

## ANALISIS OPERASIONAL PENGECORAN PLAT LANTAI DENGAN METODE *CYCLONE* (STUDI KASUS: PROYEK BANGUNAN APARTEMEN)

Victor Surya Halim<sup>1</sup>, Elkana Retika<sup>2</sup>, and Ratna Setiawardani Alifen<sup>3</sup>

**ABSTRAK :** Pada proyek konstruksi diperlukan pengaplikasian berbagai jenis sumber daya untuk merealisasikan suatu bangunan. Dalam pekerjaan struktural ada berbagai macam *operation*, salah satunya adalah pekerjaan pengecoran. Dalam *operation* pengecoran banyak sumber daya yang terlibat, karena kinerja antara sumber daya dan faktor ketidak-pastian di lapangan, akan sering terjadi *idle time* pada proses masing-masing sumber daya tersebut. Di dalam *operation* berbagai proses sumber daya yang terus berulang, maka dapat dilakukan pengamatan dan riset dengan pemodelannya agar dapat dianalisis, dan dioptimasi untuk mendapatkan kinerja sumber daya yang efisien. Dalam penelitian ini konsep pemodelan yang digunakan adalah *CYCLONE* yang memiliki kegunaan untuk mengetahui produktivitas *operation* dan *idle time* setiap proses sumber daya dalam *operation* pengecoran. *Software* yang digunakan dalam konsep pemodelan *CYCLONE* adalah *Simphony.NET*. *Operation* untuk simulasi model pengecoran plat lantai yang akan ditinjau adalah Proyek Apartemen Jagir, Surabaya. Dari hasil observasi lapangan akan didapatkan kinerja sumber daya dan urutan proses pekerjaan yang terdapat dalam *operation* pengecoran plat lantai tersebut. Analisis sensitivitas dilakukan untuk mengetahui sumber daya yang sensitif terhadap produktivitas dan *idle time* dari *operation* pengecoran plat lantai. Dari hasil simulasi operasi pengecoran plat lantai, hasil produktivitas kondisi existing untuk zona 1, zona 3 dan zona 4 adalah 24,57 m<sup>3</sup>/jam, 18,9 m<sup>3</sup>/jam dan 18,9 m<sup>3</sup>/jam. Berdasarkan analisa sensitivitas sumber daya yang sensitif dan masih dapat diubah jumlahnya adalah *truck mixer*, *trailer pump*, dan *placing boom*. Dari hasil optimasi didapatkan hasil kombinasi yang paling optimal dengan kombinasi 3 *truck mixer* 2 *trailer pump* dan 2 *placing boom*. Dengan kombinasi tersebut *Idle time* dari proses pekerjaan *truck mixer* dan *worker* berkurang dibandingkan dengan kondisi *existing*, produktivitas untuk zona 1, zona 3 dan zona 4 sebesar 58,59 m<sup>3</sup>/jam, 49,14 m<sup>3</sup>/jam, dan 51,03 m<sup>3</sup>/jam.

**KATA KUNCI:** *operation*, produktivitas, *idle time*, simulasi, *CYCLONE*, pengecoran plat lantai

### 1. PENDAHULUAN

Pada *operation* proyek konstruksi diperlukan pengaplikasian berbagai jenis sumber daya untuk merealisasikan suatu aktivitas. Dalam masa pelaksanaan proyek konstruksi, pekerjaan struktural merupakan pekerjaan krusial yang dijumpai pada jalur kritis dalam skedul proyek. Dalam pekerjaan struktural ada berbagai macam *operation*, salah satunya adalah pengecoran yang melibatkan berbagai macam sumber daya. Pada umumnya *operation* pengecoran plat lantai terdiri dari beberapa proses yang melibatkan sumber daya terus berulang.

Dalam *operation* banyak sumber daya yang terlibat, dengan waktu siklus masing-masing yang berbeda dan adanya faktor-faktor ketidakpastian di lapangan, sehingga sinergi antar sumber daya sulit tercapai dengan baik, karena akan sering terjadi *idle time* atau waktu tunggu pada setiap sumber daya tersebut. Dengan adanya siklus yang berlangsung secara berulang tersebut maka *idle time* akan terus terjadi dan terakumulasi selama operasi pengecoran plat lantai tersebut berlangsung, hal ini menyebabkan in-

---

<sup>1</sup> Mahasiswa Program Studi Teknik Sipil Universitas Kristen Petra Surabaya, m21416174@john.petra.ac.id

<sup>2</sup> Mahasiswa Program Studi Teknik Sipil Universitas Kristen Petra Surabaya, m21416213@john.petra.ac.id

<sup>3</sup> Dosen Program Studi Teknik Sipil Universitas Kristen Petra Surabaya, alifrat@petra.ac.id

efisiensi, oleh sebab itu usaha meminimalisir *idle time* sumber daya adalah penting, agar meningkatkan produktivitas *operation* pengecoran plat lantai. *Operation* terdiri dari sumber daya yang terus menerus berulang, maka *operation* dapat dilakukan pengamatan dan riset dengan pemodelan operasi agar dapat dianalisis dan mendapatkan jumlah sumber daya yang efisien. Pemodelan *CYCLONE* digunakan untuk mengetahui produktivitas dan *idle time* pada setiap sumber daya yang terlibat dalam *operation*. Konsep *CYCLONE* dikembangkan menjadi *software Symphony.NET*.

## 2. LANDASAN TEORI

### 2.1 Hirarki Konstruksi

Dalam penerapan sumber daya dan keputusan yang akan diambil dalam manajemen proyek konstruksi, keputusan bergantung pada tingkatan dalam manajemen proyek konstruksi, keputusan bergantung pada tingkatan dalam hirarki konstruksi. Tingkat hirarki dalam pelaksanaan konstruksi meliputi *operation*, *process* dan *work task*, berfokus pada proses teknologi dan metode yang digunakan di lapangan dalam merealisasikan proyek konstruksi. *Operation* terdiri dari proses-proses pekerjaan yang dilakukan oleh sumber daya proyek, dan masing-masing proses pekerjaan memiliki teknologi dan tugas kerja pada sumber daya proyek (Halpin, 1992).

### 2.2 Pekerjaan Pengecoran

Dalam sebuah *operation* pengecoran banyak sumber daya yang terlibat di dalam prosesnya. Tahapan-tahapan proses dalam *operation* pengecoran beton terdiri dari (Puerifoy et al., 2011):

1. Proses pencampuran *ready mixed* oleh *batching plant*
2. Proses pengantaran *ready mixed* ke lokasi oleh *truck mixer*
3. Proses penempatan *ready mixed* di titik pengecoran oleh *concrete pump*
4. Proses pemerataan hasil pengecoran oleh tim *worker*

### 2.3 Cycle Time

Sebuah *operation* mencakup beberapa proses sumber daya yang memerlukan *cycle time*. Setiap proses pekerjaan memiliki *cycle time* masing-masing. Dalam setiap proses, karena sinergi yang susah antar sumber daya dan faktor ketidakpastian di lapangan, pasti ada *idle time*. *Cycle time* sendiri terdiri dari *fixed time* dan *variable time* (Nunnally, 1980). Produktivitas adalah kemampuan alat dalam satuan waktu, menghasilkan *output*. Dengan meminimalisir *cycle time*, produktivitas proyek dapat ditingkatkan sehingga proyek dapat lebih efisien (Rosyanti, 1999).

### 2.4 Pemodelan Operation Konstruksi

Model adalah suatu abstraksi dari kondisi nyata di lapangan, termasuk kondisi *operation*. Model *operation* tersusun dari proses yang dapat di-identifikasi dan kemudian dianalisis. Untuk menentukan proses-proses pekerjaan dasar tersebut membutuhkan pengetahuan mengenai teknologi konstruksi yang terlibat, penguraian dari proses-proses menjadi *work task*, identifikasi mengenai sumber daya yang diperlukan, dan menentukan penugasan kerja terhadap tenaga kerja yang terlibat. Dalam membuat sebuah pemodelan ada beberapa langkah yang dilalui (Halpin, 1992).

1. *Define Flow Units* yaitu pemodel harus mengidentifikasi unit sumber daya yang terlibat dalam *operation*.
2. *Identify Flow Unit States and Cycles* yaitu pemodel harus mengidentifikasi status sumber daya dan siklus dari masing-masing unit sumber daya yang terjadi di lapangan.
3. *Integrate Flow Unit Cycles* yaitu pemodel dapat mengintegrasikan model-model unit sumber daya yang berkontribusi dalam *operation* menjadi satu kesatuan *flow units cycle*.
4. *Initialize Flow Units* yaitu semua *flow units* yang terlibat harus ditentukan terlebih dahulu variabel atau nilai awalnya, termasuk jumlah dan lokasi asal.

### 2.5 Model Operation Pengecoran Plat Lantai

Ada dua sistem yang terdapat pada model *concrete pump* yaitu sistem terbuka dan tertutup. Perbedaan model tertutup dan terbuka adalah model tertutup *truck mixer* hanya dapat masuk dalam sistem

pemodelan sekali saja dan tidak dapat kembali ke sistem lagi. Berbeda dengan model terbuka, *truck mixer* dapat kembali ke sistem, tetapi harus melewati sistem *operation batching plant* terlebih dahulu. *truck mixer* akan mengantarkan beton *ready mixed* ke lokasi pengecoran dan memiliki interval waktu tertentu. Kemacetan lalu lintas dan penundaan lainnya dalam proyek merupakan penyebab banyak *truck mixer* menunggu di lokasi pengecoran (Halpin, 1992).

## 2.6 Metode Simulasi

Simulasi adalah pemodelan sebuah sistem dengan cara memproduksi ulang proses atau perilaku dari sistem nyata (Abduh, 2010). Salah satu langkah penting dalam melakukan simulasi adalah membuat pemodelan yang menggambarkan situasi nyata. Setelah itu, diperlukan pengumpulan data dan untuk variabel yang akan dimasukkan. Validasi model diperlukan untuk memastikan bahwa model cukup mewakili situasi nyata.

## 2.7 CYCLONE

*CYCLONE* merupakan singkatan dari *CYCLic Operations Network*. *CYCLONE* merupakan teknik pemodelan yang memungkinkan representasi grafis dan simulasi sistem diskrit yang berhubungan dengan variabel deterministik dan stokastik. Variabel deterministik berarti tidak mengandung variabel acak sedangkan stokastik berarti terdiri dari satu atau lebih variabel acak. Konsep *CYCLONE* berguna untuk mempresentasikan dunia nyata di lapangan lalu dimodelkan ke dalam sebuah bentuk jaringan kerja. Dalam jaringan terdapat urutan-urutan yang saling terhubung satu dengan yang lain dan akan berulang terus menerus. Menurut Halpin (1992), menciptakan perangkat lunak yang berjalan pada *mainframes* yaitu *Mainframe CYCLONE*, dan juga pada perangkat computer.

## 2.8 Symphony.NET

*Symphony.NET* merupakan salah satu software membantu simulasi *operation* di lapangan dengan membuat pemodelan *operation* menyerupai di lapangan, kemudian elemen dasar pemodelan *CYCLONE* akan dihubungkan sebagaimana hubungan antar pekerjaan di lapangan sesuai dengan persyaratan pada **Tabel 1**. Tahap simulasi *CYCLONE* dengan *Symphony.NET* dibagi menjadi 2 yaitu input model pada *Symphony.NET* dan input data pada *Symphony.NET*. Input model pada *Symphony.NET* telah disediakan *Modelling Surface* sebagai area dimana model *CYCLONE* akan dirancang dengan elemen pemodelan dasar pada *CYCLONE template*. Input data pada *Symphony.NET* tergantung elemen pemodelan dasar yang digunakan seperti input data *node combi* adalah durasi dan jumlah sumber daya yang dapat diproses, input data *node queue* adalah jumlah sumber daya yang terlibat dalam *operation* tersebut dan input data *node counter* adalah jumlah siklus yang akan dijalankan (Abourizk et al., 2016).

**Tabel 1. Syarat Pemodelan CYCLONE**

A \ B		B				
		□	□	Q	○	⊙
A	□	N	I	I	I	I
	□	N	I	I	I	I
	Q	M	N	N	N	N
	○	N	I	I	I	I
	⊙	N	I	I	I	N

M = required or mandatory  
 I = immaterial  
 N = nonfeasible

## 3. METODOLOGI PENELITIAN

### 3.1 Kerangka Penelitian

Metodologi penelitian digunakan untuk mencapai keberhasilan dari tujuan penelitian yang diharapkan. Pembahasan dan penelitian dilakukan berdasarkan beberapa tahap aktivitas.

### 3.2 Studi Literatur

Studi Literatur digunakan untuk mendapatkan referensi yang akan digunakan sebagai dasar dalam penelitian. Dalam studi literatur yang akan dipelajari adalah dasar-dasar dari *operation*, konsep metode pemodelan *CYCLONE*, dan program *Simphony.NET*.

### 3.3 Pengamatan di Lapangan

Pengamatan dilakukan dengan melihat secara langsung *operation* pengecoran plat lantai di lapangan. Pengamatan juga dilakukan dengan menggunakan video dan foto di udara sebagai data pendukung. Data hasil pengamatan adalah urutan *work task* masing-masing sumber daya yang terlibat dalam *operation* pengecoran plat lantai.

### 3.4 Penyusunan Model *Operation* Pengecoran Plat Lantai

Data hasil dari pengumpulan di lapangan dapat divisualisasikan menjadi sebuah model menyerupai abstraksi dari *operation* pengecoran plat lantai tersebut. Penyusunan model *operation* pengecoran plat lantai yang dilengkapi dengan sumber daya yang terlibat seperti *batching plant*, *truck mixer*, *slump test*, *trailer pump*, *placing boom* dan tim *worker*. Elemen pemodelan dasar *CYCLONE* membantu dalam merangkai semua proses sumber daya menjadi model *operation* pengecoran plat lantai.

### 3.5 Pengumpulan Data Waktu Siklus Model di Lapangan (Input)

Data durasi semua proses sumber daya yang terlibat dalam pengecoran akan diisi di dalam *worksheet*. *Worksheet* dibuat dengan *Microsoft Excel 2019*, sehingga membuat data lebih mudah dipahami dan tertata rapi. Pengumpulan data di lapangan untuk:

1. Menghitung durasi waktu masing-masing *worktask* dari sumber daya yang terlibat dalam model operasi pengecoran plat lantai yang telah dibuat.
2. Jumlah sumber daya yang terlibat dalam operasi pengecoran plat lantai.

### 3.6 Simulasi *Operation* dengan *Simphony.NET*

Model akan digambarkan ulang ke dalam *Modelling Surface* dengan *CYCLONE template*. Semua data waktu diolah dengan *batch fit* dan data jumlah sumber daya diinput ke dalam *Simphony.NET*. Banyak siklus akan diinput di dalam *scenario* dan *node counter*. Setelah program *Simphony.NET* dijalankan akan didapatkan nilai produktivitas dan *idle time* masing-masing sumber daya yang terlibat dalam *operation* pengecoran plat lantai .

### 3.7 Optimasi Sistem Pengecoran

Hasil dari beberapa siklus oleh simulasi yang dilakukan program *Simphony.NET* akan digunakan untuk melakukan analisis sensitivitas, sehingga dapat menentukan *trade off* apa yang akan diambil seperti kombinasi jumlah sumber daya yang digunakan. Sehingga operasi pengecoran plat lantai dapat dioptimasi dan dapat menghasilkan *operation* pengecoran dengan produktivitas yang tinggi dan *idle time* yang seminim mungkin.

## 4. ANALISA DATA DAN PEMBAHASAN

### 4.1 Gambaran Umum

Gambaran umum Proyek Apartemen Jagir dapat dilihat pada **Tabel 2**.

**Tabel 2. Gambaran Umum Proyek Apartemen Jagir**

	Proyek Apartemen Jagir
Jenis Proyek	Apartemen
Lokasi Proyek	Jl. Jagir Wonokromo No. 100
Jumlah Lantai	41 lantai dan 1 lantai basement
Luas Bangunan	± 28,994 m <sup>2</sup>
Zona yang ditinjau	Zona 1 (1050 m <sup>2</sup> ), Zona 3 (683,33 m <sup>2</sup> ) dan Zona 4 (633,33 m <sup>2</sup> )

Dalam pelaksanaan *operation* pengecoran plat lantai dengan menggunakan *placing boom* di Apartemen Jagir dibagi menjadi 3 zona yaitu zona 1, zona 3 dan zona 4. Pengamatan *operation* pengecoran plat lantai dilakukan di lantai 20, elevasi ±61,75 meter hingga lantai 30, ±94,25 meter pada tanggal 5 September 2020 sampai tanggal 24 Oktober 2020.

#### 4.2 Identifikasi Sumber Daya Proyek

Sumber daya yang diidentifikasi adalah *batching plant*, *truck mixer*, *slump test*, *concrete pump* dan tim *worker*. Perusahaan *batching plant* yang digunakan adalah Adhi Mix dan memiliki jarak 245,66 meter dari lokasi Proyek Apartemen Jagir. *Truck mixer* yang digunakan bermerek Quester CWE 280 berkapasitas 7 m<sup>3</sup>. *Slump test* dilakukan untuk mengecek kualitas dari *ready mixed*. Tim slump berjumlah 3 orang. Syarat *slump test* yang digunakan adalah 12 cm hingga 14 cm. *Concrete pump* membantu menyalurkan *ready mixed* dari bawah ke atas bangunan. *Concrete pump* yang digunakan adalah *trailer pump* bermerek Sany HBT8013C-5S dan *placing boom* bermerek Dawin. Tim *worker* melakukan pemerataan permukaan daerah yang telah dicor. Tim *worker* yang melakukan pemerataan berjumlah 5 orang.

#### 4.3 Proses Operation Pengecoran Plat Lantai

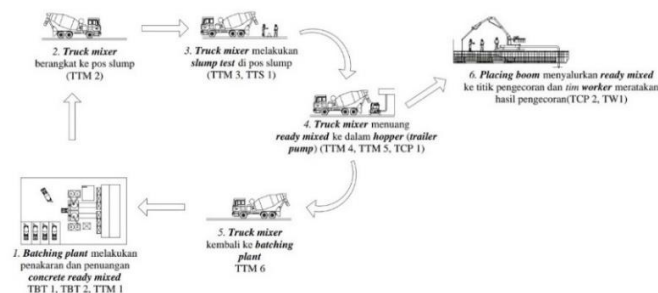
Dimulai dari *batching plant* melakukan penakaran *ready mixed* dan penuangan *ready mixed* ke *truck mixer* untuk diangkut ke pos slump. *Truck mixer* berangkat ke pos slump dan melakukan *slump test*. *Truck mixer* melakukan manuever ke *trailer pump* untuk menuang *ready mixed*. *Trailer pump* akan memompa *ready mixed* ke *placing boom* untuk dicor. *Placing boom* melakukan pengecoran pada plat lantai dan langsung diratakan oleh *Tim worker*. *Truck mixer* kembali ke *batching plant* untuk diisi kembali *ready mixed* dan kembali ke lokasi proyek, proses *operation* pengecoran plat lantai dapat dilihat pada **Gambar 2**.



**Gambar 2. Proses Operation Pengecoran Plat Lantai**

#### 4.4 Model Visualisasi Operation Pengecoran Plat Lantai di Proyek

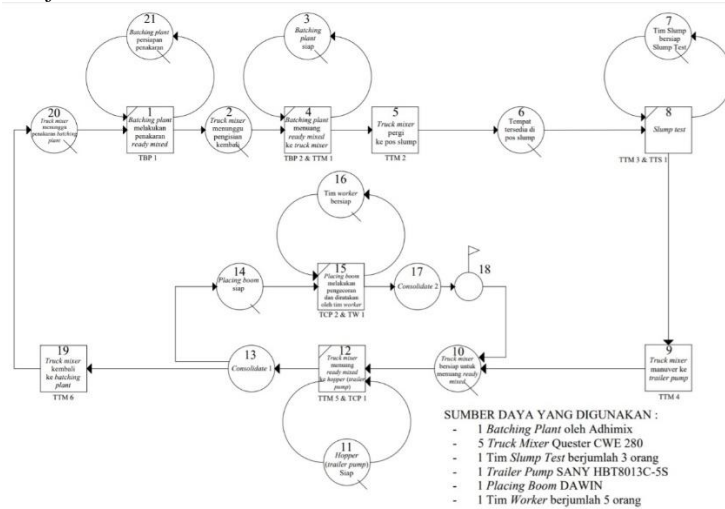
Setelah melakukan pengamatan sumber daya yang terlibat dalam *operation* pengecoran plat lantai, data sumber daya yang telah dikumpulkan dapat diolah menjadi sebuah model visualisasi *operation* pengecoran plat lantai pada **Gambar 3**. Model proses dibagi menjadi 5 yaitu model proses *batching plant*, model proses *truck mixer*, model proses *slump test*, model proses *concrete pump* dan model proses tim *worker*.



**Gambar 3. Model Operation Pengecoran Plat Lantai**

#### 4.5 Penyusunan Model *Operation* Pengecoran Plat Lantai pada Bangunan Bertingkat

Tahap selanjutnya adalah mengintegrasikan agar menjadi satu kesatuan model *operation* pengecoran plat lantai pada bangunan bertingkat seperti pada **Gambar 4**. Model disusun dengan menggunakan logika *predecessor* dan *follower*.



**Gambar 4. Model *Operation* Pengecoran Plat Lantai**

#### 4.6 Pengumpulan Data di Lapangan

Data yang dikumpulkan berupa durasi setiap tugas kerja sumber daya yang berkontribusi dalam *operation* pengecoran plat lantai, jumlah sumber daya yang terlibat dalam *operation* tersebut dan spek dari sumber daya alat yang digunakan.

#### 4.7 Inisialisasi Sumber Daya

Inisialisasi diperlukan untuk memberi variable dari setiap *work task*. Variabel ini diperlukan sebagai data yang akan menjadi input dalam *Simphony.NET*. Ada 4 bagian input yaitu:

1. *Network Input* adalah urutan worktask dari masing-masing sumber daya yang terlibat dalam *operation*.
2. *Duration Input* adalah durasi waktu worktask pada setiap kegiatan sumber daya di lapangan.
3. *Resource Input* adalah jumlah sumber daya yang digunakan dalam *operation* tersebut.
4. *Cycle Input* adalah banyak siklus yang akan dijalankan oleh *operation* tersebut.

#### 4.8 Simulasi dengan *Simphony.NET*

Simulasi dilakukan untuk mendapatkan produktivitas dari *operation* pengecoran plat lantai. Produktivitas yang dihitung sudah termasuk ketidakpastian yang terjadi di lapangan. Simulasi dilakukan dengan software *Simphony.NET*, hasil dari simulasi berupa produktivitas dan *idle time* masing-masing sumber daya yang terlibat dalam *operation* pengecoran plat lantai. Simulasi dilakukan dengan 200 siklus.

#### 4.9 Hasil Simulasi dengan *Simphony.NET*

Produktivitas *operation* dengan *Simphony.NET* dinyatakan dalam *cycle*/menit. Dari observasi *batching plant* dapat menghasilkan yaitu 31,5 m<sup>3</sup>/cycle. Produktivitas *operation* pengecoran plat lantai zona 1, 3 dan 4 yaitu 24,57 m<sup>3</sup>/jam, 18,9 m<sup>3</sup>/jam dan 18,9 m<sup>3</sup>/jam.

#### 4.10 Analisis Sensitivitas

Analisis sensitivitas dilakukan dengan tujuan mengetahui akibat dari perubahan parameter-parameter produksi (jumlah sumber daya) terhadap perubahan kinerja sistem produksi. (produktivitas pengecoran plat lantai). *Operation* pengecoran plat lantai akan disimulasikan ulang dan dianalisa dengan jumlah

sumber daya yang berbeda, untuk *work task* yang memiliki *idle time* diatas 50%, jumlah sumber daya yang melakukan *work task* tersebut akan dicoba dikurangi, dan untuk *work task* yang memiliki *idle time* dibawah 50%, jumlah sumber daya yang melakukan *work task* tersebut akan ditambah jumlahnya untuk mendapatkan produktivitas yang lebih tinggi dengan *idle time* yang tetap seminim mungkin.

#### 4.11 Optimasi

Optimasi bertujuan untuk mencari mencari solusi yang terbaik, dalam hal ini maksudnya mencari kombinasi jumlah sumber daya yang paling efisien agar dapat menghasilkan produktivitas yang paling tinggi dengan *idle time* yang paling minim. Optimasi dilakukan dengan kriteria dan batasan-batasan sebagai berikut :

1. Pemilihan sumber daya yang akan divariasikan jumlahnya dilakukan berdasarkan hasil analisa sensitivitas.
2. Jumlah orang dalam tim slump maupun tim *worker* tidak bisa dirubah karena setiap pekerja sudah memiliki peranan masing-masing.
3. Penambahan jumlah *trailer pump* harus disertai dengan penambahan *placing boom*, karena alat tersebut harus bekerja bersamaan.

Setelah variasi sumber daya didapatkan seperti **Tabel 3** hasil dari simulasi zona 1 dapat dilihat pada **Tabel 4**, zona 3 dapat dilihat pada **Tabel 5** dan zona 4 dapat dilihat pada **Tabel 6** dapat dilihat, sehingga optimasi dapat dilakukan.

**Tabel 3. Variasi Jumlah Sumber Daya untuk Alternatif Optimasi**

No	Alat berat	Existing	Alternatif 1	Alternatif 2	Alternatif 3
1	<i>Batching plant</i> [BP]	1	1	1	1
2	<i>Truck mixer</i> [TM]	5	3	5	3
3	Tim slump [TS] 1 tim 3 orang	1	1	1	1
4	<i>Concrete pump : Hopper trailer pump</i> (TP)	1	1	2	2
	<i>Placing boom</i> [PB]	1	1	2	2
5	Tim <i>worker</i> (W) 1 tim 5 orang	1	1	1	1

**Tabel 4. Hasil Simulasi Pengecoran Plat Lantai Zona 1**

NO	Nama Node Queue	Average Idle Time							
		Existing		Alternatif 1		Alternatif 2		Alternatif 3	
		menit	% idle time	menit	% idle time	menit	% idle time	menit	% idle time
1	TM menunggu penakaran BP	1.546	10.0	0.234	1.1	1.531	12.6	0.233	1.5
2	BP persiapan penakaran	9.355	93.3	19.819	95.1	6.390	91.6	14.862	93.6
3	TM menunggu pengisian <i>ready mixed</i>	4.633	29.9	1.449	6.9	4.629	38.2	1.448	9.1
4	BP siap menuang <i>ready mixed</i>	7.384	74.3	16.895	80.9	4.415	67.2	11.927	75.0
5	TM menunggu tempat tersedia di pos slump	0.117	0.8	0.070	0.3	0.133	1.1	0.071	0.4
6	TS bersiap <i>slump test</i>	9.359	79.9	17.756	85.1	6.350	74.0	12.799	80.4
7	TM bersiap menuang <i>ready mixed</i>	8.910	65.4	3.250	23.2	3.268	34.5	1.528	14.3
8	<i>Hopper</i> (TP) siap	3.375	24.9	3.793	27.2	7.873	91.9	11.112	104.5
9	PB siap	3.531	9.7	5.267	25.1	5.268	24.8	5.284	33.1
10	W bersiap meratakan <i>ready mixed</i>	18.722	71.0	10.423	49.1	6.185	50.1	5.400	33.8
Produktivitas Operation Pengecoran Plat Lantai Zona 1 dalam cycle/menit		0.013		0.024		0.030		0.031	
Produktivitas Operation Pengecoran Plat Lantai Zona 1 dalam m <sup>3</sup> /jam		24.570		45.360		56.700		58.590	

**Tabel 5. Hasil Simulasi Pengecoran Plat Lantai Zona 3**

NO	Nama Node Queue	Average Idle Time							
		Existing		Alternatif 1		Alternatif 2		Alternatif 3	
		menit	% idle time	menit	% idle time	menit	% idle time	menit	% idle time
1	TM menunggu penakaran BP	1.508	7.3	0.285	0.1	1.507	10.0	0.285	0.2
2	BP persiapan penakaran	12.388	95.2	27.713	96.5	8.182	93.4	17.903	94.7
3	TM menunggu pengisian <i>ready mixed</i>	4.540	21.9	1.456	5.1	4.559	30.2	1.456	7.7
4	BP siap menuang <i>ready mixed</i>	10.461	81.2	24.825	86.4	6.251	74.1	15.014	79.4
5	TM menunggu tempat tersedia di pos slump	0.071	0.3	0.041	0.1	0.066	0.4	0.042	0.2
6	TS bersiap <i>slump test</i>	12.517	86.0	25.881	90.0	8.325	80.9	16.037	84.7
7	TM bersiap menuang <i>ready mixed</i>	16.768	91.8	9.784	50.7	6.065	51.4	1.922	15.2
8	<i>Hopper</i> (TP) siap	3.588	19.8	4.569	23.8	7.770	75.2	10.676	84.3
9	PB siap	4.509	9.3	6.832	23.7	6.855	26.0	6.868	36.1
10	W bersiap meratakan <i>ready mixed</i>	24.696	71.8	15.206	52.7	7.698	48.0	5.288	27.8
Produktivitas Operation Pengecoran Plat Lantai Zona 3 dalam cycle/menit		0.010		0.017		0.023		0.026	
Produktivitas Operation Pengecoran Plat Lantai Zona 3 dalam m <sup>3</sup> /jam		18.900		32.130		43.470		49.140	

**Tabel 6. Hasil Simulasi Pengecoran Plat Lantai Zona 4**

NO	Nama Node Queue	Average Idle Time							
		Existing		Alternatif 1		Alternatif 2		Alternatif 3	
		menit	% idle time	menit	% idle time	menit	% idle time	menit	% idle time
1	TM menunggu penakaran BP	1.562	7.5	0.269	0.9	1.558	10.2	0.269	1.4
2	BP persiapan penakaran	12.389	95.0	28.087	96.4	8.074	93.2	17.702	94.5
3	TM menunggu pengisian <i>ready mixed</i>	4.637	22.2	1.465	5.0	4.630	30.3	1.465	7.8
4	BP siap menuang <i>ready mixed</i>	10.419	80.9	25.154	86.3	6.111	73.9	14.771	78.8
5	TM menunggu tempat tersedia di pos slump	0.039	0.2	0.026	0.1	0.036	0.2	0.026	0.1
6	TS bersiap <i>slump test</i>	12.573	86.5	26.373	90.4	8.254	81.5	15.953	85.0
7	TM bersiap menuang <i>ready mixed</i>	17.182	93.4	10.564	54.0	5.323	44.6	1.152	9.2
8	Hopper (TP) siap	3.721	20.3	4.961	25.5	7.794	76.4	10.555	84.0
9	PB siap	5.062	10.3	7.607	26.0	7.708	28.9	7.948	42.2
10	W bersiap meratakan <i>ready mixed</i>	24.449	69.3	14.087	48.1	6.769	42.3	3.598	19.1
Produktivitas Operation Pengecoran Plat Lantai Zona 4 dalam cycle/menit		0.010		0.017		0.023		0.027	
Produktivitas Operation Pengecoran Plat Lantai Zona 4 dalam m <sup>3</sup> /jam		18.900		32.130		43.470		51.030	

## 5. KESIMPULAN

Dari hasil optimasi dapat disimpulkan bahwa jumlah *truck mixer* yang digunakan dalam *operation* pengecoran plat lantai Apartemen Jagir adalah 5 *truck mixer* hal tersebut terlalu banyak, maka 3 *truck mixer* merupakan jumlah yang ideal, karena dalam pekerjaannya *truck mixer* idle dengan waktu yang cukup tinggi sewaktu menunggu menuang *ready mixed* kedalam *hopper trailer pump*. Dengan pengurangan jumlah *truck mixer* maka *idle time* dapat dikurangi dan produktivitas dari operasi dapat ditingkatkan. Alternatif 3 merupakan kombinasi yang paling optimum dalam mencapai produktivitas yang paling tinggi dengan *idle time* yang tetap seminim mungkin seperti TM bersiap menuang *ready mixed* ke *hopper trailer pump* berkurang dari 65.4% menjadi 23.2% untuk zona 1, 91.8% menjadi 50.4% untuk zona 3, dan 93.4% menjadi 54% untuk zona 4. *Idle time* dari TM menunggu pengisian *ready mixed* juga berkurang pada zona 1, 3 dan 4 jika jumlah *truck mixer* dikurangi menjadi 3. Pada alternatif 3 jumlah *placing boom* dan *trailer pump* ditambah dari 1 menjadi 2, *Idle time* PB siap meningkat dari 9.7% menjadi 33.1% tetapi produktivitas meningkat dari 24.57 m<sup>3</sup>/jam pada kondisi *existing* menjadi 58.59 m<sup>3</sup>/jam. Hasil model pengecoran plat lantai pada penelitian dapat digunakan sebagai referensi untuk proyek sejenis dengan ruang lingkup dan batasan-batasan yang terdapat dalam model penelitian ini, agar kontraktor dapat mengetahui *idle time* kegiatan tertentu yang dapat diefisiensikan.

## 6. DAFTAR REFERENSI

- Halpin, D.W. and Riggs, L.S. (1992). *Planning and Analysis of Construction Operations*. Wiley Interscience, Canada.
- M. Abduh, F. Shanti and A. Pratama (2010). *Simulation of Construction Operation: Search for a Practical and Effective Simulation System for Construction Practitioners*.
- Rostiyanti. (1999). *Produktivitas Alat Berat pada Proyek Konstruksi*, Penerbit Rineka Cipta, Jakarta
- Nunnally, S.W. (1980). *Construction Methods and Management*. Person Prentice Hall, Columbus Ohio
- AbouRizk S, Hague S, and Ekyalimpa R. (2016). *Construction Simulation: An Introduction Using SIMPHONY*. University of Alberta, Edmonton
- Peurifoy, R.L., Schexnayder, C.J., Shapira, A. (2011). *Construction Planning, Equipment, and Methods*. McGraw-Hill, New York.