

Perbaikan Sistem Produksi Dengan Metode *Line Balancing* Pada Perusahaan Pembuat Mesin Pertanian PT Agrindo Di Gresik

David Setyawan, Stefanus Soegiharto, Jerry Agus
Jurusan Teknik Industri, Universitas Surabaya
Raya Kalirungkut, Surabaya 60293, Indonesia
E-mail: davidsetyawan90@gmail.com

Abstrak

PT Agrindo merupakan salah satu perusahaan pembuat mesin-mesin pertanian seperti mesin *husker* (pengupas kulit padi), mesin *polesher* (pemutih beras), mesin *prepoles* (pemoles beras), traktor dan sebagainya, yang berlokasi di Bambe Driyorejo, Gresik. Produksinya bersifat *semi job order* dan aliran produksinya berpola *job shop*. PT Agrindo memproduksi mesin-mesin pertanian untuk memenuhi permintaan, baik yang secara rutin maupun yang secara tidak rutin. Dalam pengerjaannya, aliran material proses produksi secara rutin, sering tidak lancar. Ketidak lancarannya itu terjadi karena material yang akan diproses di beberapa stasiun kerja, ada yang belum dikirim dari stasiun kerja yang sebelumnya. Hal itu membuat beberapa proses penyelesaian produk menjadi terhambat. Terhambatnya pergerakan material tersebut juga menyebabkan terjadinya masalah pada waktu penyerahan produk jadi kepada pelanggan. Karena itu, tujuan dari penelitian ini adalah ingin memperbaiki proses-proses produksi yang mengalami hambatan/*bottleneck* dengan menyeimbangkan setiap lintasan produksinya menggunakan metode *Line Balancing*. Dari perhitungan *Line Balancing* sendiri, telah didapatkan nilai *Balanced Delay* yang semakin baik. *Balanced Delay* untuk produk HU10MPC yang sebelumnya 28% bisa turun hingga menjadi 16% saja, HU10PP dari 30% bisa menjadi 18% dan KB40G dari 37% menjadi 32%. Namun stasiun-stasiun kerja yang terbentuk dari nilai *Balanced Delay* tersebut hanya cocok pada satu jenis produk tertentu saja. Berbeda dengan hasil dari perhitungan *software*, yang menyatakan nilai *Balanced Delay* Gabungan sebesar 19,17%, hasil tersebut lebih jelek dibanding beberapa *Balanced Delay* pada masing-masing produk, namun stasiun kerja yang dihasilkan cocok untuk semua tipe produk yang dibuat. Cocok disini berarti waktu total per stasiun yang terbentuk, tidak ada yang melebihi waktu siklus masing-masing produk dan urutannya bisa dipakai untuk semua jenis produk yang dibuat. Berdasarkan perhitungan manual maupun *software*, mesin-mesin yang ada dapat dikelompokkan ke dalam 6 stasiun kerja baru.

Kata kunci: *job shop*, *bottleneck*, kebutuhan mesin, dan *Line Balancing*.

Abstract

PT Agrindo is one example of the company manufacturer which make an agricultural machinery such as husker machine (padi skin peeler), polesher (rice Whitener), prepoles engine (polishes rice), tractors etc., this company are located in Bambe Driyorejo, Gresik. Job order production is semi-automatic and job shop production flow pattern. PT Agrindo producing agricultural machinery to meet the demand, either regularly or are not routine. In normal use, the flow of material production process is regularly, often not smoothly. The problem happens because material that will be processed at the work station, there are several that have not been sent from the station's previous work. It makes several products being hampered completion process. Lateness of the movement materials also led to problems at the time of delivery of the finished product to the customer. Therefore, the goal of this research is to improve production processes that are experiencing drag by balancing each trajectory production method using *Line Balancing*. Calculation of *Line Balancing* itself, has taken an increasingly *Balanced* value *Delay* well. *Balanced* products HU10MPC the *Delay* previously 28% could be down to 16%, HU10PP of 30% can be 18% and KB40G from 37% to 32%. However, work stations, formed from the only value fit *Balanced Delay* on one particular kind of product only. In contrast to the results of the calculation software, which suggesting a combination of *Balanced* value *Delay* 19,17%, the result is more ugly than a few *Balanced Delay* on each product, but the resulting work station suitable for all types of products are made. Suitable here which means the total per station that is formed, there is no that exceeds cyclical time each products and their generations can be used for all kinds of products made. Manual and software, based on a calculation there are machines which can be grouped into 6 station new job.

Keyword : *job shop*, *bottleneck*, needs engine, dan *Line Balancing*.

1. Pendahuluan

Di era globalisasi saat ini daya saing di dunia pabrik manufaktur semakin ketat, setiap perusahaan akan berusaha semaksimal mungkin untuk terus menerus melakukan peningkatan kualitas dan kuantitas produksinya supaya terus mendapat kepercayaan dari para konsumennya. Peningkatan tersebut dapat diperoleh dengan cara memperbaiki proses-proses produksi yang masih terhambat dengan cara menyeimbangkan lintasan, menambah tenaga kerja atau menambah mesin-mesin yang sudah tersedia. Karena alasan efisiensi biaya, hambatan yang terjadi pada sebuah perusahaan akan condong diselesaikan dengan metode penyeimbangan lintasan atau yang biasa disebut *Line Balancing*.

PT Agrindo merupakan salah satu perusahaan yang bergerak di bidang manufaktur yang membuat mesin-mesin pertanian seperti: mesin *husker* (pengupas kulit padi), mesin *polesher* (pemutih beras), mesin *prepoles* (pemoles beras sebelum pemolesan akhir), traktor dan sebagainya. Produksinya bersifat *semi job order*, dimana mesin yang diproduksi tidak hanya untuk memenuhi permintaan *marketing* tetapi juga untuk memenuhi permintaan khusus dari konsumen. Selama ini sering dijumpai hambatan/*bottleneck* pada aliran material produksinya, oleh sebab itu lintasan produksi yang ada saat ini perlu diseimbangkan supaya menghasilkan nilai *Balanced Delay* yang lebih kecil dan efisiensi waktu yang makin meningkat.

2. Kajian Pustaka

Kelompok teknologi atau *Group Technology* (GT) merupakan filosofi manufaktur yang bertujuan untuk meningkatkan produktivitas dengan mengelompokkan suku cadang dan produk yang memiliki karakteristik serupa dengan keluarga dan membentuk sel-sel produksi dengan sekelompok mesin yang berbeda jenis dan prosesnya. Metode tersebut bisa dipakai untuk menentukan stasiun-stasiun kerja suatu proses produksi.

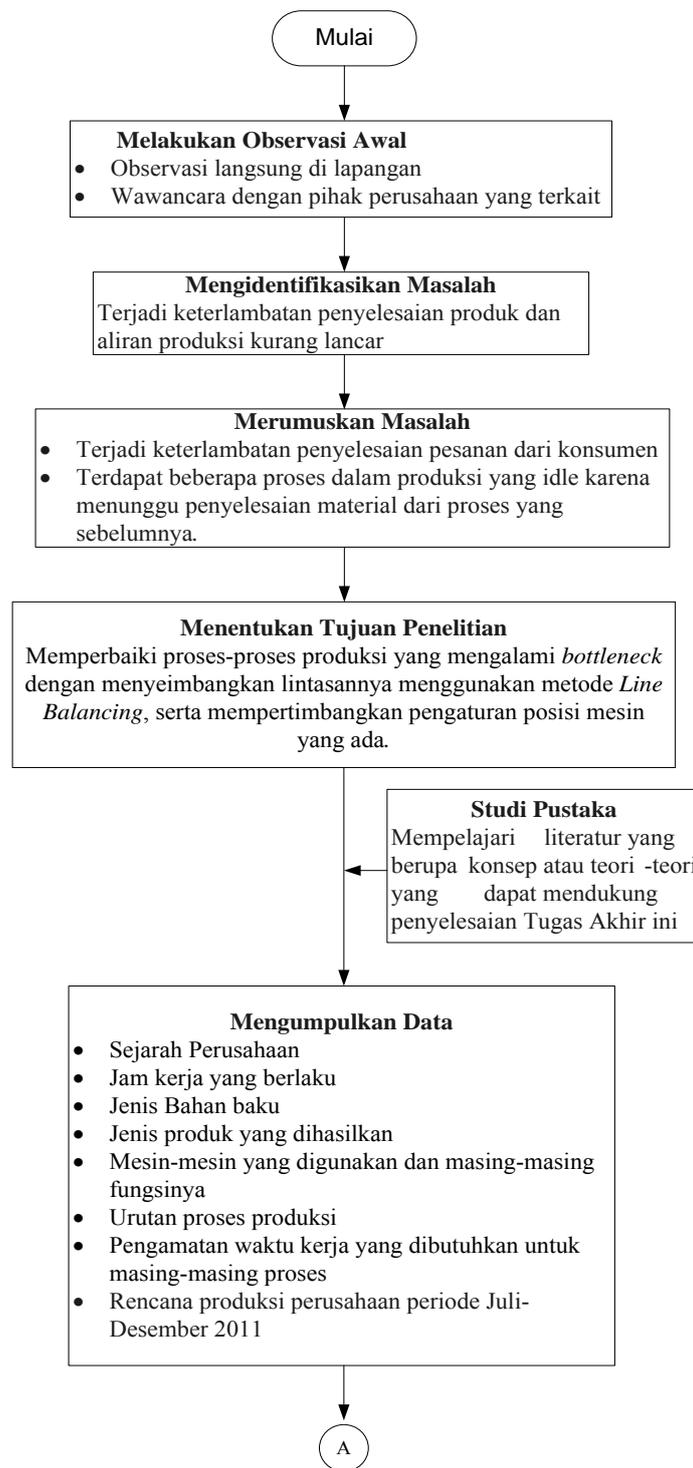
Metode lain yang dapat dilakukan untuk mengatasi hambatan/*bottleneck* dalam perusahaan adalah *Line Balancing*. Tugas untuk mengatur stasiun kerja di lintasan proses sehingga mencapai tingkat yang diinginkan dari output dengan jumlah terkecil *workstation*/stasiun kerja merupakan ketentuan dari *Line Balancing*. Ada dua metode untuk menyeimbangkan lintasan perakitan dan produksi, yaitu (Groover, 2001, p.154): Analisis dan *Heuristic*. Metode *Heuristic* yang sering dipakai ialah *Largest Candidate Rules (LCR)*, *Killbridge and Wester*, dan *Rank Positional Weight*.

Meminimalkan jumlah stasiun kerja yang sudah ada, secara otomatis akan mengurangi waktu menganggur/*idle time*, memaksimalkan efisiensi dan meminimumkan rata-rata keterlambatan/*balance delay*. *Balance Delay* merupakan ukuran dari ketidakefisienan lintasan yang dihasilkan dari waktu menganggur sebenarnya yang disebabkan karena pengalokasian yang kurang sempurna di antara stasiun-stasiun kerja.

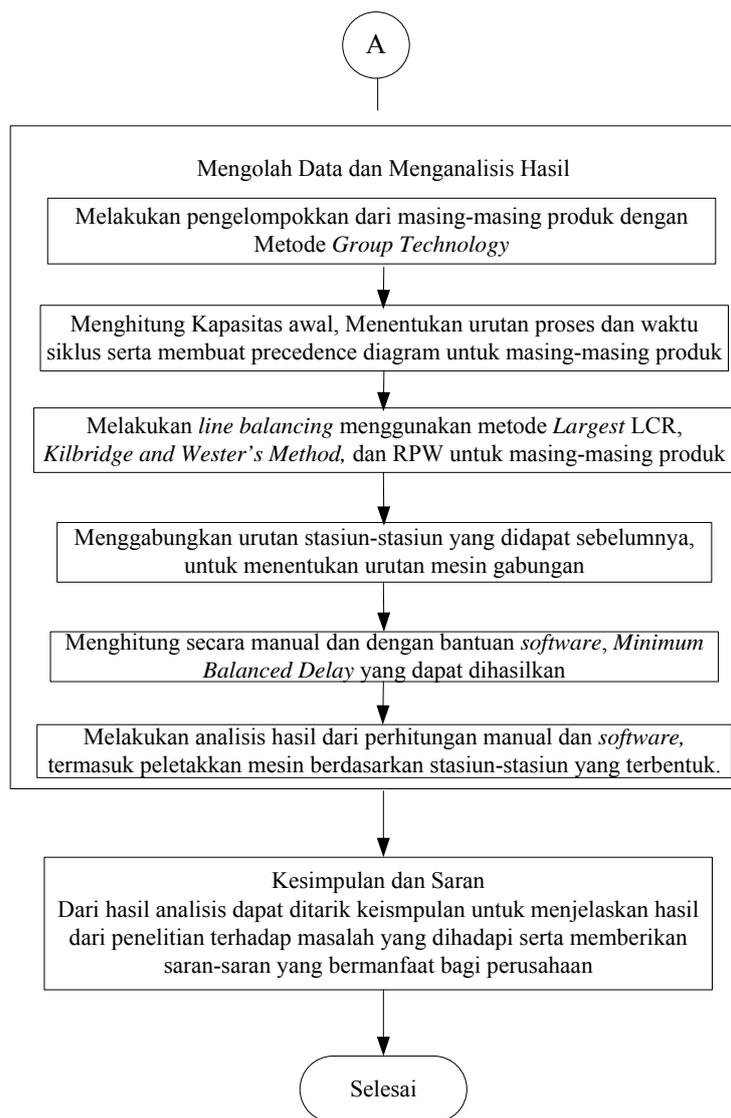
3. Metodologi Penelitian

Tahap penelitian merupakan sebuah kerangka penelitian yang memuat langkah-langkah yang akan ditempuh dalam memecahkan permasalahan yang dicapai. Proses ini berawal dengan mengelompokkan masing-masing produk, berdasarkan mesin-mesin yang dipakai dan *part-part* yang dibuat (*Group Technology*). Tahapan selanjutnya adalah Menentukan kapasitas awal, urutan produksi, waktu siklus dan *precedence diagram* masing-masing produk yang dibuat. Berdasarkan langkah-langkah tersebut baru bisa dilakukan *Line Balancing* untuk tiap produk dengan metode LCR, Killbridge, dan RPW. Dari *Group Technology* dan *Line Balancing* yang telah dikerjakan akan menghasilkan stasiun-stasiun kerja yang berbeda-beda, langkah berikutnya adalah menggabungkan urutan-urutan stasiun yang telah didapat dari proses sebelumnya. Urutan gabungan akan dipakai untuk menghitung *Minimum Balanced Delay* baik secara manual maupun dengan bantuana

software. Langkah terakhir adalah menganalisis hasil yang diperoleh dari perhitungan manual maupun software, yang nantinya akan dipakai sebagai dasar pembuatan layout yang baru.



Gambar 1. Langkah-langkah penelitian



Gambar 1. Langkah-langkah penelitian (lanjutan)

4. Hasil dan Pembahasan

Proses penentuan stasiun-stasiun kerja baru dimulai dari pengelompokkan mesin masing-masing produk berdasarkan *Group Technology*. Setelah terbentuk kelompok-kelompok mulai dihitung utilisasi dari masing-masing mesin yang ada di perusahaan. Setelah utilisasi mesin terpenuhi, *Line Balancing* baru bisa diterapkan. Dalam perhitungan *Line Balancing*, pertama-tama ditentukan urutan dari masing-masing produk, setelah itu menghitung waktu siklus dan membuat *precedence diagram* untuk masing-masing produk juga. Dari langkah tersebut mulai dihitung nilai *Balanced Delay* per produk, lalu digabungkan untuk dihitung *Minimum Balanced Delay*nya menggunakan *software Lingo*. *Software Lingo* juga akan menghasilkan urutan dan stasiun kerja baru yang bisa dipakai sebagai dasar pembuatan layout yang baru.

4.1 Group Technology

Pengelompokkan masing-masing produk berdasarkan *Group Technology*, menggunakan metode *Binary Ordering Algorithm*, yang langkah-langkahnya sebagai berikut:

- Langkah 1 : Menghitung *value* untuk masing-masing mesin dengan cara memberi $2^{(N-k)}$ pada masing-masing kolom, lalu mengalikannya dengan angka yang ada di kolom tersebut sesuai dengan barisnya. (N= jumlah *part* dan k dimulai dari 1 sampai N).
- Langkah 2 : Menghitung *value* untuk masing-masing *part*/bagian dengan cara memberi $2^{(M-k)}$ pada masing-masing baris, lalu mengalikannya dengan angka yang ada di baris tersebut sesuai dengan kolomnya. (M = jumlah mesin)
- Langkah 3 : Menggabungkan urutan baris dan kolom yang telah terbentuk dan dikelompokkan seperti blok diagonal struktur bila memungkinkan.

Berdasarkan langkah-langkah di atas diperoleh tabel pengelompokkan untuk masing-masing produk (3 jenis produk) :

Tabel 1 Tabel Pengelompokkan *Group Technology* Produk HU10MPC

No	Mesin (M)	Part (N)						
		Main Body	Intake Hopper	Feed Roller	Pneumatic Control	Main Shaft	Air Piping	Movable Shaft
1	Potong	1	1	1	1	1	1	1
2	Bor	1	1	1	1	1	1	1
3	Selep	1	1	1	1	1	1	1
4	Vibra	1	1	1	1	1		
5	Bending	1	1	1	1		1	1
6	Las	1	1	1	1		1	1
7	Brander	1	1	1			1	1
8	Frais	1	1	1	1		1	
9	Plasma	1	1		1			
10	Tap	1		1	1	1	1	1
11	Bubut	1		1		1	1	1
12	Milling	1		1		1	1	
13	Roll	1						
14	Punch		1		1	1		1
15	Stik							1

Tabel 2 Tabel Pengelompokkan *Group Technology* Produk HU10PP

No	Mesin (M)	Part (N)							
		Inlate Hopper	Roll Cover	Shutter	Case	Feed Roller	Air Piping	Movable Shaft	Motor
1	Potong	1	1	1	1	1	1	1	1
2	Bor	1	1	1	1	1	1	1	1
3	Bending/Tekuk	1	1	1	1	1	1	1	1
4	Las	1	1	1	1	1	1	1	1
5	Vibra	1	1	1	1	1			
6	Plasma	1	1	1	1				
7	Frais	1	1	1		1	1		
8	Brander	1	1			1	1	1	1
9	Selep	1	1			1	1	1	

Tabel 2 Tabel Pengelompokkan *Group Technology* Produk HU10PP (Lanjutan)

No	Mesin (M)	Part (N)							
		Inlate Hopper	Roll Cover	Shutter	Case	Feed Roller	Air Piping	Movable Shaft	Motor
10	Punch	1						1	
11	Bubut		1	1	1	1	1	1	1
12	Milling		1		1	1	1		
13	Roll		1						1
14	Tap		1			1	1	1	
15	Stik							1	

Tabel 3 Tabel Pengelompokkan *Group Technology* Produk KB40G

No	Mesin (M)	Part (N)						
		Feeding Hopper	Air Piping	Body Cover	Outlet Bearing Case	Operation Box no.1	Operation Box no.2	Motor Base
1	Potong	1	1	1	1	1	1	1
2	Bor	1	1	1	1	1	1	1
3	Las	1	1	1	1	1	1	1
4	Bending/Tekuk	1	1	1	1	1	1	1
5	Selep	1	1					
6	Vibra	1						
7	Brander	1	1					
8	Roll	1						
9	Bubut		1	1	1			
10	Frais		1	1				
11	Plasma				1	1		
12	Milling		1					
13	Tap		1					
14	Punch							

4.2 Kebutuhan Mesin Perusahaan

Kebutuhan mesin merupakan faktor penting yang perlu terlebih dahulu dicari untuk mengefektifkan aliran suatu lintasan produksi. Kebutuhan mesin bisa didapat dengan cara melihat rencana produksi bulanan yang biasa dipakai oleh perusahaan, kemudian menggunakannya sebagai acuan pembuatan masing-masing produk untuk periode bulan tertentu. Bila rencana produksi perusahaan sudah diketahui, langkah berikutnya adalah mengetahui waktu total permesinan yang dibuat untuk membuat satu unit produk tertentu. Bila kedua data tersebut telah terpenuhi, bisa dihitung kebutuhan mesin perusahaan dalam satu bulan dengan mengalikan waktu total permesinan per unit produk dengan jumlah unit yang akan dibuat perusahaan pada bulan tersebut. Setelah itu, dibandingkan dengan total waktu yang tersedia selama 1 bulan.

Rencana Produksi yang dipakai adalah periode Juli-Desember 2011, kita ambil contoh untuk bulan Agustus yang memproduksi 4 jenis produk. Sesuai langkah yang diuraikan akan didapat total utilisasi/kebutuhan mesin seperti di bawah ini:

Tabel 4 Contoh Perhitungan Kebutuhan Mesin Untuk Periode Bulan Agustus 2011

Mesin (M)	Produk (Agustus)				Total	Utilisasi/ Kebutuhan Mesin (unit)
	HU10MPC	KB 40G	VTA 5	ABH 500		
Potong	0,385575	0,385575	0,385575	0,128525	1,285249	2
Bor	0,982896	0,982896	0,982896	0,327632	3,27632	4
Selep	0,423621	0,423621	0,423621	0,141207	1,412069	2
Vibra	0,264052	0,264052	0,264052	0,088017	0,880172	1
Bending	0,204552	0,204552	0,204552	0,068184	0,681839	1
Las	0,472098	0,472098	0,472098	0,157366	1,573659	2
Brander	0,499713	0,499713	0,499713	0,166571	1,665709	2
Frais	0,485345	0,485345	0,485345	0,161782	1,617816	2
Plasma	0,119109	0,119109	0,119109	0,039703	0,397031	1
Tap	0,321293	0,321293	0,321293	0,107098	1,070977	1
Bubut	0,463276	4,011552	0,463276	0,187759	5,025862	5
Milling	0,769885	2,352337	0,769885	0,256628	4,148736	4
Roll	0,091954	0,091954	0,091954	0,030651	0,306513	1
Punch	0,126523	0,126523	0,126523	0,042174	0,421743	1
Stik	0,104885	0,104885	0,104885	0,034962	0,349617	1

Kebutuhan Mesin tersebut telah disesuaikan dengan kapasitas mesin yang tersedia di perusahaan sehingga *Line Balancing* dapat dihitung tanpa harus mengalami kekurangan kapasitas jumlah mesin.

4.3 *Line Balancing*

Salah satu aplikasi atau metode yang bisa diterapkan setelah mengetahui waktu baku dan urutan proses adalah *Line Balancing*. Metode ini pada dasarnya merupakan satu hal yang tidak pernah mencapai kesempurnaan. Namun untuk lebih mengefisienkan lintasan produksi yang ada, metode ini bisa sangat membantu untuk mengurangi waktu tunggu (*Balanced Delay*) yang terjadi. Selain itu, keuntungan-keuntungan lain yang bisa diperoleh dari penerapan metode *Line Balancing* ini adalah bisa mengurangi aktivitas *material handling*, pembagian tugas lebih merata, kemacetan berkurang, serta memacu operator untuk selalu bekerja mencapai target yang harus dicapai.

4.3.1 Waktu Siklus

Waktu Siklus (T_c) merupakan waktu maksimal yang tidak boleh dilampau oleh salah satu proses permesinan atau perakitan yang ada. T_c bisa didapat dengan cara membagi jam kerja dalam satu bulan dengan rata-rata target produksi yang dikehendaki perusahaan. Dari perhitungan kebutuhan mesin didapat bahwa waktu yang tersedia untuk satu bulan adalah 10440 menit, sedangkan produksi yang memungkinkan untuk masing-masing produk perlu dihitung dengan mencari mesin yang memerlukan total waktu terlalu lama (*bottleneck*) terlebih dahulu untuk semua produk yang dibuat oleh perusahaan.

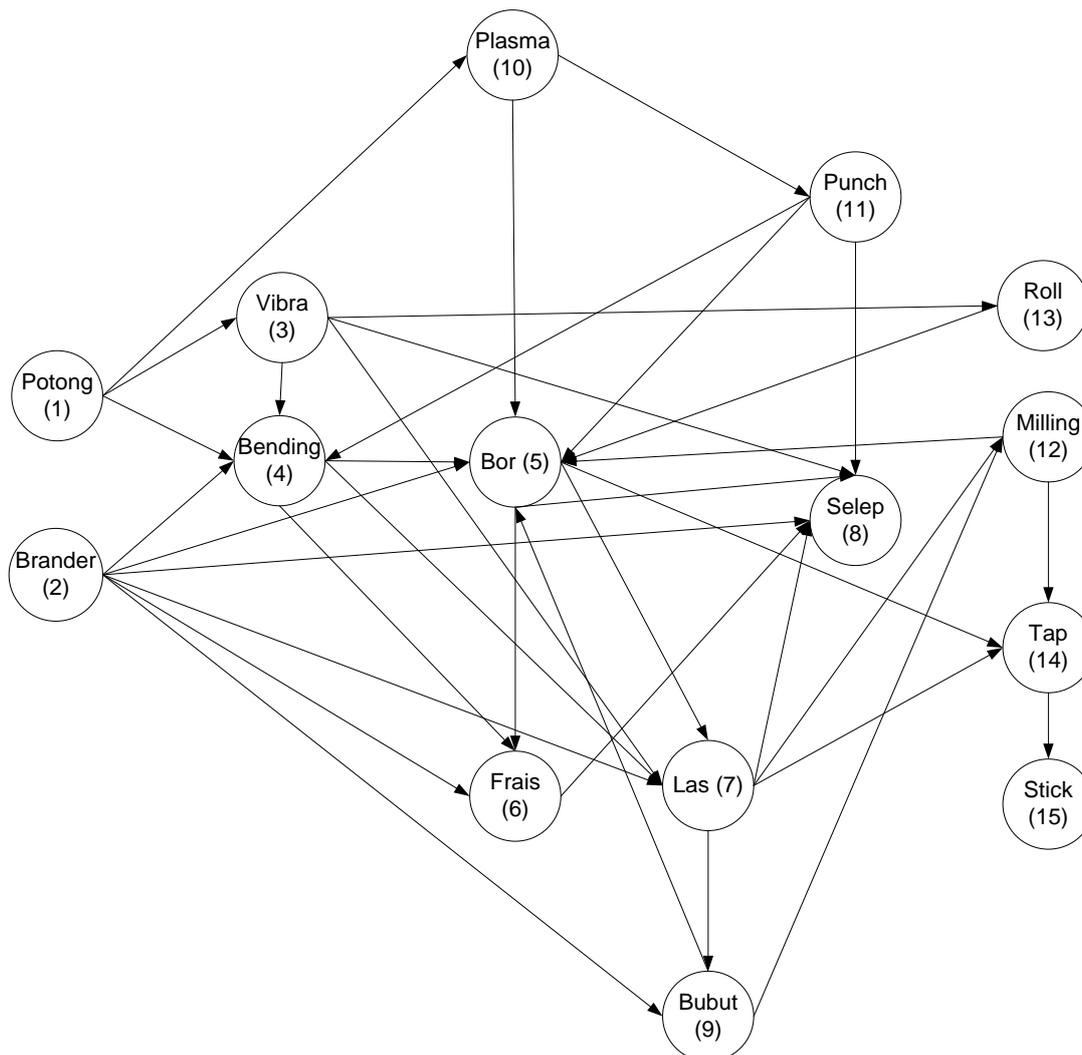
Berdasarkan Teori Waktu Siklus tersebut telah dapat ditentukan *agregate* pembuatan masing-masing produk dan waktu siklusnya :

Tabel 5 Agregate Pembuatan dan Waktu Siklus Masing-Masing Produk

Produk	Agregate Pembuatan	Waktu Siklus
HU10MPC	33	316 menit
HU10PP	31	336 menit
KB40G	7	1491 menit

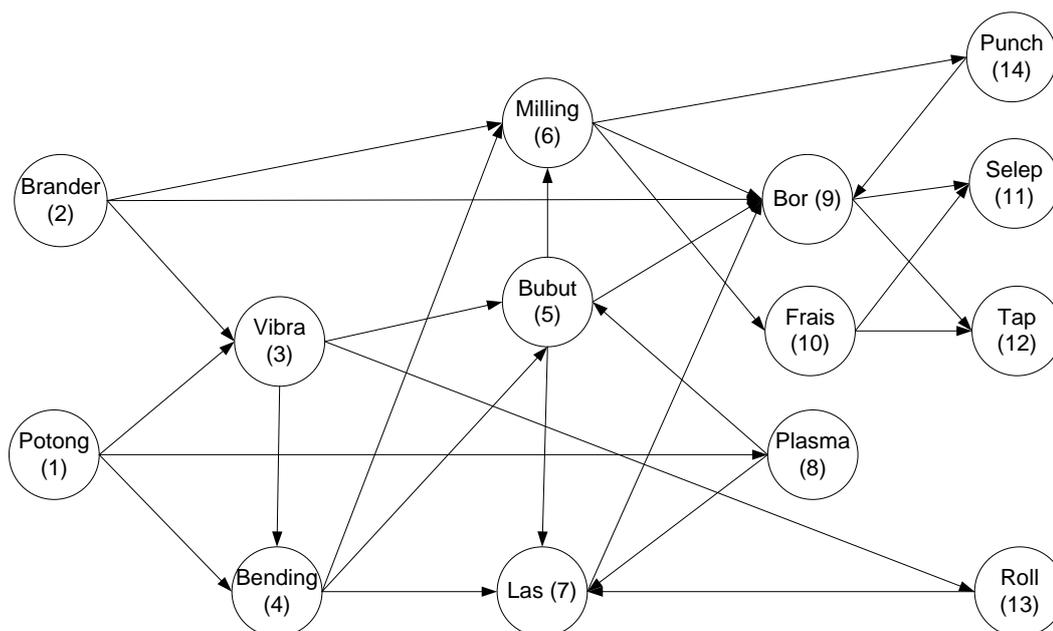
4.3.2 Precedence Diagram

Precedence diagram akan menggambarkan suatu urutan kerja dalam rantai produksi mulai dari awal operasi sampai dengan operasi yang terakhir. Precedence diagram untuk Mesin Husker secara rinci, dapat dilihat pada gambar berikut ini :



Gambar 2 Precedence Diagram Mesin Husker

Mesin Husker memiliki 2 tipe produk yaitu HU10MPC dan HU10PP, dimana keduanya memiliki urutan proses yang hampir serupa, sehingga hanya memerlukan satu precedence diagram saja yang mewakili kedua jenis produk tersebut. Selain Husker, ada juga mesin Polesher (KB40G) yang perlu dibuat precedence diagramnya. Karena produk jenis itu sangat berbeda dengan Husker, maka perlu dirancang tersendiri precedence diagramnya yang disesuaikan dengan urutan prosesnya :



Gambar 3 Precedence Diagram Mesin Polesher

4.3.3 *Balanced Delay* Masing-masing Produk

Balanced Delay untuk tiap produk dihitung melalui 3 metode, yaitu : Largest Candidate Rules (LCR), Killbridge and Wester dan Rank Positional Weight (RPW). Masing-masing metode menghasilkan urutan dan nilai *Balanced Delay* yang berbeda-beda. Di bawah ini merupakan hasil *Balanced Delay* dari ketiganya :

Tabel 6 Jumlah Stasiun dan *Balanced Delay* Tiap Produk

Nama Produk	Jumlah Stasiun	Balanced Delay		
		LCR	Kilbridge	RPW
HU10MPC	7	28%	28%	28%
HU10PP	7	30%	30%	30%
KB40G	4	37%	32%	32%

4.3.4 Urutan Gabungan

Perhitungan Line Balancing untuk tiap produk akan menghasilkan urutan-urutan mesin dan pengelompokkan stasiun yang berbeda-beda. Oleh sebab itu, supaya terbentuk urutan umum yang sesuai dengan semua jenis produk perlu ditentukan urutan gabungan berdasarkan rata-rata posisi urutan mesin di masing-masing metode baik *Group Technology* (GT) maupun *Line Balancing* (LB).

Ada 9 jenis model urutan yang telah terbentuk, yaitu : GT untuk 3 produk, LCR, Killbridge dan RPW untuk mesin Husker (HU10MPC dan HU10PP), serta LCR, Killbridge dan RPW untuk mesin Polesher (KB40G). Dari 9 jenis model tersebut akan dicari rata-ratanya, supaya ditemukan urutan gabungan yang bisa dipakai untuk perhitungan *Line Balancing* Gabungan.

Tabel berikut merupakan urutan dari masing-masing metode :

Tabel 7 Urutan Permesinan Model-Model Yang Terbentuk (Awal)

Jenis / Model	Urutan Mesin							
	Potong	Brander	Vibra	Bending	Plasma	Las	Frais	Punch
GT HU10MPC	2	1	3	5	6	10	9	7
GT HU10PP	1	2	3	8	4	10	9	5
GT KB40G	1	3	2	4	8	5	12	9
LCR Husker	2	1	3	4	5	10	9	11
Killbridge Husker	1	2	3	4	8	6	10	14
RPW Husker	2	1	3	4	6	9	12	10
LCR Polesher	1	8	5	3	6	4	7	10
Killbridge Polesher	1	7	4	5	9	6	8	14
RPW Polesher	1	7	6	4	11	3	10	14
Rata-rata	1,33	3,56	3,56	4,56	7	7	9,56	10,44

Tabel 7 Urutan Permesinan Model-Model Yang Terbentuk (Lanjutan)

Jenis / Model	Urutan Mesin						
	Bubut	Milling	Bor	Selep	Roll	Tap	Stik
GT HU10MPC	11	13	8	12	4	15	14
GT HU10PP	12	14	11	13	6	15	7
GT KB40G	7	6	11	13	10	15	14
LCR Husker	7	8	12	13	6	14	
Killbridge Husker	5	7	9	11	13	12	
RPW Husker	5	7	11	13	8	14	
LCR Polesher	11	12	2	9	13	14	15
Killbridge Polesher	11	12	2	3	13	10	15
RPW Polesher	9	12	2	5	8	13	
Rata-rata	8,67	10,11	7,56	10,22	9	14	13

Dari rata-rata yang didapat, kemudian diurutkan dari yang nilai rata-ratanya terkecil hingga terbesar. Urutan berdasarkan rata-rata model gabungan ini nantinya akan dipakai untuk menghitung Line Balancing baik secara *manual* maupun dengan menggunakan *software*. Berikut urutan baru yang terbentuk :

Tabel 8 Alokasi Proses Permesinan Gabungan

Elemen	Mesin	Rata-Rata
1	Potong	1,33
2	Brander	3,56
3	Vibra	3,56
4	Bending	4,56
5	Plasma	7
6	Las	7
7	Bor	7,56
8	Bubut	8,67
9	Roll	9
10	Frais	9,56
11	Milling	10,11
12	Selep	10,22
13	Punch	10,44
14	Tap	13,56
15	Stik	13

4.3.4 Perhitungan *Balanced Delay* Pada Masing-Masing Produk Berdasarkan Elemen Gabungan

Setelah diperoleh elemen gabungan dari beberapa jenis urutan sebelumnya, akan dihitung besarnya *Balanced Delay* pada masing-masing produk. Pada perhitungan ini tidak lagi diperlukan *precedence diagram*, karena diasumsikan urutan gabungan yang telah terbentuk sebelumnya merupakan urutan proses umum dari awal hingga akhir (Semua produk urutannya seperti urutan gabungan). Seperti pada perhitungan *Line Balancing*, akan dicari jumlah dan pengelompokkan stasiun, serta *Balanced Delay* pada masing-masing produk :

Tabel 9 Alokasi Elemen Kerja dan *Balanced Delay* HU10MPC

HU10MPC			
Stasiun	Mesin	Tij (menit)	Twc (menit)
1	Potong	104,18	309,36
	Brander	143,29	
	Vibra	61,89	
2	Bending	41,184	186,924
	Plasma	11,45	
	Las	134,29	
3	Bor	312,05	312,05
4	Bubut	166,02	306,92
	Roll	2	
	Frais	138,9	
5	Milling	237,92	237,92
6	Selep	117,42	219,76
	Punch	14,03	
	Tap	81,81	
	Stik	6,5	
Tc		316,36J	
BD		0,159892111	

Tabel 10 Alokasi Elemen Kerja dan *Balanced Delay* HU10PP

HU10PP			
Stasiun	Mesin	Tij (menit)	Twc (menit)
1	Potong	116,51	330,3
	Brander	143,9	
	Vibra	69,89	
2	Bending	44,604	200,704
	Plasma	16,66	
	Las	139,44	
3	Bor	335,83	335,83
4	Bubut	174,51	315,41
	Roll	2	
	Frais	138,9	
5	Milling	242,48	242,48

Tabel 10 Alokasi Elemen Kerja dan *Balanced Delay* HU10PP (Lanjutan)

HU10PP			
Stasiun	Mesin	Tij (menit)	Twc (menit)
6	Selep	117,42	219,76
	Punch	14,03	
	Tap	81,81	
	Stik	6,5	
Tc		336,77	
BD		0,183870808	

Tabel 11 Alokasi Elemen Kerja dan *Balanced Delay* KB40G

KB40G			
Stasiun	Mesin	Tij (menit)	Twc (menit)
1	Potong	104,18	808,944
	Brander	143,9	
	Vibra	61,89	
	Bending	41,184	
	Plasma	11,45	
	Las	134,29	
	Bor	312,05	
2	Bubut	1366,02	1366,02
3	Roll	2	1470,27
	Frais	138,9	
	Milling	1197,92	
	Selep	117,42	
	Punch	14,03	
4	Tap	81,81	88,31
	Stik	6,5	
Tc		1491,43	
BD		0,316711322	

Dari pengelompokkan stasiun serta perhitungan *Balanced Delay* pada masing-masing produk, bisa dilihat bahwa pada Produk KB40G mempunyai pengalokasian mesin yang berbeda dari ke empat jenis produk yang lain. Karena perbedaan kelompok mesinnya cukup signifikan, maka diperlukan bantuan *software* untuk menentukan pengelompokkan mesin terbaik serta nilai *Mix Balanced Delay* yang paling *minimum*. *Software* yang dipakai adalah *Lingo*.

5. Pengalokasian Mesin dan Perhitungan *Minimum Balanced Delay* Gabungan Dengan Menggunakan *Software Lingo* Kesimpulan

Software Lingo merupakan salah satu program yang bisa dipakai untuk menentukan nilai optimum dari suatu permasalahan. *Software* ini memerlukan rumus matematis yang jelas terlebih dahulu supaya bisa diperoleh hasil yang sesuai dengan kondisi maupun batasan yang telah ditentukan. Tujuan dari penggunaan *software* ini adalah untuk menentukan *Minimum Balanced Delay* dan stasiun-stasiun yang gabungan yang

paling sesuai. Berikut ini merupakan indeks, parameter, variabel serta rumus matematis yang akan dipakai :

Tabel 12 Indeks Untuk Rumus Matematis

Indeks	Pengertian	Kode	Keterangan
i	Produk	1	HU10MPC
		2	HU10PP
		3	KB40G
		4	ARS300
		5	ABH500
j	Mesin	1	Potong
		2	Brander
		3	Vibra
		4	Bending
		5	Plasma
		6	Las
		7	Frais
		8	Punch
		9	Bubut
		10	Milling
		11	Bor
		12	Selep
		13	Roll
		14	Tap
		15	Stik
k	Stasiun	1,2,...,6	Stasiun Kerja

Parameter

T_{ij} = Total waktu proses per produk per mesin

TC_i = Waktu siklus produk i

Variabel

- JMLST = Jumlah Stasiun yang akan terbentuk
- TWC = Total Waktu Proses pada satu stasiun
- MAXTWC = Maksimum waktu proses per stasiun
- TWST = Total dari Waktu Proses per stasiun per produk (Total dari TWC per stasiun per produk).
- MAXTWST = Maksimum TWST

Constraint :

- $TWC \leq \sum_{j \in j} T_{ij} \times x \quad \forall i \in i, k \in k \quad (1)$
- $TWC \leq MAXTWC \quad \forall i \in i, k \in k \quad (2)$
- $MAXTWC \leq TC_i \quad \forall i \in i \quad (3)$
- $X_{ijk} \in \{0,1\} \quad \forall i \in i, j \in j, k \in k \quad (4)$
- $\sum_{k \in k} X = 1 \quad \forall i \in i, j \in j \quad (5)$
- $TWST \leq \sum_{i \in i} TWC \quad \forall k \in k \quad (6)$
- $TWST \leq MAXTWST \quad \forall k \in k \quad (7)$

Fungsi Tujuan*Minimum Balanced Delay*

$$\text{Balanced Delay} = \frac{(JMLST * MAXTWST - \sum_{k \in k} TWST)}{JMLST * MAXTWST} \quad (8)$$

5.1 Analisis Hasil Software Lingo

Rumus-rumus matematis yang telah terbentuk pada perhitungan *variabel*, *constraint*, maupun fungsi tujuan, selanjutnya akan ditulis pada *software lingo* untuk dilakukan *running* sehingga menghasilkan solusi yang *feasible* hingga *global optimum*. Dari proses *running* yang telah dijalankan selama kurang lebih **73 jam**, dan menghasilkan nilai *Balanced Delay* Gabungan sebesar **19,17 %**.

Running tidak dilakukan sampai selesai karena keterbatasan waktu yang ada, akan tetapi dari hasil *interrupt* pada jam ke 73 pun, hasilnya sudah masuk akal dan mendekati optimum. Berikut merupakan tabel hasil dari iterasi-iterasi maupun waktu *running* dari *software Lingo*

Tabel 13 Pengelompokkan Mesin Berdasarkan *Software Lingo*

Gabungan	
Stasiun	Mesin
1	Potong
	Vibra
	Bending
	Punch
	Tap
	Stik
2	Brander
	Las
3	Plasma
	Frais
	Selep
4	Bor
	Roll
5	Bubut
6	Milling

5.2 Analisis Layout Sederhana

Line Balancing dan *Group Technology* sedikit banyak akan berhubungan dengan *layout* permesinan suatu pabrik. Karena alasan itulah di penelitian ini akan sedikit dibahas tentang *layout* mesin dari pabrik, serta bagaimana seharusnya *layout* yang tepat berdasarkan hasil analisis. Dari perhitungan data waktu permesinan serta stasiun-stasiun kerja yang terbentuk saat menggunakan metode *Group Technology* maupun *Line Balancing*, didapat suatu komposisi permesinan yang menyatakan bahwa posisi suatu mesin harus berdekatan dengan posisi mesin-mesin yang mana saja, supaya proses produksi bisa semakin lancar.

Dari hasil observasi yang telah dilakukan, bisa didapat *layout* awal dari pabrik sebelumnya. *Layout* tersebut kemudian diamati, apakah sudah mendekati hasil pelompokkan stasiun yang terbentuk ataukah belum. Bila ternyata sudah

mendekati hasil pengelompokkan maka tidak perlu ditata ulang, tetapi bila masih jauh berbeda maka seharusnya ditata ulang.

6. Kesimpulan

- ❖ Stasiun-Stasiun Kerja Baru yang sesuai untuk semua jenis produk telah terbentuk
- ❖ Kebutuhan Mesin Perusahaan per bulan pun telah diketahui secara pasti
- ❖ Untuk perhitungan *Line Balancing*, telah didapatkan nilai *Balanced Delay* yang semakin baik. *Balanced Delay* untuk produk HU10MPC yang sebelumnya adalah 28% bisa turun hingga menjadi 16% saja, HU10PP dari 30% bisa menjadi 18% dan KB40G dari 37% menjadi 32%.
- ❖ *Line Balancing* Gabungan didapatkan nilai *Minimum Balanced Delay* sebesar 19,17%.
- ❖ Berdasarkan analisis kebutuhan mesin, Mesin *Milling* perlu ditambah/ diperbaiki sebanyak 2 unit. Sedangkan untuk Mesin Bubut perusahaan perlu tambahan 1 unit lagi, sehingga yang aktif berjumlah 6 unit untuk ke dua mesin tersebut.

7. Daftar rujukan

- [1] Groover, Mikell P., 2001, *Automation Production System, and Computer-Integrated Manufacturing*, 2nd ed., Prentice Hall, New Jersey.
- [2] Krajewski, Lee J., Ritzman, Larry P. And Malholtra, Manoj K., 2010, *Operations Management: Processes and Value Chains*, Prentice Hall Int., Inc.
- [3] Ronald G. Askin., 1993, , *Modeling and Analysis of Manufacturing Systems*, John Wiley & Sons, New York
- [4] Sतालaksana, I.Z, Anggawisastra, R., dan Tjakraatmadja, J.H.(1979), *Teknik Tata Cara Kerja*, Jurusan Teknik Industri Institut Teknologi Bandung, Bandung.
- [5] Wignjosoebroto, S., 2003, *Teknik Tata Cara dan Pengukuran Kerja*, Edisi ketiga, Guna Widya, Surabaya.
- [6] Wignjosoebroto, S., 2008, *Ergonomi Studi Gerak dan Waktu*, Edisi keempat, Guna Widya, Jakarta