

MINIMALISASI BIAYA SIMPAN DAN BIAYA SETUP PADA *MULTIPLE* PRODUK: SIMULASI DENGAN *CAPACITATED LOT SIZING PROBLEM*

Erika Fatma

Program Studi Manajemen Logistik Industri Elektronika, Politeknik APP Jakarta

*E-mail korespondensi: rika-fatma@kemenperin.go.id

Informasi Artikel

Received: 24 Apr 2019
Revision: 20 May 2019
Accepted: 8 Juni 2019
Online: 12 Jun 2019

Keywords: *Lot size, CLSP, Total production cost.*

Paper type: Case study



Published by Fakultas Ekonomi
Universitas Islam Attahiriyah

ABSTRACT

Lot sizing problem in production planning aims to optimize production costs (processing, setup and holding cost) by fulfilling demand and resources capacity constraint. The Capacitated Lot sizing Problem (CLSP) model aims to balance the setup costs and inventory costs to obtain optimal total costs. The object of this study was a plastic component manufacturing company. This study use CLSP model, considering process costs, holding costs and setup costs, by calculating product cycle and setup time. The constraint of this model is the production time capacity and the storage capacity of the finished product. CLSP can reduce the total production cost by 4.05% and can reduce setup time by 46.75%.

Masalah *lot sizing* dalam perencanaan produksi bertujuan untuk mengoptimalkan biaya produksi (proses, *setup* dan simpan) untuk memenuhi permintaan dan keterbatasan kapasitas sumber daya. *Capacitated Lot sizing Problem (CLSP)* bertujuan untuk menyeimbangkan biaya *setup* dan biaya persediaan untuk mendapatkan total biaya optimal. Objek penelitian ini adalah perusahaan manufaktur komponen plastik. Penelitian menggunakan model CLSP, dengan mempertimbangkan biaya proses, biaya simpan dan biaya *setup*, waktu siklus dan waktu *setup*. Kendala yang digunakan adalah kapasitas produksi dan simpan produk jadi. CLSP mengurangi total biaya produksi sebesar 4,05% dan mengurangi waktu *setup* sebesar 46,75%.

Pedoman Sitasi: Fatma. E. (2019). MINIMALISASI BIAYA SIMPAN DAN BIAYA SETUP PADA *MULTIPLE* PRODUK: SIMULASI DENGAN *CAPACITATED LOT SIZING PROBLEM*. *Jurnal Riset Manajemen dan Bisnis (JRMB) Fakultas Ekonomi UNIAT*, 4 (2), 205 - 214

Journal homepage: <http://jrmb.ejournal-feuniat.net/index.php/JRMB>

1. Pendahuluan

Perencanaan produksi merupakan suatu rangkaian aktivitas pengelolaan sumber daya perusahaan untuk memenuhi tujuan produksi atau permintaan pelanggan periode tertentu. Keputusan terkait aktivitas di rantai produksi akan memberikan pengaruh besar terhadap biaya produksi. Salah satu keputusan yang ditetapkan adalah penentuan ukuran lot (*lot sizing*), baik untuk pembelian bahan baku atau produksi. Keputusan terkait ukuran lot berupaya mengoptimalkan beberapa kriteria kinerja seperti minimasi biaya produksi (biaya proses, *setup* dan simpan) dengan memperhatikan permintaan pelanggan dan keterbatasan kapasitas sumber daya perusahaan (Glock, Grosse, & Ries, 2014).

Penentuan ukuran lot diperlukan dalam proses produksi yang dilakukan secara *batch*, dimana produksi membuat beragam produk dalam satu lini produksi secara bergantian. Tipe produksi jenis ini membutuhkan proses *setup* tiap kali ada pergantian produksi dari satu jenis produk ke produk lainnya. *Setup* merupakan rangkaian kegiatan yang terdiri atas pengaturan, penyesuaian, pembersihan/ perawatan yang diperlukan antar produksi dan pengujian mesin. Proses *setup* ini akan mengonsumsi waktu produksi dan akan menimbulkan biaya. Untuk meminimasi proses *setup*, produksi umumnya dilakukan dalam ukuran lot yang besar. Namun, hal ini dapat menimbulkan biaya simpan. Tujuan *lot sizing* adalah untuk mencapai *trade-off* terbaik antara biaya *setup* dan biaya simpan persediaan dan mempertimbangkan tingkat kepuasan pelanggan dan kapasitas (Karimia, Ghomia, & Wilsonb, 2003).

Objek penelitian ini adalah manufaktur yang memproduksi komponen/part berbahan dasar plastik untuk kebutuhan industri lain. Produksi dilakukan menggunakan mesin *injection molding* yang mengolah bijih plastik menjadi komponen sesuai spesifikasi pelanggan. Mesin yang digunakan tidak hanya memproduksi satu jenis komponen, namun digunakan untuk memproduksi beberapa jenis komponen secara bergantian. Setiap kali pergantian jenis komponen yang akan diproduksi, perusahaan harus melakukan pengaturan ulang (*setup*) mesin.

Proses *setup* merupakan aktivitas untuk mensetting ulang mesin untuk beralih dari produksi satu jenis komponen ke komponen jenis lain. Dalam proses *setup*, mesin harus dimatikan, sehingga proses produksi terhenti. Saat ini perusahaan melakukan *setup* setiap minggu untuk tiap jenis produk yang dibuat. Hal ini menyebabkan frekuensi *setup* yang tinggi. Alternatif lain yang dimiliki oleh perusahaan, adalah mengurangi frekuensi *setup* dengan memproduksi produk dalam ukuran produksi besar. Namun hal ini akan menimbulkan biaya simpan, akibat barang yang disimpan untuk memenuhi permintaan di periode berikutnya.

Berdasarkan permasalahan tersebut, maka perusahaan perlu mempertimbangkan metode yang lebih baik dalam penentuan lot produksi yang tepat, untuk meminimasi total biaya *setup* dan biaya simpan. Penelitian ini bertujuan untuk menerapkan algoritma *capacitated lot sizing problem* untuk menghasilkan jadwal produksi multi-item di perusahaan untuk minimasi waktu *setup* dan total biaya produksi. Penjadwalan yang tidak tepat, menyebabkan waktu produksi perusahaan terbuang untuk proses *setup* dan menimbulkan biaya produksi yang tinggi. Hasil penelitian ini akan membantu perusahaan untuk melakukan penjadwalan produksi yang tepat yang dapat meminimasi waktu produksi dengan biaya produksi yang lebih rendah.

2. Kajian Pustaka

Penentuan tingkat persediaan ekonomis, dilakukan untuk menyeimbangkan kelebihan dan kekurangan setiap strategi, terkait biaya total. Persediaan merupakan unsur penting bagi perusahaan untuk memberikan tingkat pelayanan terbaik bagi pelanggan (Rosyada, Iqbal, & Astuti, 2017). Salah satu penelitian dibidang persediaan yang banyak dilakukan adalah penentuan ukuran lot produksi. Keputusan terkait ukuran lot mengidentifikasi kapan dan berapa banyak

produk harus diproduksi sehingga biaya *setup*, produksi dan simpan menjadi minimal. Ukuran lot produksi yang tepat dapat mempengaruhi kinerja produksi dan produktivitas perusahaan (Gicquel & Minoux, 2015).

Penelitian ukuran lot sederhana diawali dengan penentuan *economic order quantity* (EOQ). Model EOQ dikembangkan pada kondisi proses produksi dengan item tunggal tanpa melihat batasan kapasitas dengan pola permintaan tetap. Model EOQ berkembang dengan mempertimbangkan berbagai faktor pembatas, agar dapat lebih menggambarkan kondisi aktual perusahaan. Pengembangan yang dilakukan adalah model *Economic Lot size Scheduling Problem* (ELSP). Model ini digunakan untuk mengatasi permasalahan multi-produk yang menggunakan fasilitas produksi yang sama secara bergantian pada tingkat produksi tunggal dengan permintaan stasioner dan horizon perencanaan terbatas (Goren, Tunali, & Jans, 2010).

Pengembangan model selanjutnya adalah penentuan ukuran lot pada tingkat produksi tunggal untuk multiitem yang memanfaatkan fasilitas yang sama dengan keterbatasan kapasitas disebut sebagai model *Capacitated Lot sizing Problem* (CLSP) (Almada-Lobo & James, 2010). CLSP mempertimbangkan pola permintaan dinamis untuk produk multi-item dengan batasan kapasitas tanpa pemesanan tertunda. CLSP bertujuan untuk meminimalkan biaya *setup*, waktu *setup* dan biaya simpan produk. Pengembangan CLSP kemudian mempertimbangkan waktu yang dibutuhkan untuk proses *setup* dan kapasitas waktu yang tersedia untuk proses produksi (Degraeve & Jans, 2004).

Dalam CLSP, mesin produksi di-*setup* untuk setiap jenis item yang akan diproduksi pada masing-masing periode. Biaya dan waktu *setup* bervariasi untuk tiap item yang berbeda (Aisyati, Jauhari, & Setyorini, 2014). Langkah penyelesaian CLSP terdiri dari penentuan horizon perencanaan, jumlah dan waktu produksi dalam keterbatasan kapasitas yang membatasi jumlah produksi di setiap periode, biaya *setup* dan waktu *setup*, biaya produksi dan waktu produksi. Model CLSP memiliki asumsi bahwa biaya produksi, waktu dan biaya *setup* nilainya seragam dan linier. Biaya simpan bersifat linier dan sebanding dengan jumlah unit dan waktu penyimpanan (Karimia, Ghomia, & Wilsonb, 2003). Penentuan ukuran lot dilakukan dengan menentukan ukuran lot yang menyeimbangkan biaya simpan, waktu dan biaya *setup* sehingga diperoleh biaya minimum.

Injection molding adalah proses fabrikasi dari polimer plastik yang banyak digunakan sebagai bahan dasar plastik. Sebagian besar produk berbahan plastik diproduksi dengan metode *injection molding*. *Injection molding* merupakan proses pencetakan produk plastik dengan menyuntik plastik cair yang meleleh akibat pemanasan ke dalam cetakan (mold), kemudian diperlakukan dengan tekanan dan suhu tertentu, lalu didinginkan agar material terbentuk sesuai cetakan dan spesifikasi teknis pesanan (Shi, Gao, & Wang., 2010). Waktu yang dibutuhkan oleh setiap unit produk untuk menjalani satu siklus produksi penuh disebut sebagai waktu siklus. Siklus dalam *injection molding* dibagi menjadi tiga tahapan, yaitu: pengisian, holding, dan pembukaan cetakan (Vijayakumar & Gajendran, 2014).

Operasi *setup* adalah kegiatan yang dilakukan untuk mengubah hal-hal terkait mesin sebagai akibat perubahan penggunaan mesin ketika memproduksi jenis produk yang berbeda. Waktu *setup* adalah waktu untuk mempersiapkan mesin untuk memulai satu pekerjaan. Pada perusahaan manufaktur, waktu *setup* merupakan waktu antara unit terakhir suatu lot selesai diproduksi sampai unit pertama lot berikutnya mulai diproses. Selain menimbulkan biaya, proses *setup* juga mengurangi waktu yang tersedia untuk produksi, karena selama *setup*, mesin harus berada dalam kondisi dimatikan (Febriyanti & Fatma, 2018).

3. Metode

3.1. Definisi Model

Pendekatan CLSP dikembangkan dengan memperhatikan waktu *setup*, kapasitas waktu produksi dan penyimpanan produk. Penentuan ukuran lot produksi didasarkan pada sistem produksi dengan karakteristik single stage, single machine, dan produksi dilakukan per batch. Pendekatan ini dikembangkan berdasarkan model CLSP yang diusulkan oleh (Degraeve & Jans, 2004) dengan menambahkan batas kapasitas penyimpanan produk yang dapat disimpan di gudang dalam suatu periode. Dalam penelitian ini, digunakan beberapa istilah terkait penjadwalan dan penentuan ukuran lot produksi. Mesin yang digunakan pada proses produksi adalah mesin *injection molding* yang memproduksi beberapa jenis komponen plastik secara bergantian dengan menggunakan satu mesin. Penjelasan terkait istilah pada model yang digunakan dalam penelitian, dijelaskan pada definisi sebagai berikut:

Tujuan

Tujuan penelitian adalah untuk melakukan penjadwalan produksi dan penentuan ukuran lot produksi multi-item untuk beberapa periode pemenuhan permintaan dengan keterbatasan waktu produksi dan kapasitas penyimpanan. Tujuan dari metode CLSP dengan waktu *setup* yang dikembangkan adalah untuk meminimumkan total biaya *setup* dan biaya simpan.

Jenis Produk

Produk akhir yang dihasilkan adalah tiga jenis komponen berbahan plastik. Bahan baku bijih plastik, diproses melalui proses tunggal menggunakan jenis bahan baku dan mesin produksi yang sama. Perbedaan produksi ketiga jenis produk hanya terletak pada bentuk cetakan (*mold*), waktu siklus produk dan perlakuan suhu/tekanan selama pencetakan.

Periode perencanaan produksi

Periode produksi dinyatakan dalam satuan minggu dengan horizon perencanaan 12 periode/3 bulan. Perencanaan jumlah yang akan diproduksi berasal dari total pesanan pelanggan yang diketahui secara pasti.

Permintaan

Jumlah permintaan adalah jumlah unit tiap jenis komponen yang harus dipenuhi dan dikirimkan kepada pelanggan tiap periode. Jumlah permintaan dinyatakan dalam satuan unit/minggu.

Waktu Siklus

Waktu siklus adalah waktu siklus yang dibutuhkan oleh mesin untuk menghasilkan sebuah produk. Pada mesin *molding*, waktu siklus dihitung sejak penyuntikan lelehan bijih plastik ke dalam *mold* (*injection*), kemudian tahapan *holding and charging*, yaitu lelehan plastik ditahan dalam *mold* selama beberapa detik dengan perlakuan suhu dan tekanan tertentu. Selanjutnya proses *cooling* yaitu tahap pendinginan untuk mengeras lelehan plastik. Setelah proses pendinginan dan komponen plastik terbentuk, *mold* terbuka, dan mengeluarkan komponen plastik yang selesai terbentuk, terakhir *mold* kembali menutup kemudian mengulang proses seperti sebelumnya. *Cycle time*, dirumuskan sebagai berikut:

$$\text{Cycle time} = \text{Injection time} + \text{Holding time} + \text{Charging} + \text{Cooling time} + \text{Opening Mold time} + \text{Ejecting time} + \text{Closing Mold time}.$$

Nilai *cycle time* dinyatakan dengan satuan detik/unit.

Setuptime

Setuptime/Changeover time merupakan waktu yang dibutuhkan untuk peralihan produksi dari satu produk ke produk lain. Pada pabrik plastik, *setup* dilakukan tiap kali mesin memproduksi jenis komponen yang berbeda. Proses ini dilakukan dengan mengganti rangka cetakan (*mold*). Dalam penggantian cetakan, mesin dihentikan. Proses yang dilakukan selama *setup* terdiri dari pendinginan, penggantian cetakan, kalibrasi mesin, dan tes produksi. *Setuptime* dinyatakan dengan satuan detik/*setup*.

Setupcost

Total biaya *setup* tidak dipengaruhi oleh volume produk yang diproduksi, namun dipengaruhi oleh frekuensi *setup* yang dilakukan. Pada proses *setup*, penggantian cetakan dilaksanakan setelah mesin berada dalam kondisi mati. Biaya *setup* dihitung berdasarkan total waktu yang hilang karena mesin tidak digunakan untuk memproduksi barang. Selain itu biaya *setup* juga timbul dari operasional untuk pergantian tersebut. Biaya *setup* dinyatakan sebagai biaya setiap *setup* dengan satuan Rupiah/*setup*.

Biaya Simpan

Biaya simpan timbul akibat adanya penyimpanan produk, sebelum produk tersebut dimanfaatkan. Biaya simpan yang dihitung dalam model ini adalah biaya simpan variabel untuk setiap produk. Besarnya biaya simpan berbanding lurus dengan jumlah persediaan. Biaya simpan dinyatakan dalam satuan rupiah/unit/ periode.

Biaya Produksi

Biaya produksi adalah biaya variabel yang diperlukan untuk memproduksi satu unit produk. Dalam model ini, biaya produksi tidak mempengaruhi keputusan penentuan ukuran lot, karena biaya produksi tidak terpengaruh terhadap waktu dan volume produksi. Biaya produksi dinyatakan dalam satuan Rp/unit.

Kapasitas Produksi

Kapasitas produksi adalah total waktu tersedia dalam satu periode dikurangi dengan *down time*. *Downtime* adalah waktu yang terbuang karena mesin tidak dapat bekerja (Rosyada, Iqbal, & Astuti, 2017). Dalam kasus ini *down-time* terjadi akibat mesin rusak atau terjadi gangguan produksi. Rata-rata waktu yang hilang di perusahaan sebesar 8% dari waktu tersedia. Kapasitas produksi dinyatakan dengan satuan detik.

Kapasitas Penyimpanan

Persediaan yang disimpan dalam suatu periode, tidak boleh melebihi kapasitas/ daya simpan gudang. Ketiga jenis produk memiliki dimensi yang berbeda, sehingga jumlah barang yang dapat disimpan perlu dikonversi berdasarkan dimensi dan jumlah kebutuhan unit simpan yang digunakan untuk penyimpanan barang di rak gudang. Kapasitas penyimpanan dinyatakan dalam satuan box/periode.

3.2. Pengembangan Model

Karakteristik dan Asumsi

Karakteristik model dan asumsi yang digunakan dalam permasalahan penentuan ukuran produksi, adalah:

- Penentuan ukuran lot produksi dilakukan untuk meminimalkan biaya total dan waktu yang ditimbulkan akibat proses setup
- Produk diproduksi secara bergantian menggunakan fasilitas yang sama.
- Horison perencanaan dilakukan untuk waktu 3 bulan
- Satu periode produksi adalah 1 minggu.
- Produksi berlangsung selama 24 jam penuh, tujuh hari dalam seminggu.
- Kapasitas produksi mesin dinyatakan sebagai ketersediaan waktu pada periode produksi.
- Jumlah permintaan didasarkan pada jumlah pemesanan dengan jumlah permintaan pasti
- Biaya produksi tetap di setiap waktu
- Biaya simpan berbanding lurus dengan jumlah dan waktu penyimpanan.
- Tidak ada persediaan awal, sebelum produksi dimulai
- Ukuran produksi diasumsikan stabil sehingga jumlah dan kualitas produksinya tetap untuk tiap periode.
- Satu jenis mesin molding, dengan tiga buah mold yang digunakan bergantian.
- Waktu siklus produksi dan waktu setup diasumsikan tetap
- Pemesanan tertunda tidak diijinkan.

Notasi Model

Notasi yang digunakan pada model ini:

I : jenis produk diproduksi {1, 2, 3}

T : periode penjadwalan produksi

d_{it} : jumlah permintaan produk i pada periode ke t

hc_{it} : biaya simpan produk I periode ke t

sc_{it} : biaya *setup* untuk produk I pada periode ke t

vc_{it} : biaya variable produksi produk I pada periode ke t

st_{it} : waktu *setup* produk I periode ke t

vt_{it} : waktu produksi produk I pada periode ke t

cap_t : total waktu yang teredia pada periode ke t

Inv_t : Kapasitas maksimal peyimpanan pada periode ke t

x_{it} : jumlah produk ke I yang diproduksi di periode ke t

y_{it} : variable biner, 1= dilakukan *setup*, 0 = tidak dilakukan *setup*

s_{itk} : jumlah persediaan produk i yang dihasilkan pada periode ke t sampai period eke k

s_{it} : persediaan produk i periode ke t

Fungsi Tujuan

Tujuan penelitian ini ditunjukkan oleh persamaan (1) untuk meminimasi biaya yang timbul akibat jumlah biaya *setup*, biaya produksi dan simpan. Notasi y_{it} merupakan angka biner yang menyatakan apakah proses *setup* untuk produk i di periode ke t perlu dilakukan = 1 atau tidak dilakukan = 0.

$$\text{Min } \sum_{i \in I} \sum_{t \in T} (sc_{it}y_{it} + vc_{it}x_{it} + hc_{it}s_{it})$$

Fungsi Batasan:

Batasan kapasitas produksi

Jumlah produk jenis I yang diproduksi pada periode ke t ditambah produk yang telah disimpan hingga akhir satu periode sebelumnya, nilainya harus sama dengan kebutuhan produksi dan jumlah barang yang disimpan hingga akhir periode ke t .

$$s_{i,t-1} + x_{it} = d_{it} + s_{it}$$

Batasan ketersediaan waktu produksi

Waktu total yang dibutuhkan untuk *setup* mesin dan waktu pembuatan produk jenis *i* pada periode ke *t* tidak boleh lebih besar dari waktu yang tersedia untuk produksi seluruh jenis produk selama satu periode.

$$\sum_{i \in I} (st_{it}y_{it} + vt_{it}x_{it}) \leq cap_t$$

Batasan kapasitas penyimpanan

Batasan kapasitas menyatakan bahwa, jumlah total barang yang disimpan untuk seluruh jenis produk pada satu waktu tidak boleh melebihi kapasitas penyimpanan gudang.

$$\sum_{i \in I} s_{it} \leq Inv_t$$

Batasan jumlah produk yang diproduksi

Jumlah produk jenis *i* yang diproduksi pada periode ke *t*, jumlahnya harus lebih kecil dibandingkan kapasitas waktu tersedia dikurangi total waktu set up dibagi dengan kecepatan produksi barang tiap jenis produk.

$$x_{it} \leq \min \left(\frac{cap_t - st_{it}}{vt_i}, sd_{it} \right)$$

Variable keputusan

Dengan keputusan kapan dilakukan *setup* untuk jenis produk *i* pada periode ke *t* (y_{it}) dan berapa jumlah produk jenis *i* yang akan diproduksi setiap kali produksi (x_{it})

$$y_{it} \in \{0,1\}, x_{it} \geq 0, s_{it} \geq 0$$

4. Hasil dan diskusi

4.1. Pengumpulan data

Pengumpulan data yang dibutuhkan terkait pengembangan model, dilakukan secara langsung melalui observasi dan wawancara dengan perusahaan. Dalam pemodelan permasalahan, ada beberapa batasan yang harus diperhatikan. Tabel 1 menunjukan batasan kapasitas produksi dan kapasitas penyimpanan produk. Parameter lain yang dapat mempengaruhi keputusan penentuan lot produksi adalah jumlah permintaan per periode, waktu siklus per unit, biaya produksi, waktu *setup* dan biaya *setup*. Selain itu informasi terkait biaya simpan per unit juga dipertimbangkan dalam model ini. Seluruh parameter terkait model, ditampilkan pada Tabel 2.

4.2. Kondisi perusahaan saat ini

Saat ini, penjadwalan dan penentuan lot produksi di perusahaan, dilakukan secara *lot for lot* dimana produksi dilakukan sesuai jumlah permintaan pelanggan pada periode tersebut. Hal ini menyebabkan *setup* dilakukan paling sedikit tiga kali untuk memproduksi tiga jenis produk berbeda tiap periodenya. Permasalahan yang dihadapi adalah ketidakseimbangan antara frekuensi *setup* dan biaya simpan yang timbul.

Tabel 1. Batasan Kapasitas Perusahaan

Kapasitas		Satuan
Produksi: Waktu tersedian dalam seminggu dikurangi allowance time	562.465	Detik
Penyimpanan : Kapasitas penyimpanan di rak barang jadi	200	box

Sumber: diolah

Tabel 2. Data terkait penentuan ukuran lot produksi

Product	Demand (unit)	Cycle time (detik)	Production Cost (Rp/unit)	Setuptime (detik)	Setupcost (Rp)	Holding Cost (Rp/unit)	Jumlah unit/box
Product A	511500	16.00	350	17820	742500	1,75	250
Product B	191975	18.00	400	16380	682500	2	150
Product C	218750	21.00	450	19260	802500	2,25	150

Sumber: diolah

Tabel 3. Usulan penjadwalan dan penentuan ukuran lot produksi

Periode	Product A		Product B		Product C		Frekuensi setup
	Demand	Production Schedule	Demand	Production Schedule	Demand	Production Schedule	
Week 1	39750	39750	16800	33775	12250	12250	3
Week 2	44000	44000	16975	0	15750	37800	2
Week 3	44750	44750	15225	49350	22050	0	2
Week 4	44250	44250	17500	0	25900	40600	2
Week 5	39000	77250	16625	0	14700	0	1
Week 6	38250	0	16275	33075	10500	32900	2
Week 7	45250	86500	16800	0	10500	0	1
Week 8	41250	0	14000	75775	11900	0	1
Week 9	40000	40000	15925	0	29750	43750	2
Week 10	46500	91500	14875	0	14000	0	1
Week 11	45000	0	15750	0	27300	51450	1
Week 12	43500	43500	15225	0	24150	0	1

Sumber: diolah

4.3. Pengolahan data

Pengolahan dan analisis data dilakukan untuk perhitungan biaya berdasarkan kondisi produksi saat ini, dan usulan perbaikan yang dapat diberikan berdasarkan model yang dikembangkan. Saat ini, perhitungan biaya aktual di perusahaan dihitung berdasarkan pendekatan lot for lot, dimana produksi dilakukan berdasarkan jumlah pesanan produk pada periode bersangkutan, keuntungan dari metode ini adalah tidak terdapat inventory. Namun, biaya dan waktu setup menggunakan metode lot for lot cukup tinggi.

Perhitungan biaya menggunakan usulan perbaikan dilakukan menggunakan pendekatan CLSP, menggunakan persamaan (1) - (5). Penyelesaian model matematis CLSP dilakukan menggunakan perangkat lunak optimasi, untuk mempercepat kalkulasi biaya optimum. Model CLSP dipecahkan menggunakan penyelesaian Integer Linier Programming (ILP). Perbandingan antara kondisi aktual perusahaan dengan usulan perbaikan disajikan pada Tabel 4.

Tabel 4. Perbandingan antara kondisi aktual perusahaan dengan metode CLSP

Kinerja	Kondisi saat ini	Usulan
Total Biaya Produksi (Biaya proses+setup+simpan)	381.868.131,25	366.420.300,00
Jumlah Setup	36	19
Total waktu setup	641.520,00	341.460,00

4.4. Hasil dan Analisis

Pada Tabel 4, dapat dilihat perbandingan antara hasil perhitungan berdasarkan metode penjadwalan saat ini dengan perhitungan metode usulan. Model CLSP yang diusulkan, berhasil menekan biaya produksi sebesar 4.05% dan menekan waktu *setup* hingga 46.75%. Penurunan biaya ini disebabkan oleh berkurangnya jumlah *setup* mesin, walaupun berakibat munculnya biaya simpan perediaan. Selain itu, dengan berkurangnya jumlah *setup*, maka waktu yang tersedia untuk proses produksi akan lebih besar. Hal ini tentu memberikan keuntungan bagi perusahaan, karena kapasitas yang tersedia untuk proses produksi menjadi bertambah.

5. Keterbatasan dan agenda penelitian mendatang

Pengembangan model CLSP yang dapat dilakukan pada penelitian ini didasarkan pada waktu siklus yang diasumsikan konstan, dan tidak memasukan probabilitas kecacatan produk yang dihasilkan oleh mesin, Penelitian berikutnya dapat dikembangkan dengan memasukan beberapa parameter tambahan dan batasan terkait proses produksi pada mesin *injection molding*. Beberapa parameter dan batasan yang dapat ditambahkan seperti variasi waktu silus produksi, kemungkinan mesin down akibat kerusakan secara tiba-tiba, persentase atau kemungkinan cacat produk dan faktor lainnya.

6. Kesimpulan

Model CLSP, berupaya untuk mengatur penjadwalan dan penentuan lot produksi multi-item, yang dapat menyeimbangkan biaya *setup* mesin dan biaya simpan produk. Aplikasi model CLSP dengan pertimbangan waktu *setup* di perusahaan dapat menurunkan biaya produksi yang ditimbulkan oleh tingginya biaya *setup* dan biaya simpan, dengan memaksimalkan kapasitas yang dimiliki. Dalam kasus ini penerapan model CSLP dapat menekan biaya produksi sebesar 4,05% waktu *setup* hingga 46.75% dibandingkan metode yang dilakukan perusahaan. Selain dapat menurunkan biaya, menurunnya frekuensi *setup*, total waktu yang hilang akibat *setup*, juga dapat ditekan, hal ini akan menambah kapasitas yang tersedia untuk produksi.

REFERENSI

- Aisyati, A., Jauhari, W. A., & Setyorini, E. (2014). Model Capacitated *Lot sizing* Problem (CLSP) Untuk Meminimasi Biaya *Setup* Dan Biaya Simpan Untuk Menentukan *Lot sizing* Optimal Pada Industri Jamu Tradisonal. *Seminar Nasional IDEC 2014*. Surakarta.
- Almada-Lobo, B., & James, R. J. (2010). Neighbourhood search meta-heuristics for capacitated lot-sizing with sequence-dependent *setups*. *International Journal of Production Research*, 48(3), 861-878.
- Degraeve, Z., & Jans, R. (2004). Improved Lower Bounds For The Capacitated *Lot sizing* Problem With Set Up Times. *Operations Research Letters Vol. 32*, 185 – 195.
- Febriyanti, D., & Fatma, E. (2018). Analisis Efektivitas Mesin Produksi Menggunakan Pendekatan Failure and Mode Effect Analysis dan Logic Tree Analysis. *JIEMS (Journal of Industrial Engineering and Management Systems)*, 11(1).
- Gicquel, C., & Minoux, M. (2015). Multi-product valid inequalities for the discrete lot-sizing and scheduling problem. *Computers & Operations Research* 54, 12-20.

- Glock, C. H., Grosse, E. H., & Ries., J. M. (2014). The *lot sizing* problem: A tertiary study. *International Journal of Production Economics* , 39-51.
- Goren, H. G., Tunali, S., & Jans, R. (2010). A review of applications of genetic algorithms in *lot sizing*. *Journal of Intelligent Manufacturing* , ., 21(4), 575-590.
- Karimia, B., Ghomia, S. F., & Wilsonb, J. (2003). The capacitated *lot sizing* problem: a review of models and algorithms. *Omega The INTERNATIONAL Journal of Management Science*, 365-378.
- Rosyada, A., Iqbal, M., & Astuti, M. (2017). Usulan Perencanaan Kebijakan Persediaan Kategori Floor Tile Dengan Model P Dan Joint Replenishment Untuk Meminimasi Total Biaya Persediaan Pada Central Warehouse PT.XYZ Karawang. *JRSI (Jurnal Rekayasa Sistem Dan Industri)*, 4(02), 124-129.
- Shi, H., Gao, Y., & Wang., X. (2010). Optimization of *injection molding* process parameters using integrated artificial neural network model and expected improvement function method. *The International Journal of Advanced Manufacturing Technology*, 9(12), 955-962.
- Vijayakumar, S. R., & Gajendran, S. (2014). Improvement of overall equipment effectiveness (OEE) in injection moulding process industry. *IOSR J Mech Civil Eng 2*, no. 10, 47-60.

Profil Penulis

Erika Fatma adalah seorang Dosen di Program Studi Manajemen Logistik Industri Elektronika, Politeknik APP Jakarta. Penulis meraih gelar MBA dari Departemen of Industrial Management, National Taiwan University of Science and Technology. Minat penelitian penulis antara lain optimasi dan manajemen rantai pasok. Penulis dapat dihubungi melalui email: rika-fatma@kemenperin.go.id