

**PRODUKTIVITAS PENGECORAN BETON *READY-MIXED* DENGAN
CONCRETE PUMP DAN TOWER CRANE**
*Productivity of Ready-Mixed Concrete Casting with
Concrete Pump and Tower Crane*

Deni Sujanadi Asyurhok *, Isya Ashari **, Suparjo **

Abstrak

Pekerjaan pengecoran merupakan pekerjaan penting dalam proyek konstruksi. Sumber daya yang digunakan untuk pekerjaan pengecoran beton ready-mixed, antara lain : truck mixer, concrete pump, tower crane dan pekerja. Dalam pelaksanaan di lapangan, produktivitas pengecoran dipengaruhi oleh kinerja dari tiap-tiap sumber daya. Kinerja masing-masing sumber daya ditentukan oleh produktivitasnya dan faktor-faktor lain seperti cuaca, tingkat kesulitan dan lain-lain.

Penelitian ini dilakukan dengan pengamatan langsung terhadap proses pengecoran pelat dan balok yang menggunakan concrete pump dan tower crane pada beberapa proyek konstruksi yang diamati, diantaranya adalah proyek Golden Palm Hotel, Batu Jai Square, Ruko Terare dan Masjid Aik Darek.

Produktivitas pengecoran dari hasil penelitian dengan concrete pump pada elevasi 4 m diperoleh sebesar 21.57 m³/jam, pada elevasi 7.5 m sebesar 15.40 m³/jam dan pada elevasi 8 m sebesar 16.16 m³/jam. Produktivitas pada setiap elevasi ini berbeda-beda karena lebih dipengaruhi oleh tingkat kesulitan pekerjaan. Produktivitas pengecoran pelat dan balok dengan tower crane diperoleh sebesar 9.10 m³/jam pada elevasi 31.5 m, sebesar 7.83 m³/jam pada elevasi 35 meter dan sebesar 6.76 m³/jam pada elevasi 38.5 m. Produktivitas pada setiap elevasi berbeda-beda karena dipengaruhi oleh ketinggian pengecoran.

Kata kunci : Produktivitas pengecoran, Truck mixer, Concrete pump, Tower crane, dan Pekerja

PENDAHULUAN

Dewasa ini pertumbuhan pembangunan di bidang konstruksi semakin pesat, khususnya di Kota Mataram. Hal ini ditandai dengan semakin banyaknya bangunan – bangunan seperti ruko yang hampir terdapat di sepanjang jalan Kota Mataram. Selain itu, terdapat juga beberapa proyek konstruksi dari skala kecil hingga besar.

Pekerjaan pengecoran merupakan salah satu aktivitas yang terpenting pada proyek konstruksi. Keterlambatan pekerjaan pengecoran dapat mempengaruhi durasi proyek secara keseluruhan. Dalam perkembangan teknologi seperti sekarang ini, pekerjaan pengecoran beton sudah banyak mengalami perkembangan, salah satunya adalah metode pengecoran beton *ready-mixed* atau beton siap pakai.

Sumber daya yang digunakan untuk membantu proses pengecoran dengan *ready-mixed* diantaranya adalah *truck mixer*, *concrete pump* atau *tower crane*, dan pekerja. Ketiga sumber daya ini memiliki fungsi yang berbeda – beda. *Truck mixer* berfungsi sebagai alat transportasi beton cair dari *batching plant* ke lokasi proyek. *Concrete pump* atau *tower crane* digunakan untuk memobilisasi beton cair ke area yang akan dicor. Pekerja bertugas untuk meratakan beton cair dengan menggunakan *vibrator*.

Produktivitas dalam suatu sistem operasi pengecoran dipengaruhi oleh kinerja dari masing – masing sumber daya yang digunakan. Kinerja dari masing-masing sumber dipengaruhi produktivitas masing-masing sumber daya, dimana produktivitas tersebut dipengaruhi oleh beberapa faktor, antara

* Alumni Jurusan Teknik Sipil Fakultas Teknik Universitas Mataram Jl. Majapahit 62 Mataram

** Jurusan Teknik Sipil Fakultas Teknik Universitas Mataram Jl. Majapahit 62 Mataram

lain faktor slump, tingkat kesulitan pengecoran, suplai beton *ready-mixed*, cuaca dan ketinggian pengecoran. Diperlukan koordinasi yang baik dalam suatu sistem operasi pengecoran agar menghasilkan produktivitas yang optimal. Karena itu, penelitian ini dilakukan untuk mengetahui kinerja dari masing-masing sumber daya dalam suatu operasi pengecoran.

TINJAUAN PUSTAKA

Penelitian Edwin Lucky Dharmahusada dan Deny Tedja Saputra (2010) tentang produktivitas pengecoran beton *ready-mixed* dengan *concrete pump* dan *tower crane* pada proyek Ciputra World Surabaya menunjukkan bahwa produktivitas pengecoran menggunakan *concrete pump* lebih dipengaruhi oleh tingkat kesulitan pengecoran dan kelancaran pasokan beton cair. Sedangkan produktivitas pengecoran beton menggunakan *tower crane* dipengaruhi oleh tingkat kesulitan penuangan, ketinggian elevasi tidak berpengaruh karena elevasi yang diamati hanya selisih 1.5 meter.

METODE PENELITIAN

Pengambilan data dilakukan dengan cara mengamati kinerja dari tiap sumberdaya yang digunakan pada proses pengecoran. Pengambilan data ini dilakukan dengan cara yang berbeda-beda untuk setiap sumber daya yang digunakan.

Truck Mixer

Pengumpulan data untuk *truckmixer* dilakukan dengan cara mengamati *truckmixer* yang datang dan kemudian dilakukan pencatatan terhadap nomor lambung kendaraan, kapasitas dari *truckmixer*, waktu tiba, waktu keluar, waktu *idle*, waktu *contributory*, waktu manuever dan waktu tuang. Pencatatan dari waktu tiba dilakukan pada saat *truckmixer* memasuki area proyek dan pencatatan waktu keluar dilakukan ketika *truckmixer* meninggalkan area proyek. Dalam hal ini kami mengasumsikan bahwa *truckmixer* selalu ada karena pencatatan waktu tidak dilakukan ketika *truckmixer* berangkat dari *batching plant*, melainkan ketika *truckmixer* telah berada di area pengecoran.

Dari hasil pengamatan yang dilakukan, akan didapatkan beberapa data seperti waktu tiba, waktu keluar, waktu manuver, waktu tuang, waktu *contributory* dan waktu tunggu(*queuing*). Data-data tersebut kemudian akan diolah sehingga akan didapat :

$$\text{Durasi} = \text{waktu keluar} - \text{waktu tiba} \dots\dots\dots (1)$$

$$\text{Waktu efektif} = \text{Durasi} - (\text{waktu } \textit{contributory} + \text{lama } \textit{idle}) \dots\dots\dots (2)$$

$$\text{Cycle Time} = \text{fixed time} + \text{variable time}$$

Fixed time adalah waktu efektif dari *truckmixer*.

Variable time adalah waktu *contributory* dari *truckmixer*

$$\text{Efektifitas} = \frac{\text{waktu efektif}}{\text{waktu total}} \dots\dots\dots (3)$$

Concrete Pump dan Tower Crane

Untuk *concrete pump* pengumpulan data dilakukan dengan cara mengamati *concrete pump* yang akan mulai bekerja dan kemudian dilakukan pencatatan terhadap waktu mulai, waktu selesai operasi, waktu efektif, waktu *contributory* dan waktu *idle* yang terjadi. Selain itu untuk *concrete pump* dilakukan juga pencatatan terhadap tipe dari *concrete pump*, jumlah *concrete pump* yang digunakan pada saat pengecoran dan kapasitas dari *hopper concrete pump*.

Untuk *tower crane* pengumpulan data dilakukan dengan cara mengamati *tower crane* yang akan bekerja dan kemudian dilakukan pencatatan terhadap waktu mulai, waktu selesai operasi, waktu efektif, waktu *contributory* dan waktu *idle* yang terjadi.

Dari hasil pengamatan dilapangan didapat beberapa data seperti waktu mulai, waktu selesai, waktu efektif, waktu *contributory* dan waktu *idle*. Data-data tersebut kemudian akan diolah sehingga akan didapat:

$$\text{Waktu total} = \text{waktu selesai} - \text{waktu mulai} \quad \dots\dots\dots (4)$$

Untuk *concrete pump*

$$\text{Produktivitas} = \frac{\text{volume total truck mixer}}{(\text{waktu efektif} + \text{waktu contributory}) \times \text{jumlah concrete pump}} \quad \dots\dots\dots (5)$$

Untuk *tower crane*

$$\text{Produktivitas} = \frac{\text{volume total truck mixer}}{(\text{waktu efektif} + \text{waktu contributory})} \quad \dots\dots\dots (6)$$

$$\text{Efektifitas} = \frac{\text{waktu efektif}}{\text{waktu total}} \quad \dots\dots\dots (7)$$

Pekerja

Pengumpulan data untuk pekerja dilakukan dengan mengamati pekerja kemudian dilakukan pencatatan terhadap jumlah pekerja, perkiraan umur, waktu mulai, waktu selesai, waktu efektif, waktu *contributory* dan waktu *idle* yang terjadi beserta penyebabnya.

Untuk pekerja akan didapat jumlah pekerja, waktu efektif, waktu *contributory*, waktu tunggu (*idle*), waktu mulai dan waktu selesai. Data tersebut kemudian akan diolah sehingga akan didapat :

$$\text{Waktu total} = \text{waktu selesai} - \text{waktu mulai} \quad \dots\dots\dots (8)$$

$$\text{Produktivitas} = \frac{\text{volume total truck mixer}}{(\text{waktu efektif} + \text{waktu contributory}) \times \text{jumlah pekerja}} \quad \dots\dots\dots (9)$$

$$\text{Produktivitas Pengecoran} = \frac{\text{volume pengecoran}}{(\text{durasi pengecoran} - \text{waktu idle})} \quad \dots\dots\dots (10)$$

HASIL DAN PEMBAHASAN

Perhitungan Produktivitas Pengecoran

Pengecoran dengan Concrete Pump

Data dari hasil pengamatan kemudian diolah berdasarkan rumus pada metode penelitian untuk mendapatkan *cycle time* dari *TM*, produktivitas *CP* dan pekerja beserta efektifitas dari setiap sumber daya. Selain itu dari hasil pengolahan data, didapat pula nilai produktivitas pengecoran dengan *CP*.

Tabel 1. Cycle time dari truck mixer Pengecoran dengan CP

Peng amatan	TM	Volume	Start	Finish	Du rasi	Man uver	Efektif	Contri butory	Idle	Cycle Time	Efek tifitas
	ke-	(m ³)	(pukul)	(pukul)	(menit)	(menit)	(menit)	(menit)	(menit)	(menit)	(%)
1	1	5	15.00	15.15	15	1	13	2	0	15	100
	2	6	15.13	15.30	17	1	11	3	3	14	82,35
	3	6	15.28	15.44	16	1	11	3	2	14	87,50
	4	6	15.43	16.01	18	1	11	5	2	16	88,89
	5	6	15.58	16.12	14	1	10	1	3	11	78,57
	6	6	16.10	16.28	18	1	8	7	3	15	83,33
	7	6	16.27	16.47	20	1	8	10	2	18	90,00
	8	6	16.44	17.03	19	1	5	11	3	16	84,21
	9	4,5	17.01	17.16	15	1	7	6	2	13	86,67
	10	6	17.14	17.38	24	1	9	12	3	21	87,50
	11	6	17.37	17.59	22	1	12	9	1	21	95,45
	12	6	17.56	18.21	24	1	6	14	4	20	83,33
	13	6	18.18	18.40	23	1	16	4	3	20	86,96
Total	13	75,5			245	1	127	87	31	16,46	87,29
2	1	6	17.30	17.58	28	1	24	4	0	28	100
	2	6	17.55	18.20	25	3	16	6	3	22	88,00
	3	6	18.17	18.40	23	3	17	3	3	20	86,96
	4	6	18.38	19.09	31	5	21	8	2	29	93,55
	5	5	19.06	19.34	28	4	20	5	3	25	89,29
Total	5	29			135	3,2	98	26	11	24,80	91,56
3	1	6	20.00	20.24	24	1	23	1	0	24	100
	2	6	20.23	20.45	22	2	21	0	1	21	95,45
	3	6	20.42	21.05	23	2	20	0	3	20	86,96
	4	6	21.03	21.27	24	2	19	3	2	22	91,67
	5	6	21.26	21.47	21	1	20	0	1	20	95,24
	6	6	21.45	22.07	22	2	20	0	2	20	90,91
	7	6	22.05	22.28	23	2	21	0	2	21	91,30
	8	6	22.25	22.49	24	2	19	2	3	21	87,50
	9	6	22.47	23.14	27	2	25	1	1	26	96,30
	10	6	23.12	23.40	28	3	25	1	2	26	92,86
	11	5	23.28	23.54	26	2	19	5	2	24	92,31
	12	5	23.52	00.19	27	2	22	3	2	25	92,59
	13	3	00.18	00.42	24	2	22	1	1	23	95,83

Sumber : Hasil perhitungan

Tabel 2. Produktivitas concrete pump

Peng amatan	Volume	Start	Finish	Durasi	Efektif	Contri butory	Idle	Produk tivitas	Efek tifitas
	(m ³)	(pukul)	(pukul)	(menit)	(menit)	(menit)	(menit)	(m ³ /hour)	(%)
1	75,5	15.00	18.40	220	153	58	9	21,47	95,91
2	29	17.30	19.34	124	81	40	3	14,38	97,58
3	73	20.00	00.42	282	240	38	4	15,76	98,58

Sumber : Hasil perhitungan

Tabel 3. Man hours dari pekerja Pengecoran dengan CP

Pengamatan	Volume (m ³)	Start (pukul)	Finish (pukul)	Durasi (menit)	Efektif (menit)	Contributory (menit)	Idle (menit)	Man hours	Produktivitas (m ³ /hour)	Jlh Pekerja (orang)	Efektifitas (%)
1	75,5	15.00	16.28	88	68	17	3	12,75	3,02	9	95,52
		16.27	17.16	49	36	11	2	5,48		7	
		17.14	18.40	86	68	13	5	6,75		5	
Total				223	172	41	10	24,98			
2	29	17.30	18.40	70	44	20	6	7,47	2,34	7	91,79
		18.38	19.34	64	52	7	5	4,92		5	
		Total			134	96	27	11		12,38	
3	73	20.00	22.49	169	153	11	5	30,07	1,58	11	96,32
		22.47	23.30	77	72	3	2	11,25		9	
		23.28	00.42	53	40	9	4	4,90		6	
Total				299	265	23	11	46,22			

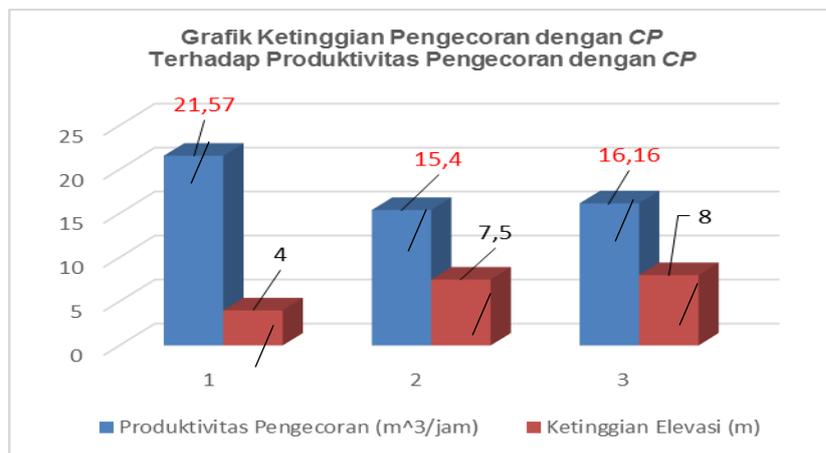
Sumber : Hasil perhitungan

Tabel 4. Produktivitas pengecoran dengan concrete pump

Pengamatan	Volume (m ³)	Start (pukul)	Finish (pukul)	Durasi (menit)	Idle (menit)	Produktivitas (m ³ /hour)
1	75,5	15.00	18.40	220	10	21,57
2	29	17.30	19.34	124	11	15,40
3	73	20.00	00.42	282	11	16,16

Sumber : Hasil perhitungan

Produktivitas pengecoran dengan CP lebih dipengaruhi oleh tingkat kesulitan pengecoran. Ketinggian pengecoran tidak berpengaruh terhadap produktivitas karena elevasi yang diamati selisih 0.5 meter. Seperti pada Gambar 1, semakin tinggi elevasi pengecoran produktivitas belum tentu menurun. Pada elevasi 7.5 meter produktivitas pengecoran 15.40 m³/jam, sedangkan pada elevasi 8 meter produktivitas pengecoran justru meningkat sebesar 16.16 m³/jam.

**Gambar 1.** Grafik ketinggian pengecoran terhadap produktivitas pengecoran dengan CP

Pengecoran dengan Tower crane

Data-data dari hasil pengamatan kemudian diolah sesuai dengan rumus pada metode penelitian untuk mendapatkan *cycle time* dari TM, produktivitas TC dan pekerja beserta efektifitas dari tiap sumber daya. Selain itu dari hasil pengolahan data, didapat pula nilai produktivitas pengecoran dengan TC.

Tabel 5. Cycle time dari truck mixer Pengecoran dengan TC

Pengamatan	TM ke-	Vol (m ³)	Start (pukul)	Finish (pukul)	Dur (menit)	Man (menit)	Efek (menit)	Contri (menit)	Idle (menit)	Cycle (menit)	Efek (%)	
1	1	6	20.00	20.37	37	1	8	29	0	37	100	
	2	6	20.40	21.17	37	1	8	29	0	37	100	
	3	6	21.20	21.57	37	1	8	29	0	37	100	
	4	5	22.00	23.32	32	1	7	25	0	32	100	
	5	6	22.34	23.11	37	1	8	29	0	37	100	
	6	4,5	23.14	23.41	27	1	6	21	0	27	100	
	7	6	23.47	00.24	37	1	8	29	0	37	100	
	8	6	00.28	01.05	37	1	8	29	0	37	100	
	9	6	01.08	01.45	37	1	8	29	0	37	100	
	10	6	01.48	02.25	37	1	8	29	0	37	100	
Total	10	57,5			355	1	77	278	0	35,50	100	
2	1	6	17.40	18.24	44	1	9	35	0	44	100	
	2	6	18.27	19.11	44	1	9	35	0	44	100	
	3	6	19.14	19.58	44	1	9	35	0	44	100	
	Lanjutan											
	4	6	20.03	20.46	43	1	9	34	0	43	100	
	5	6	20.48	21.31	43	1	9	34	0	43	100	
	6	6	21.34	22.17	43	1	9	34	0	43	100	
	7	6	22.20	23.18	58	1	9	34	15	43	74,14	
	8	6	23.22	00.06	44	1	9	35	0	44	100	
	9	6	00.09	00.53	44	1	9	35	0	44	100	
10	6	00.56	01.40	44	1	9	35	0	44	100		
Total	10	60			451	1	90	346	15	43,60	97,41	
3	1	6	18.30	19.21	51	1	8	43	0	51	100	
	2	6	19.25	20.16	51	1	8	43	0	51	100	
	3	4,5	20.20	20.57	37	1	6	31	0	37	100	
	4	6	20.59	21.49	50	1	8	42	0	50	100	
	5	5	21.52	22.36	44	1	7	37	0	44	100	
	6	6	22.39	23.29	50	1	8	42	0	50	100	
	7	6	23.33	00.23	50	1	8	42	0	50	100	
	8	6	00.25	01.15	50	1	8	42	0	50	100	
	9	4,5	01.17	01.53	36	1	6	30	0	36	100	
Total	9	50			419	1	67	352	0	46,56	100	

Sumber : Hasil perhitungan

Tabel 6. Produktivitas tower crane

Pengamatan	Volume (m ³)	Start (pukul)	Finish (pukul)	Durasi (menit)	Efektif (menit)	Contri butory (menit)	Idle (menit)	Produktivitas (m ³ /hour)	Efektifitas (%)
1	57,5	20.00	02.26	386	279	77	30	9,69	92,23
2	60	17.40	01.42	482	359	79	44	8,22	90,87
3	50	18.30	01.55	445	355	66	24	7,13	94,61

Sumber : Hasil Perhitungan

Tabel 7. Man hours dari pekerja

Pengamatan	Volume (m ³)	Start (pukul)	Finish (pukul)	Durasi (menit)	Efektif (menit)	Contri butory (menit)	Idle (menit)	Man hours	Produktivitas (m ³ /hour)	Jlh Pekerja (orang)	Efektifitas (%)
		20.00	20.39	39	32	7	0	4,55		7	
		20.40	21.19	39	31	7	1	4,43		7	
		21.20	21.59	39	31	7	1	4,43		7	
		22.00	22.34	34	28	5	1	3,85		7	
		22.34	23.14	40	40	0	0	3,33		5	
		23.14	23.44	30	30	0	0	2,50		5	

1	57,5	23.47	00.27	40	37	0	3	3,08	1,50	5	97,63
		00.28	01.07	39	32	6	1	4,43		7	
		01.08	01.47	39	31	7	1	4,43		7	
		01.48	02.28	40	39	0	1	3,25		5	
Total				379	331	39	9	38,30			
Lanjutan											
2	60	17.40	18.26	46	40	6	0	5,37	1,29	7	95,03
		18.27	19.13	46	39	6	1	5,25		7	
		19.14	20.00	46	39	6	1	5,25		7	
		20.03	20.49	46	37	6	3	5,02		7	
		20.48	21.35	47	47	0	0	3,92		5	
		21.34	22.21	47	47	0	0	3,92		5	
		22.20	23.06	46	41	5	0	5,37		7	
		23.22	00.08	46	24	6	16	3,50		7	
		00.09	00.55	46	39	6	1	5,25		7	
		00.56	01.43	47	40	6	1	3,83		5	
Total				463	393	47	23	46,67			
3	50	18.30	19.24	54	47	7	0	7,20	0,89	8	99,33
		19.25	20.19	54	46	7	1	7,07		8	
		20.20	21.00	40	34	5	1	5,20		8	
		20.59	21.52	53	48	5	0	7,07		8	
		21.52	22.39	47	41	6	0	6,27		8	
		22.39	23.32	53	47	6	0	7,07		8	
		23.33	00.26	53	46	6	1	6,93		8	
		00.25	01.19	54	54	0	0	5,40		6	
		01.17	01.57	40	40	0	0	4,00		6	
Total				448	403	42	3	56,20			

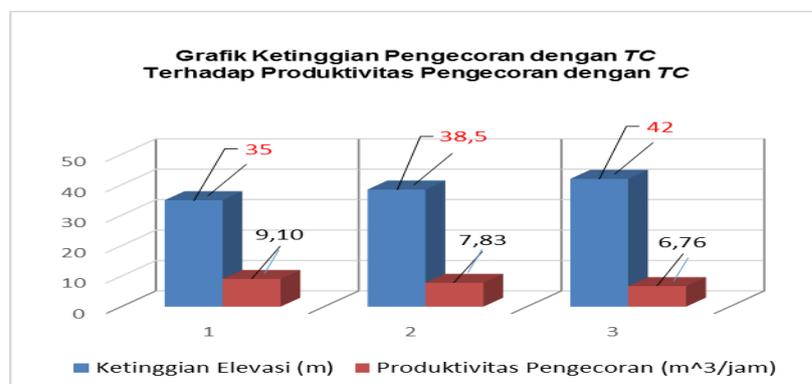
Sumber : Hasil Perhitungan

Tabel 8. Produktivitas pengecoran dengan *tower crane*

Pengamatan	Volume (m ³)	Start (pukul)	Finish (pukul)	Durasi (menit)	Idle (menit)	Produktivitas (m ³ /hour)
1	57,5	20.00	02.28	388	9	9,10
2	60	17.40	01.43	483	23	7,83
3	50	18.30	01.57	447	3	6,76

Sumber : Hasil perhitungan

Pada Gambar 2 dapat dilihat bahwa semakin tinggi elevasi pengecoran maka produktivitasnya akan semakin kecil. Pada pengecoran dengan *TC*, waktu *contributory* lebih banyak disebabkan oleh menunggu *TM* menuang beton cair ke dalam *bucket*. Lama menuang ini relatif sama karena *bucket* yang digunakan mempunyai kapasitas volume yang sama.



Gambar 2. Grafik ketinggian pengecoran terhadap produktivitas pengecoran dengan *TC*

SIMPULAN DAN SARAN

Simpulan

Produktivitas pengecoran dengan *CP* pada beberapa proyek yang diamati lebih dipengaruhi oleh tingkat kesulitan pengecoran. Ketinggian elevasi pengecoran tidak berpengaruh karena elevasi yang diamati pada pengamatan ke-2 dan ke-3 hanya selisih 0.5 meter dan tingkat kesulitan pengecoran berbeda pada setiap elevasi. Produktivitas pengecoran dengan *CP* secara keseluruhan dipengaruhi oleh waktu *contributory* dari *CP*. Waktu *contributory* sendiri disebabkan oleh manuver *TM*, menunggu pekerja meratakan beton cair, lepas pipa dan pindah *boom*. Waktu *contributory* paling sering terjadi karena menunggu pekerja meratakan beton cair. Semakin tinggi elevasi pengecoran pada pengecoran dengan *TC* produktivitasnya semakin menurun, jadi pada pengecoran dengan *TC* lebih dipengaruhi oleh ketinggian elevasi pengecoran, hal ini disebabkan oleh lama manuver *TC* mengisi dan menuang beton cair. Produktivitas dengan *CP* lebih besar dibandingkan dengan *TC*, karena waktu manuver *TC* untuk membawa beton cair ke lokasi pengecoran lebih lama dibandingkan dari waktu *CP* memompa untuk memompa beton cair menuju ke

Saran

Untuk mendapatkan produktivitas yang lebih detail, sebaiknya pengamatan untuk pengecoran dengan *CP* ataupun *TC* dilakukan pada elevasi yang selisihnya sama dengan tinggi lantai bangunan. Untuk meminimalkan waktu *contributory* dari lepas pipa dan pindah boom, perlu penataan site yang lebih baik. Jumlah pekerja harus diatur agar tidak terjadi kelebihan atau kekurangan pekerja yang dapat menyebabkan *idle time*. Jarak tempuh *truck mixer* tidak diperhitungkan dalam penelitian ini, sehingga untuk penyempurnaan berikutnya jarak tempuh diperhitungkan juga.

DAFTAR PUSTAKA

- Departemen Pekerjaan Umum. 1971. *Peraturan Beton Bertulang Indonesia*, (PBI, 1971), Direktorat penyelidikan masalah bangunan. Bandung.
- DPN APINDO. 2007. *Gambaran Umum Produktivitas*, Knowledge Sharing Forum. Jakarta.
- Laksono, D. T. 2010. *Produktivitas Pada Proyek Konstruksi*. Yogyakarta, Indonesia: TA. Universitas Islam Indonesia.
- Mulyono, T. 2003. *Teknologi Beton*. Yogyakarta: Andi.
- Pontolawokang, C., Sugiarto, H. 2005. *Program Optimasi System Pengecoran Beton dengan Concrete Pump*. Surabaya, Indonesia: TA No. 20201443/SIP/2005. Universitas Kristen Petra.
- Saputra, T. D., Dharmahusada, L. E. 2010. *Produktivitas Pengecoran Beton Ready-mixed dengan Concrete Pump dan Tower Crane*. Surabaya, Indonesia: TA No.21011734/SIP/2010. Universitas Kristen Petra.