

## PENJADWALAN BERDASARKAN MAKESPAN OPTIMAL DENGAN PERBANDINGAN METODE HEIJUNKA DAN METODE CAMPBEL-DUDEK-SMITH (CDS)

Antoni Yohane

Dosen Fakultas Teknik Universitas Stikubank Semarang

---

DINAMIKA  
TEKNIK  
Vol. VI, No. 2  
Juli 2012  
Hal 35 – 43

---

### Abstrak

Penjadualan merupakan pengaturan waktu dari suatu kegiatan operasi. penjadualan mencakup kegiatan mengalokasikan fasilitas, peralatan ataupun tenaga kerja bagi suatu kegiatan operasi dan menentukan urutan pelaksanaan kegiatan operasi. Saat ini telah banyak dikembangkan berbagai macam metode dalam penjadualan produksi, antara lain penjadualan produksi yang mengutamakan waktu kerja terlebih dahulu dalam urutan proses produksinya, penjadualan berdasarkan jumlah mesin yang ada dan penjadualan produksi berdasarkan pengaturan laju produksi yang stabil terhadap ragam tingkat persediaan untuk memenuhi permintaan konsumen (dikenal dengan metode Heijunka). Metode Heijunka adalah meratakan produksi baik dari segi volume maupun bauran produk. Metode Heijunka tidak membuat produk berdasarkan urutan aktual dari pesanan pelanggan, yang dapat naik dan turun secara tajam, tapi mengambil jumlah total pesanan dalam satu periode dan meratakannya sehingga dibuat dalam jumlah dan bauran yang sama setiap hari. Metode Campbel-Dudek-Smith (CDS), metode ini pada dasarnya memecahkan persoalan  $n$  job pada  $m$  mesin flow shop. Pada penjadualan ini diusahakan untuk mendapatkan harga makespan yang terkecil dari  $(m-1)$  kemungkinan penjadualan. penjadualan dengan harga makespan terkecil merupakan urutan pengerjaan job yang paling baik. Berdasarkan data yang di peroleh dari hasil riset yang dilakukan di PT. Triangle Motorindo untuk penjadualan produksi dengan menggunakan metode Heijunka diketahui bahwa proses produksi dapat selesai pada hari ke 21 jam 13.12. Dengan jumlah total efisiensi waktu 3 jam 48 menit. Dan produk yang diprioritaskan untuk diproduksi pertama adalah Karya 200, dan yang kedua adalah Vix-R, dan yang terakhir adalah Karya 150.

**Kata kunci :** heijunka, CDS, makespan, efisiensi

### 1.1 PENDAHULUAN

Seiring dengan berkembangnya persaingan, perusahaan harus berlomba-lomba untuk memenangkan persaingan dengan cara melayani permintaan sebaik mungkin sehingga akan menyenangkan konsumennya dan tidak terpikirkan untuk beralih ke perusahaan yang lainnya. Hal inilah yang melatarbelakangi permasalahan di PT. Triangle Motorindo Semarang yaitu bahwa jadwal yang sudah ditetapkan dalam *master production schedule* (MPS) setiap bulannya selalu melebihi batas waktu yang ditentukan. Tentu hal ini menyebabkan pemborosan bagi perusahaan dan mengecewakan konsumen karena barang tidak diperoleh tepat pada waktunya. Berdasarkan permasalahan tersebut penulis ingin menerapkan suatu metode penjadualan yaitu

metode *Heijunka* yang akan dibandingkan dengan metode *Campbel-Dudek\_Smith* (CDS), untuk dicari *makespan* terkecil.

PT. Triangle Motorindo sebagai perusahaan *assembly* mempunyai berbagai macam jenis produk dengan jumlah permintaan yang berbeda untuk tiap jenis produknya. Karena itu di dalam penjadualan produksinya membutuhkan metode yang dapat meminimalkan waktu tunggu konsumen, serta memaksimalkan fasilitas tenaga kerja, dan peralatan. Dengan kata lain metode *Heijunka* adalah metode penjadualan produksi yang cocok digunakan untuk perusahaan dengan berbagai variasi produk dan variasi volume produksi.

Tujuan dari dilakukannya penjadualan produksi adalah untuk mencari waktu penyelesaian tersingkat atau meminimalkan *makespan*, meminimalkan keterlambatan dari batas waktu yang telah ditentukan (*due date*), dan meminimalkan mesin *idle*. Ilustrasi prinsip perataan (*leveling*) di mana beban kerja diratakan demi kesinambungan (konsistensi kura-kura) dengan tanpa melihat variasi pesanan (kecepatan kelinci) (Liker, 2004, Chap.10). *Toyota Production System* (TPS) hanya dapat direalisasikan jika semua orang menjadi kura-kura yang lamban dan mantap daripada lari cepat dan tersentak-sentak seperti kelinci (seperti pada sistem produksi tradisional).

## 1.2 LANDASAN TEORI

### 1.2.1 *Heijunka*

*Heijunka* yang secara ekonomi berarti menjaga agar kapasitas produksi terpakai stabil, mengubah paradigma proses produksi yang dipelajari dan dilihat baik oleh Kichiro Toyoda (putra Sakichi Toyoda pendiri Toyota Group) di Amerika terdapat satu *assembly line* hanya untuk satu jenis produk. *Heijunka* membuat satu *assembly line* untuk beraneka produk sesuai dengan permintaan konsumen. Inilah tantangan yang sesungguhnya untuk sistem perencanaan dan pengendalian produksi (Aries Blog,2011). Keunggulan filosofi Jepang diumpamakan seperti perlombaan antara kelinci dan kura-kura. Ohno membuat cerita: kura-kura yang lamban namun konsisten mengakibatkan lebih sedikit pemborosan dan jauh lebih diinginkan daripada kelinci yang cepat dan unggul dalam perlombaan dan kemudian berhenti karena adakalanya mengantuk (Liker, 2004, *chap.* 10).

Ini merupakan suatu ilustrasi prinsip perataan (*leveling*) di mana beban kerja diratakan demi kesinambungan (konsistensi kura-kura) dengan tanpa melihat variasi pesanan (kecepatan

kelinci). Ohno (1988) kemudian melanjutkan ceritanya bahwa *Toyota Production System* (TPS) hanya dapat direalisasikan jika semua orang menjadi kura-kura yang lamban dan mantap daripada lari cepat dan tersentak-sentak seperti kelinci (seperti pada sistem produksi tradisional). Tujuan TPS adalah membangun sistem yang ramping (*lean*), hal itu dapat diusahakan dengan memproduksi barang tepat ketika diinginkan pelanggan. Namun, permintaan pada kenyataannya sangat sulit diprediksi dan pesanan aktual umumnya bervariasi dari waktu ke waktu. Misal kita membuat produk karena adanya pesanan dan jumlah pesanan tersebut besar, mungkin kita membuat produk dengan jumlah yang besar untuk satu periode yang menyebabkan pekerja dan peralatan harus bekerja keras dan berakibat pada tingginya risiko. Kemudian pada periode berikutnya, jumlah pesanan kecil maka pekerjaan menjadi sedikit dan peralatan menjadi kurang bermanfaat (*underutilized*). Kita juga tidak tahu berapa banyak material yang harus dipesan sehingga terpaksa harus menumpuk material.

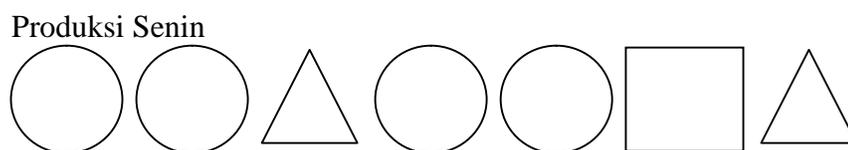
Produksi berdasarkan pesanan tidak menjamin suatu sistem yang ramping. Seperti uraian di atas, cara tersebut justru menimbulkan kondisi yang tidak teratur (*mura*) yang akhirnya memunculkan beberapa pemborosan atau “muda” (lembur, persediaan, biaya ekspres pasokan/pengiriman, stress pekerja dan lain-lain). TPS meniasati hal tersebut dengan meratakan beban dan tidak selalu memproduksi berdasarkan pesanan. Konsep ini dikenal sebagai *heijunka*; yang berdasarkan uraian di atas, dapat diartikan sebagai distribusi pemerataan volume produksi dan baurannya. Dalam bahasa Inggris, *heijunka* memiliki dua arti berbeda, tetapi saling berhubungan. Yang pertama adalah: *leveling of production by volume* yang berarti perataan volume atau jadwal produksi, selanjutnya dalam bahasan ini akan disebut *production leveling*. Dan kedua, *leveling production by product type or mix* yang berarti perataan tipe atau bauran produk dalam jadwal produksi.

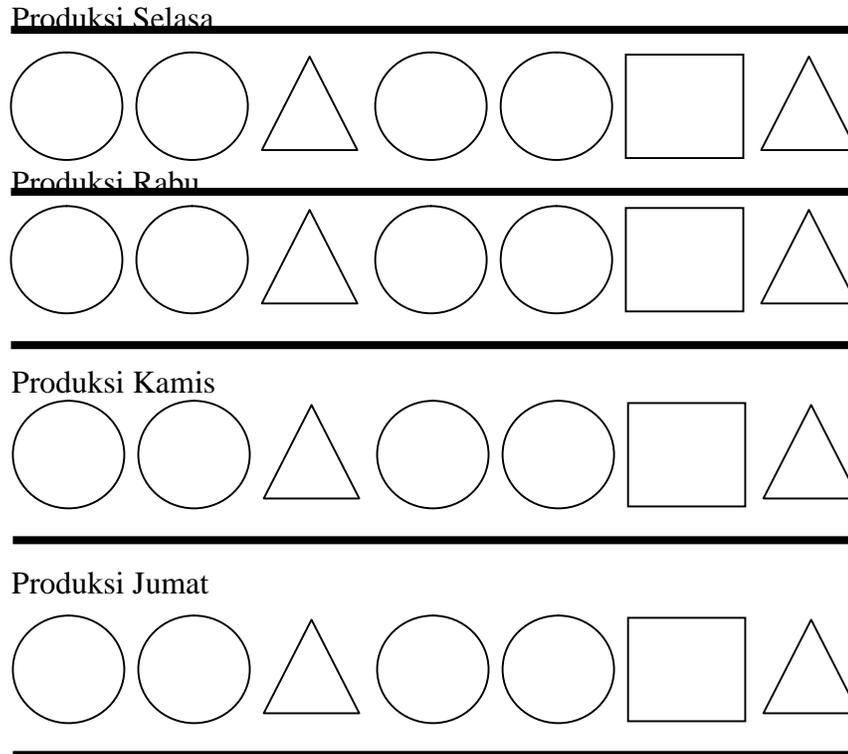
### 1.2.2 Pengertian *Heijunka*

*Heijunka* adalah meratakan produksi baik dari segi volume maupun bauran produk. Ia tidak membuat produk berdasarkan urutan aktual dari pesanan pelanggan, yang dapat naik dan turun secara tajam, tapi mengambil jumlah total pesanan dalam satu periode dan meratakannya sehingga dibuat dalam jumlah dan bauran yang sama setiap hari. Pendekatan TPS sejak semula adalah untuk mempertahankan ukuran *batch* yang kecil dan membuat apa yang diinginkan oleh pelanggan. Dalam *one-piece flow* yang sebenarnya, dapat membuat produk A dan B sesuai

urutan aktual dari pesanan pelanggan (misalkan A, A, B, A, A, B, B, B, A, B, ...). Masalahnya, jika kita membuat sesuai urutan produk aktual, akan membuat komponen secara tidak teratur. Jadi jika pesanan pada hari Senin dua kali dari pesanan hari Selasa, yang terjadi adalah membayarpah lembur pada hari Senin dan kemudian terjadi menganggurnya pada hari Selasa. Untuk meratakannya, dengan cara mengambil permintaan pelanggan aktual, menentukan pola volume dan bauran produknya, dan membuat jadwal yang rata setiap hari. Sebagai contoh, apabila membuat lima produk A untuk setiap lima produk B. Sekarang dapat diciptakan urutan produksi yang diratakan menjadi ABABAB. Ini disebut model produksi campuran-merata, karena terjadi pencampuran produksi tetapi juga meratakan permintaan pelanggan menjadi urutan yang dapat diprediksi, yang menyebar berbagai jenis produk dan berbagai tingkat volume yang berbeda (Liker,2006;140).

Dalam pemrosesan *batch*, sasarannya adalah untuk mencapai skala ekonomi untuk setiap peralatan. Menyiapkan peralatan untuk *changeover* agar dapat membuat produk A dan produk B secara bergantian tampak tidak ada gunanya karena tidak ada komponen yang diproduksi selama *changeover*. Jadi penyelesaian secara logisnya adalah membuat *batch* besar untuk produk A sebelum berubah ke produk B, tetapi pendekatan ini tidak memungkinkan *Heijunka* (Liker,2006;142). Dalam hal mesin, pabrik telah melakukan analisis dan menemukan waktu yang lama untuk melakukan *changeover* yang disebabkan oleh pemasukan dan pengeluaran komponen dan peralatan untuk mesin yang lebih besar, dan memasukkan dan mengeluarkan komponen dan peralatan baru untuk mesin yang kecil. Juga ukuran palet berbeda untuk setiap mesin yang berbeda. Solusinya adalah dengan membawa sejumlah kecil semua komponen pada rak-rak yang mengalir ke operator jalur produksi. Peralatan-peralatan yang dibutuhkan untuk ketiga jenis mesin itu dipasang di jalur produksi. Juga perlu dibuat palet-palet fleksibel yang dapat memegang berbagai ukuran mesin. Hal ini menghilangkan *changeover* sama sekali, yang menyebabkan pabrik dapat membuat mesin berdasarkan pesanan manapun yang diterimanya pada jalur perakitan campuran ini. Pabrik kemudian dapat membuat urutan (*rata*) yang berulang dari ketiga mesin, sehingga dapat disesuaikan dengan bauran komponen yang dipesan oleh pelanggan lihat gambar 2.1(Liker,2006;142).





Sumber : Liker,2006;143

Gambar 3.1 produksi model bauran (dicampur dan diratakan)

### 1.2.3 Algoritma Campbell, Dudek dan Smith (CDS)

Metode ini dikembangkan oleh H.G. Campbell, R.A.Dudek dan M.L.Smith yang didasarkan atas algoritma Johnson. Metode ini pada dasarnya memecahkan persoalan  $n$  *job* pada  $m$  mesin *flow shop* ke dalam  $m-1$  set persoalan dua mesin *flow shop* dengan membagi  $m$  mesin ke dalam dua grup, kemudian pengurutan *job* pada kedua mesin tadi menggunakan algoritma Johnson. Setelah diperoleh sebanyak  $m-1$  alternatif urutan *job*, kemudian dipilih urutan dengan *makespan* terkecil. Setiap pekerjaan atau *job* yang akan diselesaikan harus melewati proses pada masing-masing mesin. Pada penjadwalan ini diusahakan untuk mendapatkan harga *makespan* yang terkecil dari  $(m-1)$  kemungkinan penjadwalan. Penjadwalan dengan harga *makespan* terkecil merupakan urutan pengerjaan *job* yang paling baik.

Penjadwalan  $n$  *job* terhadap  $m$  mesin, dilakukan algoritma Johnson sebagai berikut :

1. ambil penjadwalan pertama ( $k=1$ ). Untuk seluruh *job* yang ada, carilah harga  $t^*_{i,1}$  dan  $t^*_{i,2}$  yang minimum yang merupakan waktu proses pada mesin pertama dan kedua, dimana  $t_{i,1} = t^*_{i,1}$  dan  $t_{i,2} = t^*_{i,2}$

2. Gunakan algoritma Johnson untuk melakukan pengurutan pekerjaan. Kemudian hitung *makespan* untuk jadwal tersebut.
3. Jika waktu minimum didapat pada mesin pertama, selanjutnya tempatkan tugas tersebut pada awal deret penjadwalan dan bila waktu minimum didapat pada mesin kedua, tugas tersebut ditempatkan pada posisi akhir dari deret penjadwalan.
4. Jika penjadualan ke- $k = (m-1)$  sudah tercapai berarti penjadwalan *job* sudah selesai.

#### 1.2.4 Aturan Johnson

Aturan Johnson dikembangkan untuk  $n$  pekerjaan (*job*) yang dikerjakan pada dua mesin secara berurutan.

Algoritma Johnson adalah sebagai berikut :

1. Identifikasikan waktu operasi terkecil dari pekerjaan yang ada;  $t^*$  (tij dari pekerjaan yang ada).
2. Bila  $t^*$  ada pada mesin pertama maka pekerjaan yang memiliki waktu  $t^*$  tersebut didahulukan pekerjaannya sedang bila  $t^*$  berada mesin kedua maka pekerjaan yang memiliki waktu  $t^*$  tersebut dibelakangkan pengerjaannya.
3. Bila semua pekerjaan (*job*) telah terjadwal maka selesai.

### 3.1 ANALISA

Data permintaan sepeda motor karya 150, 200, dan Vix-R bulan Juni terdapat pada tabel 3.1.

Tabel 3.1. Data Permintaan Bulan Juni 2011

Permintaan Bulan Juni 2011	
Model	Jumlah
Karya 150	808 unit
Vix-R	354 unit
Karya 200	294 unit
Total	1456 unit

Sumber : PT. Triangle Motorindo

Hasil dari perhitungan jumlah produksi harian tertera pada tabel 3.2.

Tabel 3.2. Jumlah Produksi Harian

Jumlah Produksi Harian		
Model	Satu Bulan	Hari
Karya 150	808 unit	39 unit per hari
Vix-R	354 unit	17 unit per hari
Karya 200	294 unit	14 unit per hari

Sumber : Pengolahan Data

Hasil penjadualan menunjukkan bahwa pada hari terakhir yaitu hari Jumat minggu ke-5 bahwa proses produksi terdapat efisiensi atau sisa waktu sebesar 3 jam 48 menit. Efisiensi waktu pada penjadualan produksi dengan menggunakan metode Heijunka tidak mengurangi target produksi total pada bulan Juli. Hasil perbandingan dengan metode CDS diperoleh dua urutan antara *makespan* 1 dan *makespan* 2, berdasarkan *makespan* terkecil maka dipilih *makespan* 2 dengan urutan 1 – 3 - 2 dan *makespannya* sebesar 1275,14 menit atau 21,25 jam. Dengan demikian untuk membuat tiga jenis kendaraan dalam satu hari yaitu Karya 150 (39 unit), Karya 200 (14 unit) dan Vix-R (17 unit) membutuhkan waktu selama 21,25 jam, padahal jumlah jam kerja dalam sehari hanya 8 jam saja. Hal ini jelas akan melebihi target waktu yang ditentukan (1 bulan) dan pada akhirnya akan menambah beban biaya perusahaan (lembur atau subkontrak) dan jika terjadi keterlambatan akan mengecewakan konsumen (biaya tunggu). Jumlah unit total masing-masing metode disajikan pada tabel 3.3.

Tabel 3.3 Jumlah unit masing-masing metode dalam bulan Juni 2011

Model	Permintaan Bulan Juni 2011	Realisasi	Heijunka	CDS
Karya 150	808 unit	723	808	323
Vix-R	354 unit	328	354	140
Karya 200	294 unit	280	294	115
Total	1456 unit	1331 unit	1456 unit	578 unit

Efisiensi dari total unit di atas jika dibandingkan dengan *Master Production Schedule* (MPS):

$$1. \text{ Produksi aktual} = 1348 / 1456 * 100 \%$$

- = 92,58 %
2. Metode *Heijunka*      =  $1456 / 1456 * 100 \%$   
                                      = 100 %
3. Metode CDS                =  $578 / 1456 * 100 \%$   
                                      = 39,70 %

Melihat hasil perbandingan efisiensi di atas dan *makespan* kedua metode yaitu *Heijunka* dan Campbel-Dudek-Smith (CDS) maka dapat dipastikan bahwa metode yang paling cocok untuk diterapkan di perusahaan VIAR yaitu metode *Heijunka*, karena mempunyai *makespan* yang lebih kecil dan efisiensi pencapaian hasil terbesar dengan *varian* jenis merata, bahkan mampu menyelesaikan semua jumlah unit yang direncanakan lebih cepat beberapa jam dari total waktu yang disediakan.

## KESIMPULAN

1. Penjadwalan yang sesuai untuk diterapkan di PT. Triangle Motorindo Semarang yaitu dengan metode *Heijunka* berdasarkan *makespan* total terkecil yaitu 172 jam 12 menit dan efisiensi terbesar yaitu 100 %.
- 2 Dengan melakukan penjadwalan menggunakan metode *Heijunka* dapat diketahui bahwa permintaan produk pada bulan Juni 2011 dapat terselesaikan pada hari kerja ke 21 jam 13.12 dengan jumlah produksi pada minggu pertama untuk Karya 150 = 30 unit, untuk Vix-R = 47 unit, untuk Karya 200 = 61 unit. Pada minggu kedua untuk Karya 150 = 193 unit, untuk Vix-R = 85 unit, untuk Karya 200 = 70 unit. Pada minggu ketiga untuk Karya 150 = 180 unit, untuk Vix-R = 85 unit, untuk Karya 200 = 70 unit. Pada minggu keempat untuk Karya 150 = 202 unit, untuk Vix-R = 84 unit, untuk Karya 200 = 70 unit. Pada minggu kelima untuk Karya 150 = 161 unit, untuk Vix-R = 82 unit, untuk Karya 200 = 69 unit.

## DAFTAR PUSTAKA

- Ginting, Rosnani, 2009, Penjadwalan Mesin, Penerbit Graha Ilmu, Yogyakarta.
- Liker, Jeffrey K., 2006, *The Toyota Way*, Penerbit Erlangga.
- Kusnadi, Eris, 12 November 2009, *Heijunka Dalam Penjadwalan produksi*, *eRisk Blog*, diunduh pada 14 Juli 2011 pukul 20.10 WIB

<http://erisx.wordpress.com/2009/11/12/heijunka-dalam-penjadwalan-produksi-product-production-leveling/>

- Jones, Daniel T, Aug 2006, *Heijunka: Leveling Production*, *Manufacturing Engineering*, [http://www.HEIJUNKA\\_LEVELING\\_PRODUCTION\\_Manufacturing\\_Engineering\\_Find\\_Articles\\_at\\_BNET.htm](http://www.HEIJUNKA_LEVELING_PRODUCTION_Manufacturing_Engineering_Find_Articles_at_BNET.htm)
  - Hofmann, Chris, 3 Mar 2010, *Production levelling with heijunka*, <http://chohmann.free.fr/>
  - João F.Amâncio de Moraes, *Established in December 2010, The Importance of Heijunka, Modelo Watermark. Tecnologia do Blogger*, <http://www.importance-of-heijunka.html>
  - Andreas Hüttmeir, Suzanne de Treville, Ann van Ackere, Léonard Monnier and Johann Prenninger, 2009, *Trading off between heijunka and just-in-sequence*, *International Journal of Production Economics*, 2009, vol. 118, issue 2, pages 501-507
- Bridger, R.S. 1995. *Introduction to Ergonomics*. Mc. Graw-Hill, Inc, New York.