PEMODELAN SISTEM RANTAI PASOK TERBALIK KBLI 23205 INDUSTRI PENGOLAHAN PELUMAS DAUR ULANG DI INDONESIA DENGAN PENDEKATAN SISTEM DINAMIS

Oleh :

M. Nurman Helmi, Gatot Yudoko, Indra Sapta Noegraha

Magister Teknik Industri, Universitas Pasundan

*Model penelitian yang dilakukan adalah melakukan penelitian dengan metoda kualitatif dan kuantitatif mengenai pembuatan pelumas daur ulang di produsen pelumas daur ulang KBLI 23205 dengan produk pelumas daur ulang serta sistem rantai pasok terbaliknya dan juga sistem rantai pasok seluruh produsen pelumas Indonesia dan impor pelumas berdasarkan pasokan dan pembuangannya. Dalam model penelitian ini menggunakan pendekatan beberapa model yaitu model green supply chain, .model closed loop supply chain, model flowchart diagram dan causal diagram, model stock flow diagram, model validasi struktural dan perilaku sistem dinamis dan model uji F homogenitas.*

**1.1.Latar Belakang Masalah**

Produsen KBLI 23205 yang memproduksi pelumas daur ulang di Indonesia yang berasal dari pelumas bekas. produsen KBLI 23205 tidak akan membiarkan minyak pelumas bekas menjadi limbah yang merusak lingkungan atau di daur ulang secara illegal menjadi pelumas tak berkualitas.

Produsen KBLI 23205 ini menjadikan oli bekas sebagai tumpuan produksinya, dengan melakukan proses refining untuk memurnikan kembali pelumas bekas, yang bahan bakunya berasal dari para pemilik kendaraan bermotor di seluruh Indonesia. Berbagai inovasi dengan memanfaatkan teknologi tinggi dalam proses pemurnian oli bekas yang dikembangkan penanganan limbah oli bekas dengan menerapkan sistem pedoman Keselamatan Kerja tahun 1970 pada proses produksi pelumas daur ulang juga sistem pemurnian yang ramah lingkungan.

Selain itu produsen KBLI 23205 juga harus bersaing dengan produsen pelumas lainnya dalam memasok kebutuhan pelumas otomotif domestik dan mancanegara. Banyak perusahaan sejenis yang memproduksi pelumas untuk industri otomotif membuat produsen KBLI 23205 harus bisa bersaing dengan pasar yang ada. Oleh karena itu diperlukan sistem distribusi dalam pemenuhan permintaan pelumas otomotif.

**1.2 Perumusan Masalah**

Melihat kondisi dari sistem rantai pasok produk pelumas daur ulang yang berasal dari *refining* pelumas bekas, diperlukan sesuatu sistem model dinamis untuk bisa memetakan permasalahan dan mensimulasikan sistem rantai pasok ramah lingkungan dari pelumas daur ulang. Penelitian ini akan meneliti model sistem *closed loop supply chains dynamics* pelumas bekas dari mulai sistem sistem logistik daur ulang (*reverse logistics)*, proses pemurniaan (*refining)* dan produksi ulang (*remanufacturing)* serta sistem logistik langsung (*forward logistics*) untuk distribusi pemasaran produk daur ulang.

Pemodelan sendiri akan menggunakan model sistem dinamis dengan bantuan *software Vensim*. Adapun perancangan skenario yang akan dibangun untuk pengambilan kebijakan dimana terdapat 4 kondisi skenario yaitu :

1. Skenario kondisi normal
2. Skenario 1 apabila menambah tingkat produktivitas SDM dan kapasitas dari asosiasi pengumpul pelumas bekas untuk mengumpulkan dan memasok pelumas bekas ke produsen pelumas daur ulang.
3. Skenario 2 apabila menambah tingkat produktivitas SDM dan kapasitas penyimpanan dari asosiasi pengumpul pelumas bekas, perluasan kapasitas pemurnian dan produksi pelumas bekas, dan peningkatan penjualan dengan *backorder*.
4. Skenario 3 yaitu sama kondisi skenario 2 tetapi dengan penambahan aspek peremajaan infrastruktur dan teknologi pada semua bagian, disertai peningkatan kualitas SDM dan kualitas produk dengan promosi produk yang efektif.

**2.1 Tinjauan Pustaka**

**2.1.1 Definisi Limbah**

(Brito, Flapper, Dekker, 2002) Definisi tentang limbah adalah sebagai semua item, padatan dan cairan yang dihasilkan oleh kegiatan bisnis atau eksistensi dari manusia dan yang tidak pantas di suatu tempat pada waktu tertentu. Selain itu, sebagai sampah limbah padat dan cair yang dihasilkan oleh rumah tangga, gedung publik dan pelayanan publik. Hal tersebut termasuk sampah yang dikumpulkan di septik tank, kapal karam, emisi kendaraan bermotor dan limbah industri. Intinya adalah setiap limbah itu timbul salah satu dari akibat pelaksanaan bisnis.

**2.1.2 Manajemen Rantai Pasok Hijau**

Menurut *Council of Supply Chain Management Professionals* mendefinisikan bahwa manajemen rantai pasok adalah meliputi perencanaan dan manajemen dari semua aktivitas terlibat dalam sumber, pengadaan, konversi, dan semua kegiatan manajemen logistik. Mencakup koordinasi dan kerjasama dengan mitra dalam saluran, yang dapat menjadi pihak pemasok, perantara, penyedia layanan pihak ketiga, dan pelanggan. Pada dasarnya, manajemen rantai pasok mengintegrasikan manajemen penawaran dan permintaan dalam dan di seluruh perusahaan.

**2.1.3 Manajemen Rantai Pasok Tertutup *(Closed Loop Supply Chain*)**

Manajemen rantai pasokan tertutup dapat didefinisikan sebagai berikut (Guide, Wassenhove, 2008 ) adalah suatu desain, kontrol dan pengoperasian sistem untuk memaksimalkan penciptaan nilai atas seluruh siklus hidup produk dengan dinamis untuk pemulihan nilai dari berbagai jenis dan volume dalam pengembalian dari waktu ke waktu.

Gambar 2.1 Sistem Rantai Pasok Tertutup

(Guide,Wassenhouve, 2008, INSEAD, *Closed Loop Supply Chain* hal.5)

**2.1.4 Logistik Maju (*Forward Logistics)***

*Council of Supply Chain Management Professionals* menyatakan bahwa manajemen logistik umum adalah bagian dari rantai pasok dengan implementasi yang terencana dan kontrol yang efisien dan efektif yang maju serta mampu membalikkan aliran dalam penyimpanan barang, jasa dan informasi terkait, antara posisi awal dan posisi konsumsi untuk memenuhi kebutuhan pelanggan.

Gambar 2.2 Kegiatan Logistik Maju

(Bonev, 2012, *Managing Reverse Logistics Using System Dynamics: A Generic End-to-end Approach* hal.5*)*

**2.1.5 Logistik Daur Ulang *(Reverse Logistics)***

(Fleischmann, 1997) mengatakan bahwa logistik daur ulang adalah proses yang mencakup kegiatan logistik sepanjang jalan dari produk yang digunakan dan tidak lagi diperlukan oleh pengguna untuk produk-produk yang dapat digunakan kembali di pasar".

(Dowlatshahi, 2000) menjelaskan *reverse logistics* sebagai sebuah proses di mana produsen secara sistematis menerima produk yang sebelumnya dikirimkan atau bagian dari titik untuk konsumsi yang memungkinkan daur ulang, remanufacturing atau pembuangan.

Gambar 2.3 Kegiatan Logistik Daur Ulang

(Bonev, 2012, *Managing Reverse Logistics Using System Dynamics: A Generic End-to-end Approach* hal.6*)*

**2.1.6 Manajemen Pemulihan Produk**

Berikut ini produk opsi pemulihan terhadap sampah dan limbah yang melibatkan koleksi produk , penggunaan, komponen, pengolahan dan redistribusi. Perbedaan utama antara adalah terhadap proses pengolahan limbah,perbaikan, dan remanufaktur untuk meningkatkan kualitas produk (Thierry,1995). Berikut ini adalah gambar manajemen pemulihan produk :

Apa yang mereka berbeda di adalah gelar upgrade.

Service

**2. Repair**

Product assembly

Modules assembly

Parts fabrication

Users

Raw materials

Distribution

**6. Recycling**

**3. Refurbishing**

**1..reuse/resalee**

**8. Landfilling**

**4.**

**Remanufacturing**

**7. Incineration**

**5. Caniballization**

 forward flows

 return flows

Gambar 2.4 Manajemen Pemulihan Produk

 (Thierry,1995, *Strategic Issues in Product Recovery Management*)

**2.1.7 Program *Remanufacturing* dalam *Reverse Logistics***

*Remanufacturing* pada sistem loop tertutup yang longgar di mana produk diservis untuk digunakan kembali memasuki sistem produksi. Produk eksternal ini kembali biasanya memasuki kompleks pembongkaran subsistem. Gambar 2.12 mengungkapkan bagaimana proses penyimpanan pada tahap yang berbeda dari *product recovery system,* terjalin untuk kegiatan pembongkaran, pengolahan dan produksi perakitan. Masalah perencanaan produksi sekarang harus diselesaikan sehubungan dengan berbagai subsistem dari sistem pemulihan produk lengkap.

Gambar 2.5 Perencanaan Produksi untuk *Product Recovery System* (Inderfurt, Flapper, Pappis,2004, *Quantitative Models for Closed-Loop Supply* *Chains : Production Planning for Product Recovery Management* hal.249)

 **2.2.1 Definisi Sistem Berpikir**

Sistem adalah sekumpulan unsur atau elemen yang saling berkaitan dan saling mempengaruhi dalam melakukan kegiatan bersama untuk mencapai suatu tujuan. Menurut Forrester bahwa sistem dapat didefinisikan sebagai kelompok komponen yang beroperasi secara bersama-sama untuk mencapai tujuan.

Sistem berpikir tidak memiliki definisi yang jelas atau penggunaan. Sistem berpikir terminologi diterapkan ke bidang yang halus atau seperti berpikir sistem dan sistem praktek (Checkland, 1981).

Gambar 2.21 Model Kemampuan Berpikir Kritis Dalam Sistem Berpikir (Richmond, 1993, *Systems Thinking: Critical Thinking Skills For The*

*1990s and Beyond*, hal.122)

**2.2.2 Sistem Dinamis**

Sistem Dinamis adalah cara pendekatan dengan bantuan komputer untuk analisis kebijakan dan desain. Hal ini berlaku untuk masalah yang dinamis yang timbul dalam kompleks sosial, manajerial, sistem ekonomi, atau ekologi-secara harfiah setiap sistem dinamis yang ditandai dengan saling ketergantungan, saling interaksi, umpan-balik informasi dan kausalitas yang melingkar kausalitas. *(System Dynamics Society, 2014)*

Gambaran interaksi dalam sistem dinamis kurang lebih dijelaskan sebagai berikut :

1. Sudut pandang sistem terbuka merupakan cara berpikir linier atau istilah *nonfeedbac**k.* faktor ini diyakini mempengaruhi sistem dari luar tanpa dipengaruhi itu sendiri, bagaimanapun, ia diwakili sebagai variabel *eksogen* dalam model dalam melihat masalah, memutuskan tindakan, mengharapkan hasil dan percaya itu adalah akhir dari masalah.

Gambar 2.24 Sistem Terbuka *Eksogen*

(Forrester, 1991, *System Dynamics and the Lessons of 35 Years* hal.8)

1. Sudut pandang sistem tertutup merupakan analisis kebijakan secara signifikan yang dipengaruhi oleh perspektif umpan balik dan kausalitas melingkar yang akan mengungkap sumber sistem perilaku yang ada dalam struktur sistem itu sendiri. Mengambil pandangan *endogen* memperlihatkan kecenderungan kompensasi alami dalam sistem sosial yang berkonspirasi untuk mengalahkan banyak inisiatif dimana persepsi yang lebih realistis di mana masalah mengarah pada tindakan yang menghasilkan hasil yang juga akan menciptakan masalah masa depan dan tindakan.

Gambar 2.25 Sistem Tertutup *Endogen*

(Forrester, 1991, *System Dynamics and the Lessons of 35 Years* hal.8)

Konsep perubahan variabel e*ndogen* merupakan dasar dalam pendekatan dinamika sistem. Dalam menentukan aspek-aspek perumusan model, gangguan eksogen sering terlihat sebagai pemicu sistem perilaku yang penyebab interaksi yang terkandung dalam struktur sistem itu sendiri .

**2.2.3 Model *Causal Loop***

Secara konseptual, konsep umpan balik adalah inti dari pendekatan sistem dinamis. Diagram *loop* umpan balik informasi dan melingkar kausalitas adalah alat untuk konseptualisasi struktur sistem yang kompleks dan berkomunikasi model-berdasarkan wawasan. Secara intuitif, *loop* umpan balik ada ketika informasi yang dihasilkan dari beberapa tindakan perjalanan melalui sistem dan akhirnya kembali dalam beberapa bentuk ke titik asal, berpotensi mempengaruhi tindakan masa depan.

Ada dua jenis *loop* umpan balik positif dan *loop* umpan balik negatif (Pruyt, 2013) :

* 1. Umpan balik disebut positifatau memperkuat Jika peningkatan awal variabel mengarah setelah beberapa waktu tambahan meningkatkan A dan seterusnya, dan jika awal penurunan mengarah tambahan mengurangi A dan seterusnya. Dalam isolasi, seperti *loop* umpan balik meningkatkan diri: mereka menghasilkan perilaku yang meningkat secara eksponensial yang bisa sangat menguntungkan atau merugikan sangat. Istilah positif dengan demikian tidak menjadi bingung dengan makna sehari-hari.

Gambar 2.27 *Reinforcing Loops* (Pryut, 2013 , *Small System Dynamics Models for Big Issues* hal.35 )

* 1. Umpan balik disebut negatif atau menyeimbangkan Jika peningkatan awal variabel memimpin setelah beberapa waktu penurunan a, dan jika awal penurunan mengarah pada peningkatan A. Dalam isolasi, *loop* umpan balik seperti menghasilkan perilaku menyeimbangkan atau mencari tujuan. Mereka adalah sumber stabilitas serta penolakan terhadap perubahan. Kehadiran *loop* umpan balik negatif dalam sistem tidak menyiratkan bahwa tujuan akan tercapai atau bahwa proses ini di bawah kontrol. Umpan balik negatif juga dapat menyebabkan perilaku yang tidak diinginkan, misalnya tidak diinginkan oskilasi perilaku karena *loop* umpan balik negatif dengan penundaan.

Gambar 2.28 *Balancing Loops* (Pryut, 2013 , *Small System Dynamics Models for Big Issues* hal.35 )

**2.2.4 *Stock-Flow Diagrams***

Dalam sistem dinamika pemodelan, perilaku dinamis dianggap timbul karena prinsip akumulasi. Lebih tepatnya, prinsip ini menyatakan bahwa semua perilaku yang dinamis di dunia terjadi ketika aliran menumpuk di saham.

Gambar 2.29 Diagram *Stock* dan *Flow*

Dalam hal metafora, saham dapat dianggap sebagai sebuah bathtub dan sebuah aliran dapat dianggap sebagai keran dan pipa yang mengisi atau saluran saham seperti yang ditunjukkan dalam gambar (Pryut, 2013).

**2.3.1 Prinsip Perumusan Masalah dalam Sistem Dinamis**

Dalam konsep pembelajaran di mana di dalamnya ada aspek *doing*, *feeling*, *watching* dan *thinking*. Dari konsep model tersebut merupakan dasar yang digunakan untuk melakukan Proses Eksperimen Pembelajaran dalam membuat model. Berikut ini adalah pengembangan dari model Kolb dalam pendekatan pembelajaran sistem dinamis (Saeed, 1997).

mental model.

Gambar 2.37 *Loop* Sistem Dinamis Praktis ( Saeed, 1997, *System Dynamics as a Technology of Learning for New Liberal Education* hal.5)

**2.3.2 Struktural Validitas Model Sistem Dinamis**

Secara umum, validasi sistem dinamis model menarik pada dua asumsi dasar sistem dinamis pemodelan proses: sistem dinamis model yang dibangun untuk memenuhi tujuan dan struktur model drive perilaku (Forrester, 1961). sistem dinamis pemodelan proses dimulai dengan 'konseptualisasi' dari masalah kebijakan dan menghasilkan 'kuantitatif komputer simulasi model' untuk penilaian kebijakan dan desain. Tujuan dari model menginformasikan pembangunan model kualitatif dan kuantitatif. Sejak pendiriannya, sistem dinamis telah menghubungkan validasi model dengan "tujuan". Sebagai Forrester tegas beda yang validitas model harus dinilai dengan kesesuaian untuk tujuan tertentu dan keabsahan, sebagai sebuah konsep abstrak yang bercerai dari tujuan, tidak berguna menggunakan (Forrester 1961).

**2.3.3 Prosedur Model Validitas Sistem Dinamis**

Dalam model sistem dinamis tujuan dari perilaku validasi adalah untuk memeriksa kemampuan model untuk menghasilkan pola-pola perilaku yang mirip dengan sistem aktual perilaku berdasarkan penelitian oleh (Barlas,1985).

1. **Validasi Struktural *(Structural Validity)***

Identifikasi struktur yang sesuai, bertanggung jawab untuk perilaku yang 'benar', adalah multidimensi proses: masalah representasi, struktur logis dan hubungan kausal dan matematika.

(Forrester dan Senge, 1980) dibahas beberapa tes digunakan untuk validasi struktural SD model:

1. *Boundary* kecukupan: Apakah konsep penting dan struktur untuk mengatasi masalah kebijakan yang endogen model ?
2. Verifikasi Struktur: Apakah struktur model konsisten dengan pengetahuan deskriptif yang relevan dari sistem sedang dimodelkan ?
3. Verifikasi parameter: Apakah parameter dalam model konsisten dengan pengetahuan deskriptif dan numerik yang relevan dari sistem ?
4. Konsistensi Dimensional: Apakah persamaan masing-masing dalam model dimensi sesuai dengan sistem yang nyata ?
5. Kondisi extreme: Apakah model menunjukkan perilaku yang logis ketika dipilih parameter yang diberikan nilai-nilai ekstrim ?

(Barlas,1989) telah menunjukkan bahwa perilaku sensitivitas tes, awalnya diusulkan oleh (Forrester dan Senge, 1980) sebagai tes validitas perilaku, dapat mendeteksi kelemahan struktural utama dari model meskipun fakta bahwa model dapat menghasilkan pola perilaku yang sangat akurat. Tes Pengaruh yang berorientasi struktural yaitu apakah real sistem akan menunjukkan kepekaan tinggi serupa parameter-parameter tersebut untuk model mana perilaku menampilkan sensitivitas tinggi.

1. **Validasi Perilaku *(Behavior Validation)***

Prosedur validasi pola perilaku multi-langkah yang diusulkan oleh (Barlas, 1985) Tujuan utamanya adalah untuk mengembangkan alat perbandingan amplitudo dan menciptakan perilaku mudah dipahami dengan validasi untuk sistem lingkungan dinamis praktis. Validasi perilaku multi-langkah prosedur yang diusulkan oleh (Barlas, 1985) termasuk enam langkah berikut beserta rumus untuk validasi :

* + - 1. *Comparing The Means:* yaitu Praktek pendekatan, membandingkan nilai persen *error* rata-rata yang bisa diperiksa untuk dari seberapa besar perbedaan rata-rata kondisi nyata dan rata-rata simulasi.

 (2-1)

* + - 1. *Comparing The (Amplitude) Variations:* yaitu nilai persen *error* untuk variansi untuk membandingkan nilai seberapa besar perbedaan variansi kondisi nyata dan variansi simulasi.

 (2-2)

1. **Uji F Homogenitas**

Pengujian homogenitas adalah pengujian mengenai sama tidaknya variansi-variansi dua buah distribusi atau lebih. Uji homogenitas yang akan dibahas dalam tulisan ini adalah Uji Homogenitas Variansi dan Uji Bartlett. Uji homogenitas dilakukan untuk mengetahui apakah data dalam variabel X dan Y bersifat homogen atau tidak.

Langkah-langkah menghitung uji homogenitas :

1. Mencari Varians/Standar deviasi Variabel X danY, dengan rumus :

 (2-3)

2. Mencari F hitung dengan dari varians X danY, dengan rumus :

 (2-4)

Pembilang: S besar artinya Variansi dari kelompok dengan variansi terbesar (lebih banyak)

Penyebut: S kecil artinya Variansi dari kelompok dengan variansi terkecil (lebih sedikit)

Jika variansi sama pada kedua kelompok, maka bebas tentukan pembilang dan penyebut.

Membandingkan F hitung dengan [F tabel](http://www.statistikian.com/2012/07/f-tabel-dalam-excel.html) pada tabel distribusi F, dengan:

* Untuk varians dari kelompok dengan variance terbesar adalah dk pembilang n-1
* Untuk varians dari kelompok dengan  variance terkecil adalah dk penyebut n-1
* Jika F hitung < [F tabel](http://www.statistikian.com/2012/07/f-tabel-dalam-excel.html), berarti homogen, jika F hitung > [F tabel](http://www.statistikian.com/2012/07/f-tabel-dalam-excel.html), berarti tidak homogen

**3.1 Hasil Closed Loop Diagram**

Model konseptual nanti yang kemudian dibangun untuk formulasi model menggunakan struktur informasi dengan diberikan aturan dan menggabungkan hipotesa bersama dengan rincian penting lain dari masalah sistem rantai pasok pelumas bekas terkait dan pelumas daur ulang daur ulang.

Secara konseptual, konsep umpan balik (*Causal Loop*) merupakan inti dari pendekatan sistem dinamis. dimana Informasi dari diagram loop umpan balik dan kausalitas melingkar merupakan alat untuk konseptualisasi struktur sistem yang kompleks dalam merumuskan formulasi model.

Formulasi model simulasi. Dalam tahap ini kondisi sistem diterjemahkan ke dalam persamaan *level* dan *rate* dengan model sistem dinamis. Dalam menciptakan model simulasi mengharuskan kondisi sedikit umum agar mudah dipahami tetapi lengkap. Formulasi model dibuat eksplisit sehingga persamaan diharapkan bisa mengungkapkan kesenjangan dan inkonsistensi yang harus diatasi dalam kondisi sebelumnya

Secara teknis, setiap formulasi model dapat dibangun dengan *Stock, Flow* dan *Causal link*. Dalam prakteknya, model sistem dinamis mengandung banyak variabel dimana semua variabel sesuai dengan unsur-unsur yang ada pada proses bisnis pelumas daur ulang.

Gambar berikut ini merupakan gabungan dari gambar diagram causal gabungan dari sub sistem :

1. Closed loop sub sistem pengumpulan pelumas bekas .
2. *Closed loop* sub sistem pemurnian pelumas bekas dan produksi pelumas daur ulang
3. *Closed loop* sub sistem distribusi pelumas daur ulang.
4. *Closed loop* sub sistem variabel biaya dan keuntungan produsen pelumas daur ulang KBLI 23205.

Gambar 3.1 Gambar Diagram kausal untuk *Closed Loop Supply Chain* Pelumas daur ulang

**3.2 Simulasi Sistem Dinamis**

Simulasi sistem dinamis dimana kriteria dari model logis telah diformulasikan, lalu semua variabel ditetapkan dan didefinisikan dan software sistem dinamis dapat memberikan cek yang logis. Ketika simulasi pada kondisi peran perilaku sistem yang tidak realistis maka simulasi dapat diarahkan kembali ke perbaikan deskripsi dari masalah dan penyempurnaan dari formulasi model. Pada tahap, simulasi juga harus menunjukkan bagaimana pertimbangan yang dihasilkan dalam dunia nyata.

Simulasi sistem dinamis harus dapat mengungkapkan di masa sekarang dan kemudian. Dan setelah itu pada langkah berikutnya adalah tahap yang mengarah ke peningkatan dan implementasi. Simulasi sistem dinamis mampu melengkapi syarat-syarat yang dibutuhkan sistem manajemen dalam menyediakan kerangka permodelan yang saling mempengaruhi satu sama lain, menangkap nonlineritas dan dinamika, dan membangkitkan perilaku endogen.

**3.4 Analisa Validasi Struktural**

1. **Analisa Uji *Boundary* Kecukupan**

Dalam uji *boundary* kecukupan konsep meliputi struktur dari rantai pasok proses pengumpulan pelumas bekas, proses pemurnian pelumas bekas, proses produksi pelumas daur ulang dan proses pendistribusian pelumas daur ulang.

Dari proses tersebut telah membandingkan pemanfaatan pelumas bekas untuk dibuat pelumas daur ulang, terhadap pemanfaatan lainnya. Selain itu juga membandingkan distribusi pelumas daur ulang terhadap pelumas lainnya, dan kontribusi terhadap persediaan pasokan pelumas di Indonesia. Sehingg struktur tersebut dianggap sudah mewakili kondisi dari sistem rantai pasok pelumas daur ulang KBLI 23205 terhadap sistem pembuangan pelumas bekas dan distribusi pelumas daur ulang sehingga simulasi sistem dinamis yang dilakukan sudah cukup meliputi terhadap struktur industri sebenarnya.

1. **Analisa Uji Verifikasi Struktur**

Dari tabel 4.4 uji verifikasi struktur dengan penelitian terkait diatas sudah mengambil beberapa rujukan dari penelitian yang sebelumnya telah dilakukan baik dalam penelitiaan *closed loop supply chain* danjuga penelitian yang terkait dengan sistem dinamis. Selain itu dalam penelitian ini juga selain menggunakan dengan data deskriptif dan sekunder yang terkait bidang produksi pelumas daur ulang dan juga tinjauan dari beberapa artikel terkait pelumas daur ulang. Oleh karena itu verifikasi struktur terhadap simulasi sistem dinamis dianggap sudah layak dengan nilai struktur data mendekati dari kondisi sebenarnya dari sistem rantai pasok terbalik pelumas daur ulang.

1. **Analisa Uji Verifikasi Parameter**

Dari tabel 4.4 dengan memeriksa sejauh mana parameter dalam pengukuran telah sesuai dengan pengetahuan deskriptif dan numerik dalam standar satuan konstanta yang baku.

Dari parameter subsistem pengumpulan pelumas bekas, subsistem produksi pelumas dari bahan baku pelumas bekas, subsistem distribusi pelumas daur ulang dan subsistem biaya dan keuntungan tersebut menjadi parameter model yang konsisten dengan pengetahuan deskriptif dan numerik yang sesuai dari kondisi nyata dalam parameter berdasarkan sistem *closed loop supply chain* pengolahan daur ulang pelumas bekas dan pemodelan sistem dinamis . Sehingga parameter hasil simulasi sistem dinamis bisa dijadikan rujukan dalam perbandingan dalam pengambilan keputusan di dunia nyata.

1. **Analisa Uji Konsistensi Dimensional**

Dari parameter subsistem pengumpulan pelumas bekas, tabel 4.9 parameter subsistem produksi pelumas dari bahan baku pelumas bekas, parameter subsistem distribusi pelumas daur ulang dan subsistem biaya dan keuntungan. Dalam mengukur parameter tersebut menggunakan satuan dimensional yang umum digunakan di Indonesia untuk mengukur satuan konstanta berdasarkan parameter yang diukur seperti bulan untuk satuan waktu, liter untuk jumlah pelumas dan rupiah untuk satuan uang dan lain sebagainya . Sehingga satuan konstanta hasil simulasi sistem dinamis sama dengan konstanta satuan dari sistem nyata.

1. **Analisa Uji Kondisi Ekstrim**

Dari hasil simulasi menunjukan ketika diberi nilai parameter yang ekstrim pada tabel 4.8 subsistem pengumpulan pelumas bekas masih bisa berperilaku logis jika diberikan jumlah pelumas bekas yang ekstrim karena pada subsistem ini kapasitas penyimpanan tidak dibatasi. Sehingga dalam simulasi sistem ini nilai ekstrim tidak akan terlalu berpengaruh dan akan tetap berprilaku normal.

Sedangkan pada tabel 4.9 subsistem produksi pelumas dari bahan baku pelumas bekas akan berperilaku tidak logis jika di beri nilai ekstrim pada parameter jumlah pelumas bekas, karena dibatasi oleh kapasitas pemurnian dan produksi. Sehingga dalam simulasi sistem dinamis pemberian nilai ekstrim pada nilai pelumas bekas harus juga di ikuti dengan pemberian nilai ekstrim pada kapasitas pemurnian dan produksi sehingga akan berprilaku logis.

Sedangkan pemberian nilai parameter pada tabel 4.10 parameter subsistem distribusi pelumas daur ulang akan berperilaku logis jika diberi nilai ekstrim pada nilai pelumas daur ulang disertai dengan nilai ekstrim pada persediaan dan kapasitas penyimpanan meskipun diberi nilai parameter ekstrim, oleh karena itu pemberiaan nilai ekstrim harus bersamaan antara penjualan, pasokan produk dan kapasitas penyimpanan agar bisa berprilaku logis dari hasil simulasi sistem dinamis.

**3.5 Analisa Uji Validasi Perilaku**

1. **Analisa Uji Nilai *Error* Rata-rata**

 Uji membandingkan untuk nilai *error* rata-rata, model ini akan berlaku jika tingkat kesalahan adalah kurang dari 5%. Adapun yang akan dilakukan pengujian adalah sebagai berikut :

1. Perbandingan nilai *error* rata-rata pelumas bekas industri dan transportasi dari hasil uji validasi perilaku nilai error rata-rata, didapatkan nilai sebesar 0,102 % dan masih dibawah 5 %, maka nilai rata-rata sah.
2. Perbandingan nilai *error* rata-rata jumlah mobil di Indonesia dari hasil uji validasi perilaku nilai error rata-rata, didapatkan nilai sebesar 0,004 % dan masih dibawah 5 %, maka nilai rata-rata sah.
3. Perbandingan nilai *error* rata-rata jumlah truk dan bis Indonesia dari hasil uji validasi perilaku nilai error rata-rata, didapatkan nilai sebesar 0,02 % dan masih dibawah 5 %, maka nilai rata-rata sah.
4. Perbandingan nilai *error* rata-rata jumlah motor Indonesia dari hasil uji validasi perilaku nilai error rata-rata, didapatkan nilai sebesar 0,06 % dan masih dibawah 5 %, maka nilai rata-rata sah.
5. Perbandingan nilai *error* rata-rata produksi pelumas Indonesia dari hasil uji validasi perilaku nilai error rata-rata, didapatkan nilai sebesar 0,009 % dan masih dibawah 5 %, maka nilai rata-rata sah.
6. Perbandingan nilai *error* produksi pelumas daur ulang Indonesia dari hasil uji validasi perilaku nilai error rata-rata, didapatkan nilai sebesar 0,04 % dan masih dibawah 5 %, maka nilai rata-rata sah.

Dari keenam pengujian nilai *error* rata-rata tidak ada yang melebihi dari 5%, artinya bahwa semua perbandingan antara nilai simulasi mendekati nilai nyata, maka nilai rata-rata sah.

**B. Analisa Uji Nilai *Error* Variansi**

Uji membandingkan untuk nilai *error* variansi dimana kesalahan persen dalam adalah kurang dari 30%. Adapun yang akan dilakukan pengujian adalah sebagai berikut :

1. Perbandingan nilai *error* variansi produksi pelumas daur ulang Indonesia dari hasil uji validasi perilaku nilai *error* variansi, didapatkan nilai sebesar 0,35 % dan masih dibawah 30 %, maka nilai variansi sah
2. Perbandingan nilai *error* variansi jumlah mobil di Indonesia dari hasil uji validasi perilaku nilai *error* variansi, didapatkan nilai sebesar 0,053% dan masih dibawah 30 %, maka nilai variansi sah.
3. Perbandingan nilai *error* variansi jumlah truk dan bis di Indonesia dari hasil uji validasi perilaku nilai *error* variansi, didapatkan nilai sebesar 0,17% dan masih dibawah 30 %, maka nilai variansi sah.
4. Perbandingan nilai *error* variansi jumlah motor di Indonesia dari hasil uji validasi perilaku nilai *error* variansi, didapatkan nilai sebesar 0,06% dan masih dibawah 30 %, maka nilai variansi sah.
5. Perbandingan nilai *error* variansi produksi pelumas di Indonesia dari hasil uji validasi perilaku nilai *error* variansi, didapatkan nilai sebesar 8,999 % dan masih dibawah 30 %, maka nilai variansi sah.
6. Perbandingan nilai *error* variansi produksi pelumas daur ulang di Indonesia dari hasil uji validasi perilaku nilai *error* variansi, didapatkan nilai sebesar 0,15 % dan masih dibawah 30 %, maka nilai variansi sah.

Dari keenam pengujian nilai *error* variansi tidak ada yang melebihi dari 30%, artinya bahwa semua perbandingan antara nilai simulasi mendekati nilai nyata, maka nilai variansi sah.

**C. Analisa Uji F Nilai Homogenitas**

Pengujian homogenitas adalah pengujian mengenai sama tidaknya variansi-variansi dua buah distribusi atau lebih. Uji homogenitas dilakukan untuk mengetahui apakah data dalam variabel data BPS dan variabel data hasil simulasi bersifat homogen jika nilai F hitung lebih kecil dari nilai F tabel dengan derajat kepercayaan 95 %. Adapun yang akan dilakukan pengujian adalah sebagai berikut :

1. Perbandingan nilai uji F homogenitas pelumas bekas industri dan transportasi Indonesia dari hasil uji validasi perilaku uji F homogenitas, didapatkan nilai F hitung sebesar 1,136 dan masih dibawah 9,278 dari nilai F tabel dengan n = 3, dan derajat α = 0,05, berarti perilaku data adalah homogen.
2. Perbandingan nilai uji F homogenitas jumlah mobil di Indonesia dari hasil uji validasi perilaku uji F homogenitas, didapatkan nilai F hitung sebesar 1,003 dan masih dibawah 9,278 dari nilai F tabel dengan n = 3, dan derajat α = 0,05, berarti perilaku data adalah homogen.
3. Perbandingan nilai uji F homogenitas jumlah truk dan bis di Indonesia dari hasil uji validasi perilaku uji F homogenitas, didapatkan nilai F hitung sebesar 1,023 dan masih dibawah 9,278 dari nilai F tabel dengan n = 3, dan derajat α = 0,05, berarti perilaku data adalah homogen.
4. Perbandingan nilai uji F homogenitas jumlah motor di Indonesia dari hasil uji validasi perilaku uji F homogenitas, didapatkan nilai F hitung sebesar 1,007 dan masih dibawah 9,278 dari nilai F tabel dengan n = 3, dan derajat α = 0,05, berarti perilaku data adalah homogen.
5. Perbandingan nilai uji F homogenitas produksi pelumas di Indonesia dari hasil uji validasi perilaku uji F homogenitas, didapatkan nilai F hitung sebesar 1,008 dan masih dibawah 9,278 dari nilai F tabel dengan n = 3, dan derajat α = 0,05, berarti perilaku data adalah homogen.
6. Perbandingan nilai uji F homogenitas pelumas daur ulang di Indonesia dari hasil uji validasi perilaku uji F homogenitas, didapatkan nilai F hitung sebesar 1,043 dan masih dibawah 9,278 dari nilai F tabel dengan n = 3, dan derajat α = 0,05, berarti perilaku data adalah homogen.

Dari keenam pengujian nilai uji F homogenitas tidak ada yang melebihi dari 9,278, berarti perilaku data adalah homogen artinya semua perbandingan antara nilai simulasi mendekati nilai nyata.

Gambar3.2 Grafik Diagram *Stockflow* Pelumas Daur Ulang KBLI 23205

Tabel 3.1 Perbandingan Hasil Simulasi Sistem Dinamis

| **No** | **Simulasi Sistem Dinamis** | **Kondisi Normal** | **Skenario 1** | **Skenario 2** | **Skenario 3** |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| 1 | **Pasokan Pelumas Bekas** | Pasokan pelumas bekas normal tetapi pasokan setiap tahun cenderung menurun. | Jumlah pasokan pelumas bekas meningkat tetapi pasokan setiap tahun cenderung menurun | Jumlah pasokan pelumas bekas meningkat tetapi pasokan setiap tahun cenderung menurun | Jumlah pasokan pelumas bekas meningkat tetapi pasokan setiap tahun cenderung meningkat |
| 2 | **Sistem Pengumpulan Indonesia Barat** | Pasokan pelumas bekas normal dan pasokan setiap tahun cenderung menurun., tetapi produktivitas kinerja pengumpul pelumas bekas kurang maksimal terhadap pasokan pelumas bekas. | Pasokan pelumas bekas meningkat dan pasokan setiap tahun cenderung menurun., tetapi produktivitas kinerja pengumpul pelumas bekas sudah baik terhadap pasokan pelumas bekas. | Pasokan pelumas bekas meningkat dan pasokan setiap tahun cenderung menurun,tetapi produktivitas kinerja pengumpul pelumas bekas sudah baik terhadap pasokan pelumas bekas. | Pasokan pelumas bekas meningkat dan pasokan setiap tahun cenderung meningkat., tetapi produktivitas kinerja pengumpul pelumas bekas sudah baik terhadap pasokan pelumas bekas. |
| 3 | **Sistem Pengumpulan Indonesia Tengah** | Pasokan pelumas bekas normal dan pasokan setiap tahun cenderung menurun., tetapi produktivitas kinerja pengumpul pelumas bekas kurang maksimal terhadap pasokan pelumas bekas. | Pasokan pelumas bekas meningkat dan pasokan setiap tahun cenderung menurun., tetapi produktivitas kinerja pengumpul pelumas bekas sudah baik terhadap pasokan pelumas bekas. | Pasokan pelumas bekas meningkat dan pasokan setiap tahun cenderung menurun., tetapi produktivitas kinerja pengumpul pelumas bekas sudah baik terhadap pasokan pelumas bekas. | Pasokan pelumas bekas meningkat dan pasokan setiap tahun cenderung meningkat., tetapi produktivitas kinerja pengumpul pelumas bekas sudah baik terhadap pasokan pelumas bekas. |
| 4 | **Sistem Pengumpulan Indonesia Timur** | Pasokan pelumas bekas normal dan pasokan setiap tahun cenderung menurun., tetapi produktivitas kinerja pengumpul pelumas bekas kurang maksimal terhadap pasokan pelumas bekas. | Pasokan pelumas bekas meningkat dan pasokan setiap tahun cenderung menurun, tetapi produktivitas kinerja pengumpul pelumas bekas sudah baik terhadap pasokan pelumas bekas. | Pasokan pelumas bekas meningkat dan pasokan setiap tahun cenderung menurun,tetapi produktivitas kinerja pengumpul pelumas bekas sudah baik terhadap pasokan pelumas bekas. | Pasokan pelumas bekas meningkat dan pasokan setiap tahun cenderung meningkat, tetapi produktivitas kinerja pengumpul pelumas bekas sudah baik terhadap pasokan pelumas bekas. |
| 5 | **Sistem Pemurnian** | Pasokan pelumas bekas normal dan pasokan setiap tahun cenderung menurun, tetapi proses pemurnian juga normal dan konstan. | Pasokan pelumas bekas normal dan pasokan setiap tahun cenderung menurun, tetapi proses pemurnian meningkat konstan. | Pasokan pelumas bekas meningkat dan pasokan setiap tahun cenderung menurun, tetapi proses pemurnian meningkat konstan. | Pasokan pelumas bekas meningkat dan pasokan setiap tahun cenderung meningkat, tetapi proses pemurnian meningkat konstan. |
| 6 | **Sistem Produksi** | Pasokan pelumas murni dan pasokan setiap tahun konstan tetapi produksi pelumas daur ulang setiap tahun cenderung menurun. | Jumlah pasokan pelumas murni meningkat dibandingkan kondisi normal dan pasokan pelumas murni konstan. tetapi produksi pelumas daur ulang setiap tahun cenderung menurun. | Jumlah pasokan pelumas murni meningkat dibandingkan kondisi normal dan pasokan pelumas murni konstan. tetapi produksi pelumas daur ulang setiap tahun cenderung menurun. | Jumlah pasokan pelumas murni meningkat dibandingkan kondisi normal dan pasokan pelumas murni konstan. tetapi produksi pelumas daur ulang setiap tahun cenderung meningkat. |
| 7 | **Sistem Distribusi Pusat** | Pasokan pelumas daur ulang normal dan disebarkan sesuai dengan tingkat permintaan dari setiap wilayah, tetapi produksi dan permintaan setiap tahunnya cenderung menurun. | Pasokan pelumas daur ulang normal dan disebarkan sesuai dengan tingkat permintaan dari setiap wilayah, tetapi permintaan setiap tahunnya cenderung menurun. | Pasokan pelumas daur ulang meningkat dibandingkan kondisi normal dan disebarkan sesuai dengan tingkat permintaan dari setiap wilayah, tetapi permintaan setiap tahunnya cenderung menurun. | Pasokan pelumas daur ulang meningkat dibandingkan normal dan disebarkan sesuai dengan tingkat permintaan dari setiap wilayah, tetapi permintaan setiap tahunnya cenderung meningkat. |
| 8 | **Sistem Distribusi Indonesia Barat** | Pasokan pelumas daur ulang Indonesia Barat berdasarkan pembagian ke setiap wilayah dengan kondisi normal, tetapi setiap tahunnya hasil permintaaan cenderung menurun, dan pelayanan sistem distribusi normal. | Pasokan pelumas daur ulang Indonesia Barat berdasarkan pembagian ke setiap wilayah dengan kondisi normal, tetapi setiap tahunnya hasil permintaaan cenderung menurun, dan pelayanan sistem distribusi normal. | Pasokan pelumas daur ulang Indonesia Barat berdasarkan pembagian ke setiap wilayah dengan jumlah yang meningkat, tetapi setiap tahunnya hasil permintaaan wilayah ini tinggi tetapi setiap tahun cenderung menurun, dan pelayanan sistem distribusi normal sehingga terjadi *backorder* yang mengakibatkan penundaan dalam memenuhi permintaan yang tinggi pada 1 tahun pertama.  | Pasokan pelumas daur ulang Indonesia Barat berdasarkan pembagian ke setiap wilayah dengan jumlah yang meningkat, tetapi setiap tahunnya hasil permintaaan wilayah ini tinggi tetapi setiap tahun cenderung meningkat, dan pelayanan sistem distribusi meningkat sehingga terjadi *backorder* yang mengakibatkan penundaan dalam memenuhi permintaan yang tinggi pada 2 bulan pertama.  |
| 9 | **Sistem Distribusi Indonesia Tengah** | Pasokan pelumas daur ulang Indonesia Tengah berdasarkan pembagian ke setiap wilayah dengan kondisi normal, tetapi setiap tahunnya hasil permintaaan cenderung menurun, dan pelayanan sistem distribusi normal. | Pasokan pelumas daur ulang Indonesia Tengah berdasarkan pembagian ke setiap wilayah dengan kondisi normal, tetapi setiap tahunnya hasil permintaaan cenderung menurun, dan pelayanan sistem distribusi normal. | Pasokan pelumas daur ulang Indonesia Tengah berdasarkan pembagian ke setiap wilayah dengan jumlah yang meningkat, tetapi setiap tahunnya hasil permintaaan wilayah ini tinggi tetapi setiap tahun cenderung menurun, dan pelayanan sistem distribusi normal sehingga terjadi *backorder* yang mengakibatkan penundaan dalam memenuhi permintaan yang tinggi pada 1 tahun pertama.  | Pasokan pelumas daur ulang Indonesia Tengah berdasarkan pembagian ke setiap wilayah dengan jumlah yang meningkat, tetapi setiap tahunnya hasil permintaaan wilayah ini tinggi tetapi setiap tahun cenderung meningkat, dan pelayanan sistem distribusi meningkat sehingga terjadi *backorder* yang mengakibatkan penundaan dalam memenuhi permintaan yang tinggi pada 2 bulan pertama.  |
| 10 | **Sistem Distribusi Indonesia Timur** | Pasokan pelumas daur ulang Indonesia Timur berdasarkan pembagian ke setiap wilayah dengan kondisi normal, tetapi setiap tahunnya hasil permintaaan cenderung menurun, dan pelayanan sistem distribusi normal. | Pasokan pelumas daur ulang Indonesia Timur berdasarkan pembagian ke setiap wilayah dengan kondisi normal, tetapi setiap tahunnya hasil permintaaan cenderung menurun, dan pelayanan sistem distribusi normal. | Pasokan pelumas daur ulang Indonesia Timur berdasarkan pembagian ke setiap wilayah dengan jumlah yang meningkat, tetapi setiap tahunnya hasil permintaaan wilayah ini tinggi tetapi setiap tahun cenderung menurun, dan pelayanan sistem distribusi normal sehingga terjadi *backorder* yang mengakibatkan penundaan dalam memenuhi permintaan yang tinggi pada 1 tahun pertama.  | Pasokan pelumas daur ulang Indonesia Timur berdasarkan pembagian ke setiap wilayah dengan jumlah yang meningkat, tetapi setiap tahunnya hasil permintaaan wilayah ini tinggi tetapi setiap tahun cenderung meningkat, dan pelayanan sistem distribusi meningkat sehingga terjadi *backorder* yang mengakibatkan penundaan dalam memenuhi permintaan yang tinggi pada 2 bulan pertama.  |
| 11 | **Sistem Distribusi Ekspor** | Pasokan pelumas daur ulang Ekspor berdasarkan pembagian ke setiap wilayah dengan kondisi normal, tetapi setiap tahunnya hasil permintaaan cenderung menurun, dan pelayanan sistem distribusi normal. | Pasokan pelumas daur ulang Ekspor berdasarkan pembagian ke setiap wilayah dengan kondisi normal, tetapi setiap tahunnya hasil permintaaan cenderung menurun, dan pelayanan sistem distribusi normal. | Pasokan pelumas daur ulang Ekspor berdasarkan pembagian ke setiap wilayah dengan jumlah yang meningkat, tetapi setiap tahunnya hasil permintaaan wilayah ini tinggi tetapi setiap tahun cenderung menurun, dan pelayanan sistem distribusi normal sehingga terjadi *backorder* yang mengakibatkan penundaan dalam memenuhi permintaan yang tinggi pada 1 tahun pertama. | Pasokan pelumas daur ulang Ekspor berdasarkan pembagian ke setiap wilayah dengan jumlah yang meningkat, tetapi setiap tahunnya hasil permintaaan wilayah ini tinggi tetapi setiap tahun cenderung meningkat, dan pelayanan sistem distribusi meningkat sehingga terjadi *backorder* yang mengakibatkan penundaan dalam memenuhi permintaan yang tinggi pada 2 bulan pertama.  |
| 12 | **Sistem Keuntungan** | Total nilai penjualan dan total biaya, amat sangat dipengaruhi oleh pasokan barang, sehingga bentuk kurfa biaya mengikuti pola dari pasokan pelumas bekas dan pola pasokan pelumas daur ulang. Dari segi nilai penjualan lebih tinggi dibandingkan biaya dengan kondisi normal, sehingga mendapatkan selisih keuntungan meskipun setiap tahunnya cenderung menurun. | Total nilai penjualan dan total biaya, amat sangat dipengaruhi oleh pasokan barang, sehingga bentuk kurfa biaya mengikuti pola dari pasokan pelumas bekas dan pola pasokan pelumas daur ulang. Dengan ini bahwa ada ketidakseimbangan antara penjualan dan pembiayaan yang mengakibatkan jumlah keuntungan semakin menurun, meskipun jumlah pelumas murni bertambah bahkan pada tahun kedua dan ketiga cenderung minus dari keuntungan dikarenakan beban biaya yang semakin bertambah. | Total nilai penjualan dan total biaya, amat sangat dipengaruhi oleh pasokan barang. Bentuk kurfa biaya mengikuti pola dari pasokan pelumas bekas dan pola pasokan pelumas daur ulang terutama pada 2 tahun awal yang terpengaruh oleh *backorder* akibat kurang siapnya pelayanan pendistribusian pelumas daur ulang. Dari segi nilai penjualan lebih tinggi dibandingkan biaya dengan kondisi normal, sehingga mendapatkan selisih keuntungan meskipun setiap tahunnya cenderung menurun. | Total nilai penjualan dan total biaya, amat sangat dipengaruhi oleh pasokan barang. Bentuk kurfa biaya mengikuti pola dari pasokan pelumas bekas dan pola pasokan pelumas daur ulang terutama pada 2 bulan awal yang terpengaruh oleh *backorder* akibat kurang siapnya pelayanan pendistribusian pelumas daur ulang, tetapi setelahnya pelayanan sanggup untuk pelayani pendistribusian susuai dengan permintaaan konsumen . Dari segi nilai penjualan lebih tinggi dibandingkan biaya dengan kondisi normal, selisih keuntungan meskipun setiap tahunnya cenderung meningkat. |

**4.1 Analisa Kebijakan**

Berdasarkan perbandingan antara kondisi normal diatas dan beberapa skenario yang telah disimulasikan maka didapatkan rekomendasi untuk perbaikan kebijakan agar bisa menghasilkan sistem skenario simulasi yang optimal, yang nantinya akan bisa diterapkan dalam sistem nyata dalam sistem rantai pasok terbalik pelumas daur ulang. Berikut ini adalah usulan kebijakan untuk sistem nyata dari sistem rantai pasok pelumas daur ulang :

Tabel 5.4 Rekomendasi Perbaikan Kebijakan Terhadap Kondisi Normal dalam Sistem Nyata

| **No** | **Subsistem** | **Kebijakan** | **Dampak** |
| --- | --- | --- | --- |
| **1** | Subsistem Pengumpulan Pelumas Bekas | 1. Membatasi jumlah kendaraan bermotor
2. Aturan pembuangan limbah sesuai dengan AMDAL
3. Jumlah perluasan Industri ramah lingkungan semakin bertambah
4. Memperbaiki fasilitas kendaraaan angkutan publik dan transportasi ramah lingkungan
5. Jumlah banyak, durasi dan frekuensi dari pengumpulan dibuat rutin
6. Jumlah banyak dan frekuensi jasa para asosiasi pengumpul pelumas bekas ditambah jumlahnya dengan tambahan teknologi
7. Pasokan hasil asosiasi pengumpul pelumas bekas untuk di buat pelumas daur ulang frekuensi dan jumlah pelumas bekas banyak
8. Teknologi, Kapasitas penyimpanan dan armada sarana transportasi pengangkutan ditambah
 | 1. Pembuangan limbah sesaui dengan AMDAL tercipta
2. Penyerapan pemanfaatan pelumas meningkat
3. Jumlah pelumas bekas bertambah
4. Jumlah pelumas bekas yang dimanfaatkan bertambah
5. Produsen sulit untuk menentukan jumlah pelumas bekas yang akan bisa dimanfaatkan kembali.
6. Jumlah limbah pelumas berpotensi meningkat
7. Frekuensi pengiriman dan jumlah pelumas bekas bertambah.
8. Banyak pelumas bekas menumpuk di gudang asosiasi pengumpul pelumas bekas
 |
| **2** | Produksi Pelumas dari Bahan Baku Pelumas Bekas KBLI 23205 | 1. Memperluas penanaman modal di sektor industri pembuatan pelumas daur ulang KBLI 23205
2. Jumlah kapasitas penyimpanan pelumas bekas di pabrik ditingkatkan
3. Jumlah pasokan dari asosiasi pengumpul pelumas bekas bertambah
4. Jumlah kapasitas pemurnian ditingkatkan
5. Jumlah kapasitas produksi ditingkatkan
6. Jumlah kapasitas pelumas daur ulang di pabrik ditingkatkan
7. Teknologi dan kualitas pelumas daur ulang ditingkatkan
 | 1. Jumlah pabrik pelumas daur ulang bertambah
2. Kapasitas penyimpanan pelumas bekas di pabrik ditingkatkan
3. Kapasitas produksi dan pemurnian meningkat
4. Jumlah produksi pemurnian pelumas bekas meningkat
5. Jumlah kapasitas pelumas daur ulang di pabrik meningkat
6. Jumlah produksi jumlah pelumas bertambah
7. Jumlah pelumas yang masuk bisa melebihi dari kapasitas
8. Kualitas produk pelumas daur ulang meningkat
 |
| **3** | Distribusi Pelumas Daur Ulang KBLI 23205 | 1. Meningkatkan promosi pelumas daur ulang.
2. Anjuran untuk mengajak menggunakan pelumas daur ulang.
3. Kiriman pelumas daur ulang dari pabrik meningkat
4. Permintaan dari pasar tinggi
5. Kapasitas penyimpanan tetap
6. Tingkat permintaan setiap wilayah berbeda-beda
7. Jumlah harga penjualan disetiap wilayah berbeda
8. Menambah jumlah distributor
 | 1. Jumlah pasokan meningkat
2. Jumlah produk yang disimpan meningkat
3. Pabrik memenuhi permintaan dari pasar, karena permintaan meningkat
4. Perusahaan melakukan skala prioritas wilayah mana yang lebih diprioritaskan untuk di pasok pelumas daur ulang
5. Ada kemungkinan ada wilayah yang dikorbankan untuk dikurangi jumlah pasokannya atau tidak dipasok sama sekali.
 |
| **4** | Total Biaya dan Nilai Penjualan KBLI 23205 | 1. Harga satuan biaya sama seperti biasa
2. Jumlah pasokan pelumas tinggi
3. Harga jual pelumas tetap
4. Harga jual pelumas bisa dinaikan
5. Permintaan tinggi, harga pelumas bisa naik
 | 1. Total biaya normal
2. Total penjualan meningkat
3. Keuntungan meningkat
4. Bisa menaikan harga jika ingin keuntungan meningkat
5. Pesanan yang bisa dipenuhi
6. Jika permintaan tinggi bisa dinikmati oleh distributor , produsen. Dan konsumen
 |

**5.1 Kesimpulan Simulasi dan Kebijakan**

Darikeempat hasil simulasi sistem dinamis yaitu kondisi normal, skenario 1, skenario 2, dan skenario 3 terdapat beberapa kelebihan dan kekurangan tergantung dari beberapa kondisi. Dari hasil kesimpulan diatas maka kita bisa mengambil beberapa kebijakan :

1. Jika kita melihat dalam faktor pasokan pelumas bekas maka hasil simulasi yang terbaik adalah skenario 3 dan yang terburuk adalah pada kondisi normal.
2. Jika kita melihat dari faktor produksi pelumas daur ulang KBLI 23205 maka hasil simulasi terbaik adalah skenario 3 dan yang terburuk adalah skenario 1.
3. Jika kita melihat pada faktor distribusi pasokan pelumas daur ulang KBLI 23205 maka hasil terbaik adalah skenario 3 dan yang terburuk adalah skenario 2.
4. Jika kita melihat pada faktor keuntungan pelumas daur ulang KBLI 23205 maka skenario terbaik adalah skenario 3 dan yang terburuk adalah skenario 1.

Dari keempat skenario tersebut maka kita bisa mengambil kesimpulan bahwa skenario terbaik adalah skenario 3 karena memiliki banyak keunggulan dari faktor-faktor yang ada, sedangkan untuk terburuk adalah skenario 1 dimana memiliki banyak faktor kekurangan.

**Daftar Pustaka**

1. Abdelkader, **Sbihi., Eglese**, Richard., 2009, *Combinatorial optimization and Green Logistics, 4OR: A Quarterly Journal of OR, Springer*, New Mexico, Amerika Serikat.
2. **Altaher,** Ashak., **Bafarhan,** Anas., 2013, *[Overview of Reverse Supply Chain Management](http://www.ijser.org/researchpaper/Overview-of-Reverse-Supply-Chain-Management.pdf) , International Journal of Scientific & Engineering Research, Volume 4, Issue 10,* San Antonio, Texas, Amerika Serikat.
3. Barlas, Yaman., Toopaloolu, Huseyin,. Yylankaya, Serkan,.1997, *A Behavior Validity Testing Software (BTS), International System Dynamics Confereence*, Istanbul, Turki
4. Benita, Beamon., 1999, *Designing The Green Supply Chain, Logistics Information Management, Vol. 12 Iss*, Ohio, Amerika Serikat
5. Blumberg, Donald., 2005, *Introduction to Management of Reverse Logistics and Closed Loop Supply Chain, CRC Press,* Florida, Amerika Serikat.
6. Bonev, Martin., 2012, *Managing Reverse Logistics Using System Dynamics: A Generic End-to-end Approach, Diplomica Verlag*, Hamburg, Jerman.
7. Carter, Craig., Elramm, Lisa., 1998, *Reverse Logistics: A Review of the Literature and Framework for Future Investigation, [Journal of Business Logistics](https://trid.trb.org/results.aspx?q=&serial="Journal of Business Logistics"" \o "Find more articles from this serial.),Wiley-Blackwell Publishers Limited*, *Northwestern University*, Evanston, Amerika Serikat.
8. De Brito, Marisa., Dekker, Rommert., Flapper, Simme., 2002, *Reverse Logistics: a review of case studies, Erasmus Rotherdam University,* Rotherdam, Belanda.
9. Farazee, Asif., Carmine, Bianchi., Amir, Rashid., Mihai, Nicolescu., 2012, *Performance Analysis Of The Closed Loop Supply Chain, Journal of Remanufacturing,* *Springer*, New Mexico, Amerika Serikat.
10. Fleischmann, Moritz., 1997, *[Quantitative models for reverse logistics: A review](http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0377221797002300), european Journal of Operation research, Elsevier, Erasmus Rotherdam University,* Rotherdam, Belanda.
11. Forrester, Jay., Kenyon, Green., 1993, *System Dynamics and the Lessons of 35 Years, A [Systems-Based Approach to Policymaking](http://link.springer.com/book/10.1007/978-1-4615-3226-2)*, *Springer*, New Mexico, Amerika Serikat.
12. Forrester, Jay., 1994, *System Dynamics, System Thinking and Soft OR, System Dynamics Review, Wiley*, New Jersey, Amerika Serikat.
13. Guide, Daniel., Wassenhouve, Luk., 2008, *The Evolution of* *Closed Loop Supply Chain, INSEAD,* Fontainebleau, Perancis.
14. Helmi, M, Nurman., Efendi, Ahmad, 2011, Analisis Kebijakan Rantai Pasok Industri Kecil Komponen Kendaraan Bermotor Dengan Pendekatan Dinamika Sistem Di Jawa Barat, Magister Teknik Industri, Universitas Pasundan, Bandung, Indonesia
15. Joseph, Blackburn,. Daniel, Guide., Gilvan ,Souza., dan Luk, Wassenhove., 2004, *Reverse Supply Chain for Commercial Returns,* California Management Review, *Vol. 46 No. 2,* California, Amerika Serikat.
16. Poles, Roberto., Cheong, France., 2009, *A system dynamics model for reducing uncertainty in Remanufacturing System, Pacific Asia Conference on Information Systems, RMIT University*, Melbourne, Australia.
17. Poles, Roberto., Cheong, France., 2009, *Inventory Control in Closed Loop Supply Chain using System Dynamics, International System Dynamics Conference, New Mexico,* Amerika Serikat.
18. Poles, Roberto., Cheong, France., 2009, *A system dynamics model for reducing uncertainty in Remanufacturing System, Pacific Asia Conference on Information Systems, RMIT University*, Melbourne, Australia.
19. Pryut, Erick., 2013, *Small System Dynamics Models for Big Issues, TU Delft Library, Delft University*, Delft, Belanda.
20. Radzicki, Michael.,Taylor, Robert., 1997, *Introducing to System Dynamics, U.S. Department of Energy*, Washington, Amerika Serikat
21. Richmond, Barry., 1993, *Systems Thinking: Critical Thinking Skills For The 1990s and Beyond, System Dynamics Review, Wiley*, New Jersey, Amerika Serikat.
22. Roger, Dale., Tibben-Lembke, Ronald., 1999, *Going Backwards: Reverse Logistics Trends and Practices,* Reverse Logistics Executive Council, *University of Nevada, Nevada*, Amerika Serikat.
23. [Rommert, Dekker](https://www.erim.eur.nl/people/rommert-dekker%22%20%5Ct%20%22https%3A//www.erim.eur.nl/research/publications/books/detail/1012-reverse-logistics-quantitative-models-for-closed-loop-supply-chains/_blank)., Moritz, Fleischmann., Karl, Inderfurth., dan Luk, Wassenhove., 2004, *Quantitative Models for Closed-Loop Supply* *Chains, Springer*, New Mexico, Amerika Serikat.
24. Saeed, Khalid., 1997, *System Dynamics as a Technology of Learning for New Liberal Education, FIE Conference Proceedings*, *Worchester Polythenic Institute*, Worcester, Amerika Serikat.
25. Sarkis, Joseph., 1998, *Evaluating Environmentally Conscious Business Practices: Theory And Methodology, European Journal Of Operational Research* Vol.7, *Clark University*, Worcester, Amerika Serikat.
26. Thierry, Martijn., Nunen, Jo., Wassenhove, Luke., 1995, *Strategic Issues in Product Recovery Management, California Management Review 37,* California, Amerika Serikat.
27. Ullah, Hassan., 2005, *Structural Validation of System Dynamics and Agent Based Simulation Models, Proceeding 19th , York University,* Toronto, Kanada.