

OPTIMASI KAPASITAS PRODUKSI BANTAL DENGAN MENGUNAKAN INTEGER LINIER PROGRAMMING DI PT. DUNLOPILLO INDONESIA

Helena Sitorus¹, Rifda Ilahy Rosihan², dan Ahmad Nur Afiat³

^{1,2)} Program Studi Teknik Industri, Fakultas Teknik, Universitas Bhayangkara Jakarta Raya
Email: helena.sitorus@dsn.ubharajaya.ac.id, rifda.ilahy@dsn.ubharajaya.ac.id,
ahmad.nur.afiat@mhs.ubharajaya.ac.id

Abstrak

PT. Dunlopillo Indonesia merupakan produsen bantal. Rata-rata selisih permintaan dan produksi 8,34% melebihi batas toleransi 5%. Perlu dilakukan perencanaan produksi Januari 2022 yang tepat melalui perhitungan kapasitas produksi. Untuk itu dilakukan penelitian yang bertujuan mengoptimalkan kapasitas produksi dalam memenuhi permintaan produksi untuk mendapatkan profit yang maksimum. Perencanaan kapasitas dilakukan dengan *Rough Cut Capacity Planning (RCCP)*. Optimasi kapasitas produksi dilakukan dengan menggunakan *Integer Linier Programming*. Hasil temuan penelitian menunjukkan bahwa optimasi kapasitas produksi dilakukan dengan penambahan operator di SK-5 sebanyak 7 yaitu 4 di-hire, 1 diambil dari SK-6, dan 2 diambil dari SK-7. Penambahan operator juga dilakukan di SK-1 sebanyak 2 yang diambil dari SK-2 dan penambahan di SK-3 sebanyak 3 yang diambil dari SK-4. Jumlah produksi yang optimum untuk bantal dewasa sebanyak 1130 pcs, bantal anak sebanyak 350 pcs dan bantal guling sebanyak 405 pcs. Hasil optimum ini memberikan penambahan profit sebesar 39,36% dibandingkan dengan kondisi awal tanpa penambahan operator.

Kata kunci: Kapasitas; Perencanaan Kapasitas; Optimasi; RCCP; ILP

Abstract

PT. Dunlopillo Indonesia is a company that produces pillow. The average difference between demand and production is 8.34%, exceeding the tolerance limit of 5%. It is necessary to do proper production planning through the calculation of production capacity. For this reason, research is carried out with the aim of optimizing production capacity to get maximum profit. Capacity planning is carried out using Rough Cut Capacity Planning (RCCP). Production capacity optimization is done by using Integer Linear Programming. The research findings indicate that the optimization of production capacity is carried out by adding 7 operators in SK-5, namely 4 are hired, 1 is taken from SK-6, and 2 is taken from SK-7. The addition of operators was also carried out in SK-1 as many as 2 taken from SK-2 and additions in SK-3 as many as 3 taken from SK-4. The optimum production amount for adult pillows is 1130, child pillows are 350 and bolster pillows are 405. This optimum result provides an additional profit of 39.36% compared to the initial condition without additional operators.

Keywords: Capacity; Capacity Planning; Optimization; RCCP; ILP

PENDAHULUAN

Perencanaan produksi sangat menentukan jalannya suatu proses produksi dalam menghasilkan output yang sesuai dengan permintaan konsumen. Vincent (1988) dalam Sirait (2013) menyatakan keberhasilan perencanaan dan pengendalian produksi

membutuhkan perencanaan kapasitas yang efektif agar mampu memenuhi jadwal produksi yang ditetapkan. Terkait dengan pemenuhan kebutuhan saat ini dan mengantisipasi hal-hal yang terjadi di masa mendatang diperlukan adanya perencanaan kapasitas (Rani, 2019).

Salah satu metode perencanaan kapasitas adalah RCCP (Irawan et al., 2020). RCCP merupakan analisis untuk menguji ketersediaan kapasitas produksi untuk memenuhi jadwal induk produksi. Metode RCCP dapat menunjukkan perbandingan antara kapasitas aktual yang tersedia dengan kapasitas yang dibutuhkan, sehingga perusahaan mampu membuat perencanaan kapasitas produksi yang tepat untuk memenuhi permintaan konsumen (Sugarindra & Nurdiansyah, 2020). Untuk itu optimasi kapasitas produksi penting dilakukan guna memenuhi permintaan konsumen sehingga mendapatkan profit yang maksimal.

Optimasi kapasitas produksi dapat dilakukan dengan beberapa cara, diantaranya dengan menambah jam lembur dan penambahan *resources* (manusia, mesin). Penambahan jam lembur dan penambahan *resources* dapat meningkatkan kapasitas produksi yang berdampak pada peningkatan *profit*. Penambahan mesin dapat meningkatkan kapasitas produksi sehingga memenuhi kapasitas yang dibutuhkan dan memberikan profit yang lebih besar dibandingkan dengan penambahan jam lembur dan penambahan karyawan/manusia (Sitorus et al., 2022). Optimasi kapasitas produksi dapat diperoleh dengan menggunakan teknik *Integer Linear Programming*.

Integer Linear Programming membantu pengambilan keputusan dalam mengalokasikan sumber-sumber kapasitas produksi secara optimal dengan memperhitungkan batasan yang ada. Nurcahyo, Y. E. (2015) menunjukkan bahwa solusi *Linier Programming* memberikan hasil optimum dalam penyusunan JIP. Novitasari, et al (2013), memaksimalkan keuntungan dengan cara meminimumkan ongkos produksi melalui penentuan jumlah produk yang akan diproduksi.

PT. Dunlopillo Indonesia yang berdiri tahun 1961 merupakan perusahaan manufaktur dengan produk utamanya adalah bantal. Saat ini terdapat 3 jenis bantal yang diproduksi yaitu bantal dewasa, bantal bayi dan bantal guling dimana penjualannya di dalam negeri dan ekspor. Tabel 1 menunjukkan jumlah permintaan dan produksi bantal pada Juli-Desember 2021:

Tabel 1. Permintaan dan Produksi Bantal pada Juli-Desember 2021

Bulan	Bantal Dewasa			Bantal Bayi			Bantal Guling			Rata-rata Pers. Selisih (%)
	Produksi (pcs)	Permintaan (pcs)	Pers. Selisih (%)	Produksi (pcs)	Permintaan (pcs)	Pers. Selisih (%)	Produksi (pcs)	Permintaan (pcs)	Pers. Selisih (%)	
Juli	1000	1.122	10,87	300	325	7,69	450	395	13,92	10,83
Agustus	1050	1.126	6,75	350	385	9,09	450	402	11,94	9,26
September	980	1.134	13,58	350	344	1,74	400	429	6,76	7,36
Oktober	1000	1.118	10,55	315	346	8,96	450	388	15,98	11,83
November	1025	1.145	10,48	345	351	1,71	400	410	2,44	4,88
Desember	1100	1.132	2,83	300	348	13,79	400	404	0,99	5,87
Total	6.155	6.777	55,07	1.960	2.099	42,99	2.550	2.428	52,03	50,03
Rata-rata	1.026	1.130	9,18	327	350	7,16	425	405	8,67	8,34

Tabel 1 memperlihatkan bahwa rata-rata persentasi selisih jumlah produksi dan permintaan sepanjang Juli-Desember 2021 sebesar 8,34% berada di atas batas toleransi 5%. Hanya di bulan November yang di bawah batas toleransi sementara 5 bulan lainnya seluruhnya berada di atas. Bahkan di bulan Oktober persentasi selisih sebesar 11,83%

mencapai lebih 2 kali lipat dari batas toleransi. Demikian juga dengan bantal dewasa, bantal bayi, dan bantal guling seluruh persentasinya berada di atas batas toleransi. Perlu dilakukan peramalan permintaan untuk merencanakan jumlah produksi sehingga jumlah produksi mendekati aktual permintaan. Hasil peramalan permintaan dibutuhkan untuk perencanaan produksi. Perusahaan harus memiliki perencanaan produksi yang baik untuk menyeimbangkan kapasitas yang tersedia dalam memenuhi kebutuhan jumlah produksi sesuai permintaan konsumen. Jika hal ini tidak terpenuhi maka sangat berpengaruh dan mengganggu kelancaran jadwal produksi yang berdampak kepada biaya dan profit yang diperoleh. Untuk itu dilakukan penelitian yang bertujuan mengoptimalkan kapasitas produksi dalam memenuhi permintaan produksi untuk mendapatkan profit yang maksimum. Optimasi kapasitas produksi dilakukan dengan menggunakan *Inter Linier Programming*.

TINJAUAN PUSTAKA

Kapasitas

Kapasitas diartikan sebagai kemampuan dari mesin dan pekerja untuk memproduksi produk selama periode waktu tertentu. Kapasitas mengukur kemampuan dari suatu fasilitas produksi untuk mencapai jumlah kerja tertentu dalam waktu tertentu dan merupakan fungsi dari banyaknya sumber daya yang tersedia (Fatmawati & Umar Wiwi, 2013).

Ada dua jenis pengertian kapasitas yang dianggap penting yaitu kapasitas yang tersedia dan kapasitas yang diperlukan. Kapasitas yang tersedia adalah kapasitas dari suatu sistem yang ada untuk memproduksi suatu jumlah keluaran dalam waktu tertentu, sedangkan kapasitas dibutuhkan adalah kapasitas dari suatu sistem yang dibutuhkan untuk memproduksi suatu jumlah keluaran dalam suatu waktu tertentu. Istilah ketiga yang erat hubungannya dengan kapasitas dibutuhkan adalah muatan (load). (Setiabudi et al., 2018).

Perusahaan perlu memperhatikan perencanaan kapasitas dan pengendalian aktivitas produksi untuk pemenuhan permintaan konsumen. Tanpa adanya perencanaan kapasitas dan pengendalian aktivitas produksi yang tepat maka bukan tidak mungkin akan terjadi over produksi (produksi yang berlebihan) ataupun low produksi (kekurangan produksi) dalam proses produksinya (Arilianza, 2019). Apabila perusahaan ingin meningkatkan jumlah produksi, maka perusahaan harus mengevaluasi perencanaan kapasitas sebelumnya. Apabila kekurangan kapasitas dapat menyebabkan perusahaan akan kehilangan kepercayaan dari konsumen. Konsumen akan mencari produk yang sama dengan perusahaan yang berbeda. Kelebihan kapasitas juga dapat menyebabkan keuntungan perusahaan akan menurun. Dengan demikian kelebihan maupun kekurangan kapasitas akan berdampak negatif bagi perusahaan. Untuk itu diperlukakan perencanaan kapasitas sesuai dengan kebutuhan pada waktu yang tepat (Suciyati, 2019)

Pengukuran Waktu Kerja

Suatu pekerjaan akan dikatakan diselesaikan secara efisien apabila waktu penyelesaiannya berlangsung paling singkat. Untuk menghitung waktu baku (standard time) penyelesaian pekerjaan guna memilih alternatif metode kerja terbaik, maka perlu diterapkan prinsip-prinsip dan teknik-teknik pengukuran kerja (work measurement atau time study). Pengukuran waktu kerja ini berhubungan dengan usaha-usaha untuk menetapkan waktu baku yang dibutuhkan guna menyelesaikan suatu pekerjaan (Hartanto, 2020).

Capacity Requirement

Kapasitas yang dibutuhkan dihitung berdasarkan jumlah permintaan, waktu siklus produksi dan jumlah penjualan (Hasibuan, 2017). Berikut rumus perhitungan *Capacity Requirement* (CR).

$$\text{Capacity Requirement (CR)} = \sum (\text{order} \times Wb) \quad (1)$$

Capacity Available

Capacity Available atau kapasitas tersedia merupakan kapasitas mesin yang digunakan dalam proses produksi sesuai dengan produk yang diolah (Aulia, 2019). Berikut rumus perhitungan *Capacity Available*.

$$\text{Capacity Available: (Jumlah mesin} \times \text{jam kerja} \times \text{hari kerja} \times U \times E) \quad (2)$$

Integer Linier Programming

Integer linear programming adalah suatu pemrograman linear yang sebagian atau seluruh variabel yg dipakai adalah integer non negatif. *Integer Liniear Programming* digunakan untuk mencari nilai integer dari variabel keputusan yang mengoptimalkan *objective function* tetapi masih memenuhi *constraint*. Jika variabel X hanya dapat bernilai biner (0 atau 1) maka disebut pemrograman linier biner (Irsyad *et al.*, 2020). ILP adalah program linier dimana beberapa atau semua variabel keputusan adalah nilai integer. Salah satu metode yang digunakan untuk menyelesaikan program bilangan bulat adalah dengan menggunakan metode bidang potong. Metode bidang potong adalah metode yang digunakan untuk menyelesaikan masalah program linier bilangan bulat, baik bilangan bulat murni maupun campuran dengan menambahkan sejumlah kendala baru (Firmansah & Wulandari, 2021).

METODE PENELITIAN

Penelitian ini dilakukan pada PT. Dunlopillo Indonesia yang berlokasi di Jalan Raya Bekasi km.28 Kota Bekasi. Tahap-tahap penelitian ini adalah sebagai berikut

1. Melakukan uji kecukupan dan keseragaman data dari waktu proses produk pada tiap stasiun kerja untuk tiap tipe produk dengan mempergunakan metode *Stopwatch time Study*.
2. Menghitung waktu baku setiap stasiun kerja dengan pertimbangan *performance rating* dan *allowance* bagi operator.
3. Menghitung peramalan permintaan untuk mengetahui prediksi pada bulan berikutnya.
4. Menghitung kapasitas produksi atau *Rought Cut Capacity Planning* (RCCP).
5. Menghitung nilai *varians* di setiap stasiun kerja
6. Mengoptimalkan kapasitas melalui penambahan jam kerja dengan lembur dan menambahkan jumlah operator pada beberapa stasiun kerja.

Adapun data yang digunakan dalam penelitian adalah :

1. Waktu siklus, *rating factor*, dan *allowance* setiap stasiun kerja untuk perhitungan waktu baku.
2. Permintaan setiap jenis bantal per bulan untuk kebutuhan peramalan permintaan di Januari 2022.
3. Jumlah operator, efisiensi, dan utilitas dari setiap stasiun kerja untuk perhitungan *Capacity Available* (CA).
4. Profit per unit setiap jenis bantal, gaji operator dan gaji jam lembur per bulan yang digunakan dalam menentukan fungsi tujuan pada Program Linier

HASIL DAN PEMBAHASAN

Uji Kecukupan dan Keseragaman Data

Produk bantal ada 3 jenis yaitu bantal dewasa, bantal anak dan bantal guling dimana ketiganya melalui tahapan proses pada SK-1 *mixing*, SK-2 *casting*, SK-3 *steaming*, SK-4 *washing*, SK-5 *drying*, SK-6 *inspection* dan SK-7 *packing*. Waktu siklus masing-masing jenis bantal untuk setiap stasiun kerja ada sebanyak 10 data. Uji kecukupan data dilakukan pada tiap jenis bantal untuk seluruh stasiun kerja dimana tingkat kepercayaan 95% dan tingkat ketelitian $\pm 5\%$. Pernyataan tersebut berarti kesempatan total 95 dari 100 dimana rata-rata dari sampel dari elemen tidak mengalami kesalahan lebih dari $\pm 5\%$ dari waktu sebenarnya. Berdasarkan hasil perhitungan untuk bantal dewasa pada SK-1 *mixing* diperoleh $N > N'$ yaitu $10 > 0,0049$ artinya bahwa data dinyatakan cukup. Demikian juga seluruhnya jenis bantal di tiap SK dari hasil perhitungan nilai $N > N'$ yang berarti 10 data cukup. Uji keseragaman dilakukan pada semua stasiun kerja untuk ketiga jenis bantal. Berdasarkan hasil perhitungan terlihat bahwa data berada diantara batas atas dan batas bawah yang berarti bahwa data seragam.

Perhitungan Waktu Normal dan Waktu Baku

Perhitungan waktu baku mempertimbangkan *performance rating* dan *allowance* untuk setiap stasiun kerja. Penentuan *performance rating* dilakukan dengan menggunakan faktor penyesuaian tabel *Westinghouse Rating System* dimana ada 4 faktor yang dianggap menentukan kewajaran atau ketidakwajaran dalam bekerja yaitu: *skill*, *effort*, *condition*, *consistency*. *Performance rating* stasiun kerja SK-1 *mixing* 1,01, SK-2 *casting* 1,06, SK-3 *steaming* 1, SK-4 *washing* 1,08, SK-5 *drying* 1,09, SK-6 *inspection* 1,08, dan SK-7 *packing* 1,09.

Allowance factors merujuk ke *allowance factor* yang direkomendasikan oleh *International Labor Organization* (ILO) yang terdiri dari *constant allowance* dan *variable allowance*. Nilai *allowance factor* pada SK-1 *mixing* 11%, SK-2 *casting* 26%, SK-3 *steaming* 6%, SK-4 *washing* 19%, SK-5 *drying* 8%, SK-6 *inspection* 21%, dan SK-7 *packing* 15%.

Berikut merupakan perhitungan dari waktu normal dan waktu baku untuk proses produksi SK-1 *mixing* jenis bantal dewasa, yaitu:

$$\text{Waktu Siklus (WS)} = \frac{\sum SK-1}{\sum N} = \frac{299,76}{10} = 29,98$$

$$\text{Waktu Normal (WN)} = \text{WS} \times (1+p) = 29,98 \times 1,01 = 30,28$$

$$\text{Waktu Baku (WB)} = \text{WN} \times \frac{100\%}{100\% - \text{Allowance}\%} = 30,28 \times \frac{100\%}{100\% - 11\%} = 34,02 \text{ menit}$$

Perhitungan WS, WN, dan WB dilakukan dengan cara yang sama pada semua SK untuk bantal dewasa, bantal anak, dan bantal guling dimana hasilnya terlihat pada tabel 2.

Tabel 2. Waktu Siklus, Waktu Normal, Waktu Baku

Jenis Produk	Data Waktu (Menit)	Stasiun Kerja						
		SK-1	SK-2	SK-3	SK-4	SK-5	SK-6	SK-7
Bantal dewasa	Waktu siklus	29,98	5,68	45,08	2,55	60,08	3,23	1,17
	Waktu normal	30,28	6,02	45,08	2,76	65,49	3,49	1,28
	Waktu baku	34,02	8,14	47,96	3,41	71,18	4,41	1,50

Tabel 2. Waktu Siklus, Waktu Normal, Waktu Baku (Lanjutan)

Bantal bayi	Waktu siklus	30,32	2,13	25,23	2,42	59,99	1,96	0,56
	Waktu normal	30,62	2,26	25,23	2,61	65,38	2,12	0,61
	Waktu baku	34,40	3,05	26,84	3,22	71,07	2,68	0,72
Bantal guling	Waktu siklus	39,97	6,10	45,14	2,56	60,19	3,12	1,09
	Waktu normal	40,37	6,46	45,14	2,76	65,60	3,37	1,18
	Waktu baku	45,36	8,73	48,03	3,41	71,30	4,27	1,39

Peramalan Permintaan

Peramalan permintaan untuk Januari 2022 dilakukan dengan *Weighted Moving Average*. Berdasarkan perbandingan nilai MAD, MSE, MAPE, dan RMSE pada n=1 sampai n=5 maka diperoleh peramalan yang terbaik pada bantal dewasa untuk n=2, bantal bayi untuk n=1, dan bantal guling untuk n=2. Hasil peramalan permintaan Januari 2022 ditunjukkan pada tabel 3.

Tabel 3. Peramalan Permintaan Januari 2022

Jenis Bantal	Peramalan Permintaan (pcs)				
	Minggu 1	Minggu 2	Minggu 3	Minggu 4	Total
Bantal Dewasa	278	218	320	314	1.130
Bantal Bayi	103	66	71	110	350
Bantal Guling	100	92	99	113	405

Hasil peramalan permintaan ini dijadikan sebagai rencana produksi pada Januari 2022.

Capacity Requirement (CR) dan Capacity Available (CA)

Jumlah produksi bulan Januari 2022 untuk bantal dewasa adalah 1.130 unit, bantal bayi 350 unit, dan bantal guling 405 unit. Kapasitas yang dibutuhkan (*Capacity Requirement – CR*) untuk SK-1 Mixing adalah :

$$CR_{sk-1} = (\text{jumlah produksi bantal dewasa} \times Wb \text{ bantal dewasa}) + (\text{jumlah produksi bantal bayi} \times Wb \text{ bantal bayi}) + (\text{jumlah produksi bantal guling} \times Wb \text{ bantal guling})$$

$$CR_{sk-1} = (1.130 \times 34,02) + (350 \times 34,40) + (405 \times 45,36) = 68.853,40 \text{ menit.}$$

Kapasitas tersedia (*Capacity Available – CA*) untuk SK-1 Mixing pada Januari 2022 adalah :

$$CA_{sk-1} = \text{jam kerja per hari} \times \text{jumlah hari kerja bulan Januari 2022} \times 60 \text{ menit} \times \text{jumlah resources} \times \text{utilitas} \times \text{efisiensi}$$

$$CA_{sk-1} = 8 \times 21 \times 60 \times 6 \times 0,90 \times 0,95 = 51.710,40 \text{ menit}$$

Demikian dilakukan dengan cara yang sama untuk perhitungan SK-1 – SK-7 dimana hasilnya dapat dilihat pada tabel 4.

Tabel 4. Capacity Requirement (CR) dan Capacity Available (CA) Januari 2022

St. Kerja	Waktu Baku (Menit)			Operator (orang)	Utilitas	Efisiensi	CR (menit)	CA (menit)	Varian (CR-CA)	Keterangan
	Bantal Dewasa	Bantal Bayi	Bantal Guling							
SK-1	34,02	34,4	45,36	6	0,90	0,95	68.853,40	51.710,40	17.143,00	Kapasitas Tidak Mencukupi
SK-2	8,14	3,05	8,73	4	0,85	0,90	13.801,35	30.844,80	17.043,45	Kapasitas Mencukupi
SK-3	47,96	26,84	48,03	8	0,90	0,90	83.040,95	65.318,40	17.722,55	Kapasitas Tidak Mencukupi
SK-4	3,41	3,22	3,41	4	0,90	0,95	6.361,35	34.473,60	28.112,25	Kapasitas Mencukupi
SK-5	71,18	71,07	71,3	10	0,90	0,90	134.184,40	81.648,00	52.536,40	Kapasitas Tidak Mencukupi
SK-6	4,41	2,68	4,27	3	0,80	0,85	7.650,65	20.563,20	12.912,55	Kapasitas Mencukupi
SK-7	1,50	0,72	1,39	3	0,85	0,80	2.509,95	20.563,20	18.053,25	Kapasitas Mencukupi

Tabel 4 menunjukkan bahwa terdapat kapasitas yang tidak mencukupi pada stasiun kerja 1,3,5. Perlu dilakukan pengoptimalan kapasitas di setiap stasiun kerja untuk menghasilkan jumlah produksi optimal sesuai kemampuan pabrik dalam mencapai profit yang maksimum.

Mengoptimalkan Kapasitas Produksi untuk Mendapatkan Profit Maksimm

Kapasitas produksi yang optimal dalam mendapatkan profit maksimum dapat dilakukan dengan memformulasikan persoalannya ke dalam *Integer Linier Programming (ILP)*.

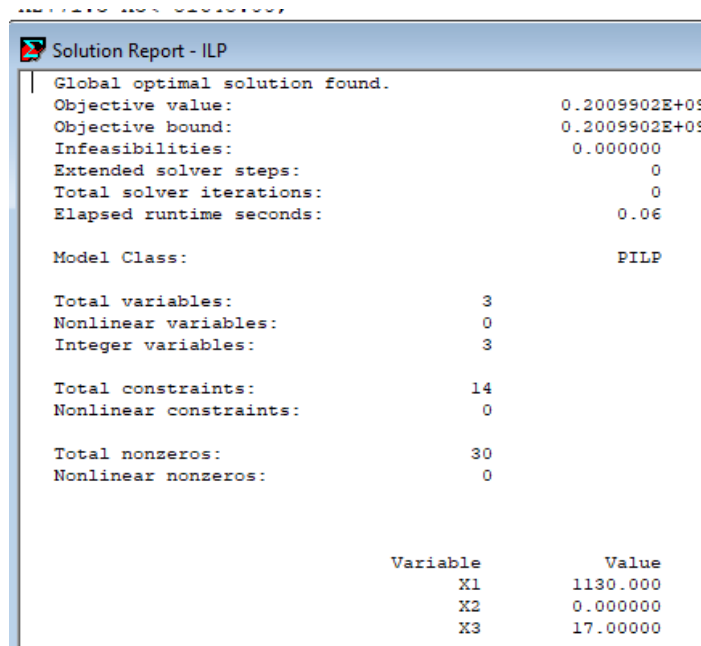
- Variabel Keputusan : X_1 = jumlah bantal dewasa, X_2 = jumlah bantal bayi, X_3 = jumlah bantal guling
- Fungsi Tujuan : memaksimumkan profit. Profit produk per unit untuk bantal dewasa = Rp 175.680, bantal bayi = Rp 104.820, dan bantal guling = Rp 145.400
- Kendala adalah kapasitas setiap stasiun kerja dan jumlah produksi setiap jenis produk
- Variabel keputusan non negatif

Maka formulasi Program Liniernya (model matematis) adalah:

$$\begin{aligned} \text{Max } Z &= 175.680 X_1 + 104.820 X_2 + 145.400 X_3 \\ \text{d.k } &34,02 X_1 + 34,4 X_2 + 45,36 X_3 \leq 51.710,40 \dots \text{SK-1} \\ &8,14 X_1 + 3,05 X_2 + 8,73 X_3 \leq 30.844,80 \dots \text{SK-2} \\ &47,96 X_1 + 26,84 X_2 + 48,03 X_3 \leq 65.318,40 \dots \text{SK-3} \\ &3,41 X_1 + 3,22 X_2 + 3,41 X_3 \leq 34.473,60 \dots \text{SK-4} \\ &71,18 X_1 + 71,07 X_2 + 71,3 X_3 \leq 81.648,00 \dots \text{SK-5} \\ &4,41 X_1 + 2,68 X_2 + 4,27 X_3 \leq 20.563,20 \dots \text{SK-6} \\ &1,50 X_1 + 0,72 X_2 + 1,39 X_3 \leq 20.563,20 \dots \text{SK-7} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 X_1 & \leq 1.130 \dots \text{bantal dewasa} \\
 X_2 & \leq 350 \dots \text{bantal bayi} \\
 X_3 & \leq 405 \dots \text{bantal guling} \\
 X_1, X_2, X_3 & \geq 0, \text{ integer } \dots \text{ non negatif}
 \end{aligned}$$

Model matematis perhitungan ILP dijadikan sebagai input pada *worksheet software* LINGO 18.0 sehingga hasil (*output*) beserta *solution report* model dapat dilihat pada gambar 1.



Gambar 1. Output LINGO

Berdasarkan hasil output LINGO pada gambar 1, nilai $X_1 = 1130$, $X_2 = 0$, dan $X_3 = 17$. Maka profit optimal nya adalah $Z = 175.680X_1 + 104.820X_2 + 145.400X_3 = 175.680(1130) + 104.820(0) + 145.400(17) = 200.990.200$

Meningkatkan Kapasitas Produksi dengan Penambahan Jam Lembur

Kapasitas yang tidak mencukupi ada pada stasiun kerja 1,3, dan 5. Peraturan lembur perusahaan adalah maksimum 12 hari per bulan dan 3 jam per hari. Artinya jumlah kapasitas tersedia (CA) lemburan adalah :

$$\begin{aligned}
 CA_{\text{lembur sk-1}} &= 3 \times 12 \times 60 \times 6 \times 0,90 \times 0,95 = 11.080,80 \text{ menit} \\
 CA_{\text{lembur sk-3}} &= 3 \times 12 \times 60 \times 8 \times 0,90 \times 0,90 = 13.996,80 \text{ menit} \\
 CA_{\text{lembur sk-5}} &= 3 \times 12 \times 60 \times 10 \times 0,90 \times 0,90 = 17.496,00 \text{ menit}
 \end{aligned}$$

Maka total kapasitas yang tersedia setelah dilemburkan adalah :

$$\begin{aligned}
 CA_{\text{total sk-1}} &= CA_{\text{sk-1}} + CA_{\text{lembur sk-1}} = 51.710,40 + 11.080,80 = 62.791,20 \text{ menit} \\
 CA_{\text{total sk-3}} &= CA_{\text{sk-3}} + CA_{\text{lembur sk-3}} = 65.318,40 + 13.996,80 = 79.315,20 \text{ menit} \\
 CA_{\text{total sk-5}} &= CA_{\text{sk-5}} + CA_{\text{lembur sk-5}} = 81.648,00 + 17.496,00 = 99.144,00 \text{ menit}
 \end{aligned}$$

Gaji lembur adalah Rp 22.500/jam = Rp 375/menit. Maka total biaya lembur adalah Rp 375/menit x (11.080,80+13.996,80 + 17.496) = Rp 15.965.100

Dengan demikian maka formulasi Program Linier (model matematis) untuk penambahan kapasitas dengan memberlakukan jam lembur adalah :

$$\begin{aligned} \text{Max } Z &= 175.680 X_1 + 104.820 X_2 + 145.400 X_3 - 15.965.100 \\ \text{d.k} \quad &34,02 X_1 + 34,4 X_2 + 45,36 X_3 \leq 62.791,20 \dots \text{SK-1} \\ &8,14 X_1 + 3,05 X_2 + 8,73 X_3 \leq 30.844,80 \dots \text{SK-2} \\ &47,96 X_1 + 26,84 X_2 + 48,03 X_3 \leq 79.315,20 \dots \text{SK-3} \\ &3,41 X_1 + 3,22 X_2 + 3,41 X_3 \leq 34.473,60 \dots \text{SK-4} \\ &71,18 X_1 + 71,07 X_2 + 71,3 X_3 \leq 99.144,00 \dots \text{SK-5} \\ &4,41 X_1 + 2,68 X_2 + 4,27 X_3 \leq 20.563,20 \dots \text{SK-6} \\ &1,50 X_1 + 0,72 X_2 + 1,39 X_3 \leq 20.563,20 \dots \text{SK-7} \\ &X_1 \leq 1.130 \dots \text{bantal dewasa} \\ &X_2 \leq 350 \dots \text{bantal bayi} \\ &X_3 \leq 405 \dots \text{bantal guling} \\ &X_1, X_2, X_3 \geq 0, \text{ integer ... non negatif} \end{aligned}$$

Model matematis perhitungan ILP dijadikan sebagai input pada *worksheet software* LINGO 18.0 sehingga hasil (*output*) beserta *solution report* model dapat dilihat pada gambar 2.

Solution Report - ILP	
Global optimal solution found.	
Objective value:	0.2206481E+09
Objective bound:	0.2206481E+09
Infeasibilities:	0.000000
Extended solver steps:	0
Total solver iterations:	0
Elapsed runtime seconds:	0.24
Model Class:	PILP
Total variables:	3
Nonlinear variables:	0
Integer variables:	3
Total constraints:	14
Nonlinear constraints:	0
Total nonzeros:	30
Nonlinear nonzeros:	0
Variable	Value
X1	1130.000
X2	0.000000
X3	262.0000

Gambar 2. Output LINGO

Berdasarkan hasil output LINGO pada gambar 2, nilai $X_1 = 1130$, $X_2 = 0$, dan $X_3 = 262$. Maka profit optimal nya adalah $Z = 175.680 X_1 + 104.820 X_2 + 145.400 X_3 - 15.965.100 = 175.680 (1130) + 104.820 (0) + 145.400 (262) - 15.965.100 = 220.648.100$

Meningkatkan Kapasitas Produksi dengan Penambahan Resources (Jumlah Operator)

Jumlah operator yang dibutuhkan untuk memenuhi CR dalam produksi Januari 2022 pada SK1 = $68.853,40 / (8 \times 21 \times 60 \times 0,90 \times 0,95) = 7,99 = 8$ orang. Demikian halnya perhitungan dilakukan dengan cara yang sama untuk SK-2 sampai SK-7 dimana hasilnya ada pada tabel 5.

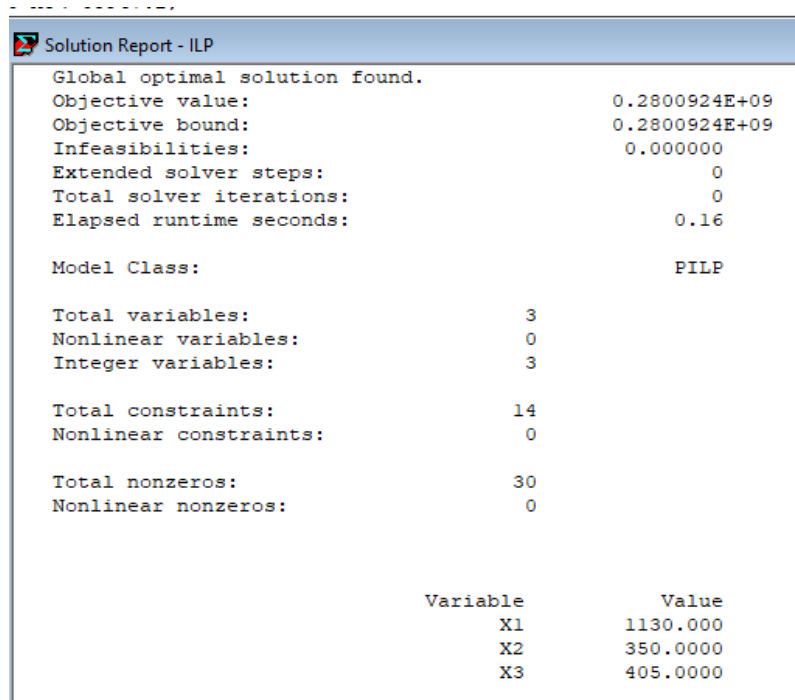
Tabel 5. Perubahan Jumlah Operaor dan CA

Stasiun Kerja	Jumlah Operator Awal (orang)	CR (menit)	CA Awal (menit)	Kebutuhan Operator (orang)	Penambahan/ Pengurangan Operator (orang)	Perubahan Operator	CA Setelah Perubahan Jumlah Operator (menit)
SK-1	6	68.853,40	51.710,40	8	2	Ditambah 2 dari SK-2	68.947,20
SK-2	4	13.801,35	30.844,80	2	-2	Dialokasikan 2 ke SK-1	15.422,40
SK-3	8	83.040,95	65.318,40	11	3	Ditambah 3 dari SK-4	89.812,80
SK-4	4	6.361,35	34.473,60	1	-3	Dialokasikan 3 ke SK-3	8.618,40
SK-5	10	134.184,40	81.648,00	17	7	Ditambah 1 dari SK-6 dan 2 dari SK 7; Kekurangan 4	138.801,60
SK-6	3	7.650,65	20.563,20	2	-1	Dialokasikan 1 ke SK-5	13.708,80
SK-7	3	2.509,95	20.563,20	1	-2	Dialokasikan 2 ke SK-5	6.854,40

Tabel 5 menunjukkan bahwa jumlah operator yang perlu di-hire adalah sebanyak 4 yang dialokasikan di SK-5. Kebutuhan tambahan jumlah operator di SK-1 sebanyak 2 diambil dari SK-2. Demikian juga kebutuhan tambahan jumlah operator di SK-3 sebanyak 3 diambil dari SK-4. Gaji operator per bulan adalah Rp 3.500.000. Maka total biaya penambahan 4 orang operator adalah $4 \times \text{Rp } 3.500.000 = \text{Rp } 14.000.000,-$, Perubahan jumlah operator di setiap stasiun kerja tentu saja mengakibatkan perubahan CA stasiun kerja Dengan demikian maka formulasi Program Linier (model matematis) untuk penambahan kapasitas dengan penambahan *resources* (operator) adalah :

$$\begin{aligned} \text{Max } Z &= 175.680 X_1 + 104.820 X_2 + 145.400 X_3 - 14.000.000 \\ \text{d.k } &34,02 X_1 + 34,4 X_2 + 45,36 X_3 \leq 68.947,20 \dots \text{SK-1} \\ &8,14 X_1 + 3,05 X_2 + 8,73 X_3 \leq 15.422,40 \dots \text{SK-2} \\ &47,96 X_1 + 26,84 X_2 + 48,03 X_3 \leq 89.812,80 \dots \text{SK-3} \\ &3,41 X_1 + 3,22 X_2 + 3,41 X_3 \leq 8.618,40 \dots \text{SK-4} \\ &71,18 X_1 + 71,07 X_2 + 71,3 X_3 \leq 138.801,60 \dots \text{SK-5} \\ &4,41 X_1 + 2,68 X_2 + 4,27 X_3 \leq 13.708,80 \dots \text{SK-6} \\ &1,50 X_1 + 0,72 X_2 + 1,39 X_3 \leq 6.854,40 \dots \text{SK-7} \\ &X_1 \leq 1.130 \dots \text{bantal dewasa} \\ &X_2 \leq 350 \dots \text{bantal bayi} \\ &X_3 \leq 405 \text{ bantal guling} \\ &X_1, X_2, X_3 \geq 0, \text{ integer } \dots \text{ non negatif} \end{aligned}$$

Model matematis perhitungan ILP dijadikan sebagai input pada *worksheet software* LINGO 18.0 sehingga hasil (*output*) beserta *solution report* model dapat dilihat pada gambar 3.



Gambar 3. Output LINGO

Berdasarkan hasil output LINGO pada gambar 3, nilai $X_1 = 1130$, $X_2 = 350$, dan $X_3 = 405$. Maka profit optimal nya adalah $Z = 175.680 X_1 + 104.820 X_2 + 145.400 X_3 - 14.000.000 = 175.680 (1130) + 104.820 (350) + 145.400 (405) - 14.000.000 = 280.092.400$ Rekap hasil perhitungan profit dapat dilihat pada Tabel 6.

Tabel 6. Rekap Profit

	X_1	X_2	X_3	Profit
Profit awal	1130	0	17	200.990.200
Penambahan jam lembur	1130	0	262	220.648.100
Penambahan Operator	1130	350	405	280.092.400

Berdasarkan pada tabel 6 terlihat bahwa profit maksimum diperoleh dengan penambahan operator pada SK-1, SK-3, dan SK-5. Penambahan operator ini meningkatkan kapasitas yang dapat memenuhi permintaan produksi Januari 2022. Profit yang n diperoleh sebesar Rp 280.092.400,- lebih tinggi daripada profit efektif Rp 200.990.200,-.Kenaikan profit sebesar Rp 79.102.200 atau sebesar $(79.102.200/200.990.200) \times 100 \% = 39,36\%$.

PENUTUP

Simpulan

Optimasi kapasitas produksi untuk memenuhi permintaan dilakukan dengan penambahan operator sebanyak 7 di SK-5 yaitu dengan *menghire* sebanyak 4, ditambahkan 1 dari SK-6, dan ditambahkan 2 dari SK-7. Penambahan operator juga dilakukan di SK-1 sebanyak 2 yang diambil dari SK-2. Demikian juga kebutuhan tambahan jumlah operator di SK-3 sebanyak 3 diambil dari SK-4. Profit yang didapatkan sebesar Rp 280.092.400,- dari yang semula profit efektif Rp 200.990.200,-. Profit mengalami kenaikan sebesar Rp 79.102.200 atau sebesar 39,36%. Jumlah produksi yang optimum adalah bantal dewasa sebanyak 1130 pcs, bantal anak sebanyak 350 pcs, dan bantal guling sebanyak 405 pcs.

Saran

Pemenuhan permintaan pada Januari 2022 dapat dilakukan dengan mengoptimasi kapasitas produksi melalui penambahan operator pada SK-1, SK-3, dan SK-5 sesuai dengan hasil penelitian. Untuk penelitian selanjutnya dapat membandingkan profit dengan penambahan jumlah mesin dan melakukan subkontrak.

DAFTAR PUSTAKA

- Abidin, R. Z., Sudarto, S., & Hasibuan, S. (2020). Optimalisasi Persediaan Produk Sodium Hypochlorite Menggunakan Pendekatan Linier Programming. *Jurnal INTECH Teknik Industri Universitas Serang Raya*, Vol. 6(2), 177–182.
- Fatmawati, & Umar, W. (2013). Analisis Kapasitas Produksi dengan Metode Capacity Requirement Planning (CRP) di PT. Hanil Jaya Stell. *Jurnal Teknik Mesin*, Vol. 1(2), 351–354.
- Firmansah, F., & Wulandari, F. (2021). Integer Linear Programming Aapplication in Production Results Optimization Using Cutting Plane Method. *Desimal; Jurnal Matematika*, Vol. 4(1), 57–66.
- Hadinata, R., Salmia, L. A., & Priyasmanu, T. (2021). Perencanaan Kapasitas Produksi Menggunakan Metode Rough Cut Capacity Planning (RCCP) pada Home Industri Loca Nusa. *Jurnal Valtech*, Vol. 4(1), 21–28.
- Irawan, Nasiatin, T., Adha, S., Julyanto, O., Rani, C. P., & K, R. D. P. (2020). Analysis of Production Capacity Planning and Control in PT . Krakatau Wajatama With Rought Cut Capacity Planning (RCCP). *Journal Industrial Engineering & Management Research*, Vol. 1(2), 207–218.
- Irsyad, I., Katili, M. R., & Achmad, N. (2020). Penerapan Metode Integer Linear Programming pada Penjadwalan Karyawan. *Jurnal Riset dan Aplikasi Matematika (JRAM)*, Vol. 4(1), 63-73
- Mohungo, S. M. N., & Yahya, L. (2021). Penerapan Model Integer Linear Programming. *Euclid*, Vol. 8(1), 6–15.
- Muzakir, M., Irawan, H. T., & Pamungkas, I. (2019). Pengukuran Waktu Kerja Karyawan Bengkel Toyota PT. Dunia Barusa di Kota Banda Aceh. *Jurnal Optimalisasi*, Vol. 4(1), 21–29.
- Ngusman. (2018). Perencanaan Jumlah Produksi Optimum dengan Metode Linearm Programming pada UD Muktijaya Cor di Ciamis. *Jurnal Media Teknologi*, Vol. 05(01), 1–14.
- Rani, A. M. (2019). Meningkatkan Kapasitas Produksi dengan Capacity Planning (Studi pada PT XYZ). *Jurnal Manajemen dan Bisnis : Performa*, Vol. 16(1), 39–49.
- Setiabudi, Y., Afma, V. M., & Irwan, H. (2018). 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). *Jurnal Profisiensi*, Vol. 6(2), 80–87.
- Sitorus, H., Rosihan, R. I., & Fizai, M. (2022). Optimasi Kapasitas Produksi Dengan Integer Linear Programming (ILP) dalam Perencanaan Jadwal Induk Produksi di PT. Indonesia Epson Industry. *Vastuwidya*, Vol. 5(1), 10–21.
- Suciyati, E. (2019). *Analisis Perencanaan Kapasitas Produksi dengan Metode Break Even Point pada UD Sinar Logam Jaya Kabupaten Tegal*. Fakultas Ekonomi dan Bisnis. Universitas Pancasila, Tegal.
- Sugarindra, M., & Nurdiansyah, R. (2020). Production Capacity Optimization with Rough Cut Capacity Planning (RCCP). *IOP Conference Series: Materials Science and Engineering*, 722(1). <https://doi.org/10.1088/1757-899X/722/1/012046>