

## PEMERATAAN PRODUKSI *CULVERT* DENGAN METODE HEIJUNKA

Dwi Hadi Sulistyarini, Femiana G. dan Nasion Patriotik

Jurusan Teknik Industri, Universitas Brawijaya  
Jalan MT. Haryono 167, Malang, 65145, Indonesia  
e-mail: ewiek.dhs@gmail.com<sup>1)</sup>, memi<sup>2)</sup> Npatriotik07@gmail.com<sup>3)</sup>

### ABSTRAK

CV. Aneka Beton memproduksi *culvert* mulai dari ukuran 20 cm<sup>3</sup> hingga 100 cm<sup>3</sup>. Permasalahan muncul pada sistem produksi dimana mengedepankan pesanan yang dahulu datang dan ada untuk dikerjakan tanpa memperkirakan pesanan yang bervariasi dan berfluktuatif. Sehingga apabila pesanan datang tiba-tiba dan dalam jumlah besar, tidak dapat diselesaikan dalam waktu singkat. Untuk mengoptimalkan level stock inventory dan keterlambatan pengiriman (*lead time* tinggi), dalam penelitian ini digunakan metode Heijunka yang diharapkan dapat meningkatkan performansi perusahaan terutama dalam hal ketepatan waktu pengerjaan setiap produknya. Penjadwalan menggunakan metode heijunka yaitu penjadwalan produk secara merata yang menghasilkan sebuah ritme produksi. Ketika dilakukan penjadwalan dengan metode heijunka didapatkan jadwal produksi sebagai berikut yakni 1B, 1C, 1A, 1D, 1A, 1C, 1B, 1D begitu seterusnya dengan "A" *culvert* 20 cm<sup>3</sup>, "B" *culvert* 40 cm<sup>3</sup>, *culvert* 60 cm<sup>3</sup>, *culvert* 100 cm<sup>3</sup>. Penelitian ini akan menganalisis perbandingan waktu pengiriman dan rata-rata stock inventory antara penjadwalan Heijunka dan Penjadwalan existing.

**Kata Kunci:** Heijunka, existing pemerataan produksi, penjadwalan produksi, safety stock.

### ABSTRACT

CV. Aneka Beton produces *culvert* ranging from 20 cm<sup>3</sup> to 100 cm<sup>3</sup>. Problems arise in a production system where prioritizing orders are present and existing to do without predicting a varied and fluctuating order. So that when orders arrive suddenly and in large quantities, can't completed in a short time. To optimize stock inventory level and delivery delay (*high lead time*), in this research used Heijunka method which expected to improve company performance especially in terms of timeliness of each product workmanship. Scheduling uses the heijunka method of product scheduling evenly resulting in a production rhythm. When scheduling with heijunka method the following production schedule obtained: 1B, 1C, 1A, 1D, 1A, 1C, 1B, 1D and so on with "A" *culvert* 20 cm<sup>3</sup>, "B" *culvert* 40 cm<sup>3</sup>, *culvert* 60 cm<sup>3</sup>, *culvert* 100 cm<sup>3</sup>. This research will analyze the comparison of delivery time and inventory stock order between Heijunka scheduling and existing scheduling.

**Keywords:** Heijunka, existing production equity, production scheduling, safety stock.

### PENDAHULUAN

Konsep *lean* merupakan salah satu metode yang dapat digunakan untuk meningkatkan performa perusahaan dan mempertahankan daya saing perusahaan secara berkelanjutan didalam perusahaan tersebut [5]. Konsep peningkatan performa perusahaan dengan menggunakan metode *lean* adalah dengan meminimasi pemborosan-pemborosan pada perusahaan secara berkelanjutan [2].

Salah satu perusahaan yang membutuhkan perbaikan performa adalah CV Aneka Beton. CV ini menyediakan berbagai macam produk dan permintaan yang bervariasi, dengan bidang pembuatan produk berbahan beton yaitu *culvert* saluran air, ventilasi, kusen beton dan paving.

Banyaknya variasi produk yang disediakan oleh CV Aneka Beton, menyebabkan perusahaan menggunakan sistem penjadwalan yakni kombinasi *make to stock* (MTS) dan *make to order* (MTO).

Produk yang memiliki jumlah permintaan paling tinggi adalah *culvert*. Ukuran produk *culvert* memiliki variasi ukuran diameter 20 cm hingga 100 cm. Banyaknya varian ukuran, menyebabkan ketidakpastian jumlah *stock* sering terjadi pada produk *culvert*. Ketidakesesuaian jumlah *stock* dengan *order* yang diterima, berdampak pada lamanya waktu pengiriman produk (*lead time*). Hal tersebut menjadikan penelitian ini lebih terfokus pada produk *culvert*.

CV. Aneka Beton memiliki pesanan yang bervariasi. Setiap ukuran diameter membutuhkan waktu pengerjaan yang berbeda. Perusahaan hanya memiliki satu lini produksi yang terdiri dari *production line* dan *finishing*, sehingga dalam satu waktu, pengerjaan hanya dilakukan untuk satu varian produk.

Sistem penjadwalan *Make to Stock* yang digunakan oleh perusahaan menimbulkan kendala pada beberapa pesanan yang memiliki waktu kirim atau *lead time* yang tinggi. Penumpukan produk jadi (*stock inventory*) juga timbul karena adanya perbedaan antara *stock inventory* dengan jumlah pesanan.

Keterlambatan pengiriman juga sering terjadi. Untuk mengoptimalkan *level stock inventory* dan keterlambatan pengiriman (*lead time* tinggi), dalam penelitian ini digunakan metode *Heijunka* yang diharapkan dapat meningkatkan performansi perusahaan terutama dalam hal ketepatan waktu pengerjaan setiap produknya.

#### METODE PENELITIAN

Pengolahan data dengan metode *Heijunka* (Algoritma Pengurutan Monden) [3]

1. Menghitung waktu siklus lini produksi
2. Melakukan uji kecukupan data
3. Mengetahui jadwal produksi yang telah dilakukan oleh perusahaan
4. Membuat jadwal produksi yang dilakukan dengan menggunakan konsep *existing*
5. Membuat jadwal produksi yang baru dengan menggunakan konsep pendekatan *Heijunka*
6. Membuat *Gantt Chart Existing* dan *Heijunka* dengan menggunakan input waktu standar lini produksi
7. Membuat diagram persediaan produksi *existing* dan *heijunka* untuk mencari rata-rata *stock level* kedua metode tersebut

#### HASIL DAN PEMBAHASAN

##### Perhitungan Waktu Proses Produksi

Waktu pengerjaan yaitu pengukuran waktu untuk menghasilkan satu unit produk *culvert*. Proses pengukuran waktu produksi dilakukan mulai dari membuat rangka tegak dan rangka silindris, pembuatan adonan hingga pekerja melakukan pencetakan dengan tiga kali pengambilan data. Data pengukuran waktu

pembuatan rangka tegak dan adonan tidak dibedakan berdasarkan jenis *culvert* karena ukuran rangka tegak adalah seragam dan pada adonan hanya mengoperasikan dengan kapasitas 800 liter dalam sekali operasi, sedangkan untuk pengukuran waktu pembuatan rangka silindris, dibedakan untuk tiap diameter *culvert*. Satuan pengukuran pada table di bawah sudah di bagi menjadi menit. Data waktu proses produksi *culvert* dapat dilihat pada Tabel 1.

Tabel 1. Rekapitulasi Waktu Proses Produksi *culvert*

No	Jenis Proses	Pengukuran Ke-		
		(menit)		
		1	2	3
1.	Adonan 800 liter	40,19	37,29	41,21
2.	Rangka Tegak	8,32	7,7	8,12
3.	Rangka Silinder 20 cm	16,37	17,32	16,21
4.	Rangka 20 cm	11,55	11,37	10,59
5.	Pencetakan culvert 20 cm	11,37	12,43	11,59
6.	Rangka Silinder 40 cm	17,33	16,26	16,36
7.	Rangka 40 cm	28,54	27,28	26,31
8.	Pencetakan culvert 40 cm	14,35	15,32	15,27
9.	Rangka Silinder 60 cm	22,43	20,41	21,46
10.	Rangka 60 cm	30,44	30,53	29,21
11.	Pencetakan culvert 60 cm	19,33	21,32	20,16
12.	Rangka Silinder 100 cm	22,45	23,22	21,4
13.	Rangka 100 cm	42,33	40,45	41,21
14.	Pencetakan culvert 100 cm	22,35	21,29	20,14

Dari Tabel 1 ini selanjutnya digunakan sebagai *input* untuk menghitung waktu siklus dan waktu standar. Durasi jam kerja masing-masing hari adalah senin hingga jumat selama 8 jam dan sabtu selama 4 jam

##### Uji Kecukupan Data

Uji kecukupan data dilakukan untuk mengetahui apakah data yang diambil dari lapangan penelitian telah mencukupi untuk digunakan dalam menyelesaikan permasalahan yang ada [4]. Untuk dapat menghitung kecukupan data dari pengamatan yang dilakukan menggunakan rumus dengan persamaan (2-1), dengan asumsi tingkat kepercayaan 95 % dan tingkat ketelitian 5 % digunakan yaitu :

$$N' = \left[ \frac{40\sqrt{N \sum Xi^2 - (\sum Xi)^2}}{\sum Xi} \right]^2$$

Karena  $N > N'$  ( $3 \geq 2,87$ ), maka data yang diambil telah mencukupi. Dari perhitungan yang dilakukan semua data yang di ambil dinyatakan cukup.

**Perhitungan Waktu Standar**

Menurut Ralph M. Barnes bahwa dalam perhitungan waktu standar harus diberikan waktu *allowance*. Waktu *allowance* yang biasa diberikan kepada pekerja adalah sebesar 5% dari total jam kerja [1]. Berdasarkan hal tersebut, maka waktu standard yang diberikan ini akan ditambahkan *allowance* kedalam waktu normal. Berikut adalah contoh perhitungan waktu standar untuk Adonan:

$$\begin{aligned} \text{Waktu standar} &= \text{Waktu normal} + (\text{Waktu normal} \times \text{allowance} (\%)) \\ &= 39,56 + (39,56 \times 0,05) \\ &= 41,54 \text{ menit} \end{aligned}$$

**Jumlah Permintaan Produk Periode Februari 2016**

Dalam membuat jadwal produksi dengan berdasar pendekatan pada *Heijunka*, dibutuhkan data-data pendukung untuk memulai perhitungan penentuan jadwal produksi yaitu data permintaan setiap jenis *culvert* pada satu waktu periode tertentu. Data permintaan *culvert* bulan februari 2016 bisa di lihat pada Tabel 2.

Tabel 2. Jumlah Permintaan *culvert* Bulan Februari 2016

No	Jenis <i>culvert</i>	Jumlah Permintaan
1.	<i>culvert</i> 20 cm	35
2.	<i>culvert</i> 40 cm	29
3.	<i>culvert</i> 60 cm	33

Tabel 3. Jumlah Kebutuhan Komponen dalam Produksi Tiap *culvert*

Jenis <i>Culvert</i>	Komponen Adonan	Rangka 20cm <sup>2</sup>	Rangka 40cm <sup>2</sup>	Rangka 60cm <sup>2</sup>	Rangka 100cm <sup>2</sup>
20cm <sup>2</sup>	0.33	1	0	0	0
40cm <sup>2</sup>	1	0	1	0	0
60cm <sup>2</sup>	2	0	0	1	0
100cm <sup>2</sup>	3	0	0	0	1

**Membuat Rencana Jadwal Produksi yang Baru dengan Menggunakan Konsep Pendekatan *Heijunka***

*Heijunka* dilakukan untuk meminimasi variansi dari total output yang dihasilkan antar dua waktu periode produksi secara berurutan. Singkatnya, tujuan utama dari metode ini adalah untuk memproduksi setiap produk dengan jumlah yang sesuai di setiap harinya [3].

Selain dibutuhkan jumlah permintaan dalam periode tertentu, dibutuhkan pula komponen-komponen penyusun *culvert*.

Penentuan kebutuhan komponen pada jenis adonan pada tabel 9 ditentukan dengan mengasumsikan jumlah adonan 40 cm dengan 1 sehingga pada adonan 20 cm karena sepertiganya menjadi 0,33 begitu juga dengan asumsi yang sama pada *culvert* 60 cm dan 100 cm menjadi masing-masing 2 dan 3. Selanjutnya 9, jumlah komponen yang diperlukan untuk memproduksi semua produk *culvert* dapat dihitung dengan menggunakan persamaan (2-2).

$$[N_j] = [ \text{Jumlah Produksi tiap } culvert ] [ \text{Jumlah Komponen} ]$$

Lebih jauh, maka jumlah keseluruhan produksi semua produk *culvert* adalah sebagai berikut merujuk pada persamaan (2-3)

$$\sum_{i=1}^5 Q = 35 + 29 + 33 + 19 = 116$$

Sehingga didapatkan,  $[N_j/Q] = [35/116 ; 29/116 ; 33/116; 19/116]$

Setelah itu diperlukan cara perhitungan urutan dengan mengetahui nilai D (Jarak) terendah melalui persamaan algoritma monden yang ada pada persamaan (2-4). Agar dapat menentukan produk mana yang akan menjadi

urutan pertama dalam jadwal produksi. Berikutnya dengan memasukkan nilai  $[N_j/Q]$  dan  $[bij]$ , dan bila  $K=1$ , Maka jarak Dki dapat dihitung dan didapatkan hasil

$$D_{1.1}^* = \min \{1,35 ; 0,96 ; 1,02 ; 1,86\} = 0,96$$

Dari perhitungan diatas, didapatkan nilai terendah adalah milik *culvert* 40 cm<sup>2</sup>. Oleh karena itu, urutan pertama dalam jadwal adalah *culvert* 40 cm<sup>2</sup>. Selanjutnya didapatkan jumlah komponen-komponen yang dibutuhkan untuk memproduksi *culvert* 40 cm<sup>2</sup> sehingga mengubah jumlah komponen lama yang belum diproduksi. Perubahan komponen tersebut akan terlihat seperti :

- Adonan = 0 + 1 = 1
- Rangka Silinder 20 cm<sup>2</sup> = 0 + 0 = 0
- Rangka Silinder 40 cm<sup>2</sup> = 0 + 1 = 1
- Rangka Silinder 60 cm<sup>2</sup> = 0 + 0 = 0
- Rangka Silinder 100 cm<sup>2</sup> = 0 + 0 = 0

Sehingga perubahan kebutuhan komponen tadi dapat dijadikan acuan untuk melakukan perhitungan selanjutnya. Berikutnya dengan memasukkan nilai  $[N_j/Q]$  dan  $[bij]$ , dan  $K=2$ , Maka jarak Dki dapat dihitung dan didapatkan hasil

$$D_{2.1}^* = \min \{1,74 ; 1,92 ; 0,96 ; 1,66\} = 0,96$$

Dari perhitungan di atas, didapatkan nilai terendah adalah milik *culvert* 60 CM. Oleh karena itu, urutan kedua dalam jadwal adalah *culvert* 60 cm. Selanjutnya dengan berdasar pada tabel 4.12 didapatkan komponen-komponen baru yang dibutuhkan dalam memproduksi *culvert* 60 cm untuk kedua kalinya sehingga mengubah komponen yang sebelumnya. Perubahan komponen tersebut akan terlihat seperti :

- Adonan = 1 + 2 = 3
- Rangka Silinder 20 CM<sup>2</sup> = 1 + 0 = 1
- Rangka Silinder 40 CM<sup>2</sup> = 0 + 0 = 0
- Rangka Silinder 60 CM<sup>2</sup> = 0 + 1 = 1
- Rangka Silinder 100 CM<sup>2</sup> = 0 + 0 = 0

Dari perhitungan di atas didapatkan bahwa ada perubahan jumlah untuk komponen penyusun *culvert* 60 cm yaitu adonan yang

awalnya satu menjadi 3 dan rangka silinder 60 cm yang semula 0 menjadi satu. Kemudian perubahan kebutuhan komponen tadi dapat dijadikan acuan untuk melakukan perhitungan selanjutnya dengan rumus yang sama namun disesuaikan mengenai jumlah. Untuk rekapitulasi keseluruhan perhitungan untuk pengurutan dan jumlah komponen yang dibutuhkan dapat dilihat di lampiran 1. Dalam lampiran tersebut juga terdapat rekapitulasi nilai  $d$  yang minimum (diarsir) dari masing-masing jenis produk yang dapat menentukan urutan produksi. Hasil pengurutan jadwal menggunakan metode heijunka yakni 1 produk B, 1 produk C, 1 produk A, 1 produk D, 1 produk A, 1 produk C, 1 produk B, 1 produk C, 1 produk A, 1 produk D, 1 produk B, 1 produk A, 1 produk C, 1 produk B, 1 produk A, 1 produk D, 1 produk A, 1 produk C, 1 produk B, 1 produk C, 1 produk A dan begitu pula seterusnya dengan memulai dari awal lagi hingga sesuai permintaan. Dengan “A” adalah *culvert* 20 cm, “B” *culvert* 40 cm, “C” *culvert* 60 cm, “D” *culvert* 100 cm.

### Gantt Chart

Setelah memperoleh urutan penjadwalan Menggunakan metode Heijunka selanjutnya di buat *Gantt Chart* untuk melakukan rencana penjadwalan berdasarkan permintaan periode maret. *Gantt Chart* ini menggambarkan keseluruhan kegiatan mulai dari pembuatan rangka silindris hingga pencetakan setiap hari hingga permintaan terpenuhi.

*Gantt Chart* dengan metode *existing* dimana selama tidak ada pemesanan maka setiap harinya perusahaan hanya memproduksi satu jenis *culvert* yang bergantian setiap harinya. Setelah perusahaan mendapatkan permintaan maka perusahaan memproduksi sesuai permintaan yang ada secara berurutan dari pemesan pertama hingga terakhir. Untuk *culvert* 20 cm atau tipe A satu hari diproduksi sebanyak 4 kali, untuk *culvert* 40 cm atau tipe B satu hari diproduksi sebanyak 3 kali, untuk *culvert* 60 cm dan 100 cm satu hari diproduksi masing-masing sebanyak 2 kali.

*Gantt Chart* dengan metode *Heijunka*

dimana dalam satu hari tidak memproduksi hanya satu jenis *culvert* saja melainkan memiliki urutan sesuai dengan Penjadwalan *Heijunka* yang telah diurutkan menggunakan algoritma Monden. Dalam satu hari untuk menentukan jumlah *culvert* yang akan di produksi bergantung pada Pembuatan rangka silindris yang dapat di produksi maksimal dalam sehari dan kapasitas adonan maks 800 liter, apabila dalam satu hari dapat membuat 4 rangka silindris tetapi adonannya melebihi 800 liter maka salah satu *culvert* akan di cetak keesokan harinya.sebagai contoh pada tanggal 10 bulan maret pada *Gantt Chart Heijunka* dapat mencetak 3 *culvert* yaitu tipe B sebanyak 1 buah dan tipe C sebanyak 2 buah jika di jumlahkan kebutuhan adonannya

B = 141 liter

C = 340 liter

$C + B + C = 340 + 141 + 340 = 825$  liter

Karena melebihi 800 liter maka salah satu *culvert* tipe C diproduksi hari berikutnya yaitu tanggal 11.

### Pergerakan Persediaan Setiap Jenis Culvert

Pergerakan persediaan setiap jenis *culvert* ini didasarkan pada jadwal produksi yang telah dibuat yaitu penjadwalan *existing* dan *heijunka*. Jadwal produksi yang sudah ada dapat menunjukkan jumlah yang harus diproduksi setiap jenisnya per hari. Kemudian jadwal tersebut digambarkan dalam bentuk *bar chart* sesuai dengan jumlah yang diproduksi dan disesuaikan dengan permintaan setiap harinya. Selanjutnya dapat dilakukan penentuan rata-rata Persediaan melalui perhitungan luas daerah di setiap grafiknya.

Grafik tersebut nantinya akan menunjukkan waktu pemenuhan permintaan dalam periode Februari.

Pergerakan persediaan untuk *culvert* 20 cm terdapat permintaan yang terjadi dalam bulan Maret adalah sebanyak 35 unit dalam 2 pemesanan berbeda, Pemesanan pertama adalah sebanyak sepuluh unit dapat langsung dipenuhi tanpa *lead time*. Kemudian untuk pemesanan sebanyak 25 unit dapat dipenuhi 23 hari. Dari perhitungan luas daerah grafik per satuan waktu

dapat menunjukkan persediaan rata-rata yang harus disediakan, rata-rata tingkat persediaan pada penjadwalan *Heijunka* adalah sebesar 9. Di sisi lain pesanan pertama dalam penjadwalan *existing* juga diselesaikan tanpa *lead time* sedangkan pesanan kedua dapat dipenuhi dalam 23 hari juga. Penjadwalan *existing* memiliki rata-rata tingkat persediaan sebesar 7.

Pergerakan persediaan untuk *culvert* 40 cm terdapat permintaan yang terjadi dalam bulan Maret untuk *culvert* jenis ini adalah sebanyak 29 unit. Untuk pemesanan pertama, kedua dan ketiga masing-masing sebanyak lima unit, empat unit dan lima unit dapat diselesaikan tanpa *lead time*, kemudian untuk pemesanan selanjutnya yakni lima belas unit dapat diselesaikan 18 hari. Dari perhitungan luas daerah grafik per satuan waktu dapat menunjukkan persediaan rata-rata yang harus disediakan, rata-rata tingkat persediaan pada penjadwalan *Heijunka* adalah sebesar 6. Di sisi lain pesanan pertama dan kedua dalam penjadwalan *existing* juga diselesaikan tanpa *lead time* sedangkan pesanan ketiga sebanyak 5 unit dapat dipenuhi dalam 23 hari kemudian untuk pemesanan 15 unit dapat diselesaikan selama 27 hari. Penjadwalan *existing* memiliki rata-rata tingkat persediaan sebesar 3.

Pergerakan persediaan untuk *culvert* 60 cm terdapat permintaan yang terjadi dalam bulan Maret untuk *culvert* jenis ini adalah sebanyak 33 unit. Untuk pemesanan pertama sebanyak delapan unit dapat diselesaikan tanpa *lead time*, kemudian untuk pemesanan selanjutnya yakni 25 unit dapat diselesaikan 19 hari. Dari perhitungan luas daerah grafik per satuan waktu dapat menunjukkan persediaan rata-rata yang harus disediakan, rata-rata tingkat persediaan pada penjadwalan *Heijunka* adalah sebesar 7. Di sisi lain pesanan pertama dalam penjadwalan *existing* juga diselesaikan tanpa *lead time* sedangkan pesanan kedua dapat dipenuhi dalam 17 hari . Penjadwalan *existing* memiliki rata-rata tingkat persediaan sebesar 4.

Pergerakan persediaan untuk *culvert* 100 cm. terdapat Permintaan yang terjadi dalam bulan Maret untuk *culvert* jenis ini adalah sebanyak 19 unit. Untuk pemesanan pertama sebanyak sepuluh unit dapat diselesaikan selama 11 hari , kemudian berturut-turut untuk

tiga pemesanan selanjutnya yakni masing-masing tiga unit dapat diselesaikan masing-masing selama 16 hari, 22 hari dan 24 hari. Dari perhitungan luas daerah grafik per satuan waktu dapat menunjukkan persediaan rata-rata yang harus disediakan, rata-rata tingkat persediaan pada penjadwalan *Heijunka* adalah sebesar 3. Di sisi lain pesanan pertama dalam penjadwalan *existing* juga diselesaikan selama 4 hari sedangkan pesanan kedua, ketiga dan keempat dapat dipenuhi masing-masing dalam 19 hari, 18 hari dan 21 hari juga. Penjadwalan *existing* memiliki rata-rata tingkat persediaan sebesar 1.

### Analisis dan Pembahasan

Penjadwalan awal atau *existing* perusahaan menggunakan sistem kombinasi MTO dan MTS dimana ketika tidak ada pesanan maka perusahaan akan memproduksi gorong-gorong sejenis dalam satu hari secara bergantian terus menerus menunggu permintaan (MTS). Hal ini dapat berakibat penuhnya *stock inventory* ketika permintaan yang di terima tidak sesuai dengan stok produk, di lain sisi ketika permintaan bervariasi perusahaan akan melakukan sistem MTO dalam memproduksi *culvert* sesuai permintaan pertama hal ini juga dapat berakibat lamanya waktu proses produksi (*lead time*), sedangkan penjadwalan menggunakan penjadwalan *Heijunka* dapat membuat proses produksi menjadi stabil dengan memproduksi secara merata tidak

memperoduksi satu per satu dengan tidak memperhatikan varian yang lain.

Pada *Gantt Chart existing* dan *Gantt Chart Heijunka* dapat dilihat bahwa *Gantt Chart existing* hanya memproduksi satu varian gorong-gorong saja tetapi pada *Heijunka* setiap hari pasti terdapat variasi produk yang dibuat.

Hasil perbandingan penjadwalan *existing* dengan penjadwalan *Heijunka* terkait waktu penyelesaian tiap permintaan pada bulan maret 2015 dapat dilihat pada Tabel 4.

Dari Tabel 4 dapat dilihat hasil perbandingan durasi penyelesaian setiap permintaan yang ada pada perusahaan. Secara keseluruhan waktu pengiriman jika di jumlah total terdapat selisih 16 hari pada penjadwalan *heijunka* dan 37 pada penjadwalan *existing*. Hal ini di karenakan beberapa hal yang pertama pada penjadwalan *Heijunka* memproduksi gorong-gorong lebih banyak dari penjadwalan *existing* dalam satuan waktu yang sama. Yang kedua karena pesanan pesanan pada studi kasus bulan Februari pada penjadwalan *existing* memiliki perbedaan antara jumlah stok yang tersedia dan permintaan yang datang, sedangkan pada penjadwalan *Heijunka* tidak memprioritaskan permintaan yang masuk terlebih dahulu hanya melakukan proses produksi sesuai jadwal yang telah dibuat.

Setelah membandingkan waktu penyelesaian selanjutnya terdapat perbedaan dalam hal rata-rata tingkat persediaan yang dihasilkan dari pergerakan persediaan yang di

Tabel 4. Perbandingan Waktu Penyelesaian Penjadwalan *Existing* dan *Heijunka*

No	Jenis Culvert	Jumlah Peralatan	Waktu Penyelesaian Heijunka	Waktu Penyelesaian Existing	Selisih Heijunka	Selisih Existing
1	Culvert 20cm	10	-	-	-	-
2	Culvert 20cm	25	23	23	-	-
3	Culvert 20cm	5	-	-	-	-
4	Culvert 40cm	4	-	-	-	-
5	Culvert 40cm	5	-	23	-	23
6	Culvert 40cm	15	15	27	-	10
7	Culvert 60cm	8	-	1	-	1
8	Culvert 60cm	25	22	17	5	-
9	Culvert 60cm	10	11	4	7	-
10	Culvert 100cm	3	16	19	-	3
11	Culvert 100cm	3	22	18	4	-
12	Culvert 100cm	2	21	21	-	-
Total					16	37

hasilkan dari perhitungan jumlah keseluruhan luas daerah grafik per satuan waktu. Contoh perhitungannya misalnya pada rata-rata persediaan heijunka *culvert* 20 cm:

$$= \sum_{i=1}^5 \frac{(1x1)+(2x1)+(3x1).....+(9x1)}{25}$$

$$= 8,9 \approx 9$$

Setelah menghitung semua rata-rata persediaan pada metode *Heijunka* dan metode *existing* berikut merupakan hasil rekap dari perhitungan rata-rata persediaan:

Tabel 5. Perbandingan Rata-rata Persediaan Penjadwalan *Existing* dan *Heijunka*

Jenis Culvert	Rata-rata persediaan <i>Heijunka</i>	Rata-rata persediaan <i>Existing</i>
20 cm	9	7
40 cm	6	3
60 cm	7	3
100 cm	3	1

Dari Tabel 5 dapat terlihat bahwa Jumlah rata-rata persediaan pada penjadwalan *Heijunka* secara keseluruhan lebih besar pada *culvert* 20 cm selisih 2, *culvert* 40 cm selisih 3, *culvert* 60 cm selisih 4 dan *culvert* 100 cm selisih 2. Hal ini terjadi diakibatkan oleh pengoptimalan proses produksi pada penjadwalan *Heijunka* yang pada satuan waktu tertentu menghasilkan produk yang lebih banyak dari pada penjadwalan awal atau *existing* yang hanya terpaku pada standar perusahaan dengan hanya memproduksi satu jenis varian *culvert* setiap harinya sejumlah 4 untuk *culvert* tipe A, 3 untuk tipe B, dan 2 untuk tipe C dan D.

Penjadwalan *Heijunka* ini juga dapat mengoptimalkan waktu kerja yang dimiliki oleh perusahaan tanpa perlu menambah waktu lembur, menambah tenaga kerja borongan yang sering dilakukan oleh perusahaan ataupun membeli produk *culvert* dari perusahaan lain. Hal ini dapat dilihat pada *Gantt Chart* penjadwalan *existing* setiap hari selalu membuang waktu kerja karena terpaku pada standar perusahaan untuk menentukan jumlah produksi *culvert* berdasarkan variasi produk. Jadwal ini dapat sewaktu-waktu diubah atas

pertimbangan perubahan pola permintaan yang sangat mungkin terjadi di periode mendatang. . Siklus yang terjadi adalah dengan memproduksi sebanyak 35 produk *culvert* 20 cm; 29 produk *culvert* 40 cm; 33 produk *culvert* 60 cm; 19 produk *culvert* 100 cm. Sistem produksi seperti ini adalah sistem produksi yang sesuai dengan konsep Toyota Production System yang lebih memilih untuk pemeratakan produksi tiap variasinya daripada memproduksi satu produk terus menerus terlebih dahulu tanpa memperhatikan variasi produk yang lain.

### KESIMPULAN

Berikut adalah kesimpulan pada penelitian yang dilakukan:

1. Berdasarkan penjadwalan *Heijunka culvert* dengan menggunakan algoritma monden yang secara lengkap dapat dilihat pada lampiran 11, didapatkan jadwal sebagai berikut yakni 1 produk B, 1 produk C, 1 produk A, 1 produk D, 1 produk A, 1 produk C, 1 produk B, 1 produk C, 1 produk A, 1 produk D, 1 produk B, 1 produk A, 1 produk C, 1 produk B, 1 produk C, 1 produk A, 1 produk D, 1 produk B, 1 produk A, 1 produk C, 1 produk B, 1 produk A, 1 produk D, 1 produk A, 1 produk C, 1 produk B, 1 produk A, 1 produk D, 1 produk A, 1 produk C, 1 produk B, 1 produk C, 1 produk A dan begitu pula seterusnya dengan memulai dari awal lagi. Dengan “A” adalah *culvert* 20 cm, “B” *culvert* 40 cm, “C” *culvert* 60 cm, “D” *culvert* 100 cm. Durasi dari ritme produksi ini adalah kurang lebih 10 hari dengan jam kerja dan hari kerja yang telah disesuaikan dengan kebijakan dan peraturan perusahaan.
2. Pada tabel 10 terdapat perbedaan waktu penyelesaian yang berbeda yaitu pada permintaan nomor 5 hingga 11 dengan total selisih waktu 16 pada penjadwalan heijunka dan 37 pada penjadwalan *existing* di sebabkan karena penjadwalan heijunka lebih optimal dengan memproduksi *culvert* lebih banyak dan ketidak cocokan yang signifikan keadaan stok dan permintaan pada penjadwalan *existing*. Hal ini dapat menyimpulkan bahwa masalah keterlambatan perusahaan dapat di kurangi dengan menggunakan metode *Heijunka*.

3. Pada Tabel 11 terdapat perbedaan rata-rata tingkat persediaan yaitu Jumlah rata-rata persediaan pada penjadwalan *Heijunka* secara keseluruhan lebih besar pada *culvert* 20 cm selisih 2 *culvert* 40 cm selisih 3, *culvert* 60 cm selisih 4 dan *culvert* 100 cm selisih 2. Hal ini dapat terjadi karena penjadwalan *Heijunka* permintaan bulan maret 2015 menghasilkan produk yang lebih banyak dibandingkan penjadwalan *existing*.

#### DAFTAR PUSTAKA

- [1] Barnes, Ralph, 1980. *Motion and Time Study Design and Measurement of Work*, Singapore : John Wiley and Son Inc.
- [2] Liker, J.K dan Meier, D., 2006. *The Toyota Way Field Book*, New York: The Mc-Graw Hill Companies.
- [3] Monden, Yasuhiro, 1995, *Sistem Produksi Toyota: Suatu Ancangan Terpadu untuk Penerapan Just in Time*, Jakarta: PT. Ikrar Mandiri Abadi
- [4] Wignjosoebroto, Sritomo, 2000, *Ergonomi, Studi Gerak dan Waktu, Teknik Analisis untuk Produktivitas Kerja*, Surabaya : Guna Widya
- [5] Wilson, L., 2010, *How to Implement Lean Manufacturing*, New York: The Mc-Graw Hill Companies.