

KAJIAN DRUM-BUFFER-ROPE BERBASIS THEORY OF CONSTRAINT UNTUK MENYEIMBANGKAN ALIRAN PRODUKSI

Ayu Bidiawati*, Lestari Setiawati

Universitas Bung Hatta Padang, Fakultas Teknologi Industri, Jurusan Teknik Industri,
Jl. Gajah Mada 19, Olo Nanggalo, Padang (25143)
ayubidiawati@bunghatta.ac.id

ABSTRAK

Suatu usaha yang bergerak dibidang pembuatan meubel dengan bahan baku kayu jati memproduksi berdasarkan permintaan, dimana pada proses produksi pembuatan meubel ditemui penumpukan produk setengah jadi pada stasiun-stasiun kerja tertentu. Hal ini dikarenakan adanya stasiun kerja yang tidak memiliki kapasitas untuk memenuhi permintaan, sehingga mengakibatkan ketidakseimbangan aliran produksi dan belum adanya jadwal produksi yang optimal sehingga target produksi tidak tercapai. Penelitian dilakukan untuk pengoptimalan stasiun kerja yang tidak memiliki kapasitas untuk memenuhi permintaan dengan menggunakan metode Drum-Buffer-Rope dalam Theory of Constraints (TOC) berdasarkan pendekatan Program Linier. TOC dilakukan dengan pengidentifikasian stasiun kerja yang tidak memiliki kapasitas untuk memenuhi permintaan. Penggunaan TOC dengan pendekatan program linier dalam tujuannya untuk mendapatkan profit yang maksimal. Dalam penelitian ini ditinjau 3 jenis produk yaitu produk kamar set mawar, kursi tamu monaco dan kursi makan rosalinda diproses di 4 stasiun kerja. Berdasarkan penerapan metode Drum-Buffer-Rope dalam Theory of Constraints (TOC) diketahui stasiun kerja amplas merupakan stasiun kerja yang tidak memiliki kapasitas untuk memenuhi permintaan. Hasil penelitian adalah keseluruhan target produksi tidak dapat dilaksanakan, sehingga dilakukan prioritas produksi dengan program linier. Dari prioritas produksi dilakukan penjadwalan produksi yang memberikan waktu penyelesaian keseluruhan produk yang lebih singkat, sehingga waktu menganggur pada tiap stasiun kerja dapat diminimasi.

Kata Kunci: Drum Buffer Rope, *Theory of Constraint*, Stasiun Kerja, Meubel, Penjadwalan

ABSTRACT

A firm engaged in the making of furniture with the materials of teaks is make to order which is production process in making of furniture is found a bottleneck of work in process in particular work station. This is due to the availability of work station that has no capacity to meet the demand, making the production flows imbalanced, and to the inexistence of good management in determining the production schedules so that the production targets take too long time, which is in turn too long to reach the consumers. An optimization of work station that has no capacity for meeting a demand in this research is attempted by using the method of Drum-Buffer-Rope in Theory of Constraints (TOC) and with the approach of Linear Program. In TOC an identification of work station that has no capacity to satisfy a demand is conducted. In this research it is reviewed three kinds of products: rose grooming-rooms, Monaco living chairs and Rosalinda dish tables. They are processed in four work stations. Based on the application of Drum-Buffer-Rope

method in Theory of Constraints (TOC), it is known that the sand papering station is a work station without a capacity to meet a demand. The results of investigation indicate that all production targets could not be achieved; therefore, a production priority with linear program is made. From this production priority, it is given the scheduling of production that provide a shorter time of make span, so that idle time in each work station is minimize.

Keywords: Drum Buffer Rope, Theory of Constraints, Work Station, Furniture, Scheduling

1 Pendahuluan

Industri perabot di bidang pembuatan meubel dengan bahan baku kayu jati memproduksi produk yang bervariasi seperti kursi tamu, kursi makan, kamar set, lemari pajangan dan lain sebagainya. Saat ini masalah yang dihadapi pihak perusahaan adalah tingkat *work in process* (WIP) yang tinggi yang dikarenakan adanya stasiun kerja yang memiliki kapasitas lebih kecil dari kebutuhan produksi dan juga belum adanya jadwal produksi sehingga target produksi akan semakin lama selesai. Dalam lintasan produksinya memiliki stasiun kerja *constraint* (sebagai *drum*) yaitu stasiun kerja yang kapasitasnya lebih kecil dari kebutuhan produksi, ini terjadi pada stasiun kerja pengampelasan, sehingga mengakibatkan tidak seimbang alirannya produksi. Dari bentuk strategi yang digunakan perusahaan yaitu *make to order* repetitif, perusahaan mengalami kendala penyelesaian order dari konsumen. Jika suatu order semakin banyak tertimbun didepan stasiun kerja maka order tersebut semakin lama untuk dapat diselesaikan, yang mengakibatkan tingginya *work in process* (WIP). Dari masalah di atas dilakukan penelitian untuk menangani sistem perencanaan dan pengendalian produksi yang dikelola secara baik. Tujuan penelitian adalah untuk menentukan prioritas produksi dalam menghasilkan *throughput* yang maksimal dengan pengoptimalan stasiun kerja *drum* dan melakukan penjadwalan produksi sehingga dapat *meminimasi* waktu penyelesaian produk (*makespan*) dan menghitung *idle time* pada lini produksi.

Salah satu usaha untuk mengatasi permasalahan di atas adalah melakukan studi penerapan *Drum-Buffer-Rope* dalam *Theory of Constraint (TOC)* sebagai metode dalam menangani *constraint* yang dapat menghambat aliran produksi, yaitu dengan cara mengoptimalkan stasiun kerja *drum* [1]. *Drum buffer rope* adalah teknik *production control* yang mengimplementasikan tahapan TOC yaitu *exploiting*, *subordinating* dan *elevating*. Stasiun *bottleneck* disebut *drum* sebagai titik pengendali untuk menjamin stasiun *upstream* berproduksi sesuai dengan kebutuhan stasiun *bottleneck* sehingga tidak menimbulkan inventori WIP di rantai produksi [2]. Selain itu dapat memaksimalkan *throughput* terhadap kapasitas yang ada. Juga dilakukan penjadwalan produksi untuk meminimasi waktu penyelesaian produk (*makespan*) agar produk dapat dikirim kepada konsumen sesuai dengan *due date*. Semua pabrik memiliki stasiun kerja yang *drum* dan *nondrum*. *Nondrum* adalah stasiun kerja dimana kapasitasnya lebih besar dari pada kebutuhan. *Drum* adalah stasiun kerja yang memiliki kapasitas lebih kecil dari kebutuhan produksi. *Drum* akan terjadi berupa antrian jika ada peningkatan permintaan yang melebihi kapasitas [3]. Pada stasiun kerja *drum* (X) semua waktu yang tersedia harus diutilisasikan dalam produksi dan *setup*. Waktu menganggur dan waktu terbuang yang terjadi pada X secara langsung akan mempengaruhi keseluruhan operasi. Konsekuensi yang paling serius adalah kehilangan *throughput* yang tidak terhindarkan. Pada sumberdaya *nondrum* (Y), *setup* dan produksi tidak harus terpakai untuk keseluruhan waktu yang tersedia. Jadi setelah kebutuhan *setup* dan produksi dihitung untuk stasiun kerja Y maka akan masih ada sisa waktu yang tersedia adanya kelebihan kapasitas. Kelebihan kapasitas ini tidak menunjukkan bahaya selain adanya waktu menganggur [1].

Theory of Constraints (TOC) telah menjadi suatu sistem yang bermanfaat dalam manajemen operasi modern untuk mengelola perbaikan sistem yang ada di dalam perusahaan. TOC merupakan pengembangan dari *Optimized Production Technology (OPT)* yang menekankan pada optimasi pemanfaatan stasiun kendala [4]. TOC menyatakan bahwa kendala harus diangkat sehingga diambil tindakan untuk mengurangi pengaruh hasilnya (*throughput*) [5]. Dengan menggunakan TOC, perusahaan dapat mencapai pengurangan WIP sehingga dapat diperoleh aliran produksi yang seimbang dan persediaan barang jadi dalam jumlah besar, perbaikan yang jelas terlihat dalam pengaturan penjadwalan operasi dan peningkatan laba sebagai akibat dari peningkatan *throughput*. TOC yang diperkenalkan oleh Goldratt merupakan suatu filosofi manajemen yang berdasarkan prinsip-prinsip pencapaian peningkatan terus menerus (*continuous improvement*) melalui pemfokusan perhatian pada kendala sistem (*system constraint*) [6], [7].

Dalam suatu sistem produksi untuk mengendalikan produk memerlukan beberapa titik kendali (*key points*) yang melewati sistem tersebut. Apabila dalam sistem tersebut memiliki konstrain (*constraints*) maka konstrain tersebut merupakan bagian yang paling baik untuk dikendalikan karena dibatasi kemampuan dari keseluruhan sistem [8]. Banyak penelitian-penelitian yang memfokuskan pendekatan berbasis TOC. Hal tersebut dapat dilihat pada penelitian [9] yang mengatakan bahwa TOC menekankan pada stasiun kerja yang mempengaruhi jalannya produksi untuk keseluruhan sistem yang disebut sebagai *Capacity Constraint Resources (CCR)*. Disamping itu TOC juga dapat memberikan suatu pemikiran yang unik dan fokus dalam mengidentifikasi produk dan jasa yang akan memberikan nilai tambah pada pelanggan dan kemampuan tatakelola organisasi pada perusahaan-perusahaan dalam sektor usaha [10]. Dalam penelitian [11] mengatakan kesalahan dalam menentukan produksi dan penggunaan *resource* akan berdampak pada nilai *throughput* yang mengakibatkan keuntungan perusahaan menurun sehingga untuk mengidentifikasi konstrain dari sumber elemen *throughput* dilakukan dengan menggunakan TOC.

Inti dari TOC adalah meliputi pengidentifikasian kendala-kendala sistem dan memutuskan bagaimana beroperasi dengan kendala-kendala tersebut untuk mencapai proses produksi yang sinkron. Suatu kendala sistem membatasi performansi dari kendala itu, sehingga semua upaya dilakukan untuk memaksimalkan performansi dari kendala ini. Setiap sistem produksi membutuhkan beberapa titik kendali (*control point*) untuk mengedalikan aliran dari produk yang melewati sistem itu. Jika suatu sistem produksi memiliki kendala, maka pada kendala itu merupakan tempat terbaik untuk dikendalikan. Titik kendali (*control point*) ini disebut "*drum*". Suatu kendala didefinisikan sebagai suatu sumber daya yang tidak memiliki kapasitas untuk memenuhi permintaan. Suatu kendala sistem membatasi performansi dari sistem itu, sehingga semua upaya seyogianya ditujukan untuk memaksimalkan performansi dari kendala tersebut [7], [12]. Terdapat dua hal yang harus dilakukan terhadap kendala, yaitu:

- a. Menjaga atau menyiapkan suatu *buffer inventor* di depan tempat kendala itu.
- b. Mengkomunikasikan kepada operasi paling awal untuk membatasi produksi sesuai jumlah kemampuan dari kendala itu. Proses komunikasi ini disebut *rope*

Sehingga dapat disimpulkan bahwa konsep TOC dikenal istilah *drum-buffer-rope* merupakan teknik umum yang digunakan untuk mengelola sumber-sumber daya guna memaksimalkan performansi dari sistem. *Drum* adalah tingkat produksi yang ditetapkan oleh kendala sistem, *buffer* menetapkan proteksi terhadap ketidakpastian sehingga sistem dapat memaksimalkan performansi, dan *rope* adalah suatu proses komunikasi dari kendala kepada operasi awal (*gating operation*) untuk memeriksa atau membatasi material yang diberikan ke dalam sistem. Kendala-kendala sistem dapat berupa pekerja, mesin, permintaan pasar, kebijakan perusahaan dan

peraturan yang mempengaruhi perusahaan [1], [13]. Dalam penelitian [14] menjelaskan bahwa prinsip TOC pada sistem penjadwalan *drum buffer rope* (DBR) dengan memperhatikan *time buffer* dan stasiun kerja yang mengalami *bottleneck* dapat diperbaiki sehingga menjadi stasiun kerja *non bottleneck*.

2 Metodologi

Metode penelitian kajian dengan tahapan yang dilakukan adalah sebagai berikut:

1. Melakukan pengkajian sistem dengan memperhatikan kondisi aktual yang terjadi di lantai produksi yaitu mengumpulkan data waktu proses tiap produk, data permintaan produk, data jumlah operator/ peralatan pada setiap stasiun kerja, data harga jual produk/set dan biaya material/ set produk.
2. Melakukan perhitungan kapasitas dengan menghitung waktu baku di tiap stasiun kerja, menghitung utilitas, menghitung efisiensi dan menghitung kapasitas.
3. Menyeimbangkan aliran produksi dengan melakukan kajian metode *drum-buffer-rope* dalam *theory of constraint* melalui tahapan sebagai berikut :
 - a) Mengidentifikasi *constraint*
 - b) Pengidentifikasi stasiun kerja *drum* dan *non drum* berdasarkan TOC.
 - c) Pengaturan kembali atau melakukan prioritas produksi dengan mengoptimalkan pemanfaatan stasiun kerja *drum* melalui penggunaan TOC
 - d) Melakukan penjadwalan Produksi

3 Hasil dan Pembahasan

Melalui perhitungan kapasitas yang dibutuhkan (*Capacity Requirement*) maupun perhitungan kapasitas tersedia (*Capacity Available*) dapat diidentifikasi stasiun kerja yang akan menjadi *drum* dan *non drum*. Jika kapasitas yang tersedia lebih kecil dari kapasitas yang dibutuhkan maka stasiun kerja tersebut menjadi *drum* dan sebaliknya. Hal tersebut dapat dilihat pada tabel 1 berikut ini.

Tabel 1. Perbandingan Kapasitas CR dan AC Untuk Target Produksi

Bulan	Stasiun	CR	CA	Variansi	Keterangan
Juli	Perakitan	21676.92	28087.49	6410.57	<i>Nondrum</i>
	Amplas	92518.42	84651.84	-7866.58	<i>Drum</i>
	Cat	13284.92	14237.18	952.26	<i>Nondrum</i>
	Jok	8854.17	13439.71	4585.54	<i>Nondrum</i>

Dengan adanya stasiun kerja *drum* berarti tidak semua produksi yang telah direncanakan dapat dilaksanakan. Oleh karena itu harus diambil keputusan dalam menentukan prioritas produksi agar *throughput* yang dihasilkan perusahaan tetap maksimal. Untuk mengatasi stasiun kerja *drum* harus dilakukan prioritas produksi (penentuan jumlah masing-masing produk yang akan diproduksi). TOC memfokuskan pada maksimalisasi *throughput* dengan menggunakan 100% kapasitas stasiun kerja *drum*. *Throughput* masing-masing produk dapat dilihat pada Tabel 2, dimana nilai *throughput* adalah pengurangan dari harga jual dengan biaya bahan baku.

KAJIAN DRUM-BUFFER-ROPE BERBASIS THEORY OF CONSTRAINT
UNTUK MENYEIMBANGKAN ALIRAN PRODUKSI

Tabel 2. Nilai *Throughput* Tiap Produk

No	Produk	Harga Jual/unit (Rupiah)	Biaya bahan baku/unit (Rupiah)	<i>Throughput</i>
1	Kamar Set Mawar	9.000.000	5.248.025	3.751.975
2	Kursi Tamu Monaco	12.500.000	7.850.500	4.649.500
2	Kursi Makan Rosalinda	10.000.000	5.441.500	4.558.500

TOC dengan Pendekatan *Linier Programming* dengan menggunakan maksimalisasi *throughput* sebagai fungsi sasaran dan sebagai fungsi kendala adalah kapasitas dari stasiun kerja dan target produksi dari masing-masing produk. Formulasi LP secara lengkap adalah sebagai berikut:

Fungsi Tujuan: Maks $(3.751.975X_1 + 4.649.500X_2 + 4.558.500X_3)$

Fungsi Pembatas:

$1168,67X_1 + 497,52X_2 + 453,60X_3 \leq 28087.49$ (stasiun perakitan)

$3653,47X_1 + 4101,88X_2 + 1679,98X_3 \leq 84651.84$ (stasiun amplas)

$516,92X_1 + 516,59X_2 + 347,51X_3 \leq 14237.18$ (stasiun cat)

$28,66X_1 + 557,41X_2 + 499,08X_3 \leq 13439.71$ (stasiun jok)

$X_1 \leq 12$ (produk kamar set mawar)

$X_2 \leq 9$ (produk kursi tamu monaco)

$X_3 \leq 7$ (produk kursi makan rosalinda)

$X_1, X_2, X_3 \geq 0$

Perhitungan menggunakan *software Win QSB* untuk formulasi *Linier Programming* dengan hasil pada gambar 2 bahwa target produk pada bulan Juli tidak semuanya dapat dipenuhi. Jumlah produksi yang dapat terpenuhi adalah $X_1 = 12, X_2 = 7, X_3 = 7$, dan dengan nilai *throughput* sebesar Rp 109.479.700,-

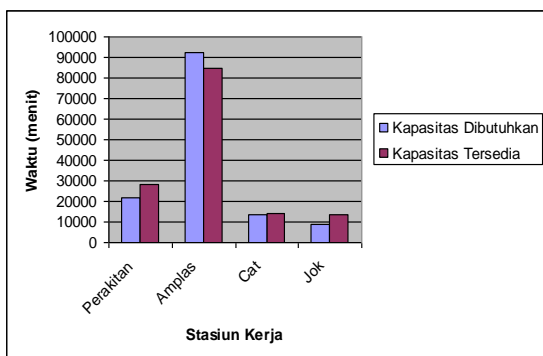
Variable -->	X1	X2	X3	Direction	R. H. S.
Maximize	3751975	4649500	4558500		
C1	1168.67	497.52	453.6	<=	28087.49
C2	3653.47	4101.88	1679.98	<=	84651.84
C3	516.92	516.99	347.51	<=	14237.18
C4	28.66	557.41	499.08	<=	13439.71
LowerBound	0	0	0		
UpperBound	12	9	7		
VariableType	Integer	Integer	Integer		

Gambar 1 . Formulasi *Linier Programming* dengan Menggunakan *Software Win QSB*

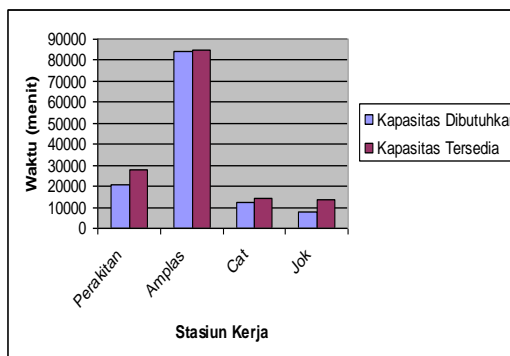
Decision Variable	Solution Value	Unit Cost or Profit c(j)	Total Contribution	Reduced Cost	Basis Status
1 X1	12,0000	3.751.975,0000	45.023.700,0000	0	basic
2 X2	7,0000	4.649.500,0000	32.546.500,0000	0	basic
3 X3	7,0000	4.558.500,0000	31.909.500,0000	0	basic
Objective	Function	(Max.) =	109.479.700,0000		
Constraint	Left Hand Side	Direction	Right Hand Side	Slack or Surplus	Shadow Price
1 C1	20.681,8800	<=	28.087,4900	7.405,6100	0
2 C2	84.314,6600	<=	84.651,8400	337,1868	0
3 C3	12.254,5400	<=	14.237,1800	1.982,6400	0
4 C4	7.739,3500	<=	13.439,7100	5.700,3600	0

Gambar 2. Hasil solusi *Linier Programming* dengan Menggunakan *Software Win QSB*

Untuk pengoptimalan stasiun kerja *drum* telah tercapai setelah penerapan TOC dapat dilihat pada gambar 3 dan gambar 4 berikut ini.



Gambar 3. Grafik Target Produksi



Gambar 4. Grafik Prioritas Produksi

Prioritas produksi dengan menggunakan program linier didapatkan hasil prioritas produksi untuk masing-masing produk pada tabel 3, tabel 4 dan tabel 5 sebagai berikut :

Tabel 3. Prioritas Produksi

No	Produk	Jumlah (set)
1	Kamar Set Mawar	12
2	Kursi Tamu Monaco	7
3	Kursi Makan Rosalinda	7

Tabel 4. Kapasitas Yang di Butuhkan (CR)

Produk	Prioritas Produksi	Waktu Baku				Kapasitas yang dibutuhkan (CR)			
		Perakitan	Amplas	Cat	Jok	Perakitan	Amplas	Cat	Jok
Kamar Set	12	1168,67	3653,47	516,92	28,66	14024.04	43841.64	6203.04	343.92
Kursi Tamu	7	497,52	4101,88	516,59	557,41	3482.64	28713.16	3616.13	3901.87
Kursi Makan	7	453,60	1679,98	347,51	499,08	3175.2	11759.86	2432.57	3493.56

Tabel 5. Perbandingan Kapasitas CR dan AC Untuk Prioritas Produksi

Bulan	Stasiun	Total kapasitas	Kapasitas	Variansi
		yang dibutuhkan (CR)	yang tersedia (AC)	
Juli	Perakitan	20681.88	28087.49	7405.61
	Amplas	84314.66	84651.84	337.18
	Cat	12254.74	14237.18	1982.44
	Jok	7739.35	13439.71	5700.36

Untuk kapasitas yang dibutuhkan dengan kapasitas yang tersedia berdasarkan target produksi awal dan juga untuk kapasitas yang dibutuhkan dan kapasitas tersedia, setelah disesuaikan dengan prioritas produksi dengan TOC dapat dilihat *Capacity Utilization* masing-masing stasiun kerja seperti terlihat pada tabel 6.

KAJIAN DRUM-BUFFER-ROPE BERBASIS THEORY OF CONSTRAINT
UNTUK MENYEIMBANGKAN ALIRAN PRODUKSI

Tabel 6. *Capacity utilization* Target Produksi dan Prioritas Produksi

Bulan	Stasiun Kerja Drum	Berdasarkan Target Produksi			Berdasarkan Prioritas Produksi		
		Capacity Requirement (CR)	Capacity Available (CA)	Persentasi Beban (%)	Capacity Requirement (CR)	Capacity Available (CA)	Persentasi Beban (%)
Juli	Perakitan	21676.92	28087.49	77.18	20681.88	28087.49	73.63
	Amplas	92518.42	84651.84	109.29	84314.66	84651.84	99.60
	Cat	13284.92	14237.18	93.31	12254.74	14237.18	86.08
	Jok	8854.17	13439.71	65.88	7739.35	13439.71	57.59

Stasiun kerja pengamplasan yang semula kekurangan kapasitas tidak lagi kekurangan dan akan beroperasi dengan maksimal (*capacity utilization*) yaitu 100%.

Penjadwalan dilakukan berdasarkan ukuran order yang paling banyak. Urutan pengerjaan bahan untuk semua job adalah sama yaitu dari stasiun perakitan, amplas, cat dan jok. Untuk menentukan jadwal produksi dilakukan 6 (enam) alternatif. Alternatif-alternatif tersebut dapat dilihat pada tabel 7.

Tabel 7. Alternatif Penjadwalan Produksi

Alternatif	Penjadwalan Produksi
1	A - B - C
2	A - C - B
3	B - A - C
4	B - C - A
5	C - A - B
6	C - B - A

Keterangan : A = Kamar Set

B = Kursi Tamu

C = Kursi Makan

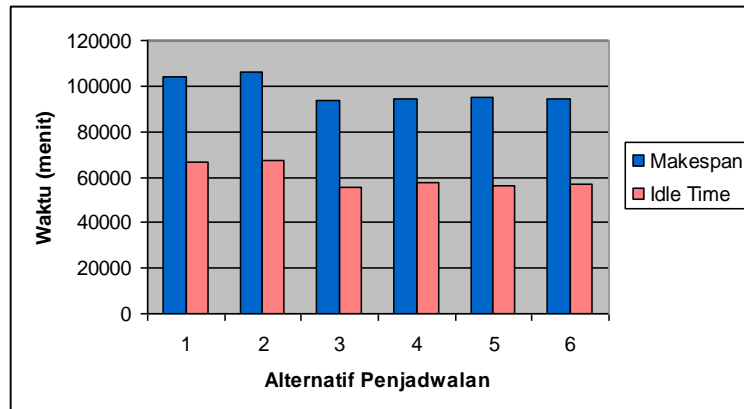
Hasil penjadwalan dengan gant chart dengan nilai *makespan* dan *idle time* dari setiap alternatif penjadwalan dapat dilihat pada tabel 8.

Tabel 8. Nilai *Makespan* dan *Idle Time*

Alternatif	Penjadwalan Produksi	Makespan	Idle Time			
			SK.Amplas	SK.Cat	SK.Jok	Rata-Rata
1	A - B - C	104264.83	14024.04	88519.53	96525.48	66356,35
2	A - C - B	105856.70	14024.04	89703.09	98117.35	67281,49
3	B - A - C	93723.43	3482.64	77978.13	85984.08	55814,95
4	B - C - A	94344.26	3482.64	81748.60	86604.91	57278,72
5	C - A - B	95007.86	3175.20	78854.25	87268.51	56432,65
6	C - B - A	94036.82	3175.20	81441.16	86297.47	56971,28

Adapun penjadwalan yang optimal adalah pada alternatif 3 dengan urutan proses pengerjaan yaitu: kursi tamu monaco, kamar set mawar dan kursi makan rosalinda. Pada tabel 8 dapat dilihat bahwa total *makespan* untuk seluruh job prioritas produksi pada alternatif 3 yaitu selama 93723.43 menit dan *idle time* untuk stasiun pengamplasan selama 3482.64 menit, stasiun cat selama 77978.13 menit dan stasiun jok selama 85984.08 menit. Maksud *idle time* yang terjadi pada stasiun kerja tersebut adalah terjadinya waktu menunggu bagi operator untuk mengerjakan proses selanjutnya. Hal ini terjadi karena proses sebelumnya pada stasiun kerja

sebelumnya belum selesai. Dengan adanya prioritas dalam penjadwalan produksi maka waktu menganggur (*idle time*) pada setiap stasiun kerja dapat diminimasi.



Gambar 5. Grafik Perbandingan *Makespan* Dan *Idle Time*

4 Kesimpulan

Kesimpulan yang didapat dari penelitian kajian risiko Proyek Pengeboran Air Tanah Dalam adalah sebagai berikut:

1. Dalam pelaksanaan proses pengeboran terdapat risiko yang harus dikelola agar tidak menimbulkan kerugian baik biaya, waktu, maupun mutu. Penerapan manajemen risiko bagi perusahaan dalam mengelola proyek sangat penting untuk diperhatikan agar tidak menimbulkan kerugian secara finansial maupun nama baik perusahaan.
2. Rancangan pengukuran resiko disusun berdasarkan proses Pengeboran Air Tanah Dalam, yang terdiri dari: mobilisasi, persiapan pengeboran, dan pelaksanaan konstruksi.
3. Terdapat 14 indikator risiko yang terindikasi menyebabkan risiko pada proyek Eksplorasi dan Pelayanan Air Bersih Melalui Pengeboran Air Tanah Dalam berdasarkan hasil pengujian Cochran test. Identifikasi akar masalah dilakukan untuk mendapatkan sumber masalah.
4. Tiga penyebab risiko tertinggi pada proses pelaksanaan pembuatan lubang air yang berdampak pada pengerjaan ulang atau pekerjaan terhenti, adalah terhambatnya proses *pilot hole* (X16), suatu kondisi tidak dapat dibuatnya lubang pengeboran karena kondisi alam atau ketidak layakkan peralatan, terhambatnya proses *reaming hole* (X18), suatu kondisi tidak dapat dibuatnya pelebaran lubang pengeboran karena kondisi alam atau ketidaklayakan peralatan, serta terhambatnya proses pemasukkan pipa (X19), suatu kondisi tidak dapat memasukkan pipa yang diakibatkan ambrukan pada sumur bor.
5. Mitigasi (respon) yang diberikan terhadap resiko tertinggi proyek dan upaya yang perlu dilakukan untuk meminimasi resiko yang mungkin terjadi, yakni:
 - a. Tekstur tanah pada lokasi proyek, perlu tersedianya bahan bentonit dan lumpur untuk ditambahkan pada tanah di seputar lubang pengeboran proyek agar tanah menjadi kental dan menghindari ambrukan pada lubang bor.
 - b. Adanya batuan keras pada lokasi proyek, perlu tersedianya cadangan peralatan (terutama stang bor) untuk mengantisipasi kemungkinan patahnya stang bor.

Keandalan peralatan, petugas gudang saat mobilisasi untuk dilengkapi dengan daftar periksa peralatan (riwayat pemakaian, daftar persediaan, dan jadwal penggantian) untuk memastikan: jumlah, jenis, dan kondisi peralatan benar-benar siap pakai.

5 Daftar Pustaka

- [1] Fogarty, Donald W, John H Blackstone, and Thomas R. Hoffmann, 1991, *Production & Inventory Management*, 2nd ed, South-Western Publishing CO.
- [2] Rieswien, Rinda, Suryadhini, P.P, Juliani, W., Perancangan Sistem *Scheduling Job* Menggunakan *Drum Buffer Rope* Untuk Meminimasi Keterlambatan Order dan *Manufacturing Lead Time* pada Bagian Machining MPM, *Jurnal Rekayasa Sistem & Industri*, Vo. 1, No. 2, Oktober 2014.
- [3] Sipper, Daniel, Bulfin, R.L.Jr, 1997, *Production, Planning, Control And Integration*, The McGraw-Hill Companies, Inc-USA.
- [4] Rianti, H., Nafisah L, Subiyanto E.N, 2019, Pendekatan *Theory of Constraint* Penjadwalan *Flow Shop* Pada Sistem Produksi *Make To Order*, *Jurnal Optimasi Sistem Industri*, Vol.12, No. 1, Juni 2019.
- [5] Kushana, D.N.S, Zaini, E., Saleh A., 2014, Rancangan Sistem Penjadwalan Buku Fiksi dengan Pendekatan *Theory of Constraint* di PT. Mizani Grafika Sarana, *Jurnal Teknik Industri Itenas* No. 04, Vol. 02, Oktober 2014.
- [6] Dettmer, H. William, 1997, *Goldratt's Theory of Constraints : A System Approach to Continous Improvement*, ASQC Quality Press, Winconsin
- [7] Hunusalela, Z.F, 2013, Usulan Penjadwalan Produksi dengan Menggunakan *Theory of Constraint* pada Bagian *Welding Rear Body*, *Jurnal Faktor Exacta* 6 (1) : 70 – 87.
- [8] Ruman, Muhammad, 2015, Penggunaan Konsep Teori Konstrain pada Penjadwalan Produksi Studi Kasus pada PT.X, *Jurnal Matematika, Statika, dan Komputasi* Vol.12 No.1 hal 60-70.
- [9] Musaki, Hebi., Ginting, M., Marpaung, B., 2015, Analisis Volume Produksi Menggunakan Metode *Theory of Constraint* (Studi Kasus pada Produksi Kabel), *Jurnal Teknik dan Ilmu Komputer* Vol.04 No.13.
- [10] Rahmawati, Desy., Puryani, Nursubiyantoro, E., 2019, Optimalisasi Kapasitas Stasiun Kerja dengan Penerapan *Theory of Constraints (TOC)*, *Jurnal Optimasi Sistem Industri* Vol.12 No.1.
- [11] Kristiana, Leo Rama., Sunarni, T., 2018, Aplikasi Pendekatan *Theory of Constraints* pada Maksimasi Throughput Produksi PT XYZ, *Jurnal Media Teknik dan Sistem Industri* Vol. 2 (no. 2) hal 11 – 19.
- [12] Gaspersz, Vincent, 2001, *Production Planning And Inventory Control* Berdasarkan Pendekatan Sistem Terintegrasi MRP II dan JIT Menuju Manufaktur 21, 2th ed South-Western Publishing Co, Cincinnati-Ohio.
- [13] Ginting, Rosnaini, 2003, Penerapan *Time Buffer* Terhadap *Capacity Constraint Resource* Untuk Menyeimbangkan Lintasan Produksi, *Proceeding Seminar Sistem Produksi*, Volume VI, Laboratorium Teknik Industri, ITB Bandung.
- [14] Napitupulu, Humala, Sembiring, Meilita T., Hidayah, Nurul A., 2016, Perencanaan dan Penjadwalan Produksi Green Tea dengan Pendekatan *Theory of Constraint* pada PT. XYZ, *Jurnal Sistem Teknik Industri*, Vol. 18, No. 1.

{halaman ini sengaja dikosongkan}