

**ANALISIS VOLUME PRODUKSI MENGGUNAKAN METODE
THEORY OF CONSTRAINT
(STUDI KASUS PADA PRODUKSI KABEL)**

**PRODUCTION VOLUME ANALYSIS USING THEORY OF
CONSTRAINT
(CASE STUDY ON PRODUCTION OF WIRES)**

Hebi Musaki¹, Meriastuti Ginting², Budi Marpaung³

Fakultas Teknik dan Ilmu Komputer Jurusan Teknik Industri
Universitas Kristen Krida Wacana

¹log_minachi@yahoo.com, ²meriastuti.ginting@ukrida.ac.id, ³budi.marpaung@ukrida.ac.id

Abstrak

Seiring dengan terjadinya perubahan variasi permintaan pada setiap periode untuk produksi tertentu menyebabkan perusahaan harus memiliki rencana produksi yang berbeda setiap periode sesuai dengan kapasitas produksi. Untuk membantu dalam melakukan perancangan volume produksi yang optimal, diperlukan metode yang sesuai. Pada kasus ini, *line-4 MV plant* PT X memproduksi enam jenis kabel *twisted* dengan jumlah produksi dan *profit* yang berbeda-beda. Metode *Theory of constraints* (TOC) dapat mengidentifikasi masalah produksi, terutama dalam hal kendala kapasitas. Metode ini dilengkapi dengan *Linear Programming* dalam membantu merancang volume produksi optimal dengan *profit* maksimum. Dari hasil pengolahan data ditemukan kendala pada semua proses dan dari hasil perhitungan *Linear Programming* menggunakan *software* Win-QSB dapat diketahui volume produksi optimal, yakni NFA2X 2x16 sebanyak 52,7 km, NFA2X 4x16 sebanyak 0 km, NFA2X 4x25 sebanyak 10 km, NFA2X-T 3x70+50 sebanyak 140,5 km, AAAC-S 70mm sebanyak 16 km, dan AAAC-S 150mm sebanyak 14 km. Terdapat peningkatan keuntungan sebesar 1,9% dibandingkan dengan realisasi (*existing*). Analisis utilitas menyatakan bahwa tidak ada lagi kendala pada kapasitas sumber daya atau bernilai di atas 100%.

Kata Kunci: *Theory of Constraints*, kapasitas, optimalisasi

Abstract

Frequent demand changes in certain periods require companies to have different production plans according to the production capacity. To help designing optimal production volume, an appropriate method is necessary. In this case, the 4th-line MV plant of PT X produces six types of twisted cable having different amount of production and profit. The Theory of Constraints (TOC) method can identify production problems, especially in terms of capacity constraints. This method comes with Linear Programming to design optimal production volumes resulting in maximum profit. The data processing revealed constraints on the entire processes. The results from the calculation of Linear Programming using Win-QSB showed the optimal production volume as follows: NFA2X 2x16 as much as 52.7 km, NFA2X 4x16 as much as 0 km, NFA2X 4x25 as much as 10 km, NFA2X-T 3x70+50 as much as 140.5 km, AAAC-S 70mm as much as 16 km, and AAAC-S 150mm as much as 14 km. An increase in the profit rate was at 1, 9% compared to the realization (existing). The utility analysis suggested that there was no more constraint on the resources, or which value above 100%.

Keywords: *Theory of Constraints*, capacity, optimization

Tanggal Terima Naskah : 04 Maret 2014
Tanggal Persetujuan Naskah : 10 April 2014

1. PENDAHULUAN

Persaingan industri manufaktur saat ini berkembang sangat pesat. Munculnya perusahaan-perusahaan yang bergerak dalam industri sejenis memaksa perusahaan untuk membuat produk yang dapat bersaing. Industri manufaktur saat ini harus mengarah kepada sistem manufaktur yang memproduksi berbagai varian produk sesuai dengan permintaan pasar yang bersifat dinamis. Hal ini tentu menjadi masalah serius dalam perencanaan produksi.

Dalam kasus ini, produksi yang diteliti adalah produk berbasis *tender*. Perusahaan harus melakukan perencanaan sesuai dengan permintaan konsumen, yang membuat perusahaan harus kembali mengevaluasi perencanaan produksi. Permasalahan lain yang terjadi pada kasus ini adalah dalam hal kapasitas yang tidak selalu dapat menampung seluruh permintaan. Masalah produksi seperti ini dapat dipecahkan dengan metode *theory of constraints (TOC)*. TOC menekankan pada stasiun kerja yang mempengaruhi kelajuan produksi untuk seluruh sistem atau lebih dikenal dengan nama *capacity constraint resources (CCR)*. Metode ini juga dapat membantu perancangan volume produksi yang sesuai dengan kapasitas produksi yang optimal dengan *profit* maksimum. Dengan demikian, metode TOC layak dijadikan sebagai salah satu cara untuk membuat perencanaan produksi yang efektif dan efisien dari sisi produksi, kapasitas, maupun biaya, terutama bagi industri manufaktur yang memiliki permintaan yang bersifat dinamis.

Setiap perusahaan selalu berusaha untuk memenuhi permintaan pasar, akan tetapi dalam kasus permintaan yang berlebih dengan kapasitas terbatas diperlukan perencanaan yang sesuai agar mendapatkan keuntungan dan penggunaan sumber daya yang maksimal. Setiap rantai produksi memiliki beberapa stasiun kerja dengan kapasitas yang berbeda-beda. *Output* berdasarkan perencanaan yang ada dirasa belum maksimal. Oleh karena itu, perlu dilakukan analisis volume produksi untuk mengetahui bagaimana *profit* yang seharusnya bisa diterima oleh perusahaan.

Theory of constraints (TOC) adalah filosofi manajemen sistem yang diperkenalkan oleh Eliyahu M. Goldratt [1]. TOC merupakan proses *improvement* dimana kinerja perusahaan (sistem) dibatasi *constraints*. TOC adalah metodologi untuk perbaikan proses yang dapat membantu perusahaan dalam pengambilan keputusan untuk pengelolaan sumber daya. Metode ini didasarkan pada pemikiran bahwa setiap proses operasional dalam suatu sistem memiliki setidaknya satu faktor yang menghambat kemampuan sistem untuk memenuhi tujuan atau target. TOC memfokuskan pada identifikasi kendala dan mengefektifkan daerah paling 'lemah' pada proses. Dengan pendekatan sistem yang berfokus pada waktu dan sumber daya yang terbatas yang potensial, TOC dapat memaksimalkan laba dengan meyakinkan bahwa faktor yang membatasi produksi dapat digunakan secara efisien. Dalam penelitian di sebuah departemen lisensi publik, Walter melakukan perbandingan antara metode pendekatan *margin* kontribusi secara tradisional dengan pendekatan TOC. Walter membuktikan bahwa perhitungan dengan TOC mendapatkan hasil pendapatan lebih besar dibandingkan metode tradisional. Dalam penelitian ini, ditemukan bentuk kendala (*constraint*) tunggal sehingga penyelesaian kasus masih belum kompleks.

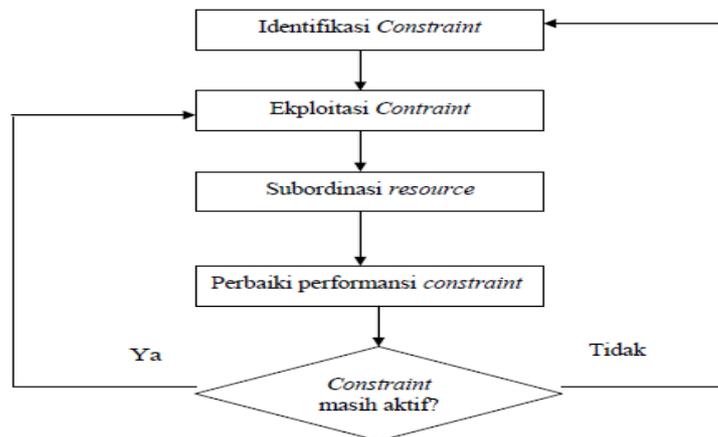
Menurut Daniel Sipper, metode TOC fokus kepada *constraints* yang berada di dalam sistem, untuk meningkatkan performansi sistem dalam mencapai tujuan. Dalam penerapannya terdapat dua tipe ukuran kinerja TOC, yaitu finansial dan operasional.

1. Kriteria Pengukuran Finansial, merupakan keuntungan bersih atau *net profit* (diukur dalam rupiah), yaitu selisih hasil produk terjual (*Throughput*) dengan biaya produksi (*Operational expenses*), atau

$$Net\ profit = Throughput - Operational\ expenses.....(1)$$
2. Kriteria Pengukuran Operasional, meliputi:
 - a. *Throughput* adalah tingkat dimana suatu organisasi menghasilkan uang melalui penjualan.
 - b. Persediaan adalah seluruh uang yang dikeluarkan organisasi dalam mengubah bahan baku menjadi *throughput*
 - c. Beban operasi adalah seluruh uang yang dikeluarkan organisasi untuk mengubah persediaan menjadi *throughput*

Daniel Sipper mengatakan bahwa untuk mengimplementasi *continuous improvement* serta ide-ide dalam mengemukakan solusi terdapat lima langkah yang berurutan agar proses perbaikan lebih terfokus dan memberikan pengaruh positif yang lebih baik bagi sistem sebelumnya, yang dinyatakan dalam Gambar 1. Adapun langkah-langkah yang berurutan tersebut adalah sebagai berikut.

1. Identifikasi sumber daya kendala (*constraints*) dalam sistem, yaitu menemukan kendala yang dapat diolah kembali.
2. Putuskan bagaimana menghilangkan kendala tersebut. Pada tahap ini ditentukan bagaimana menghilangkan kendala yang telah ditemukan dengan mempertimbangkan perubahan dengan biaya terendah.
3. Subordinatkan sumber daya lain untuk mendukung langkah 2, mempertimbangkan hal-hal yang lain yang bukan kendala agar segala sesuatu yang hilang pada kendala tidak memberikan pengaruh pada sumber-sumber daya lain dalam pertimbangan pembuatan keputusan.
4. Evaluasi kendala sistem jika kinerja tidak memuaskan, memperoleh lebih banyak dari sumber daya terbatas.
5. Kembali ke langkah pertama untuk peningkatan terus-menerus, jika masih ditemukan kendala.



Gambar 1 Flow chart theory of constraints

Penerapan metode TOC mirip dengan *Material Requirement Planning* (MRP) dan *Just-in-Time* (JIT). Perbedaannya terletak pada pemanfaatan metode seperti, MRP berguna pada klasifikasi data dan sumber daya mesin maupun bahan baku, MRP berguna untuk meningkatkan komunikasi pada proses pengolahan produk, JIT berguna untuk mengkorelasikan persediaan dengan proses yang bertujuan untuk meminimalkan persediaan untuk meningkatkan performansi proses, sedangkan TOC berguna pada pemecahan masalah berdasarkan ‘sebab dan akibat’ dengan asumsi tujuan proses kepada

meminimalkan biaya operasional dan persediaan yang tentu saja akan meningkatkan *throughput* [2].

Capacity Constraint Resource (CCR) adalah sumber daya yang jika tidak dijadwalkan sebagaimana mestinya akan dapat menghambat aliran produk yang menyimpang dari perencanaan aliran semula. CCR tidak hanya jenis kendala yang dapat menghambat kinerja, tetapi kendala pasar juga dapat menghambat penggunaan sumber daya yang tersedia secara penuh. Peningkatan pasar akan meningkatkan *throughput* dan *net profit*. Kendala-kendala material juga dapat menghambat penggunaan sumber daya. Jika kapasitas lebih besar dari aliran *throughput* dengan kendala material, material-material yang lebih banyak akan meningkatkan *throughput* dan *profit* [3].

Linear Programming merupakan teknik riset operasional (*operational research*) yang telah digunakan secara luas dalam berbagai jenis masalah manajemen. Metode ini dapat digunakan pada manajemen produksi dan persediaan dalam memanfaatkan sumber-sumber daya manufaktur sehingga menjadi lebih efektif dan efisien. Sumber-sumber daya manufaktur, seperti mesin, tenaga kerja, modal, waktu, dan bahan baku, digunakan dalam kombinasi tertentu yang paling optimum untuk menghasilkan produk [4].

Secara matematis, model umum dari *linear programming*, yang terdiri dari sekumpulan variabel keputusan X_1, X_2, \dots, X_n , dapat dirumuskan sebagai berikut:

$$\begin{array}{l}
 \text{Maksimum (atau Minimum) } Z = P_1X_1 + P_2X_2 + \dots + P_nX_n \\
 \text{Dengan batasan/constraints:} \quad X_1 \leq h_1 \\
 \quad \quad \quad \quad \quad \quad X_2 \leq h_2 \\
 \quad \quad \quad \quad \quad \quad X_n \leq h_n \\
 \quad \quad \quad T_{11}X_1 + T_{21}X_2 + \dots + T_{n1}X_n \leq T_{\max 1} \\
 \quad \quad \quad T_{12}X_1 + T_{22}X_2 + \dots + T_{n2}X_n \leq T_{\max 2} \\
 \quad \quad \quad \vdots \\
 \quad \quad \quad \vdots \\
 \quad \quad \quad T_{m1}X_1 + T_{m2}X_2 + \dots + T_{mn}X_n \leq T_{\max m} \\
 \quad \quad \quad X_1 ; X_2 ; \dots ; X_n \geq 0
 \end{array} \quad \left. \vphantom{\begin{array}{l} \\ \\ \\ \\ \\ \\ \\ \\ \\ \\ \\ \end{array}} \right\} \dots\dots\dots(2)$$

- X_n = produk n
- P_n = *profit* pada produk n
- h_n = potensial pasar produk n
- T_{mn} = waktu proses m pada produk n
- $T_{\max m}$ = waktu proses m maksimum atau kapasitas maksimum proses m

Prinsip TOC digunakan untuk mengetahui cara optimalisasi sumber daya bermasalah dan biaya bayangan. Penerapan *continuous improvement* dari TOC dapat dimulai setelah ditemukan solusi dari *linear programming*. Ada pernyataan yang sangat populer, “*TOC with LP (Linear Programming) is better than TOC without LP*” [5]. Rina M. S. melakukan penelitian analisis biaya pada industri gula di Jawa Timur yang menggunakan pendekatan TOC untuk meningkatkan laba. Penelitian ini memiliki keterbatasan, yaitu penerapan TOC ini hanya dapat diterapkan pada satu produk. Rina mengemukakan dengan dikurangnya kendala yang ditemukan dengan menggunakan TOC, maka *throughput* akan meningkat sehingga laba pun akan ikut meningkat. Iis D., et al. dan Bahtiar pada penelitiannya di beberapa industri menggunakan *linear programming* dalam pemecahan masalah dari sisi biaya, sumber daya, penjadwalan, dan volume produksi. Perhitungan perencanaan produksi menggunakan *linear programming* mendapatkan hasil dengan utilitas maksimal.

Penelitian ini berfokus kepada perencanaan volume produksi optimal dengan menggunakan metode TOC dan membandingkan hasilnya dengan kondisi saat ini (*existing*). Berdasarkan *review* atas beberapa jurnal, diperoleh bahwa banyak penelitian

berbentuk kualitatif, sedangkan penelitian ini lebih berbentuk kuantitatif. Penelitian yang berupa kasus pada bagian produksi yang ditemukan belum ada yang pernah menggunakan metode TOC untuk menganalisis volume produksi dan membandingkan hasilnya dengan metode yang dimiliki saat ini (*existing*).

2. METODOLOGI PENELITIAN

Penelitian ini dilakukan dalam beberapa tahapan. Tahapan-tahapan tersebut dilakukan dengan perincian sebagai berikut.

- 1) Pengumpulan data
 - a. Mengumpulkan data untuk analisis *constraint resource*, antara lain:
 - (1) Data proses produksi mencakup jumlah mesin dan tenaga kerja.
 - (2) Data waktu proses untuk setiap stasiun kerja.
 - (3) Data potensial pasar tiap minggu (RTP).
 - (4) Kapasitas tiap mesin.
 - b. Mengumpulkan data yang dibutuhkan untuk analisis *profit*, yaitu:
 - (1) Data harga jual produk dalam satuan rupiah.
 - (2) Data keuntungan bersih (*net profit rate*).
 - (3) Data waktu proses per jenis produk atau proses per mesin.
- 2) Teknik analisis
 - 2.1 Analisis *Constraint Resource* dan *Profit*
 - 2.1.1 Kapasitas Sumber Daya Tiap Produk
Kapasitas sumber daya tiap produk = sumber daya yang tersedia x kapasitas tersedia dalam 1 bulan.
 - 2.1.2 Analisis *Constraint Resource*
Analisis untuk mengetahui kendala sumber daya dengan cara membandingkan antara kebutuhan kapasitas dengan kapasitas tersedia. *Constraint resource* terjadi pada stasiun yang mengalami kelebihan kapasitas.
 - 2.1.3 Perhitungan *Profit*
Profit adalah keuntungan yang dihasilkan oleh perusahaan.

$$\text{Profit} = \text{harga jual produk} - \frac{\text{harga jual produk}}{\text{net profit rate}} \dots\dots\dots(3)$$
 - 2.2 Formulasi Program Linier.
Perhitungan volume produksi dan total *profit* menggunakan *linear programming*. Perumusan *linear programming* adalah sebagai berikut:
 - a. Perumusan Fungsi Tujuan
Tujuan analisis volume produksi adalah mendapatkan laba yang maksimal dari optimalisasi jumlah produksi, dengan langkah-langkah sebagai berikut:
 - (1) Menentukan biaya bahan baku.
 - (2) Mengetahui harga jual.
 - (3) Menentukan laba atau *profit*.
 - b. Perumusan Fungsi Batasan
Batasan potensial pasar dan batasan waktu proses tiap produk dalam tiap stasiun kerja.
 - 2.3 Analisis Sensitivitas
Analisis sensitivitas untuk membaca *output linear programming* dan dilakukan setelah *output linear programming* didapatkan.
 - 2.4 Analisis Utilitas
Setelah mendapatkan hasil berupa volume produksi dan total *profit*, maka dilakukan analisis utilitas akhir untuk memastikan masih terdapat *constraint resources* atau tidak.
 - 2.5 Analisis *Profit* per *Constraint Resource*

Analisis *profit per constraint resource* dilakukan pada sumber daya atau proses yang menjadi *constraint resource* untuk mendapatkan produk yang perlu diprioritaskan karena lebih menguntungkan.

$$\text{Profit per constraint resource} = \frac{\text{profit produk per kilometer}}{\text{waktu prose per kilometer}} \dots\dots\dots(4)$$

2.6 Analisis Volume Produksi

Setelah memastikan tidak ada lagi kendala pada kapasitas sumber daya, maka dilakukan perbandingan volume produksi dan *profit* antara realisasi dengan perhitungan *linear programming* untuk mengetahui peningkatan *profit* yang akan didapat.

3. HASIL DAN PEMBAHASAN

Tahap - tahap dalam memproduksi setiap jenis kabel berbeda-beda. Untuk proses produksi jenis kabel *Twisted* melalui empat proses, yaitu:

1) Proses *Drawing*

Proses *drawing* adalah proses penarikan bahan baku berupa kawat alumunium dengan menggunakan beberapa *dies* dari ukuran diameter *supply* sampai mendapatkan diameter kawat yang diinginkan dan membuat penghantar berbentuk bulat. Proses *drawing* menghasilkan keluaran berupa *drum roll* kawat (*bobbin*) dengan panjang kawat berbeda-beda tergantung jenis produk kabel. Berikut *output* proses *drawing* berdasarkan diameter kawat yang dihasilkan.

Tabel 1 *Output* proses *drawing*

Diameter (mm)	Output per bobbin
1,71	10.000 m
2,17	8.000 m
2,25	7.000 m
2,79	4.500 m
3,02	4.000 m

2) Proses *Stranding*

Proses *stranding*, yaitu proses pemilinan kawat untuk membuat konduktor dengan jumlah tertentu dipilin bersama - sama dalam bentuk bulat. Jumlah konduktor untuk masing-masing produk (sesuai rencana produksi periode Maret 2013) dinyatakan dalam Tabel 2.

Tabel 2 Jenis kabel, jumlah konduktor, dan diameter kawat

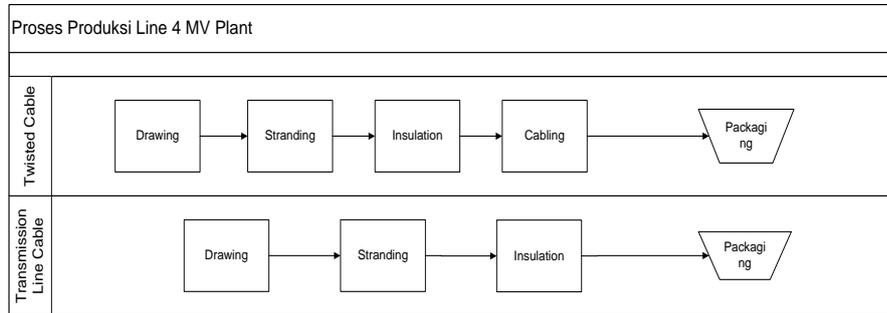
Jenis Kabel	Jumlah Konduktor	Diameter Kawat
NFA2X-T 3x70+50	19 kawat/konduktor	Ø 2,17mm & 3,02mm
NFA2X 2x16	7 kawat/konduktor	Ø 1,71mm
NFA2X 4x16	7 kawat/konduktor	Ø 1,71mm
NFA2X 4x25	7 kawat/konduktor	Ø 2,25mm
AAAC-S 150m	37 kawat/konduktor	Ø 2,25mm
AAAC-S 70mm	19 kawat/konduktor	Ø 2,25mm

3) Proses *Insulation*

Proses *insulation*, yaitu proses pemberian lapisan isolasi. Untuk kabel *Twisted* digunakan isolasi XLPE (*cross-linked polyethylene*).

4) Proses *Cabling*

Proses *cabling* adalah proses pemilinan konduktor yang telah melewati proses *insulation*. Proses *cabling* merupakan proses akhir kabel *Twisted* dengan *output* berupa drum besar yang siap dikirim setelah *packing*.



Gambar 2 Proses produksi line 4 MV Plant

Untuk mengidentifikasi kendala, yaitu dengan analisis *constraint resource*, menentukan sumber daya yang berpotensi menjadi kendala (CCR) dengan cara menemukan sumber daya yang melebihi kapasitas.

Tabel 3 Capacity Requirement

Produk	Rencana Produksi		Drawing (menit)	Stranding (menit)	Insulation (menit)	Cabling (menit)
	Produksi (km)	Jumlah bobbin				
NFA2X 2x16	57,6	81 BB	1296	6912	6912	4608
NFA2X 4x16	20,0	56 BB	896	4800	4800	1600
NFA2X 4x25	10,0	40 BB	640	2400	2400	800
NFA2X-T 3x70+50	181,0	1298 BB + 319 BB =1617 BB	25872	43440	43440	14480
AAAC-S 70	16,0	44 BB	704	960	960	-
Cov. AAAC 150	6,0	32 BB	512	360	360	-
AAAC-S 150	8,0	43 BB	688	480	480	-
Total			30608	59352	59352	21488

Tabel 4 Analisis Constraint Resource

Proses	Kebutuhan kapasitas (A)	Kapasitas sumber daya tersedia (B)	Keterangan	
<i>Drawing</i>	30608	27360	A > B	Kapasitas sumber daya tidak cukup
<i>Stranding</i>	59352	54720	A > B	Kapasitas sumber daya tidak cukup
<i>Insulation</i>	59352	54720	A > B	Kapasitas sumber daya tidak cukup
<i>Cabling</i>	21488	18240	A > B	Kapasitas sumber daya tidak cukup

Proses *Drawing*, *Stranding*, *Insulation*, dan *Cabling* merupakan stasiun yang memiliki nilai kendala. Setelah diketahui kendala, kemudian eksploitasi kendala untuk memperoleh kombinasi volume produksi optimal. *Profit* dihitung dengan menggunakan rumus:

$$Profit = \text{harga jual} - \frac{\text{harga jual}}{105\%} \dots\dots\dots(5)$$

Dengan menggunakan rumus tersebut, diperoleh *profit*/meter setiap produk, dinyatakan dalam Tabel 5 sedangkan waktu proses per kilometer dinyatakan pada Tabel 6.

Tabel 5 Profit per Meter

Produk	Harga Jual per meter	Profit per meter
NFA2X 2x16	Rp 11.000,-	Rp 524,-
NFA2X 4x16	Rp 19.000,-	Rp 905,-
NFA2X 4x25	Rp 28.500,-	Rp 1.357,-
NFA2X-T 3x70+50	Rp 57.000,-	Rp 2.714,-
AAAC-S 70	Rp 29.000,-	Rp 1.381,-
AAAC-S 150	Rp 42.000,-	Rp 2.000,-

Tabel 6 Waktu proses per Kilometer

Produk	Rencana Produksi (km)	Drawing		Stranding		Insulation		Cabling	
		menit	menit/km	menit	menit/km	menit	menit/km	menit	menit/km
NFA2X 2x16	57,6	1296	22,5	6912	120	6912	120	4608	80
NFA2X 4x16	20,0	896	44,8	4800	240	4800	240	1600	80
NFA2X 4x25	10,0	640	64	2400	240	2400	240	800	80
NFA2X-T 3x70+50	181,0	25872	142,94	43440	240	43440	240	14480	80
AAAC-S 70	16,0	704	44	960	60	960	60	-	-
AAAC-S 150	14,0	1200	85,91	840	60	840	60	-	-

Dengan menggunakan persamaan (2), maka formulasi permasalahan dinyatakan sebagai berikut.

$$Z_{maks} = 524000 X_1 + 905000 X_2 + 1357000 X_3 + 2714000 X_4 + 1381000 X_5 + 2000000 X_6$$

$$\begin{aligned}
 \text{d.k. } & 22,5 X_1 + 44,8 X_2 + 64 X_3 + 142,94 X_4 + 44 X_5 + 85,91 X_6 \leq 27360 \\
 & 120 X_1 + 240 X_2 + 240 X_3 + 240 X_4 + 60 X_5 + 60 X_6 \leq 54720 \\
 & 120 X_1 + 240 X_2 + 240 X_3 + 240 X_4 + 60 X_5 + 60 X_6 \leq 54720 \\
 & 80 X_1 + 80 X_2 + 80 X_3 + 80 X_4 + 80 X_5 + 80 X_6 \leq 18240 \\
 & X_1 \leq 57,6 \\
 & X_2 \leq 20 \\
 & X_3 \leq 10 \\
 & X_4 \leq 181 \\
 & X_5 \leq 16 \\
 & X_6 \leq 14
 \end{aligned}$$

$$X_1, X_2, X_3, X_4, X_5, X_6 \geq 0$$

Volume produksi optimal dihitung menggunakan *Linear Programming* dengan *software* WinQSB, dengan hasil dinyatakan pada Gambar 3.

	15:23:10	Tuesday	June	11	2013			
	Decision Variable	Solution Value	Unit Cost or Profit c(j)	Total Contribution	Reduced Cost	Basis Status	Allowable Min. c(j)	Allowable Max. c(j)
1	X1	52.7039	524.000.0000	27.616.860.0000	0	basic	493.947.4000	643.603.8000
2	X2	0	905.000.0000	0	-24.488.1900	at bound	-M	929.488.2000
3	X3	10.0000	1.357.000.0000	13.570.000.0000	0	basic	1.278.608.0000	M
4	X4	165.2961	2.714.000.0000	448.613.600.0000	0	basic	2.581.742.0000	2.941.507.0000
5	X5	16.0000	1.381.000.0000	22.096.000.0000	0	basic	800.066.4000	M
6	X6	14.0000	2.000.000.0000	28.000.000.0000	0	basic	1.562.130.0000	M
	Objective	Function	(Max.) =	539.896.400.0000				
	Constraint	Left Hand Side	Direction	Right Hand Side	Slack or Surplus	Shadow Price	Allowable Min. RHS	Allowable Max. RHS
1	C1	27.360.0000	<=	27.360.0000	0	18.183.3300	26.770.3200	29.251.3800
2	C2	50.195.5300	<=	54.720.0000	4.524.4710	0	50.195.5300	M
3	C3	50.195.5300	<=	54.720.0000	4.524.4710	0	50.195.5300	M
4	C4	18.240.0000	<=	18.240.0000	0	1.435.9390	14.687.3700	18.570.0300
5	C5	52.7039	<=	57.6000	4.8961	0	52.7039	M
6	C6	0	<=	20.0000	20.0000	0	0	M
7	C7	10.0000	<=	10.0000	0	78.391.9100	2.5300	67.5255
8	C8	165.2961	<=	181.0000	15.7039	0	165.2961	M
9	C9	16.0000	<=	16.0000	0	580.933.6000	0	29.4019
10	C10	14.0000	<=	14.0000	0	437.870.3000	0	20.8640

Gambar 3. Output Win-QSB

Profit pada setiap *constraint resource* didapat dari *profit* dibagi dengan waktu proses pada stasiun yang menjadi *constraint resource*. Adapun *profit* per *constraint resource* tiap jenis produk dapat dilihat pada Tabel 7.

Tabel 7 *Profit per Constraint Resource*

Produk	Profit per kilometer	Profit per Constraint resource (Rp)			
		Drawing	Stranding	Insulation	Cabling
NFA2X 2x16	Rp 524.000,-	23.288,89	4.366,67	4.366,67	6.550,00
NFA2X 4x16	Rp 905.000,-	20.200,89	3.770,83	3.770,83	11.312,50
NFA2X 4x25	Rp 1.357.000,-	21.203,13	5.654,17	5.654,17	16.962,50
NFA2X-T 3x70+50	Rp 2.714.000,-	18.986,99	11.308,33	11.308,33	33.925,00
AAAC-S 70	Rp 1.381.000,-	31.386,36	23.016,67	23.016,67	-
AAAC-S 150	Rp 2.000.000,-	23.280,18	33.333,33	33.333,33	-

Selanjutnya dilakukan perbandingan volume produksi yang sedang berjalan (realisasi) dengan usulan LP. Hasilnya dinyatakan dalam Tabel 8.

Tabel 8 Analisis volume produksi dan *profit*

Produk	Profit per km	Realisasi	LP	Profit Realisasi	Profit LP
NFA2X 2x16	Rp 524.000,-	57,6 km	52,7 km	Rp 30.182.400,-	Rp 27.616.860,-
NFA2X 4x16	Rp 905.000,-	-	-	-	-
NFA2X 4x25	Rp 1.357.000,-	-	10 km	-	Rp 13.570.000,-
NFA2X-T 3x70+50	Rp 2.714.000,-	145 km	140,5 km	Rp 393.530.000,-	Rp 381.317.000,-
AAAC-S 70	Rp 1.381.000,-	16 km	16 km	Rp 22.096.000,-	Rp 22.096.000,-
AAAC-S 150	Rp 2.000.000,-	9 km	14 km	Rp 18.000.000,-	Rp 28.000.000,-
Total		227,6 km	233,2 km	Rp 463.808.400,-	Rp 472.599.860,-

Berdasarkan Tabel 8 terlihat bahwa jumlah produk NFA2X-T 3x70+50 yang diproduksi berkurang 15% dari realisasi. Adapun perbandingan *profit* antara realisasi dan LP menunjukkan bahwa metode LP memberikan peningkatan *profit* sebesar 1,9% dibandingkan realisasi saat ini.

4. KESIMPULAN

Berdasarkan penelitian yang telah dilakukan, maka dapat disimpulkan beberapa hal sebagai berikut:

1. Penelitian ini berhasil menemukan kendala-kendala pada kebutuhan kapasitas, yaitu pada proses *Drawing*, *Stranding*, *Insulation*, dan *Cabling* untuk memenuhi target produksi. Berdasarkan perhitungan *linear programming* dapat diketahui volume produksi optimal untuk masing-masing produk kabel, yakni NFA2X 2x16 sebanyak 52,7 km, NFA2X 4x16 sebanyak 0 km, NFA2X 4x25 sebanyak 10 km, NFA2X-T 3x70+50 sebanyak 165,3 km, AAAC-S 70mm sebanyak 16 km, dan AAAC-S 150mm sebanyak 14 km. Berdasarkan analisis utilitas dapat diketahui bahwa tidak ada lagi kendala pada kapasitas sumber daya atau bernilai di atas 100%.
2. Berdasarkan perhitungan *profit per constraint resource* pada proses *Drawing* *profit per constraint resource* terbesar adalah pada produk AAAC-S 70mm sebesar Rp. 31.386,36 dan yang terkecil adalah pada produk NFA2X-T 3x70+50 sebesar Rp. 18.986,99. Pada proses *Stranding* dan *Insulation* *profit per constraint resource* terbesar adalah pada produk AAAC-S 150mm sebesar Rp. 33.333,33 dan yang terkecil adalah pada produk NFA2X 4x16 sebesar Rp. 3.770,83. Pada proses *Cabling* *profit per constraint resource* terbesar adalah pada produk NFA2X-T 3x70+50 sebesar Rp. 33.925,00 dan yang terkecil adalah pada produk NFA2X 2x16 sebesar Rp. 6.550,00.

3. Berdasarkan analisis volume produksi diperoleh perbedaan antara volume produksi realisasi dan dengan *linear programming*. *Profit* pada realisasi sebesar Rp. 463.808.400,- sedangkan *profit linear programming* sebesar Rp. 539.896.440,-. Dengan demikian terjadi peningkatan keuntungan sebesar Rp. 76.088.040,- atau sebesar 14,1%.
4. Untuk penelitian selanjutnya diharapkan dapat mengembangkan metode pengukuran khusus untuk mendeteksi manajemen biaya supaya hasil yang diperoleh lebih akurat.

REFERENSI

- [1]. Robbins, Walter A. "Process Improvement in the Public Sector: A Case for the Theory of constraints." *Journal of Government Financial Management*, Summer 2011.
- [2]. Gupta, Mahesh C. and Lynn H. Boyd. "Theory of constraints: A Theory for Operations Management." *International Journal of Operation & Production Management* Vol.28 No.10 (May 2008): 991-1012.
- [3]. William, H. Dettmer. "Constraint Management." Quality America, Inc., 2000.
- [4]. Gaspersz, Vincent. "Aplikasi Linear Programming (LP) dalam Konsep The Theory of constraints (TOC)." *Jurnal Teknologi Industri* Vol.V No.3 : 153 - 162, Juli 2001.
- [5]. Balakrishman, Jaydeep. "Spreadsheet Optimization: A Support Tool for Theory of constraints." *Journal of Cost Management*, January/February 2003.