

Perancangan Keseimbangan Lintasan Produksi untuk Mengurangi Balance Delay dan Meningkatkan Efisiensi Kerja

Burhan^{*,1)}, Imron Rosyadi NR²⁾ dan Rakhmawati¹⁾

¹⁾ Program Studi Teknologi Industri Pertanian, Universitas Trunojoyo Madura

²⁾ Program Studi Teknologi Industri Pertanian, Universitas Trunojoyo Madura
Jl. Raya Telang PO.BOX 2 Kamal-Bangkalan 69162

Abstract

The balancing of production lines is necessary to increase company's efficiency and effectiveness to utilize the optimal production facilities. Insufficient balancing of production lines causes idle time in the form of bottleneck or delay. To ensure finishing product on time, company needs to consider live production lines. This work aimed to develop production line plan of PT. Madura Guano Industry In Bangkalan. Design of line balancing needs the processing data, processing times, and total output which resulted in a particular time. The data were analyzed using the Ranked Positional Weight and Region Approach method to determine effectiveness of work station, so that it could generate a minimum balance delay and rising work efficiency. Both methods produced the same results were decreasing balance delay (80% to 40%) and increasing work efficiency (20% to 60%) were noticed. The increasing of work efficiency resulted in an optimal production process..

Keywords: Line Balancing, Balance Delay, Work Efficiency.

1. Pendahuluan

Dalam setiap industri, perencanaan produksi memiliki peranan yang sangat penting dalam pembuatan jadwal produksi, terutama dalam pengaturan operasi atau penugasan kerja. Jika pengaturan operasi dan perencanaan kurang tepat maka dapat mengakibatkan perbedaan kecepatan produksi di stasiun kerja dalam lintasan produksi. Hal ini mengakibatkan lintasan produksi menjadi tidak efisien karena terjadi penumpukan material di antara stasiun kerja yang tidak seimbang kecepatan produksinya.

Perusahaan perlu meningkatkan efisiensi dan efektivitas dengan melakukan perbaikan sistem produksi dan keseimbangan lintasan produksi yang baik agar dapat memanfaatkan fasilitas secara optimal. Untuk itu perlu adanya suatu perencanaan dan pembagian stasiun kerja yang tepat sehingga waktu tunggu (idle time) dapat dikurangi. Agar proses produksi dapat berjalan lancar dan penyelesaian produk tepat pada waktunya, maka perusahaan harus memperhatikan masalah keseimbangan lintasan produksi (Bedworth dan Barley 1987).

Keseimbangan lintasan merupakan keseimbangan proses penempatan pekerjaan pada setiap stasiun kerja agar memiliki waktu siklus yang sama dan tidak ada waktu menganggur untuk mencapai efisiensi kerja yang tinggi. Keseimbangan lintasan diperlukan untuk merencanakan dan mengendalikan suatu aliran produksi. Perusahaan dapat mengevaluasi dan memperbaiki lintasan produksi dengan tujuan untuk memaksimalkan efisiensi kerja guna meningkatkan output produksi dan meminimalkan ketidakseimbangan (balance delay) dari lintasan produksi (Baroto 2002).

Menurut Purnama (2008), dengan penerapan keseimbangan lintasan produksi, efisiensi kerja dapat ditingkatkan 26,6% (45,2% menjadi 71,4%). Keseimbangan lintasan juga dapat menurunkan balance delay 26,6% (54,8% menjadi 28,6%). Keseimbangan lintasan juga

* Correspondance : burhanestep@gmail.com

ditunjukkan oleh utilisasi tenaga kerja yang tinggi (Nasution 1999) dan persamaan keluaran dari setiap operasi dalam suatu suatu runtutan lini (Telsang 2005).

PT Madura Guano Industry merupakan perusahaan yang bergerak di bidang industri pupuk fosfat. Proses produksi pupuk sering mengalami kendala yaitu terjadinya ketidakseimbangan lintasan produksi dan menghasilkan waktu menganggur baik berasal dari delay maupun bottleneck. Perusahaan tidak memiliki hasil yang optimal karena proses produksi tidak lancar. Oleh karena itu, keseimbangan lintasan produksi dan perencanaan jumlah stasiun kerja yang digunakan harus seminimal mungkin, untuk meningkatkan efisiensi kerja yang akhirnya memberikan hasil yang optimal bagi perusahaan.

Metode line balancing merupakan suatu konsep teknik dan manajemen industri yang mengukur, menganalisis, merancang dan melakukan proses perbaikan untuk meningkatkan efisiensi proses produksi. Menurut Mundel dan Danner (1994) penyelesaian metoda line balancing ada 3: heuristik, analitik, dan simulasi. Metode yang digunakan dalam penelitian ini adalah metode heuristik. Metode ini digunakan untuk merancang keseimbangan lintasan yang berdasarkan pengalaman intuisi yang dilakukan secara manual. Metode heuristik yang digunakan, yaitu metode Ranked Positional Weight dan Region Approach. Metode Ranked Positional Weight (Helgeson-Birnie) merupakan metode yang menggunakan teknik pengurutan operasi-operasi yang ada dalam suatu urutan secara menurun berdasarkan bobot posisi. Metode Region Approach (Killbridge-Wester) merupakan metode yang menggunakan teknik pengurutan operasi berdasarkan pendekatan wilayah (mengelompokkan operasi ke dalam kolom-kolom dan selanjutnya dibentuk stasiun kerja). Metode Region Approach digunakan untuk melengkapi kekurangan dari metode Ranked Positional Weight, yaitu pada proses yang bercabang banyak harus dilakukan pengelompokan dalam wilayah (kolom-kolom) dan selanjutnya dibentuk stasiun kerja.

Proses produksi merupakan hal pokok dalam industri. Oleh karena itu keseimbangan lintasan produksi dan perencanaan jumlah stasiun kerja yang digunakan harus seminimal mungkin, agar dapat menghasilkan balance delay yang minimum dan peningkatan efisiensi kerja perusahaan yang lebih baik.

2. Metode Penelitian

Penelitian ini dilakukan di PT Madura Guano Industry pada bulan Februari – Maret 2012.

2.1 Tahap Penelitian

a. Survei Lapangan

Survei lapangan dilakukan dengan mengamati langsung pada rantai produksi dan melakukan wawancara dengan karyawan perusahaan sesuai dengan bagian tugasnya maupun dengan pimpinan perusahaan. Survei lapangan dilakukan untuk mengetahui kondisi perusahaan dan proses produksi secara bertahap mulai dari awal proses sampai menjadi produk akhir.

b. Identifikasi Masalah

Dari hasil survei didapatkan identifikasi permasalahan yang dihadapi perusahaan, yaitu adanya ketidakseimbangan lintasan produksi. Dari identifikasi permasalahan yang dihadapi perusahaan ini maka tujuan penelitian dapat dirumuskan yaitu untuk merancang keseimbangan lintasan produksi dengan menggunakan beberapa metode keseimbangan lintasan.

c. Pengumpulan Data

Pengumpulan data primer dilakukan dengan cara wawancara dan pengamatan langsung. Wawancara dilakukan pada karyawan dan pimpinan perusahaan untuk mengetahui kondisi sebenarnya pada rantai produksi serta mengetahui permasalahan yang dihadapi oleh perusahaan. Pengamatan langsung dilakukan untuk mengetahui keadaan sebenarnya pada proses produksi serta melakukan pengukuran kerja pada masing-masing operasi. Pengukuran ini dilakukan

berdasarkan metode repetitive timing dengan menggunakan jam henti (stopwatch). Metode ini dilakukan dengan mengamati sebuah proses operasi, diukur waktu pengerjaannya, kemudian dilakukan pengukuran pada pekerjaan berikutnya. Pengamatan langsung juga dilakukan untuk mengetahui jumlah stasiun, jumlah operasi, dan jumlah operator pada rantai produksi.

Pengumpulan data sekunder dilakukan dengan cara mengkaji data yang ada di perusahaan yang berkaitan dengan proses produksi. Data yang dikaji meliputi data bahan baku dan output produksi. Pengumpulan data sekunder juga dilakukan dengan cara studi literatur yang berkaitan dengan produksi.

d. Pengolahan Data

Pengolahan data dilakukan untuk menganalisis proses produksi, pengukuran waktu kerja, dan perancangan lintasan produksi. Pengolahan data juga dilakukan untuk mengetahui apakah data yang dibutuhkan sudah cukup atau kurang. Data yang diperoleh ditabulasi dan dihitung dengan cermat sesuai metode yang dipakai.

1) Pengukuran Waktu Kerja

Langkah-langkah dalam pengukuran waktu kerja menurut Satalaksana (1979) dan Wignjosobroto (2008) adalah sebagai berikut:

- a) Melakukan pengamatan dan pengukuran waktu sejumlah N pengamatan untuk tiap elemen kerja.
- b) Melakukan uji kenormalan data dengan menggunakan uji *kolmogorof-smirnov* pada *software minitab* dengan nilai p -Value lebih besar dari nilai α .
- c) Melakukan uji keseragaman data agar data dalam batas kontrol dengan uji *control chart* pada *software minitab* atau menggunakan rumus:

(1)

(2)

- d) Melakukan uji kecukupan data untuk mengetahui bahwa data yang diuji sudah cukup. Data diukur menggunakan rumus:

$$\frac{\text{-----}}{\text{-----}} \quad (3)$$

- e) Menetapkan performance rating dari kegiatan yang ditunjukkan operator dengan menggunakan metode Westinghouse.
- f) Menetapkan waktu normal berdasarkan performance kerja operator dengan menggunakan rumus:

$$\text{-----} \quad (4)$$

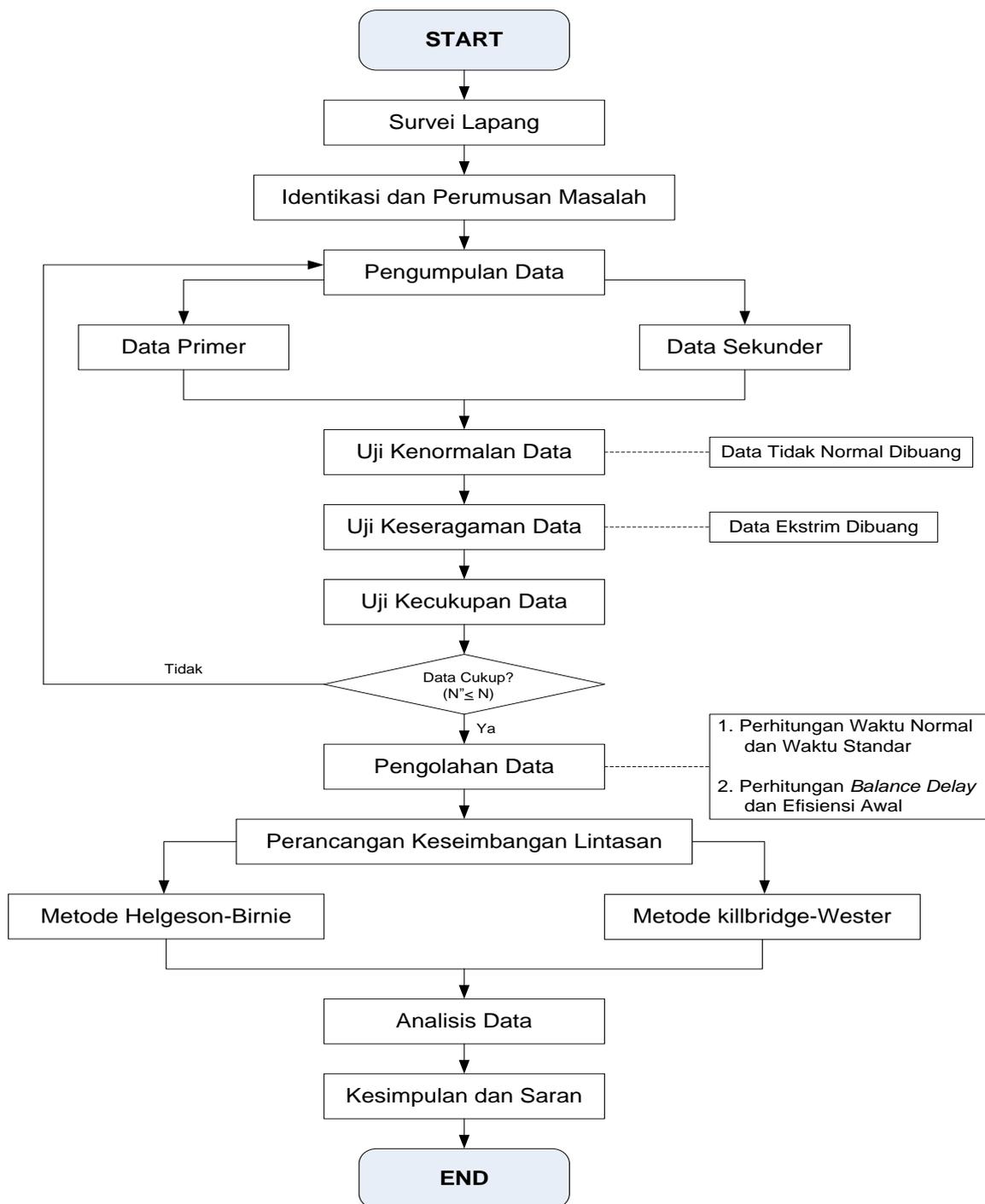
- g) Menetapkan waktu longgar dengan memperhatikan tiga faktor, yaitu personal allowance, fatigue allowance, dan delay allowance guna memberikan fleksibilitas pada kerja operator.
- h) Menetapkan waktu standar kerja dengan memperhitungkan allowance time dan performance rating. Perhitungan waktu standar menggunakan rumus:

2) Perancangan Keseimbangan Lintasan Produksi

- a) Membuat *precedence diagram* untuk menggambarkan proses produksi dari awal sampai akhir.
- b) Menghitung waktu siklus (*cycle time*) menggunakan rumus:
$$\text{Cycle Time} = \frac{\text{Total Demand}}{\text{Production Rate}}$$
 (6)
- c) Menghitung *balance delay* menggunakan rumus:
$$\text{Balance Delay} = \frac{\text{Total Demand} - \text{Production Rate} \times \text{Number of Stations}}{\text{Production Rate}}$$
 (7)
- d) Menghitung efisiensi kerja menggunakan rumus:
$$\text{Efficiency} = \frac{\text{Production Rate} \times \text{Number of Stations}}{\text{Total Demand}}$$
 (8)
- e) Pengelompokan operasi kerja dan stasiun kerja dengan menggunakan metode *Ranked Possitional Weight* (Helgeson-Birnie) dan *Region Approach* (Killbridge-Wester)
- f) Penghitungan *balance delay* dan efisiensi setelah dilakukan perancangan keseimbangan lintasan.

Dari hasil pengumpulan dan pengolahan data kemudian dianalisis. Menurut Sawyer (1984), metoda heuristik awal dalam menentukan keseimbangan lintasan dengan langkah-langkah sebagai berikut:

- a. Menganalisis hasil perancangan keseimbangan lintasan produksi menggunakan metode *Ranked Possitional Weight* (Helgeson-Birnie) dan *Region Approach* (Killbridge-Wester)
- b. Analisis terhadap *balance delay* pada lintasan produksi sebelum dan sesudah dilakukan *line balancing*.
- c. Analisis terhadap efisiensi sebelum dan sesudah dilakukan *line balancing*.



Gambar 1. Diagram Alir Metodologi Penelitian

3. Hasil dan Pembahasan

3.1 Pengukuran Waktu Kerja

Pengukuran waktu kerja merupakan aktivitas penelitian kerja yang meliputi teknik pengukuran waktu dan tenaga kerja dalam penyelesaian suatu pekerjaan. Pada dasarnya pengukuran waktu kerja berhubungan dengan usaha untuk menetapkan waktu standar yang dibutuhkan untuk menyelesaikan suatu pekerjaan (Mundel and Danner 1994).

Tabel 1. Hasil Pengukuran Waktu Kerja

Operasi	X_i	S	LCL	UCL	N	N'	PR	WN (detik)	ALL	WS (detik)	Keterangan
O-1	3,98	0,25	3,32	4,64	20	15,47	1,05	4,18	0,33	5,56	Cukup
O-2	3,9	0,26	3,21	4,5	20	15,78	1,05	4,10	0,29	5,28	Cukup
O-3	6,50	0,48	5,24	7,761	20	8,47	1,06	6,89	0,25	8,61	Cukup
O-4	3,05	0,22	2,46	3,65	20	11,57	1,05	3,26	0,35	4,33	Cukup
O-5	24,23	0,07	24,06	24,41	20	0,02	1	24,23	0,05	25,44	Cukup
O-6	3,54	0,13	3,19	3,90	20	4,35	1	3,54	0,05	3,72	Cukup
O-7	15,54	0,21	14,99	16,10	20	0,48	1	15,54	0,05	16,32	Cukup
O-8	18,25	0,05	18,12	18,38	20	0,04	1	18,25	0,05	19,16	Cukup
O-9	10,34	0,11	10,04	10,64	20	0,39	1	10,34	0,05	10,86	Cukup
O-10	290,53	0,14	290,16	290,89	20	0,01	1	290,53	0,05	305,05	Cukup
O-11	600	0	600	600	20	0	1	600	0,05	630	Cukup
O-12	15,26	0,05	15,12	15,39	20	0,05	1	15,26	0,05	16,02	Cukup
O-13	10,48	0,03	10,39	10,56	20	0,05	1	10,48	0,05	11	Cukup
O-14	15,38	0,01	15,15	15,15	20	0,05	1	15,38	0,05	16,15	Cukup
O-15	36,55	0,07	36,42	36,67	20	0,01	1	36,55	0,05	38,38	Cukup
O-16	3,71	0,11	3,42	4,01	20	1,53	1	3,71	0,05	3,90	Cukup
O-17	2,39	0,10	2,12	2,66	20	2,26	1,08	2,58	0,29	3,33	Cukup
O-18	1,94	0,08	1,72	2,17	20	8,73	1,05	2,04	0,27	2,59	Cukup
O-19	2,41	0,14	2,03	2,79	20	15,13	1,05	2,53	0,33	3,37	Cukup
O-20	3,78	0,26	3,08	4,47	20	9,54	1,08	4,08	0,26	5,14	Cukup

Hasil pengolahan dan analisis data pengukuran waktu kerja menunjukkan bahwa data sudah seragam karena tidak ada yang keluar atau melebihi batas kontrol. Uji kecukupan data menunjukkan bahwa nilai N' lebih kecil dari N sehingga data penelitian sudah cukup dan bisa dilanjutkan pada penelitian selanjutnya, yaitu perhitungan waktu normal dan waktu standar.

Perhitungan waktu normal membutuhkan data *performance rating* untuk menormalkan kerja operator. Penentuan *performance rating* menggunakan metode *westinghouse* yang memperhatikan 4 faktor, yaitu *skill*, *effort*, *condotion*, dan *consistency*. Dari hasil *performance rating* menghasilkan 1 – 1,08 dari kerja normal dan menunjukkan bahwa kerja operator lebih cepat dari keadaan normal.

Perhitungan waktu standar membutuhkan kelongaran waktu (*allowance time*) sesuai dengan keadaan kerja operator yang sebenarnya. Penentuan *allowance time* dengan memperhatikan 3 faktor, yaitu *personal allowance*, *fatigue allowance*, dan *delay allowance*. Hasil penentuan *allowance time* menunjukkan adanya perbedaan pada masing-masing proses (5%-35%) tergantung dari kondisi kerjanya. Setelah *allowance time* diperoleh kemudian digunakan untuk menghitung waktu standar yang dibutuhkan untuk menyelesaikan suatu pekerjaan.

3.2 Perancangan Keseimbangan Lintasan Produksi

Setelah mendapatkan waktu standar dari semua proses, langkah selanjutnya adalah membuat perancangan keseimbangan lintasan produksi. Perancangan keseimbangan lintasan produksi digunakan untuk meminimalkan balance delay dan memaksimalkan efisiensi kerja.

3.3 Penentuan Waktu Siklus

Waktu siklus adalah waktu yang dibutuhkan lintasan produksi untuk membuat satu unit produk. Perusahaan memproduksi pupuk fosfat 670 karung/hari (8 jam kerja/hari).

(9)

Jadi waktu siklus yang diperoleh untuk menghasilkan suatu produk adalah 42,99 detik. Waktu siklus ini dapat digunakan untuk menentukan *balance delay*. Pada penelitian ini didapatkan waktu operasi di salah satu stasiun lebih besar dari waktu siklus produksi yaitu 600 detik. *Balance Delay* ditentukan dengan menggunakan waktu siklus terbesar dari setiap stasiun kerja (600 detik).

3.4 Perhitungan Balance Delay dan Efisiensi Kondisi Awal

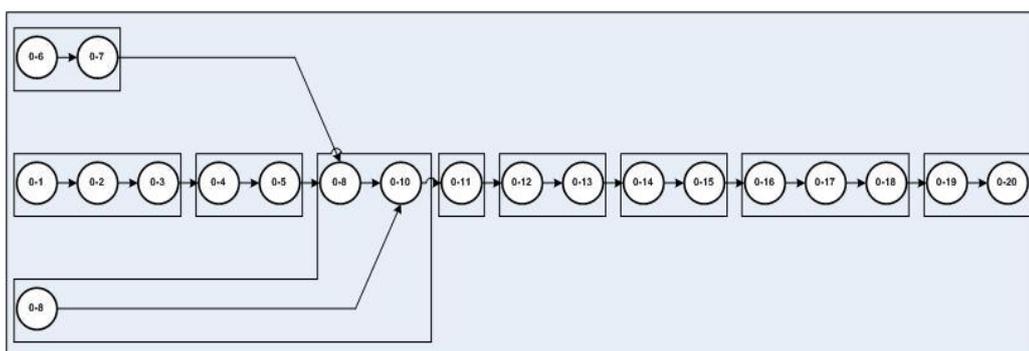
Pada kondisi awal dimana perusahaan belum menerapkan keseimbangan lintasan produksi terdapat 9 stasiun kerja yang disajikan pada Gambar 2. Langkah selanjutnya adalah menghitung *balance delay* dan efisiensi pada kondisi awal, yaitu sebagai berikut:

$$\begin{aligned} N &= 9 \text{ stasiun kerja} \\ TC &= 600 \text{ detik} \\ \sum Te_i &= 1071,75 \text{ detik} \end{aligned}$$

(10)

(11)

Dari hasil perhitungan ini didapatkan nilai *balance delay* yang tinggi sehingga menghasilkan nilai efisiensi yang sangat rendah. Hal ini disebabkan masih belum adanya keseimbangan antara stasiun satu dengan yang lainnya, sehingga perlu adanya pengaturan jumlah stasiun kerja agar *balance delay* semakin rendah dan efisiensi semakin meningkat.



Gambar 2. Precedence Diagram Stasiun Kerja Awal

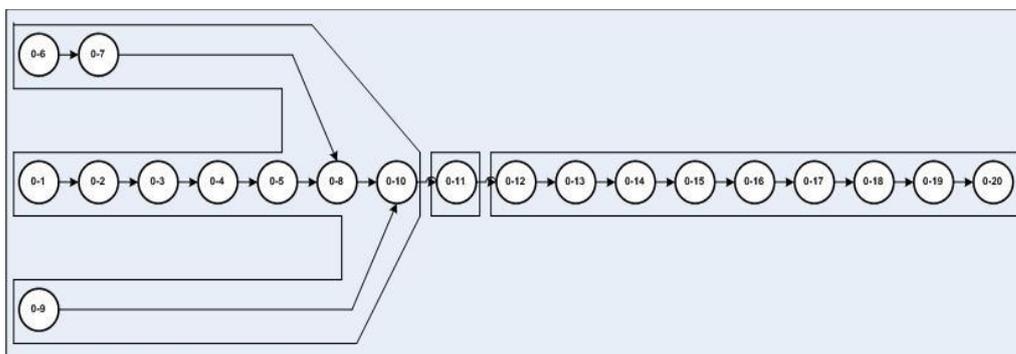
3.5 Pengelompokan Operasi Kerja Ke Dalam Stasiun Kerja dengan Menggunakan Metode Ranked Positional Weight (Helgeson-Birnie)

Pengelompokan operasi-operasi kerja ke dalam stasiun kerja dengan menggunakan metode ini berdasarkan atas bobot posisi yaitu ditentukan dari waktu penyelesaian elemen aktivitas yang mengikutinya. Dari bobot posisi yang telah diperoleh, maka pengelompokan elemen kerja dalam stasiun kerja dapat dilakukan dengan memperhatikan prasyarat *precedence diagram* yang menyatakan bahwa jumlah waktu kerja dalam stasiun tertentu tidak boleh

melebihi waktu siklus yang telah ditetapkan (Bedworth & Barley, 1987). Dari hasil perancangan keseimbangan lintasan dengan menggunakan metode *Ranked Positional Weight* (Helgeson-Birnie) terdapat pengurangan jumlah stasiun kerja. Stasiun kerja yang awalnya ada 9 berkurang menjadi 3 stasiun kerja. Hasil perancangan keseimbangan lintasan menggunakan metode Helgeson-Birnie dapat dilihat pada Gambar 3. Perhitungan *balance delay* dan efisiensi setelah dilakukan perancangan keseimbangan lintasan adalah sebagai berikut:

$$\text{-----} \quad (12)$$

$$\text{-----} \quad (13)$$



Gambar 3. *Precedence Diagram* Stasiun Kerja Awal

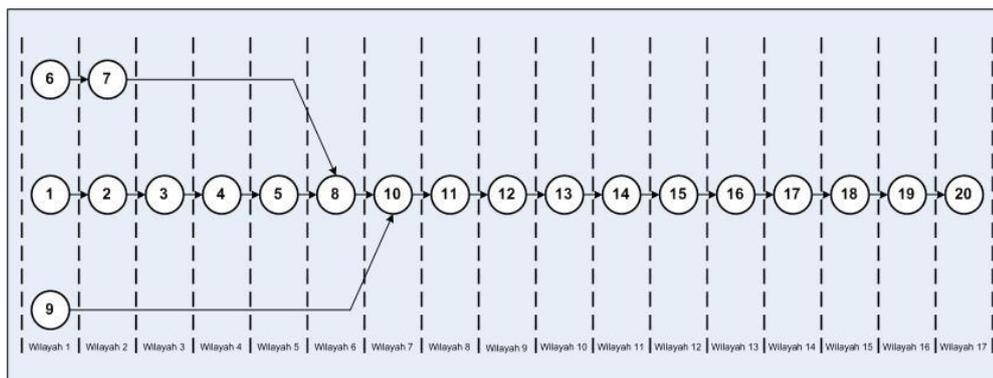
3.6 Pengelompokan Operasi Kerja Ke Dalam Stasiun Kerja Dengan Menggunakan Metode *Region Approach* (Killbridge-Wester)

Pengelompokan operasi-operasi kerja ke dalam stasiun kerja dengan menggunakan metoda ini berdasarkan atas pendekatan wilayah yaitu ditentukan atas pembagian wilayah operasi pada *precedence diagram*. Dari pembagian wilayah yang telah dilakukan, maka pengelompokan elemen kerja dalam stasiun kerja dapat dilakukan dengan memperhatikan prasyarat *precedence diagram* yang menyatakan bahwa jumlah waktu kerja dalam stasiun tertentu tidak boleh melebihi waktu siklus yang telah ditetapkan.

Dari hasil perancangan keseimbangan lintasan dengan menggunakan metode *Region Approach* (Killbridge-Wester) juga terdapat pengurangan jumlah stasiun kerja. Stasiun kerja yang awalnya ada 9 berkurang menjadi 3 stasiun kerja. Hasil perancangan keseimbangan lintasan menggunakan metode Killbridge-Wester dapat dilihat pada Gambar 4. Perhitungan *balance delay* dan efisiensi setelah dilakukan perancangan keseimbangan lintasan adalah sebagai berikut:

$$\begin{aligned} BD &= \frac{N.Tc - \sum T_{ei}}{N.Tc} \times 100\% \\ &= \frac{3 \times 600 - 1071,75}{3 \times 600} \times 100\% \\ &= 40\% \end{aligned} \quad (14)$$

$$\begin{aligned} Efisiensi &= 1 - 40\% \\ &= 60\% \end{aligned} \quad (15)$$



Gambar 4. Precedence Diagram Metode Region Approach

3.7 Analisis Sebelum dan Sesudah Dilakukan Perancangan Keseimbangan Lintasan Produksi

Sebelum dilakukan perancangan keseimbangan lintasan produksi, PT Madura Guano Industry memiliki 9 stasiun kerja pada proses produksi pupuk posfat, serta memiliki *balance delay* sebesar 80% dan efisiensi sebesar 20%. Langkah selanjutnya adalah melakukan perancangan keseimbangan lintasan produksi dengan cara manual menggunakan dua metode, yaitu *Ranked Possitional Weight* (Helgeson-Birnie) dan *Region Approach* (Killbridge-Wester).

Kedua metode ini sama-sama menghasilkan perubahan, yaitu metode *Ranked Possitional Weight* (Helgeson-Birnie) memiliki pengurangan stasiun kerja dari 9 menjadi 3 stasiun kerja, dan menghasilkan *balance delay* dari 80% turun menjadi 40% dan menghasilkan efisiensi yang meningkat dari 20% menjadi 60%. Metode *Region Approach* (Killbridge-Wester) juga memiliki pengurangan stasiun kerja dari 9 menjadi 3 stasiun kerja, dan menghasilkan *balance delay* dari 80% turun menjadi 40% dan menghasilkan efisiensi yang meningkat dari 20% menjadi 60%. Tabel 2 menampilkan kondisi antara sebelum dan sesudah dilakukan perancangan keseimbangan lintasan.

Tabel 2. Perbandingan Sebelum dan Sesudah Dilakukan Perancangan/Perbaikan

Pengukuran	<i>Ranked Possitional Weight</i>		<i>Region Approach</i>	
	Sebelum	Sesudah	Sebelum	Sesudah
Stasiun kerja	9	3	9	3
<i>Balance delay</i>	80%	40%	80%	40%
Efisiensi	20%	60%	20%	60%

Hasil penelitian ini masih memiliki efisiensi yang kurang optimal, karena ada salah satu stasiun kerja (proses pengeringan pupuk posfat) yang memiliki waktu siklus yang sangat besar, yaitu sebesar 600 detik. Waktu siklus ini masih belum bisa diperkecil karena berkaitan dengan proses pengeringan. Proses pengeringan sangat berkaitan dengan kadar air pada suatu bahan, apabila pengeringan terlalu cepat maka kadar air yang terkandung di dalamnya masih banyak, sehingga kualitas bahan yang dihasilkan kurang baik dan dapat menyebabkan kerugian perusahaan karena banyak produk yang rusak (Earle, 1983).

4. Kesimpulan dan Saran

Kesimpulan yang dapat diambil dari penelitian ini adalah sebagai berikut:

1. Perancangan keseimbangan lintasan produksi dengan menggunakan dua metode keseimbangan lintasan (Helgeson-Birnie dan Killbridge-Wester) sama-sama menghasilkan pengurangan jumlah stasiun kerja dari 9 menjadi 3 stasiun kerja, sehingga menghasilkan penurunan *balance delay* sebesar 40% (80% menjadi 40%).

2. Perancangan keseimbangan lintasan produksi dengan menggunakan dua metode keseimbangan lintasan menghasilkan peningkatan efisiensi kerja sebesar 40% (20% menjadi 60 %), sehingga proses produksi semakin optimal karena efisiensi kerja semakin meningkat.

Melalui hasil penelitian ini maka perlu dilakukan pengembangan lebih lanjut mengenai tata letak fasilitas dan pengaturan waktu siklus pada setiap stasiun kerja, khususnya pengurangan waktu pada proses pengeringan. Pengurangan waktu proses pengeringan dilakukan dengan tetap memperhatikan kualitas produk yang baik, sehingga proses produksi lebih optimal karena peningkatan efisiensi dan penurunan *balance delay*.

Daftar Pustaka

- Baroto T. (2002). *Perencanaan dan Pengendalian Produksi*. Jakarta: Ghalia Indonesia
- Bedworth DD and Barley JE. (1987). *Integrated Production Control Systems*. Canada: Published Simultaneously
- Earle RL. (1983). *Unit Operation in Food Processing*. Second edition. U.K.: Pergamon Press
- Mundel ME and Danner DL. (1994). *Motion and Time Study Improving Productivity*. New Jersey: Prentice Hall
- Nasution AH. (1999). *Perencanaan dan Pengendalian Produksi*. Edisi Pertama Jakarta: Guna Widya
- Purnama J. (2008). Perancangan Sistem Keseimbangan Lintasan Produksi Untuk Mengurangi *Balance Delay* Guna Meningkatkan *Output* Produksi. In: *Prosiding Seminar Nasional Manajemen Teknologi VIII*; 2008 Agustus 2; Surabaya, Indonesia. Laboratorium Sistem Produksi. A-36-10.
- Sawyer JFH. (1984). *Line Balancing*. London: The Machinery Publishing Co. Ltd
- Sutalaksana IZ. 1979. *Teknik Tata Cara Kerja*. Bandung: Institut Teknologi Bandung
- Telsang M. (2005). *Industrial Engineering and Production Management*. New Delhi: S. Chand & Company Ltd
- Wignjosoebroto S. (2008). *Ergonomi, Studi Gerak dan Waktu*. Surabaya: Guna Widya