

Kajian Penerapan Simbiosis Industri Pada Rantai Pasok Otomotif

Yunita Ismail¹

¹Environmental Engineering Study Program, Engineering Faculty, President University; e-mail: yunitaismail@president.ac.id

ABSTRAK

Pendekatan *symbiosis industry* merupakan salah satu pendekatan yang dapat dilakukan terhadap pengelolaan lingkungan industri. Pengelolaan lingkungan industri menjadi penting mengingat industri merupakan sektor yang paling besar berkontribusi terhadap Pendapatan Regional Bruto (PDB) dan juga menyerap tenaga kerja cukup besar. Pembentukan *symbiosis industry* membutuhkan sinergi dan kolaborasi pada awal pembentukannya. Sinergi dan kolaborasi terjadi di rantai pasok, termasuk rantai pasok otomotif. Penelitian ini bertujuan melihat pengaruh sinergi dan kolaborasi terhadap terjadinya pertukaran materi, pertukaran energi, pertukaran produk samping dan pertukaran air. Penelitian ini dilakukan terhadap perusahaan komponen otomotif yang berlokasi di Jabodetabek, yang merupakan suplayer PT Astra Daihatsu Motor (PT.ADM) dan memproduksi komponen yang masa pakainya singkat (*fast moving*). Sampel dipilih secara purposive dan pengumpulan data menggunakan kuesioner yang didistribusikan secara online. Data yang terkumpul dianalisis dengan menggunakan model regresi berganda dengan variabel independen adalah sinergi dan kolaborasi, sedangkan variabel dependen adalah pertukaran materi, pertukaran energi, pertukaran produk samping dan pertukaran air. Hasil yang diperoleh menunjukkan bahwa sinergi berpengaruh signifikan terhadap perubahan materi dan pertukaran air. Model regresi untuk pertukaran materi adalah: $Y_1 = 0.562 + 0.605 X_1 + 0.207 X_2 + e$ dan model regresi untuk pertukaran air adalah: $Y_4 = 0.287 + 0.575 X_1 + 0.427 X_2 + e$. Kolaborasi hanya berpengaruh signifikan pada pertukaran produk samping, sedangkan pada pertukaran materi, energi, dan produk samping tidak berpengaruh secara signifikan. Adapun model regresi untuk produk samping adalah: $Y_3 = 0.256 + 0.316 X_1 + 0.663 X_2 + e$. Dari keempat model regresi yang diperoleh pertukaran energi tidak dipengaruhi signifikan baik oleh sinergi maupun kolaborasi. Energi sebagai salah satu sumberdaya yang memang sangat penting dan pemanfaatannya kembali tetap ada bagian yang terbuang.

Kata kunci: Sinergi, Kolaborasi, Pertukaran materi, Pertukaran energi, Pertukaran produk samping, Pertukaran air

ABSTRACT

The approach to industrial symbiosis is one approach that can be made to the management of industrial environments. The management of the industrial environment is important considering that the industry is the largest sector contributing to Gross Domestic Product (GDP) and also absorbing a large enough workforce. The formation of industrial symbiosis requires synergy and collaboration at the beginning of its formation. Synergy and collaboration occur in the supply chain, including the automotive supply chain. This study aims to see the effect of synergies and collaborations on the occurrence of material exchanges, energy exchanges, exchange of by-products and water exchange. This research was conducted on automotive component companies located in Jabodetabek, which is the supplier of PT Astra Daihatsu Motor (PT. ADM) and manufactures components that have a fast moving component. Samples were selected purposively and data collection using questionnaires were distributed online. The collected data were analyzed by using multiple regression models with independent variables which were synergy and collaboration, while the dependent variables were material exchange, energy exchange, by-product exchange and water exchange. The results obtained indicate that synergy has a significant effect on material changes and water exchange. The regression model for material exchange is: $Y_1 = 0.562 + 0.605 X_1 + 0.207 X_2 + e$ and the regression model for water exchange is: $Y_4 = 0.287 + 0.575 X_1 + 0.427 X_2 + e$. Collaboration only has a significant effect on the exchange of by-products, while the exchange of materials, energy, and by-products has no significant effect. The regression models for side products are: $Y_3 = 0.256 + 0.316 X_1 + 0.663 X_2 + e$. Of the four regression models obtained, energy exchange was not significantly affected by either synergy or collaboration. Energy as one of the most important resources and its re-use is still a part of being wasted.

Keywords: Synergy, Collaboration, Material exchange, Energy exchange, By product exchange, Water exchange

Citation: Ismail, Y. (2020). Kajian Penerapan Simbiosis Industri Pada Rantai Pasok Otomotif. *Jurnal Ilmu Lingkungan*, 18(1), 146-152, doi:10.14710/jil.18.1.146-152

1. Pendahuluan

Peran industri manufaktur di Indonesia, baik industri migas maupun non migas mengalami fluktuasi yang cenderung peningkatan pada setiap

triwulannya, dan di triwulan pertama tahun 2019, kontribusi sektor industri sebesar 20.07 terhadap PDB (Pendapatan Domestik Bruto) (BPS, 2019). Penyerapan tenaga kerja yang dapat diberikan oleh

sector industry juga masih yang tertinggi. Pada tahun 2019 jumlah pekerja di sector industry pengolahan adalah 6.777.912 pekerja dari total pekerja 32.144.407 orang, atau 21,09 persen (BPS, 2019).

Industri manufaktur, termasuk industri otomotif, memanfaatkan sumberdaya alam tidak terbarukan dan kemudian mengeluarkan limbah ke lingkungan adalah kegiatan industri yang mengikuti aliran linier (Chertow, 2006). Industri dengan sistem linier ini akan menguras sumberdaya alam, dan akan merusak lingkungan. Kegiatan industri menimbulkan peningkatan permintaan akan sumberdaya alam (yang tidak terbarukan) dan memaksa daya tampung lingkungan untuk menerima hasil samping yang dihasilkan (limbah).

Pemanfaatan sumberdaya alam pada industri otomotif selama 10 tahun terakhir adalah telah menggunakan besi dan baja (30 persen), timbal untuk baterai (46 persen), aluminium (23 persen) dan platinum (41 persen) dari semua cadangan logam yang ada di alam (Melosi, 2010). Sumberdaya alam ini makin berkurang karena tidak dapat terbarukan. Untuk daya tampung lingkungan, jika tidak dapat ditingkatkan, maka kerusakan lingkungan tidak dapat dihindari dan hal ini tidak hanya pada lingkungan lokal, tetapi juga lingkungan global (Kristanto, 2002).

Upaya pengelolaan lingkungan pada industri otomotif terus menerus dilakukan, dari Laporan Keberlanjutan Otomotif dari SMMT (The Society of Motor Manufacturers Traders Limited) tahun 2014, menunjukkan bahwa telah banyak hal yang dilakukan untuk menjaga kualitas lingkungan pada industri otomotif ini. Total materi setara CO₂ dan materi setara CO₂ per kendaraan sudah menurun, begitu juga total materi yang dibuang ke lingkungan. Akan tetapi upaya penurunan ini dilakukan di negara-negara maju, sedangkan di negara berkembang upaya peningkatan pemanfaatan sumberdaya alam ini belum sepenuhnya dilakukan. Pada perusahaan prinsipal, upaya pengelolaan lingkungan sudah banyak dilakukan, tetapi proses produksi otomotif ini melibatkan banyak sekali perusahaan pemasok, sehingga pengelolaan lingkungan seharusnya dilakukan juga di perusahaan komponen otomotif.

Dampak lingkungan akibat dari kegiatan industri yang memanfaatkan sumberdaya besi dan baja (termasuk industri otomotif) dapat dilihat terhadap udara, air dan tanah/lahan (WHO dalam Djajadiningrat dan Melia, 2004). Dampak terhadap udara berupa emisi SO₂, NO_x, hydrogen sulphide, PAHs, timah, arsenic, cadmium, chromium, copper, mercury, nickel, selenium, zinc, kandungan organonik, PCDDs/PCDFs, PCBs, debu, bahan-bahan lain, hidrokarbon, kabut asam. Dampak terhadap air pada penggunaan air pada proses produksi yang menimbulkan pencemaran dari material organik, tars dan minyak, suspense padat, logam, benzene, phenol, asam sulfit, sulfat, ammonium sianida, trioktan, trisulfat, florida, timah seng (scrubber effluent). Dampak terhadap tanah/lahan adalah lumpur dan residu bahan pelumas, hidrokarbon, garam,

kandungan sulfur, logam berat dan masalah pembuangan air yang mengkontaminasi tanah.

Isu lingkungan dalam pelaksanaan kegiatan industri telah menjadi isu yang penting. Tekanan pasar agar perusahaan memperhatikan aspek lingkungan menjadikan tantangan bagi industri yang tidak hanya memperhatikan aspek ekonomi tetapi juga aspek lingkungan (Djajadiningrat dan Melia, 2004). Pengelolaan lingkungan oleh industri telah dimulai dengan melaksanakan program minimalis limbah (reduction), diikuti dengan daur ulang (recycle) dan penggunaan kembali (reuse). Selain itu, pemilihan teknologi produksi juga akan berkontribusi dalam meminimalisir limbah, dan teknologi yang dipilih haruslah yang serasi dengan lingkungan (Kristanto, 2002). Pada pengelolaan lingkungan ini masih terdapat limbah tapi sudah diusahakan untuk diminimalkan dan pengelolaan limbah ini umumnya dilakukan oleh perusahaan secara sendiri.

Simbiosis industri terbentuk dengan terjadinya pertukaran materi, energi, produk samping, dan air. Pertukaran ini akan lebih mudah jika perusahaan berada pada lokasi yang berdekatan geografi (proximity). Akan tetapi, hal yang penting untuk melaksanakan simbiosis industri adalah sinergi dan kolaborasi. Kedekatan lokasi kadangkala tidak menjamin terjadinya sinergi dan kolaborasi.

Pada rantai pasok, perusahaan dalam melaksanakan kegiatan produksinya membutuhkan kerjasama dengan perusahaan pendukungnya. Seperti pada perusahaan otomotif, komponen yang dibutuhkan disuplay oleh perusahaan komponen otomotif. Untuk memenuhi kebutuhan produksi tersebut, maka antar perusahaan membutuhkan sinergi dan kolaborasi. Perusahaan pada suatu rantai pasok, bisa saja tidak berada pada lokasi yang sama, tetapi sinergi dan kolaborasi harus terjadi agar proses produksi dapat berlangsung baik.

Oleh karena itu, simbiosis industri telah banyak berhasil diterapkan pada kawasan industri yang telah ada (uncovering industrial symbiosis), walaupun banyak juga yang gagal. Simbiosis industri yang dibangun di kawasan industri Ulsan - Korea Selatan, TEDA - China, Bussi - Italia, dan Kalundborg - Denmark merupakan contoh yang berhasil. Banyak juga terjadi kegagalan pembentukan simbiosis industri, seperti pada 15 kawasan industri yang diteliti di Eropa, 5 terbuka untuk dibentuk simbiosis industri, 3 gagal dan 7 hanya dapat direncanakan (Gibbs, 2002 dalam Chertow, 2007). Pengelolaan lingkungan dengan membangun simbiosis industri merupakan pendekatan yang sangat penting dan sudah saatnya untuk dilakukan. Hal ini dikarenakan simbiosis industri melibatkan banyak perusahaan dan akan berpengaruh lebih besar dalam pengelolaan lingkungan dibandingkan jika dilakukan secara sendiri-sendiri. Lingkungan industri yang masih dipandang sebagai salah sumber penghasil limbah ke lingkungan,

Pada penelitian ini dilihat pengaruh sinergi dan kolaborasi terhadap terjadinya pertukaran materi,

pertukaran energi, pertukaran produk samping dan pertukaran air. Gap penelitian ini adalah melihat pengaruh sinergi dan kolaborasi yang sudah terjadi di rantai pasok terhadap pertukaran materi, energy, produk samping, dan air sebagai cikal bakal kunci penting pembentukan simbiosis industri. Pengaruh ini dilihat signifikansinya dengan menggunakan tingkat signifikansi 5 persen, untuk melihat apakah hasil yang diperoleh didukung atau tidak didukung oleh data.

2. Metode Penelitian

Penelitian ini menggunakan pendekatan kuantitatif. Adapun unit analisisnya adalah perusahaan komponen otomotif, baik roda 2 maupun roda 4, yang berlokasi di Jabodetabek (Jakarta-Bogor-Depok-Tangerang-Bekasi). Pengambilan sampel dilakukan dengan purposif diantara perusahaan komponen otomotif yang merupakan suplayer bagi PT Astra Daihatsu Motor (ADM). Suplayer PT ADM yang dijadikan sampel adalah perusahaan yang memasuk komponen dan sub komponen yang umur pakainya singkat (*fast moving*). Representatif perusahaan yang menjadi sampel, paling tidak adalah manajer, tidak pada posisi yang lebih rendah. Total sampel yang berhasil dikumpulkan ada 33 perusahaan komponen otomotif.

Pengumpulan data dilakukan dengan menggunakan kuesioner yang menggunakan skala likert untuk pengukurannya. Pengukuran dengan menggunakan kuesioner ini sebenarnya merupakan langkah awal untuk mengetahui keinginan dari perusahaan di rantai pasok untuk menggunakan sinergi dan kolaborasi yang sudah ada untuk mengelola lingkungan secara bersama. Pengukuran dengan menggunakan kuesioner ini tentu saja belum cukup dalam melihat potensi pembentukan simbiosis industry, tetapi harus diikuti dengan pengukuran besaran dari materi, energy, produk samping, dan air.

Kuesioner yang digunakan diuji terlebih dahulu validitas dan reliabilitasnya, agar dapat digunakan sebagai alat ukur. Kuesioner ini disebarakan secara online ke perusahaan komponen otomotif yang merupakan suplayer PT ADM untuk komponen yang umur pakainya singkat.

Data yang berhasil dikumpulkan dianalisis dengan menggunakan model regresi berganda dengan variable independennya adalah sinergi dan kolaborasi. Untuk variable dependen ada 4 yang masing-masing akan membangun regresi berganda berbeda. Adapun variabel dependennya adalah pertukaran materi, pertukaran energi, pertukaran produk samping dan pertukaran air. Untuk setiap model regresi yang diperoleh dilakukan uji asumsi klasik, yaitu uji normalitas, uji heteroskedastisitas dan uji multikolinieritas. Untuk melihat signifikansi pengaruh variabel independent terhadap variable dependen dilakukan uji t dan F. Untuk menerangkan kemampuan model menerangkan variasi variabel dependen yang dapat diterangkan oleh variasi variabel independent digunakan koefisien

determinasi (R^2). Model regresi berganda yang dibangun adalah:

$$Y_i = \beta_0 + \beta_1 X_1 + \beta_2 X_2 + \epsilon$$

Dimana:

- Y_1 : Pertukaran materi
- Y_2 : Pertukaran energi
- Y_3 : Pertukaran produk samping
- Y_4 : Pertukaran air
- X_1 : Sinergi
- X_2 : Kolaborasi
- ϵ : Galat

3. Hasil dan Pembahasan

Pengukuran variabel pada penelitian ini yang menggunakan kuesioner menunjukkan keinginan pelaku usaha komponen otomotif untuk menerapkan. Hasil pengumpulan data dari kuesioner ditampilkan pada Lampiran 1 dan nilai rata-rata skala likert yang diberikan responden ditampilkan pada Tabel 1.

Dari Tabel 1 terlihat bahwa semua variabel dinilai tinggi oleh responden, hal ini menunjukkan bahwa kebanyakan responden setuju dengan pernyataan yang disampaikan di kuesioner (Sugiyono, 2013).

Tabel 1. Rata-rata Variabel

Variabel	Simbol	Rata-Rata	Infomasi
Sinergi	X_1	4.182	Tinggi
Kolaborasi	X_2	3.859	Tinggi
Pertukaran Materi	Y_1	3.894	Tinggi
Pertukaran Energi	Y_2	3.808	Tinggi
Pertukaran By Product	Y_3	3.626	Tinggi
Pertukaran Air	Y_4	3.768	Tinggi

Dari rata-rata pengukuran variable yang menunjukkan bahwa responden setuju dengan adanya sinergi dan kolaborasi di antara perusahaan komponen otomotif. Untuk pengukuran pertukaran materi, energy, produk samping dan air, hasil pengukurannya juga secara rata-rata setuju dan menunjukkan bahwa pertukaran materi, energi, produk samping dan air di antara perusahaan komponen otomotif juga merupakan hal yang dipersepsikan setuju untuk terjadi.

Pengaruh sinergi dan kolaborasi terhadap pertukaran materi, energi, produk samping dan air ditampilkan oleh model regresi berganda yang diperoleh yaitu:

$$Y_1 = 0.562 + 0.605 X_1 + 0.207 X_2 + e$$

$$Y_2 = 0.023 + 0.450 X_1 + 0.493 X_2 + e$$

$$Y_3 = -0.256 + 0.316 X_1 + 0.663 X_2 + e$$

$$Y_4 = -0.287 + 0.575 X_1 + 0.427 X_2 + e$$

Dimana:

- Y_1 : Pertukaran Materi
- Y_2 : Pertukaran Energi
- Y_3 : Pertukaran Produk samping
- Y_4 : Pertukaran Air
- X_1 : Sinergi
- X_2 : Kolaborasi
- ϵ : Galat

Keempat model regresi berganda ini sudah diuji asumsi klasiknya dan memenuhi semua asumsi. Uji normalitas digunakan histogram dan keempat model ini menunjukkan bentuk bel (distribusi normal). Uji heteroskedastisitas digunakan diagram pencar yang tidak menunjukkan pola tertentu, artinya tidak terjadi heteroskedastisitas. Uji multikolinieritas digunakan Durbin Watson yang menunjukkan nilai DW lebih dari 1 dan kurang dari 10, dan artinya tidak terjadi multikolinieritas.

Pada Tabel 2, terlihat bahwa konstanta pada semua model regresi berganda tidak signifikan (nilai $p > 0.05$). Hal ini menunjukkan bahwa pertukaran materi, energi, produk samping dan air tidak terjadi jika tidak ada sinergi dan kolaborasi. Jadi data mendukung bahwa sinergi dan kolaborasi harus terjadi jika ingin membangun simbiosis industri.

Menurut Chertow dan Ehrenfeld (2012) dalam Lombardi *et al.* (2012) terdapat teori tiga tahap (*three-stage theory*) dalam evolusi simbiosis industri,

yaitu tahap formasi, perusahaan memulai sinergi dengan berbagai alasan. Tahap kedua, perusahaan mulai menyampaikan keuntungan dari sinergi dalam simbiosis industri yang dilakukan serta tahap ketiga sinergi simbiosis industri mulai dilembagakan dan meluas serta aspek sosial mulai muncul. Adapun tahapan dalam pembentukan simbiosis industri ditampilkan Gambar 1.

Pada periode awal, simbiosis yang didorong oleh motivasi ekonomi, sosial, lingkungan atau peraturan pemerintah, harus juga memenuhi kebutuhan pasar dan kelangsungan produksi, ini merupakan periode penemuan simbiosis industri (digambarkan dengan kotak). Pada periode awal ini diperlukan inisiator untuk mewujudkan simbiosis industri (Termsinvanich *et al.*, 2013). Pada periode yang kedua pertukaran dalam simbiosis mulai terjadi dan ada perusahaan yang masuk atau keluar dari kerjasama ini (digambarkan dengan bulatan untuk memperlihatkan adanya kerjasama antar perusahaan).

Tabel 2. Perhitungan Model Regresi Berganda dan Uji t

Coefficients ^a					
Model	Unstandardized Coefficients		Standardized Coefficients	t	Sig.
	B	Std. Error	Beta		
(Constant)	.562	.572		.982	.334
1 AveSG	.605	.183	.622	3.312	.002
AveKL	.207	.231	.169	.898	.376

a. Dependent Variable: AveM

Model	Unstandardized Coefficients		Standardized Coefficients	t	Sig.
	B	Std. Error	Beta		
(Constant)	.023	.780		.030	.977
1 AveSG	.450	.249	.384	1.806	.081
AveKL	.493	.315	.333	1.566	.128

a. Dependent Variable: EveE

Model	Unstandardized Coefficients		Standardized Coefficients	t	Sig.
	B	Std. Error	Beta		
(Constant)	-.256	.598		-.429	.671
1 AveSG	.316	.191	.306	1.657	.108
AveKL	.663	.241	.507	2.748	.010

a. Dependent Variable: AveB

Model	Unstandardized Coefficients		Standardized Coefficients	t	Sig.
	B	Std. Error	Beta		
(Constant)	-.287	.676		-.425	.674
1 AveSG	.575	.216	.504	2.664	.012
AveKL	.427	.273	.296	1.567	.127

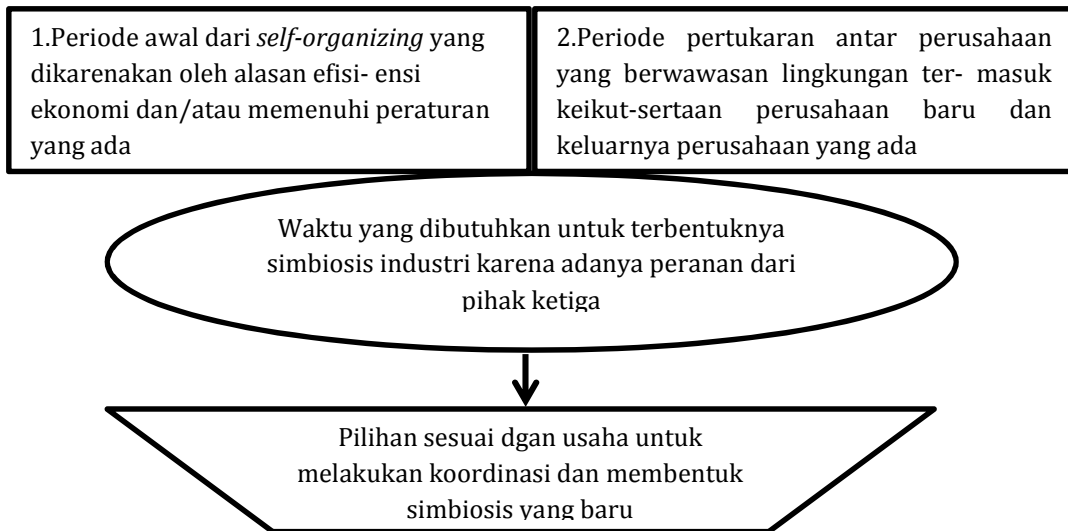
a. Dependent Variable: AveA

Sumber: Perhitungan data primer

Pada periode ketiga, simbiosis industri akan terjadi, yang biasanya diketahui dan ditemukan oleh pihak ketiga (digambarkan dengan trapesium) sebagai pelaksanaan kerjasama antar perusahaan dalam simbiosis industri.

Pembentukan simbiosis industri yang melalui ketiga periode tersebut, diharapkan akan terjadi pada suatu rantai pasok. Hal ini dengan pertimbangan periode pertama, yaitu adanya sinergi telah terjadi pada rantai pasok, sehingga pembentukan simbiosis industri dapat meneruskan keperiode selanjutnya. periode pertama, yaitu adanya sinergi telah terjadi

pada rantai pasok, sehingga pembentukan simbiosis industri dapat meneruskan keperiode selanjutnya. Pelaksanaan symbiosis industri yang telah berhasil dapat dilihat di Korea Selatan, jaringan antar perusahaan telah meningkatkan nilai tambah produk, meningkatkan investasi, dan pada akhirnya meningkatkan keragaan ekonomi dan lingkungan termasuk lingkungan social (Jung, et all, 2013). Di Kawasan industri Ulsan, Korea Selatan, hubungan komunikasi yang baik membuat kawasan industri, yang dulunya adalah kawasan industri konvensional berubah menjadi kawasan industri yang berwawasan lingkungan (Behera, 2012).



Gambar 1. Temuan empirik dari perkembangan simbiosis industri (Chertow, 2007)

3.1. Model Pertukaran Materi

Model regresi berganda yang pertama ($Y_1 = 0.562 + 0.605 X_1 + 0.207 X_2 + e$) yang menunjukkan pengaruh sinergi dan kolaborasi terhadap pertukaran materi. Dari uji t diperoleh bahwa hanya sinergi yang signifikan mempengaruhi pertukaran materi, sedangkan kolaborasi berpengaruh tidak signifikan. Hal ini dapat dengan mudah terlihat bahwa pada rantai pasok otomotif, antar perusahaan komponen otomotif sudah terjadi sinergi dalam rangka pemenuhan kebutuhan perusahaan principal. Sinergi yang terjadi dapat menyebabkan adanya pertukaran materi yang diproduksi. Pemanfaatan materi pada system industri mengikuti karakteristik alam, yaitu materi dan energi terus dimanfaatkan pada jalur tertentu (Tibbs, 1993).

Materi yang dipertukarkan diantara perusahaan komponen otomotif ini dapat berupa sisa bahan atau produk yang dihasilkan. Untuk pertukaran bahan, misalnya perusahaan yang menghasilkan komponen yang ukurannya kecil dapat menggunakan sisa bahan dari perusahaan yang menghasilkan komponen yang besar (Ismail, 2015). Pertukaran produk terjadi jika suatu perusahaan belum dapat memenuhi kewajiban komponen yang harus dipenuhinya padahal waktunya sudah mendekati waktu kirim ke perusahaan prinsipal, maka perusahaan tersebut dapat menggunakan produk perusahaan lain dahulu, setelah itu akan mengembalikan pada waktu yang disepakati. Hal ini untuk menjaga kinerja perusahaan komponen otomotif tersebut dihadapan perusahaan principal.

Pertukaran materi antar perusahaan pada rantai pasok dapat dilihat melalui pendekatan analisis proses (*process analysis approach*). Pada analisis ini dilihat proses transformasi dari bahan baku awal menjadi produk yang lebih bermanfaat dan produk sampingnya (Diwekar dan Mitchell, 2002 dalam Ayres dan Leslie, 2002). Antara jumlah bahan baku yang digunakan dengan produk yang dihasilkan dan produk samping dan/atau limbah haruslah seimbang.

Aliran bahan baku dari satu perusahaan ke perusahaan yang lain, dapat terjadi karena adanya dukungan perusahaan lain untuk menyediakan produk antara yang dibutuhkan. Suatu perusahaan berperan sebagai pemasok bagi perusahaan lain, yang akan memasok bahan baku dalam bentuk yang sesuai dengan kebutuhan perusahaan yang lain.

Selain itu pertukaran materi antar perusahaan ini juga dapat terjadi dengan adanya kegiatan penggunaan kembali (*reuse*) dan daur-ulangan (*recycle*) yang dilakukan perusahaan lain. Kegiatan ini adalah upaya untuk meningkatkan pemanfaatan bahan baku, sehingga terjadi peningkatan nilai bahan baku. Terdapat tiga kemungkinan utama untuk terjadi pertukaran sumberdaya, yaitu: pertukaran produk samping antar perusahaan untuk keperluan komersil atau bahan baku, kerjasama penggunaan produk samping atau pertukaran limbah, dan adanya jaringan penggunaan kembali penggunaan bahan baku industri (Chertow, 2004).

Ada beberapa alat yang dapat digunakan untuk mengetahui adanya pertukaran materi ini, seperti siklus hidup materi, lingkaran tertutup penggunaan materi, transaksi materi, inventori industri, dan kesesuaian input-output (Chertow, 2004). Pada siklus hidup materi dilihat penggunaan materi mulai dari bahan baku awal, bahan baku yang digunakan dalam proses produksi, komponen produk, produk, produk bekas (setelah dimanfaatkan), dan produk yang dianggap limbah. Lingkaran tertutup (*loop closing*) menunjukkan pada penggunaan materi sebagai sumberdaya alam sampai materi dianggap tidak dapat dimanfaatkan lagi. Transaksi materi menunjukkan kepada penggunaan materi secara akuntansi yang menunjukkan keseimbangan dalam penggunaan sampai pembuangan. Inventori industri mencakup pengadaan materi untuk industri sampai ke pemanfaatannya dan kesesuaian input-output menunjukkan pemanfaatan materi untuk proses produksi.

3.2. Model Pertukaran Energi

Definisi energi menurut UU no 30 tahun 2007 tentang energi, adalah kemampuan untuk melakukan kerja yang dapat berupa panas, cahaya, mekanika, kimia dan elektromagnetika. Sumber energi adalah sesuatu yang dapat menghasilkan energi, baik secara langsung maupun melalui proses konversi atau transformasi. Sumber energi yang digunakan oleh perusahaan untuk melaksanakan proses produksi dapat berasal dari Perusahaan Listrik Negara (PLN) atau dari perusahaan listrik swasta. Untuk perusahaan yang menggunakan sumber energi dari batubara disediakan oleh perusahaan batubara. Perusahaan juga mungkin menggunakan sumber-sumber energi yang lain, pemilihan sumber energi yang digunakan tentu saja akan menentukan teknologi produksi yang digunakan.

Energi, seperti diketahui, tidak dapat dihilangkan, tetapi dapat dirubah bentuknya dan dalam perubahan bentuk tersebut akan ada energi yang terbuang. Aliran energi antar perusahaan dimungkinkan terjadi jika buangan energi suatu perusahaan dapat dimanfaatkan oleh perusahaan yang lain. Perusahaan perlu melakukan pengelolaan energinya sehingga pemanfaatan energi dapat lebih efektif.

Pemanfaatan energi yang terbuang (*cascading*) terjadi jika energi yang dikeluarkan dimanfaatkan kembali untuk penggunaan energi yang lebih rendah kualitasnya. Pemanfaatan energi yang terbuang ini sangat populer untuk dilaksanakan, dengan ini akan terjadi penurunan biaya energi. Keuntungan lingkungan dengan adanya *cascading* ini adalah penurunan penggunaan sumberdaya awal, mengurangi pemanfaatan sumberdaya alam, dan menurunkan limbah yang akan dibuang ke lingkungan (Chertow, 2004).

Model pertukaran energi adalah $Y_2 = 0.023 + 0.450 X_1 + 0.493 X_2 + e$. Dari Tabel 1, terlihat bahwa baik konstanta maupun variable sinergi dan kolaborasi tidak berpengaruh signifikan. Hal iniberarti, data tidak mendukung terjadinya pertukaran energi dengan sinergi dan kolaborasi yang ada diantara perusahaan komponen otomotif di rantai pasok otomotif. Hal ini dapat dipahami mengingat penggunaan energi terbuang (*cascading*) tentu membutuhkan instalasi tertentu yang dapat menjaga energi yang akan dimanfaatkan agar tidak berubah atau terbuang ke lingkungan.

3.3. Model Pertukaran Produk Samping

Model regresi pertukaran produk samping adalah: $Y_3 = -0.256 + 0.316 X_1 + 0.663 X_2 + e$. Dari Tabel 1, terlihat bahwa kolaborasi yang berpengaruh signifikan terhadap pertukaran produk samping. Pertukaran produk samping juga membutuhkan instalasi tertentu yang seringkali akan sangat mahal jika jarak antar perusahaan cukup jauh. Akan tetapi, jika kolaborasi antar perusahaan sudah terjadi, arti perusahaan tersebut sudah membuat keputusan Bersama untuk melaksanakan kegiatan produksi, maka pertukaran produk samping dapat terjadi.

Produk samping adalah sesuatu yang dihasilkan dalam proses produksi tapi bukan produk yang diharapkan, jadi produk samping merupakan produk ikutan dalam suatu proses produksi. Terbentuknya produk samping ini tidak dapat dihindarkan dalam suatu proses produksi. Misalnya suatu proses produksi memerlukan air dengan suhu tinggi, setelah air tersebut dimanfaatkan, suhu air tentu saja masih tinggi, tidak dapat langsung turun. Air dengan suhu tinggi ini sebenarnya masih dapat dimanfaatkan oleh proses produksi yang lain yang juga membutuhkan air dengan suhu tinggi. Pemanfaatan kembali produk samping yang dihasilkan dapat dilakukan oleh perusahaan itu sendiri atau perusahaan yang lain.

Pertukaran produk samping adalah sekumpulan perusahaan memanfaatkan dan mempertukarkan hasil sampingnya sebagai bahan baku lagi dari satu perusahaan kepada perusahaan yang lain, daripada hanya membuangnya sebagai sampah atau limbah yang tidak dapat dimanfaatkan lagi (Djajadiningrat dan Melia, 2004). Penerapan pertukaran produk samping adalah strategi yang sangat penting dalam pelaksanaan simbiosis industri. Dengan melakukan pertukaran produk samping, perusahaan dapat dengan mudah meningkatkan efisiensi penggunaan sumberdaya dan meningkatkan keragaan lingkungan perusahaan.

Pertukaran produk samping ini memang merupakan strategi yang baik untuk mendapatkan keuntungan ekonomi dan lingkungan, tetapi dapat juga pertukaran ini tidak layak. Perusahaan yang akan melakukan pertukaran produk samping harus memiliki kelayakan yang pantas untuk melakukan pertukaran. Kelayakan pertukaran produk samping dapat dilihat dari jumlah produk samping yang dihasilkan dan kualitasnya. Jika kuantitas dan kualitas dapat dipenuhi, maka pertukaran produk samping ini akan meningkatkan efisiensi, walaupun diawal harus mengeluarkan biaya terlebih dahulu. Akan tetapi jika kuantitas dan kualitasnya tidak layak maka akan menjadi sumber biaya bagi perusahaan.

Selain itu pertukaran produk samping juga sangat membutuhkan dukungan dari semua pihak termasuk pemerintah dan masyarakat. Pertukaran produk samping ini tidak hanya memberikan dampak yang baik bagi lingkungan dengan mengurangi limbah dan menurunkan pemanfaatan sumberdaya, tetapi juga akan memberikan peluang ekonomi bagi masyarakat sekitarnya. Untuk dapat melaksanakan pertukaran ini sangat dibutuhkan keinginan dari semua pihak untuk melaksanakannya.

3.4. Model Pertukaran Air

Pertukaran yang selanjutnya dalam simbiosis industri adalah pertukaran air. Pertukaran air pada simbiosis industri yang terjadi di Kalundborg, Denmark memberikan gambaran, sumber air yang mula-mula dari air tanah kemudian dimanfaatkan oleh perusahaan pembangkit listrik. Setelah digunakan untuk pembangkit listrik, air tersebut

dimanfaatkan lagi untuk proses produksi perusahaan yang lain (Jacobsen, 2006).

Penggunaan air pada mesin produksi komponen otomotif sangat penting. Oleh karena itu, air dapat menjadi salah satu komponen penentu pelaksanaan proses produksi. Selain itu, air juga tentu saja dibutuhkan oleh karyawan untuk kebutuhan hidup. Oleh karena itu upaya-upaya penghematan air sangat penting, begitu juga upaya untuk memanfaatkan kembali air untuk keperluan tertentu.

Air yang telah digunakan pada proses produksi komponen otomotif tidak hanya mengandung *suspended* dan benda padat seperti minyak, chrom, phosphate, dan lain-lain tetapi juga bahan organik terlarut yang menyebabkan BOD (*Biochemical Oxygen Demand*) atau COD (*Chemical Oxygen Demand*) tinggi (Moayed dan Mirbagheri, 2010).

Model pertukaran air pada penelitian ini adalah: $Y_4 = -0.287 + 0.575 X_1 + 0.427 X_2 + e$. Dari Tabel 1, terlihat bahwa sinergi berpengaruh signifikan, sedangkan konstanta dan kolaborasi berpengaruh tidak signifikan. Pertukaran air secara fisik antar perusahaan komponen otomotif tidak mudah terjadi. Untuk terjadi pertukaran air secara fisik ini membutuhkan media pengaliran, misalnya pipa, agar air tersebut bisa mengalir antar perusahaan. Akan tetapi pertukaran air antar perusahaan komponen otomotif dapat terjadi dalam pemanfaatan air tersebut dalam proses produksi. Sumber air yang digunakan perusahaan komponen otomotif dapat dari perusahaan air minum (PAM) atau dapat menggunakan air tanah. Untuk perusahaan yang berlokasi di daerah yang air tanahnya baik dan dapat dimanfaatkan, maka ketersediaan air dapat dijamin dari PAM dan dari air tanah. Akan tetapi untuk perusahaan yang air tanahnya tidak baik dan tidak dapat dimanfaatkan, maka ketergantungan terhadap pasokan air dari PAM kadangkala tidak menjamin. Untuk perusahaan yang tidak dapat terjamin ketersediaan air untuk produksi akan melakukan kerjasama dengan perusahaan komponen otomotif yang lain dalam memenuhi ordernya. Hal ini terjadi karena air merupakan bahan yang sangat menentukan dalam melaksanakan proses produksi.

4. Kesimpulan

Kesimpulan dari penelitian ini adalah:

1. Sinergi berpengaruh signifikan terhadap perubahan materi, pertukaran materi telah terjadi dengan adanya sinergi pemenuhan kebutuhan input produksi;
2. Sinergi dan kolaborasi tidak berpengaruh signifikan terhadap pertukaran energi, pada rantai pasok otomotif, sinergi dan kolaborasi yang terjadi belum mendukung terjadinya pertukaran energi;

3. Pertukaran produk samping dipengaruhi secara signifikan oleh kolaborasi, pertukaran produk samping terjadi jika kerjasama antar perusahaan sudah pada tahap pembuatan keputusan Bersama dalam kolaborasi;
4. Pertukaran air, dipengaruhi secara signifikan oleh sinergi saja, karena sumber air sama, yaitu perusahaan air minum (PAM).

DAFTAR PUSTAKA

- Biro Pusat Statistik. 2019. Statistik Indonesia 2019. BPS. Jakarta.
- Ayres, R dan Leslie W Ayres. (2002). *A Handbook of Industrial Ecology*. Edward Elgar Publishing Limited. Cheltenham. UK.
- Behera, SK *et al.* (2012). *Evolution of 'designed' industrial symbiosis networks in the UI san Eco-industrial Park : 'research and development into business' as the enabling frame work*. *Journal of Cleaner Production* 29 - 30.
- Chertow, M. (2004). *Industrial Symbiosis*. *Encyclopedia of Energy*. Vol 3.
- Chertow, M. (2007). *"Uncovering" Industrial Symbiosis*. *Journal of Industrial Ecology* Vol 11 Number 1.
- Chertow, M. (2008). *Industrial Symbiosis*. *Encyclopedic of Earth*, July 26 2012.
- Djajadiningrat, ST dan Melia F. (2004). *Kawasan Industri Berwawasan Lingkungan (Eco Industrial Park)*. Rekayasa Sains. Bandung.
- Ismail, Y. 2015. *Model Simbiosis Industri pada Rantai Pasok Otomotif yang Berkelanjutan (kajian Rantai Pasok Material Baja pada Komponen Fast Moving)*. Disertasi. Universitas Indonesia.
- Jacobsen, NB. (2006). *Industrial Symbiosis in Kalundborg, Denmark. A Quantitative Assessment of Economic and Environmental Aspects*. *Journal of Industrial Ecology* vol 10, Number 1-2.
- Jung, S *et al.* 2013. *A Novel Approach for Evaluating the Performance of Eco-Industrial Park Pilot Project*. *Journal of Cleaner Production*. 39 50-59.
- Kristanto, P. 2002. *Ekologi Industri*. LPPM Universitas Kristen Petra Surabaya dan Penerbit Andi Yogyakarta.
- Lombardi, R, Donald Lyons, Han Shi and Abhishek Agarwal. (2012)b. *Industrial Symbiosis. Testing the Boundaries and Advancing Knowledge*. *Journal of Industrial Ecology* vol. 16 number 1.
- Moayed, S dan Mirbagheri SA. (2010). *Determination of Kinetic Constants and Biological Treatment of Automotive Industries Wastewater*. *International Journal Res* 4(1). Iran.
- Sugiyono 2013. *Metode Penelitian Kuantitatif, Kualitatif dan R & D*. Alfabeta, Bandung. Indonesia.
- Tibbs, H. (1993). *Industrial Ecology*. *An Environmental Agenda for Industry*. Global Business Network. USA.
- Termsinvanich, P, Suwattana T and Dawan W. (2013). *Conceptual Model for Effective Implementation of Industrial Symbiosis: A Case Study of Mab-Ta-Phut Industrial Estate*. *Mediterranean Journal of Social Sciences*. Vol 4 (1). Bangkok.