

Rancangan Perencanaan Produksi Jenis Produk *Make To Order* dengan Pendekatan Simulasi Sistem Dinamik

Ahmad Chirzun¹, Nunung Nurhasanah¹, Tri Anita Utami¹

¹ Program Studi Teknik Industri, Fakultas Sains dan Teknologi, Universitas Al Azhar Indonesia, Komplek Masjid Agung Al Azhar, Jalan Sisingamangaraja, Jakarta, 12110

Penulis untuk Korespondensi/E-mail: ahmadchirzun@uai.ac.id

Abstrak - Perencanaan produksi merupakan strategi jangka menengah yang dapat mengoptimalkan implementasi industri. Produktivitas tinggi menjelaskan bahwa kinerja perencanaan produksi berjalan dengan baik. Penentuan jumlah tenaga kerja yang optimal untuk menghasilkan satu unit produk juga harus dipertimbangkan secara ilmiah dan tidak melalui percobaan atau intuisi sebuah industri. Selain itu, penentuan jumlah kebutuhan material juga harus direncanakan sesuai dengan jumlah pesanan yang diterima industri. Jika jumlah kebutuhan material teridentifikasi, maka industri dapat dengan mudah menentukan biaya produksi untuk memenuhi permintaan agar bisa selesai tepat waktu sesuai dengan waktu yang dijanjikan.

Tujuan umum yang ingin dicapai dalam penelitian ini adalah untuk merancang perencanaan produksi produk sesuai pesanan. Tujuan spesifik dari penelitian ini adalah: (1) Tentukan waktu standar pembuatan satu unit produk dengan metode clock-stop, (2) tentukan jumlah optimal kebutuhan operator di setiap stasiun kerja dengan pendekatan algoritma Lang, dan (3) menentukan prediksi kebutuhan kuantitas material dan biaya produksi dengan pendekatan simulasi sistem yang dinamis.

Hasil penelitian ini adalah: (1) waktu baku untuk membuat satu pintu unit adalah 279,41 menit atau 4,66 jam, (2) Algoritma Penjadwalan Resource yang terbatas dengan metode Lang menunjukkan bahwa waktu yang digunakan untuk membuat satu pintu lebih dari 179,4 menit. Perhitungan Lang menggunakan algoritma menghasilkan waktu penyelesaian produksi lebih cepat dari pada kondisi saat ini dalam jumlah 203,4 menit dan (3) kebutuhan bahan untuk membuat satu pintu adalah: 0,5 kayu lapis 16 mm, 12 mm 0,5 lapis kayu lapis, kayu lapis 18 1,05 mm, dan 0,15 8 lem kuku dan tunas. Biaya yang dibutuhkan untuk menghasilkan satu pintu adalah USD 1,033,287.50 berdasarkan metode simulasi sistem dinamis.

Kata Kunci – Waktu Baku, Penjadwalan Sumber Daya, Biaya, Algoritma Lang, Simulasi Sistem Dinamik

Abstrak – Production planning is a medium-term strategy that can be optimized implementation by the industry. High productivity explains that the performance of production planning has been going well. Determination of the optimal amount of labor to produce one unit of the product must also be considered scientifically and not through trial and error or intuition industry. In addition, the determination of the amount of material needs should also be planned in line with the number of orders received by the industry. If the amount of material needs are identified, then the industry can easily determine the cost of production to meet demand in order to finish on time in accordance with the time promised.

The general objective to be achieved in the research is to design production planning of products make to order. The specific objectives of this study were: (1) Determine the standard time of making one unit of product by the method of clock-stop, (2) determine the optimal number of operator needs at each work station with the approach of Lang's algorithm, and (3)

determine the prediction needs material quantities and costs production with dynamic system simulation approach.

The results of this study are: (1) raw time to make one unit door is 279.41 minutes or 4.66 hours, (2) limited Resource Scheduling Algorithm with Lang's method showed that the time used to make one door is over 179.4 minutes. Lang's calculations using the algorithm generate production turnaround time is faster than the current conditions in the amount of 203.4 minutes and (3) the need for the material to make one door is: 0.5 plywood 16 mm, 12 mm 0.5 plywood, plywood 18 1.05 mm, and 0.15 8 nail glue and shoot. The cost required to produce one door is USD 1,033,287.50 based on the method of simulation of dynamic systems.

Keywords – Time Standard, Resources Scheduling, Cost, Lang's algorithm, Dynamic System Simulation

PENDAHULUAN

Perencanaan produksi merupakan strategi jangka menengah yang dapat dioptimalkan pelaksanaannya oleh industri. Produktivitas yang tinggi menjelaskan bahwa kinerja perencanaan produksi telah berjalan dengan baik. Perencanaan produksi dapat terlaksana dengan baik jika didukung dengan pengambilan keputusan yang tepat. Pengambilan keputusan yang dimaksud adalah menetapkan secara baku waktu proses (*standard time*) yang diperlukan untuk menghasilkan 1 unit produk dengan sejumlah mesin dan operator yang mengoperasikan.

Penentuan jumlah tenaga kerja yang optimal untuk menghasilkan 1 unit produk juga harus diperhitungkan secara ilmiah, bukan melalui cara *trial and error* atau intuisi industri. Selain itu, penentuan jumlah kebutuhan material juga harus direncanakan seiring dengan banyaknya pesanan yang diterima oleh industri. Jika kebutuhan jumlah material teridentifikasi, maka industri dapat dengan mudah menentukan biaya produksi untuk memenuhi permintaan agar selesai tepat waktu sesuai dengan waktu yang dijanjikan.

Adanya penggunaan metode tertentu dalam menyelesaikan permasalahan perencanaan produksi, seperti metode jam henti, Lang's algorithm dan simulasi sistem dinamik, sangat membantu industri dalam mengambil keputusan untuk perencanaan produksi.

TINJAUAN PUSTAKA

Penelitian terdahulu yang pernah dilakukan untuk perencanaan produksi menggunakan

metode jam henti dan Lang's algorithm pada industri kecil menengah bidang Tekstil dan Produk Turunannya [1]. Penelitian ini merancang penjadwalan produksi dengan meningkatkan efisiensi stasiun kerja. Penelitian ini diawali dengan penetapan waktu baku dari masing-masing operasi yang menggunakan pendekatan jam henti, dilanjutkan dengan penjadwalan tenaga kerja yang menggunakan pendekatan Lang's algorithm.

Penelitian terdahulu yang pernah dilakukan terkait dengan penggunaan simulasi sistem dinamik pada industri dengan jenis produksi *make to order*, dilakukan terhadap industri furnitur [2]. Penelitian ini mengusulkan pengembangan strategi perancangan bisnis terkait dengan perbaikan perencanaan produksi industri.

Waktu baku atau waktu standar merupakan waktu yang dibutuhkan oleh seorang pekerja yang memiliki tingkat kemampuan rata-rata untuk menyelesaikan suatu pekerjaan. Waktu standar sudah meliputi faktor penyesuaian dan kelonggaran. [3].

Algoritma Lang [4] digunakan untuk menganalisis kebutuhan sumber daya dalam hal ini sumber daya tenaga kerja dalam perusahaan. Tahapan dalam pengerjaan Algoritma Lang adalah: (1) Urutkan aktifitas berdasarkan *Latest Start Time*, dan (2) Apabila memiliki *Latest Start Time* sama, maka urutkan berdasarkan: kelonggaran waktu terkecil, waktu durasi terpanjang, dan kebutuhan sumber daya terbesar.

Menurut [5] sistem dinamik berhubungan dengan waktu yang sangat tergantung dari bagaimana perilaku mengatur sistem dengan

tujuan yang menggambarkan sistem dan pemahamannya, baik dengan model kualitatif maupun kuantitatif, bagaimana informasi umpan balik mempengaruhi perilaku sistem, dan merancang struktur umpan balik informasi dan mengendalikan kebijakan melalui simulasi dan optimasi. Pemahaman terhadap rangkaian kejadian yang rumit dan berubah menurut waktu, yang terdapat di belakang pola garis hidup bergelombang itu adalah memahami dinamika dari suatu sistem [6]

METODE PENELITIAN

Penelitian ini diawali dengan studi pendahuluan dari penelitian terdahulu yang menggunakan metode pemecahan masalah serupa, tapi untuk industri yang berbeda. Studi pendahuluan akan dilakukan terhadap penelitian yang terkait dengan perencanaan produksi berdasarkan pendekatan Lang's algorithm. Selain itu, studi pendahuluan dilakukan terhadap penelitian yang terkait dengan prediksi perencanaan produksi berdasarkan pendekatan Simulasi sistem dinamik.

Tahapan selanjutnya adalah pengamatan langsung terhadap sistem produksi yang berlaku di industri. Pendeskripsian sistem produksi dalam penelitian ini akan dibuat berdasarkan Peta proses operasi (*operation process chart*).

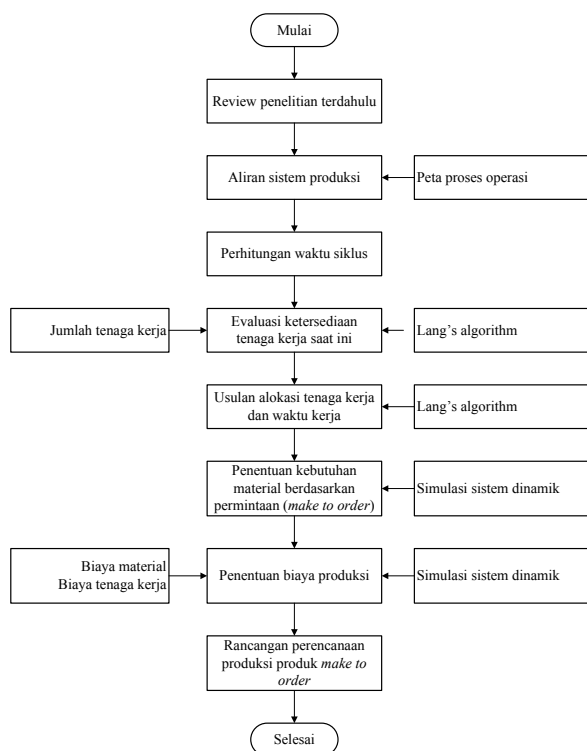
Setelah peta proses operasi selesai dibuat, maka dilanjutkan dengan perhitungan waktu baku (*standard time*) untuk setiap aktivitas yang dilakukan oleh operator. Perhitungan waktu baku dilakukan berdasarkan metode jam henti yang membutuhkan 30 kali pengukuran setiap pekerjaan. Mempertimbangkan observasi awal pekerjaan operator, maka waktu normal akan dihasilkan berdasarkan penyesuaian yang menggunakan metode Westinghouse.

Waktu baku yang diperoleh akan dipergunakan untuk menganalisis optimalitas ketersediaan operator saat ini. Optimalitas ini akan diukur dengan pendekatan Lang's algorithm. Setelah kondisi saat ini teridentifikasi, maka rancangan jumlah operator yang sesuai dengan waktu baku dan target jumlah produk yang dapat dikerjakan operator dilanjutkan dengan menggunakan Lang's operator. Hal ini dilakukan untuk mengetahui, bagaimana jalannya produksi jika menggunakan jumlah operator usulan dan waktu baku yang sudah diperhitungkan sebelumnya.

Setelah waktu baku diperthitungkan, dan jumlah operator yang optimal diidentifikasi, maka dilanjutkan dengan menentukan jumlah kebutuhan material sesuai dengan jumlah pesanan. Untuk meningkatkan fleksibilitas industri dalam merencanakan produksinya, maka penentuan kebutuhan material dilakukan dengan menggunakan simulasi sistem dinamik. Simulasi sistem dinamik membantu industri dalam memprediksi jika terjadi peningkatan pesanan produk, sehingga industri dapat segera mengidentifikasi kebutuhan jumlah material yang harus dipersiapkan sesuai dengan jumlah permintaan yang memiliki jenis *make to order*. Selain membantu memprediksi kebutuhan material, industri juga dapat segera memperoleh informasi besarnya biaya produksi yang harus dikeluarkan dengan simulasi sistem dinamik.

Verifikasi keberhasilan simulasi sistem dinamik akan dilakukan untuk mengetahui sebesar besar penyimpangan model yang dibangkitkan dengan perilaku sistem produksi di industri yang sesungguhnya. Verifikasi model akan menggunakan metode Statistik U-Theil's.

Jika nilai U-Theil's lebih kecil dari 1, artinya model telah mewakili perilaku dari sistem produksi saat ini. Jika tidak, maka sebaliknya. Kerangka berpikir metode penelitian disajikan pada Gambar 1.



Gambar 1. Kerangka Berpikir

HASIL DAN PEMBAHASAN

Penentuan Waktu Baku

Berdasarkan perhitungan waktu siklus, penyesuaian, waktu normal dan kelonggaran, maka diperoleh nilai waktu baku untuk menyelesaikan pekerjaan 1 unit pintu lengkap berikut kusen adalah selama 279,41 menit atau 4,66 jam.

Penentuan jumlah optimal kebutuhan operator pada setiap stasiun kerja dengan pendekatan Lang's algorithm

Hasil pengolahan data dengan Lang's algorithm dilakukan berdasarkan pengurutan elemen pekerjaan, seperti yang disajikan pada Tabel 1. Setelah itu dilakukan pengolahan dengan pendekatan CPM yang menghasilkan urutan aktivitas dan jumlah operator yang dijadwalkan pada setiap elemen pekerjaan.

Berdasarkan pendekatan CPM, diperoleh lintasan kritis penjadwalan pekerjaan ini adalah D-K-P-S-T-U-V-W-X-Z dengan total waktu penyelesaian pekerjaan 179,44 menit atau 2,9 jam.

Oleh sebab itu, maka penjadwalan tenaga kerja dengan pendekatan Lang's algorithm akan digunakan sebagai waktu penentuan pelaksanaan produksi. Hal ini seperti disajikan pada Tabel 2. Pada tabel ini aktivitas elemen pekerjaan diurutkan berdasarkan Ls terkecil. Hasil penjadwalan yang disajikan dengan Gantt Chart ditampilkan pada Gambar 2.

Tabel 1. Urutan Elemen Pekerjaan

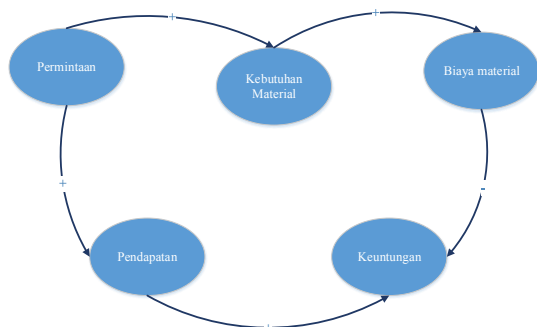
t	Waktu (menit)	Jumlah TK	Aktivitas Mendahului
A	3,22	1	-
B	2,73	1	-
C	3	1	-
D	11,5	1	-
E	3,15	1	-
F	3,1	1	-
G	4,63	1	-
H	3,42	2	A
I	3,4	2	B
J	2,61	2	C
K	11,55	2	D
L	3,45	2	E
M	3,05	2	F
N	6,82	2	H,I
O	10,46	2	R
P	16,4	2	K
Q	9,06	2	L,M
R	12,79	2	N
S	14,55	1	P
T	15,34	2	S,Q
U	30,25	2	O,T
V	15,38	2	U
W	26,62	2	V
X	20,96	2	W
Y	8,68	2	G
Z	13	2	X,Y

Tabel 2. Urutan Aktivitas Elemen Pekerjaan Ls Terkecil

Aktivitas	t	LS	Jumlah TK
D	11,5	0	1
K	11,55	11,5	2
P	16,4	23,05	2
A	3,22	32,63	1
B	2,73	33,14	1
H	3,42	35,85	2
I	3,4	35,87	2
E	3,15	38,34	1
F	3,1	38,79	1
N	6,82	39,27	1
S	14,55	39,45	2
L	3,45	41,49	2
M	3,05	41,89	2
Q	9,06	44,94	2
R	12,79	46,09	2
C	3	53,27	1
T	15,34	54	2
J	2,61	56,27	2
O	10,46	58,88	2
U	30,25	69,34	2
V	15,38	99,59	2
W	26,62	114,97	2
X	20,96	141,59	2
G	4,63	149,24	1
Y	8,68	153,87	2
Z	13	162,55	2

Penentuan prediksi kebutuhan jumlah material dan biaya produksi dengan pendekatan simulasi sistem dinamik

Prediksi kebutuhan material akan dilakukan dengan membuat model mental sistem dinamik melalui *Causal Loop Diagram* (CLD), seperti disajikan pada Gambar 2.



Gambar 2. CLD Prediksi Kebutuhan Material

CLD pada gambar 2 menjelaskan bahwa semakin tinggi permintaan, maka akan semakin tinggi kebutuhan material yang diperlukan, dan akan semakin tinggi pula biaya material yang harus disediakan. Jika permintaan tinggi, maka pendapatan akan semakin meningkat, dan keuntungan perusahaan akan meningkat pula.

Berdasarkan CLD yang dibuat, maka dikembangkanlah diagram *Stock Flow Diagram* (SFD) dengan bantuan perangkat lunak *Power Simulation*. Gambar 3 pada Lmapiaran menyajikan SFD untuk memprediksi kebutuhan material dan biaya produksi.

Pada diagram adalah SFD sistem utama yang dibangun ingin memprediksi kebutuhan jumlah material dan biaya produksi. Terdapat 11 sub sistem yang terdiri dari 6 variabel, yaitu: (1) Biaya kusen, (2) Biaya rangka, (3) Biaya daun pintu, (4) Biaya engsel, (5) Biaya pembelian kunci, dan (6) Biaya pembelian tempelan.

Kusen, rangka, daun pintu dan engsel merupakan komponen yang harus diproduksi sendiri untuk kemudian dirakit dengan komponen lain hingga menjadi pintu. Kunci dan tempelan adalah komponen yang dibeli jadi dari pemasok, yang artinya tidak dibuat sendiri oleh perusahaan.

Pada diagram SFD, besarnya jumlah pesanan dibuat dalam bentuk konstanta. Artinya angka ini dapat dimasukkan oleh perusahaan sebesar

jumlah pesanan yang diterima oleh perusahaan. Dengan memasukkan jumlah pesanan, pada saat simulasi dilakukan, maka akan dapat diketahui kebutuhan jumlah masing-masing material pintu dan biaya yang dikeluarkan. Tabel 4, 5 dan 6 menyajikan hasil simulasi untuk semesteran hingga semester ke-4.

KESIMPULAN

1. Waktu baku untuk membuat 1 unit pintu adalah 279,41 menit atau 4,66 jam.
2. Penjadwalan Sumber Daya terbatas dengan metode *Lang's Algorithm* didapatkan hasil bahwa waktu yang digunakan untuk membuat satu buah pintu adalah selama 179,4 menit. Perhitungan menggunakan metode *Lang's Algorithm* menghasilkan waktu penyelesaian produksi lebih cepat dibandingkan kondisi saat ini yaitu sebesar 203,4 menit.
3. Kebutuhan material untuk membuat satu pintu adalah: 0,5 triplek 16 mm, 0,5 triplek 12 mm, 1,05 triplek 18 mm, dan 0,15 lem dan 8 paku tembak. Biaya yang dibutuhkan untuk memproduksi 1 pintu adalah Rp 1.033.287,50 berdasarkan metode simulasi sistem dinamik

UCAPAN TERIMAKASIH

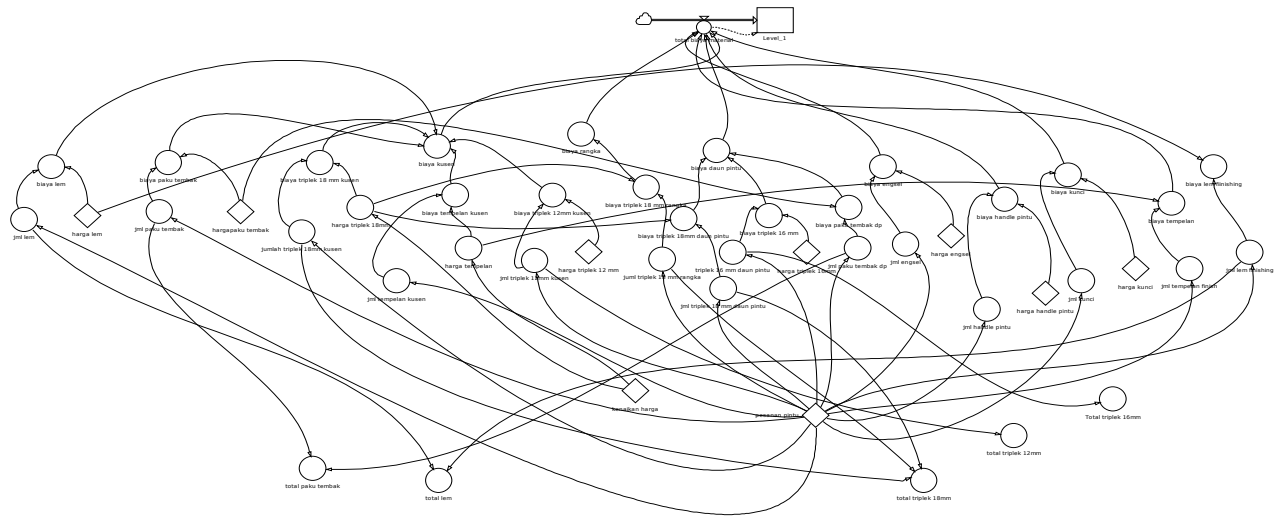
Penulis mengucapkan terimakasih kepada LP2M UAI atas pendanaan penelitian dalam skema *Research Grant* Tahun Anggaran 2015-2016.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] N. Nurhasanah, S. Laksmi, N. Hasanati, W. Pradani, M. Biki, T. A. Muhammad, C. Nuraini, A. S. Zulfikar dan S. Hidayat, "Increase Efficiency Of Workstation Design Through Production Schedulling For Moslem Clothes In SME "XYZ"," dalam *7th International Seminar on Industrial Engineering and Management (ISIEM)*, Bali, 2014.
- [2] N. Nurhasanah dan D. Pamuncak, "Strategy Design Business Development Furniture Industry CV. XYZ," dalam *International Seminar on Science and Technology Innovation (ISSTIN)*, Jakarta, 2012.
- [3] S. Wignjosubroto, *Ergonomi, Study Gerak Dan Waktu*, Jakarta: Guna Widya, 1995.

- [4] D. D. Bedworth dan J. E. Bailey, *Integrated Production Control Systems : Management, Analysis, Design*, New York: John Wiley & Sons, 1987.
- [5] R. Coyle, *System Dynamics Modelling : A Practical Approach*, United Kingdom: Chapman & Hall, 1996.
- [6] E. Aminullah, *Berpikir Sistemik : Untuk Pembuatan Kebijakan Publik, Bisnis dan Ekonomi*, Jakarta: PPM, 2004.

LAMPIRAN



Gambar 3. SFD untuk Prediksi Kebutuhan Jumlah dan Biaya Produksi (Utami dan Nurhasanah, 2016)

Tabel 4. Hasil Simulasi dengan jumlah pesanan sebanyak 1 pintu

year	total biaya material	Total triplek 16mm	total triplek 12mm	total triplek 18mm	total lem	total paku tembak
0,0	1.033.287,50	0,50	0,50	1,05	0,15	8,00
0,5	1.033.287,50	0,50	0,50	1,05	0,15	8,00
1,0	1.033.287,50	0,50	0,50	1,05	0,15	8,00
1,5	1.033.287,50	0,50	0,50	1,05	0,15	8,00
2,0	1.033.287,50	0,50	0,50	1,05	0,15	8,00

Tabel 5. Hasil Simulasi dengan jumlah pesanan sebanyak 10 pintu

year	total biaya material	Total triplek 16mm	total triplek 12mm	total triplek 18mm	total lem	total paku tembak
0,0	10.332.875,00	5,00	5,00	10,50	1,50	80,00
0,5	10.332.875,00	5,00	5,00	10,50	1,50	80,00
1,0	10.332.875,00	5,00	5,00	10,50	1,50	80,00
1,5	10.332.875,00	5,00	5,00	10,50	1,50	80,00
2,0	10.332.875,00	5,00	5,00	10,50	1,50	80,00

Tabel 6. Hasil Simulasi dengan jumlah pesanan sebanyak 15 pintu

year	total biaya material	Total triplek 16mm	total triplek 12mm	total triplek 18mm	total lem	total paku tembak
0,0	15.499.312,50	7,50	7,50	15,75	2,25	120,00
0,5	15.499.312,50	7,50	7,50	15,75	2,25	120,00
1,0	15.499.312,50	7,50	7,50	15,75	2,25	120,00
1,5	15.499.312,50	7,50	7,50	15,75	2,25	120,00
2,0	15.499.312,50	7,50	7,50	15,75	2,25	120,00