

## OPERASI TUNNELING DENGAN METODE NATM PADA PEMBANGUNAN TEROWONGAN WALINI KERETA API CEPAT JAKARTA-BANDUNG

Yongki Alexander Tanne<sup>1)</sup>, Deyza Achrizt Arisintani<sup>1)</sup>, Muhammad Usman Al Fahmi<sup>1)</sup>, Naufal Prasidi<sup>1)</sup>

<sup>1</sup> Program Studi Magister Teknik Sipil, Institut Teknologi Bandung, Jl. Ganesha 10, Kota Bandung  
E-mail: [yongkitanne@yahoo.co.id](mailto:yongkitanne@yahoo.co.id)

### ABSTRAK

*Dalam pelaksanaan Proyek Kereta Api Cepat Jakarta-Bandung diperlukan perencanaan dan analisa operasi konstruksi untuk mendapatkan metoda terbaik dan tingkat produktivitas tinggi. Pada tahap operasi diperlukan pengendalian agar memperoleh hasil yang efektif dan efisien. Penelitian ini melakukan pemodelan dan simulasi untuk operasi tunneling sepanjang 608 meter menggunakan metode NATM pada pekerjaan Terowongan Walini KCIC berdasarkan data-data eksisting resource dan durasi pekerjaan yang diperoleh. Pekerjaan Terowongan Walini merupakan salah satu pekerjaan yang mempunyai resiko tinggi terjadinya kegagalan sehingga dilakukan simulasi model operasi tunneling untuk memberikan gambaran terhadap produktivitas dan durasi pekerjaan. Simulasi yang dilakukan dengan aplikasi WebCyclone dan COST menghasilkan produktivitas sebesar 1.09 m/hari dan 1.16 m/hari, nilai produktivitas yang diperoleh dari simulasi mendekati nilai rata-rata produktivitas di lapangan yang sebesar 1,20 m/hari. Dengan produktivitas hasil simulasi diperkirakan operasi tunneling dapat diselesaikan dalam waktu 524 hari. Analisis sensitivitas yang dilakukan menunjukkan bahwa jumlah resource yang digunakan saat ini belum optimal dan dapat dikurangi namun tidak memengaruhi produktivitas.*

**Kata kunci:** Terowongan, NATM, Simulasi, Produktivitas Konstruksi

### 1. Pendahuluan

Proyek Kereta Cepat Jakarta-Bandung merupakan bagian dari rencana Pemerintah Indonesia untuk menghubungkan Kota Jakarta dan Kota Surabaya dengan transportasi kereta cepat. Pemilihan jalur Jakarta-Cirebon via Bandung diambil sebagai hasil kajian faktor ekonomi, dimana Jalur Jakarta-Cirebon via Bandung akan memiliki nilai ekonomi lebih tinggi dibandingkan dengan Jalur Jakarta Cirebon melalui pantai utara, meskipun Jalur Jakarta-Bandung memiliki tantangan kontur alam yang berupa pegunungan (Salim, 2016).

Untuk mengatasi tantangan kontur alam yang berupa pegunungan, jalur Kereta Cepat Jakarta-Bandung menggunakan tiga alternatif jalur yaitu diatas permukaan tanah, melayang (*elevated*) dan menggunakan terowongan (*tunnel*). Salah satu dari Terowongan yang dibangun adalah Terowongan Walini yang berlokasi di Walini, Jawa Barat.

Terowongan walini adalah terowongan dengan lubang tunggal dua lajur. Lokasi inlet terowongan pada GDK95+472 dan lokasi outlet pada GDK96+080 dengan panjang total terowongan

608 m. Terowongan ini dibangun dengan menggunakan Metode *New Austrian Tunneling Method* (NATM) (*Project Overview, 2019*).

Penelitian ini akan membahas tentang Perencanaan dan Analisa Operasi Konstruksi pada “Terowongan Walini” Kereta Cepat Jakarta-Bandung (yang kemudian disebut Proyek Terowongan Walini KCIC) yang berlokasi di Walini, Jawa Barat. Dalam pembangunan terowongan walini terdapat beberapa tahapan pekerjaan yang berulang, pekerjaan berulang inilah yang menjadi objek kajian simulasi operasi konstruksi yang kemudian dibandingkan efisiensi dan efektifitasnya dengan hasil pelaksanaan proyek di lapangan. Pada penelitian ini juga dilakukan analisa sensitivitas terhadap jumlah resource dan metode pelaksanaan konstruksi untuk dapat melakukan optimasi durasi. Simulasi dari model cyclone pada penelitian ini dilakukan dengan membandingkan tiga jenis software simulasi cyclone yaitu *WebCyclone* dan *COST*.

Tujuan penelitian ini antara lain: membuat simulasi pekerjaan berulang pada Proyek Terowongan Walini KCIC; membandingkan hasil

pemodelan proyek Terowongan Walini KCIC dengan pemodelan proyek Terowongan Jalan Bebas Hambatan Cismudawu (*paper based*); membandingkan durasi perencanaan proyek Terowongan Walini KCIC dengan durasi hasil pemodelan; melakukan Analisa terhadap *resource* yang digunakan dalam proyek Terowongan Walini KCIC. Simulasi yang dilakukan adalah untuk operasi pekerjaan berulang dengan metoda NATM, pada Proyek Pembangunan Terowongan Walini KCIC sepanjang 608 m. Hasil penelitian dibandingkan dengan penelitian sebelumnya pada Proyek Pembangunan Terowongan Jalan Bebas Hambatan Cismudawu dengan Metode NATM.

## 2. Tinjauan Pustaka

### 2.1 NATM (New Austrian Tunneling Method)

NATM (*New Austrian Tunneling Method*) adalah suatu metode pembuatan *tunnel* yang dikembangkan antara tahun 1957 dan 1965 di Austria. Penamaan NATM dilakukan untuk membedakannya dengan metode tunneling Austria kuno. Perbedaan mendasar antara metode lama dan NATM adalah keuntungan ekonomi dimana NATM menggunakan tekanan geologis dari massa batuan disekitarnya untuk menstabilkan terowongan. Metode NATM dikembangkan oleh Ladislaus von Rabcewicz, Leopold Müller, dan Franz Pacher.

### 2.2 Cyclone

Metoda *Cyclic Construction Operation Network* (CYCLONE) dikembangkan oleh Halphin pada tahun 1973. *Cyclone* adalah metode yang umum digunakan untuk pemodelan grafis dari jaringan *worktask* pada suatu kegiatan konstruksi yang berulang. Untuk menggunakan program ini, model simulasi operasi *cyclone* diterjemahkan dalam bentuk *coding* (bahasa program komputer). Simulasi *cyclone* dapat dilakukan dengan menggunakan berbagai *software* yang tersedia seperti *MicroCYCLONE*, *COST*, *Simphony.NET*, dan *WebCYCLONE*. Pada studi ini, simulasi *cyclone* dilakukan dengan menggunakan *WebCYCLONE* dan *COST*. Elemen yang digunakan dalam pemodelan *Cyclone* ditunjukkan pada **Tabel 1**

**Tabel 1.** Simbol dalam pemodelan Cyclone

Nama	Simbol	Fungsi
Combination (COMBI) Activity		Elemen ini selalu didahului oleh Queue Nodes. Sebelum dapat dimulai, unit harus tersedia di masing-masing Queue Nodes sebelumnya. Jika unit telah tersedia, mereka digabungkan dan diproses melalui aktivitas. Jika unit yang tersedia di beberapa tapi tidak semua Queue Nodes sebelumnya, unit-unit ini ditunda sampai kondisi untuk kombinasi terpenuhi
Normal Activity		Elemen ini adalah kegiatan yang serupa dengan COMBI. Namun, unit tiba di elemen ini mulai diproses segera dan tidak tertunda
Queue Node		Elemen ini mendahului semua kegiatan COMBI dan menyediakan lokasi dimana unit tertunda kombinasi tertunda. Statistik delay diukur pada elemen ini
Function Node		Elemen ini dimasukkan kedalam model untuk melakukan fungsi khusus seperti menghitung, konsolidasi, menandai, dan koleksi statistik
Acumulator		Elemen ini digunakan untuk menentukan jumlah kali siklus sistem
Arc		Menunjukkan struktur logis dari model dan aliran entitas

## 2.3 Software

### 2.3.1 Webcyclone

*Webcyclone* adalah salah satu program yang digunakan untuk menganalisis simulasi operasi *cyclone* dengan berbasis web, program *Webcyclone* dapat diakses pada website *simulation in construction using cyclone and microcyclone by Purdue University*. Untuk melakukan simulasi pada *Webcyclone*, dibutuhkan input data berupa gambar *cyclone* yang sudah diterjemahkan kedalam bentuk bahasa komputer (*coding*). Selanjutnya dilakukan *compile* dan *run* terhadap input data pada simulasi model menggunakan *Webcyclone*, keluaran dari *webcyclone* adalah nilai produktivitas suatu operasi dan analisis sensitivitasnya. Analisis sensitivitas memiliki fungsi untuk menemukan solusi perencanaan operasi yang optimal dari segi biaya, waktu, dan sebagai dasar untuk pengambilan keputusan terhadap permasalahan yang terjadi.

### 2.3.2 COST

*COST* adalah salah satu program yang dikembangkan berdasarkan metode pemodelan *cyclone*, *COST* ditulis dengan bahasa *Microsoft Visual Basic* dan dijalankan di bawah operasi *Windows*. Input model *cyclone* dilakukan pada area *Model Input*, kemudian dilakukan *running* dan

dihasilkan *output* simulasi yang dirancang untuk menampilkan bentuk tabel dan grafis secara bersamaan. Terdapat dua fungsi penting yang disediakan oleh *COST* yaitu optimasi dan simulasi data. Sumber daya atau *resource* yang dibutuhkan oleh kegiatan dapat diubah karena ketersediaannya atau beberapa keadaan lain. Kombinasi *resource* yang berbeda dapat menghasilkan produktivitas sistem yang berbeda. *COST* dapat menjalankan analisis sensitivitas dan kemudian memberikan saran kombinasi *resource* terbaik yang memiliki produktivitas sistem konstruksi maksimum.

### 2.4 Analisis sensitivitas

Analisis Sensitivitas merupakan analisis yang dilakukan untuk mengetahui akibat dari perubahan parameter-parameter produksi terhadap perubahan kinerja sistem produksi dalam menghasilkan keuntungan. Analisa sensitivitas ditujukan untuk mengetahui dampak perubahan terhadap kelayakan proyek selanjutnya dimana dapat diketahui pada tingkat mana proyek masih layak dilaksanakan atau dilanjutkan.

## 3. Metode Penelitian

### 3.1 Pengumpulan data

#### 3.1.1 Data primer

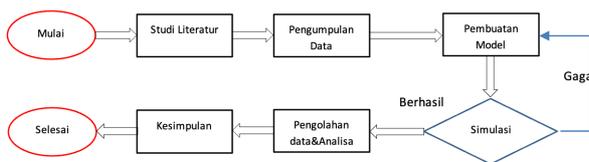
Data primer yang digunakan dalam penelitian ini diperoleh dari kunjungan lapangan dan tanya jawab pada proyek Terowongan Walini KCIC di Walini, Jawa Barat.

#### 3.1.2 Data sekunder

Data sekunder yang digunakan dalam penelitian ini diperoleh dari dokumen “*Walini Tunnel Construction Organization Design*”, Video “*Walini Tunnel Work Method*”, dan penelitian sebelumnya yang telah dilakukan pada proyek Terowongan Jalan Bebas Hambatan Cisumdawu.

### 3.2 Diagram alir

Tahapan dalam penyusunan penelitian ini dimulai dengan studi literatur terhadap penelitian-penelitian sebelumnya, pengumpulan data, pembuatan model, simulasi, analisa, dan kesimpulan. Tahapan penelitian dapat dilihat pada **Error! Reference source not found..**



Gambar 1. Flow Chart Penelitian

## 4. Pengumpulan Data

### 4.1 Data Umum Perencanaan Proyek

### Terowongan Walini KCIC

Nama Proyek : Proyek Terowongan Walini KCIC  
 Lokasi : GDK95+472 sampai GDK96+080. Bukit Walini, Jawa Barat

Durasi Total : 842 hari

Durasi Excavation dan Lining : 565 hari

Panjang Terowongan : 608 m

Berikut adalah urutan pekerjaan beserta penjadwalan Proyek Terowongan KCIC :



Gambar 2. Penjadwalan Proyek Terowongan Walini KCIC

Pada penelitian ini, Peneliti hanya melakukan pemodelan pekerjaan berulang , yaitu pekerjaan galian dan pengecoran terowongan.

Untuk melaksanakan pekerjaan-pekerjaan tersebut, dibutuhkan jenis dan jumlah *resource*. Berikut adalah data jenis *resource* yang digunakan pada Proyek Terowongan Walini KCIC beserta Jumlahnya:

**Table 2. Resource pada Proyek Terowongan Walini KCIC**

Resource	Jumlah	Resource	Jumlah
XR 100/RPD 180	1	CRANE	1
SURVEYOR	1	ANCHOR HOLE INJECTION PUMP	1
LABOR ATAS	1	EXCAVATOR (SMALL)	1
T28	15	HYDRAULIC AUTOPROPELLED	1
PIPE RIG	1	WET SPRAYER	4
GROUTING PUMP	2	INVERTED ARCH TEMPLATE	1
MORTAR MIXER	2	ULTRASONIC WELDING	3
LABOR BAWAH	1	WELDING MECHINE	4
EXCAVATOR (LARGE)	1	WATERPROOF WORK PLATFORM	1
CONCRETE SPRAY ROBOT	1	MULTIFUNCTION PLATFORM	1
MIX TRUCK	3	LINING HIDRAULIC PLATFORM	1
LINING MAINTENANCE TROLLEY	1	RPC GROUTING TUBE	1

Untuk melakukan pemodelan Proyek Terowongan Walini KCIC ini, dibutuhkan durasi masing-masing pekerjaan. Dikarenakan keterbatasan data, peneliti menggunakan data sekunder yang ada pada penelitian sebelumnya yang sejenis yaitu penelitian yang dilakukan oleh muhammad et al (2018) dan juga penelitian yang dilakukan oleh Agi et al (2018). Penelitian ini dipilih karena jenis pekerjaan dan urutan pekerjaannya sama dengan Proyek Terowongan Walini KCIC . Berikut adalah tahapan pekerjaan Proyek Terowongan Jalan Bebas Hambatan Cisumdawu pada penelitian yang dilakukan Agi et al (2018) :



Gambar 3. Tahapan Pekerjaan Terowongan Jalan Bebas Hambatan Cisumdawu

Berikut adalah data durasi pekerjaan-pekerjaan pada penelitian yang dilakukan oleh Muhammad *et al* (2018) :

**Table 3.** Data Yang Digunakan pada Penelitian Muhammad *et al* (2018)

Tugas	Jenis Durasi	Para meter (jam)	Tugas	Jenis Durasi	Parameter (jam)
JRP Bolt & LW Grouting	Uniform	1 1.5	Excavation and Drainage	Uniform	6 7
Excavation (Up.M1.M2)	Uniform	1 1.5	Installing reinforcement	Uniform	7 8
Loading Soil to truck	Constant	0.5	Inverted Arch Lining	Uniform	13 14
Installing reinforcement	Uniform	1 1.5	Installing Water Profing	Constant	24
Shotcrete	Uniform	1 1.5	Formwork & Reinforcement	Constant	29
Face Mapping	Constant	0.5	Finishing Lining	Constant	13
Grouting & Footing @ 3 M	Triangular	2 2.5 3	Making Decision to Start	Constant	0.1
Face Sealing	Constant	1			

Setelah melihat dan menganalisa data-data yang didapat, maka dapat diambil asumsi-asumsi dan data-data apa saja yang akan digunakan dengan mempertimbangan volume pekerjaan dan metode pelaksanaannya. Berikut adalah jenis-jenis pekerjaan beserta durasi yang akan dimodelkan:

**Table 4.** Data *worktask* dan durasi pada penelitian ini

Tugas	Jenis Durasi	Durasi (menit)	
Geological Predict	Constant	60	
Survey And Marking	Constant	30	
Installing Advance Support	Uniform	60	90
Excavation	Uniform	120	180
Shotcrete 4 cm	Uniform	60	90
Installing Anchor Bolt	Uniform	60	90
Installing Support	Uniform	78	108
Installing Foot Bolt	Triangular	120	150
Primary Shotcrete	Uniform	300	360
Release Temporary Support	Constant	18	
Excavation (lower)	Uniform	120	180
Shotcrete 4 cm (lower)	Uniform	240	360
Installing Support (lower)	Uniform	240	360
Primary Shotcrete (lower)	Uniform	1200	1440
Inverted Arch	Uniform	1080	1140
Waterproofing	Constant	2160	
Inverted Lining Rebar	Constant	1740	
Inverted Lining waterstop	Uniform	30	60
Inverted Lining Pouring	Triangular	540	660
Inverted Lining Grouting	Triangular	60	90
Inverted Lining Curing	Triangular	30	150

Untuk jenis resource dan jumlah yang digunakan dalam penelitian menggunakan data yang didapat dari perencanaan Proyek Terowongan Walini KCIC adalah sebagai berikut:

**Table 5.** Data *resource* pada penelitian ini

Resource	Jumlah	Resource	Jumlah
XR 100/RPD 180	1	CRANE	1
SURVEYOR	1	ANCHOR HOLE INJECTION PUMP	1
LABOR ATAS	1	EXCAVATOR (SMALL)	1
T28	15	HYDRAULIC AUTOPROPELLED	1
PIPE RIG	1	WET SPRAYER	4
GROUTING PUMP	2	INVERTED ARCH TEMPLATE	1
MORTAR MIXER	2	ULTRASONIC WELDING	3
LABOR BAWAH	1	WELDING MECHINE	4
EXCAVATOR (LARGE)	1	WATERPROOF WORK PLATFORM	1
CONCRETE SPRAY ROBOT	1	MULTIFUNCTION PLATFORM	1
MIX TRUCK	3	LINING HIDRAULIC PLATFORM	1
LINING MAINTENANCE TROLLEY	1	RPC GROUTING TUBE	1

## 5. Pengolahan Data

### 5.1 Pemodelan Awal

Berdasarkan data yang telah dikumpulkan, Peneliti melakukan pemodelan dan simulasi *cyclone* untuk

mengetahui produktifitas dan durasi pekerjaan pada Proyek Terowongan Walini KCIC berdasarkan asumsi dan pertimbangan yang digunakan.

#### 5.1.1 Asumsi Awal

Asumsi awal yang digunakan untuk pemodelan ini diambil berdasarkan pengumpulan data yang telah dilakukan sebelumnya, dengan mempertimbangkan 3 aspek utama yaitu Metode Pelaksanaan dan Jumlah *Resource* untuk pekerjaan *tunneling* berdasarkan data dari video rencana pelaksanaan Proyek Terowongan Walini KCIC, serta asumsi durasi yang di ambil dari Penelitian pada Proyek Jalan Bebas Hambatan Cisumdawu.

Berdasarkan analisa yang dilakukan terhadap data awal, Peneliti menambahkan dua tambahan durasi. Pertama, peneliti menambahkan variabel kebutuhan *space* gambar 4 sebagai asumsi pemodelan untuk mengakomodasi kebutuhan *space* dan manuver alat berat serta lokasi timbunan sementara untuk hasil galian.



**Gambar 4.** Ruang untuk lokasi dan manuver alat berat

Kedua, peneliti memasukan pekerjaan *temporary support* dan penundaan *release temporary support* untuk memenuhi pertimbangan perkuatan struktural dalam pelaksanaan pekerjaan galian. Berikut ringkasan kedua pekerjaan tersebut dalam tabel.

**Table 6.** Pekerjaan tambahan pada model awal

Nama <i>Worktask</i>	Durasi (menit)	<i>Resource</i> (jumlah)	Keterangan
<i>Temporary Support</i>	-	-	Digabung dengan <i>Primary Support</i>
<i>Release Temporary Support</i>	18	<i>Crane</i>	Dilaksanakan setelah pekerjaan <i>footbolt</i>
<i>Temporary Support</i>		<i>Laborer</i>	<i>Team</i> middle 1 dan 2

#### 5.1.2 Pemodelan Cyclone

Berikut adalah hasil pemodelan *cyclone* untuk pekerjaan berulang yang ada pada Proyek Terowongan Walini KCIC dengan menggunakan aplikasi *Microsoft Visio*.



menggunakan asumsi awal kemudian dianalisa kembali oleh peneliti yang kemudian menghasilkan beberapa perubahan berdasarkan asumsi tambahan dan pertimbangan-pertimbangan lain yang dianggap akan berpengaruh bukan hanya terhadap durasi pekerjaan namun juga efektifitas pelaksanaan pekerjaan. Setelah semua asumsi sudah dimasukkan ke dalam model, maka dilakukan simulasi kembali dan analisa sensitifitas.

### 5.2.1 Modifikasi Asumsi

Pertimbangan kualitas dan keselamatan kerja menjadi prioritas peneliti dalam pemodelan pada asumsi kedua ini. Peneliti memberikan tambahan pekerjaan yang perlu dimodelkan untuk mengakomodasi sirkulasi udara dan saluran air sementara yang tidak diperhitungkan sebelumnya pada kondisi awal.

Pekerjaan tambahan ini menggunakan durasi dan *resource* seperti tertera pada tabel dibawah ini.

**Table 9.** Pekerjaan tambahan pada modifikasi model

Nama Worktask	Durasi (menit)	Resource (jumlah)	Keterangan
Vacuum Cleaner and Temporary Drainage Installation	60	First Laborer Team Small Excavator	Pipa vacuum di install setelah galian middle 2 selesai dikerjakan
Temporary Support	-	-	Digabung ke Worktask Primary Support

Selain itu, berdasarkan hasil analisa sensitivitas terhadap pemodelan awal, Peneliti mengubah komposisi tim kerja dari 6 tim menjadi 2 tim (tidak merubah produktifitas), yang kemudian digunakan sebagai jumlah *resource* tim dalam simulasi berikutnya.

### 5.2.2 Simulasi dan Hasil

Setelah tambahan asumsi dan pertimbangan dimasukkan ke dalam model *cyclone* kemudian dilakukan simulasi dengan menggunakan aplikasi *WebCyclone* dan *COST*.

**Table 10.** Hasil simulasi perubahan dengan *WebCyclone* dan

*COST*.

Keterangan	<i>WebCyclone</i>	<i>COST</i>
Produktifitas	1,09 m/hari	1,16 m/hari
Produktifitas 1 unit (10,5m)	9,62 hari	9,05 hari
Durasi untuk 608 m tunnel	558 hari	524 hari

### 5.2.3 Analisis Sensitivitas

**Table 11.** Hasil Analisa Sensitivitas terhadap Model Modifikasi

Resource	Default	Alternatif 1	Alternatif 2	Random Alternatif
GROUTING PUMP	2		1	>2
MORTAR MIXER	2	1		>2
MIX TRUCK	3	1	2	>3
ANCHOR HOLE INJECTION PUMP	2	1	1	>2
WET SPRAYER	4	1	1	>4
ULTRASONIC WELDING	3	1	1	>3
WELDING MECHINE	4	1	1	>4
LABORER	2	1	2	>2
PRODUKTIVITAS	1.09	1	1.09	1.09
		0.9		

### 5.3 PERBANDINGAN HASIL

**Tabel 12.** Perbandingan durasi pemodelan dengan rencana

Durasi Pemodelan		Durasi Rencana
<i>WebCyclone</i>	<i>COST</i>	
548	513	504

Berdasarkan Tabel 12 diketahui durasi hasil pemodelan lebih lama dibandingkan durasi rencana, hal tersebut terjadi karena terdapat pertimbangan

keamanan yang dibutuhkan dalam pemodelan yaitu jarak 12 sampai 15 m antara area pekerjaan inverted arch dengan permulaan galian di depannya, pekerjaan pemasangan *vacuum cleaner*, dan penundaan pelepasan temporary support.

**Tabel 13.** Perbandingan Jumlah Labor Pada Pemodelan, Perencanaan , dan Cisumdawu

Jumlah Kelompok Labor		
Perencanaan Walini	Paper Cisumdawu	Pemodelan Walini
6	Pada setiap pekerjaan	2

Pada Proyek Cisumdawu, tidak dilakukan pemodelan siklus *laborer* yang menandakan adanya *laborer* pada setiap pekerjaan. hal ini menandakan adanya pemborosan pekerja karena banyak yang mengganggu menunggu giliran pekerjaannya di mulai. Dengan membuat pekerjaan menjadi 2 zona saja menunjukkan pekerja dapat diberikan beberapa pekerjaan tanpa mengurangi produktivitas. Selain pertimbangan zona pekerjaan, dilakukan juga analisis sensitivitas dan didapatkan bahwa jumlah *Laborer* yang optimum adalah sebanyak 2 kelompok.

**Tabel 14.** Tambahan Dalam Pemodelan Proyek Terowongan Walini KCIC

Item Pekerjaan	Cisumdawu	Pemodelan Walini
Pertimbangan Jarak 12 m - 15 m	x	v
Penundaan Pelepasan Temporary Support	x	v
Pemodelan Instalasi Vacuum Cleaner dan Temporary Drainage	x	v

Dalam pemodelan pekerjaan Terowongan Walini KCIC, selain memodelkan pekerjaan berulang dasar seperti galian dan lining juga ditambahkan pertimbangan jarak sejauh 12 m sampai 15 m untuk jarak aman antar pekerjaan galian dan *inverted arch* beserta *inverted lining* serta pertimbangan area mobilisasi alat berat. Dalam pemodelan pekerjaan Terowongan Walini KCIC juga mempertimbangkan adanya penundaan pelepasan *temporary support* . Hal ini dilakukan karena mempertimbangkan faktor keamanan dalam pekerjaan galian bagian bawah dari *temporary support* tersebut. Lalu hal terakhir yang dipertimbangkan sebagai tambahan dalam pemodelan pekerjaan Terowongan Walini KCIC adalah adanya pemodelan Instalasi *Vacuum Cleaner* serta *Temporary Drainage*. Hal ini dijadikan pertimbangan demi keamanan dan kenyamanan para pekerja dalam bekerja.

## 6. Kesimpulan dan Saran

### 6.1 Kesimpulan

- Berdasarkan penelitian yang dilakukan, dapat disimpulkan beberapa diantaranya :
- Pemodelan *cyclone* untuk Proyek Terowongan Walini KCIC memperhatikan

asumsi dan pertimbangan penting yang ada pada tahapan perencanaan dan pelaksanaan diantaranya asumsi keamanan kerja, kekuatan struktural dan efektifitas durasi.

- Berdasarkan hasil simulasi diperoleh durasi pemodelan antara 523-548 hari dibanding 504 hari durasi perencanaan. Durasi hasil pemodelan lebih lama dibandingkan durasi rencana karena terdapat pertimbangan keamanan yang dibutuhkan dalam pemodelan yaitu jarak 12 sampai 15 m antara area pekerjaan *inverted arch* dengan permulaan galian di depannya, pekerjaan pemasangan *vacuum cleaner*, dan penundaan pelepasan *temporary support*.
- Resource* tim pekerja harus menjadi perhatian dalam pelaksanaan pekerjaan untuk memperoleh nilai produktifitas dan efektifitas metode pelaksanaan.

### 6.2 Saran

- Saran yang disampaikan peneliti dari hasil penelitian ini antara lain :
- Untuk meningkatkan akurasi perhitungan durasi dan produktifitas penelitian pada Proyek Terowongan Walini KCIC, sebaiknya dilakukan pengamatan secara langsung dilapangan untuk memperoleh nilai durasi dan produktifitas yang lebih akurat meskipun akan memakan waktu pengamatan yang lebih lama.
- Jumlah *resource* yang digunakan oleh peneliti menggunakan asumsi berdasarkan data yang diperoleh, akan lebih baik jika penelitian berikutnya dapat memberikan opsi lain terkait jenis *resource* yang digunakan, misalnya penemuan teknologi alat berat baru, sehingga dapat memperbaiki produktifitas pelaksanaan proyek khususnya untuk Proyek Terowongan..

### Daftar Pustaka

- [1] Muhammad Iqbal et al 2018 Analisis Operasi Tunnelling Dengan Metoda NATM Pada Proyek Pembangunan Jalan Jalan Bebas Hambatan Cisumdawu. Institut Teknologi Bandung, Indonesia
- [2] Agi R. et al 2018 Perencanaan Dan Analisis Operasi Pekerjaan *Tunnelling* Dengan Metoda *NATM* Pembangunan Bebas Hambatan Cisumdawu. Institut Teknologi Bandung, Indonesia

- [3] Eva Angelina Regina Mujur *et al* 2018 Model Dan Analisis Operasi Pekerjaan Tunnelling Dengan Metoda NATM Pada Proyek Jalan Bebas Hambatan Cisumdawu. Institut Teknologi Bandung, Indonesia
- [4] Walini Tunnel Construction Organization Design 2017. China Railway Group Limited Indonesia High Speed Railway Project Manager Department First Branch.
- [5] Jakarta To Bandung High Speed Rail Tunnel Construction Method video 2017. CREC Indonesia Jakarta-Bandung High Speed Railway Project Manager Department 1.
- [6] Wimar Salim *et al* 2016 Why is the High-Speed Rail Project so Important to Indonesia. Yusof Ishak Institute, Singapore