

MENGURANGI KETERLAMBATAN WAKTU PRODUKSI MENGUNAKAN *LINE BALANCING* PADA SEKTOR KONSTRUKSI JALAN TOL

Tasya Regina¹, Julliete Angel Luin², Glisina Dwinoor Rembulan³

^{1,2}. Teknik Industri, Universitas Bunda Mulia
Jl. Lodan Raya No. 2 Ancol, Jakarta Utara, Indonesia

¹tasyaregina441@gmail.com

²jullieteluin@gmail.com

³grembulan@bundamulia.ac.id

ABSTRAK

Keterlambatan dalam pembangunan proyek jalan tol Desari menyebabkan pembengkakan biaya hingga 2 kali lipat, yaitu dari Rp 2,515 triliun menjadi Rp 4,767 triliun. Faktor keterlambatan proyek jalan tol Desari disebabkan karena adanya pembagian beban kerja yang tidak merata. Pembagian beban kerja yang tidak merata mengakibatkan waktu mengaggur yang lama sehingga terjadi penumpukan barang pada aliran produksi. Tujuan dari penelitian ini adalah untuk mengurangi keterlambatan waktu produksi girder pada proyek jalan tol Desari menggunakan metode *Line Balancing*. Metode *Line Balancing* merupakan metode yang digunakan untuk menyeimbangkan pembagian beban kerja pada satu lini produksi sehingga setiap stasiun kerja mendapatkan beban kerja yang seimbang. Metode ini digunakan untuk mengefisiensi lintasan produksi girder yang digunakan untuk proyek jalan tol Desari. Hasil pengolahan data setelah menerapkan metode *line balancing* diperoleh perampingan stasiun dari 7 stasiun menjadi 5 stasiun, efisiensi lintasan sebesar 64%, keseimbangan keterlambatan sebesar 36%, jumlah *output* yang dihasilkan meningkat menjadi 3 unit girder per produksi, dan menurunkan *idle time* menjadi 270 menit.

Kata Kunci: Keterlambatan, keseimbangan beban kerja, *line balancing*, efisiensi lintasan

ABSTRACT

Delays in the development of the Desari toll road project have caused the cost to double by more than Rp 2.515 trillion to Rp 4.767 trillion. The delay factor of the Desari toll road project was caused by the uneven distribution of workloads. Uneven distribution of workloads results in a long run time resulting in the accumulation of goods in the production flow. The purpose of this study is to reduce the delay in the time of girder production in the Desari toll road project using the Line Balancing method. The Line Balancing method is a method used to balance the distribution of workload on one production line so that each work station gets a balanced workload. This method is used to streamline the girder production line used for the Desari toll road project. The results of data processing after applying the line balancing method obtained streamlining stations from 7 stations to 5 stations, track efficiency by 64%, balance delays by 36%, the amount of output produced increased to 3 units of girders per production and reduced idle time to 270 minutes.

Keywords: Delay, workload balance, line balancing, line efficiency

PENDAHULUAN

Transportasi dan distribusi merupakan proses pemindahan produk dari satu lokasi ke lokasi lainnya (Nurprihatin & Tannady, 2018). Pada bidang transportasi, pembangunan jalan tol menjadi salah satu prioritas pemerintah. Hal ini tercantum dalam Peraturan Presiden Nomor 56 Tahun 2018 tentang Percepatan Pelaksanaan Proyek Strategis Nasional dengan mempercepat 65 ruas tol sebagai proyek strategis (Perubahan Kedua Atas Peraturan Presiden Nomor 3 Tahun 2016 Tentang Percepatan Pelaksanaan Proyek Strategis Nasional, 2018). Lebih lanjut

terdapat 51 ruas dari target 65 ruas jalan tol yang termasuk ke dalam Proyek Strategis Nasional (PSN). JABODETABEK merupakan wilayah dengan ruas jalan tol terbanyak, yaitu 18 ruas yang termasuk ke dalam PSN (Simorangkir, 2019). Ruas tol Depok-Antasari (Tol Desari) merupakan ruas tol wilayah JABODETABEK yang termasuk ke dalam PSN.

Beberapa penelitian sebelumnya telah membahas faktor efisiensi berbagai moda transportasi dan berbagai jenis komoditas. Efisiensi dapat diperoleh dengan menentukan

tempat Pusat Distribusi (*Distribution Center*) yang tepat (Nurprihatin, 2016a). Penelitian sebelumnya membahas tentang efektivitas dan efisiensi distribusi beras dengan moda transportasi truk (Nurprihatin & Tannady, 2018), dan darah (Nurprihatin, Elnathan, Rumawan, & Regina, 2019). Jenis moda transportasi pipa untuk komoditas gas alam juga telah dibahas (Nurprihatin, Octa, et al., 2019). Artikel ini membahas tentang jalan tol sebagai proyek strategis pemerintah.

Dalam pengerjaan proyek jalan tol, perlu memperhatikan dari berbagai segi kualitas dan biaya. Kualitas yang baik harus mampu menjawab kebutuhan pengguna jalan tol sekaligus dengan biaya yang dapat ditekan. Jika kualitas produk/jasa yang disampaikan kepada konsumen melebihi dari ekspektasi, maka dapat dikatakan luar biasa (Tannady, Nurprihatin, & Hartono, 2018). Terkadang terdapat tarik-ulur (*trade-off*) antara kualitas dan biaya. Kualitas yang baik cenderung memerlukan biaya yang mahal, begitu pula dengan biaya yang murah maka hanya produk yang berkualitas rendah dapat dicapai.

Kualitas dari pengerjaan proyek jalan tol bisa dilihat dari keterlambatan yang terjadi. Isu keterlambatan diselesaikan dengan meminimalkan waktu pengerjaan (*makespan*) (Nurprihatin, 2016b). Keterlambatan proyek jalan tol dapat disebabkan berbagai faktor. Progres konstruksi dari pembaguan tahap IIA dari target 86,85% hingga tahun 2018 baru mencapai 61,79% atau dapat dikatakan mengalami deviasi 25,06% dan pembengkakan biaya hingga 2 kali lipat dari Rp 2,515 triliun menjadi Rp 4,767 triliun (Prabowo, 2018). Secara garis besar, keterlambatan digolongkan menjadi 2 kelompok, yaitu keterlambatan yang dapat ditoleransi (*excuseable delay*) dan keterlambatan yang tidak dapat ditoleransi (*nonexcuseable delay*) (Levy, 2007). Keterlambatan yang tidak dapat ditoleransi merupakan kesalahan yang sepenuhnya tanggung jawab dari kontraktor.

Pembagian beban kerja yang tidak merata merupakan faktor yang menyebabkan keterlambatan konstruksi yang tidak dapat ditoleransi. Pembagian beban kerja yang tidak merata mengakibatkan waktu menganggur

yang lama sehingga terjadi penumpukan barang pada aliran produksi (*bottleneck*) (Indrawan, Luh, & Hariastuti, 2014). Selain itu, hal ini menyebabkan efisiensi kerja yang rendah dan jumlah hasil produksi tidak optimal.

Terdapat berbagai metode yang digunakan untuk menyelesaikan masalah keterlambatan. *Lean Six Sigma* merupakan metode yang digunakan untuk meminimalkan waktu pengiriman produk dari gudang barang jadi ke distributor (Gasperz & Fontana, 2017). *Lean distribution* digunakan untuk menganalisis faktor pemborosan dengan detail guna mengimplementasikan perbaikan berkelanjutan (Henao, Sarache, & Gómez, 2019). Selain itu, metode *Campbell, Dudek, and Smith Algorithm* digunakan untuk mempersingkat waktu penyelesaian pengerjaan (Risa, Helmi, & Aritonang, 2015).

Line balancing (LB) dapat mengurangi waktu keterlambatan, meningkatkan efisiensi lini, dan mengoptimalkan jumlah produksi. LB menyeimbangkan beban kerja dengan menggabungkan dua atau lebih stasiun kerja yang mengalami penumpukan barang. Penerapan LB dapat meningkatkan efisiensi stasiun hingga 76,1%, menurunkan waktu keterlambatan hingga 53% dari kondisi awal, dan jumlah produksi yang meningkat sebanyak 9,25% (Dharmayanti & Marliansyah, 2019; Indrawan et al., 2014; Susetyo, Sodikin, & Nugroho, 2018).

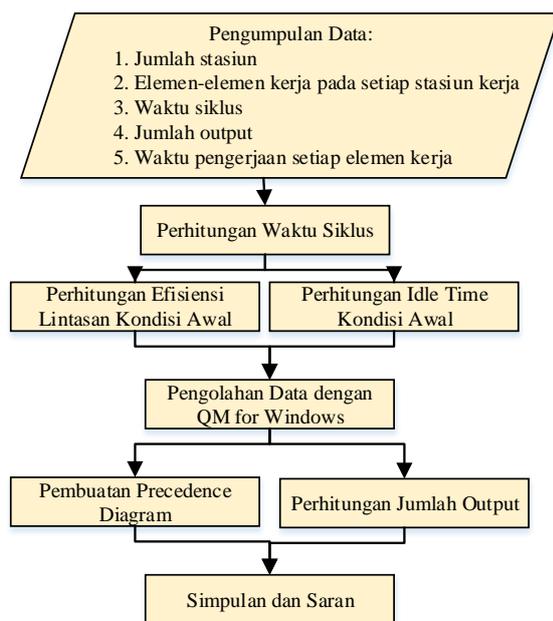
Penelitian ini meninjau masalah pembagian beban kerja yang tidak seimbang dengan metode LB pada proses produksi girder. Metode LB diharapkan dapat menyeimbangkan pembagian beban kerja pada proses produksi girder sehingga meningkatkan efisiensi, mengurangi keterlambatan, dan meningkatkan jumlah produksi.

METODE PENELITIAN

Tahapan dari penelitian ini dimulai dengan mengumpulkan data. Adapun data yang diperoleh dari hasil observasi adalah jumlah stasiun kerja, elemen-elemen kerja pada setiap stasiun, waktu siklus, jumlah output, dan waktu pengerjaan setiap elemen kerja. Selanjutnya dilakukan perhitungan waktu

siklus, perhitungan efisiensi lintasan kondisi awal, perhitungan *idle time* kondisi awal, pengolahan data dengan aplikasi QM for windows, perhitungan jumlah *output*, dan penggambaran *precedence diagram*.

Objek yang menjadi penelitian ini adalah keseimbangan lintasan produksi dan beban kerja pada proses produksi girder. Pengumpulan data yang dilakukan adalah pengumpulan data primer dengan melakukan observasi langsung ke lapangan. Selain itu, data primer didapatkan dengan melakukan wawancara langsung dengan *project manager* dari PT. Girder Indonesia.



Gambar 1 Flowchart Penelitian

HASIL DAN PEMBAHASAN

Perhitungan Waktu Siklus

Perhitungan waktu siklus dimulai dengan dengan merincikan elemen-elemen kerja pada setiap stasiun. Tabel 1 merupakan data waktu pada setiap stasiun kerja dan Tabel 2 merupakan data waktu untuk elemen-elemen kerja pada keseluruhan lini kerja.

Tabel 1. Jumlah Stasiun dan Waktu Per Stasiun

No	Stasiun	Waktu (menit)
1	Pemotongan	90
2	Bending	70
3	Perakitan	40
4	Setting	20
5	Pengecoran	50
6	Pengeringan	200
7	Stockyard	10

Tabel 2. Waktu Per Elemen Kerja

No	Elemen Kerja	Waktu (menit)	Predecessors
A	Memindahkan besi ke mesin pemotong	20	-
B	Memotong besi	25	A
C	Memindahkan besi dari Cutting ke Bending	49	B
D	Memindahkan besi ke mesin bending	25	C
G	Membengkokkan besi	49	-
E	Memindahkan besi dari bending ke perakitan	15	D
F	Memindahkan besi dari gudang ke perakitan	10	E
H	Merakit besi segmental	4	F
I	Merakit besi untuk rangka girder	15	H
J	Pembersihan <i>molding</i>	10	I
K	Peminyakan <i>molding</i>	5	J
L	Setting <i>molding bed girder</i>	8	K
M	Pengencangan baut, baji, dan <i>bracing</i>	6	L
N	Memasang dinding <i>Molding</i> satu sisi	5	M
O	Membawa kerangka girder ke stasiun pengecoran	8	N
P	Setting pembesian	5	O
Q	Setting tendon	5	P
R	Penutupan <i>molding</i>	4	Q
S	Pengecoran	50	R
T	Menunggu cor kering	150	S
U	Pembukaan <i>molding</i>	2	T
V	Memindahkan produk jadi ke bagian <i>stocking</i>	10	U

Berdasarkan hasil observasi ke lapangan, diketahui jumlah jam kerja per hari pada pekerjaan konstruksi adalah 8 jam atau 480 menit dengan jumlah produk standar yang harus dihasilkan adalah 6 buah girder dalam sehari, sedangkan jumlah aktual produksi girder dalam satu kali siklus produksi adalah 2 buah girder. Berdasarkan data-data yang dipaparkan, maka didapatkan waktu siklus seharusnya, yaitu:

$$W_s = \frac{480}{6} = 80 \text{ menit}$$

Perhitungan waktu siklus menunjukkan bahwa ada elemen kerja yang menghabiskan waktu lebih dari 80 menit. Hal ini menunjukkan bahwa ada beban kerja pada lini produksi yang tidak seimbang.

Perhitungan Efisiensi Lintasan

Perhitungan efisiensi lintasan sebelum dilakukan penyeimbangan beban kerja dengan metode LB, yaitu:

$$\text{Efisiensi Lintasan} = \frac{480}{7 \times 150} = 45,7\%$$

Berdasarkan hasil pengolahan efisiensi lintasan, didapatkan nilai keterlambatan keseimbangan, yaitu 54,3%

Perhitungan Idle Time

Perhitungan waktu menganggur pada kondisi awal lintasan adalah sebagai berikut:

$$\text{Idle Time} = (7 \times 150) - 480 = 570 \text{ menit}$$

Pengolahan Data dengan QM for Windows

Perhitungan LB dilakukan menggunakan aplikasi QM for Windows dengan memasukan seluruh data waktu elemen kerja. Berdasarkan hasil pengolahan data yang dilakukan, didapatkan hasil waktu siklus adalah 150, waktu menunggu sebesar 270 menit/siklus. Diperoleh efisiensi sebesar 64% dan keterlambatan keseimbangan sebesar 36%.

Pengalokasian stasiun kerja setelah dilakukan LB, yaitu terjadi perampingan jumlah stasiun kerja. Total waktu yang diperlukan untuk satu kali produksi adalah 480 menit atau 8 jam. Tabel 3 memaparkan jumlah stasiun kerja dan statistik lainnya.

Perhitungan Jumlah Output

Setelah pengolahan data dengan aplikasi yang menghasilkan pembagian beban kerja yang paling efisien dan optimal pada setiap stasiun kerja. Selanjutnya, dilakukan perhitungan jumlah output yang dapat dihasilkan saat lini telah seimbang dalam satu siklus produksi adalah:

$$\text{Jumlah Output} = \frac{480}{150} = 3.2 \approx 3 \text{ unit}$$

Tabel 3. Hasil Pengolahan Data dengan QM for Windows

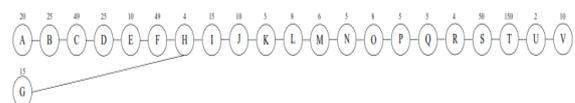
Station	Task	Time (Minutes)	Time Left (Minutes)	Ready Tasks
				A,G
1	A	20		G,B
	B	25		G,C
	C	49		G,D
	D	25		G,E

Station	Task	Time (Minutes)	Time Left (Minutes)	Ready Tasks
2	G	10		E
	E	49		F
	F	15		H
	H	4		I
	I	15		J
	J	10		K
	K	5	138	L
	L	8		M
	M	6		N
	N	5		O
	O	8		P
	P	5		Q
	Q	5		R
R	4		S	
3	S	50		T
4	T	150		U
5	U	2		V
	V	10		

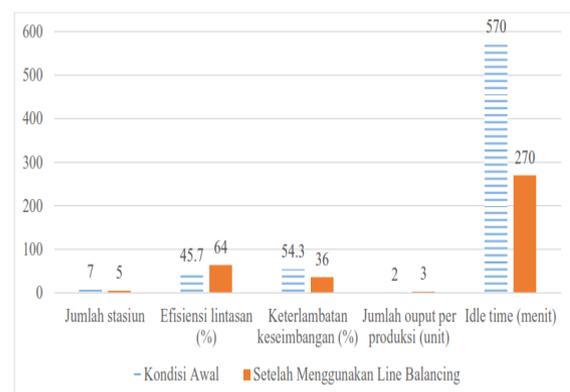
Summary Statistics		
Cycle time	150	Minutes
Min (theoretical) # of stations	4	
Actual # of stations	5	
Idle time (allocated-needed)	270	Minutes/cycle
Efficiency (needed/allocated)	64%	
Balance Delay (1-efficiency)	36%	

Tabel 4. Jumlah Stasiun dan Total Waktu Kerja

Stasiun	Waktu (Menit)
1	129
2	139
3	50
4	150
5	12
Total	480



Gambar 2 Precedence Diagram Pengerjaan Girder



Gambar 3 Perbandingan Hasil Pengolahan Data Kondisi Awal dan Usulan

Berdasarkan hasil pengolahan LB, terjadi peningkatan jumlah unit dalam satu kali produksi dari 1 unit girder menjadi 3 unit girder.

Precedence Diagram (PD)

Penggambaran urutan kerja menggunakan PD dimaksudkan untuk memperjelas langkah-langkah pekerjaan dalam pembuatan girder. Gambar 2 memaparkan PD dan waktu yang diperlukan untuk setiap urutan pengerjaan girder.

Berdasarkan hasil pengolahan data sebelum dan sesudah menggunakan *line balancing* dipaparkan oleh Gambar 3, dapat diketahui bahwa kondisi awal terdapat 7 stasiun kerja, setelah dilakukan penyeimbangan lini produksi, hanya terdapat 5 stasiun kerja. Oleh karena itu, efisiensi mengalami kenaikan sebesar 16,3% dan keterlambatan keseimbangan mengalami penurunan sebesar 18,3%. Jumlah *output* mengalami peningkatan menjadi 3 unit per produksi dan waktu menganggur berkurang sebanyak 300 menit.

SIMPULAN DAN SARAN

Berdasarkan pengolahan data yang telah dilakukan dapat disimpulkan bahwa metode LB telah berhasil mengefisieni jalannya produksi. Hasilnya yaitu, waktu tunggu 270 menit, efisiensi lintasan sebesar 64%, keterlambatan keseimbangan sebesar 36%, dan jumlah *output* produk sebanyak 3 unit girder per produksi. PD pada pengerjaan girder digambarkan untuk memperjelas urutan dan waktu yang dibutuhkan untuk setiap elemen kerja.

Penelitian selanjutnya dapat melakukan beberapa tahapan atau metode penyelesaian masalah. Tahapan pengolahan data yang dapat digunakan adalah uji kecukupan data, uji keseragaman data. Metode kerja dapat dikembangkan dengan mengkombinasikan LB dan metode lain, seperti *lean six sigma* (Nurprihatin, Yulita, & Caesaron, 2017), dan *kaizen* agar terjadi perbaikan yang berkelanjutan (*continuous improvement*) (Tannady, Gunawan, Nurprihatin, & Wilujeng, 2019). Perbaikan berkelanjutan dapat dilihat dari segi motivasi kerja (Tannady, Erlyana, & Nurprihatin, 2019).

Ketika jalan tol ini sudah dibangun, maka analisis perawatan dapat dilakukan sebagai analisis lanjutan (Nurprihatin, Angely, & Tannady, 2019).

DAFTAR PUSTAKA

- Dharmayanti, I., & Marliansyah, H. (2019). Perhitungan Efektifitas Lintasan Produksi Menggunakan Metode Line Balancing, *01*, 43–54. <https://doi.org/10.30988/jmil.v3il.63>
- Gasperz, V., & Fontana, A. (2017). *Lean Six Sigma for Manufacturing and Service Industries*. Bogor: Vinchristo Publication.
- Henao, R., Sarache, W., & Gómez, I. (2019). Lean manufacturing and sustainable performance: Trends and future challenges. *Journal of Cleaner Production*, *208*, 99–116. <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2018.10.116>
- Indrawan, Y., Luh, N., & Hariastuti, P. (2014). Minimalisasi Bottleneck Proses Produksi Dengan Menggunakan Metode Line Balancing. *Jurnal Itats*, *6*(1).
- Levy, S. M. (2007). *Project Management in Construction* (5th ed.). New York: McGraw-Hill.
- Nurprihatin, F. (2016a). Penentuan pusat distribusi ritel dengan analisis k-means clustering (studi kasus PT. XYZ di kalimantan). In *Seminar Nasional Teknologi dan Sains (SNTS) II* (hal. TI-10-TI-19). Jakarta: Fakultas Teknik, Universitas Tarumanagara.
- Nurprihatin, F. (2016b). Penentuan ukuran batch pada batch processor untuk meminimasi makespan. *Jurnal Metris*, *17*, 43–50.
- Nurprihatin, F., Angely, M., & Tannady, H. (2019). Total productive maintenance policy to increase effectiveness and maintenance performance using overall equipment effectiveness. *Journal of Applied Research on Industrial Engineering*, *6*(3), 184–199. <https://doi.org/10.22105/jarie.2019.199037.1104>
- Nurprihatin, F., Elnathan, R., Rumawan, R. E., & Regina, T. (2019). A distribution strategy using a two-step optimization to maximize blood services considering stochastic travel times. In *IOP Conference Series: Materials Science and Engineering* (Vol. 650). Jakarta: IOP Publishing Ltd. <https://doi.org/10.1088/1757-899X/650/1/012043>
- Nurprihatin, F., Octa, A., Regina, T., Wijaya, T., Luin, J., & Tannady, H. (2019). The extension analysis of natural gas network location-routing design through the feasibility study. *Journal of Applied Research on Industrial Engineering*, *6*(2), 108–124. <https://doi.org/10.22105/jarie.2019.174164.1>

082

- Nurprihatin, F., & Tannady, H. (2018). An integrated transportation models and savings algorithm to minimize distribution costs. In *Proceeding of the 1st Asia Pacific Conference on Research in Industrial and Systems Engineering*. Depok: Department of Industrial Engineering Universitas Indonesia.
- Nurprihatin, F., Yulita, N. E., & Caesaron, D. (2017). Usulan pengurangan pemborosan pada proses penjahitan menggunakan metode lean six sigma. In *Prosiding Seminar Nasional Akuntansi dan Bisnis* (hal. 809–818). Bandung: Universitas Widyatama.
- Perubahan Kedua Atas Peraturan Presiden Nomor 3 Tahun 2016 Tentang Percepatan Pelaksanaan Proyek Strategis Nasional (2018). Indonesia.
- Prabowo, D. (2018). 5 Fakta Tol Desari, Dimulai sejak 2006 dan Sempat Roboh. Diambil 26 Juli 2019, dari <https://properti.kompas.com/read/2018/09/27/100000121/5-fakta-tol-desari-dimulai-sejak-2006-dan-sempat-roboh?page=all>
- Risa, Helmi, & Aritonang, M. (2015). Perbandingan Metode Campbell Dudek and Smith (CDS) dan Palmer dalam Meminimasi Total Waktu Penyelesaian Studi Kasus: Astra Konveksi Pontianak. *Ilmiah Math. Stat. dan Terapannya*, 04(3), 181–190.
- Simorangkir, E. (2019). Progres Pembangunan Jalan Tol yang Jadi Prioritas Jokowi. Diambil 24 Juli 2019, dari <https://finance.detik.com/infrastruktur/d-4606757/progres-pembangunan-jalan-tol-yang-jadi-prioritas-jokowi>
- Susetyo, J., Sodikin, I., & Nugroho, A. (2018). Pengelompokan Stasiun Kerja Untuk Menyeimbangkan Beban Kerja Dengan Metode Line Balancing, 257–265.
- Tannady, H., Erlyana, Y., & Nurprihatin, F. (2019). Effects of work environment and self-efficacy toward motivation of workers in creative sector in province of Jakarta, Indonesia. *Quality - Access to Success*, 20(172), 165–168.
- Tannady, H., Gunawan, E., Nurprihatin, F., & Wilujeng, F. R. (2019). Process improvement to reduce waste in the biggest instant noodle manufacturing company. *Journal of Applied Engineering Science*, 17(2), 203–212. <https://doi.org/10.5937/jaes17-18951>
- Tannady, H., Nurprihatin, F., & Hartono, H. (2018). Service quality analysis of two of the largest retail chains with minimart concept in Indonesia. *Business: Theory and Practice*, 19, 177–185. <https://doi.org/10.3846/BTP.2018.18>