

SISTEM PENGAMBILAN KEPUTUSAN MULTI KRITERIA PADA INDUSTRI MANUFAKTUR UNTUK MEWUJUDKAN *ECOMANUFACTURING* MENGUNAKAN *COMPROMISE PROGRAMMING* (STUDI KASUS DI CV. ADI LOGAM KARYA CEPER KLATEN)

Laila Nafisah¹⁾, Gunawan Madyono Putro²⁾

^{1,2)}Prodi Teknik Industri, Fakultas Teknologi Industri, UPN "Veteran" Yogyakarta
Jl. Babarsari 2 Tambakbayan Yogyakarta 55281
e-mail :

Abstrak

Sekarang ini isu lingkungan telah menjadi faktor strategis yang menentukan bagi dunia industry untuk bisa bersaing di dunia global. Industri harus memasukkan isu lingkungan dalam sistem manajemennya. Komitmen terhadap konsep pembangunan berkelanjutan (*sustainable development*) yang kemudian dilanjutkan dengan pemberlakuan standar *Environmental Management System-ISO 14000*, telah mengharuskan industry pada khususnya industri manufaktur untuk menerapkan *ecomanufacturing*. Dengan menerapkan *ecomanufacturing* maka dampak lingkungan dari industri manufaktur dapat diminimalkan sehingga dapat mengurangi terjadinya *global warming*. Penelitian ini mengembangkan sistem pengambilan keputusan multi kriteria di industry manufaktur CV. Adi Logam Karya Ceper Klaten. Persoalan multi kriteria disini adalah tujuan perusahaan yang ingin mengoptimalkan dua tujuan perusahaan yang saling kontradiktif, yaitu minimasi biaya produksi dan meminimasi dampak lingkungan. Persoalan tersebut akan diselesaikan menggunakan *Compromise Programming*. Tahapan pengembangan sistem pengambilan keputusan multi kriterianya dimulai dengan melakukan pemodelan sistem terhadap permasalahan di CV. Adi Logam Karya yang pada akhirnya menghasilkan model matematika persoalan multi kriteria. Model matematika persoalan multi kriteria akan diselesaikan menggunakan *Compromise Programming*, dimana solusi yang dihasilkan adalah solusi kompromi diantara dua tujuan perusahaan. Hasil penelitian menunjukkan bahwa solusi kompromi (*trade-off*) yang dihasilkan sudah mendekati solusi ideal masing-masing fungsi tujuan, sehingga sudah memuaskan manajemen perusahaan sebagai pengambil keputusan yang ingin meminimasi biaya produksi dan meminimasi dampak lingkungan.

Kata Kunci : Pengambilan Keputusan Multi Criteria, *Ecomanufacturing*, *Compromise Programming*

1. PENDAHULUAN

Sekarang ini isu lingkungan telah menjadi faktor strategis yang menentukan bagi dunia industry untuk bisa bersaing di dunia global, oleh karena itu sistem industri harus memasukkan isu lingkungan dalam sistem manajemennya. Tekanan masyarakat, pasar, regulasi, atau karena komitmen terhadap konsep pembangunan berkelanjutan (*sustainable development*) yang kemudian dilanjutkan dengan Kyoto Protocol dan pemberlakuan standar *Environmental Management System-ISO 14000*, telah mengharuskan industry pada khususnya industri manufaktur untuk menerapkan *ecomanufacturing* dalam pengelolaan sistem industrinya. Dengan menerapkan *ecomanufacturing* maka dampak lingkungan dari industri manufaktur dapat diminimalkan sehingga dapat mengurangi terjadinya *global warming*.

CV. Adi Logam Karya di Ceper Klaten menghasilkan berbagai macam produk cor logam yang berorientasi untuk memenuhi kebutuhan dalam negeri dan ekspor. CV. Adi Logam Karya berusaha menerapkan *ecomanufacturing* untuk mengurangi dampak lingkungan yang ditimbulkan dari proses produksinya sebagai usaha untuk mendapatkan sertifikat ISO:14000. Sekarang ini dalam proses produksinya, CV. Adi Logam Karya di Ceper Klaten melakukan proses pembakaran yang menyebabkan terjadinya polusi udara yang berdampak pada lingkungan sekitar. Untuk mengurangi polusi udara yang terjadi maka perlu dilakukan perubahan pada proses produksinya, dimana hal tersebut akan memerlukan biaya yang tidak sedikit, padahal perusahaan juga masih mempunyai pengeluaran lain seperti gaji karyawan dan biaya material, sehingga dapat menambah biaya produksi perusahaan. Untuk itu perlu dikembangkan suatu sistem pengambilan keputusan multi kriteria yang dapat membantu manajemen dalam mengambil keputusan mengenai dua tujuan perusahaan yang saling bertentangan tersebut, yaitu meminimalkan dampak lingkungan dan meminimalkan biaya produksi perusahaan.

Penelitian ini mengembangkan suatu sistem pengambilan keputusan multi kriteria untuk mencari *trade off* dari dua tujuan perusahaan yaitu meminimalkan biaya produksi dan meminimalkan dampak lingkungan yang ditimbulkan menggunakan *compromise programming*. Dengan dikembangkannya sistem pengambilan keputusan multi kriteria tersebut diharapkan perusahaan dapat meminimalkan biaya produksi tanpa mengabaikan dampak lingkungan yang ditimbulkannya. *Compromise programming* merupakan salah satu *tool* untuk menyelesaikan permasalahan multi kriteria khususnya untuk masalah multi objektif atau permasalahan dengan fungsi tujuan lebih dari satu. Kelebihan *compromise programming* dibandingkan dengan *tool - tool* lain untuk masalah multi objektif adalah lebih presisi atau mempunyai deviasi lebih kecil dalam menentukan nilai *trade off* diantara fungsi-fungsi tujuannya jika dibandingkan dengan *tool-tool* lain untuk masalah multi objektif.

2. PERUMUSAN MASALAH

Berdasarkan uraian di atas maka masalah yang diangkat dalam penelitian ini adalah bagaimana membangun sistem pengambilan keputusan multi kriteria di CV. Adi Logam Karya Ceper Klaten untuk mewujudkan *ecomanufacturing* menggunakan *compromise programming*.

3. TUJUAN PENELITIAN

Tujuan dari penelitian ini adalah membangun sistem pengambilan keputusan multi kriteria pada CV. Adi Logam Karya di Ceper Klaten, sehingga dapat membantu manajemen perusahaan dalam mengambil keputusan mengenai dua tujuan perusahaan yang saling kontradiktif dalam rangka mewujudkan *ecomanufacturing* menggunakan *compromise programming*.

4. BATASAN PENELITIAN

Agar pembahasan masalah lebih fokus terhadap permasalahan yang telah dirumuskan maka dilakukan pembatasan masalah sebagai berikut:

1. Sistem pengambilan keputusan yang dibangun merupakan model optimasi terhadap dua tujuan perusahaan yang saling kontradiktif
2. Dua tujuan perusahaan yang saling kontradiktif yang menjadi perhatian dalam penelitian ini adalah minimasi biaya produksi dan minimasi dampak lingkungan yang ditimbulkan
3. Dampak lingkungan yang dimaksud adalah dampak dari polusi udara yang ditimbulkan.

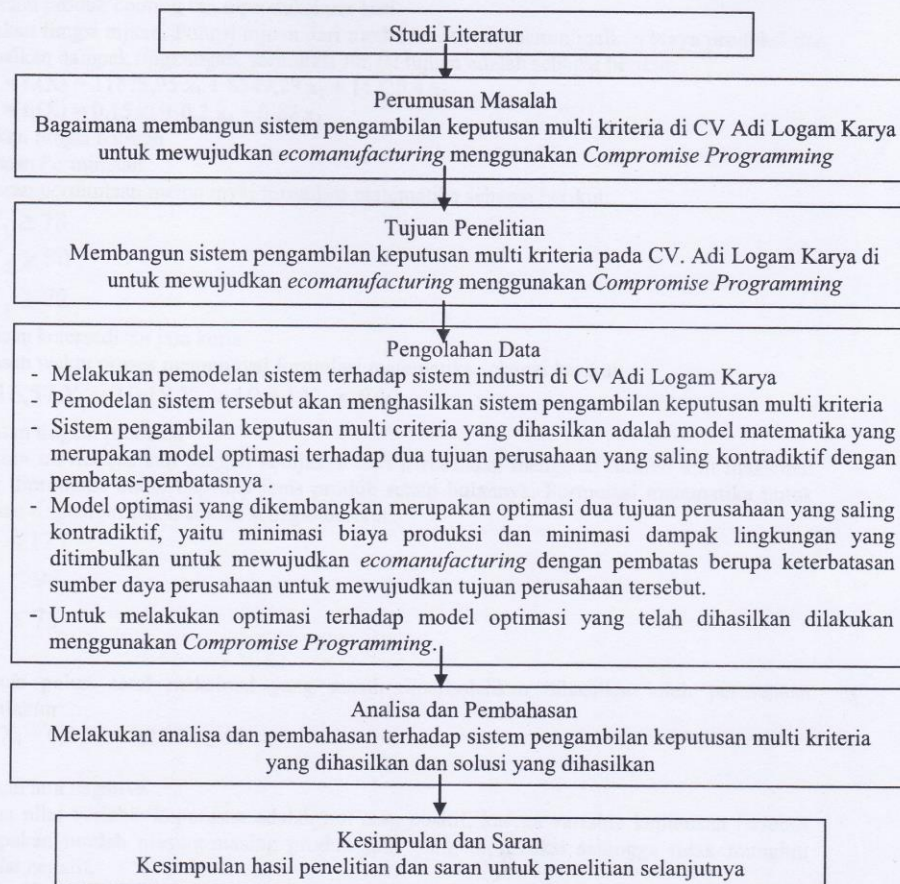
5. METODOLOGI PENELITIAN

1. Obyek Penelitian

Obyek penelitian adalah industri manufaktur pengecoran logam CV. Adi Logam Karya Ceper Klaten. Penelitian ini mengembangkan sistem pengambilan keputusan multi kriteria dengan objek penelitian di industri pengecoran logam CV. Adi Logam Karya Ceper Klaten untuk mewujudkan *ecomanufacturing* menggunakan *compromise programming*.

2. Kerangka Penelitian

Langkah-langkah penelitian ini dapat dilihat pada kerangka penelitian Gambar.1



Gambar 1 Kerangka Penelitian

6. PENGOLAHAN DATA DAN ANALISA HASIL

1. Pengumpulan data . Data-data yang diperlukan untuk mengembangkan model pengambilan keputusan multi kriteria di CV. Adi Logam Karya dengan fungsi tujuan minimasi biaya produksi dan minimasi dampak lingkungan adalah data kapasitas tenaga kerja, data ketersediaan jam kerja, bahan baku, proses produksi, data pengamatan waktu proses, data jumlah penjualan produk, data biaya produksi, biaya minimalisasi polusi untuk masing-masing produk, kontribusi polusi masing-masing produk terhadap polusi total, dan polusi maksimum yang masih diperbolehkan yang dihasilkan oleh perusahaan manufaktur .
2. Pengolahan data. Data-data yang sudah dikumpulkan akan dilakukan pengolahan data dengan melakukan perhitungan biaya produksi, perhitungan kapasitas jam kerja, proses agregasi data penjualan, peramalan data agregat, disagregasi data peramalan.
3. Pengembangan system pengambilan keputusan multi criteria. Sistem pengambilan keputusan multi criteria yang dibangun merupakan model matematika yang merupakan hasil pemodelan system pada langkah pengumpulan data dan pengolahan data. Tahapan pengembangan system pengambilan keputusan multi criteria adalah sebagai berikut.
 - a. Menentukan variable keputusan. Variabel keputusan merupakan output yang akan dioptimalkan sehingga memenuhi kendala. Dengan demikian, yang menjadi variabel keputusan adalah jumlah masing-masing jenis produk yang akan dibuat.
 x_1 = jumlah produk casing diproduksi per hari
 x_2 = jumlah produk bearings housing diproduksi per hari

x_3 = jumlah produk cooling fan diproduksi per hari

- b. Menentukan fungsi tujuan. Fungsi tujuan dari model ini adalah meminimalkan biaya produksi dan meminimalkan dampak lingkungan, formulasi fungsi tujuan adalah sebagai berikut:

$$\text{Min } Z_1 = f_1(X) = 11875,95 x_1 + 8549,28 x_2 + 14230,4 x_3$$

$$\text{Min } Z_2 = f_2(X) = 0,15 x_1 + 0,2 x_2 + 0,27 x_3$$

- c. Menentukan fungsi batasan

- 1) Batasan Permintaan

Batasan permintaan mempunyai formulasi matematika sebagai berikut:

$$X_1 \geq 78$$

$$X_2 \geq 80$$

$$X_3 \geq 72$$

- 2) Batasan ketersediaan jam kerja

Batasan waktu proses mempunyai formulasi matematika sebagai berikut:

$$16,57X_1 + 19,18X_2 + 19,64X_3 \leq 860$$

- 3) Batasan tingkat produksi

Batasan ini disesuaikan dengan kebijakan dari perusahaan mengenai jumlah unit maksimal yang diproduksi untuk tiap-tiap jenis produk setiap bulannya. Formulasi matematika untuk

- a. batasan tingkat produksi adalah sebagai berikut:

$$X_1 \leq 125$$

$$X_2 \leq 95$$

$$X_3 \leq 75$$

- 4) Batasan polusi total maksimal yang masih diperbolehkan dihasilkan oleh perusahaan manufaktur

$$0,15 X_1 + 0,2 X_2 + 0,27 X_3 \leq 50$$

- 5) Batasan non negative

Semua nilai variable keputusan adalah nol atau positif, karena variable keputusan tersebut merupakan jumlah masing-masing produk phia yang diproduksi sehingga tidak mungkin bernilai negatif.

$$X_1, X_2, X_3, X_4, X_5, X_6 \geq 0$$

4. Menentukan penyelesaian dari system pengambilan keputusan multi criteria yang dibangun menggunakan *Compromise Programming*

Manajemen CV. Adi Logam Karya menyatakan bahwa tingkat kepentingan dua tujuan perusahaan, yaitu minimasi biaya produksi dan minimasi dampak lingkungan adalah sama. Dua tujuan perusahaan mempunyai tingkat kepentingan sama, sehingga bobot masing-masing fungsi tujuan adalah 0,5. Langkah-langkah penyelesaian system pengambilan keputusan multi criteria menggunakan *Compromise Programming* adalah sebagai berikut:

- a. Menentukan solusi ideal masing-masing fungsi tujuan

Solusi ideal masing-masing fungsi tujuan dicari menggunakan metode simplek dengan bantuan software winQSB. Solusi ideal masing-masing fungsi tujuan adalah

$$Z_1^* = 2834344 \text{ dengan } X_1 = 90, X_2 = 85, \text{ dan } X_3 = 73$$

$$Z_2^* = 49,29 \text{ dengan } X_1 = 92, X_2 = 80, \text{ dan } X_3 = 74$$

- b. Menentukan model matematika yang ekuivalen

$$\text{Minimasi } Z = 0,5 \cdot \frac{2834344 - (11875,95X_1 + 8549,28 X_2 + 14230,4X_3)}{2834344} + 0,5 \cdot \frac{49,29 - (0,15X_1 + 0,2X_2 + 0,27X_3)}{49,29}$$

Pembatas $X_1 \geq 78$

$$X_2 \geq 80$$

$$X_3 \geq 72$$

$$16,57X_1 + 19,18X_2 + 19,64X_3 \leq 860$$

$$\begin{aligned}X_1 &\leq 125 \\X_2 &\leq 95 \\X_3 &\leq 75 \\0,15 X_1 + 0,2 X_2 + 0,27 X_3 &\leq 50 \\X_1, X_2, X_3, X_4, X_5, X_6 &\geq 0\end{aligned}$$

- c. Solusi optimal model matematika yang ekuivalen
Model matematika yang ekuivalen tersebut diselesaikan menggunakan metode simpleks dengan bantuan software winQSB. Solusi optimal model matematika yang ekuivalen adalah $Z^* = 0.006448$ dengan $X_1 = 91$, $X_2 = 81$, dan $X_3 = 72$
- d. Solusi kompromi (*trade off*) model pengambilan keputusan multi criteria
Solusi kompromi dari model pengambilan keputusan multi criteria menggunakan *compromise programming* adalah sebagai berikut:
 Z_1 adalah nilai Z_1 dengan $X_1 = 91$, $X_2 = 81$, dan $X_3 = 72$, $Z_1 = 2912675$
 Z_2 adalah nilai Z_2 dengan $X_1 = 91$, $X_2 = 81$, dan $X_3 = 72$, $Z_2 = 49,78$
5. Analisa hasil. Solusi kompromi menggunakan *compromise programming* adalah $Z_1 = 2912675$ (biaya produksi per hari adalah Rp 2.912.675,-) dan $Z_2 = 49,78$ (dampak lingkungan yang dihasilkan adalah 49,78 ISPU) dengan $X_1 = 91$ (produk casing diproduksi sebanyak 91 unit per hari), $X_2 = 81$ (produk bearing housing diproduksi sebanyak 81 unit per hari), serta $X_3 = 72$ (produk cooling fan diproduksi sebanyak 72 unit per hari). Biaya produksi per hari Rp 2.912.675,- sedikit lebih besar jika dibandingkan dengan biaya produksi ideal per hari yang sebesar Rp 2.834.344,- demikian juga dengan dampak lingkungan per hari 49,78 ISPU sedikit lebih besar dari pada dampak lingkungan ideal perhari sebesar 49,29, hal tersebut sesuai dengan kaidah *trade off* atau solusi kompromi dari permasalahan pengambilan keputusan multi criteria. Dengan meminimasi dua fungsi tujuan, yaitu minimasi biaya produksi dan minimasi dampak lingkungan maka manajemen sudah berusaha untuk mewujudkan *ecomanufacturing* dengan meminimasi dampak lingkungan. Minimasi dampak lingkungan pasti memerlukan biaya, sehingga dapat menaikkan biaya produksi, tetapi kenaikan biaya produksi tersebut dapat ditekan oleh perusahaan dengan meminimasi dampak lingkungan.

7. Kesimpulan

Sistem pengambilan keputusan multi kriteria menggunakan *Compromise Programming* telah dapat membantu manajemen CV. Adi Logam Karya dalam mewujudkan *ecomanufacturing* dengan meminimasi dampak lingkungan dengan tetap memperhatikan biaya produksi perusahaan tidak naik terlalu besar. Hal tersebut diperlihatkan dengan diakomodasinya dua fungsi tujuan, yaitu minimasi biaya dan minimasi dampak lingkungan. Solusi kompromi yang dihasilkan memperlihatkan bahwa biaya produksi per hari dan dampak lingkungan per hari tidak terlalu besar jika dibandingkan dengan nilai idealnya.

DAFTAR PUSTAKA

- Gungor, 1999, Issues in environmentally Conscious Manufacturing and Product Recovery: a survey, Computer & Industrial Engineering, Elsevier, Volume 36, issue 4, 811-853
- Gupta, 2001, Novel Combustion Concepts for Sustainable Energy Development, Elsevier
- Hwang, Yoon, (1981), Multiple Attribute Decision Making: Methods and Applications, Springer
- Indrianti, N., Sutrisno, 2014, Buku Ajar Pengambilan Keputusan Multi Kriteria, UPN "Veteran" Yogyakarta, Yogyakarta
- Kleindorfer, 2005, Sustainable Operations Management, *Production and Operations Management*, Volume 14, Issue 4, 482-492
- Maystre, (1994), Méthodes multicritères ELECTRE, Lausanne: Presses Polytechniques.