



TESIS

OPTIMASI PERENCANAAN PRODUKSI PADA PROSES WIRE DRAWING DENGAN MODEL MIXED INTEGER LINEAR PROGRAMMING

Nama mahasiswa : M. Hasan Abdullah
NRP : 9113 201 414
Pembimbing : Prof. Dr. Ir. Abdullah Shahab, M.Sc.

PROGRAM STUDI MAGISTER MANAJEMEN TEKNOLOGI
BIDANG KEAHLIAN MANAJEMEN INDUSTRI
PROGRAM PASCASARJANA
INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER
SURABAYA

Tesis

KONTEN

PROSES SAAT INI DAN
PENGUMPULAN DATA

PENYELESAIAN MODEL
MATEMATIS

HASIL OPTIMASI DAN ANALISIS

KESIMPULAN DAN SARAN

PERMASALAHAN

Bagaimana perusahaan merencanakan produksi yang diperoleh keuntungan yang maksimal?

Faktor - faktor

Jenis Bahan? (indeks i)

Diameter Awal? (indeks j)

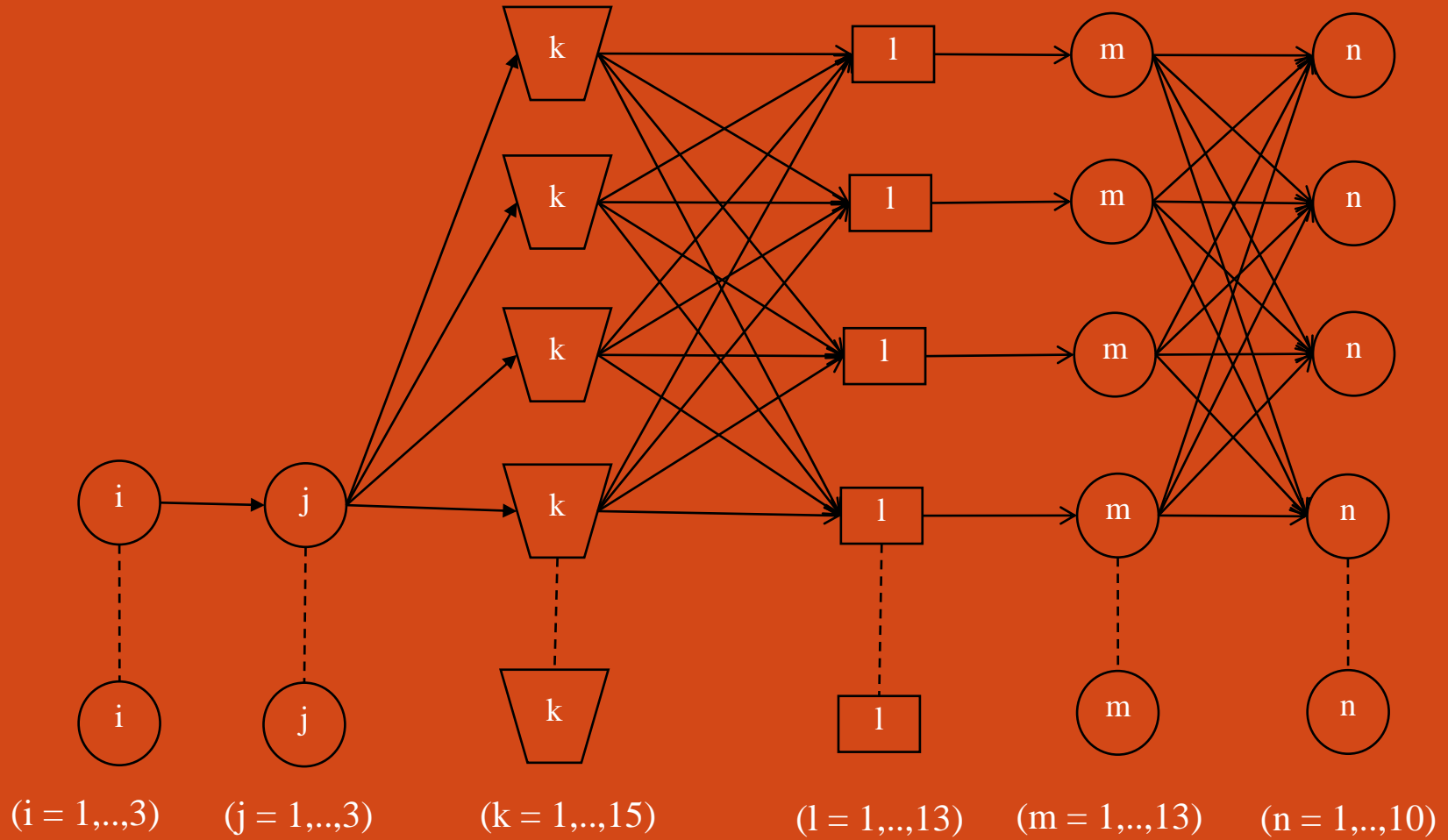
Mesin? (indeks k)

Jalur? (indeks l)

Diameter Akhir?
(indeks m)

Kuat Tarik? (indeks n)

Multiple product structure



TUJUAN

- **Merencanakan jumlah produksi yang tepat untuk tiap jenis produk agar tercapai keuntungan maksimal dengan menentukan pemilihan faktor-faktor proses produksi.**
- **Mengembangkan model matematis untuk optimasi dalam proses produksi kawat**

MANFAAT

- Dengan alokasi mesin dan jumlah produk yang optimal, maka akan mengurangi pemborosan (*waste*) berupa biaya persediaan, biaya bahan baku, tenaga kerja dan biaya lain sehingga akan menaikkan keuntungan bagi perusahaan
- Model optimasi tersebut dapat dijadikan bahan pertimbangan bagi manajemen perusahaan untuk melakukan evaluasi dan perbaikan sistem saat ini.

BATASAN

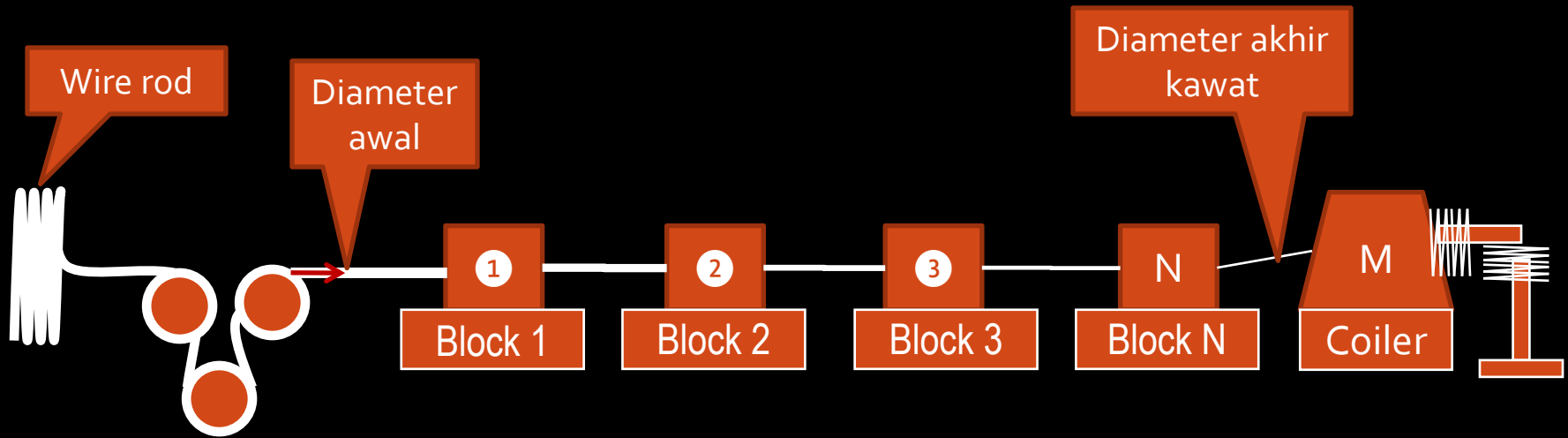
- Penelitian ini dilakukan pada proses produksi di departemen *wire drawing* PT. SW.
- Produk yang menjadi obyek penelitian adalah proses penarikan *Wire Rod* menjadi Kawat dengan variasi diameter 0.88 mm sampai dengan 5.59 mm.
- Perencanaan produksi dilakukan satu Minggu berdasarkan target penjualan dari bagian marketing.

ASUMSI

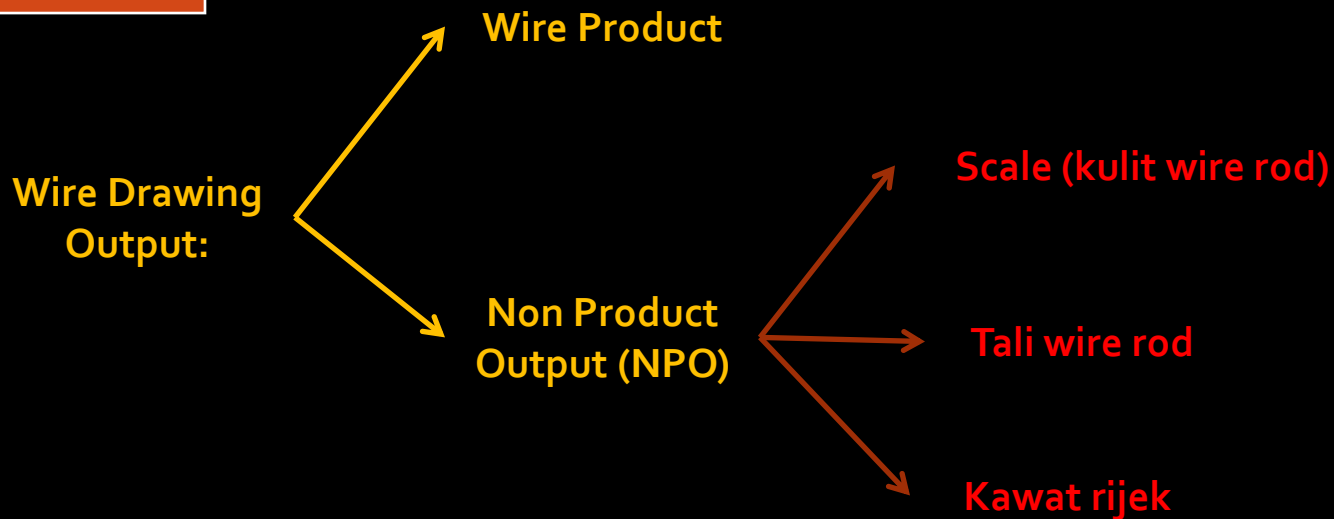
- Harga bahan baku, harga bahan penunjang lain, biaya tenaga kerja, dan kondisi mesin produksi adalah konstan.
- Komposisi permintaan tiap ukuran produk adalah tetap.
- Jam kerja normal dan biaya tenaga kerja mengikuti aturan yang berlaku saat itu.

PROSES REDUKSI KAWAT

Wire Drawing:



Wire Scaler



NPO (Non Product Output)



PENGUMPULAN DATA

Data yang perlu diketahui :

- ✓ Permintaan produk (Ton)
- ✓ Harga jual produk (Rp/Ton)
- ✓ Koefisien hasil produk bersih (≤ 1)
- ✓ Biaya setup (Rp)
- ✓ Biaya proses (Rp/Ton)
- ✓ Biaya overtime (Rp/jam)
- ✓ Biaya inventory (Rp/Ton)
- ✓ Laju produksi (Jam/Ton)
- ✓ Ketersediaan bahan baku (Ton)

PEMODELAN

VARIABEL KEPUTUSAN

X_{ijklmn} Jumlah unit (ton) per minggu produk kawat yang diproses dari bahan i dengan diameter awal j (mm) menggunakan mesin k melalui jalur l menjadi diameter akhir m (mm) dengan kuat tarik n (kg/mm²)

Dengan indeks:

- i : jenis bahan *Wire Rod* yang digunakan ($i = 1, 2, \dots, 3$)
- j : diameter awal *Wire Rod* ($j = 1, 2, \dots, 3$)
- k : mesin yang digunakan ($k = 1, 2, \dots, 15$)
- l : jalur atau susunan dies ($l = 1, 2, \dots, 13$)
- m : diameter akhir produk kawat ($m = 1, 2, \dots, 13$)
- n : kuat tarik produk kawat ($n = 1, 2, \dots, 10$)

FUNGSITUJUAN

$$\text{MAX} = \text{HARGA JUAL} - \text{BIAYA}$$

PENYELESAIAN MODEL

Nilai jual produk:

$$\sum_{i=1}^3 \sum_{j=1}^3 \sum_{k=1}^{15} \sum_{l=1}^{13} \sum_{m=1}^{13} \sum_{n=1}^{10} a_{mn} \cdot \rho_{ijklmn} \cdot X_{ijklmn}$$

Max =

$$(7.6*0.986*X_{010301010102} + 7.6*0.985*X_{020301010102} + 7.6*0.983*X_{030301010102} + 7.7*0.986*X_{010101020201} + 7.7*0.986*X_{020101020201} + 7.8*0.986*X_{010201020202} + \dots + 12*0.982*X_{030201131310} + 12*0.982*X_{030301131310}) -$$

PENYELESAIAN MODEL

Biaya persiapan untuk satu jalur dies:

$$\sum_{k=1}^{13} \sum_{l=1}^{13} \varphi_{kl} \cdot J_{kl}$$

$$(0.006 \cdot J_{0101} + 0.006 \cdot J_{0102} + \\ \vdots \\ 0.006 \cdot J_{1501} + 0.006 \cdot J_{1502})$$

Biaya persiapan untuk jalur bercabang:

$$\sum_{k=1}^{13} \sum_{l=1}^{13} (\varphi_{ku(u \in l)} - \varphi_{kl} \cdot J_{kl}) \cdot J_{ku}$$

$$((0.009 - 0.006 \cdot J_{0102}) \cdot J_{0103}) + \\ \vdots \\ ((0.040 - 0.038 \cdot J_{1512}) \cdot J_{1513})$$

PENYELESAIAN MODEL

Biaya proses (Rp/ton):

$$\sum_{i=1}^3 \sum_{j=1}^3 \sum_{k=1}^{15} \sum_{l=1}^{13} \sum_{m=1}^{13} \sum_{n=1}^{10} \tau_{ijklmn} \cdot X_{ijklmn}$$

$$(6.47 \cdot X_{010101020201} + 6.49 \cdot X_{010101030301} + \dots + 8.09 \cdot X_{030315121209} + 8.45 \cdot X_{030315131310})$$

Biaya overtime (Rp/Jam):

$$\sum_{k=1}^{15} \zeta_k \cdot OT_k$$

$$(0.017 \cdot OT_1 + 0.017 \cdot OT_2 + \dots + 0.017 \cdot OT_{14} + 0.017 \cdot OT_{15})$$

PENYELESAIAN MODEL

Biaya kekurangan dan kelebihan produksi (Rp/ton):

$$\sum_{m=1}^{13} \sum_{n=1}^{10} (\sigma_{mn} \cdot S_{mn} + \mu_{mn} \cdot O_{mn})$$

$$(1.14 \cdot S_{0102} + 0.05 \cdot O_{0102}) +$$

$$(1.16 \cdot S_{0201} + 0.05 \cdot O_{0201}) +$$

⋮

⋮

$$(1.79 \cdot S_{1309} + 0.05 \cdot O_{1309}) +$$

$$(1.80 \cdot S_{1310} + 0.05 \cdot O_{1310})$$

PENYELESAIAN MODEL

BATASAN PERMINTAAN

$$\sum_{i=1}^3 \sum_{j=1}^3 \sum_{k=1}^{15} \sum_{l=1}^{13} \rho_{ijklmn} \cdot X_{ijklmn} + S_{mn} - O_{mn} = D_{mn}$$

$$m = 1, \dots, 13$$

$$n = 1, \dots, 10$$

Misal untuk permintaan D0102:

$$\begin{aligned} &0.986 \cdot X_{010301010102} + 0.985 \cdot X_{020301010102} + \\ &\quad \vdots \\ &0.985 \cdot X_{020315010102} + 0.983 \cdot X_{030315010102} + \\ &S_{0102} - O_{0102} = 75; \end{aligned}$$

PENYELESAIAN MODEL

BATASAN KAPASITAS PRODUKSI

$$\sum_{i=1}^3 \sum_{j=1}^3 \sum_{l=1}^{13} \sum_{m=1}^{13} \sum_{n=1}^{10} \lambda_{ijklmn} \cdot X_{ijklmn} - OT_k = KM_k \quad k = 1, \dots, 15$$

$$OT_k \leq \pi_k \quad k = 1, \dots, q$$

Untuk mesin 1.

$$1.00 \cdot X_{010101020201} + 1.24 \cdot X_{010101030301} +$$

⋮

$$22.68 \cdot X_{030301131310} - (OT1) \leq 350;$$

Batasan *Overtime*.

$$OT1 \leq 50;$$

PENYELESAIAN MODEL

BATASAN KEKURANGAN

$$\sum_{i=1}^3 \sum_{j=1}^3 \sum_{k=1}^{15} \sum_{l=1}^{13} S_{mn} \leq 0.1D_{mn}$$

$$m = 1, \dots, 13$$

$$n = 1, \dots, 10$$

$$S0102 \leq 0.1 \cdot 75;$$

$$S0201 \leq 0.1 \cdot 60;$$

⋮

$$S1309 \leq 0.1 \cdot 3;$$

$$S1310 \leq 0.1 \cdot 3;$$

BATASAN KELEBIHAN PRODUKSI

$$\sum_{i=1}^3 \sum_{j=1}^3 \sum_{k=1}^{15} \sum_{l=1}^{13} O_{mn} \leq 0.2D_{mn}$$

$$m = 1, \dots, 13$$

$$n = 1, \dots, 10$$

$$O0102 \leq 0.2 \cdot 75;$$

$$O0201 \leq 0.2 \cdot 60;$$

⋮

$$O1309 \leq 0.2 \cdot 3;$$

$$O1310 \leq 0.2 \cdot 3;$$

PENYELESAIAN MODEL

BATASAN SWITCHING

$$\sum_{i=1}^3 \sum_{j=1}^3 \sum_{m=1}^{13} \sum_{n=1}^{10} X_{ijklmn} - \beta_k \cdot J_{kl} < 0$$

$$k = 1, \dots, 15$$

$$l = 1, \dots, 13$$

MESIN 1.

$$X010101020201 - 1500 \cdot J0102 < 0;$$

$$X010101030301 - 1500 \cdot J0103 < 0;$$

⋮
⋮

$$X030301121209 - 1500 \cdot J0112 < 0;$$

$$X030301131310 - 1500 \cdot J0113 < 0;$$

PENYELESAIAN MODEL

BATASAN BAHAN BAKU

$$\sum_{k=1}^{15} \sum_{l=1}^{13} \sum_{m=1}^{13} \sum_{n=1}^{10} X_{ijklmn} = WR_{ij}$$

$$i = 1, \dots, 3$$

$$j = 1, \dots, 3$$

Misal untuk Bahan WR 0101

$$X010101020201 + X010101030301 +$$

⋮

$$X010115121207 + X010115131308 \leq 200;$$

HASIL OPTIMASI

Hasil *running* menunjukkan bahwa model formulasi pada program Lingo memiliki 1965 variabel, 195 *integer*, 1840 *constraint* dan 10500 *non zeros*. Penyelesaian optimal diperoleh setelah melalui 913291 iterasi dengan nilai fungsi tujuan sebesar 5581,33 (Rp. 5.581.332.000,-)

HASIL OPTIMASI:

Global optimal solution found.

Objective value: 5581.332

Objective bound: 5581.332

Infeasibilities: 0.000000

Extended solver steps: 4

Total solver iterations: 913291

TABEL HASIL OPTIMASI

Produk (D _{mn})	Alokasi Sumberdaya			Jumlah (Ton)	Produk (D _{mn})	Alokasi Sumberdaya			Jumlah (Ton)
	Jenis Bahan	ø Awal	Mesin			Jenis Bahan	ø Awal	Mesin	
D0102	1	3	13	59,79	D0704	1	1	4	34,15
	3	3	13	8,69		1	1	11	24,26
D0201	2	1	1	1,57	D0705	2	2	11	42,78
	2	1	13	53,19		2	3	15	54,67
D0202	3	1	12	54,87	D0706	3	3	11	19,53
D0203	1	3	13	45,95	D0804	1	1	2	43,81
	2	2	13	63,64	D0805	1	2	2	18,25
D0204	3	3	13	27,46		1	2	6	0,45
D0301	1	1	1	31,94		3	1	6	25,20
D0302	3	1	1	71,13	D0806	3	2	9	2,41

TABEL HASIL OPTIMASI (lanjutan)

Produk (D _{mn})	Alokasi Sumberdaya			Jumlah (Ton)	Produk (D _{mn})	Alokasi Sumberdaya			Jumlah (Ton)
	Jenis Bahan	ø Awal	Mesin			Jenis Bahan	ø Awal	Mesin	
D0302	1	3	1	21,17	D0806	3	2	1	75,50
	1	3	7	85,31		2	2	11	9,95
D0304	2	3	1	1,01	D0807	3	3	6	21,97
	3	3	1	105,80	D0905	2	1	10	17,05
D0402	1	1	3	9,42	D0906	1	3	7	34,11
	2	1	3	28,67	D0907	3	2	10	25,63
	2	1	12	32,95	D1005	1	1	2	15,27
D0403	1	2	6	106,38		1	1	4	2,97
D0404	2	3	1	40,19	D1006	2	1	4	54,82
	2	3	13	66,40	D1007	3	2	5	17,79
D0405	3	3	3	26,36		3	2	9	1,91
	3	3	6	9,23		3	2	14	53,52
D0502	1	1	15	10,14	D1008	3	3	4	18,31
D0503	1	2	15	28,44	D1106	2	1	12	4,87
	2	1	15	1,98	D1107	1	2	15	4,87
D0504	2	2	15	40,60	D1108	3	2	9	9,76
D0505	3	3	15	10,17	D1109	3	3	15	2,44
D0602	1	1	8	24,34	D1207	2	1	2	4,87
D0603	3	1	2	1,25	D1208	1	2	2	7,30
	3	1	8	47,52	D1209	3	2	9	9,76
D0604	1	2	2	34,28	D1308	1	1	15	3,65
	2	2	8	43,00	D1309	1	3	7	3,65
D0605	2	3	8	49,59	D1310	3	2	9	3,66
	2	3	9	38,11					

Hasil Optimasi

Faktor	Sistem Perusahaan	Hasil Optimasi
Profit	Rp. 3.706.985.000	Rp. 5.581.332.000
Utilitas Mesin	96%	100%
Utilitas Bahan	94%	100%

KESIMPULAN

Berdasarkan hasil pembahasan dan analisis yang telah dilakukan selama penelitian maka dapat diambil beberapa kesimpulan sebagai berikut:

1. Model optimasi yang dibuat menunjukkan bahwa perusahaan mempunyai potensi keuntungan lebih tinggi sebesar Rp. 5.581.332.000,- atau 51% lebih tinggi dari sistem sebelumnya yaitu Rp. 3.706.985.000,-.
2. Model optimasi mampu meningkatkan utilitas mesin dan pemakaian bahan menjadi 100%.
3. Model optimasi dalam penelitian ini mempunyai sensitifitas terhadap batasan atau kendala yang ada. Berikut kesimpulan dari analisis terhadap batasan:

KESIMPULAN

- a. Batasan permintaan. Jenis produk kawat D0102 sampai dengan D0603 mempunyai pengaruh terhadap penurunan keuntungan apabila ada penambahan pada kapasitas permintaan semula. Hal ini ditandai dengan nilai *dual price* yang negatif.
- b. Batasan kapasitas mesin dan *overtime*. Kapasitas mesin 1, 3, 6, 12, dan 13 akan memberikan dampak pada pengurangan keuntungan apabila ditambahkan, hal ini ditandai dengan nilai *dual price* yang negatif. Hanya pada mesin 2, 4 dan 5 dapat dilakukan penambahan jam mesin (*overtime*).
- c. Batasan kekurangan dan kelebihan produksi. Penambahan kekurangan produksi pada produk D0102, D0201 dan D0202 akan berpengaruh positif pada nilai profit, namun tetap pada batas $\leq 10\%$ dari target produksi. Penambahan kelebihan produk D1310 memberikan dampak paling tinggi terhadap keuntungan perusahaan yaitu 2,16 juta rupiah setiap satu unit.
- d. Batasan bahan baku. Semua jenis bahan baku merupakan kendala yang aktif. Bahan baku WR32 mempunyai sensitifitas paling tinggi dengan nilai *dual price* 9,337 juta.

SARAN

Dengan memperhatikan beberapa hal terkait dengan pemodelan dan hasil optimasi, maka perlu dilakukan penyesuaian dan perhitungan lebih detail mengenai komponen biaya produksi, tidak hanya biaya variabel namun juga biaya tetap dan *overhead*. Hal lain yang perlu ditambahkan antara lain:

1. Perencanaan hanya dilakukan pada 1 bulan yakni pada bulan September 2015, untuk itu agar optimasi lebih baik perlu dilakukan peramalan terhadap permintaan selama 1 tahun.
2. Perlu diberikan batasan minimal jam mesin atau minimal pendapatan pekerja agar alokasi jam mesin lebih seimbang.
3. Penerapan model optimasi ini tentunya akan mengalami penyesuaian. Misalnya perubahan alokasi mesin serta memperhatikan perubahan-perubahan pada kendala aktif seperti bahan baku dan upah pekerja.

DAFTAR PUSTAKA

Adi, P. (2012), *Optimasi Keuntungan dengan Menggunakan Bauran Produk di PT. X*, Tesis MMT., ITS, Surabaya.

Celentano, D.J, Palacios, M.A., Rojas, E.R., Cruchaga, M.A., Artigas, A.A., Monsalva, A.E. (2009), "Simulation and experimental validation of multiple-step wire drawing processes", *Finite Element in Analysis and Design*, Vol. 45, hal. 163-180.

Hastuti, P.R, Yuliando, H., Aziz, I.W.F,. (2015), Production Scheduling Using Mixed Integer Programming:Case of Bread Small and Medium Enterprise at Yogyakarta, *Agriculture and Agricultural Science*, Prodia 3, hal. 211-215.

Lieberman and Hillier, (2010). *Introductions to Operations Research: Ninth Edition*. New York: McGraw-Hill Book company.

Mulyono, M.F. (2012), *Optimasi Perencanaan Cat di PT XYZ dengan Metode Mixed Integer Programming*, Tesis MMT., ITS, Surabaya.

Rahmani, D., Ramezania, R., Fattahi, P., Heydari, M. (2013), A Robust Optimization Model for Multi-Product two stage Capacitated Production Planning Under Uncertainly, *Applied Mathematical Modelling*, Vol. 37, hal. 8957-8971.

DAFTAR PUSTAKA

Taha, H.A (2007). *Operation Research: Eighth Edition*. New York: Pearson Education, Inc.

Taylor III, Bernard W. (2010). *Introduction to Management Science: Tenth Edition*. Prentice-Hall, Inc.

Windarti, T. (2011), *Optimasi Perencanaan Produksi Besi Beton pada Rolling mill dengan Menggunakan Metode Integer Programming di PT. HJS*, Tesis MMT., ITS, Surabaya.