

Pengukuran Fleksibilitas Dalam Industri Manufaktur Dengan Menggunakan *Objective Matrix (OMAX)* dan *Entropy*

Wakhid Ahmad Jauhari¹

Jurusan Teknik Industri, Universitas Sebelas Maret, Surakarta

Abstract

As globalization of markets raises competitive pressures, one essential requirement for the survival of organizations is their capability to meet competition. Market needs cause unceasing changes in the life cycle, shape, quality and price of products. Manufacturing flexibility is an effective way to face up to the uncertainties of this rapidly changing environment and it is defined as the ability to absorb various disturbances which occur in production systems, as well as the ability to incorporate and exploit new technological advances and work practices.

The aim of this paper is to measure capability and requirement of flexibility in manufacturing system. We propose Objective Matrix (OMAX) and Entropy integration method to measure flexibility.

Keywords : flexibility, objective matrix, entropy

1. Pendahuluan

Pada dekade akhir ini banyak perusahaan yang menggunakan strategi *cost efficiency* untuk dapat bersaing dalam persaingan global. Berbagai upaya dilakukan untuk bisa mereduksi biaya-biaya yang terjadi dalam sistem manufaktur mereka. Dalam kenyataannya upaya yang dilakukan perusahaan untuk mereduksi biaya yang terjadi tidak memberikan kontribusi yang signifikan untuk bersaing dengan industri lain yang memiliki sistem manufaktur yang lebih baik. Ketika permintaan dari *customer* berubah dengan cepat sebagaimana perubahan *supply* dari *supplier* maka sistem manufaktur dituntut memiliki fleksibilitas yang baik guna merespon perubahan yang terjadi. Akibatnya banyak perusahaan yang telah memiliki strategi *cost efficiency* berupaya untuk memperbaiki kinerja sistem manufakturnya dengan mementingkan *responsiveness* dan fleksibilitas.

Perusahaan yang gagal dalam meningkatkan kemampuan fleksibilitas manufakturnya atau sama sekali mengesampingkan fleksibilitas dalam sistem manufakturnya akan mengalami apa yang disebut *nervousness*. *Nervousness* adalah kondisi dimana perusahaan mengalami ketidakmampuan dalam merespon perubahan yang terjadi dari dalam maupun luar sistem manufakturnya. Jika kondisi *nervousness* dibiarkan dengan tanpa ada upaya untuk memperbaikinya bukan tidak mungkin perusahaan tersebut pada akhirnya akan mengalami kebangkrutan.

Sebagai langkah awal untuk memperbaiki fleksibilitas dalam suatu perusahaan maka diperlukan upaya untuk mengukur kemampuan dan kebutuhan sistem manufaktur untuk fleksibel. Gap yang terjadi antara kebutuhan dan kemampuan sistem manufaktur untuk fleksibel merupakan ukuran bagi upaya perbaikan yang mesti dilakukan.

¹ Correspondence : E-mail : jauhari@uns.ac.id

Penelitian ini berupaya untuk mengidentifikasi beberapa variabel fleksibilitas di dalam sistem manufaktur CV Maju Mapan di Tulungagung. Selain itu pada penelitian ini juga akan dilakukan proses pengukuran fleksibilitas sistem manufaktur dengan mengintegrasikan metode *Objective Matrix (OMAX)* dan *Entropy*.

2. Model Fleksibilitas dalam Sistem Manufaktur

1. *Machine Flexibility*

Faktor-faktor yang mempengaruhi *machine flexibility* adalah :

- *Setup* atau *changeover time*, waktu *setup* mewakili kemampuan untuk menyerap perubahan secara efisien.
- *Versality*, yaitu variasi proses yang mampu dilakukan mesin.
- *Adjustability*, berhubungan dengan ukuran dan dimensi dari komponen yang mampu ditangani oleh mesin.

2. *Routing Flexibility*

Faktor-faktor yang mempengaruhi *routing flexibility* adalah :

- *Operation commonality*, mengekspresikan jumlah dari operasi serupa yang dapat dilakukan suatu grup mesin untuk memproduksi suatu part.
- *Substitutability*, didefinisikan sebagai kemampuan dari sebuah sistem untuk *re-route* dan *re-schedule jobs* secara efektif dalam keadaan *failure*.

3. *Material Handling Sistem Flexibility*

Faktor-faktor yang mempengaruhi *material handling sistem flexibility* adalah:

- *Rerouting factor*, mengindikasikan kemampuan dari sistem *material handling* untuk berubah *travel path* secara otomatis atau dengan *setup delay* dan biaya yang kecil.
- *Variety of loads*
- *Transfer speed*, berkaitan dengan berat dan geometri dari produk sebagaimana juga frekuensi dan transportasi.
 - *Number of connected elements*

4. *Product Flexibility*

Faktor-faktor yang mempengaruhi *product flexibility* adalah:

- *Part variety*, berkaitan dengan jumlah dari produk baru yang dapat diproduksi oleh sistem manufaktur dalam suatu waktu tertentu.
- *Changeover effort*, yang dibutuhkan dalam bentuk waktu dan biaya untuk memproduksi suatu *product mix*.
- *Part commonality*, jumlah dari part yang sama yang digunakan dalam meng-*assembly* sebuah produk.

5. *Volume Flexibility*

Faktor-faktor yang mempengaruhi *volume flexibility* adalah:

- *Range of volume*
- *Effort to change volume*

6. *Labor Flexibility*

Faktor-faktor yang mempengaruhi *labor flexibility* adalah :

- *Training level*
- *Job rotation*
- *Effort in job rotation*

3. Metodologi Penelitian

a. Variabel Penelitian

Variabel penelitian yang digunakan adalah variabel penelitian yang diperoleh dari tinjauan pustaka, yaitu oleh Tsourveloudis dan Phillis kemudian disesuaikan dengan kondisi obyek yang diteliti.

b. Pengkonversian Skala dengan OMAX

Data yang dipakai untuk menentukan level fleksibilitas adalah data kualitatif, sehingga data kuantitatif yang diperoleh harus diekuivalensikan ke dalam data kualitatif (skala). Data yang dibutuhkan diperoleh dari hasil *interview* dengan pihak yang berkepentingan. Karena data yang diperoleh dari orang yang dianggap pakar dibidangnya maka data dianggap valid.

Setelah data yang didapatkan lengkap, maka langkah selanjutnya adalah mengekuivalensikan data kualitatif hasil *brainstorming* ke dalam skala. Metode yang digunakan untuk mengekuivalensikan data tersebut adalah metode OMAX. Metode ini merupakan salah satu metode normalisasi dari suatu angka hasil pengukuran. Dalam penelitian ini skala OMAX yang dipakai adalah skala 5.

Bentuk dan susunan dari pengukuran produktivitas model OMAX berupa matrix yang terdiri dari :

1. Kriteria, menyatakan kegiatan dan faktor-faktor yang akan diukur produktivitasnya, dinyatakan dengan rasio dari produktivitas yang diukur
2. Nilai Maksimum, merupakan nilai terbagus yang dicapai tetapi masih rasional.
3. Nilai Minimum, merupakan nilai terjelek tetapi masih dapat ditolerir.
4. Nilai Kinerja Aktual, merupakan nilai kapabilitas perusahaan saat ini.
5. Nilai Normalisasi, adalah nilai kinerja aktual setelah dinormalisasi sesuai skala tertentu.
6. Bobot, adalah nilai bobot untuk masing-masing kriteria.
7. Nilai Performansi Akhir, adalah nilai akhir dari pengukuran terhadap semua kriteria.

c. Penghitungan Bobot Variabel Fleksibilitas dengan Entropy

Untuk menghitung bobot tiap variabel penyusun fleksibilitas maka digunakan metode *entropy*. Adapun langkah dari metode ini adalah :

1. Beberapa atau semua pengambil keputusan harus memberikan nilai yang menunjukkan kepentingan suatu kriteria tertentu terhadap pengambilan keputusan. Tiap pengambil keputusan boleh menilai sesuai preferensinya masing-masing. Dalam penelitian ini penilaian menggunakan angka integer ganjil antara 1 sampai 10.
2. Kurangkan tiap angka tersebut dengan nilai paling ideal. Dalam penelitian ini adalah angka 9.
3. Bagi tiap nilai (k_{ij}) dengan jumlah total nilai dalam semua kriteria.

$$a_{ij} = \frac{k_{ij}}{\sum_{i=1}^m \sum_{j=1}^n k_{ij}}$$

4. Hitung entropi tiap kriteria dengan rumus berikut :

$$E_j = -(1/\ln(m)) \times \sum_j a_{ij} \ln(a_{ij})$$

5. Hitung dispersi tiap kriteria dengan rumus berikut :

$$D_j = 1 - E_j$$

6. Karena diasumsikan total bobot adalah 1, maka untuk mendapatkan bobot tiap kriteria, nilai disperse harus dinormalisasikan terlebih dahulu, sehingga :

$$w_j = \frac{D_j}{\sum D_j}$$

d. Penentuan Level Kemampuan dan Kebutuhan untuk Fleksibel

Penentuan level kemampuan dan kebutuhan untuk fleksibel dilakukan dengan mengalikan nilai OMAX dari tiap-tiap variabel fleksibilitas dengan bobot yang didapat dari metode *entropy*. Karena skala yang digunakan dalam OMAX maka level fleksibilitas yang dicapai akan bernilai 1 sampai 5.

4. Hasil dan Pembahasan

a. Pembobotan Variabel Penyusun Fleksibilitas

Dari hasil pembobotan variable-variabel penyusun fleksibilitas dengan menggunakan metode *entropy* maka didapatkan hasil seperti terlihat pada tabel 1. Pada tabel ini terlihat bahwa tipe fleksibilitas mesin dan rute memiliki bobot tertinggi yaitu masing-masing 0,178 dan 0,171. Sedangkan tipe fleksibilitas volume memiliki bobot terkecil yaitu 0,158. Namun secara keseluruhan terlihat bahwa nilai bobot masing-masing tipe fleksibilitas relatif sama atau tidak berbeda jauh antara satu dengan lainnya. Hal ini berarti masing-masing tipe memiliki kontribusi yang relatif sama terhadap hasil pengukuran fleksibilitas perusahaan.

Tabel 1. Hasil Pembobotan dengan *Entropy*

Tipe Fleksibilitas	Variabel	Bobot
Fleksibilitas Mesin(0,178)	Jumlah operasi	0,33
	Kapasitas mesin	0,34
	Waktu setup mesin	0,33
Fleksibilitas Produk(0,165)	Ketersediaan part untuk memproduksi produk baru	0,34
	Usaha untuk memproduksi produk baru	0,31
	Jumlah produk baru yang diproduksi	0,35
Fleksibilitas Tenaga Kerja(0,159)	Kemampuan melakukan rotasi tenaga kerja	0,33
	Training level	0,35
	Jumlah variasi kerja dari tenaga kerja	0,32
Fleksibilitas Volume(0,158)	Kemampuan merubah volume output	0,31
	Usaha untuk merubah volume output	0,35
	Range volume output	0,34
Fleksibilitas Rute(0,171)	Kemampuan merubah rute	0,5
	Jumlah rute potensial	0,5
Fleksibilitas Material Handling(0,169)	Kemampuan memindahkan part	0,34
	Jumlah path yang bisa dilayani	0,33
	Kecepatan transfer	0,33

b. Pengukuran Fleksibilitas

Hasil pengukuran kemampuan dan kebutuhan untuk fleksibel dapat dilihat pada tabel 2 dan 3. Dari kedua tabel tersebut terlihat bahwa nilai kemampuan perusahaan untuk fleksibel masih rendah, yaitu 3,27, sedangkan kebutuhan untuk fleksibel adalah 4,163. Secara keseluruhan, hampir seluruh tipe fleksibilitas nilai kemampuan yang dimiliki perusahaan untuk

fleksibel masih di bawah nilai kebutuhannya. Untuk tipe fleksibilitas rute nilai performansi perusahaan sudah lebih baik dari nilai kebutuhannya. Sehingga untuk tipe fleksibilitas ini tidak perlu dilakukan perbaikan.

Pada tabel 4 dapat dilihat nilai gap yang terjadi antara level performansi dengan kebutuhan untuk fleksibel. Terlihat bahwa tipe fleksibilitas produk dan tenaga masih memiliki gap terbesar yaitu 0,274 dan 0,265. Sedangkan untuk fleksibilitas rute justru memiliki nilai gap negati, yaitu -0,087. Secara keseluruhan rata-rata nilai gap yang terjadi adalah sebesar 0,9 atau mendekati nilai 1. Artinya gap antara performansi dengan kebutuhannya dinilai masih cukup besar.

Tabel 2. Level Kemampuan untuk Fleksibel

Tipe Fleksibilitas	Performansi
Fleksibilitas Mesin	0,59
Fleksibilitas Produk	0,50
Fleksibilitas Tenaga Kerja	0,53
Fleksibilitas Volume	0,36
Fleksibilitas Rute	0,60
Fleksibilitas Material Handling	0,68
Total	3,27

Tabel 3. Level Kebutuhan untuk Fleksibel

Tipe Fleksibilitas	Kebutuhan
Fleksibilitas Mesin	0,771
Fleksibilitas Produk	0,774
Fleksibilitas Tenaga Kerja	0,795
Fleksibilitas Volume	0,577
Fleksibilitas Rute	0,513
Fleksibilitas Material Handling	0,733
Total	4,163

Tabel 4. Gap antar Performansi dan Kebutuhan untuk Fleksibel

Tipe Fleksibilitas	Gap
Fleksibilitas Mesin	0,178
Fleksibilitas Produk	0,274
Fleksibilitas Tenaga Kerja	0,265
Fleksibilitas Volume	0,217
Fleksibilitas Rute	-0,087
Fleksibilitas Material Handling	0,053

Secara umum perusahaan memerlukan upaya yang serius unruk memperbaiki sistem manufakturnya agar lebih fleksible. Adanya gap yang masih tinggi antara tingkat performansi yang dimiliki dan kebutuhan mengindikasikan bahwa sistem manufaktur akan cenderung mengalami nervoussness. Beberapa tipe fleksibilitas yang mempunyai gap terbesar dibanding dengan kebutuhannya harus menjadi perhatian penting.

5. Kesimpulan

Beberapa kesimpulan yang dapat diambil dari penelitian ini adalah :

1. Variabel penyusun fleksibilitas yang dapat diidentifikasi pada penelitian ini adalah :

- Jumlah operasi
 - Kapasitas mesin
 - Waktu setup mesin
 - Ketersediaan part untuk memproduksi produk baru
 - Usaha untuk memproduksi produk baru
 - Jumlah produk baru yang diproduksi
 - Kemampuan melakukan rotasi tenaga kerja
 - Training level
 - Jumlah variasi kerja dari tenaga kerja
 - Kemampuan merubah volume output
 - Usaha untuk merubah volume output
 - Range volume output
 - Kemampuan merubah rute
 - Jumlah rute potensial
 - Kemampuan memindahkan part
 - Jumlah path yang bisa dilayani
 - Kecepatan transfer
2. Hampir semua tipe fleksibilitas sistem manufaktur yang dimiliki perusahaan, kecuali fleksibilitas rute, nilai performansinya masih dibawah nilai kebutuhannya. Sehingga perlu dilakukan upaya yang serius guna menghindarkan sistem manufaktur dari *nervousness*.
 3. Rata-rata nilai gap antara performansi dengan kebutuhan untuk fleksibel adalah sebesar 0,9. Artinya, telah terjadi ketidakmampuan sistem manufaktur dalam menghadapi perubahan yang terjadi.

Daftar Pustaka

- Benjaafar, Saifallah dan Ramakrishnan, Rajesh, *Modelling, Measurement and Evaluation of Sequencing Flexibility in Manufacturing Sistem*, Vol 2 (Publisher & Year of Publication unknown).
- Duklos, L. K., Rhonda R. L., and Robert J. V., "A Conceptual Model of Supply Chain Flexibility", Vol.1-2 (Publisher & Year of Publication unknown).
- Hernando, Ditto, (2002), *Analisis Sistem Fleksibilitas Dalam Suatu Hubungan Buyer-Supplier Dengan Pendekatan Fuzzy Logic*, Tugas Akhir, Teknik Industri ITS Surabaya.
- Pujawan, Nyoman dan Kingsman, 2002, *A Descriptive Assesement of Sistem Nervousness and Inventories within Two Cases of Buyer and Supplier Partnerships*, A Manuscript, ITS Surabaya.
- Tomlin, B. T., 2000, *Supply Chain Design : Capacity, Flexibility and Wholesale Price Strategy*, University College Dublin.
- Tsourveloudis, N., C., and Yannis A. P., (2000), *Manufacturing Flexibility Measurement : A Fuzzy-Logic Framework*, pp 12-20 (Publisher & Year of Publication Unknown).
- Wakhid, A. J., (2005), Analisis Sistem Fleksibilitas Manufaktur dengan Pendekatan Fuzzy Logic, *Jurnal Gema Teknik*, Vol. 1, No. 8, Fakultas Teknik UNS, Surakarta.
- Wakhid, A. J., (2006), Pengukuran Tingkat Performansi Fleksibilitas Sistem Supply Chain, *Jurnal Optimum*, Vol. 7, No.1, Jurusan Teknik Industri, UMM, Malang.