

## IMPLEMENTASI MASS CUSTOMIZATION DALAM MINIMASI LEAD TIME DENGAN PENDEKATAN ALGORITMA CDS

Jatu Sandyakalaning<sup>1</sup>, Salvia Fatma Aulia<sup>2</sup>, Vanadhia Amanita<sup>3</sup>

Program Studi Teknik Industri, Fakultas Teknologi Industri, Universitas Islam Indonesia  
Jl. Kaliurang KM. 14,5 Sleman, Yogyakarta, Telp. (0274) 895287, Fax. (0274) 895007  
jatusandya@gmail.com

### Abstrak

Permintaan konsumen terhadap produk yang beraneka ragam menuntut perusahaan manufaktur untuk selalu dapat memenuhi permintaan konsumen. Berbagai usaha dilakukan oleh perusahaan manufaktur untuk menciptakan produk yang berkualitas dengan berorientasi pada keinginan dan harapan konsumen. Pada lingkungan manufaktur *Make-to-Order* (MTO), pada umumnya proses produksi dilakukan setelah menerima pesanan dari konsumen, sehingga menyebabkan panjangnya *lead time*. Sedangkan secara umum konsumen menginginkan produk yang dapat diproduksi dengan cepat dan memiliki keragaman yang tinggi. Oleh karena itu, perusahaan manufaktur dituntut untuk dapat menerapkan strategi *hybrid manufacturing* yaitu dengan menggabungkan dua konsep proses produksi berdasarkan pesanan dan persediaan. Konsep tersebut digunakan untuk menggabungkan antara kebutuhan konsumen akan keragaman produk yang tinggi dan waktu respon yang cepat. Penelitian ini bertujuan untuk merancang suatu sistem manufaktur yang dapat memproduksi berbagai macam produk dengan *manufacturing lead time* yang singkat. Untuk mencapai sistem manufaktur yang memiliki fleksibilitas tinggi, pada penelitian ini menggunakan konsep *Mass Customization* (MC). Implementasi MC adalah menentukan level keragaman produk yang ditawarkan kepada konsumen yang berpengaruh dalam menentukan posisi *Customer Order Decoupling Point* (CODP). Dalam menganalisis *manufacturing lead time* menggunakan penjadwalan produksi untuk mencari *makespan optimal* melalui urutan pengerjaan (*job*) dengan pendekatan *Algoritma Campbell, Dudek, Smith* (CDS). Studi kasus diambil dari sistem manufaktur pada UKM Sogan Batik Rejodani di Sleman, Yogyakarta. Hasil pada penelitian ini menunjukkan bahwa sistem manufaktur yang diusulkan dapat mengurangi *lead time* dari 30 hari menjadi 4,789 hari dengan pengurangan *lead time* sebesar 84,04%.

**Kata kunci:** algoritma CDS, CODP, *manufacturing lead time*, *mass customization* (MC)

### 1. PENDAHULUAN

Setiap perusahaan manufaktur harus dapat mengelola manajemen bisnisnya dengan baik agar mampu bertahan dan bersaing dengan perusahaan kompetitor. Salah satu tantangan yang dihadapi pada perusahaan manufaktur adalah bagaimana perusahaan tersebut selalu dapat memenuhi permintaan konsumen terhadap produk yang beraneka ragam. Hal ini mendorong perusahaan manufaktur untuk melakukan pengembangan dan perbaikan terutama dalam melakukan proses produksi untuk menghasilkan produk yang berkualitas dan tentunya berorientasi pada keinginan dan harapan konsumen.

Sogan Batik Rejodani merupakan UKM yang terletak di Kabupaten Sleman, Yogyakarta yang bergerak pada industri batik dengan menerapkan strategi berdasarkan pesanan dalam melakukan produksinya. Pada lingkungan manufaktur yang berdasarkan *Make-to-Order* (MTO), pada umumnya proses produksi dilakukan setelah menerima pesanan dari konsumen, sehingga menyebabkan panjangnya *lead time* karena proses produksi dimulai dari persiapan *raw material* dimana tahapan tersebut dapat memakan waktu yang cukup lama.

*Lead time* produksi yang dirasa cukup panjang menjadi salah satu permasalahan dalam memenuhi dan memuaskan permintaan konsumen. Bahkan tidak sedikit terjadi keterlambatan pengiriman produk kepada konsumen. Dalam hal ini *lead time* tentunya juga akan mempengaruhi konsistensi perusahaan manufaktur untuk memenuhi *delivery time*.

Tujuan dari penelitian ini adalah untuk merancang suatu sistem manufaktur yang dapat memproduksi berbagai macam produk dengan *manufacturing lead time* yang singkat dan menerapkan konsep *Customer Order Decoupling Point* (CODP) serta algoritma *Campbell, Dudek, and Smith* (CDS). Apabila tujuan dari penelitian ini dapat tercapai, manfaat yang akan diperoleh

adalah membantu perusahaan dalam mereduksi *lead time* yang cukup lama sehingga mampu memberikan kepuasan kepada konsumen.

## 1.1 Studi Literatur

### 1.1.1 Mass Customization

Mass customization adalah suatu proses dimana aspek organisasi, proses produksi, serta teknologi dirancang untuk menyediakan produk-produk sesuai dengan keinginan dan kebutuhan customer sebagai pelanggan. *Make-to-Order* merupakan strategi yang lebih fleksibel dan responsif terhadap permintaan variabilitas produk. Sedangkan *Make-to-Stock* strategi dalam pemanfaatan kapasitas yang tinggi dan *lead time* yang pendek. Dengan adanya kedua keunggulan strategi tersebut, telah dilakukan suatu penelitian yang bertujuan untuk menentukan metodologi yang menggabungkan keunggulan MTO dan MTS (Kober dan Heinecke, 2012).

Penelitian lainnya yang telah dilakukan adalah membahas kerangka kerja *mass customization* yang ada dan menawarkan tipologi yang lebih menyeluruh untuk mengklasifikasikan berbagai tingkat *mass customizer* (Rudberg dan Wikner, 2004).

### 1.1.2 Customer Order Decoupling Point (CODP)

CODP didefinisikan sebagai titik dimana spesifikasi produk ditetapkan (Kober dan Heinecke, 2012). Telah banyak penelitian yang dilakukan terkait CODP, diantaranya penelitian yang bertujuan mengusulkan dua model untuk posisi CODP sehingga tingkat *customization* dapat dianalisis dengan mengembangkan model pemrograman *multi-objective* (Shidpour dkk., 2014). Selain itu penelitian lainnya yang berkaitan dengan CODP adalah penelitian yang membangun model positioning CODP dengan *delivery lead time constraint* dan *capacity constraint* yang bertujuan untuk meminimalkan total biaya produksi (Jian-hua dkk., 2007).

### 1.1.3 Lead Time

Penelitian terkait *lead time* seringkali berfokus pada aplikasi dan teori. Penelitian yang dilakukan salah satunya adalah mendesain sebuah manufaktur yang memiliki fleksibilitas tinggi untuk menghasilkan berbagai jenis produk dengan *lead time* yang pendek (Purnomo dan Sufa, 2015). Dalam penelitian tersebut menggunakan konsep CODP dan pendekatan simulasi.

### 1.1.4 Algoritma Campbell, Dudek, Smith (CDS)

Masalah pemenuhan pesanan yang tertunda dapat diatasi dengan membuat penjadwalan produksi yang memiliki waktu penyelesaian minimum (*makespan*) yang menggunakan pendekatan *Mixed Integer Programming* (MIP) (Hastuti dkk., 2015). Penelitian tersebut diusulkan untuk membangun sebuah penjadwalan yang efektif untuk UKM dengan memanfaatkan MIP. Output tersebut kemudian dibandingkan dengan mesin metode penjadwalan serial dengan algoritma CDS.

## 2. METODOLOGI

### 2.1 Analisis Struktur Produk

Penelitian ini dilaksanakan pada sebuah UKM Batik di Sleman, Yogyakarta. UKM ini memproduksi pakaian batik dengan berbagai desain sesuai dengan permintaan konsumen pada setiap bulannya. Tahapan pertama pada penelitian ini adalah mengidentifikasi dan menganalisis struktur produk yang berupa pakaian batik dengan berbagai desain. Dalam hal ini terdapat tujuh jenis desain batik yang akan dianalisis dimana desain batik tersebut memiliki permintaan tertinggi pada bulan Januari 2015 hingga Januari 2016. Dengan analisis struktur produk ini maka dapat diketahui kebutuhan komponen pada setiap produk serta komponen produk yang dapat disesuaikan.

### 2.2 Analisis Proses Produk

Berdasarkan hasil pada analisis struktur produk maka dapat digunakan untuk melakukan analisis proses produk. Analisis proses produk meliputi analisis *Operation Process Chart* (OPC) pada setiap produk. Dari analisis OPC maka dapat diidentifikasi tahapan proses produksi setiap produk, waktu proses, serta kebutuhan mesin dalam memproduksi setiap produk.

### 2.3 Identifikasi *Customer Order Decoupling Point (CODP)*

Pada tahapan ini dilakukan identifikasi proses produksi untuk menyesuaikan komponen produk dengan tujuan agar dapat menyesuaikan dengan kebutuhan dan keinginan kosumen sehingga analisis MC dapat dilakukan. Implementasi MC adalah menentukan level keragaman produk yang ditawarkan kepada konsumen. Level keragaman produk sangat berpengaruh dalam menentukan posisi CODP. Pada penelitian ini, dalam mengidentifikasi CODP berdasarkan desain produk serta proses produksi pada setiap desain produk. Pada lingkungan manufaktur MTO, posisi CODP berada di tengah-tengah proses produksi dimana CODP digunakan untuk membagi proses produksi menjadi dua bagian. Berdasarkan posisi CODP yang ditentukan, maka proses produksi dari *starting point* sampai posisi CODP dapat diterapkan sistem MTS untuk memenuhi persediaan. Dalam hal ini proses manufaktur digunakan untuk memproduksi komponen umum yang siap untuk disesuaikan. Sedangkan proses produksi setelah posisi CODP digunakan untuk menyesuaikan komponen umum dengan setiap desain produk sesuai dengan pesanan konsumen. Tahapan ini dilakukan setelah permintaan diketahui, maka proses produksi dilakukan berdasarkan pesanan.

### 2.4 Algoritma *Campbell, Dudek, Smith (CDS)*

Algoritma heuristik CDS pada dasarnya merupakan perpanjangan dari algoritma Johnson. Fokus pada algoritma heuristik ini adalah untuk meminimasi *makespan* dalam permasalahan penjadwalan *flowshop*. Bentuk dari algoritma heuristik CDS adalah dalam set  $m-1$  dan  $2$ -*machine sub-problem* buatan untuk  $m$ -*machine problem* asal dengan menjumlahkan waktu proses yaitu dengan cara menjumlahkan  $M_1, M_2, \dots, M_{m-1}$  ke dalam mesin 1 semu dan  $M_2, M_3, \dots, M_m$  ke dalam mesin 2 semu. Pada setiap  $2$ -*machine sub-problem* diselesaikan dengan algoritma Johnson  $2$ -*machine*. Urutan penjadwalan terbaik dipilih sebagai solusi dari  $m$ -*machine problem* asal. Algoritma CDS dapat dituliskan sebagai berikut:

Hitung  $k = 1$ , kemudian hitung  $t_{i,1}^*$  dan  $t_{i,2}^*$

$$t_{i,1}^* = \sum_{k=1}^K t_{i,k} \quad (1)$$

$$t_{i,2}^* = \sum_{k=1}^K t_{i,m-k+1} \quad (2)$$

Dimana  $i$  = tahapan proses,  $i \in I = \{1, \dots, m\}$

$k$  = *job*,  $k \in K = \{1, \dots, n\}$

$m$  = jumlah dari tahapan proses

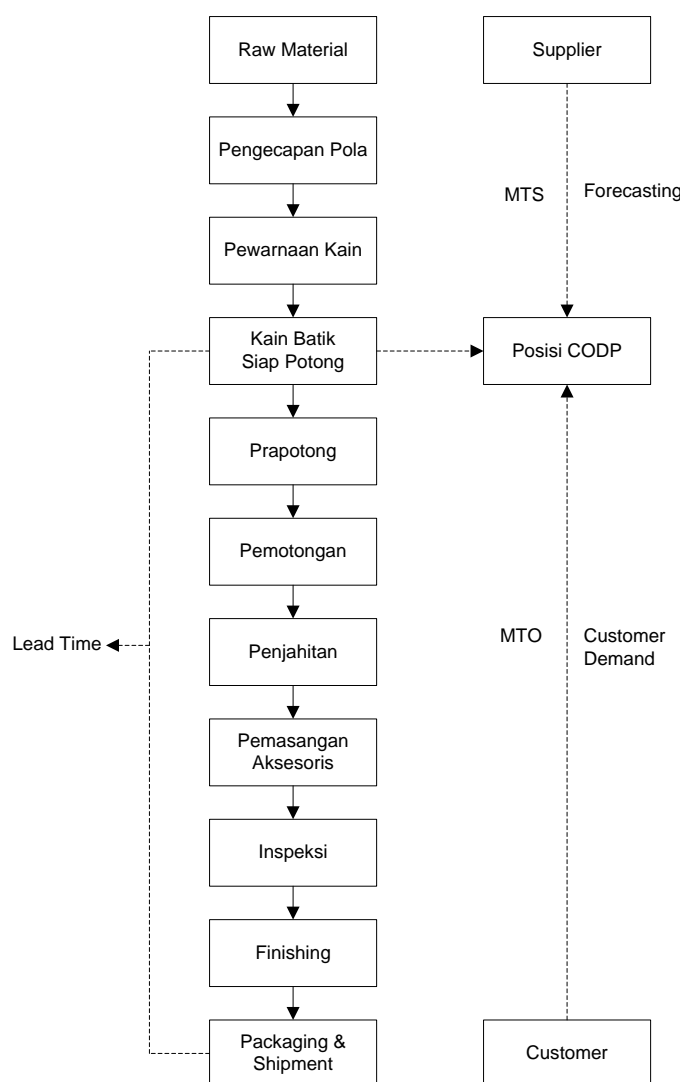
$p$  = *processing time*

Tahap selanjutnya adalah menggunakan algoritma Johnson untuk membuat urutan penjadwalan dimana hitung  $t_{i,1} = t_{i,1}^*$  dan  $t_{i,2} = t_{i,2}^*$  sehingga *makespan* yang paling optimal dapat diketahui. Perhitungan berhenti ketika  $K = (m-1)$ , kemudian memilih urutan penjadwalan dengan *makespan* yang terkecil.

## 3. HASIL DAN PEMBAHASAN

### 3.1 Posisi *Customer Order Decoupling Point (CODP)*

Berdasarkan analisis CODP pada sistem manufaktur yang telah dilakukan maka dapat diperoleh hasil yang dapat dipaparkan melalui gambar berikut ini.



**Gambar 1. Posisi CODP**

Berdasarkan gambar 1, dapat diketahui bahwa posisi CODP terletak pada bahan baku kain batik yang sudah melalui proses pengecapan dan pewarnaan sehingga kain batik tersebut sudah siap untuk melalui proses selanjutnya. Walaupun perusahaan tersebut pada lingkungan manufaktur yang berdasarkan pesanan, akan tetapi kebutuhan bahan baku secara umum dapat diprediksikan sebelum adanya pesanan dengan menggunakan berbagai metode *forecasting*. Oleh karena itu proses produksi dari *raw material* sampai posisi CODP dapat diterapkan sistem MTS untuk memenuhi persediaan sehingga proses produksi untuk membuat komponen umum yaitu kain batik yang sudah siap potong dapat dimulai sebelum adanya pesanan. Sedangkan proses produksi setelah posisi CODP dapat diterapkan sistem MTO berdasarkan pesanan konsumen, yaitu memproduksi berbagai pakaian batik dengan berbagai jenis desain sesuai dengan keinginan konsumen. Dengan demikian maka desain sistem manufaktur tersebut dapat mengurangi *lead time* manufaktur sehingga pesanan konsumen dapat diproduksi dengan lebih cepat karena bahan baku yang berupa kain siap potong sudah tersedia sebelumnya.

### 3.2 Pengolahan menggunakan Algoritma CDS

Penjadwalan dengan algoritma CDS digunakan untuk meminimasi *makespan* dalam memproduksi sejumlah lot tertentu. Dalam penjadwalan ini menggunakan aturan *Short Processing Time* (SPT) untuk meminimasi *makespan*. Penjadwalan dimulai dari posisi CODP sampai proses terakhir sehingga akan diketahui reduksi *lead time* manufaktur. Berikut ini adalah tabel *processing time* dalam memproduksi tujuh jenis desain batik.

**Tabel 1. Processing Time**

| Job | Prapotong (M1) | Pemotongan (M2) | Penjahitan (M3) | Tahapan Pemasangan Aksesoris (M4) | Inspeksi (M5) | Finishing (M6) | Packaging & Shipment (M7) |
|-----|----------------|-----------------|-----------------|-----------------------------------|---------------|----------------|---------------------------|
| J1  | 5              | 30              | 120             | 10                                | 3             | 2              | 5                         |
| J2  | 3              | 60              | 180             | 20                                | 5             | 5              | 5                         |
| J3  | 2              | 20              | 60              | 5                                 | 3             | 4              | 5                         |
| J4  | 5              | 45              | 100             | 7                                 | 5             | 4              | 5                         |
| J5  | 10             | 60              | 150             | 5                                 | 7             | 4              | 5                         |
| J6  | 10             | 30              | 120             | 5                                 | 3             | 2              | 5                         |
| J7  | 5              | 20              | 90              | 5                                 | 5             | 8              | 5                         |

Data pada tabel 1 tersebut digunakan untuk mencari urutan pengerjaan *job* pada algoritma CDS sehingga *makespan* dapat diketahui. Berdasarkan perhitungan dengan algoritma CDS maka dapat diketahui bahwa solusi optimal terletak pada  $k = 6$  dengan hasil perhitungan *processing time* yang ditunjukkan oleh tabel 2.

**Tabel 2. Pengolahan dengan Algoritma CDS**

| Tahapan           | Processing time |     |    |     |     |     |     |
|-------------------|-----------------|-----|----|-----|-----|-----|-----|
|                   | J1              | J2  | J3 | J4  | J5  | J6  | J7  |
| M1+M2+M3+M4+M5+M6 | 170             | 273 | 94 | 166 | 236 | 170 | 143 |
| M2+M3+M4+M5+M6+M7 | 170             | 275 | 97 | 166 | 231 | 165 | 143 |

Berdasarkan pengolahan *processing time* dengan algoritma CDS maka dapat diketahui bahwa hasil urutan penjadwalan yang optimal secara berurutan adalah J3-J7-J1-J2-J5-J4-J6 dengan *makespan* sebesar 857 menit. Hasil tersebut kemudian dikonversikan ke dalam hari dimana waktu kerja dalam satu hari yaitu selama 7 jam sehingga menjadi 2,04 hari kerja. Artinya dalam 2,04 hari kerja perusahaan mampu memproduksi 7 jenis desain pakaian batik dimana untuk setiap jenisnya adalah 1 unit produk.

Diketahui bahwa rata-rata permintaan untuk 7 jenis desain pakaian yang memiliki tingkat permintaan tertinggi adalah 16,429 produk. Dengan demikian untuk memproduksi 1 jenis desain pakaian batik dengan jumlah produk tersebut, maka perusahaan membutuhkan *lead time* selama 4,789 hari.

Hasil tersebut menunjukkan bahwa terjadi reduksi *lead time* yang semula 30 hari menjadi 4,789 hari. Reduksi *lead time* ini sangat signifikan yang disebabkan karena pengadaan bahan baku yang akan digunakan untuk memproduksi pakaian batik tidak direncanakan dan dipersiapkan dengan baik sehingga proses tersebut memakan waktu yang cukup lama. Selama ini perusahaan melakukan perencanaan pengadaan bahan baku ketika pesanan dari konsumen datang sehingga seringkali terjadi keterlambatan pengiriman oleh *supplier*. Selain itu, bahan baku yang harus melalui proses pengecapan dan pewarnaan kain juga memerlukan waktu yang cukup lama. Proses pengecapan kain dilakukan di tempat berbeda dari perusahaan sehingga membutuhkan waktu tersendiri untuk proses tersebut.

Dengan penerapan konsep CODP, maka dapat diketahui titik dimana spesifikasi produk untuk semua jenis desain pakaian batik adalah sama sehingga posisi titik tersebut dapat ditetapkan. Dalam kasus ini, posisi CODP terletak pada kain yang sudah melalui proses pengecapan dan pewarnaan sehingga kain tersebut sudah siap potong untuk melalui proses selanjutnya. Sebelumnya telah diketahui bahwa proses pewarnaan kain merupakan proses yang membutuhkan waktu relatif lama yang disebabkan karena sering terjadinya kegagalan dalam proses tersebut. Tentu saja sistem manufaktur ini efektif dalam membantu mereduksi *lead time* yang panjang sehingga hasil penelitian yang diperoleh menunjukkan reduksi *lead time* yang signifikan yaitu dengan pengurangan *lead time* sebesar 84,04%.

#### 4. KESIMPULAN

Berdasarkan penjelasan yang telah dipaparkan dapat disimpulkan bahwa dengan menerapkan konsep CODP maka spesifikasi produk yang sama untuk semua jenis produk dapat ditentukan sehingga komponen umum penyusun produk tersebut dapat diproduksi terlebih dahulu. Dengan menerapkan sistem manufaktur tersebut maka dapat mereduksi *lead time* secara signifikan. Rekomendasi untuk penelitian selanjutnya diharapkan untuk dilakukannya penelitian tentang sebuah cara atau pendekatan untuk melengkapi dan mendukung *output* dari algoritma CDS agar dapat menentukan perhitungan reduksi *lead time* yang lebih akurat.

#### DAFTAR PUSTAKA

- Hastuti, R. P., Yuliando, H., dan Aziz, I. W. F., 2015, Production Scheduling Using Mixed Integer Programming: Case of Bread Small and Medium Enterprise at Yogyakarta, *Proceedings of the 2014 International Conference on Agro-industry (ICoA) : Competitive and sustainable Agro-industry for Human Welfare*, hal 211-215.
- Jian-hua, J., Li-li, Q., dan Qiao-lun, G., 2007, Study on CODP Position of Process Industry Implemented Mass Customization, *Journal of Systems Engineering – Theory & Practice*, Vol. 27, hal 151-157.
- Kober, J., dan Heinecke, G., 2012, Hybrid Production Strategy Between Make-to-Order and Make-to-Stock – A Case Study at a Manufacturer of Agricultural Machinery with Volatile and Seasonal Demand, *Proceedings of the 45<sup>th</sup> CIRP Conference on Manufacturing Systems*, hal 453-458.
- Purnomo, M. R. A., dan Sufa, M. F., 2015, Simulation-based performance improvement towards mass customization in make to order repetitive company, *Proceedings of the 2<sup>nd</sup> International Materials, Industrial, and Manufacturing Engineering Conference*, hal 408-412.
- Rudberg, M., dan Wikner, J., 2004, Mass Customization in terms of the customer order decoupling point, *Journal of Production, Planning & Control*, No. 4, Vol. 15, hal 445-458.
- Shidpour, H., Cunha, C. Da., dan Bernard, A., 2014, Analyzing single and multiple customer order decoupling point positioning based on customer value: A multi-objective approach, *Proceedings of the 47<sup>th</sup> CIRP Conference on Manufacturing Systems*, hal 669-674.