

Penerapan *Theory Of Constraint* Untuk Meminimasi *Loss Time* (Studi Kasus PT. *Bluescope Steel* Indonesia)

Elin Herlina¹, Lely Herlina², Kulsum³

^{1, 2, 3}Jurusan Teknik Industri Universitas Sultan Ageng Tirtayasa
elind.herlina@yahoo.com¹, lely@untirta.ac.id², kulsum.ti@gmail.com³

ABSTRAK

PT. Bluescope Steel Indonesia adalah salah satu perusahaan pelapisan baja terbesar dengan sistem *flow proses* yang bergerak dalam proses pelapisan pada *Cold Rolled Coil (CRC)*. *PT. Bluescope Steel Indonesia* membangun line baru pada tahun 2008 yaitu *Metalic Coating Line (MCL) 2* terdiri dari empat section, yaitu *entry section*, *process section*, *surface section*, dan *exit section* yang dapat menghasilkan produk *painted* dan *bare*. *Metalic Coating Line (MCL) 2* merupakan line baru sehingga masih banyak permasalahan dalam melapisi baja. Masalah utama yang terjadi adalah banyaknya *unplan delay* pada proses section menyebabkan waktu produksi hilang (*loss time*) sehingga terhambatnya proses produksi dan berakibat pada banyaknya produk cacat. Hal ini dibuktikan dengan waktu hilang terbesar terdapat pada *process section* yaitu 4502 menit, sedangkan *exit section* 3519 menit, *surface section* 2670 menit dan *entry section* 1821 menit serta data efektifitas mesin pada bulan oktober yang mengalami penurunan pada bulan oktober menjadi 51,99% dari 61,86% di bulan september. Penelitian ini bertujuan mengetahui penyebab kendala dan mengoptimalkan kendala dengan memaksimalkan *action plan* sehingga dapat meminimasi *loss time* yang terjadi diperusahaan dengan menerapkan lima prinsip perbaikan berkelanjutan *Theory of Constraints (TOC)*. Penelitian dimulai dengan mengidentifikasi penyebab kendala, memberikan solusi penyelesaian, memberikan usulan *action plan* untuk penyebab kendala dan melakukan perhitungan untuk meminimasi *loss time* menggunakan *integer programming* dengan memaksimalkan *action plan* berdasarkan prinsip *TOC*. Berdasarkan penelitian, *loss time* yang dihasilkan sebesar 553,9 menit untuk total waktu penanganan dari semua kendala atau telah mengalami penurunan sebesar 49,24% dari nilai awal sebesar 1125 menit.

Kata Kunci : *Theory of Constraint*, minimasi, *integer programming*, maksimasi, *loss time*, *unplan delay*

PENDAHULUAN

PT. Bluescope Steel Indonesia adalah salah satu perusahaan pelapisan baja terbesar dengan sistem *flow proses* yang bergerak dalam proses pelapisan pada *Cold Rolled Coil (CRC)* yang berproduksi berdasarkan pesanan (*make to order*) yang memiliki motto *Prime First Time* selalu berusaha meningkatkan kualitas produk untuk menjadikan produk unggulan yang disebut Produk *Prime*. Banyaknya permintaan produk dari konsumen mengharuskan *PT. Bluescope Steel* Indonesia meningkatkan kapasitas produksinya dengan membangun line baru pada tahun 2008 yaitu *Metalic Coating Line (MCL) 2* terdiri dari empat section, yaitu *entry section*, *process section*, *surface section*, dan *exit section* yang dapat menghasilkan produk *painted* dan *bare*. *Metalic Coating Line (MCL) 2* merupakan line baru sehingga masih banyak permasalahan dalam melapisi baja. Salah satu masalah yang terjadi adalah banyaknya *unplan delay* pada proses section

menyebabkan waktu produksi hilang (*loss time*) sehingga terhambatnya proses produksi dan berakibat pada hasil produk *PT. Bluescope Steel* Indonesia yaitu banyaknya produk mengalami cacat. Hal ini dibuktikan dengan waktu hilang terbesar terdapat pada *process section* yaitu 4502 menit, sedangkan *exit section* 3519 menit, *surface section* 2670 menit dan *entry section* 1821 menit serta data efektifitas mesin pada bulan oktober yang mengalami penurunan menjadi 51,99% dari 61,86% di bulan september. Berdasarkan masalah yang terjadi, peneliti menerapkan lima prinsip perbaikan berkelanjutan *Theory of Constraints (TOC)* untuk meminimasi *loss time*.

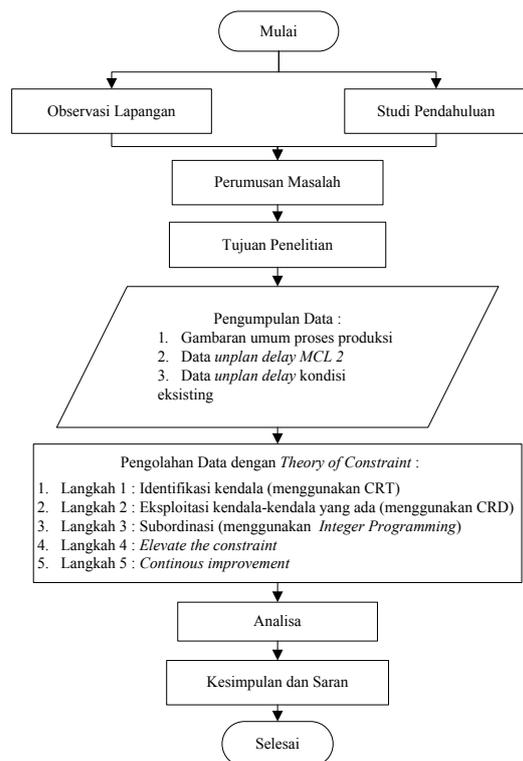
Menurut Evi (2012) *Theory of Constraints (TOC)* merupakan sebuah filosofi manajemen yang mula-mula dikembangkan oleh Eliyahu M. Goldrat dan dikenalkan dalam bukunya, *The Goal*. Menurut Goldrat (2010) *TOC* adalah suatu pendekatan kearah peningkatan proses yang berfokus pada elemen-elemen yang

dibatasi untuk meningkatkan output dengan perbaikan terus menerus. Hal ini berdasarkan fakta bahwa, seperti sebuah rantai dengan link yang paling lemah, dalam beberapa system yang kompleks pada waktu tertentu, sering terdapat satu aspek dalam system yang membatasi kemampuannya untuk mencapai lebih banyak tujuannya. Usaha yang berfokus pada masalah dapat meningkatkan atau memaksimumkan kembali inisiatif yang ada, agar sistem tersebut mencapai kemajuan yang signifikan hambatannya perlu diidentifikasi dan keseluruhan sistem perlu diatur. Sesekali elemen proses yang dibatasi diperbaiki, link paling lemah berikutnya dapat terlihat. Pendekatan TOC menekankan pada stasiun kerja konstraint sebagai acuan keseluruhan laju produksi (Purwani,2008).

Tujuan yang ingin dicapai adalah mengetahui penyebab kendala dan mengoptimalkan kendala dengan memaksimalkan *action plan* sehingga dapat meminimasi *loss time*.

METODE PENELITIAN

Data yang digunakan dalam penelitian ini adalah data waktu *unplan delay* dan data waktu *unplan delay* kondisi eksisting pada *process section* di bulan oktober pada *Metalic Coating Line (MCL) 2*. Berikut adalah *flowchart* penelitian yang dilakukan.



Gambar 1. *Flowchart* Penelitian

Menurut Dettmer (1997) dalam Sodikin (2013) Tahap pertama yang dilakukan adalah mengidentifikasi kendala dan mencari penyebab-penyebabnya dengan menggunakan *Current Reality Tree (CRT)* yang dibuat untuk masing-masing kendala kemudian dilakukan pengembangan agar bisa lebih terlihat hubungan sebab akibat diantara kendala. *Current Reality Tree (CRT)* merupakan alat dengan berdasar logika (*if...then...*) untuk menggambarkan situasi yang ada. Alat ini bermanfaat untuk memahami hubungan diantara beragam persoalan dan masalah yang dihadapi, kaitan masalah tersebut dengan kebijakan yang diterapkan, pengukuran dan praktek. Pemahaman tersebut digunakan untuk mengidentifikasi akar penyebab (*root cause*) (Wardhana,2012).

Tahap kedua adalah menentukan solusi yang ingin digunakan untuk mengatasi penyebab kendala adalah dengan menggunakan *Conflict Reality Diagram (CRD)* yang telah ditemukan pada diagram CRT. Bila pada CRT mencari akar masalahnya namun pada CRD ditentukan terlebih dahulu tujuan yang ingin dicapai.

Tahap ketiga adalah mengoptimalkan kendala yang ada dengan memaksimalkan *action plan* menggunakan *integer programming* untuk meminimasi *loss time*. Bila hasil yang didapat berhasil melakukan perbaikan dengan *loss time* optimal maka penelitian selesai namun tahap empat dan lima tetap perlu dilakukan untuk menghindari terjadi kembali kendala yang sama. Tahap keempat adalah memprioritaskan solusi masalah pada kendala, apabila langkah ketiga yang digunakan tidak berhasil maka diperlukan upaya yang keras untuk mengatasi masalah tersebut.

Tahap kelima adalah *continous improvement*. Kembali ke langkah 1 untuk dilakukan perbaikan terus menerus dengan kendala lain yang menjadi titik terlemah.

HASIL DAN PEMBAHASAN

PT. *Bluescope steel* Indonesia membangun *line* baru yaitu *Metalic Coating Line (MCL) 2* pada tahun 2008 yang memiliki empat *section* yang terdiri dari *entry section*, *process section*, *surface section*, dan *exit section*. Berdasarkan data yang diperoleh, *process section* memiliki *loss time* terbesar diantara *section* lainnya. Berikut ini merupakan data-data yang digunakan dalam penelitian ini.

Tabel 1. Unplan Delay Metallic Coating Line (MCL)

Section	Bulan	Operation (Minutes)	Mechanic (Minutes)	Electric (Minutes)	Total (Minutes)
Entry	Jul-12	2	0	226	228
	Agust-12	0	0	52	52
	Sep-12	2	350	436	788
	Okt-12	0	0	26	26
	Nop-12	10	36	273	319
	Des-12	228	0	180	408
Process	Jul-12	0	185	418	603
	Agust-12	19	160	31	210
	Sep-12	0	734	359	1093
	Okt-12	658	420	47	1125
	Nop-12	330	484	12	826
	Des-12	175	445	25	645
Surface	Jul-12	0	0	0	0
	Agust-12	81	515	0	596
	Sep-12	639	0	0	639
	Okt-12	31	0	339	370
	Nop-12	360	0	0	360
	Des-12	0	705	0	705
Exit	Jul-12	647	108	658	1413
	Agust-12	36	10	2	48
	Sep-12	53	4	104	161
	Okt-12	286	9	9	304
	Nop-12	382	4	538	924
	Des-12	186	0	483	669
Total		5989	5345	4718	16052

Dipilih bulan oktober karena memiliki waktu hlang terbesar pada *process section*, hal ini dibuktikan pada data efektifitas mesin yang menurun pada bulan oktober.

Tabel 2. Unplan Delay Kondisi Eksisting

No	Line Delay Issue	Minutes Loss
2	Strip tear off from weld when come out from the pot	332
3	Throubleshooting Welder	326
17	Scrapper sink roll jammed	162
18	Water cooling chiller roll #1 leakage from rotary union	258
28	Line suddenly stop due to HMI quick stop button pressed	4
30	APC WQ roll drive not ready	1
31	APC Water Quench roll Motor Trip	42

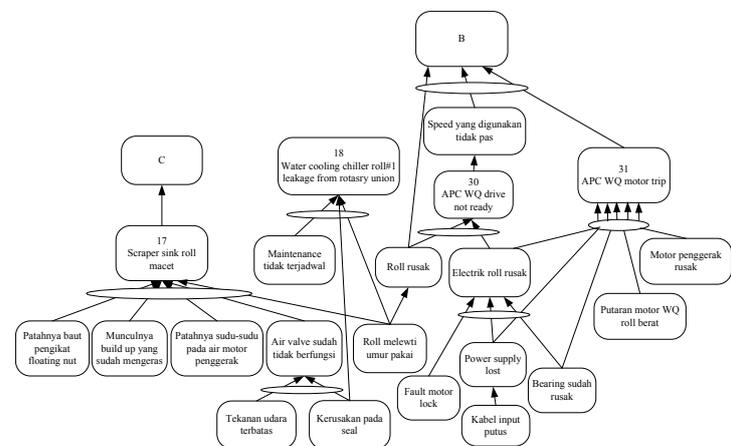
Tahapan pengolahan data yang dilakukan yaitu **Langkah 1 : Identifikasi kendala**. Mengidentifikasi penyebab kendala dimana diawali dengan menggambarkan dalam diagram hubungan dari kondisi-kondisi yang tidak diharapkan (*undesirable effect*). Analisis dari *current reality tree* dilakukan dengan cara melihat seberapa banyak sebuah *entity* mempengaruhi *undesirable effect*. Apabila sebuah *entity* mempengaruhi sebagian besar *undesirable effect* dibandingkan *entity* lainnya, maka dapat disimpulkan bahwa *entity* tersebut adalah penyebab utama (*core problem*). Berdasarkan hasil identifikasi kendala yang

yang dipilih sebagai *undesirable effect* (UDES), yaitu:

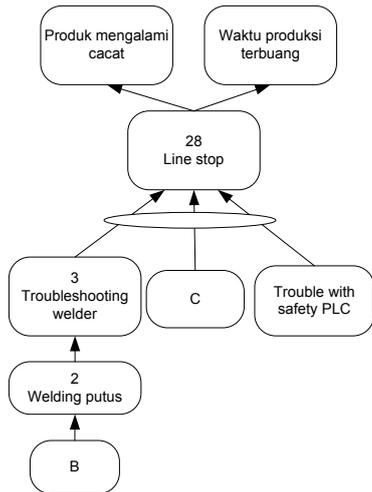
1. Strip tear off from weld when come out from the pot
2. Troubleshooting welder
3. Scrapper sink roll jammed
4. Watercolling chiller roll#1 leakage from rotary union
5. Line suddenly stop due to HMI quick stop button pressed
6. After pot cooling (APC) WQ roll drive not ready
7. After pot cooling (APC) water quench roll motor trip

Dari beberapa *undesirable effect* di atas, kemudian disusun diagram hubungan sebab akibat antara kondisi-kondisi tersebut sebab akibat antara kondisi-kondisi tersebut sebab akibat dalam Gambar 2. dan Gambar 3. Diagram tersebut merupakan pengembangan dari gambar *current reality tree* masing-masing kendala sehingga ditemukan beberapa *entry points* (kondisi yang tidak berasal dari kondisi sebelumnya) yang menjadi *core problem*, yaitu:

1. Patahnya baut pengikat *floating nut*
2. Munculnya *build up* yang sudah mengeras
3. Patahnya sudu-sudu pada *air motor* penggerak
4. Tekanan udara terbatas
5. Kerusakan pada *seal*
6. Roll melewati umur pakai
7. Kabel input putus
8. Fault motor lock
9. Putaran motor WQ berat
10. Bearing sudah rusak
11. Motor penggerak rusak
12. Sequence tidak terpenuhi
13. Trouble pada *safety PLC*
14. Maintenance tidak terjadwal

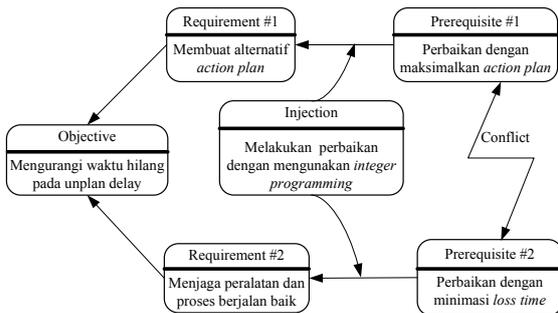


Gambar 2. Pengembangan Current Reality Tree (CRT)



Gambar 3. Pengembangan Current Reality Tree (CRT) (lanjutan)

Alur penelitian berikutnya adalah **Langkah 2: Eksploitasi konstraint**. Langkah kedua ini dimaksudkan untuk meningkatkan kemampuan konstraint. Alat yang digunakan adalah *Conflict Resolution Diagram* (CRD) yang berguna untuk membangun solusi sederhana dan praktis untuk mengatasi inti permasalahan yang telah ditemukan pada diagram CRT. Bila pada CRT cari akar masalahnya namun pada CRD ditentukan terlebih dahulu tujuan yang ingin dicapai seperti gambar berikut ini.



Gambar 4. Pembentukan Conflict Resolution Diagram (CRD)

Langkah 3: Subordinasi. Peningkatan kemampuan konstraint yang mengupayakan kendala untuk mendukung secara maksimum keefektifan dari perbaikan kendala yang sudah ditentukan dilakukan dengan mengaplikasikan *action plan* yang dipilih untuk menangani kendala dengan menggunakan *integer programming*. Tahapan *integer programming* terdiri dari:

Tahap 1 : menentukan variabel keputusan. Salah satu variabel keputusan dari setiap kendala akan dipilih menjadi prioritas. Bila dipilih maka diberi angka 1 bila tidak akan terisi 0. Variabel keputusan yang digunakan untuk

meminimasi *loss time* meruapakan *action plan* yang akan dimaksimalkan adalah sebagai berikut:

- a_1 = keputusan *trace back feed (CRC condition)*
- a_2 = keputusan *increase current SKN all size*
- a_3 = keputusan *instal digital current to monitoring*
- b_1 = keputusan *trace back feed (CRC condition)*
- b_2 = keputusan *increase current SKN all size*
- b_3 = keputusan *instal digital current to monitoring*
- c_1 = keputusan *create maintenance plan replament scrapper sink roll*
- c_2 = keputusan *change air motor*
- c_3 = keputusan *floating nut material replaced*
- d_1 = keputusan *ganti seal chiller*
- d_2 = keputusan *tentukan life time seal chiller#1 menurut time base*
- d_3 = keputusan *buat maintenance plan*
- e_1 = keputusan *check di fix safety PLC*
- e_2 = keputusan *provide trend recording to identify issue at PLC*
- f_1 = keputusan *check all drive switch APC*
- f_2 = keputusan *maintenance regularity (weekly and monthly)*
- g_1 = keputusan *check voltage at PLC*
- g_2 = keputusan *maintenance regularity (weekly and monthly)*

Tahap 2: menentukan fungsi tujuan.

Tujuan tujuan dari penelitian ini adalah untuk meminimasi *minutes loss* dengan memaksimalkan *action plan* yang diterapkan pada *unplan delay* sehingga perusahaan akan memproduksi lebih banyak produk prime. Oleh karena itu diperlukan langkah-langkah untuk mengatasi *unplan delay* yang terjadi sehingga *unplan delay* akan berkurang. Untuk mengetahui *action plan* mana yang dipilih terlebih dulu dirumuskan model fungsi tujuan sebagai berikut :

$$\begin{aligned}
 \text{Maks } Z = & a_1(30 + 332(25\%)) + a_2(15 + 332(5\%)) + a_3(60 + 332(15\%)) \\
 & + b_1(30 + 326(25\%)) + b_2(15 + 326(5\%)) + b_3(60 \\
 & + 326(15\%)) + c_1(15 + 162(10\%)) + c_2(75 + 162(5\%)) \\
 & + c_3(120 + 162(5\%)) + d_1(120 + 258(5\%)) + d_2(15 \\
 & + 258(5\%)) + d_3(15 + 258(5\%)) + e_1(45 + 4(10\%)) \\
 & + e_2(30 + 4(5\%)) + f_1(60 + 1(20\%)) + f_2(30 \\
 & + 1(10\%)) + g_1(30 + 42(30\%)) + g_2(60 + 42(20\%))
 \end{aligned}$$

Tahap 3: menentukan fungsi kendala.

Fungsi kendala yang digunakan merupakan *action plan* dari masing-masing kendala yang menjadi prioritas untuk dipilih. Fungsi kendalanya adalah

- a. Kendala *strip tear off from weld when*
 $a_1 + a_2 + a_3 \leq 1$
- b. Kendala *troubleshooting welder*
 $b_1 + b_2 + b_3 \leq 1$
- c. Kendala *scrapper sink roll jammed*
 $c_1 + c_2 + c_3 \leq 1$
- d. Kendala *water cooling chiller roll #1*
 $d_1 + d_2 + d_3 \leq 1$
- e. Kendala *line suddenly stop due to HMI quick stop button pressed*
 $e_1 + e_2 \leq 1$
- f. Kendala *APC WQ roll drive not ready*
 $f_1 + f_2 \leq 1$
- g. Kendala *APC Water Quench roll motor trip*
 $g_1 + g_2 \leq 1$
- h. Kendala Prioritas
 $a_1 + a_2 + a_3 + b_1 + b_2 + b_3 + c_1 + c_2 + c_3 + d_1 + d_2 + d_3 + e_1 + e_2 + f_1 + f_2 + g_1 + g_2 \leq 5$

Tahap 4: Hasil.

Setelah menentukan fungsi tujuan, penentuan variabel, dan fungsi kendala kemudian diolah menggunakan *solver excel* sehingga didapat output sebagai berikut :

Tabel 3. Hasil maksimasi dengan menggunakan solver excel

	a ₁	a ₂	a ₃	b ₁	b ₂	b ₃	c ₁	c ₂	c ₃	d ₁	d ₂	d ₃	e ₁	e ₂	f ₁	f ₂	g ₁	g ₂	
Batasan1	1	0	0	1	0	0	0	0	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0	1
Batasan2	1	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Batasan3	1	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Batasan4	1	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Batasan5	1	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Batasan6	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Batasan7	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Batasan8	5	0	0	5	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Ft. Max	553,9																		

Tabel diatas merupakan output yang dihasilkan untuk waktu optimum untuk setiap penanganan yang dilakukan terhadap kendala. Bilangan integer akan menempati *action plan* dengan angka 1. Artinya *action plan* yang bernilai 1 merupakan *action plan* yang dipilih menjadi prioritas untuk dilakukan. Sedangkan untuk *action plan* kendala kelima dan keenam bernilai 0. Hasil optimal *loss time* yang diperoleh adalah sebesar 553,9 menit untuk total waktu penanganan dari setiap kendala yang terjadi dari *loss time* semula sebesar 1125 menit atau telah mengalami penurunan sebesar 49,24%.

Langkah 4 : Elevate the constraint. Pada langkah ini yang harus dilakukan adalah melihat terlebih dahulu apakah kendala-kendala yang ada sudah dapat diatasi melalui langkah 1 - langkah 3 TOC sebelum melakukan elevasi kendala sistem. Jika sudah teratasi maka langkah ini dapat dilewati dan langsung menuju langkah 5. Dalam hal ini telah berhasil mendapatkan *loss time* optimal kemudian

lakukan langkah kelima yaitu *continous improvement*.

Langkah 5 : Continous improvement. Agar kendala ini tidak terjadi lagi maka perlu diaplikasikan *action plan* yang disarankan, pengecekan berkala terhadap kondisi mesin dan juga terus dilakukan upaya perbaikan kembali terhadap kendala agar tidak terjadi lagi kerusakan pada mesin dan bila terjadi lagi maka waktu penanganan akan lebih cepat atau berkurang.

Dengan berkurangnya waktu *unplan delay* diharapkan akan berpengaruh terhadap jumlah produk *prime*. berkurangnya waktu *unplan delay* tentu akan meningkatkan jumlah produk *prime*. dan demikian diharapkan pula perusahaan dapat memenuhi seluruh permintaan konsumen.

KESIMPULAN

Berdasarkan hasil identifikasi terhadap kendala diketahui penyebabnya adalah patahnya baut pengikat *floating nut*, munculnya *build up* yang sudah mengeras, patahnya sudu-sudu pada *air motor* penggerak, tekanan udara terbatas, kerusakan pada *seal, roll* melewati umur pakai, kabel input putus, *fault motor lock*, putaran motor wq berat, *bearing* sudah rusak, motor penggerak rusak, *sequence* tidak terpenuhi, *trouble* pada *safety plc, maintenance* tidak terjadwal. Cara yang digunakan untuk meminimasi *loss time* adalah menggunakan pendekatan *theory of conraint* yang memfokuskan pada konstrain dan menggunakan *integer programing* untuk memaksimalkan konstraint. Hasil yang diperoleh menggunakan *integer programing* lebih baik dari *loss time* semula sebesar 1125 menit menjadi 553,9 menit setelah dilakukan perbaikan. Usulan yang diberikan kepada perusahaan dalam langkah perbaikan ini adalah *trace back feed (crc condition)* untuk kendala pertama *strip tear off from weld when come out from the pot*, mengecek kondisi *crc* dan melakukan pengecekan terhadap *digital monitoring* untuk kendala *troubleshooting welder, floating nut material replaced* untuk kendala ketiga *scrapper sink roll jammed*, ganti *seal chiller* untuk kendala keempat *water cooling chiller roll #1 leakage from rotary union*, dan *maintenance regularity (weekly and monthly)* untuk kendala terakhir *apc water quench roll motor trip*.

DAFTAR PUSTAKA

- Evi, D.S. 2012. Analisis Biaya Produksi Dengan Pendekatan *Theory of Constraint* Untuk Meningkatkan Laba. *Jurnal Ekonomi Manajemen dan Akuntansi*. No.33
- Goldratt, E. 2010. *Theory of Constraint Handbook: The Goal*. USA: McGrawHill
- Dettmer, W.H. 1997. *Goldratt's theory of constraints: A system approach to continous improvement*. Wisconsin: ASQC
- Purwani, A., Endah, U., dan Sri S. 2008. Minimasi Waktu *Set Up* Menggunakan Pendekatan *Theory of Constraints* Agar Target Produksi Tercapai. *Prosiding seminar Nasional Aplikasi Sains dan Teknologi*. Yogyakarta
- Sodikin, I., dan Andrie W. 2013. Analisis Capacity Constrained Resources Gun Mengoptimalkan aliran produksi dengan pendekatan *Theory Of Constraints*. *Jurnal Teknologi*. Vol. 6 No. 1, hal. 10-18
- Wardhana, A. dan Wirendra, S.B. Perancangan Strategi Peningkatan Kinerja Bagian Operasi PT. Jaya Readymix Menggunakan Metode *Theory of Constraint Thinking Process*. *Journal of Management and Business Review*. Vol.9 No. 1, hal. 15-37