

## **Keberkesanan Keseimbangan Garisan Terhadap Peningkatan Produktiviti dalam Industri Pembuatan**

**Nur Asilah Md Yasin<sup>1</sup>, Ahmad Nur Aizat Ahmad<sup>1,\*</sup> & Md Fauzi Ahmad<sup>1</sup>**

<sup>1</sup>Jabatan Pengeluaran dan Pengurusan Operasi, Fakulti Pengurusan Teknologi dan Perniagaan, Universiti Tun Hussein Onn Malaysia, Batu Pahat, Johor, 86400, MALAYSIA

\*Corresponding Author

DOI: <https://doi.org/10.30880/rmtb.2022.03.02.023>

Received 30 September 2022; Accepted 01 November 2022; Available online 01 December 2022

**Abstract:** The problem of line balance is a problem that often occurs in product production systems. This problem which is the cause of the production rate of a product can decline and increase the cost of production to meet demand. The main purpose of this study is to examine the effectiveness of line balance on increasing productivity in the manufacturing industry. The objective of this study is to identify the line balancing method used in the manufacturing industry. In addition, suggest improvements to increase the company's productivity rate and also suggest a new line balance model. This study was conducted at Syarikat Mohamad Armiya Food Industry Sdn. Bhd. which is a meatball processing company located in Johor Bahru, Johor. The research method used is a qualitative research method to identify the use of line balance in this company. If the company uses line balancing, efficiency will be evaluated to suggest improvements in the company's operations and then suggest a more balanced line balancing model. Interview and observation methods were used to obtain research data at the Production Company. Line balance is determined by cycle time lead time, efficiency and takt-time. Therefore, models that have little lead time and high efficiency values are characteristics of a good balance model.

**Keywords:** Line balancing, Increase productivity

**Abstrak:** Masalah keseimbangan garisan merupakan permasalahan yang sering berlaku dalam sistem pengeluaran produk. Permasalahan ini yang menjadi punca kadar pengeluaran sesuatu produk itu boleh merosot dan peningkatan kos pengeluaran meningkat demi memenuhi permintaan. Tujuan utama kajian ini dijalankan adalah untuk mengkaji keberkesanan keseimbangan garisan terhadap peningkatan produktiviti dalam industri pembuatan. Objektif kajian ini adalah untuk menganalpasti kaedah keseimbangan garisan yang digunapakai dalam industri pembuatan. Selain itu, mencadangkan penambahbaikan bagi meningkatkan kadar

produktiviti syarikat dan juga mencadangkan model keseimbangan garisan yang baharu. Kajian ini dilakukan di Syarikat Mohamad Armiya Food Industry Sdn Bhd yang merupakan sebuah syarikat pemprosesan bebola daging yang bertempat di Johor Bahru, Johor. Kaedah penyelidikan yang digunakan adalah kaedah penyelidikan kualitatif untuk mengenalpasti penggunaan keseimbangan garisan dalam syarikat ini. Jika syarikat ini menggunakan keseimbangan garisan, kecekapan akan dinilai untuk mencadangkan penambahbaikan dalam operasi syarikat seterusnya mencadangkan sebuah model keseimbangan garisan yang lebih seimbang. Kaedah temubual dan pemerhatian digunakan untuk mendapatkan data kajian di Syarikat Pengeluaran. Keseimbangan garisan ditentukan dengan lead time kitaran masa, kecekapan dan takt-time. Oleh itu, model yang mempunyai lead time yang sedikit dan nilai kecekapan yang tinggi adalah ciri-ciri model keseimbangan yang baik.

**Kata Kunci:** Kesimbangan garisan, Peningkatan produktiviti

## 1. Pengenalan

Kemajuan sesebuah negara amat bergantung kepada beberapa aspek penting seperti pertumbuhan dan pembangunan ekonominya. Aktiviti ekonomi Malaysia kini terdiri daripada berbagai-bagai sektor iaitu sektor pertama, sektor kedua dan sektor ketiga. Indurtri pembuatan dan perkilangan adalah tergolong dalam sektor kedua. Industri pembuatan dan perkilangan Malaysia mula berkembang pesat sejak awal 1980an apabila negara menyaksikan peralihan ekonomi daripada yang berasaskan pertanian kepada yang berasaskan industri. Hari ini, industri yang paling pantas berkembang dan merupakan sektor terpenting dalam pertumbuhan ekonomi negara adalah industri pembuatan dan perkilangan

Keseimbangan garisan boleh didefinisikan sebagai proses memberikan tugas ke stesen kerja dengan cara stesen kerja tersebut mempunyai keperluan masa yang hampir sama. Tugas-tugas yang diberikan hendaklah memenuhi ketetapan masa yang sama. Dalam erti kata lain, beban kerja di setiap stesen-stesen kerja hendaklah sama dan masa yang diambil semasa proses pemasangan juga hendaklah sama. Menurut Benzer *et al.* (2007), asas kepada masalah keseimbangan garisan pemasangan adalah bagaimana untuk menetapkan satu set tugas ke set stesen kerja yang ditetapkan, sehingga hubungan keutamaan dan beberapa langkah pencapaian (meminimumkan bilangan stesen kerja, masa kitaran dan masa yang tersisa) diperoleh.

Kajian ini dijalankan bagi membolehkan setiap pernyataan masalah yang dihadapi dapat diselesaikan dengan menggunakan jalan penyelesaian yang optimum dan mampu memberi kesan positif terhadap produktiviti syarikat. Antara pernyataan masalah yang timbul bagi membolehkan kajian ini dijalankan ialah masa bekerja bagi setiap tanaga kerja yang tidak mempunyai keseimbangan diantara mereka di Syarikat Mohamad Armiya Food Industry Sdn Bhd.

Selain itu, Syarikat Mohamad Armiya Food Industry Sdn Bhd menghadapi masalah dalam menentukan bilangan tenaga kerja yang sesuai di setiap stesen kerja. Ini menyebabkan terdapat pekerja yang mempunyai beban kerja yang berlebihan dan masa yang tidak mencukupi untuk menyiapkan kerja di stsen tersebut.

Sehubungan dengan itu, Syarikat Mohamad Armiya Food Industry Sdn Bhd perlu menggunakan teknik keseimbangan garisan terhadap bilangan tenaga kerja kerana penggunaan teknik keseimbangan garisan mampu mengoptimumkan daya pemprosesan setiap tugas kerja dan pada masa yang sama dapat mengurangkan masa untuk setiap tenaga kerja dan kos yang diperlukan. Penggunaan teknik keseimbangan garisan akan membantu syarikat untuk mencari bilangan yang optimum bagi jumlah pekerja dalam sesuatu stesen kerja dengan kitaran masa dimana penyusunan semula pekerja akan dibuat untuk mencari kitaran masa dan bilangan pekerja yang paling optimum. Kitaran masa juga tidak boleh melebihi jumlah takt-time. Kajian ini telah dijalankan untuk memenuhi objektif iaitu; (i). Mengenalpasti

kaedah keseimbangan garisan yang digunapakai di Syarikat Mohamad Armiya Food Industry Sdn Bhd terhadap bilangan tenaga kerja, (ii) Mencadangkan penambahbaikan keseimbangan garisan bagi meningkatkan kadar produktiviti syarikat berdasarkan kajian keseimbangan garisan dan (iii) Mencadangkan sebuah model keseimbangan garisan yang lebih praktikal dan cekap.

## 2. Kajian Literatur

Kajian ini dijalankan di sebuah syarikat pembuatan makanan iaitu Syarikat Mohamad Armiya Food Industri Sdn Bhd yang beralamat No. 21, Jalan Canggih 3, Taman Perindustrian Cemerlang, 81800 Johor Bahru, Johor. Syarikat ini sudah beroperasi selama 29 tahun dan sehingga kini mempunyai 4 buah kilang. Syarikat Mohamad Armiya Food Industry Sdn Bhd yang dimiliki oleh Mohd Dali bin Ismail ini menghasilkan bebola daging. Kajian ini tertumpu kepada bahagian operasi pembuatan bebola daging.

### 2.1 Industri Pembuatan dan Perkilangan

Walaupun asas perkilangan dapat dikesan pada tahun 5000-4000 SM, perkataan pembuatan masih belum muncul sehingga tahun 1567, sehingga munculnya perkataan tersebut pada tahun 1683 iaitu lebih daripada 100 tahun kemudiannya. Perkataan pembuatan berasal daripada perkataan Latin manus (bermaksud 'tangan') dan facere (bermaksud 'untuk membuat'). Dalam Late Latin, kedua-dua perkataan ini digabungkan daripada perkataan 'manufactus' yang bermaksud 'dibuat dengan tangan' atau 'buatan tangan'. Sesungguhnya, perkataan kilang diperoleh daripada perkataan 'manufactory' yang sudah using (Groover, 2007).

Semasa pemprosesan, bahan mentah menjalani perubahan untuk membenarkan ia menjadi sebahagian daripada produk atau menjadi produk siap. Apabila diproses, ia seharusnya mempunyai nilai di pasaran. Oleh itu, pembuatan adalah 'menambah nilai' kepada bahan tersebut. Nilai tambah kepada bahan melalui pemprosesan mestilah lebih besar daripada kos pemprosesan untuk membolehkan syarikat mendapatkan keuntungan. Oleh itu, nilai tambah didefinisikan sebagai peningkatan nilai dalam pasaran hasil daripada perubahan bentuk, lokasi atau ketersediaan sesuatu produk tidak termasuk kos bahan dan kos perkhidmatan.

### 2.2 Konsep Keseimbangan Garisan

Keseimbangan garisan membincangkan bagaimana untuk mengumpulkan aktiviti pembuatan, dimana aktiviti ini dilakukan dalam tugas pembuatan dan dihantar kepada stesen kerja menjadikan jumlah masa bagi setiap stesen kerja adalah seimbang, (Hisham, 2013). Keseimbangan garisan adalah reka bentuk aliran pengeluaran yang lancar dengan memperluaskan proses kepada tenaga kerja untuk membolehkan setiap tenaga kerja melengkapkan beban kerja yang diperuntukkan dalam masa yang ditetapkan (Parvez, Amin, & Akter, 2017).

Keseimbangan garisan bermaksud keseimbangan dalam operasi, atau sebarang garis pengeluaran. Objektif utama keseimbangan garisan adalah untuk membahagikan tugas dengan sama rata diantara setiap stesen kerja supaya masa sengang dalam proses dapat diminimumkan (Kumar & Mahto, 2013). Menurut Varsha & Sane (2014), buangan atau lebihan dan penghapusan dan de-bottlenecking dalam usaha untuk menyeimbangkan dan mengoptimalkan sumber utiliti bagi meningkatkan kadar pengeluaran.

Pengurangan kitaran masa (cycle time) merupakan salah satu elemen bagi kejayaan industri pada masa kini, keseimbangan garisan merupakan satu proses dimana beban kerja atau tugas dibahagikan dalam garis pengeluaran di sepanjang stesen kerja supaya tiada sumber atau masa yang terbuang (Mathew & Samuelraj, 2013).



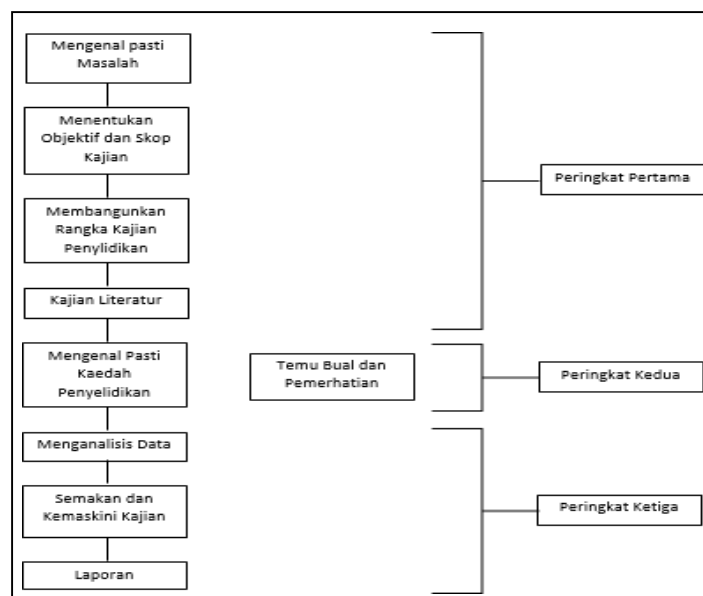
Rajah 1: Contoh keseimbangan garisan

### 3. Metodologi Kajian

Kajian ini menggunakan kaedah penyelidikan kualitatif. Penyelidikan kualitatif mempunyai bentuk data yang tersendiri yang berbeza dengan penyelidikan kuantitatif. Data kualitatif ialah dalam bentuk temu bual, pemerhatian dan analisis dokumen. Data kualitatif terhasil daripada tiga jenis data iaitu hasil pemerhatian yang mempunyai huraian terperinci tentang situasi, kajian, interaksi dan tingkah laku yang dipermatikan. Kedua, hasil perbincangan yang direkod secara langsung dari pernyataan orang tentang pengalaman dan pemikiran mereka dalam kesempatan temu bual mendalam. Terakhir, bahan menulis yang mengandungi petikan atau keseluruhan dokumen, surat-menyurat, rakaman dan kes sejarah (Jasmi, 2018).

#### 3.1 Carta Alir Kajian

Carta aliran merupakan rajah yang mewakili pelaksanaan tugas atau metodologi penyelidikan yang diterjemahkan dalam ilustrasi kotak dan bentuk. Kotak dan bentuk yang terdapat dalam carta aliran mempunyai maksud dan kegunaannya tersendiri. Selain itu, carta aliran juga digunakan untuk membimbing pelaksanaan tugas megikut turutan.



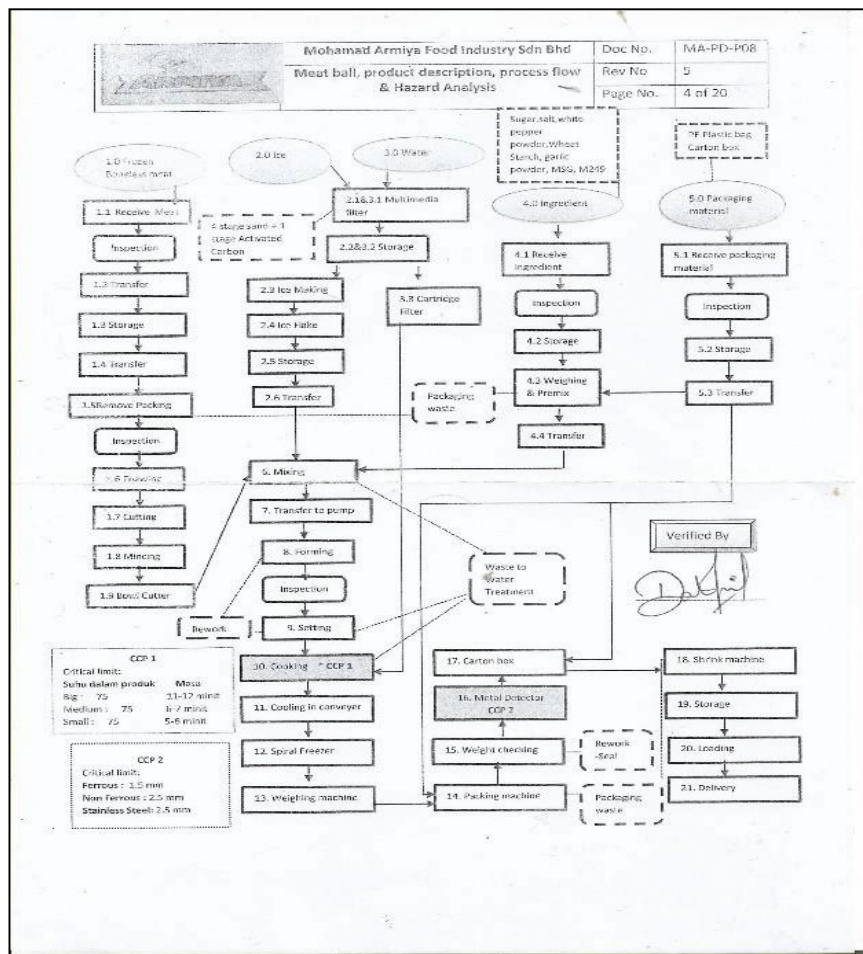
Rajah 2: Carta alir kajian

### 3.2 Peringkat Pertama

Berdasarkan carta aliran dalam Rajah 2, pada peringkat pertama pengkaji perlulah mencari masalah, menentukan objektif, skop kajian dan membangunkan rangka penyelidikan.

### 3.3 Peringkat Kedua

Peringkat ini menerangkan isi-isi penting yang akan ada dalam kajian ini. Bahagian ini akan menentukan jenis maklumat yang diperlukan dan kaedah bagi memperoleh maklumat tersebut. Bahagian ini juga menerangkan beberapa prosedur yang akan dilakukan untuk merancang dan melaksanakan proses pengumpulan data. Peringkat ini merupakan peringkat yang paling kritikal berbanding semua peringkat. Bagi kajian ini, pengkaji hanya mengkaji proses pembuatan dibahagian hadapan proses sahaja iaitu bermula daripada menerima daging sehingga ke proses pemotongan berbentuk bebola.



**Rajah 3: Carta alir proses pembuatan bebola daging**

### 3.4 Peringkat Ketiga









Peringkat ini merupakan penyusunan dan penyelidikan. Data yang diperolehi selepas pengumpulan data disusun dan diselidik menggunakan kaedah yang bersesuaian dengan objektif dan skop kajian (Maulidi, 2016). Data ini dianalisis menggunakan 3 komponen pengurangan data, paparan data dan pengumpulan data seperti yang dicadangkan oleh Miles dan Huberman (1994). Pengumpulan data dan pengurangan data telah dibincangkan dalam subtopik yang lepas, jadi hanya komponen yang digunakan dalam subtopik ini iaitu paparan data serta mengaitkan ketiga-tiga komponen ini.

#### 4. Keputusan dan Perbincangan

Hasil kajian ditunjukkan melalui masalah yang dihadapi oleh pengeluaran produk dalam syarikat untuk mengurangkan kitaran masa operasi dalam sehari masa bekerja menggunakan aktiviti nilai tambah (VA) dan bukan nilai tambah (NVA). Aktiviti nilai tambah adalah unsur kerja yang mempercepatkan proses penyiapan produk manakala aktiviti bukan nilai tambah adalah unsur kerja yang tidak melambatkan proses pembuatan produk dimana proses ini. Kajian ini menekankan tentang penyeimbangan kerja dalam baris pengeluaran, penyeimbangan ini dikenalpasti dengan jumlah proses kerja yang terkumpul (WIP), bottleneck, masa senggang antara stesen kerja dengan kadar pengeluaran yang rendah. Sehubungan dengan itu, kajian ini menggunakan masa lead, kecekapan baris pengeluaran, masa senggang antara stesen kerja dan kelewatan dalam baris pengeluaran sebagai pengukur keseimbangan baris pengeluaran bagi syarikat.

##### 4.1 Pengumpulan Data Untuk Setiap Proses

Pengumpulan data untuk setiap proses dalam kajian ini adalah seperti yang ditunjukkan dalam Rajah 4.

Tenaga Kerja	Proses	Stesen Kerja	Operasi/Operasi	Masa (saat)			Masa Purata (saat)	Catatan
				1	2	3		
	A	1	Menerima Daging	603	578	621	600.67	
	B	2	Pemeriksaan	249	285	263	265.67	
	C	3	Pemindahan	895	843	1029	869.00	1029 adalah data yang tidak normal. Oleh itu, tidak dapat dikira sebagai data yang sah.
	D	4	Kawasan Penyimpanan	2253	2253	2253	2253.00	Mengikut proses SOP.
	E	5	Pemindahan	1033	1029	1038	1033.33	
	F	6	Keluarkan Pembungkusan	902	1129	887	894.50	1129 adalah data yang tidak normal. Oleh itu, tidak dapat dikira sebagai data yang sah.
	G	7	Pemeriksaan	358	382	419	386.33	
	H	8	Pencairan/ Melembutkan	1200	1200	1200	1200.00	Mengikut proses SOP.
	I	9	Memotong	1800	1620	1750	1723.33	
	J	10	Menghancurkan	1367	1283	1251	1300.33	
	K	11	Potongan Bebola	925	889	931	915.00	
8 Orang	Masa untuk 1 pemasangan untuk 1 kumpulan			11586.33	11491.33	11642.33		
	<i>Lead Time</i>						11441.16	

Rajah 4: Pengumpulan data bagi setiap proses

##### 4.2 Penilaian Penggunaan Keseimbangan Garisan

Responden memaklumkan kepada pengkaji bahawa dalam masa sehari mereka menghasilkan sehingga 2550 kg bebola daging yang bersaiz sederhana. Masa bekerja untuk Syarikat Mohamad Armiya Food Industry Sdn Bhd adalah 9 jam dalam sehari dan mempunyai sebanyak 1 jam masa rehat.

6 hari masa bekerja dalam seminggu. Berikut merupakan pengiraan masa operasi Syarikat Mohamad Armiya Food Industry Sdn Bhd. Jumlah masa operasi ialah:

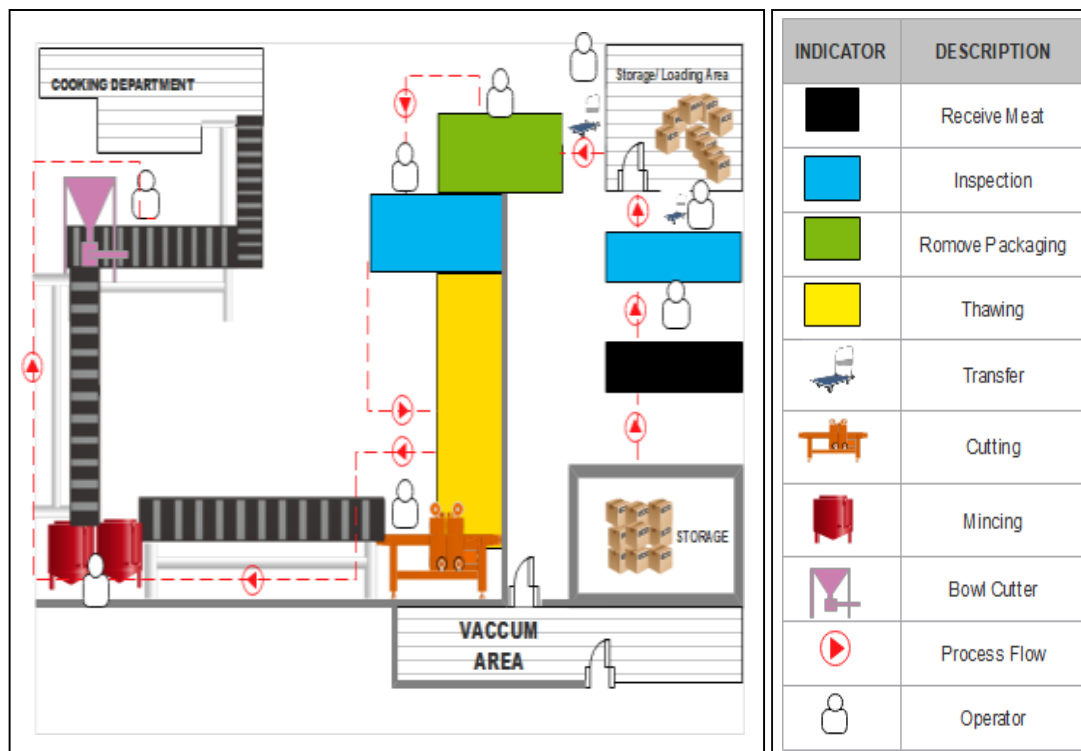
$$\begin{aligned} \text{Masa operasi syarikat} &= 1 \text{ hari} \times 8 \text{ jam} \times 60 \text{ min} \times 60 \text{ saat} \\ &= 28,800 \text{ saat/hari} \end{aligned}$$

(a) *Bilangan Tenaga Kerja Ditetapkan*

Tenaga kerja ditentukan untuk memastikan setiap tenaga kerja mempunyai masa bekerja yang seimbang. Namun, untuk masa bekerja bagi setiap tenaga kerja yang semasa dibuat berdasarkan pengumpulan data dalam temubual dan pemerhatian pengkaji. Jadual penyusunan tenaga kerja bagi syarikat ini adalah seperti dalam Jadual 1 dan Rajah 5.

**Jadual 1: Jadual penyusunan tenaga kerja**

Proses	Stesen kerja	Operasi	Purata masa (s)	Bil. tenaga kerja
A	1	Menerima daging	600.67	1
B	2	Pemeriksaan	265.67	
C	3	Pemindahan	869.00	1
D	4	Kawasan penyimpanan	2253.00	-
E	5	Pemindahan	1033.33	1
F	6	Keluarkan pembungkusan	894.50	1
G	7	Pemeriksaan	356.33	1
H	8	Pencairan / melembutkan	1200.00	-
I	9	Memotong	1723.33	1
J	10	Menghancurkan	1300.33	1
K	11	Potong bebola	915.00	1
Jumlah			11441.16 (lead time)	8 operator

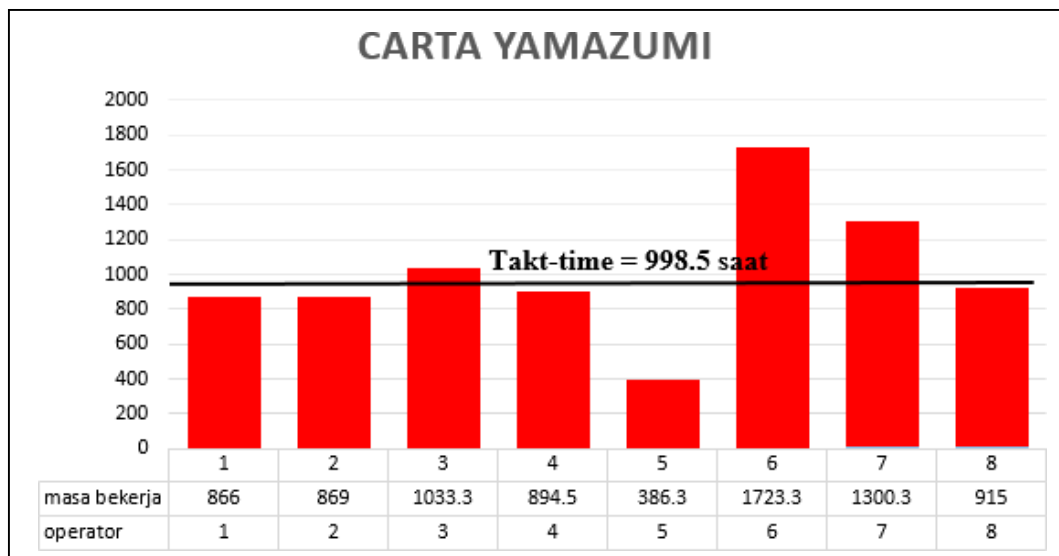


**Rajah 5: Susunan tenaga kerja**

(b) Carta Yamazumi

Carta Yamazumi menunjukkan kesemua masa yang diambil oleh setiap tenaga kerja (operator) didalam perusahaan ini mempunyai masa bekerja yang tidak seimbang. Takt-time bagi tenaga kerja adalah jumlah masa yang diperlukan untuk tenaga kerja untuk menyelesaikan satu kitaran turutan kerja. Berikut merupakan pengiraan untuk takt-time bagi tenaga kerja.

$$\begin{aligned} \text{Takt-time} &= \text{Lead time} / \text{Bilangan tenaga kerja} \\ &= 7988.5 / 8 \\ &= 998.5 \text{ saat} \end{aligned}$$



Rajah 6: Carta Yamazumi semasa

4.3 Model Cadangan Penambahbaikan

Pada bahagian ini, penambahbaikan yang ditemui oleh pengkaji berdasarkan kaedah temu bual dan pemerhatian digunakan untuk membuat sebuah model keseimbangan garisan yang baru. Model ini mengambil kira pendapat responden dan hasil pemerhatian yang dijalankan oleh pengkaji di syarikat pengeluaran.

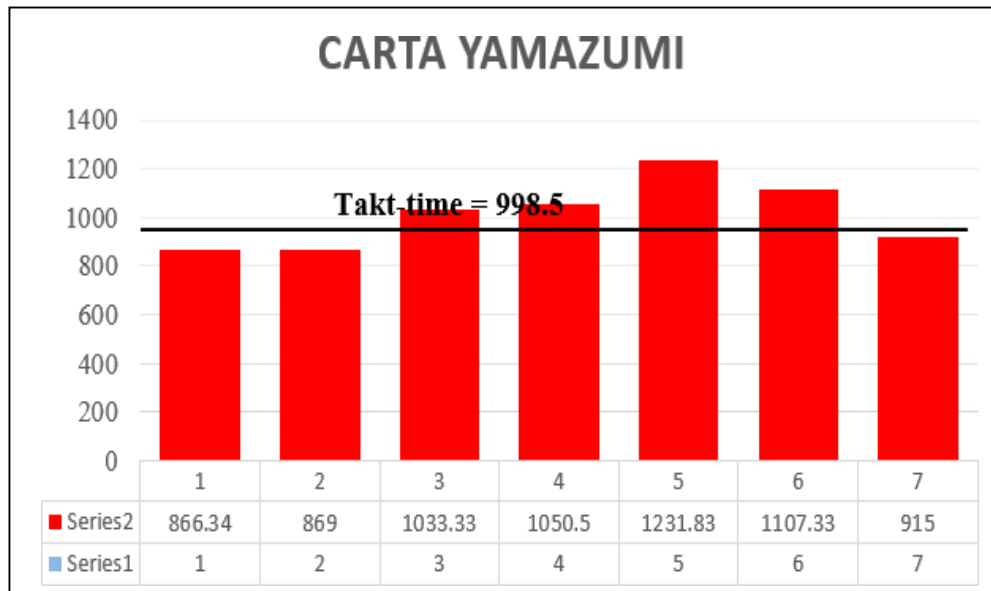
Bagi proses G iaitu proses pemeriksaan ke atas daging setelah dikeluarkan daripada kotak pembungkusan. Proses ini boleh dilakukan oleh operator 4 seorang. Ini kerana proses pemeriksaan ini bertujuan untuk memastikan keadaan daging setelah dikeluarkan daripada kotak pembungkusan. Oleh itu, ia tidak memerlukan pekerja lain untuk membuat pemeriksaan ini. Sebaliknya, pekerja yang sama yang melakukan dengan cara selepas mengeluarkan daging pekerja tersebut terus memeriksa keadaan daging tersebut. Ini dapat menjimatkan banyak masa serta mengurangkan perkhidmatan tenaga kerja yang lain.

Seterusnya, proses I iaitu proses memotong daging yang telah lembut. Proses ini mengambil masa yang lama iaitu 1723.33 saat melebihi takt-time yang sepatutnya iaitu 998.50 saat. Hal ini demikian kerana, keadaan daging yang disusun semasa proses melembutkan agak menyukarkan operator 6 untuk mengambil dan diletakkan di mesin pemotong daging. Sebagai penambahbaikan, operator 6 boleh menyusunkan dahulu daging yang telah lembut untuk diletakkan berdekatan supaya jarak dapat didekatkan dan dapat mengurangkan masa. Selain daripada itu, pengkaji mencadangkan agar penjadualan penukaran mata alat pemotong dilakukan di setiap 1 batch daging iaitu setiap 2.55 tan



daging dipotong. Setelah penambahbaikan dilakukan masa untuk memotong daging berkurang kepada 1231.8 saat. Sebanyak 491.53 saat masa perubahan selepas keseimbangan garisan dilakukan.

Selepas penambahbaikan keseimbangan garisan dilakukan, masa bagi proses menghancurkan daging (Proses J) berkurang daripada 1300.33 saat kepada 1107.33 saat seperti dalam Rajah 7. Antara penambahbaikan bagi proses menghancurkan daging ialah membuat penjadualan penukaran mata alat untuk menghancurkan daging. Penjadualan penukaran mata alat di setiap 100 kg.

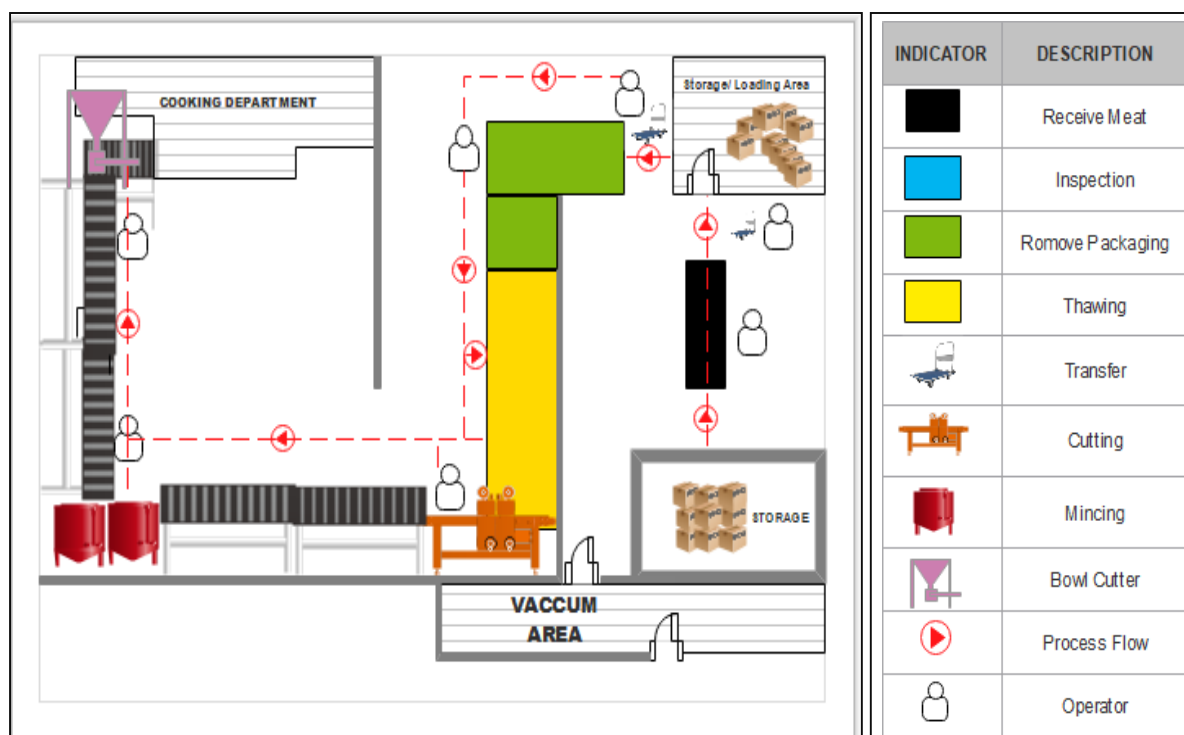


**Rajah 7: Carta Yamazumi baharu**

Manakala, Jadual 2 menunjukkan penyusunan kerja selepas proses penambahbaikan dilakukan. Selepas penambahbaikan keseimbangan garisan dilakukan, susunan tenaga kerja mengalami perubahan iaitu berkuang daripada 8 orang kepada 7 orang. Berikut merupakan susun atur tenaga kerja yang baharu bagi proses pembuatan bebola daging di syarikat pembuatan (Rajah 8).

**Jadual 2: Jadual penyusunan tenaga kerja baharu**

Proses	Stesen kerja	Operasi	Purata masa (s)	Bil. tenaga kerja
A	1	Menerima daging	600.67	1
	2	Pemeriksaan	265.67	
B	3	Pemindahan	869.00	1
C	4	Kawasan penyimpanan	2253.00	-
D	5	Pemindahan	1033.33	1
	6	Keluarkan pembungkusan	1050.50	
E	7	Pemeriksaan	1200.00	-
	8	Pencairan / melembutkan		
G	9	Memotong	1231.83	1
H	10	Menghancurkan	1107.33	1
I	11	Potong bebola	915.00	1
Jumlah			10526.33 (lead time)	7 operator



**Rajah 8: Susunan tenaga kerja yang baharu**

Berdasarkan Rajah 8 menunjukkan susun atur tenaga kerja yang baharu berdasarkan pengiraan teori keseimbangan garisan yang telah dilakukan. Tenaga kerja berkurang daripada 8 orang kepada 7 orang. Perubahan berlaku di proses pengasingan kotak pembungkusan daging dah pemeriksaan yang sudah digabungkan menjadi 1 stesen kerja dan memperuntukkan hanya seorang tenaga kerja sahaja. Rajah 8 turut menunjukkan berlaku perubahan pada bilangan stesen kerja setelah penambahbaikan keseimbangan garisan dilakukan di proses pembuatan bebola daging di syarikat pembuatan.

Jadual 3 menunjukkan keputusan perbezaan bagi keseimbangan garisan sebelum dan selepas penambahbaikan keseimbangan garisan dilakukan. Berdasarkan keputusan yang dijadualkan, model cadangan mempunyai keseimbangan garisan yang lebih baik daripada model keseimbangan garisan semasa. Hal ini demikian kerana, model cadangan mempunyai lead time sebanyak 11441.16 saat manakala model semasa adalah sebanyak 10526.33 saat. Seterusnya, nilai kecekapan yang diperolehi model cadangan adalah lebih tinggi iaitu 82% berbanding 58% pada model semasa.

**Jadual 8: Perbezaan sebelum dan selepas penambahbaikan**

	Model Keseimbangan Garisan Semasa	Model Keseimbangan Garisan Baharu	Peratusan Perubahan
Lead time	11441.16 saat	10526.33 saat	8%
Kecekapan	58%	82%	29%
Bilangan tenaga kerja	8 orang	7 orang	12.5%
Bilangan stesen kerja	11 stesen kerja	9 stesen kerja	18%

Selain itu, bilangan pekerja juga mengalami perubahan iaitu pengurangan operator daripada 8 orang operator di model semasa menjadi kepada 7 orang operator di model cadangan. Selain daripada bilangan tenaga kerja, bilangan stesen kerja juga berubah daripada 11 stesen kerja di model semasa kepada 9 stesen kerja di model cadangan.

## 5. Kesimpulan

Berdasarkan kajian yang menggunakan kitaran masa, kecekapan keseimbangan garisan, bilangan tenaga kerja, takt-time dan lead time sebagai kayu pengukur keseimbangan garisan dalam kedua-dua buah model baris pengeluaran. Berdasarkan Carta Yamazumi, terdapat beberapa proses yang dikenalpasti mempunyai masa yang agak tinggi menyebabkan berlaku ketidakseimbangan masa tenaga kerja di stesen kerja. Bagi mengatasi permasalahan ini terdapat beberapa cadangan penambahbaikan keseimbangan garisan yang boleh dilakukan di proses tersebut.

Cadangan penambahbaikan keseimbangan garisan yang diberikan dalam objektif 2, model keseimbangan garisan yang lebih cekap diperkenalkan seperti yang ditunjukkan pada rajah 4.7 carta Yamazumi dalam bahagian analisis dimana kitaran masa bagi setiap tenaga kerja adalah lebih kurang keseimbangannya berbanding dengan model keseimbangan Jadual 4.7 juga menunjukkan perbezaan keseimbangan kedua-dua model keseimbangan garisan bagi membuktikan bahawa model cadangan keseimbangan garisan adalah lebih seimbang daripada model semasa.

Berdasarkan analisis yang dilakukan, dapat disimpulkan bahawa ketiga-tiga objektif kajian berjaya dicapai. Kajian ini boleh dijadikan sebagai rujukan oleh pihak syarikat untuk lebih memahami berkaitan keseimbangan garisan dengan lebih mendalam. Hal ini dapat membantu pihak syarikat untuk memperbaiki serta menambahbaik sistem operasi mereka. Keseimbangan garisan juga Berjaya dibuktikan dapat membantu syarikat menjimatkan kos operasi dengan pengurangan pekerja dan masa operasi syarikat.

## Rujukan

- Adnan, A.N., Arbaai, N.A., & Ismail, A. (2016). Improvement of overall efficiency of production line by using line balancing. *ARN Journal of Engineering and Applied Sciences*, 11(2), 7752-7758.
- Azab, A., & AlGeddawy, T. (2012). Simulation methods for changeable manufacturing. *Procedia CIRP*, 3, 179-184.
- Battaia, O., & Dolgui, A. (2013). A taxonomy of line balancing problems and their solution approaches. *International Journal of Production Economics*, 142(2), 259-277.
- Benzer, R., Gökçen, H., Cetinyokus, T., & Cerçioğlu, H. (2007). A network model for parallel line balancing problem. *Mathematical Problems in Engineering*, 2007.
- Blum, C., & Miralles, C. (2011). On solving the assembly line worker assignment and balancing problem via beam search. *Computers & Operations Research*, 38(1), 328-339.
- Blum, C., Puchinger, J., Raidl, G.R., & Roli, A. (2011). Hybrid metaheuristics in combinatorial optimization: A survey. *Applied soft computing*, 11(6), 4135-4151.
- Bon, A.T., & Samsudin, S.N.A. (2018). Productivity improvement in assembly line by reduction cycle time using time study at automotive manufacturer. *Proceedings of the International Conference on Industrial Engineering and Operations Management Bandung, Indonesia*, p. 6-8.
- Bon, A.T., & Shahrin, N. N. (2016, March). Assembly line optimization using Arena simulation. *Proceedings of the 2016 International Conference on Industrial Engineering and Operations Management, Kuala Lumpur, Malaysia*, p. 2225-2232.
- Chueprasert, M., & Ongkunaruk, P. (2015). Productivity improvement based line balancing: a case study of pasteurized milk manufacturer. *International Food Research Journal*, 22(6), 2313.
- Delice, Y., Kızılkaya Aydoğan, E., Özcan, U., & İlkay, M. S. (2017). A modified particle swarm optimization algorithm to mixed-model two-sided assembly line balancing. *Journal of Intelligent Manufacturing*, 28(1), 23-36.
- Engineering, T. (2008). Line balancing in the apparel industry using simulation techniques, 16(2), 75-78.
- Fansuri, A.F.H., Rose, A.N.M., Ab Rashid, M.F.F., Nik, N.M., & Ahmad, H. (2018, August). Productivity improvement through line balancing at electronic company—Case study. *IOP Conference Series: Materials Science and Engineering*, 409(1), p. 012015. IOP Publishing.
- Fin, J. C., Vidor, G., Ceconello, I., & de Campos Machado, V. (2017). Improvement based on standardized work: an implementation case study. *Brazilian Journal of Operations & Production Management*, 14(3), 388-395.

- Hafizuddin, M.M., Ahmad Nazif, N.K., Needza, Y.M., & Nadiah, D.A. (2012, July). A Study on line balancing in assembly line at automotive component manufacturer. *Proceedings of the 2012 International Conference on Industrial Engineering and Operations Management, Istanbul, Turkey*, p. 1633-1638.
- Hisham, S.F. (2013). *Assembly line balancing improvement: a case study in an electronic industry*. Doctoral dissertation, UMP.
- Hua, A.K. (2016). Pengenalan Rangkakerja Metodologi dalam Kajian Penyelidikan: Satu Kajian Literatur. *Malaysian Journal of Social Sciences and Humanities (MJSSH)*, 1(2), 17-24.
- Jasmi, K.A. (2012). Metodologi pengumpulan data dalam penyelidikan kualitatif. *Kursus Penyelidikan Kualitatif Siri*, 1(2012), 28-29.
- Kitaw, D., Matebu, A., & Tadesse, S. (2010). Assembly line balancing using simulation technique in a garment manufacturing firm. *Zede Journal*, 27, 69-80.
- Krichbaum, B.D. (2008). Standardized work: The power of consistency. Retrieved March, 12, 2008.
- Kumar, N., & Mahto, D. (2013). Assembly line balancing: a review of developments and trends in approach to industrial application. *Global Journal of Research in Engineering*.
- Manaye, M. (2019). Line balancing techniques for productivity improvement. *International Journal of Mechanical and Industrial Technology*, 7(1), 89-104.
- Martino, L., & Pastor, R. (2010). Heuristic procedures for solving the general assembly line balancing problem with setups. *International Journal of Production Research*, 48(6), 1787-1804.
- Mirzapourrezaei, S.A., Lalmazloumian, M., Dargi, A., & Wong, K.Y. (2011, July). Simulation of a manufacturing assembly line based on witness. *2011 Third International Conference on Computational Intelligence, Communication Systems and Networks*, p. 132-137. IEEE.
- Mourtzis, D., Doukas, M., & Bernidaki, D. (2014). Simulation in manufacturing: Review and challenges. *Procedia CIRP*, 25, 213-229.
- Nallusamy, S. (2016). Productivity enhancement in a small scale manufacturing unit through proposed line balancing and cellular layout. *International Journal of Performability Engineering*, 12(6), 523-534.
- Nyemba, W. R., & Mbohwa, C. (2017). Modelling, simulation and optimization of the materials flow of a multi-product assembling plant. *Procedia Manufacturing*, 8, 59-66.
- Parvez, M., Amin, F., & Akter, F. (2017). Line balancing techniques to improve productivity using work sharing method. *IOSR Journal of Research & Method in Education (IOSRJRME)*, 7(03), 07-14.
- Sewell, E.C., & Jacobson, S.H. (2012). A branch, bound, and remember algorithm for the simple assembly line balancing problem. *INFORMS Journal on Computing*, 24(3), 433-442.
- Siregar, D., & Yasid, A. (2018). Analisis peningkatan kapasitas produksi pada proses pembuatan frame motor klx dengan metode line balancing di PT. KMI. *Matrik: Jurnal Manajemen dan Teknik Industri Produksi*, 19(1), 37-48.
- Sivasankaran, P., & Shahabudeen, P. (2014). Literature review of assembly line balancing problems. *The International Journal of Advanced Manufacturing Technology*, 73(9), 1665-1694.
- Solimanpur, M., Saeedi, S., & Mahdavi, I. (2010). Solving cell formation problem in cellular manufacturing using ant-colony-based optimization. *The International Journal of Advanced Manufacturing Technology*, 50(9), 1135-1144.
- Taha, R.B., El-Kharbotly, A.K., Sadek, Y.M., & Afia, N.H. (2011). A Genetic Algorithm for solving two-sided assembly line balancing problems. *Ain Shams Engineering Journal*, 2(3-4), 227-240.
- Yegul, M.F., Agpak, K., & Yavuz, M. (2010). A new algorithm for U-shaped two-sided assembly line balancing. *Transactions of the Canadian Society for Mechanical Engineering*, 34(2), 225-241.
- Zahraee, S.M., Golroudbary, S.R., Hashemi, A., Afshar, J., & Haghghi, M. (2014). Simulation of manufacturing production line based on arena. *Advanced Materials Research*, 933, p. 744-748. Trans Tech Publications Ltd.