

PENYEIMBANGAN LINTASAN PRODUKSI VULKANISIR BAN DENGAN METODE *LARGE CANDIDATE RULE (LCR)*

Diana khairani Sofyan^{*1}, Syarifuddin², Sri Meutia³, Islamiyati⁴

^{1,2,3,4}Jurusan Teknik Industri, Fakultas Teknik, Universitas Malikussaleh

E-mail: ^{*1}hatikue@yahoo.com, ^{*2}syarifuddin@unimal.ac.id, ^{*3}srimetia_mti@unimal.ac.id

Abstrak

CV. Barona Vulkanisir Ban merupakan perusahaan yang bergerak dibidang remanufaktur ban, yang memproduksi berdasarkan pesanan (*make to order*). Masalah yang terjadi di perusahaan adalah ada beberapa pembagian beban kerja yang tidak seimbang, pada proses produksi di stasiun kerja. Sehingga produksi tidak terlaksana dengan baik, terdapat penumpukan bahan di beberapa stasiun kerja. Untuk menyelesaikan masalah ini maka dilakukan proses penyeimbangan lintasan produksi (*line balancing*). Proses *line balancing* dilakukan dengan menggunakan metode *Largest Candidate Rule (LCR)*, dengan tujuan untuk mendapatkan rancangan keseimbangan lintasan yang baik, untuk meningkatkan efisiensi produksi dan memberikan gambaran adanya perbedaan kondisi dari stasiun kerja sebelum dan sesudah dilakukan penyeimbangan lintasan.. Hasil penelitian menunjukkan bahwa metode rancangan keseimbangan lintasan terbaik dengan hasil tingkat efisiensi lintasan sebesar 58%, *balance delay* sebesar 42%, *smoothing index* 156.58 menit dan stasiun kerja berjumlah 3. Hasil tersebut tentunya lebih baik dibandingkan dengan kondisi sebelumnya, dimana tingkat efisiensi lintasan sebesar 21.74%, *balance delay* 78.26% dan *smoothing index* 463.58 menit.

Kata kunci: Efisiensi, Keseimbangan Lini, Largest Candidate Rule

Abstract

CV. Barona Vulkanisir Ban is a company engaged in tire remanufacturing, which is made to order. The problem that occurs in the company is that there are several divisions of unbalanced workload, in the production process at work stations. So that production is not carried out properly, there is a buildup of materials at several work stations. To solve this problem a line balancing process is carried out. The line balancing process is carried out using the Largest Candidate Rule (LCR) method, with the aim of obtaining a good trajectory balance design, to increase production efficiency and provide an overview of the different conditions of work stations before and after trajectory balancing. The results show that the method the best trajectory balance design with trajectory efficiency results of 58%, balance delay of 42%, smoothing index 156.58 minutes and work stations numbering 3. These results are certainly better than the previous conditions, where the track efficiency level is 21.74%, balance delay 78.26 % and smoothing index 463.58 minutes.

Keywords: Efficiency, Line Balancing, Largest Candidate Rule

1. PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

CV. Barona Vulkanisir Ban Batuphat Lhokseumawe, merupakan vulkanisir ban atau dikenal dengan *retreading* adalah proses *remanufacture* yang bertujuan untuk menambah umur ban yang telah digunakan. Proses ini dilakukan dengan cara melapisi (mendaur ulang) kembali ban yang telah aus dengan tapak baru (*tread*). Proses vulkanisir ban di CV. Barona Vulkanisir Ban dilakukan dengan proses vulkanisir sistem dingin atau *pre cure*. Pada proses ini *casing* ban yang telah dibersihkan ditempel dengan *Tread Rubber* (karet jadi, dan sudah memiliki *pattern*) dengan bantuan *cushion gum*. Ban tersebut kemudian diisi dengan ban dalam dan dibungkus dengan *Envelope* kemudian dimasukkan ke dalam *chamber* pemanas. Ban kemudian di *press*

dua arah yaitu dari dalam dengan bantuan ban dalam dan dari luar dengan menggunakan Envelope dan juga dipanaskan dengan *chamber*.

Akibat dari tekanan dan panas tersebut *Cushion Gum* yang berada diantara *casing* dan *Tread Rubber* mengalami vulkanisasi dan menyatukan semua elemen tadi (*casing, cushion*). Proses produksi pada vulkanisir ban dilakukan melalui beberapa stasiun kerja yaitu *primery inspection, buffing, kniving, repair, cementing, building, envelope, rim & flange, curing chamber* dan *finally inspection*. Adanya perbedaan beban kerja yang terjadi pada setiap stasiun kerja yaitu pada stasiun kerja *buffing* membutuhkan waktu operasi 10 menit/unit sedangkan stasiun kerja sebelumnya yaitu *primery inspection* hanya membutuhkan waktu 7 menit/unit sehingga sering terjadi penumpukan bahan. Begitu juga pada stasiun kerja *kniving* terjadi penumpukan bahan dengan waktu operasi 17.8 menit/unit sedangkan stasiun kerja sebelumnya yaitu *buffing* hanya membutuhkan waktu 9.93 menit/unit. Pada stasiun kerja *repair* membutuhkan waktu operasi 24.76 menit/unit, sedangkan stasiun kerja sebelumnya yaitu *skiving* membutuhkan waktu operasi 17.8 menit/unit sehingga sering terjadi penumpukan bahan, sebaliknya pada stasiun kerja *repair* sering terjadi *delay*. Begitu juga dengan stasiun kerja *curing* waktu operasi sebesar 189 menit/unit, sedangkan stasiun kerja sebelumnya *envelope dan rim* hanya membutuhkan waktu produksi sebesar 3.74 menit unit sehingga sering terjadi *delay* yang sangat lama.

1.2 Permasalahan yang akan diteliti

Permasalahan yang diteliti adalah bagaimana merancang model keseimbangan lintasan yang baik pada lini pabrikasi perusahaan vulkanisir ban?

1.3 Tujuan yang ingin dicapai

Adapun tujuan yang ingin dicapai pada penelitian ini adalah untuk merancang model keseimbangan lintasan yang baik pada lini pabrikasi perusahaan vulkanisir ban? an obat di Puskesmas kecamatan Kuala dan untuk mengetahui jumlah loket yang optimal untuk melayani pasien.

2. TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Pengukuran Waktu

Pengukuran waktu adalah teknik pengukuran kerja untuk mencatat jangka waktu dan perbandingan kerja mengenai unsur pekerjaan tertentu yang dilaksanakan dalam keadaan tertentu pula, serta untuk menganalisa keterangan tersebut sehingga diperoleh waktu yang diperlukan untuk pelaksanaan pekerjaan tersebut pada tingkat prestasi tertentu [1].

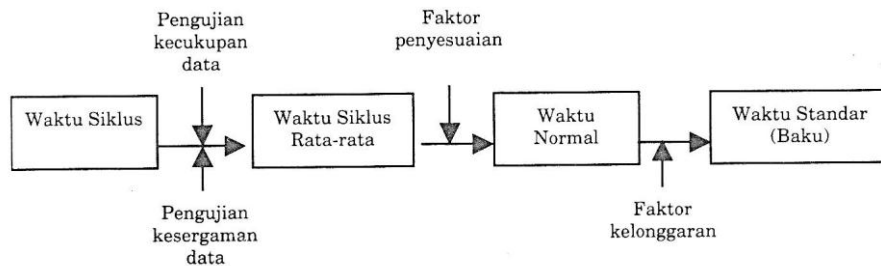
Pengukuran waktu adalah usaha untuk menentukan lama kerja yang dibutuhkan seorang operator terlatih dan qualified dalam menyelesaikan suatu pekerjaan yang spe sifik pada tingkat kecepatan kerja yang normal dalam lingkungan kerja yang terbaik pada saat itu. Pada pengukuran waktu kerja ada dua jenis pengukuran, yaitu [2]:

- a. Pengukuran waktu secara langsung:
 - Pengukuran jam henti (*stopwatch time study*).
 - Work sampling*.
- b. Pengukuran waktu secara tidak langsung:
 - Data waktu baku (*standar data*).
 - Data waktu gerakan.

2.2 Pengukuran Waktu Kerja dengan Jam Henti

Pengukuran waktu kerja dengan jam henti diperkenalkan pertama kali oleh F.W. Taylor sekitar abad 19 yang lalu. Metode ini sangat baik diaplikasikan untuk pekerjaan-pekerjaan yang berlangsung singkat dan berulang-ulang (*repetitive*). Dari hasil pengukuran maka akan diperoleh waktu baku untuk menyelesaikan suatu siklus pekerjaan yang mana waktu ini akan dipergunakan sebagai standar menyelesaikan pekerjaan bagi semua pekerja yang akan

melaksanakan pekerjaan yang sama [3]. Berikut ini Gambar 1 menunjukkan urutan pengukuran waktu kerja dengan jam henti [4].



Gambar 1 Urutan Pengukuran Waktu Kerja dengan Jam Henti

2.3 Perhitungan Waktu Baku (Waktu Standar)

1. Waktu siklus (W_s)

Waktu penyelesaian satu satuan produksi mulai dari bahan baku mulai diproses ditempat kerja yang bersangkutan. Merupakan jumlah waktu tiap elemen kerja.

$$W_s = \frac{\sum X}{N} \quad (1)$$

Keterangan : X = jumlah waktu penyelesaian yang teramati
 N = jumlah pengamatan yang dilakukan

2. Waktu normal (W_n)

Waktu penyelesaian pekerjaan yang diselesaikan oleh pekerja dalam kondisi wajar dan kemampuan rata-rata.

$$W_n = W_s \times (1 + R_f) \quad (2)$$

Keterangan : W_n = Waktu normal
 W_s = Waktu siklus
 R_f = Faktor penyesuaian

3. Waktu Standar (W_s) atau Waktu baku (W_b)

Waktu yang dibutuhkan secara wajar oleh pekerja normal untuk menyelesaikan pekerjaannya yang dikerjakan dalam sistem kerja terbaik [5].

$$W_s = W_n \times (1 + \text{Allowance}) \quad (3)$$

Keterangan : W_s = Waktu Standar
 Allowance = Kelonggaran

2.4 Pengukuran Waktu Tiap Elemen Kerja

Pengukuran elemen kerja dilakukan dengan jam henti (stop watch). Pengukuran dilakukan dengan tiga metode yaitu [4]:

1. Cara kontinyu, dimana pengukuran dilakukan dengan memulai gerakan jarum jam henti pada permulaan pengerjaan elemen kerja yang pertama dan jarum jam tetap bergerak selama pengamatan berjalan.
2. Cara berulang, dimana pengukuran dilakukan dengan menggerakkan jarum jam henti pada saat elemen kerja pertama mulai berjalan dan dihentikan pada saat elemen kerja tersebut berhenti. Waktu dicatat dan jarum jam henti dikembalikan lagi ke posisi nol untuk melakukan pengukuran selanjutnya.
3. Cara akumulatif, dimana pengukuran dilakukan dengan menggunakan dua buah jam henti yang dipasangkan bersama didekat papan pengamatan dan dihubungkan sedemikian rupa sehingga ketika jarum jam henti pertama bergerak, jarum jam henti kedua akan berhenti. Demikian pula sebaliknya.

2.5 Pengertian *Line balancing*

Keseimbangan lintasan, merupakan hal yang sangat penting di dalam perencanaan hasil produksi. Hal ini dikarenakan apabila lintasan tidak seimbang maka target produksi yang sudah direncanakan sulit tercapai. Perencanaan keseimbangan lintasan produksi yang dilakukan dimaksudkan untuk meminimalkan waktu menganggur (*Idle time*) pada lintasan produksi [6].

Line balancing merupakan penyeimbangan penugasan elemen-elemen tugas dari suatu assembly line ke work stations untuk meminimumkan banyaknya work station dan meminimumkan total harga *Idle time* pada semua stasiun untuk tingkat output tertentu. Dalam penyeimbangan tugas ini, kebutuhan waktu per unit produk yang dispesifikasikan untuk setiap tugas dan hubungan sekuensial harus dipertimbangkan [7].

2.6 Langkah Pemecahan *Line Balancing*

Terdapat sejumlah langkah pemecahan masalah *Line balancing*. Berikut ini merupakan langkah-langkah pemecahan masalah adalah sebagai berikut [7]:

- a. Mengidentifikasi tugas-tugas individual atau aktivitas yang akan dilakukan.
- b. Menentukan waktu yang dibutuhkan untuk melaksanakan setiap tugas itu.
- c. Menetapkan precedence constraints, yang berkaitan dengan setiap tugas itu.
- d. Menentukan output dari assembly line yang dibutuhkan.
- e. Menentukan waktu total yang tersedia untuk memproduksi output.
- f. Menghitung cycle time yang dibutuhkan, misalnya: waktu diantara penyelesaian produk yang dibutuhkan untuk menyelesaikan output yang diinginkan dalam batas toleransi dari waktu (batas waktu yang diijinkan).
- g. Memberikan tugas-tugas kepada pekerja atau mesin.
- h. Menetapkan minimum banyaknya stasiun kerja (*Work station*) yang dibutuhkan untuk memproduksi output yang diinginkan.
- i. Menilai efektifitas dan efisiensi dari solusi.
- j. Mencari terobosan-terobosan untuk memperbaiki proses terus-menerus (*continuous process improvement*).

2.7 Kriteria-kriteria Performansi Keseimbangan Lintasan

Ada beberapa istilah yang lazim digunakan dalam *Line balancing*. Berikut Kriteria-kriteria performansi keseimbangan lintasan yang dimaksud yaitu [6]:

1. *Precedence diagram*, merupakan gambaran secara grafis dari urutan kerja operasi kerja.
2. *Asssamble product*, adalah produk yang melewati urutan work stasiun di mana tiap work stasiun (*WS*) memberikan proses tertentu hingga selesai menjadi produk akhir pada perakitan akhir
3. Elemen Kerja merupakan bagian dari seluruh proses produksi yang dilakukan, umumnya N didefinisikan sebagai jumlah total dari elemen kerja yang dibutuhkan untuk menyelesaikan suatu perakitan dan i adalah elemen kerja.
4. Stasiun Kerja, adalah tempat pada lini produksi di mana proses pabrikan dilakukan. Setelah menentukan interval waktu siklus.
5. Waktu siklus / *Cycle time* (*CT*), merupakan waktu yang diperlukan untuk membuat satu unit produk satu stasiun. Apabila waktu produksi dan target produksi telah ditentukan, maka waktu siklus dapat diketahui dari hasil bagi waktu produksi dan target produksi.
6. *Theoretical Minimum*, menentukan jumlah stasiun kerja minimum.
7. Waktu menunggu (*idle time*), dimana operator atau pekerja menunggu untuk melakukan proses kerja ataupun kegiatan operasi yang selanjutnya akan dikerjakan.
8. *Balance delay* (*D*), sering disebut *balancing loss*, adalah ukuran dari ketidakefisiensian lintasan yang dihasilkan dari waktu menganggur sebenarnya yang disebabkan karena pengalokasian yang kurang sempurna di antara stasiun-stasiun kerja.

9. *Line efficiency* (LE), adalah rasio dari total waktu di stasiun kerja dibagi dengan waktu siklus dikalikan jumlah stasiun kerja.
10. *Smoothes index* (SI), adalah suatu indeks yang menunjukkan kelancaran relative dari penyeimbangan lini perakitan tertentu.

2.8 Metode *Line Balancing*

Untuk menyeimbangkan lintasan perakitan secara garis besar metode yang sering digunakan adalah metode Heuristik dan Analitis.

1. Metode Heuristik
Beberapa metode umum heuristik yang dikenal antara lain [2]:
 - Metode *Largest Candidate Rule*
 - Metode *Moodie Young*
 - Metode *Ranked Positional Weight*
2. Metode Analitis
3. Metode Komputerisasi

2.9 Metode *Largest Candidate Rule* (LCR)

Menurut dalam metode ini, elemen kerja diatur secara *descending* (dari nilai paling besar ke paling kecil) berdasarkan nilai waktu operasi (T_i). Metode ini terdiri dari langkah-langkah [7]:

1. Buat precedence diagram
2. Urutkan waktu operasi pada masing-masing task dari yang terbesar ke yang terkecil secara urut.
3. Tentukan waktu siklus (CT).
4. Tugaskan task pada pekerja di WS 1 dengan memulai dari daftar paling atas dan memilih task pertama yang memenuhi persyaratan precedence dan tidak menyebabkan jumlah total T_i pada WS tersebut melebihi CT yang diizinkan.
5. Ketika task sudah dipilih untuk ditugaskan pada WS, telusuri kembali dari daftar paling atas untuk penugasan selanjutnya.
6. Ketika tidak ada lagi task yang dapat ditugaskan tanpa melebihi CT, lanjutkan ke WS berikutnya.
7. Ulangi langkah 4 dan 5 untuk semua WS sampai semua task telah ditugaskan.

3. METODE PENELITIAN

Adapun tahapan penelitian adalah sebagai berikut:

Adapun tahapan penelitian adalah sebagai berikut:

1. Pengumpulan data, yaitu data yang dibutuhkan yaitu:
 - Data elemen-elemen kerja
 - Waktu proses operasi setiap elemen kerja sebanyak 30 kali pengukuran
 - Lintasan kerja awal perusahaan
 - Data jumlah mesin dan operator
 - Data jam kerja efektif
 - Data rencana produksi perusahaan Agustus-Oktober 2018
 - Data jumlah stasiun kerja
2. Melakukan pengolahan data dengan menggunakan tahapan metode yang terstruktur, yaitu:
 - a. Pengujian keseragaman dan kecukupan data
 - b. Perhitungan waktu standar (waktu baku) setiap elemen kerja
 - c. Perhitungan waktu siklus lintasan
 - d. Penyusunan *precedence* diagram
 - e. Menghitung keseimbangan lintasan Aktual
 - f. Penyeimbangan lintasan

- g. Menentukan metode terbaik
 - h. Penentuan jumlah mesin dan operator
3. Analisis hasil perhitungan.

4. HASIL YANG DICAPAI

4.1. Pengumpulan data

berikut spesifikasi secara umum untuk masing-masing operator yang bekerja sesuai Tabel 1.

Tabel 1. Spesifikasi Umum Pekerjaan Operator Saat Ini

Operator	Spesifikasi Pekerjaan
1	Melakukan proses <i>primary inspection</i> (Pemeriksaan awal)
2	Melakukan proses <i>buffing</i> (parut)
3	Melakukan proses <i>kniving</i> (gerinda tangan)
4	Melakukan proses <i>repair</i> (perbaikan)
5	Melakukan proses <i>building</i> (menempelkan <i>tread liner</i>)
6	Melakukan proses <i>envelope/rim</i> (pemasangan amplop dan ban dalam)
7	Melakukan proses <i>curing</i> (pemasakan yang sudah ditentukan tekanan angin, suhu, serta waktu pemanasan)
8	Melakukan proses <i>final inspection</i> (pemeriksaan akhir)

(Sumber: CV. Barona Vulkanisir Ban)

Bahan-bahan yang termasuk pada vulkanisir ban, yaitu:

1. Bahan pokok adalah ban bekas dan *tread linier* (tapak ban)
2. Bahan pelengkap
 - *Cushion gum*, untuk mediasi antara *tread* dan *casing* ban
 - Lem karet cair, dibuat dari *cushion gum* dan *thinner base*
 - *Patches*, untuk tambal ban yang berlobang atau robek
 - Karet lunak/dodol, untuk meratakan permukaan ban bekas gerinda.
 - Plastik pelindung, pada bagian sambungan antara *tread* dan *casing*.
 - Kain *shoulder*, agar *cushion gum* tidak lengket dengan *envelope*.

Sedangkan untuk mesin dan *equipment* yang digunakan dalam proses vulkanisir ban dapat dilihat pada Tabel 2 berikut.

Tabel 2. Mesin dan *Equipment* pada Vulkanisir Ban

No	Nama Mesin	Jumlah (unit)
1	Kompressor	1
2	Mesin pemeriksa ban	1
3	Mesin <i>buffing</i> (parut)	1
4	Mesin <i>kniving</i> (gerinda tangan listrik)	1
5	Gerinda angin	1
6	<i>Spotter</i> untuk tambalan	1
7	Alat pembuatan lem	1
8	Mesin lem ban (<i>cementing</i>)	1
9	<i>Extruder</i>	1
10	Mesin <i>Building</i>	1
11	Mesin pemasangan <i>envelope</i>	1
12	<i>Velg</i> dan <i>rim</i>	1
13	Mesin pemasangan <i>velg</i>	1
14	<i>Conveyor</i>	1
15	Mesin <i>chamber</i> dan monorelnya	1

(Sumber: CV. Barona Vulkanisir Ban)

Elemen kerja merupakan pecahan gerakan seorang operator dalam melakukan suatu pekerjaan. Pada Tabel 3 dapat dilihat elemen kerja sekaligus urutan pada masing-masing operator dalam melakukan vulkanisir ban.

Tabel 3. Elemen Kerja dan Urutannya

Stasiun Kerja	Operator	No Urut	Elemen Kerja
1 <i>Primery Inspection</i>	1	1	Pemeriksaan bagian tread
		2	Pemeriksaan bagian shoulder ban
		3	Pemeriksaan sidewall kanan
		4	Pemeriksaan sidewall kiri
		5	Pemeriksaan bagian dalam ban
		6	Mengisi data-data inspeksi pada kartu produksi
		7	Membawa casing ke bagian buffing
II <i>Buffing</i>	2	8	Periksa catatan pada kartu produksi
		9	Stel ukuran pelek sesuai dengan ukuran ban
		10	Sesuaikan titik tengah dari pisau buffing
		11	Parut rata simetris untuk menghilangkan tapak yang sudah aus
		12	Mengisi catatan dikartu produksi dengan jelas
III <i>Kniving</i>	3	13	Membawa casing ke bagian kniving
		14	Periksa fisik ban & sesuaikan pada catatan kartu produksi
		15	Skiving penghalusan dan pembersihan bagian kanan
		16	Skiving penghalusan dan pembersihan bagian kiri
IV <i>Repair</i>	4	17	Membawa casing dan diserahkan pada bagian repair
		18	Periksa fisik ban dan tanda-tanda dari bagian inspeksi pada kartu produksi
V <i>Building</i>	5	19	Membersihkan permukaan ban yang berlobang
		20	Penempelan <i>patches</i> pada bagian dalam yang berlobang
		21	Mengisi catatan pada kartu produksi
		22	Membawa casing pada bagian building
		23	<i>Tread</i> dibersihkan dan di bentangkan di atas meja
		24	Pemberian cairan <i>cement</i> seluruh pada tread
		25	Menunggu cairan kering
		26	Pasangkan <i>cushion gum</i> ke permukaan ban dan gilas CG
		27	Menempelkan <i>tread liner</i> di atas <i>cushion gum</i>
		28	Pasang pelindung plastik pada sambungan <i>tread</i>
		29	Pemasangan kain <i>shoulder</i>
		30	Pencatatan pada kartu produksi
VI <i>Envelope/Rim</i>	6	31	Pemasangan amplop
		32	Pemasangan ban dalam
		33	Pemasangan pelak dan dinaikkan ke <i>hanger conveyor</i>
VII <i>Curing</i>	7	34	Hubungkan sambungan ban dalam dengan pengisi angin dan amplop dengan selang vacum (semua ban)
		35	Tutup pintu chamber dan lakukan pengujian kebocoran
		36	Menyalakan mesin <i>chamber</i> dan menunggu masak serta di- <i>check</i> 30 menit sekali
		37	Buka pintu chamber dan keluarkan ban satu per satu
		38	Lepaskan amplop dan ban dalam serta pelek
VIII <i>Final Inspection</i>	8	39	Periksa bagian <i>tread liner</i> , kain <i>shoulder</i> , <i>sidewall</i> , dsb.
		40	Catat data ban yang telah keluar dari <i>curing chamber</i>
		41	Ban dibawa ke tempat penyimpanan

Pengukuran elemen kerja dilakukan untuk setiap elemen kerja pada saat kegiatan produksi berlangsung. Metode yang digunakan adalah pengukuran waktu kerja dengan jam henti. Jumlah pengamatan dilakukan sebanyak 30 kali pengamatan pada masing-masing elemen kerja.

Pada dasarnya waktu kerja normal produksi di CV. Barona Vulkanisir Ban saat ini adalah sebagai berikut:

1. Hari kerja produksi adalah 6 hari, yaitu senin sampai sabtu
2. Waktu kerja efektif produksi mulai dari jam 08.00 – 12.00 dan 13.00 – 16.00 WIB atau 7 jam/hari.

Tabel 4 menunjukkan total waktu kerja efektif perbulan.

Tabel 4. Total Waktu Kerja Efektif Per Bulan (Tahun 2018)

Bulan	Jumlah Hari Kerja	Total Waktu Kerja Efektif (Jam)
Agustus	26	182
September	26	182
Oktober	26	182

(Sumber: CV. Barona Vulkanisir Ban)

Adapun jumlah *order* ban vulkanisir yang harus diproduksi oleh CV. Barona Vulkanisir memiliki jumlah *order* yang tetap, untuk 3 bulan kedepan dari bulan Agustus sampai Oktober 2018, dapat dilihat pada Tabel 5 berikut.

Tabel 5. Jumlah *Order* Ban Vulkanisir

Bulan	Jumlah <i>Order</i>
Agustus	728
September	728
Oktober	728

(Sumber: CV. Barona Vulkanisir Ban)

4.2. Pengolahan Data

Data yang telah diambil dikelompokkan dan dihitung harga rata-ratanya. Untuk contoh perhitungan diambil data untuk elemen kerja nomor 15.

$$\bar{x} = \frac{\sum xi}{N} = \frac{7.82 + 6.75 + \dots + 7.15}{30} = 7.01$$

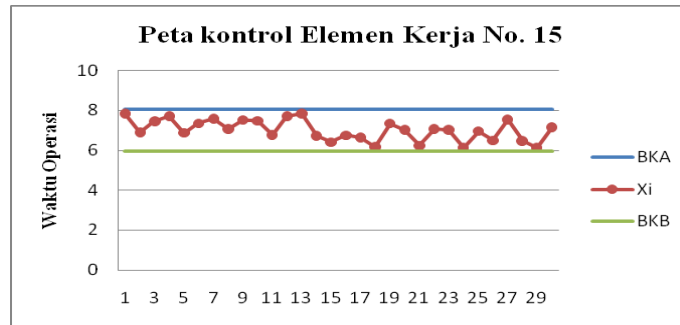
Pengujian keseragaman data dilakukan dengan menentukan batas kontrol atas dan batas kontrol bawah. Pengujian ini berdasarkan tingkat keyakinan 95%.

$$\sigma = \sqrt{\frac{\sum(x - \bar{x})^2}{N - 1}} = \sqrt{\frac{(7.82 - 7.01)^2 + (6.75 - 7.01)^2 + \dots + (7.15 - 7.01)^2}{30 - 1}} = 0.52$$

$$\begin{aligned} \text{BKA} &= \text{Error! Reference source not found.} + k\sigma \\ &= 7.01 + 2(0.52) \\ &= 8.05 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{BKA} &= \text{Error! Reference source not found.} + k\sigma \\ &= 7.01 - 2(0.52) \\ &= 5.97 \end{aligned}$$

Untuk dapat mempermudah dalam melihat apakah data sudah seragam atau dapat dilihat pada peta kontrol pada Gambar 2 berikut.



Gambar 2. Peta kontrol elemen kerja Nomor 15

Berdasarkan Gambar tersebut menyatakan bahwa keseragaman data sudah memenuhi syarat, karena semua nilai data berada diantara BKA dan BKB. Pengujian kecukupan data berdasarkan tingkat ketelitian 5% dan tingkat keyakinan 95%. Banyaknya pengukuran yang diperlukan adalah N'

$$N' = \left[\frac{\frac{k}{s} \sqrt{N \sum x^2 - (\sum x)^2}}{\sum x} \right]^2 \quad N' = \left[\frac{2}{0.05} \sqrt{30(1482.93) - (210.36)^2} \right]^2 \quad N' = 8.56$$

Karena $N' < N$, maka kecukupan data memenuhi syarat. Pada perhitungan waktu standar (Waktu Baku) setiap elemen kerja sebagai contoh, perhitungan diambil dari data pada elemen kerja nomor 15 yang dikerjakan oleh operator 4.

1. Waktu Normal
 $W_n = \bar{X} \times (1 + \text{Performance rating})$
 $W_n = 7.01 \times 1.03$
Error! Reference source not found.
2. Waktu Standar
 $W_s = W_n \times (1 + \text{Allowance})$
 $W_s = 7.22 \times 1.18$
Error! Reference source not found.

Penentuan waktu siklus lintasan dimana metode untuk menghitung waktu siklus ialah dengan mengambil faktorial prima dari waktu total elemen kerja perusahaan dan mengkombinasikan bilangan tersebut hingga memenuhi syarat, yaitu:

$$\text{Waktu elemen kerja terbesar} \leq \text{Waktu Siklus} \leq \text{Waktu Total}$$

$$165.17 \leq CT \leq 287.29$$

Jadi waktu siklus *work center* yang dipilih yaitu 165.17 menit yang merupakan elemen kerja dengan waktu proses terbesar agar tidak menambah pekerjaan operator pada elemen kerja ini. Waktu standar ini akan digunakan untuk perhitungan selanjutnya. Waktu baku yang maksimum terdapat pada elemen kerja 36 yaitu 165.17 menit.

4.3 Menghitung Keseimbangan Lintasan Aktual

Lini pabrikasi pada sistem terpasang saat ini terdapat 8 stasiun kerja dimana pada masing-masing stasiun kerja terdapat 1 operator yang bekerja. Jumlah elemen kerja dari awal hingga selesai adalah 41 elemen kerja. Berdasarkan hasil pengukuran waktu standar yang telah dilakukan, maka total waktu yang dibutuhkan untuk 41 elemen kerja adalah 287.29 menit. Berikut Tabel 4.6 adalah alokasi elemen kerja untuk masing-masing stasiun kerja pada sistem terpasang saat ini.

Untuk mengetahui tingkat performansi pada sistem terpasang ini, maka dilakukan perhitungan kriteria performansi yang terdiri dari efisiensi lintasan, *balance delay*, dan *smoothing index*.
Efisiensi lintasan:

$$Eff = \frac{\sum STi}{CT \times n} \times 100\% = \frac{7.89 + 9.93 + \dots + 10.65}{165.17 \times 8} \times 100\% = 21.74\%$$

Balance Delay:

$$BD = \frac{(CT \times n) - \sum ti}{CT \times n} \times 100\% = \frac{1486.53 - 287.29}{1486.53} \times 100\% = 78.26\%$$

Smoothing Index:

$$SI = \sqrt{\sum (STi_{max} - STi)^2}$$

$$= \sqrt{(189.09 - 7.89)^2 + (189.09 - 9.93)^2 + \dots + (189.09 - 17.79)^2}$$

Error! Reference source not found. menit

4.4 Penyeimbangan Lintasan *Large Candidate Rule* (LCR)

Untuk menempatkan elemen kerja pada stasiun kerja 1 dimulai dari elemen dengan waktu terbesar (elemen teratas pada daftar). Kemudian masukkan elemen kerja yang berada pada urutan di bawahnya. Elemen kerja yang dimasukkan tidak boleh melanggar *precedence constraint* dan jumlah waktu elemen-elemen tersebut tidak boleh melebihi *cycle time* (CT).

Hasil *sorting* tersebut kemudian dilakukan pengelompokan elemen ke dalam stasiun kerja, dan memperoleh pengelompokan dengan tingkat efisiensi lintasan, waktu menganggur, dan *smoothing index* yang baik, pengelompokan yang dilakukan dapat dilihat pada Tabel 7 berikut.

Efisiensi lintasan:

$$Eff = \frac{\sum STi}{CT \times n} \times 100\% = \frac{98.75 + 165.17 + 23.37}{165.17 \times 3} \times 100\% = 58\%$$

Balance Delay:

$$BD = \frac{(CT \times n) - \sum ti}{CT \times n} \times 100\% = \frac{495.51 - 287.29}{495.51} \times 100\% = 42\%$$

Smoothing Index:

$$SI = \sqrt{\sum (STi_{max} - STi)^2}$$

$$= \sqrt{(165.17 - 98.75)^2 + (165.17 - 165.17)^2 + (165.17 - 23.37)^2}$$

Error! Reference source not found. menit

Tabel 6. Alokasi Elemen Kerja pada Lintasan Aktual

Stasiun Kerja	Elemen Kerja	Waktu (Menit)	Waktu Total (Menit)
1 <i>Primery Inspection</i>	1	1.52	7.89
	2	0.93	
	3	0.76	
	4	0.67	
	5	2.70	
	6	0.81	
	7	0.50	
II <i>Buffing</i>	8	0.24	9.93
	9	0.50	
	10	0.18	
	11	8.37	

	12	0.19	
	13	0.45	
III <i>Kniving</i>	14	0.35	17.79
	15	8.52	
	16	8.64	
	17	0.28	
IV <i>Repair</i>	18	0.22	24.76
	19	5.92	
	20	18.10	
	21	0.28	
V <i>Building</i>	22	0.24	23.44
	23	2.58	
	24	2.15	
	25	7.18	
	26	2.16	
	27	5.25	
	28	0.26	
	29	3.52	
VI <i>Envelope/ Rim</i>	30	0.34	3.74
	31	2.47	
	32	1.05	
VII <i>Curing</i>	33	0.22	189.09
	34	8.78	
	35	2.42	
	36	165.17	
	37	10.74	
VIII <i>Final Inspection</i>	38	1.98	10.65
	39	2.55	
	40	7.12	
	41	0.98	

Tabel 7. Hasil Alokasi Elemen Kerja dengan Metode LCR

Stasiun Kerja	Elemen Kerja	Waktu (Menit)	Waktu Total (Menit)
I	1	1.52	98.75
	23	2.58	
	2	0.93	
	6	0.81	
	24	2.15	
	3	0.76	
	25	7.18	
	4	0.67	
	5	2.7	
	7	0.5	
	8	0.24	
	12	0.19	
	9	0.5	
	10	0.18	
	11	8.37	
	13	0.45	
	14	0.35	

	15	8.52	
	16	8.64	
	17	0.28	
	18	0.22	
	19	5.92	
	21	0.28	
	20	18.1	
	22	0.24	
	26	2.16	
	27	5.25	
	28	0.26	
	29	3.52	
	30	0.34	
	31	2.47	
	32	1.05	
	33	0.22	
	34	8.78	
	35	2.42	
III	36	165.17	165.17
IV	37	10.74	23.37
	38	1.98	
	39	2.55	
	40	7.12	
	41	0.98	

4.5 Analisis Perbandingan Kondisi Aktual dan Hasil Rancangan

Perbandingan kondisi aktual dengan hasil rancangan dapat dilakukan dengan membandingkan kriteria performansi seperti yang terlihat pada Tabel 8 berikut.

Tabel 8. Perbandingan Kriteria Performansi Kondisi Aktual dan Hasil Rancangan

Kriteria Performansi	Kondisi Aktual	Hasil Rancangan
Efisiensi Lintasan	21.74%	58%
<i>Balance Delay</i>	78.26%	42%
<i>Smoothing Index</i>	463.58 menit	156.58 menit
Jumlah Stasiun Kerja	8	3

Berdasarkan perbandingan pada Tabel 8 dapat dilihat bahwa keseimbangan lintasan hasil rancangan lebih baik daripada keseimbangan lintasan kondisi aktual.

5 KESIMPULAN

Adapun kesimpulan dari penelitian yang sudah dilakukan adalah dari seluruh kegiatan yang dilakukan dalam penelitian ini dapat diambil kesimpulan bahwa Setelah dilakukan proses keseimbangan lintasan dengan menggunakan metode *Large Candidate Rule* memiliki rancangan keseimbangan lintasan dengan tingkat efisiensi lintasan sebesar 58%, *balance delay* sebesar 42%, *smoothing index* 156.58 menit dan stasiun kerja berjumlah 3. Hasil tersebut tentunya lebih baik dibandingkan dengan kondisi sebelumnya, dimana tingkat efisiensi lintasan sebesar 21.74%, *balance delay* 78.26% dan *smoothing index* 463.58 menit.

UCAPAN TERIMA KASIH

Karya ini didukung oleh rekan-rekan alumni, dosen Khairul Anshar serta Silvira Maulinda dan Reakha Zulvaticia sebagai mahasiswa.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] Barnes, Ralph M. 1980. *Motion and Time Study: Design and Measurement of Work*, 7th Edition. Newyork: Wiley.
- [2] Purnomo, Hari. 2004. *Pengantar Teknik Industri*. Yogyakarta: Graha Ilmu.
- [3] Satalaksana, I. Z, John H.Tjakraatmadja, dan Ruhana Anggawisastra. 1979. *Teknik Tata Cara Kerja*. Bandung: Departemen Teknik Industri – ITB.
- [4] Wignjosoebroto, S. 2008. *Ergonomi Studi Gerak dan Waktu*, Edisi Keempat. Jakarta: Penerbit Guna Widya.
- [5] Benyamin W. Niebel and Andris Freivalds. 2003. *Methods, Standards, and Work Design*, 11th, McGrawHill.
- [6] Baroto, Teguh. 2012. *Perencanaan dan Pengendalian Produksi*. Jakarta: Ghalia Indonesia.
- [7] Gaspersz, Vincent Dr, D.Sc., CFPIM, CIQA, 1998. *Production Planning And Inventory Control: Berdasarkan Pendekatan Sistem Teritegrasi MRP II dan JIT Menuju Manufacturing 21*, Jakarta: Penerbit Gramedia Pustaka Utama.