

## PENERAPAN *GAME THEORY ASSESSMENT* TERHADAP IMPLEMENTASI *GREEN MANUFACTURING*

Salman Alfarisi

Jurusan Teknik Industri, Fakultas Teknik, Universitas Muria Kudus  
Jl. Lingkar Utara, Gondangmanis, Bae, Kudus  
Email: salmanalfarisi465@gmail.com

### Abstrak

Industri manufaktur memiliki peran yang sangat penting dalam meningkatkan perekonomian. Namun demikian, dari sudut pandang yang berbeda, kegiatan manufaktur melekat dengan citra sebagai kontributor limbah terbesar. Industri manufaktur menghadapi berbagai permasalahan lingkungan dalam proses produksinya. Proses transformasi industri manufaktur menjadi lebih *green* terhambat oleh beberapa faktor internal dan eksternal. Faktor eksternal yang berpengaruh diantaranya adalah kesediaan konsumen untuk membayar lebih pada produk yang sama. Sehingga terjadi *tradeoff* antara produsen dan konsumen. Dengan menggunakan *game theory*, *prisoner's dilemma*, penelitian ini berusaha untuk menemukan kondisi *equilibrium* yang terjadi saat ini. Penelitian ini mengajukan solusi dengan melihat dari dua perspektif yang berbeda sehingga didapatkan *payoff matrik* yang memungkinkan untuk mendorong terjadinya perubahan kondisi *equilibrium* yang sesuai dengan kondisi ideal.

**Kata kunci:** *game theory*, *green manufaktur*, *industri kulit*, *prisoner's dilemma*

### 1. PENDAHULUAN

Industri kulit memiliki dampak yang signifikan dalam meningkatkan perekonomian, iklim investasi, dan penyerapan tenaga kerja. Pada negara-negara Mediterania, Industri kulit menjadi salah satu industri yang sangat penting karena perannya terhadap peningkatan perekonomian (Insel, 2009). Sedangkan jumlah kulit yang diproduksi di dunia diperkirakan sekitar  $1.67 \times 10^9 \text{m}^2$  (FAO, 2001). Namun pada sisi yang berbeda, Industri penyamakan kulit memiliki citra sebagai industri yang menyumbangkan limbah bahan kimia beracun yang memberikan dampak negatif, tidak hanya bagi lingkungan namun juga manusia (Alfarisi dkk., 2016). Yang menjadi isu utama dalam permasalahan industri kulit adalah permasalahan limbah air yang mengandung *toxic chemical released*. Penyebabnya adalah bahan material tidak dapat diserap dengan baik oleh kulit sehingga banyak sekali material beracun yang akan oleh air sehingga menyebabkan limbah cair menjadi berbahaya (Lasindrang, 2015).

Upaya-upaya dalam mentransformasikan industri kulit menjadi lebih ramah lingkungan menunjukkan bahwa arah industri kulit menuju industri yang lebih "*green*" telah muncul. *Green* sendiri dapat didefinisikan sebagai kepedulian terhadap mendukung pelestarian terhadap kualitas lingkungan (produk dapat didaur ulang, tidak mneimbulkan polusi)(Dornfeld dkk., 2013). Terdapat beberapa penelitian yang telah dilakukan untuk berupaya mengurangi kontribusi negatif yang disebabkan oleh industri kulit. Seperti yang telah dilakukan oleh Alfarisi dan Ciptomulyono (2016), dimana mereka berupaya mengevaluasi penggunaan material dan memberikan saran dengan melakukan penggantian penggunaan mimosa, sebagai bahan utama dalam melakukan penyamakan nabati, dengan Indusol. Dengan menggunakan *Life cycle assessment (LCA)* penelitian tersebut dapat menunjukkan bahwa penggantian material utama agen penyamakan tersebut memberikan kontribusi yang cukup signifikan.

Meskipun *green manufacturing* memberikan banyak faktor positif, namun faktanya terdapat beberapa hambatan dan tantangan yang menghalangi aplikasi *green* manufaktur. Beberapa penelitian awal menunjukkan bahwa merubah perusahaan menjadi peduli terhadap lingkungan dapat menimbulkan dampak negatif bagi kinerja perusahaan (Freeman, 1994). Secara umum, penghalang untuk manufaktur hijau adalah faktor ekonomi, teknologi, dan hambatan manajerial. Permulaaan dari praktek *green manufacturing* banyak terpusat pada pengendalian emisi dan pengolahan limbah (Thurston dan Bras, 2001). Dalam proses pengendalian emisi dan pengelolaan limbah, biaya awal yang dibutuhkan tinggi dan butuh waktu yang lama untuk kembali. Dalam beberapa keadaan, biaya modal dari kontrol emisi dapat melebihi jumlah pendapatan ekonomi Dornfeld dkk., 2013). Namun

demikian, ditengah ketatnya persaingan pasar, setiap perusahaan harus dapat mengantisipasi perkembangan tren yang terjadi (Ansari dan Riasi, 2016). Perusahaan harus fokus terhadap apa yang diinginkan konsumen saat ini dan memprediksikan keinginan konsumen dimasa yang akan datang jika ingin menjadi pemenang dalam persaingan pasar (Alfarisi dkk., 2017). Perusahaan tidak bisa menutup mata terhadap tren yang sedang terjadi saat ini, dimana tren yang muncul adalah isu kepedulian terhadap lingkungan meskipun masih terbatas pada beberapa kalangan. Selanjutnya, industri kulit, sebagai produsen, memiliki keraguan untuk meningkatkan biaya investasi dan *cost of learning*. Sehingga, dalam permasalahan ini ditemukan konflik yang terjadi antara konsumen dan industri kulit. Skenario ini mengarah pada interaksi antara dua pengambil keputusan dengan tujuan yang berbeda dan saling bertentangan.

Mengamati fenomena tersebut, maka *game theory* dapat digunakan untuk menyelidiki dari perilaku kedua pemain ini. *Game theory* dapat memberikan gambaran untuk menganalisis interaksi yang terjadi antara kedua pemain ini (Gau, dkk., 2018). Menurut Von neumann dan Morgenstern (1944), *game theory* merupakan sebuah framework yang kuat untuk melakukan analisis pengambilan keputusan dimana keputusan tersebut akan saling mempengaruhi. Selain itu, *game theory* juga telah banyak digunakan dalam pengelolaan manajemen lingkungan. Seperti Franckx (2005) yang membentuk model *game theory* antara perusahaan yang menghasilkan polusi dan lembaga pegiat lingkungan. Zhao dkk (2013) menunjukkan bagaimana teori permainan dapat digunakan untuk menentukan strategi yang lebih baik diantara strategi yang tersedia antara pemerintah dan produsen, sehingga dapat dihasilkan produk yang lebih ramah lingkungan.

Dalam penelitian ini, pendekatan *game theory* digunakan untuk menganalisis interaksi antara industri kulit dan konsumen dengan mempertimbangkan isu lingkungan dan biaya terkait. Tujuan dari analisis penelitian ini adalah untuk mengetahui apakah *green* produk telah dapat diterima oleh konsumen dan memberikan alokasi keuntungan yang optimal bagi perusahaan.

## 2. METODOLOGI

Penelitian ini menggunakan *game theory* untuk menganalisa peraturan yang akan mendorong para pemain untuk membantu mengatasi permasalahan yang berkaitan dengan permasalahan lingkungan.

### Pemain

Analisis penelitian ini mempertimbangkan dua pemain dalam *green* produk, yaitu:

#### 1. Konsumen

Pembeli dari *green* produk, dalam kasus ini adalah pembeli hasil industri kulit yang ramah lingkungan, mungkin memilih *green* produk jika mereka mempertimbangkan bahwa polusi dapat diminimasi, limbah tidak berbahaya bagi lingkungan, dan dapat memperlambat pemanasan global. Namun, kebanyakan pembeli jarang mempertimbangkan aspek lingkungan dalam pengambilan keputusan karena pasar produk kulit adalah pasar penjual. Pembeli tidak mendapatkan informasi yang cukup mengenai “*green*” sehingga aspek yang menjadi faktor pertimbangan biasanya adalah harga, kualitas, dan lainnya. Secara sederhana, kebanyakan pembeli memiliki sedikit ketertarikan terhadap *green* produk.

#### 2. Industri kulit

Banyak skeptis yang muncul bahwa investasi awal untuk menerapkan *green* manufaktur menuntut biaya yang lebih tinggi (waktu dan biaya). Sementara konsumen mungkin tidak mau memberikan biaya tambahan untuk hal tersebut. Hal tersebut utamanya terjadi pada konsumen yang tidak memiliki banyak informasi mengenai kepedulian terhadap lingkungan. Pada kondisi nyata, kebanyakan konsumen yang mulai mempertimbangkan lingkungan terhadap suatu produk adalah konsumen yang memiliki tingkat pendidikan yang cukup baik. Hal tersebut menyebabkan *stakeholder* industri kulit enggan untuk terjun menjadi industri yang bertransformasi menjadi *green company*, meskipun sebenarnya mereka sadar bahwa di negara lain hal tersebut bukan menjadi hal yang baru lagi. Secara umum, pelaku industri kulit mengklaim bahwa proses transformasi menuju *green* manufaktur meningkatkan biaya produksi setiap produk.

### Strategi Pemain

Dalam penelitian ini, game theory yang paling mendekati dengan kondisi pemain adalah *prisoner's dilemma*. Dilemma strategi yang terjadi adalah:

1. Konsumen – membeli produk konvensional vs. Membeli produk biasa yang harganya lebih murah
2. Industri Kulit – Mengimplementasikan *green* manufaktur vs. Manufaktur konvensional

Berdasarkan kondisi diatas, maka pertimbangan yang akan didapatkan adalah:

1. Bagi Pembeli
  - a. Membayar produk dengan harga yang lebih murah
  - b. Memberi kontribusi terhadap lingkungan, mungkin penting bagi beberapa pembeli, meskipun tidak memberikan dampak secara langsung
2. Bagi Industri Kulit
  - a. Peluang untuk mendapatkan keuntungan yang lebih tinggi
  - b. Resiko ekonomi lebih tinggi. *green* produk kemungkinan dijual dengan harga yang lebih rendah jika konsumen tidak mau membayar biaya tambahan. *Green* produk dijual seharga produk konvensional.

### Variabel

Beberapa definisi variabel yang digunakan dalam penelitian ini adalah sebagai berikut:

$P_0$  : Harga produk konvensional

$P_1$  : Harga *green* produk

Asumsi :  $P_0 < P_1$

$C_0$  : Biaya produksi produk konvensional

$C_1$  : Biaya produksi *green* produk

Asumsi :  $C_0 < C_1$

$C_3$  : Learning cost. Satu kali di awal.

### Strategi Permainan

Dengan menggunakan *game theory*, kondisi dari pasar produk kulit dapat di representasikan seperti pada tabel 1. Utilitas dari konsumen dan industri kulit ditunjukkan pada masing-masing sel pada tabel 1.

**Tabel 1. Payoff Matrix**

Industri Kulit (Pemain 1)	Konsumen (Pemain 2)	
	Produk Konvensional	Produk <i>Green</i>
Produk Konvensional	$P_0 - C_0, -P_0$	$P_0 - C_0, -P_0$
Produk <i>Green</i>	$(P_1 - C_1 - C_2) + (P_1 - P_0), -P_0$	$P_1 - C_1 - C_2, -P_1$

Tabel 1 menunjukkan, jika konsumen menginginkan produk *green* tetapi industri kulit hanya memproduksi produk konvensional, maka konsumen terpaksa untuk membeli produk yang tersedia, yaitu produk konvensional. Jika industri kulit memproduksi produk *green* akan tetapi konsumen tidak tertarik dan lebih memilih produk konvensional, maka yang terjadi adalah kerugian besar yang akan diterima oleh industri kulit. Namun, jika industri kulit memilih memproduksi produk *green* dan konsumen juga memilih produk *green*, maka industri kulit akan mendapatkan profit meskipun tidak sebesar kondisi inisial karena ada *cost of learning* yang harus dikeluarkan.

Pada penelitian ini, produk yang diambil adalah tas kulit yang diproduksi oleh salah satu industri kulit. Nilai yang muncul dari variabel adalah:

$C_0$  : Rp480.000,00       $P_0$  : Rp600.000,00

$C_1$  : Rp585.000,00       $P_1$  : Rp780.000,00

$C_2$  : Rp100.000,00

Setelah memasukkan besaran nilai yang muncul, maka *payoff matrix* yang muncul disajikan pada tabel 2.

**Tabel 2. Nilai Payoff Matrix**

Industri Kulit (Pemain 1)	Konsumen (Pemain 2)	
	Produk Konvensional	Produk <i>Green</i>
Produk Konvensional	120.000, -600.000	120.000, -600.000
Produk <i>Green</i>	-85.000, -600.000	95.000, -780.000

Berdasarkan matrik pada tabel 2, kondisi equilibrium pasar yang terjadi di Indonesia adalah industri kulit memproduksi produk konvensional dan konsumen lebih memilih produk konvensional. Dari kondisi equilibrium yang terjadi dapat dilakukan perbandingan sebagai berikut:

$$P_0 - C_0 > P_1 - C_1 - C_2 \quad (1)$$

sehingga didapatkan nilai:

$$120.000 > 95.000$$

Meskipun demikian, yang ingin dicapai saat ini adalah pergeseran nilai equilibrium, dimana industri kulit dan konsumen beralih pada *green* produk.

### 3. HASIL DAN PEMBAHASAN

Dari hasil penelitian yang telah dilakukan, maka didapatkan bahwa kondisi equilibrium terletak pada proses produksi konvensional dengan mengabaikan isu lingkungan. Jika demikian, akan sangat sulit sekali bagi industri kulit di Indonesia untuk dapat bersaing secara global. Padahal, menurut Nyaoga dkk. (2015), persaingan antar industri yang terjadi saat ini tidak hanya persaingan lokal akan tetapi telah berubah menjadi persaingan global. Jika kondisi ini tidak diantisipasi dengan baik, kemungkinan yang terjadi adalah industri dalam negeri akan kalah dengan industri asing yang telah mengadopsi *green manufacturing* karena informasi mengenai lingkungan semakin banyak terlintas di media, sehingga secara bertahap kesadaran konsumen terhadap lingkungan akan semakin meningkat. Bagaimana cara untuk mengatasi hal tersebut?

#### 1. Perspektif industri kulit

Industri kulit merasa berat dengan biasa *cost of learning* yang muncul dalam tahap awal transformasi menuju *green manufacturing*. Meskipun mereka sadar bahwa citra lingkungan akan semakin meningkatkan penjualan mereka di masa depan dengan catatan informasi yang diterima konsumen terhadap isu lingkungan semakin meningkat. Yang diharapkan oleh perusahaan adalah adanya intervensi pemerintah atau organisasi lingkungan yang dapat memberikan subsidi *cost of learning* dan investasi awal untuk mulai bertransformasi menuju *green* manufaktur sehingga dapat terus bersaing dengan perusahaan asing yang telah memunculkan citra lingkungan.

#### 2. Perspektif konsumen

Pembeli diminta untuk membayar produk yang sama dengan harga yang lebih tinggi. Dengan kondisi saat ini dimana kesadaran lingkungan masih rendah, akan sangat sulit untuk memberikan motivasi kepada konsumen. Yang dibutuhkan konsumen adalah sensitivitas terhadap lingkungan yang dapat diberikan melalui media yang tersedia maupun dengan memberikan seminar-seminar untuk meningkatkan kesadaran konsumen terhadap isu lingkungan.

Dengan dua perspektif diatas, diasumsikan bahwa pemerintah ataupun organisasi lingkungan memberikan intervensi terhadap industri kulit, baik dalam bentuk *cost of learning* sehingga dapat meminimalkan biaya awal yang dibutuhkan industri kulit untuk bertransformasi menjadi *green* manufaktur sedangkan konsumen diberikan pemahaman yang luas mengenai emisi, pencemaran yang disebabkan oleh limbah dan dampaknya terhadap manusia serta lingkungan, dapat meningkatkan sensitivitas konsumen. Dengan demikian, akan muncul variabel baru dalam *payoff* matrik, yaitu:

S : Biaya Subsidi pemerintah/organisasi lingkungan

$\alpha$  : Sensitivitas konsumen terhadap isu lingkungan

EV : *Ecological Value*, merupakan dampak positif yang muncul akibat menghasilkan produk *green* jika dibandingkan dengan produk konvensional.

Jika ketiga variabel baru tersebut dimasukkan kedalam *payoff* matrik yang telah ada, maka akan mengakibatkan perubahan *payoff* matrik dan mendorong terjadinya perpindahan kondisi *equilibrium*. Perubahan tersebut ditunjukkan oleh tabel 3.

**Tabel 3. Usulan *Payoff Matrix***

Industri Kulit (Pemain 1)	Konsumen (Pemain 2)	
	Produk Konvensional	Produk <i>Green</i>
Produk Konvensional	$P_0 - C_0, -P_0$	$P_0 - C_0, -P_0$
Produk <i>Green</i>	$(P_1 - C_1 - C_2) + (P_1 - P_0) + S, -P_0$	$(P_1 - C_1 - C_2) + S, -P_1 + \alpha \cdot EV$

Adanya subsidi yang diberikan oleh pemerintah dan munculnya sensitivitas konsumen terhadap isu lingkungan memungkinkan terjadinya perubahan kondisi *equilibrium* menuju kondisi ideal diman kedua kondisi tersebut akan memberikan dampak positif bagi kedua pemain.

#### 4. KESIMPULAN

Produk konvensional memang memberikan harga yang relatif lebih murah bagi konsumen dan memberikan biaya produksi yang murah pula bagi industri. Namun kontribusi dari kegiatan produksi kulit secara konvensional memberikan dampak yang sangat berbahaya bagi lingkungan, bahkan pada beberapa kondisi bagi manusia. Dengan kondisi tersebut, penelitian ini berupaya untuk menunjukkan kondisi *equilibrium* yang terjadi saat ini dengan kondisi ideal yang diharapkan.

Dengan menggunakan *game theory*, telah ditunjukkan bahwa kondisi *equilibrium* yang terjadi saat ini adalah baik industri kulit maupun konsumen lebih memilih produk konvensional dengan pertimbangan biaya. Namun demikian, penelitian ini mengajukan sebuah model baru dengan mempertimbangkan dua perspektif dari masing-masing pemain. Dari perspektif perusahaan manufaktur adalah dengan mengusulkan adanya subsidi pemerintah ataupun organisasi lingkungan untuk dapat meminimasi *cost of learning* yang harus dikeluarkan oleh industri kulit dan dari perspektif konsumen adalah dengan melakukan upaya-upaya yang dapat meningkatkan sensitivitas konsumen terhadap lingkungan. Dengan *payoff* matrik baru yang dihasilkan, sangat memungkinkan terjadinya perpindahan kondisi *equilibrium* menuju kondisi ideal.

**DAFTAR PUSTAKA**

- Alfarisi, A., dan Ciptomulyono, U., 2016, Analyze the environment and economics impact of vegetable tanning agents selection. *International journal of Advanced Engineering, Management and Science*, Vol. 2, No. 11, hh. 1854-1856
- Alfarisi, S., Sutono, S.B., Sutopo, W, 2016, Evaluate the use of tanning agent in leather industry using material flow analysis, life cycle assessment and fuzzy multi-attribute decision making (FMADM). *Proceeding on Annual Conference of Industrial and System Engineering*. Yogyakarta, Oktober 6-7
- Alfarisi, S., Azwirman, Sabli, T.E., 2017, The influence of intangible benefit towards market share of manufacturing company, *Journal of computational and theoretical nanoscience*, Vol. 23, No. 9, hh. 8470-8472
- Ansari, Azarnoush, Riasi, Arash, 2016, Modelling and evaluating customer loyalty using neural networks: Evidence from startup insurance companies, *Future Business Journal*, Vol. 2, hh. 15-30
- Dornfeld, D., Yuan, C. Diaz, N., Zhang, Teresa, Vijayaraghavan, A., 2013, *Green manufacturing: Fundamentals and application*, Springer science+business media, New York
- FAO., 2001, World Statistical Compendium for Raw Hides and Skins, Leather and Leather Footwear 1982-2000, *Food and Agriculture Organization of the United Nations*, Rome
- Franckx, L., 2005, Environmental enforcement with endogenous ambient monitoring, *Environ. Recour. Econ.* Vol. 30, No. 2, hh. 195-220
- Freeman, P.K., 1994, Integrating environmental risk into corporate strategy. *Risk Manage.*, Vol. 41, No. 7, hh. 54-59
- Gao, Y., Li, Zhiwei., Wang, F., Wang, F., Tan, R. R., Bi, J., Jia, X., 2018, A game theory approach for corporate environmental risk mitigation, *Resources, Conservation & Recycling*, Vol. 130, hh. 240-247
- Insel GH, Görgün E, Artan N, Orhon D., 2009, Model based optimization of nitrogen removal in a full scale activated sludge plant, *Environment Engineering Science*, Vol. 26, hh. 471-80
- Lasindrang, M., Suwarno, H., Tanjung, S.D., Kamiso, H.N., 2015, Adsorption Pollution Leather Tanning Industry Wastewater by Chitosan Coated Coconut Shell Active Charcoal. *Agriculture and Agricultural Science Procedia*, Vol. 3, hh. 241-247
- Nyaoga, R.B., Wang, M., Magutu, P.O., 2015, Testing the relationship between constraints management and capacity utilization of tea processing firms: Evidence from Kenya, *Future Business Journal*, Vol. 1, No. 1, hh. 35-50
- Thurston, D., Bras, B., 2001, *System level issues:WTEC panel report on environmentally benign manufacturing*. [www.wtec.org/loyola/ebm/](http://www.wtec.org/loyola/ebm/). Diakses 22 Januari 2018
- Von Neuman, J. Morgenstern, O., 1944, *Theory of games and economic behavior*, Princeton University Press
- Zhao, R., Neighbour, G., Han, J., McGuire, M., Deutz, P, 2013, A software based simulation for cleaner production: a game between manufacturers and government, *Journal Loss Prevent. Process*, Vol. 26, No. 1, hh. 59-67