

EVALUASI METODE *LEAN CONSTRUCTION* DAN PENJADWALAN *CRITICAL CHAIN PROJECT MANAGEMENT* (STUDI KASUS REKONSTRUKSI JALAN RUAS GORONTALO-BILUHU BARAT)

*Fifi Nabila Lige¹, Arfan Utiahman² and Mohamad Yusuf Tuloli³

¹Teknik Sipil, Universitas Negeri Gorontalo, Indonesia; ^{2,3} Universitas Negeri Gorontalo, Indonesia

*Corresponding Author, Received: 14 Apr. 2022, Revised: 25 Oct. 2022, Accepted: 21 Dec. 2022

ABSTRACT: Construction project development requires careful planning, but the uncertainty that occurs in the process is very diverse. Inefficiencies such as schedule mismatch with the work process in the field must be minimized so that there is no significant waste of costs. Therefore, related parties need to take appropriate steps to identify and evaluate waste so that the planning time and the work process do not differ significantly, so as to reduce waste of costs and provide satisfactory results to the project owner. Thus, it is necessary to conduct research on lean construction method and critical chain project management scheduling to know the occurrence of waste so that anything that does not add value can be minimized or even eliminated. Based on the result of interviews, there are 73% value added activity and 27% non-value adding but necessary activity. The critical waste is waiting and unnecessary inventory. The risks that occur are incompatibility of planning designs with the field, delays in materials/tools, damage to materials/tools, work safety, traffic disturbances at the project site, low labor productivity, design change from planners, bad weather, and the COVID-19 pandemic. The estimated total project duration obtained using the Critical Chain Project Management (CCPM) method is 200 days from the initial duration of 266 days.

Keywords: *Lean construction, Critical Chain Project Management.*

1. PENDAHULUAN

Pembangunan pada berbagai kawasan di Indonesia semakin pesat, disebabkan kebutuhan masyarakat yang semakin meningkat. Pada Tahun 2013 dilaporkan Indonesia memiliki badan usaha konstruksi sebanyak 131.080, sehingga pasar konstruksi Indonesia merupakan salah satu yang terbesar di Asia Tenggara [1]. Salah satu yang melakukan pembangunan yaitu Pelaksanaan Jalan Nasional (PJN) Provinsi Gorontalo. Pekerjaan proyek konstruksi di Kota Gorontalo sering mengalami keterlambatan yang disebabkan oleh pengadaan bahan cuaca buruk, kesalahan pengelolaan material, kekurangan tenaga kerja, kesalahan dalam perencanaan, dan keterlambatan pembayaran oleh *owner* [2].

Minimalisir kendala ketidakefisien seperti adanya pemborosan yang dapat mengakibatkan ketidaksesuaian jadwal dengan proses pengerjaan di lapangan yang mengakibatkan pemborosan biaya yang signifikan, maka pihak terkait perlu mengambil langkah yang tepat untuk mengidentifikasi dan mengevaluasi pemborosan agar rentang perencanaan dan proses pengerjaan tidak berbeda jauh sehingga dapat mengurangi pemborosan biaya dan memberikan hasil yang memuaskan pada pemilik proyek (*owner project*). Salah satu metode yang dapat mengurangi pemborosan adalah dengan *lean construction* yang

dapat mengontrol ketidakpastian selama proses pembangunan.

Lean construction merupakan metode kerja yang fokus terhadap proses yang di dalamnya terdapat prinsip-prinsip yang diaplikasikan pada proyek konstruksi. Metode *lean construction* ini menggabungkan metode *Critical Chain Project Management (CCPM)* untuk penjadwalan dan *lean tools* untuk identifikasi pemborosan (*waste*) dan penyebabnya sehingga tidak terjadi keterlambatan dan pembengkakan biaya dalam pelaksanaan proyek [3]. Salah satu keunggulan dalam menggunakan *Critical Chain Project Management* adalah adanya perhitungan jarak *buffer* yang mengandung durasi pekerjaan [4]. Dengan adanya *buffer time* (waktu penyangga), maka perusahaan dapat menghindari adanya *student's syndrome* atau yang dapat diartikan kecenderungan untuk melakukan aktivitas pada saat mendekati *deadline*.

2. KAJIAN TEORITIS

2.1 Definisi Proyek

Kegiatan proyek dapat dimaksud sebagai suatu kegiatan yang berlangsung dalam jangka waktu terbatas, dengan alokasi sumber daya tertentu dan dimaksudkan untuk menghasilkan produk yang mutunya telah ditetapkan dengan jelas [5]. Proyek sebagai suatu kegiatan yang sementara dan tidak

berulang untuk menciptakan suatu produk atau jasa yang unik. Setiap proyek adalah berbeda, tidak ada yang persis sama antara proyek satu dan lainnya. Proyek membutuhkan berbagai keahlian dari bermacam-macam profesi maupun organisasi.

2.2 Manajemen Proyek

Manajemen proyek meliputi tiga fase [6], yaitu:

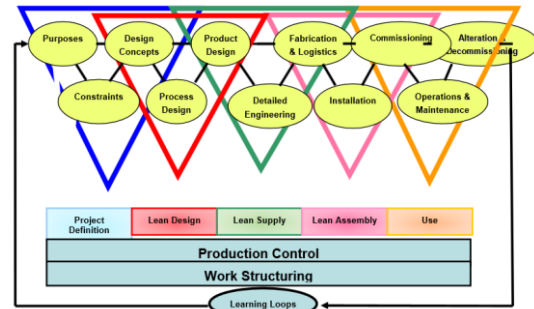
1. Perencanaan, fase ini mencakup mendefinisikan proyek, penetapan sasaran, dan organisasi proyek.
2. Penjadwalan, fase ini menghubungkan manusia, material, dan biaya untuk satu kegiatan dan menghubungkan kegiatan tersebut dengan kegiatan lainnya.
3. Pengendalian, perusahaan mengawasi sumber daya, biaya, kualitas, dan anggaran. Perusahaan juga merevisi rencana dan mengelola kembali sumber daya agar dapat memenuhi kebutuhan waktu dan biaya.

2.3 Konsep Lean

Konsep *lean* pertama kali diterapkan oleh *Toyota's Chief Engineer*, Taiichi Ohno dalam *Toyota Production System*. Konsep *lean* terpusat pada *customer value* yakni nilai-nilai yang diharapkan oleh customer dapat terpenuhi. Dengan kata lain sebuah konsep yang dapat mengidentifikasi dan mengeliminasi pemborosan (*waste*) dengan cara meningkatkan kegiatan yang memiliki nilai tambah dan mengurangi kegiatan yang tidak perlu serta melakukan perbaikan secara terus-menerus.

2.4 Lean construction

Istilah *lean construction* pertama kali dibuat pada Tahun 1993 oleh *International Group for Lean construction*. Selanjutnya pada Tahun 1997, Glenn Ballard dan Greg Howell mendirikan *Lean construction Institute (LCI)*. Gambar 1 *Lean Project Delivery System* menggambarkan konstruksi ramping diaplikasikan pada seluruh daur hidup proyek konstruksi mulai dari definisi proyek, desain, *supply*, *assembly*, dan penggunaannya.



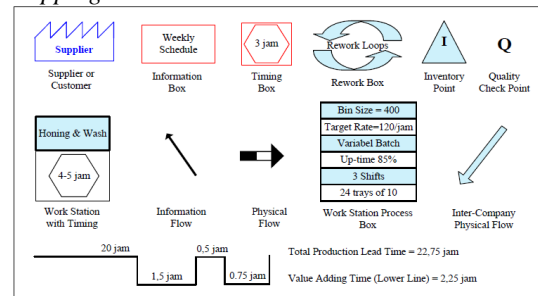
Gambar 1. *Lean Project Delivery System*

2.4.1 Work Breakdown Structure

Pengelompokan aktivitas-aktivitas proyek harus dikerjakan dan ditentukan berdasarkan gambar struktural dan gambar arsitektural, gambar struktural yang dimaksud adalah dengan menggunakan sistem *Work Breakdown Structure (WBS)*. *WBS* menunjukkan aktivitas-aktivitas proyek secara keseluruhan, yang digunakan sebagai dasar penentuan volume, durasi aktivitas, dan juga digunakan sebagai pedoman penjadwalan. Di dalam *WBS* dilakukan pemecahan dari proyek secara utuh hingga subderivable paling rendah (material/bahan baku) yang dibutuhkan.

2.4.2 Big Picture Mapping

Big picture mapping merupakan sebuah *tool* yang diadopsi dari metode yang digunakan untuk memetakan sistem produksi Toyota dan untuk menggambarkan sistem secara keseluruhan dan *value stream* yang ada di dalamnya. Dari *tool* ini, didapatkan mengenai aliran material dan informasi yang terjadi dalam suatu sistem produksi. Selain itu, *tool* ini juga dapat berfungsi sebagai alat untuk mengidentifikasi dimana terdapat pemborosan dan mengetahui keterkaitan antara aliran informasi dan material [7]. Berikut Gambar 2 adalah simbol-simbol yang biasa digunakan dalam *big picture mapping*:



Gambar 2. Simbol-simbol pada *Big Picture Mapping*

2.4.3 Tipe-tipe Aktivitas

Penting untuk mengamati aktivitas mana yang memberikan nilai tambah maupun yang tidak memberikan nilai tambah dalam pendekatan *lean*.

Tipe aktivitas dalam organisasi dibagi menjadi tiga [7], yaitu:

1. *Value adding activity* (VA), aktivitas yang memberikan nilai tambah pada aliran informasi maupun aliran fisik proses.
2. *Non-value adding activity* (NVA), aktivitas yang tidak memberikan nilai tambah menyebabkan pemborosan sehingga proses tidak berjalan secara efektif dan efisien. Aktivitas ini dapat dikurangi atau bahkan dihilangkan.
3. *Non-value adding but necessary activity* (NVNA), aktivitas yang tidak memberikan nilai tambah tetapi diperlukan dalam seluruh rangkaian proses agar tetap dijalankan. Aktivitas ini dapat diminimalisir tetapi tidak dapat dihilangkan.

2.4.4 Pemborosan

Taiichi Ohno telah mengidentifikasi pemborosan (*waste*) yang kemudian didefinisikan kembali [8] dan dinyatakan sebagai berikut:

1. *Overproduction* (produksi yang berlebihan)
2. *Defect* (cacat)
3. *Excessive transportation*
4. *Waiting* (menunggu)
5. *Unnecessary inventory* (persediaan yang tidak perlu)
6. *Unnecessary motion* (gerakan yang tidak perlu)
7. *Inappropriate processing* (proses yang tidak tepat)

2.4.5 Root Cause Analysis

RCA adalah suatu metode untuk menyelesaikan masalah yang bertujuan mengidentifikasi penyebab terjadinya masalah. RCA sebagai suatu metodologi untuk mengidentifikasi dan mengoreksi penyebab penting dalam permasalahan operasional serta fungsional [9]. Metode yang digunakan dalam membuat RCA yaitu 5 *Why's*. Metode 5 *Why's* berfungsi untuk mendapatkan penyebab permasalahan dengan bertanya sehingga akan menemukan solusi dari permasalahan. Akar penyebab permasalahan yang terbagi atas lima kelas [10], yaitu:

1. *Why* ke-1: *symptom*.
2. *Why* ke-2: *excuse*.
3. *Why* ke-3: *blame*.
4. *Why* ke-4: *cause*.
5. *Why* ke-5: *root cause*.

2.4.6 Metode BORDA

Tahapan melakukan metode BORDA dapat dijelaskan sebagai berikut:

1. Penentuan nilai peringkat pada suatu urutan kandidat dengan urutan teratas diberi nilai n dimana n adalah total jumlah calon dikurangi 1. Posisi pada urutan kedua diberi nilai $n-1$ dan seterusnya dan urutan terakhir diberi nilai 0.

2. Nilai n digunakan sebagai pengali dari suara yang diperoleh pada posisi yang bersangkutan.

2.4.7 Formulasi *If Then*

Setelah faktor penyebab *waste* diketahui selanjutnya diolah dalam formulasi *if then*, hal ini dilakukan agar pihak pelaksana mempunyai persiapan dan ketepatan dalam mengambil tindakan secara korektif maupun preventif. Formulasi *if then* dapat mengetahui tindakan atau solusi yang ditempuh untuk meminimalisir terjadinya pemborosan (*waste*).

2.4.8 Matriks Evaluasi

Faktor yang memiliki lebih dari satu solusi dilakukan matriks evaluasi yang pada akhirnya akan dihasilkan rekomendasi untuk meminimalisir atau menghilangkan pemborosan (*waste*). Mengetahui solusi mana yang dipilih berdasarkan beberapa kriteria dengan melakukan pembobotan oleh pihak pelaksana proyek. Pembobotan tersebut di dapatkan peringkat tiap-tiap solusi sehingga dapat di putuskan solusi mana yang “GO” atau “NOT GO”. Matriks evaluasi hanya digunakan pada peristiwa yang memiliki lebih dari satu alternatif tindakan dengan waktu pelaksanaan yang bersamaan.

2.5 Project Risk Management

Manajemen risiko proyek merupakan proses yang sistematis dalam merencanakan, mengidentifikasi, menganalisis, serta mengendalikan dan mengawasi respon risiko proyek. Tujuan dari manajemen risiko proyek adalah mengendalikan dampak yang ditimbulkan dari risiko yang terjadi.

Manajemen risiko pada proyek juga mengadopsi *risk priority number* (RPN) dari FMEA dengan memasukkan kesulitan untuk dideteksi pada Persamaan 1 yaitu:

$$\text{Impact} \times \text{Probability} = \quad (1)$$

Masing-masing dimensi memiliki bobot dengan skala 1 sampai 5. Misalnya apabila dampak dari risiko terhadap proyek sangat kecil, probabilitas munculnya sangat kecil dan sangat mudah untuk dideteksi, maka risiko tersebut dapat dinilai dengan $1 \times 1 = 1$.

2.6 Critical Chain Project Management (CCPM)

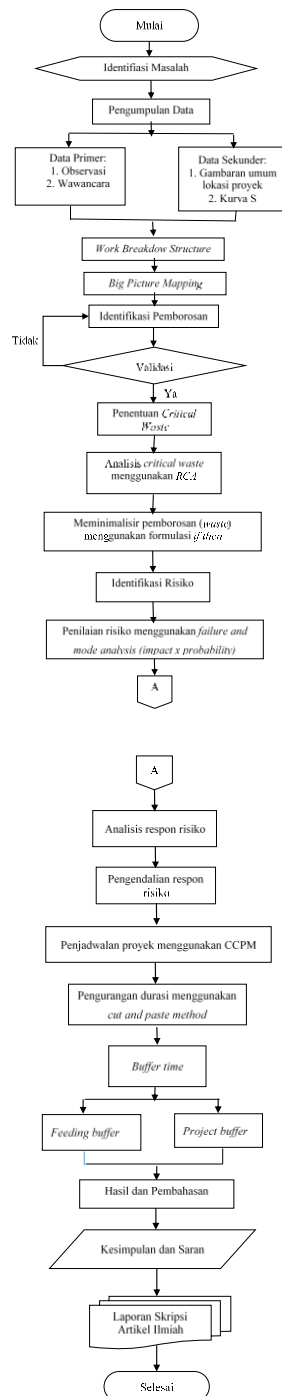
Sebuah metode penjadwalan baru dalam buku yang berjudul *Critical Chain* yaitu metode *Critical Chain Project Management* (CCPM) [11]. Tujuan dari metode ini dapat mencegah masalah yang mungkin akan terjadi pada proyek, misalnya *schedule syndrome* atau dapat disebut *parkinson's law effects*, *multitasking*, dan *student syndrome* yang dapat menyebabkan keterlambatan pengerjaan proyek.

Pada metode penjadwalan *CCPM* penambahan waktu cadangan akan dihilangkan dan digantikan dengan waktu penyangga (*buffer time*) yang diletakkan di akhir *critical chain* sebagai cadangan waktu pada setiap keseluruhan aktivitas proyek.

3. METODE PENELITIAN

3.1 Tahapan Penelitian

Tahapan Penelitian dijelaskan dengan bagan alir pada Gambar 3.



Gambar 3. Bagan Alir Penelitian

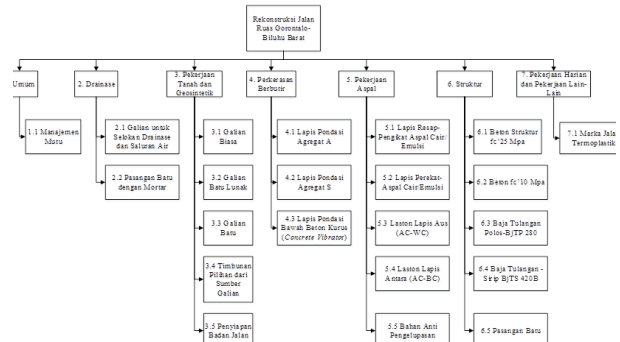
4. HASIL DAN PEMBAHASAN

4.1 Gambaran Umum Proyek Penelitian

Proyek preservasi jalan ruas Biluhu Barat-Kota Gorontalo-Limboto-Isimu, Kota Gorontalo-Taludaa merupakan proyek yang dimiliki oleh Satuan Kerja Pelaksanaan Jalan Nasional Provinsi Gorontalo dengan nilai kontrak sebesar Rp. 40.608.455.000. Sumber dana proyek berasal dari Anggaran Pendapatan Belanja Negara (APBN) Tahun 2020. Dalam proses lelangnya dilakukan dengan proses lelang terbuka dimana pelaksana paket pekerjaan ini dari PT. Allieessan dan diawasi oleh PT. Fendel Structure Engineering, PT. Arci Pratama Konsultan, dan PT. Naditia Konsultan (KSO) dengan nomor kontrak HK.02.01/PJNPG-PPK1.2/121 pada tanggal 16 Januari 2020. Pekerjaan preservasi ini merupakan proyek long segment dan memiliki panjang penanganan jalan 146,74 Kilometer dan penanganan jembatan 1398,60 Meter. Penelitian ini dikhususkan pada kegiatan rekonstruksi jalan ruas Kota Gorontalo-Biluhu Barat dengan panjang penanganan 2300 Meter dan lebar penanganan 5,5 Meter.

4.1.1 Work Breakdown Structure (WBS)

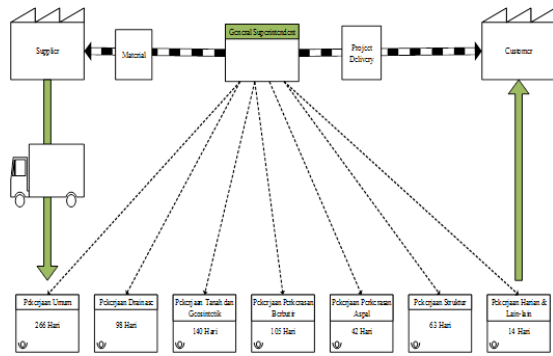
Bagan WBS kegiatan rekonstruksi jalan ruas Kota Gorontalo-Biluhu Barat dapat dilihat pada Gambar 4.



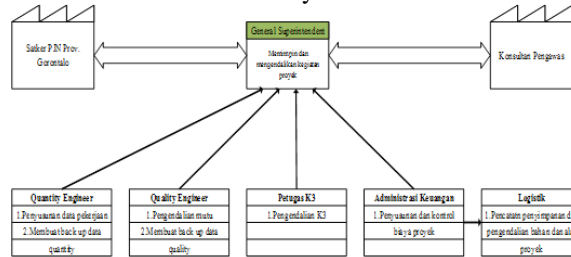
Gambar 4. Work Breakdown Structure Proyek Rekonstruksi Jalan Ruas Kota Gorontalo-Biluhu Barat

4.1.2 Big Picture Mapping

Berdasarkan hasil wawancara, aliran fisik dan informasi yang terjadi pada proyek rekonstruksi jalan ruas Kota Gorontalo-Biluhu Barat dapat dilihat pada Gambar 5 dan Gambar 6 di bawah ini.



Gambar 5. Aliran Fisik Proyek



Gambar 6. Aliran Informasi Proyek

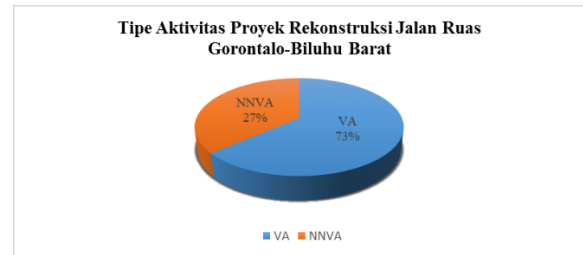
4.2 Analisis Waste

Berdasarkan wawancara kepada pihak pelaksana maka aktivitas-aktivitas dalam proyek rekonstruksi jalan ruas Kota Gorontalo-Biluhu Barat dapat diklasifikasikan pada Tabel 1 berikut ini:

Tabel 1. Tipe-tipe Aktivitas Proyek

No.	Urutan Pekerjaan	VA	NNVA	NVA
I.	Umum			
I.1	Manajemen Mutu	V		
II	Drainase			
II.1	Galian untuk Salokan Drainase dan Saluran Air	V		
II.2	Pasangan Batu dengan Mortar Pekerjaan Tanah dan Geoteknik	V		
III	Galian Binau		V	
III.1	Galian Batu Lunak	V		
III.2	Galian Batu	V		
III.3	Timbunan Pilihan dari Sumber Galian		V	
III.5	Penyiapan Badan Jalan	V		
IV	Perkerasan Berbutir			
IV.1	Lapis Pondasi Agregat Kelas A	V		
IV.2	Lapis Pondasi Agregat Kelas S	V		
IV.3	Lapis Pondasi Bawah Beton Korus (<i>concrete vibrator</i>)		V	
V	Perkerasan Aspal			
V.1	Lapis Resap-Pengikat Aspal Cair/Emulsi	V		
V.2	Lapis Perekat-Aspal Cair/Emulsi	V		
V.3	Laston Lapis Atas (AC-WC)		V	
V.4	Laston Lapis Antara (AC-BC)		V	
V.5	Bahan Anti Pengelupasan	V		
VI	Struktur			
VI.1	Beton Struktur fc'25 Mpa		V	
VI.2	Beton fc'10 Mpa	V		
VI.3	Baja Tulangan Polos-BJTP 280	V		
VI.4	Baja Tulangan Sirip-BJTS 420B	V		
VI.5	Pasangan Batu	V		
VII	Pekerjaan Harian dan Pekerjaan Lain-lain			
VII.1	Marka Jalan Termoplastik	V		

Berdasarkan keseluruhan aktivitas proyek rekonstruksi jalan ruas Kota Gorontalo-Biluhu Barat yang dilakukan, dapat dilihat pada Gambar 8 didapat 72,7% aktivitas yang merupakan *value added activity*, sedangkan 27,3% merupakan aktivitas yang termasuk *non-value adding but necessary activity*.



Gambar 8. Diagram Tipe Aktivitas

4.2.1 Penentuan Critical Waste

Kuesioner diberikan kepada orang-orang dalam tim pelaksana proyek, yaitu *general superintendent*, *quantity engineer*, logistik, dan pelaksana lapangan. Tabel 2 di bawah merupakan hasil rekap data kuesioner untuk mengetahui *waste* yang paling sering terjadi.

Tabel 2. Hasil Rekap Data Kuesioner

No	Jenis waste	Peringkat							Rangking	Bobot
		1	2	3	4	5	6	7		
1.	Defect	3	0	2	0	0	0	0	4	0,1212
2.	Waiting	0	2	3	0	0	0	0	8	0,2424
3.	Unnecessary inventory	1	1	3	0	0	0	0	7	0,2121
4.	Unnecessary motion	1	4	0	0	0	0	0	4	0,1212
5.	Inappropriate processing	2	2	1	0	0	0	0	4	0,1212
6.	Overproduction	2	3	0	0	0	0	0	3	0,0909
7.	Excessive transportation	3	1	1	0	0	0	0	3	0,0909
Bobot		0	1	2	3	4	5	6	33	

Berdasarkan hasil rekap data kuesioner pada Tabel 2 di atas, maka *waste* yang paling sering terjadi pada proses pelaksanaan proyek yaitu *waiting* dengan bobot 0,2424 dan *unnecessary inventory* dengan bobot 0,2121.

4.2.2 Root Cause Analysis

Tabel 3. RCA Waste Kritis

Waste	Sub waste	Why 1	Why 2	Why 3	Why 4	Why 5
Waiting	Menunggu instruksi akibat <i>redesign</i>	Menunggu persetujuan untuk melakukan pekerjaan	Perubahan detail pekerjaan	Perubahan akibat permintaan dari <i>owner</i>		
	Menunggu proses <i>rework</i>	Pengerjaan ulang masih dalam proses penyelesaian	Terjadi kesalahan dalam proses pengerjaan sebelumnya	Proses pengerjaan tidak sesuai dengan standar yang diberikan		
	Menunggu kedatangan material atau peralatan	Keterlambatan pengiriman material atau peralatan	Ketidaktepatan jadwal pengiriman material atau peralatan	Kurangnya koordinasi dan komunikasi dengan <i>supplier</i>	Ketidaktepatan dalam memperkirakan pemesanan material/peralatan yang digunakan	
Unnecessary Inventory	Menunggu karena faktor lingkungan	Faktor lingkungan yang mempengaruhi proyek tidak dapat dihindarkan	Cuaca yang tidak mendukung, seperti hujan	Pandemi COVID-19	PSBB dan pemangkasan anggaran APBD	
	Penyimpanan material yang terlalu lama	Keterlambatan material untuk masuk ke proses selanjutnya	Ketidaktepatan rencana waktu penggunaan material	Proses pengerjaan sebelumnya mengalami keterlambatan		

Setelah didapatkan penyebab munculnya *waste* kemudian diolah dalam formulasi *if then* untuk

mengetahui tindakan yang tepat dalam meminimalisir terjadinya *waste* yang dapat dilihat pada Tabel 4 di bawah ini.

Tabel 4. Formulasi *If Then*

Controlling Pemborosan		
If	Then	When
Redesign	Survey lokasi proyek	Sebelum pelaksanaan
Keterlambatan datangnya material/alat	Melakukan pekerjaan yang lain	Saat pelaksanaan
Cuaca buruk	Pengerjaan dimaksimalkan pada saat cuaca normal	Saat pelaksanaan
Pandemi COVID-19	Peningkatan kontrol pekerja	Saat pelaksanaan
Rework	Kajian ulang metode kerja	Saat pelaksanaan
Material rusak	Optimasi volume pekerjaan	Saat pelaksanaan

4.3 Analisis Risiko

Berdasarkan hasil wawancara dan *brainstorming* didapatkan daftar risiko yang diidentifikasi menurut tabel *RCA waste* kritis proyek rekonstruksi jalan Gorontalo-Biluhu Barat pada Tabel 5 di bawah ini.

Tabel 5. Daftar Risiko

Kategori	Sub-kategori	Risiko
Engineering	Detail proyek	Ketidacocokkan desain perencanaan dengan lapangan.
Procurement	Pengiriman	Keterlambatan material ataupun peralatan proyek. Kerusakan material.
Construction		Keselamatan kerja pada saat konstruksi. Gangguan lalu lintas di lokasi proyek. Produktivitas tenaga kerja rendah.
Owner		Perubahan desain.
Lingkungan		Cuaca tidak mendukung. Pandemi COVID-19.

Setelah didapat daftar risiko selanjutnya dilakukan pembobotan pada setiap kejadian risiko berdasarkan hasil wawancara pada *general superintendent*. Adapun rumus untuk menentukan FMEA yaitu $Impact \times Probability$. Berikut di bawah ini dapat dilihat pada Tabel 6 rekap penilaian risiko dari proyek rekonstruksi ruas Kota Gorontalo-Biluhu Barat.

Tabel 6. Rekap Penilaian Risiko

Risiko	Kemungkinan	Dampak	Nilai risiko
Ketidacocokkan desain perencanaan dengan lapangan	2	2	4
Keterlambatan material ataupun peralatan proyek	3	3	9
Kerusakan material/peralatan	2	1	2
Keselamatan kerja pada saat konstruksi	4	3	12
Gangguan lalu lintas di lokasi proyek	3	3	9
Produktivitas tenaga kerja rendah	3	2	6
Perubahan desain dari perencanaan	2	3	6
Cuaca tidak mendukung	3	3	9
Pandemi COVID-19	4	3	12

Tabel 7. Matriks Penilaian Risiko

Kemungkinan	Very high 5	Keselamatan kerja pada saat konstruksi. Pandemi COVID-19. Keterlambatan material ataupun peralatan proyek. Gangguan lalu lintas di lokasi proyek. Cuaca tidak mendukung.				
	High 4					
	Moderate 3					
	Low 2					
	Very low 1					
		1	2	3	4	5
		Dampak				
		Insigificant	Minor	Moderate	Major	Catastroph

Setelah membuat matriks penilaian risiko maka langkah selanjutnya adalah membuat keputusan untuk merespon dengan tepat risiko yang telah diidentifikasi sebelumnya.

Tabel 8. Analisis Respon Risiko

Risiko	Respon	Rencana Kontingensi
Ketidacocokkan desain perencanaan dengan lapangan	Control	Interaksi antara pihak pelaksana serta supplier
Keterlambatan material ataupun peralatan proyek	Transfer or Control	Meningkatkan komunikasi dan komitmen dengan supplier
Keselamatan kerja pada saat konstruksi	Avoid or transfer	Asuransi
Gangguan lalu lintas di lokasi proyek	Transfer or Control	Pemasangan rambu peringatan
Produktivitas tenaga kerja rendah	Transfer or Control	Merekut tenaga kerja terampil
Perubahan desain dari perencanaan	Transfer or Control	Ikut melakukan perencanaan dengan pihak pelaksana
Cuaca tidak mendukung	Transfer or Control	Pengerjaan dimaksimalkan pada saat cuaca normal
Pandemi COVID-19	Avoid or transfer	Peningkatan kontrol pekerja

Tahap terakhir dalam manajemen risiko pada proyek adalah pengendalian respon risiko yang meliputi pelaksanaan strategi respon risiko, mengawasi peristiwa pemicu, memulai rencana kontingensi dan mengawasi risiko baru.

4.4 Analisis Metode CCPM

Durasi yang direncanakan oleh kontraktor pelaksana adalah 266 hari kalender yang dimulai tanggal 22 Januari 2020 hingga selesai 27 Oktober 2020. Rantai kritis yang teridentifikasi adalah pekerjaan dengan rangkaian kegiatan terpanjang seperti pada pekerjaan manajemen mutu, galian biasa, timbunan pilihan dari sumber galian, penyiapan badan jalan, lapis pondasi agregat kelas a, lapis pondasi agregat kelas s, lapis pondasi bawah beton kurus, lapis resap-pengikat aspal cair/emulsi, lapis perekat-aspal cair emulsi, beton

struktur $f_c'25$ Mpa, beton $f_c'10$ Mpa, dan marka jalan termoplastik.

Pada metode penjadwalan *critical chain project management* cadangan waktu diletakkan pada tempat tertentu dengan kapasitas pekerjaan yang telah diukur sehingga ketidakpastian yang berpotensi menimbulkan keterlambatan dapat diamankan. Pengurangan durasi aktivitas menyebabkan risiko keterlambatan semakin besar, sehingga waktu penyangga (*buffer*) dapat diaplikasikan agar dihasilkan jadwal yang lebih aman. Penentuan ukuran *buffer* menggunakan metode *root square error method (RSEM)*. Besarnya *buffer* dapat diselesaikan dengan Persamaan 1 di bawah ini.

$$B = 2 \times \sqrt{\left(\frac{S1-A1}{2}\right)^2 + \left(\frac{S2-A2}{2}\right)^2 + \dots + \left(\frac{Sn-An}{2}\right)^2} \quad (1)$$

Berdasarkan persamaan (1) di atas maka didapat hasil perhitungan *buffer* pada Tabel 9 di bawah ini.

Tabel 9. *Feeding Buffer*

No.	Uraian Pekerjaan	Kode Kegiatan	Durasi		(S-A)/2	((S-A)/2) ²
			S	A		
I.	Umum		0	0	0	0
I.1	Manajemen Mutu	A	266	133	66,5	4422,25
II	Drainase					
II.1	Galian untuk Selokan Drainase dan Saluran Air	E	49	24,5	12,25	150,0625
II.2	Pasangan Batu dengan Mortar	F	84	42	21	441
III	Pekerjaan Tanah dan Geosintetik					
III.1	Galian Biasa	B	98	49	24,5	600,25
III.2	Galian Batu Lunak	C	42	21	10,5	110,25
III.3	Galian Batu	D	49	24,5	12,25	150,0625
III.4	Timbunan Pilihan dari Sumber Galian	K	21	10,5	5,25	27,5625
III.5	Penyiapan Badan Jalan	J	14	7	3,5	12,25
IV	Perkerasan Berbutir					
IV.1	Lapis Pondasi Agregat Kelas A	M	42	21	10,5	110,25
IV.2	Lapis Pondasi Agregat Kelas S	T	28	14	7	49
IV.3	Lapis Pondasi Bawah Beton Kurus (<i>concrete vibrator</i>)	U	28	14	7	49
V	Perkerasan Aspal					
V.1	Lapis Resap-Pengikat Aspal Cair/Emulsi	O	14	7	3,5	12,25
V.2	Lapis Perekat-Aspal Cair/Emulsi	R	28	14	7	49
V.3	Laston Lapis Aus (AC-WC)	S	28	14	7	49
V.4	Laston Lapis Antara (AC-BC)	P	14	7	3,5	12,25
V.5	Bahan Anti Pengelupasan	Q	42	21	10,5	110,25
VI	Struktur					
VI.1	Beton Struktur $f_c'25$ Mpa	L	14	7	3,5	12,25
VI.2	Beton $f_c'10$ Mpa	G	7	3,5	1,75	3,0625
VI.3	Baja Tulangan Polos-BjTP 280	H	21	10,5	5,25	27,5625
VI.4	Baja Tulangan Sirip-BjTS 420B	I	21	10,5	5,25	27,5625
VI.5	Pasangan Batu	N	28	14	7	49
VII	Pekerjaan Harian dan Pekerjaan Lain-lain					
VII.1	Marka Jalan Termoplastik	V	14	7	3,5	12,25

Berdasarkan perhitungan Tabel 9 dapat diketahui besarnya *feeding buffer* dan *project buffer*.

Tabel 10. Hasil Perhitungan Feeding Buffer

No.	Jalur Non Kritis	Feeding Buffer (Hari)
1	B-G-H-I-L-N	54
2	B-C-D-E-J-K	65
3	B-C-D-E-F	76

Tabel 11. Perhitungan *Project Buffer*

No.	Uraian Pekerjaan	Kode Kegiatan	Durasi		(S-A)/2	((S-A)/2) ²
			S	A		
III	Pekerjaan Tanah dan Geosintetik					
III.1	Galian Biasa	B	98	49	24,5	600,25
IV	Perkerasan Berbutir					
IV.1	Lapis Pondasi Agregat Kelas A	M	42	21	10,5	110,25
IV.2	Lapis Pondasi Agregat Kelas S	T	28	14	7	49
IV.3	Lapis Pondasi Bawah Beton Kurus (<i>concrete vibrator</i>)	U	28	14	7	49
V	Perkerasan Aspal					
V.1	Lapis Resap-Pengikat Aspal Cair/Emulsi	O	14	7	3,5	12,25
V.2	Lapis Perekat-Aspal Cair/Emulsi	R	28	14	7	49
V.3	Laston Lapis Aus (AC-WC)	S	28	14	7	49
V.4	Laston Lapis Antara (AC-BC)	P	14	7	3,5	12,25
V.5	Bahan Anti Pengelupasan	Q	42	21	10,5	110,25
VI	Struktur					
VI.1	Beton Struktur $f_c'25$ Mpa	L	14	7	3,5	12,25
VI.2	Beton $f_c'10$ Mpa	G	7	3,5	1,75	3,0625
VI.3	Baja Tulangan Polos-BjTP 280	H	21	10,5	5,25	27,5625
VI.4	Baja Tulangan Sirip-BjTS 420B	I	21	10,5	5,25	27,5625
VII	Pekerjaan Harian dan Pekerjaan Lain-lain					
VII.1	Marka Jalan Termoplastik	V	14	7	3,5	12,25
Total						1123,938
Project Buffer (Hari)						67,05

Berdasarkan Tabel 11 didapatkan hasil perhitungan *project buffer* sebesar 67,05 hari yang dimasukkan ke dalam penjadwalan sehingga total durasi menggunakan metode penjadwalan *CCPM* menjadi 200 hari. Selanjutnya dibuat manajemen *buffer* untuk mengendalikan konsumsi *project buffer* yang akan dijelaskan pada Tabel 12.

Tabel 12. Zona Pemakaian *Project Buffer*

Zona Pemakaian Buffer	Project Buffer (Hari)	Durasi Terpakai (Hari)
0%-33 %	67	0-22
34%-67%	67	23-45
68%-100%	67	46-67

5. SIMPULAN

Berdasarkan hasil penelitian yang telah dibahas, maka dapat diambil beberapa simpulan sebagai berikut:

1. Pemborosan yang sering terjadi (*critical waste*) pada kegiatan rekonstruksi jalan ruas Kota Gorontalo – Biluhu Barat adalah *waiting* dan *unnecessary inventory*.
2. Berdasarkan hasil wawancara dan *brainstorming* dengan pihak PT. Aliessan, risiko yang terjadi pada kegiatan rekonstruksi jalan ruas Kota Gorontalo – Biluhu Barat yaitu ketidakcocokkan desain perencanaan dengan lapangan, keterlambatan material/alat, kerusakan material/alat, keselamatan kerja, gangguan lalu lintas di lokasi proyek, produktivitas tenaga kerja rendah, perubahan desain dari perencana, cuaca buruk, serta pandemi COVID-19. Pengendalian respon risiko dapat dilakukan dengan cara mengontrol, memindahkan, serta menghindari risiko yang berpotensi timbul.
3. Berdasarkan analisis *buffer time* didapat hasil untuk *feeding buffer* 1 sebesar 54 hari, *feeding*

4. *buffer* 2 sebesar 65 hari, *feeding buffer* 3 sebesar 76 hari, serta *project buffer* sebesar 67 hari, sehingga durasi yang didapatkan dengan menggunakan metode *CCPM* adalah selama 200 hari dari durasi awal yaitu 266 hari.

6. REFERENCE

- [1] Prayuda, Hakas., Monika, F., Cahyati, M. D., Hermansyah., Afriandini, B., Budiman, D., 2020. Critical Review on Development of Lean Construction in Indonesia. *Proceedings of the 4th International Conference on Sustainable Innvation 2020-Technology, Engineering and Agriculture (ICoSITEA 2020)*. Advanced in Engineering Research, Vol. 199.
- [2] Male, Tiyanis., Arfan, U., Yusuf, T., 2017. Evaluasi Keterlambatan Pelaksanaan Pekerjaan Proyek Konstruksi di Kota Gorontalo. *Skripsi*. Gorontalo: Universitas Negeri Gorontalo.
- [3] Leach, L. P., 2005. *Lean Project Management: Eight Principles for Success*. Norwood: Artech House.
- [4] Soeharto, Iman., 1999. *Manajemen Proyek dari Konseptual sampai Operasional Jilid 1*. Jakarta: Erlangga.
- [5] Heizer dan Render, 2005. *Rescheduling Waktu Pekerjaan Guna Optimasi Biaya Pembangunan Rusunawa Siwalankerto Surabaya*.
- [6] Gray, C. and Larson, E., 2011. *Project Management: The Managerial Process 5th Edition*. New York: McGraw-Hill Company.
- [7] Pham, D. T., Dimov, S. S., Petkov, P. P., and Petkov, S. P., 2001. Laser Milling, Proc. IMechE, Part B: *Journal of Engineering Manufacture*.
- [8] Jucan, G., 2005. *Root Cause Analysis for IT Incidents Investigation*.
- [9] Wedgwood, I. D., 2006. *Lean Sigma: A Practitioner's Guide*. New Jersey: Prentice Hall.
- [10] Goldratt, E. M., 1997. *Critical Chain Massachusetts*. North River Press.

Copyright © Composite Journal. All rights reserved, including the making of copies unless permission is obtained from the copyright proprietors.
