
- Kwanda T., 2000. Pengembangan Kawasan Industri di Indonesia. Dimensi Teknik Arsitektur Vol. 28, No. 1, Juli 2000: 54 – 61.
- Mohamad J.S, 2017. Effective Production Control In An Automotive Industry: MRP vs Demand.
- Sahwan F, L. Martono D, H. Wahyono S. Wisoyodharmo L, A. 2005. Sistem Pngelolaan Limabh Plastik di Indonesia. Jurnal Teknik Lingkungan. 6(1):311-318
- Tarmizi E, Jasrio A. 2019. Household Waste Management in Bungo Pasang Village based on 3R (Reuse, Reduce, Recycle). Jurnal Penerapan IPTEKS, 1(2); 30– 6.