

OPTIMASI KAPASITAS PRODUKSI DENGAN *INTEGER LINEAR PROGRAMMING (ILP)* DALAM PERENCANAAN JADWAL INDUK PRODUKSI DI PT INDONESIA EPSON INDUSTRY

Helena Sitorus¹, Rifda Ilahy Rosihan², Muhammad Fizai³

^{1,2,3} Program Studi Teknik Industri, Fakultas Teknik, Universitas Bhayangkara Jakarta Raya

Jl. Perjuangan No. 81, Marga Mulya, Bekasi Utara Bekasi Jawa Barat

Email : helena.sitorus@dsn.ubharajaya.ac.id

Abstrak – PT. Indonesia Epson Industry (IEI) adalah perusahaan yang memproduksi printer. Produk model Newmar masih memiliki Sisa Order Produksi (SOP) rata-rata sebesar 3,14% per tahun. SOP merupakan jumlah order yang tidak dapat dipenuhi. SOP terjadi karena ketidakseimbangan antara kapasitas yang dibutuhkan dengan kapasitas yang tersedia. Ketidakmampuan pabrik dalam mencapai target produksi tepat waktu dikarenakan Jadwal Induk Produksi (JIP) yang dibuat tidak disesuaikan dengan kapasitas yang tersedia. Untuk itu dilakukan penelitian yang bertujuan mengoptimalkan kapasitas produksi dalam penyusunan JIP dengan meminimumkan SOP sehingga diperoleh *profit* tertinggi. Solusi optimum dihitung dengan *Integer Linier Programming (ILP)*. Hasil temuan penelitian menunjukkan bahwa penambahan komputer sebanyak 7 di SK-3 dan sebanyak 4 di SK-6 memberikan profit tertinggi dibandingkan penambahan jam lembur dan penambahan karyawan. Profit dengan penambahan computer meningkat sebesar 21,5% dibandingkan dengan kondisi tanpa penambahan kapasitas.

Kata kunci : Optimasi; Kapasitas Produksi; JIP; ILP.

Abstract – PT. Indonesia Epson Industry (IEI) is a company that produces printers. Newmar model printers still have an average Production Order Remaining of 3.14% per year. Production Order Remaining is the number of orders that cannot be fulfilled. Production Order Remaining occurs because of an imbalance between the required capacity and the available capacity. The factory's inability to achieve production targets on time is due to the Master Production Schedule (MPS) that is made not adjusted to the available capacity. For this reason, a study was carried out that aims to optimize production capacity in the preparation of MPS by minimizing Production Order Remaining so that the highest profit is obtained. The optimum solution is calculated by Integer Linear Programming (ILP). The research findings indicate that the addition of 7 computers in SK-3 and as many as 4 in SK-6 provides the highest profit compared to the addition of overtime hours and employees. Profit with the addition of computers increased by 21.5% compared to the condition without additional capacity..

Keywords : Optimization; Production Capacity; MPS; ILP.

PENDAHULUAN

Perencanaan produksi dalam suatu perusahaan sangat menentukan kemampuan perusahaan dalam menyediakan produk tepat waktu sesuai dengan order konsumen. Jumlah produksi yang optimal dapat diperoleh dengan terlebih dahulu merencanakan aktivitas-aktivitas produksi dengan baik. Salah satunya adalah Jadwal Induk Produksi (JIP) atau *Master Production schedule*..

Fogarty, et al (2009) menyatakan Jadwal Induk Produksi merupakan rencana tertulis yang memperlihatkan berapa banyak masing-masing

jenis yang akan dibuat pada periode yang akan datang. Menurut Gaspersz (2004) pada dasarnya Jadwal Induk Produksi merupakan suatu pernyataan tentang produk akhir (termasuk parts pengganti dan suku cadang) dari suatu perusahaan industri manufaktur yang merencanakan memproduksi output berkaitan dengan kuantitas dan periode waktu. Sidiq (2017) mwnyatakan Jadwal Induk Produksi bermanfaat untuk merencanakan optimasi kapasitas produksi dengan cara menyusun dan memperbaharui Jadwal Induk Produksi serta memberikan laporan evaluasi dalam periode waktu yang teratur.

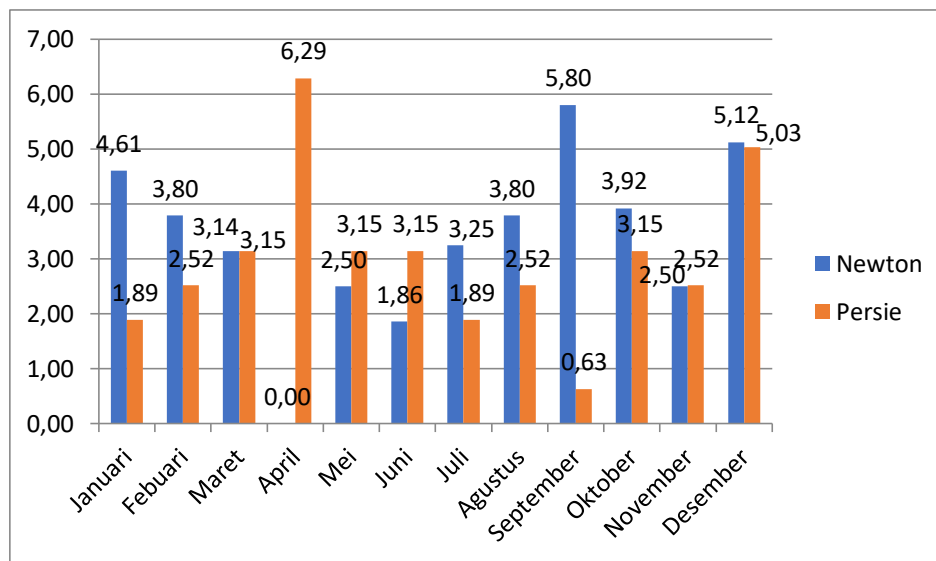
Informasi dari Rough Cut Capacity Planning (RCCP) berupa kebutuhan kapasitas untuk mengimplementasikan JIP menjadi salah satu input bagi JIP. Rough Cut Capacity Planning digunakan untuk menguji kelayakan kapasitas dari suatu rencana JIP sebelum JIP ditetapkan. Menurut Vincent (1988) dalam Sirait (2013), keberhasilan perencanaan dan pengendalian produksi membutuhkan perencanaan kapasitas yang efektif agar mampu memenuhi jadwal produksi yang ditetapkan. Untuk itu optimasi kapasitas produksi penting dilakukan dalam membuat Jadwal Induk Produksi.

Optimasi kapasitas produksi dapat dilakukan dengan beberapa cara diantaranya adalah dengan melaksanakan jam lembur, menambah tenaga kerja dan menambah mesin. Perlu dirancang strategi pengambilan keputusan kapasitas produksi sehingga menciptakan kapasitas produksi yang optimal melalui penyusunan JIP. *Integer Linear Programming* merupakan suatu teknik yang membantu pengambilan keputusan dalam mengalokasikan sumber-sumber kapasitas produksi secara optimal. Tujuannya untuk mencari pemecahan persoalan yang timbul di dalam perusahaan, yaitu mencari keadaan yang optimal dengan cara memperhitungkan batasan yang ada.

Christanty E.M.A., et. al. (2014), menyatakan bahwa optimasi kapasitas produksi untuk meminimumkan sisa order produksi, dapat dilakukan dengan menambah jam kerja (lembur). Model yang dibuat adalah meminimumkan sisa order produksi dengan jumlah produksi sebagai variabel keputusan, serta biaya produksi sebagai parameternya. Solusi ditemukan dengan *Integer Linier Programming (ILP)*. Nurcahyo, Y. E. (2015) menunjukkan bahwa solusi *Linier Programming* memberikan hasil optimum dalam penyusunan JIP. Nursanty, E., et al (2015) menyatakan model dengan fungsi tujuan maksimisasi profit adalah dengan meningkatkan kapasitas produksi sampai pada level maksimum. Jika melewati level maksimum maka profit turun dan berlanjut menurun. Novitasari, et al (2013), memaksimumkan keuntungan dengan cara

meminimumkan ongkos produksi melalui penentuan jumlah produk yang akan diproduksi.

PT. Indonesia Epson Industry (IEI) adalah perusahaan yang memproduksi *printer*. Ada 3 jenis model printernya yaitu FN-45, Newmar, dan Light. Perusahaan ini beroperasi dengan sistem *job order*. Pada periode tahun 2020 Sisa Order Produksi (SOP) yaitu jumlah order yang tidak dapat dipenuhi, tertingginya adalah model Newmar sebesar 3,13%, selanjutnya model FN-45 sebesar 2,66% dan terakhir model Light sebesar 2,08%. Model Newmar terdiri dari 2 tipe yaitu Newton dan Persie. Persentase SOP tipe Newton dan Persie pada Januari – Desember 2020 ditunjukkan pada gambar 1. Berdasarkan gambar 1 ditunjukkan bahwa SOP tertinggi terjadi pada tipe Persie di bulan April yaitu sebesar sebesar 6,29% sedangkan SOP terendah terjadi pada tipe Newton di bulan April sebanyak 0% (mencapai target). SOP tipe Newton sebesar rata-rata 3,30% lebih tinggi dari SOP tipe Persie sebesar rata-rata 2,99%. Jumlah keseluruhan SOP produk model Neymar sepanjang tahun 2020 rata-rata sebesar 3,14%. SOP terjadi karena ada ketidakseimbangan antara kapasitas yang dibutuhkan dengan kapasitas yang tersedia. Ketidakmampuan pabrik dalam mencapai target produksi tepat waktu dikarenakan Jadwal Induk Produksi yang dibuat oleh bagian PPIC (*Production Planning & Inventory Control*) belum disesuaikan dengan kapasitas yang tersedia. Hal ini disebabkan perencanaan dan penjadwalan produksi hanya didasarkan pada pengalaman masa lalu dan intuisi saja Oleh sebab itu Sisa Order Produksi (SOP) masih cukup banyak untuk program produksi periode selanjutnya. Perlu penelitian untuk menganalisis optimasi kapasitas produksi dalam penyusunan JIP sehingga dapat diambil kebijakan apakah dilaksanakan lembur atau penambahan karyawan atau penambahan mesin. Tujuan penelitian ini adalah optimasi kapasitas produksi dalam penyusunan JIP dengan meminimumkan SOP sehingga diperoleh *profit* tertinggi dengan menggunakan *Integer Linier Programming*.



Gambar 1 Sisa Order Produksi (SOP) *Printer* Tipe Newton dan Tipe Persie

METODE

Langkah-langkah pengolahan dan analisis data adalah sebagai berikut:

1. Menguji kecukupan data dan keseragaman data waktu proses produksi pada setiap *stage* kerja untuk masing-masing tipe dari model Neymar menggunakan metode (*stopwatch time study*).
2. Menghitung waktu normal dan waktu baku dengan mempertimbangkan *performance rating* dan *allowance* bagi operator.
3. Menentukan target order produksi yaitu produksi bulan April 2021 dengan prioritas pemenuhan Sisa Order Produksi (SOP) bulan sebelumnya.
4. Menghitung kapasitas produksi atau *Rought Cut Capacity Planning* (RCCP)
5. Identifikasi *constraints resources* disetiap *stage* kerja. Identifikasi dilakukan dengan menganalisis dari hasil *Rought Cut Capacity Planning* (RCCP) yang dapat diketahui nilai varians dan persentase beban dengan menggunakan perbandingan *capacity requirement* dengan *capacity available* (CR-CA) .
6. Mengelola kapasitas yang tersedia dengan tujuan meminimumkan Sisa Order Produksi (SOP) menggunakan perhitungan *Integer Linear Programming* (ILP).

7. Meningkatkan kapasitas dengan penambahan jam kerja (lembur) atau dengan penambahan karyawan, atau menambah mesin pada *stage* kerja yang kapasitasnya tidak mencukupi.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Proses produksi printer model Newmar melalui 8 stasiun kerja, yaitu:

1. Stage kerja 1 (SK-1) : Internal proses dengan jumlah tenaga kerja 36
2. Stage kerja 2 (SK-2) : *Qr code* dengan jumlah tenaga kerja 12
3. Stage kerja 3 (SK-3) : *Printing Inspection* dengan jumlah tenaga kerja 16
4. Stage kerja 4 (SK-4): *Casing Proses* dengan jumlah tenaga kerja 10
5. Stage kerja 5 (SK-5): *Safety Inspection* dengan jumlah tenaga kerja 2
6. Stage kerja 6 (SK-6): *Function Test* dengan jumlah tenaga kerja 14
7. Stage kerja 7 (SK-7): *External Inspection* dengan jumlah tenaga kerja 2
8. Stage kerja 8 (SK-8): *Packing* dengan jumlah tenaga kerja 4

Berikut pada tabel 1 merupakan data permintaan produksi *printer* pada bulan April. Data ini akan digunakan untuk menyusun jadwal induk produksi optimal dan sebagai target *order*

yang harus dipenuhi oleh pihak perusahaan pada bulan April.

Tabel 1 Order Produksi *Printer* Bulan April 2021

No	Tipe Produksi	SOP (BulanMaret)	Target Order	
			Permintaan Produksi (Bulan April)	Total
1	Newton	6820	5580	12400
2	Persie	3720	8680	12400

Tabel 2 merupakan hasil dari kecukupan dan keseragaman data dari data tipe produk *Newton* dan *Persie*.

Tabel 2 Hasil Kecukupan dan Keseragaman Data

Tipe	SK	N	N'	BKA	BKB	Keterangan	
						Uji Kecukupan	Uji Keseragaman
Newton	1	12	0,0055	9,96	9,98	cukup	seragam
	2	12	0,0025	6,00	5,97		
	3	12	3,7647	15,60	2,73		
	4	12	0,0112	2,93	2,90		
	5	12	0,7553	1,11	1,01		
	6	12	0,3509	5,14	4,85		
	7	12	0,0503	0,73	0,44		
	8	12	0,0360	3,48	3,19		
Persie	1	12	0,0023	9,94	9,89	cukup	seragam
	2	12	0,0128	6,04	5,97		
	3	12	0,5202	15,36	14,24		
	4	12	0,0253	2,95	2,91		
	5	12	0,3163	1,09	1,03		
	6	12	0,0087	5,02	4,97		
	7	12	0,2850	0,61	0,56		
	8	12	0,0130	3,42	3,337		

Perhitungan Waktu Baku

Perhitungan waktu baku, waktu normal dan waktu siklus dilakukan pada setiap *stage* kerja. Dalam menghitung waktu baku diperlukan perhitungan untuk mencari *performance rating* dan *allowance* untuk setiap *stage* kerja. *Performance rating* untuk SK-1 terdiri dari 4

faktor yaitu *skill, effort, condition, consistency*, dan 4 kelas yaitu *average, good, average, dan average*. Lambangnya untuk masing-masing *skill* dan faktor berurutan yaitu D, C2, D, dan D. Penilaian 0, 0,03, 0, dan 0 sehingga nilai *performance rating* menjadi 1,03. *Allowance* SK 1 dengan proses produksi *internal process, contant allowance 2* dan *variable allowance 6* sehingga

total *allowance* adalah 9. Perhitungan SK-1 tipe Newton adalah sebagai berikut :

$$\begin{aligned} \text{Waktu Siklus (Ws)} &= \frac{\sum_{sk-1}}{\sum n} \dots\dots\dots (1) \\ &= \frac{119,10}{12} = 9,93 \text{ menit} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Waktu Normal (Wn)} &= Ws \times (1 + p) \quad (2) \\ &= 9,93 \times 1,03 \\ &= 10,22 \text{ menit} \end{aligned}$$

Setelah menghitung waktu normal dihasilkan waktu pengerjaan dalam *Stage Kerja* (SK) 1 Tipe Newton adalah 10,22 menit. Selanjutnya perhitungan dalam menentukan waktu baku proses produksi dalam *Stage Kerja* (SK) 1 Tipe Newton adalah:

$$Wb = Wn \times \frac{100\%}{100\% - allowance (\%)} \dots\dots\dots (3)$$

$$= 10,22 \times \frac{100\%}{100\% - 9\%} = 11,23 \text{ menit / unit}$$

Berdasarkan perhitungan di atas, maka waktu baku proses produksi dalam *Stage Kerja* (SK) 1 Tipe Newton yang diproses adalah 11,23 menit. Tabel 3 merupakan perhitungan waktu normal dan waktu baku setiap *stage* kerja di masing-masing tipe.

Demikian selanjutnya untuk *Stage Kerja* 2 s/d 8 pada tipe Newton dan Tipe Persie dilakukan dengan perhitungan yang sama sesuai dengan rumus pada persamaan (1), (2), dan (3). Sehingga didapatkan WS, WN dan WB pada Tipe Newton dan Tipe Persie sebagai berikut:

Tabel 3 Data Waktu Siklus, Normal, dan Baku pada Setiap *Stage Kerja* di masing-masing Tipe

Tipe Produk	Data Waktu (Menit)	Stage Kerja (SK)							
		SK-1	SK-2	SK-3	SK-4	SK-5	SK-6	SK-7	SK-8
Newton	Siklus (Ws)	9.93	5.98	14.17	2.91	1.06	4.99	0.59	3.33
	Normal (Wn)	10.22	6.16	15.02	3.09	1.06	5.14	0.64	3.33
	Baku (WB)	11.23	7.17	18.09	3.51	1.29	6.20	0.73	3.92
Persie	Siklus (Ws)	9.91	6.00	14.80	2.93	1.06	5.00	0.58	3.39
	Normal (Wn)	10.21	6.18	15.69	3.11	1.06	5.15	0.64	3.39
	Baku (WB)	11.22	7.19	18.90	3.53	1.29	6.20	0.72	3.99

Perhitungan Kapasitas yang dibutuhkan Pabrik (*Capacity Requirement*)

Berdasarkan data target *order* pada Tabel 2 maka dapat dilakukan perhitung kapasitas yang dibutuhkan (*capacity requirement*) dimana hasilnya didapat dari permintaan (*order*) pada setiap tipe *printer* dengan waktu baku (menit) pada masing-masing *stage* kerja. Kapasitas yang dibutuhkan ini menunjukkan berapa kapasitas waktu yang diperlukan perusahaan untuk mencapai taget *order* yang akan diselihkan dengan kapasitas tersedia. Berikut ini perhitungan dengan rumus persamaan 4 dari *Capacity Requirement* pada SK-1 proses produksi *printer* untuk SOP bulan Maret sebagai berikut:

$$\begin{aligned} CR_{sk-1} &= (6820 \times 11,23) + (3720 \times 11,22) \quad (4) \\ &= 118.357 \text{ menit} \end{aligned}$$

Hasil perhitungan kapasitas yang dibutuhkan oleh perusahaan (*Capacity Requirement*) pada setiap *stage* kerja untuk target *order* dapat dilihat tabel 4

Kapasitas yang Tersedia di Perusahaan (*Capacity Available*)

Kapasitas yang tersedia di dalam perusahaan berlaku dari jumlah *printer* serta operatornya yang memiliki kapasitas berbeda dalam setiap *stage* kerja. Maka akan diperoleh perbedaan jumlah kapasitas antar *stage* kerja. Dimana dalam penelitian ini dilakukan perhitungan untuk jangka waktu produksi selama 1 (satu) bulan. Tabel 5 berikut merupakan data *utilitas* dan efisiensi *resources* di masing-masing *stage* kerja yang akan digunakan untuk perhitungan *capacity available* (CA) dengan persamaan 5

$$\begin{aligned}
 \text{Capacity Available} &= CA_{SK-1} = (36 \times 16 \times 21 \times 0,83 \times 0,99) \times 60 \\
 (\sum \text{mesin} / \text{OP} \times \text{jam kerja} / \text{hari} \times &= 5.957.953,68 \\
 \sum \text{hari kerja} \times U \times E) \times 60 &
 \end{aligned}$$

..... (5)

Dari data Tabel 5 maka dapat dilakukan perhitungan kapasitas tersedia (CA). Dimana perhitungan tersebut pada stage kerja 1 untuk semua tipe yaitu dengan menggunakan persamaan 5 didapatkan nilai

Perhitungan kapasitas tersedia (CA) untuk SK-2 s/d SK-8 dilakukan dengan rumus yang sama seperti rumus diatas dapat ditunjukkan pada Lampiran sekian dan hasil secara lengkapnya dapat dilihat pada Tabel 6.

Tabel 4 Perhitungan CR (*Capacity Requirement*)

Stage Kerja (SK)	Capacity Requirement / CR (menit)		Total CR (menit)
	SOP Bulan Maret	Order Bulan April	
SK-1	118.357,18	160.081,00	278.438,18
SK-2	75.619,65	102.396,29	178.015,94
SK-3	193.702,44	265.017,88	458.720,32
SK-4	37.056,70	50.217,30	87.274,00
SK-5	13.615,43	18.422,11	32.037,53
SK-6	95.332,54	108.397,37	203.729,91
SK-7	7.634,32	10.318,75	17.953,07
SK-8	41.592,27	56.525,76	98.118,04

Tabel 5 Utilitas dan Efisiensi Sumber Daya yang Tersedia

Stage Kerja (SK)	Proses Produksi	Jumlah Resources	Utilisasi (%)	Efisiensi (%)
SK-1	Internal Proses	36	83	99
SK-2	QR Code	12	60	92
SK-3	Printing Inspection	16	71	73
SK-4	Casing Proses	10	83	97
SK-5	Safety Inspection	2	71	85
SK-6	Function Test	14	83	91
SK-7	Externsal Inspection	2	59	99
SK-8	Packing Proses	4	95	98

Tabel 6 Perhitungan Kapasitas yang tersedia (CA)

Stage Kerja (SK)	Capacity Available/CA (menit)
SK-1	5.957.953,68
SK-2	1.332.431,26
SK-3	165.989,74
SK-4	1.628.359,34
SK-5	241.239,18
SK-6	21.334,32
SK-7	234.317,49
SK-8	752.941,17

Identifikasi dilakukan untuk mengetahui *stage* kerja yang kapasitasnya tidak memenuhi dalam mencukupi target *order* melalui perbandingan hasil perhitungan *Capacity Requirement* (CR) dan *Capacity Available* (CA) perhitungan dalam mencari selisih (*varians*) antara kapasitas yang dibutuhkan (CR) dan kapasitas yang tersedia (CA). sehingga dapat dihitung persentase beban (%) setiap *stage* kerja. Berikut perhitungan *varians* dan persentase beban pada SK-1 adalah sebagai berikut:

$$\begin{aligned} \text{Varians} &= \text{CR} - \text{CA} = 278.438,18 - 5.957.953,68 \\ &= -5.679.515,50 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Persentase beban} &= \frac{\text{CR}}{\text{CA}} \times 100\% = \frac{278.438,18}{5.957.953,68} \\ &\times 100\% = 5\% \end{aligned}$$

Nilai *varians* menunjukkan nilai negatif sebesar -5.679.515,50 dan memiliki beban tidak melebihi 100% yaitu sebesar 5% yang berarti bahwa kapasitas pada *stage* kerja 1 telah mencukupi untuk memenuhi target *order* bulan April 2021. Dengan perhitungan *varians* dan persentase beban pada *stage* kerja dapat dilihat pada Tabel 7.

Tabel 7 Identifikasi *Constraints Resource*

Stage Kerja (SK)	CR	Kapasitas CA	Varians	Persen tase Beban (%)	Ket.
SK-1	278.438,18	5.957.953,68	-5.679.515,50	5	Kapasitas Mencukupi
SK-2	178.015,94	1.332.431,26	-1.154.415,32	13	Kapasitas Mencukupi
SK-3	458.720,32	165.989,74	292.730,58	2,76	Kapasitas Tidak Mencukupi
SK-4	87.274,00	1.628.359,34	-1.541.085,34	0,05	Kapasitas Mencukupi
SK-5	32.037,53	241.239,18	-209.201,65	0,13	Kapasitas Mencukupi
SK-6	203.729,91	21.334,32	182.395,59	9,55	Kapasitas Tidak Mencukupi
SK-7	17.953,07	234.317,49	-216.364,42	0,08	Kapasitas Mencukupi
SK-8	98.118,04	752.941,17	-654.823,13	0,13	Kapasitas Mencukupi

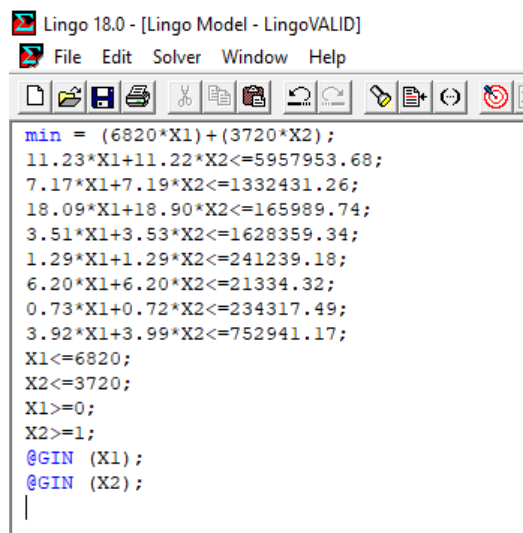
Dari hasil identifikasi diatas dapat diketahui bahwa *stage* kerja 3 dan *stage* kerja 6 tersebut terdapat kapasitas yang tidak mencukupi target

order bulan April, oleh karena itu perlu dilakukan pengoptimalan kapasitas disetiap *Stage* Kerja (SK) dengan mengelola dan meningkatkan kapasitas yang tersedia di setiap *Stage* Kerja. Sehingga kapasitas yang tersedia pada masing-

masing *stage* kerja (SK) dapat dioptimalkan untuk menghasilkan jumlah produksi optimal sesuai kemampuan pabrik dalam mencapai target *order*.

Mengoptimalkan Kapasitas Produksi Untuk Meminimalkan Sisa Order Produksi (SOP) dengan Perhitungan Integer Linear Programming (ILP)

Model matematis perhitungan ILP dijadikan sebagai input pada *worksheet software* LINGO 18.0 sehingga dari perhitungan model matematis tersebut, maka hasil (*output*) dari perhitungan menggunakan *software* LINGO 18.0 dapat dilihat pada Gambar 2 beserta solution report model.



Gambar 2 Model Matematis (input) Pengelolaan Kapasitas

Dari *output* perhitungan ILP dapat diketahui jumlah produksi optimal yang mampu diproduksi oleh perusahaan menggunakan kapasitas yang tersedia (CA) yaitu tipe Newton 4870 dan tipe Persie sebanyak 3720 unit.

Global optimal solution found.	
Objective value:	1950.000000
Objective bound:	1950.000000
Infeasibilities:	0.000000000
Extended solver steps:	0
Total solver iterations:	0
Elapsed runtime seconds:	0.09
Model Class: PILP	
Total variables:	2
Nonlinear variables:	0
Integer variables:	2
Total constraints:	13
Nonlinear constraints:	0
Total nonzeros:	22
Nonlinear nonzeros:	0

Variable	Value
X1	4870.000000
X2	3720.000000
Z	1950.000000

Dari *output* perhitungan ILP dapat dihitung total *profit* yang didapat yaitu:

$$\sum profit = (4870 \times 1839677) + (3720 \times 1939677) = 16.174.825.430$$

Sehingga total *profit* yang didapat sebesar **Rp 16.174.825.430,-**. Total Sisa Order Produksi (SOP) yang belum dapat dikerjakan untuk SOP bulan Maret Sebanyak 1950 untuk tipe Newton, secara lengkap ditampilkan pada Tabel 8

Tabel 8 Sisa Order Produksi (SOP)

	Sisa Order Produksi (Variabel Xn)		Total
	X1	X2	
Sisa SOP bulan Maret	1950	0	1950
Order bulan April	5580	8680	14260
Total SOP Target Order	7530	8680	16210

order (SOP bulan Maret dan bulan April) dan dapat menghasilkan keuntungan yang maksimal untuk perusahaan.

SOP yang dihasilkan dengan pengelolaan kapasitas yang tersedia (CA) dengan jam kerja efektif menunjukkan jumlah yang cukup banyak yaitu 16210 unit. Hal ini menunjukkan bahwa pihak perusahaan perlu meningkat kapasitas dalam proses produksi untuk mencapai target

Meningkatkan kapasitas produksi untuk menimalisir sisa order produksi dengan penambahan overtime

Dari *output* perhitungan ILP dapat diketahui bahwa perusahaan belum bisa memenuhi SOP bulan Maret dan masih menghasilkan SOP cukup banyak dengan kapasitas tersedia (CA) pada jam efektif kerja yang dapat dilihat pada Tabel 10 Oleh karena itu, perlu dilakukan penambahan jam kerja lembur pada *stage* kerja disetiap tipe yang kapasitasnya tidak mencapai target *order*. Berikut ini merupakan analisis dari penambahan jam kerja (jam lembur) untuk meningkatkan produksi agar meminimalkan Sisa *Order* Produksi (SOP) sehingga mendapatkan keuntungan yang maksimal bagi perusahaan. Perhitungan penambahan jam lembur sebagai berikut:

Jam lembur yang diberikan perusahaan maksimal 8 hari dalam 1 bulan dengan rata-rata 4 hari perminggu, dimana lama jam lembur yaitu selama 3 jam per hari lembur untuk semua *stage* kerja (SK) sehingga didapatkan total kapasitas jam lembur yang tersedia dengan persamaan rumus (2.2.1-4) oleh perusahaan adalah:

$$CA_{\text{lemburSK3}} = 8 (\text{operator}) \times 8 (\text{hari}) \times 3 (\text{jam}) \times 0,71 (U) \times 0,73 (E) \times 60 = 5.970,816 \text{ menit}$$

$$CA_{\text{lemburSK6}} = 7 \times 8 \times 3 \times 0,83 \times 0,91 \times 60 = 7.613,424 \text{ menit}$$

Overtime

$$= CA \text{ efektif SK3} + CA \text{ lembur} = 165.989,74 + 5.970,816 = 171.780,556 \text{ menit}$$

Overtime

$$= CA \text{ efektif SK6} + CA \text{ lembur} = 21.334,32 + 7.613,424 = 27.350,136 \text{ menit}$$

Dari perhitungan diatas maka total kapasitas yang tersedia (CA) untuk jam lembur yaitu: SK-3 5.970,816 menit dan SK-6 7.613,424 menit

Data total kapasitas yang tersedia setelah ditambahkan jam lembur digunakan sebagai batasan kapasitas yang baru pada setiap proses produksi (SK-1 s/d SK-8) untuk menghitung kembali menggunakan perhitungan ILP untuk meminimalkan SOP dalam mencapai target *order*. Dimana dalam memenuhi target *order* maka diprioritaskan terlebih dahulu pemenuhan SOP bulan Maret. Lalu dapat dilanjutkan dengan Kapasitas (CA) untuk memenuhi *order* bulan April.

```
Global optimal solution found.
Objective value:                200.000000
Objective bound:                200.000000
Infeasibilities:                0.00000000
Extended solver steps:          0
Total solver iterations:        0
Elapsed runtime seconds:        0.08
```

Model Class: PILP

```
Total variables:                2
Nonlinear variables:            0
Integer variables:              2

Total constraints:              13
Nonlinear constraints:          0

Total nonzeros:                22
Nonlinear nonzeros:            0
```

Variable	Value
X1	6620.000000
X2	3720.000000
Z	200.0000000

Dari *output* perhitungan ILP dapat diketahui jumlah produksi optimal diproduksi perusahaan untuk memenuhi SOP bulan Maret menggunakan kapasitas yang tersedia diberikan penambahan kapasitas (jam lembur) pada proses produksi yaitu tipe Newton sebanyak 6620 unit, dan Persie sebanyak 3720 unit. Dari data diatas dapat dihitung *profit* yang diperoleh, yaitu:

$$\sum \text{profit} = (6620 \times 1.818.182) + (3270 \times 1.901.299)$$

$$= (12.036.364.840 + 6.217.247.730)$$

$$= 18.253.612.570$$

Maka selanjutnya dilakukan perhitungan untuk total *profit* perusahaan yang mana diketahui sebagai berikut:

$$\sum \text{profit efektif} = \text{Rp. } 16.174.825.430$$

$$\sum \text{profit jam lembur} = \text{Rp. } 18.253.612.570$$

$$\text{Gaji karyawan} = \text{Rp. } 5.300.000/\text{bln (20hari kerja)}$$

$$\text{Upah lembur karyawan} = \text{Rp. } 33.125/\text{jam}$$

$$\text{Sk-3 : } 8 (\text{Op}) \times 8 (\text{hari}) \times 3 (\text{jam})$$

$$= \text{Rp. } 6.360.000$$

$$\text{Sk-6 : } 7 (\text{Op}) \times 8 (\text{hari}) \times 3 (\text{jam})$$

$$= \text{Rp. } 5.565.000$$

$$\text{Sk 3} + \text{Sk 6} = \text{Rp. } 11.925.000$$

Perbandingan total CA lembur Sk-3 dan Sk-6 dan total CA efektif

$$CA \text{ lembur Sk-3} + CA \text{ Sk-6} = 5.972,86 + 7.613,424 = 13.404,284 \text{ menit}$$

$$CA \text{ efektif Sk-1 s/d Sk-8}$$

$$= 10.334.576,18 \text{ menit}$$

$$= 13.404,284 / 10.334.576,18$$

$$= 0,0013$$

$$\sum \text{cost} = (\text{profit efektif} \times 0.0013) + \text{total lembur}$$

$$= (16.174.825.430 \times 0,0013) + 11.925.000$$

$$= \text{Rp. } 32.904.278$$

$$\sum \text{PROFIT} = \sum \text{profit lembur} - \sum \text{cost}$$

$$= \text{Rp. } 18.253.612.570 - \text{Rp. } 32.904.278 = \text{Rp. } 18.286.516.848$$

Tabel 9 Peningkatan Kapasitas Dengan Jam Lembur

Stage Kerja	CA Jam Efektif (menit)	CA Jamlembur (menit)	Total CA (menit)
SK-3	165.989,74	5.970,816	171.780,556
SK-6	21.334,32	7.613,424	27.350,136

Meningkatkan kapasitas produksi untuk menimalisir sisa order produksi dengan penambahan mesin dan hire operator

Pada penambahan jumlah komputer dan hire operator *constraint* pada model matematis menggunakan nilai CR untuk mengetahui berapa jumlah karyawan dan penambahan komputer yang dibutuhkan. Sehingga didapatkan model matematis input pada LINGO pada Gambar 3.

Global optimal solution found.
 Objective value: 0.000000
 Objective bound: 0.000000
 Infeasibilities: 0.000000
 Extended solver steps: 0
 Total solver iterations: 0
 Elapsed runtime seconds: 0.96
 Model Class: PILP
 Total variables: 2
 Nonlinear variables: 0
 Integer variables: 2
 Total constraints: 13
 Nonlinear constraints: 0
 Total nonzeros: 22
 Nonlinear nonzeros: 0

Variable	Value
X1	6820.000
X2	3720.000
Z	0

Cara menghitung penambahan operator dan komputer adalah sebagai berikut:

Penambahan karyawan pada SK 3

$$\frac{\text{Varians}}{\text{jumlah karyawan} \times \text{hari kerja} \times \text{utilisasi} \times \text{efisiensi} \times 60 \text{ menit}} =$$

$$\frac{292730,58}{16 \times 21 \times 0,71 \times 0,73 \times 60} = 28 \text{ karyawan}$$

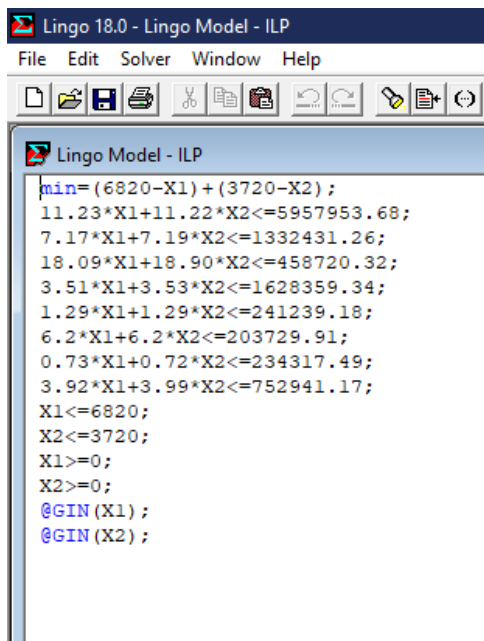
Penambahan karyawan untuk SK 3 sebanyak 28 dan SK 6 sebanyak 2. Penambahan mesin sebanyak 7 untuk SK 3 dan 4 untuk SK 6.

Hasil output dari LINGO diketahui bahwa jumlah produksi tidak ada sisa, semua kapasitas terpakai sehingga jumlah profit yang didapatkan untuk penambahan komputer dan penambahan karyawan adalah.

$$\sum \text{profit} = (6820 \times 1839677) + (3720 \times 1939677) = 19.762.195.580$$

$$\text{SK 3} = 28 \text{ (operator)} \times 5.300.000 = 148.400.000$$

$$\text{SK 6} = 2 \times 5.300.000 = 10.600.000$$



Gambar 3 Input LINGO

TOTAL = 159.000.000

Perbandingan total CA penambahan karyawan Sk-3 dan Sk-6 dan total CA efektif

CA penambahan tenaga Sk-3 + Sk-6 = 10.448,93 + 15.226,85 = **25.675,78** menit

CA efektif Sk-1 s/d Sk-8 = 10.334.576,18 menit

= 25.675,78 / 10.334.576,18 = 0,0025

$\sum cost = (profit\ efektif \times 0.0025) + total\ gaji\ karyawan$

= (19.762.195.580 × 0,0025) + 159.000.000 = **Rp. 208.098.260**

$\sum PROFIT = \sum profit\ hired\ operator - \sum cost$

= Rp. 19.762.195.580 - Rp. 208.098.260 = **Rp. 19.554.097.320**

Sedangkan untuk perhitungan profit untuk penambahan komputer jika diketahui biaya penambahan komputer/mesin untuk 1 mesin adalah Rp 5.500.000, 00 sehingga nilai profitnya sebagai berikut

$\sum profit = (6820 \times 1839677) + (3720 \times 1939677)$
= 19.762.195.580

SK 3 = 7 (jumlah penambahan computer) x 5.500.000 = 38.500.000

SK 6 = 4 x 5.500.000 = 22.000.000

Total = Rp 60.500.000,00

Perbandingan total CA lembur Sk-3 dan Sk-6 dan total CA efektif

CA penambahan mesin Sk-3 + Sk-6 = 10.448,93 + 15.226,85 = **25.675,78** menit

CA efektif Sk-1 s/d Sk-8 = 10.334.576,18 menit

= 25.675,78 / 10.334.576,18

= 0,0025

$\sum cost = (profit\ efektif \times 0.0025) + total\ biaya\ penambahan\ mesin$

= (19.762.195.580 × 0,0025) +

159.000.000 = **Rp. 109.598.259,8747**

$\sum PROFIT = \sum profit\ lembur - \sum cost$

= Rp. 19.762.195.580 - Rp. 109.598.259,8747

= **Rp. 19.652.597.320,123**

Rekap hasil perhitungan profit untuk ketiga kondisi dapat dilihat pada Tabel 10.

Tabel 10 Rekap perhitungan profit

Profit Efektif Awal	16.174.825.430
Overtime	18.286.516.848
Penambahan jumlah karyawan	19.554.097.320
Penambahan Mesin	19.652.597.320

Penambahan mesin menjadi 7 komputer untuk SK 3 dan 4 komputer untuk SK 6 dapat mempercepat kinerja operator dan profit yang didapatkan sebesar Rp 19.652.597.320, 00 dari yang semula profit efektif Rp 16.174.825.430, 00. Ada kenaikan profit sebesar 21,5%.

Perbandingan Profit =
 $\frac{Profit\ awal}{Profit\ Penambahan\ mesin} \times 100\%$

= (16.174.825.430/ 19.652.597.320)

= 0,215 x 100% = 21,5 %

Jadwal Induk Produksi

Dari *ouput* perhitungsn ILP dengan penambahan mesin berupa komputer maka pihak perusahaan dapat menentukan jadwal induk produksi yang dapat dilihat pada Tabel 11

Tabel 11 Jadwal Induk Produksi Penambahan Mesin

NO	TIPE PRINTER	SOP BULAN MARET	ORDER BULAN APRIL	ROUGH CUT CAPACITY PLANNING (RCCP)								TARGET APRIL				TOTAL	PLAN SOP				
				WAKTU PROSES PRODUKSI SETIAP STAGE KERJA (menit)								MINGGU 1		MINGGU 2				MINGGU 3		MINGGU 4	
				SK-1	SK-2	SK-3	SK-4	SK-5	SK-6	SK-7	SK-8	Shift-1	Shift-2	Shift-1	Shift-2			Shift-1	Shift-2	Shift-1	Shift-2
1	Newton	6820	5580	11,23	7,17	18,09	3,51	1,29	6,20	0,73	3,92	4,036	3,100			2,584	2,680	12400	0		
2	Pernie	3720	8680	11,22	7,19	18,90	3,53	1,29	6,20	0,72	3,99		3,100	3,100			3,100	3,100	12400	0	
Capacity Requirement (CR)				278.488,18	178.015,94	458.720,32	87.274,00	32.037,53	203.729,91	17.933,07	98.118,04	TOTAL				24800	0				
Jumlah Resources setiap SK				36	12	16	10	2	14	2	4										
Capacity Available (CA)				5.957.953,68	1.332.431,26	1.65.989,74	1.628.359,34	241.239,18	21.334,32	234.317,49	752.941,17	KEUNTUNGAN PERUSAHAAN				Rp. 19.652.597.320					
Penambahan Kapasitas (mesin)				10.448,93				15.226,85													

SIMPULAN DAN SARAN

Dari penjelasan di atas diketahui bahwa dengan menambahkan jumlah karyawan dan menambahkan mesin pada SK 3 dan SK 6 dapat meminimumkan Sisa *Order Produksi* bahkan tidak terdapat sisa dan profit yang didapatkan optimal. Menambahkan mesin menjadi 7 komputer untuk SK 3 dan 4 komputer untuk SK 6 dapat mempercepat kinerja operator dan profit yang didapatkan sebesar Rp 19.652.597.320, 00 dari yang semula profit efektif Rp 16.174.825.430, 00. Ada kenaikan profit sebesar 21,5%

DAFTAR PUSTAKA

- Christanty, E.M.A., Setyanto, N. W., & Hamdala, I. (2014). Optimasi Kapasitas Produksi dalam Penyusunan Jadwal Induk Produksi Menggunakan *Integer Linear Programming* (ILP). *Jurnal Rekayasa dan Manajemen Sistem Industri*. 2(6). 1147-1157
- Fogarty, D. W., Blackstone, J. H., & Hoffman, T. R. (2009). *Production & Inventory Management*. 3th ed. Ohio: South-Western Publishing Co.,
- Gaspersz, V. (2004). *Production Planning and Inventory Control*. Jakarta : PT. Gramedia Pustaka Utama.
- Heizer, J., & Render, B. (2016). *Manajemen Operasi*. Edisi 11. Jakarta: Salemba Empat.
- Livia, C. Y. (2017). Usulan Penjadwalan Produksi untuk Meminimalkan Total Tardiness dengan Metode Integer Linear Programming Pada Bagian Produksi Printing PT Mitra Mulia Makmur. *Jurnal Teknik Industri*, 18(2), 127-138
- Novitasari, et al. (2013). Pendekatan Goal Programming dalam Perencanaan Produksi. *Jurnal Mahasiswa Matematika*, <http://matemaika.studentjournal.ub.ac.id>
- Nurcahyo, Y. E. (2015). Perencanaan Jadwal Induk Produksi dengan Menggunakan *Linear Programming* pada Industri Manufaktur PT "X". *HEURISTIC Jurnal Teknik Industri*, 12(02), 117-123
- Nursanti, E.,Purnama, R.I., & Suardika, I.B. (2015). Optimasi Kapasitas Produksi untuk Mendapatkan Keuntungan Maksimum dengan *Linear Programming*. *Performa*, 14(1). 61-68
- Nuryana, I. (2019). Optimasi Jumlah Produksi pada UMKM RAINA KERSEN dengan Metode Linear Programming. *Jurnal Media Teknologi*, 6(1), 67–90.
- Setiabudi, Y., Afma, V. M., & Irwan, H. (2019). Perencanaan Kapasitas Produksi ATV12 dengan Menggunakan Metode *Rough Cut Capacity Planning (RCCP)* Untuk Mengetahui Titik Optimasi Produksi (Studi Kasus di PT Schneider Electric Manufacturing Batam). *PROFISIENSI*, 6(2).
- Sidiq, M. N. (2017). Perencanaan Dan Penentuan Jadwal Induk Produksi Di PT Arwina Truna Sejahtera. *Jurnal Media Teknik & Sistem Industri Vol. 1*, 11-25.
- Sirait, M. E., Sinulingga, S., & Ishak, A. (2013). Perencanaan Kebutuhan Kapasitas (Rough Cut Capacity Planning) Industri Pengolahan Peralatan Rumah Tangga Di PT. X. *Jurnal Teknik Industri USU*, 2(2), 219339
- Suwarso, R.H.,Salmia L. A.,& Thomas Priyasmanu, T(2021). Perencanaan Kapasitas Produksi Menggunakan Metode Rough Cut Capacity Planning (RCCP) pada Home Industry Loca Nusa. *Jurnal Valtech (Jurnal Mahasiswa Teknik Industr*, 4(1). 21-28
- . Zulaeha, S. S. (2017). Pengukuran Waktu Kerja Baku Pada Proses Pembuatan Roti Fiphal. *Jurnal Agroindustri Halal*, 2(1), 024–030.