

ANALISA METODE PELAKSANAAN PEKERJAAN BETON PADA POWERHOUSE

(STUDI KASUS : PLTA ASAHAN NO. 3)

Yetty Riris Saragi¹, Surta Ria Panjaitan², Meisy Enjel Simanullang³

^{1,2,3}Fakultas Teknik, Universitas HKBP Nommensen, Medan Indonesia

email : yetty.saragi@uhn.ac.id¹, surta.panjaitan@uhn.ac.id²,

meisy.simanullang@student.uhn.ac.id³

ABSTRAK

Powerhouse merupakan bangunan utama tempat pengoperasian dan generator yang berada di bawah tanah pada kedalaman kurang lebih 500 meter. Untuk penggalian pembuatan *powerhouse* digunakan pengerjaan ekskavasi dengan metode *blasting* atau menggunakan bahan peledak. Material alam hasil *blasting* yang dapat digunakan sebagai bahan utama pembuatan beton dan bahan tambahan pada pencampuran beton. Tujuan dari penelitian ini mengetahui metode pelaksanaan pekerjaan pengecoran pada proyek pembangunan *powerhouse underground*, mengetahui alat berat yang digunakan dalam pekerjaan pengecoran di *underground* (terowongan bawah tanah). Alat berat yang digunakan dalam proses pengecoran *powerhouse* PLTA Asahan No. 3 yaitu *excavator*, *mixer truck*, *concrete pump*, *dump truck volvo* dan *concrete vibrator*. Nilai *slump* beton yang diperoleh sebesar 13 cm. Berdasarkan analisa daya dukung pembahasan telah diperoleh produktivitas truck concrete pump yaitu sebesar 0,521 m³/menit. Produktivitas *dump truck* volvo jenis Euclid R60 dengan kapasitas per siklus 24,24 m³ maka diperoleh total produksi 64,41 BCM/jam, dan truck jenis tarex TA40 diperoleh total produksi 24,89 BCM/jam. Produktivitas *excavator* PC 1800 diperoleh sebesar 418,80 BCM/jam dan *excavator* PC 300 diperoleh sebesar 128,47 BCM/jam. Sesuai dengan analisa proses pengerjaan pengecoran yang telah dilakukan pada proyek PLTA Asahan No. 3 produktivitas alat berat yang digunakan memenuhi kebutuhan proyek.

Kata Kunci : *powerhouse*, produktivitas, produksi

ABSTRACT

The powerhouse is the main building where the generator and generator operate and is underground at a depth of approximately 500 meters. For the excavation of the powerhouse, excavation work is carried out using the blasting method or using explosives. The netrual material resulting from blasting can be used as the main ingredient in making concrete and as additional ingredient in mixing concrete. The purpose of this research is to find out the methods for carrying out casting work in underground powerhouse development projects, to find out the heavy equipment used in casting work in th underground (underground tunnels). The heavy equipment used in the casting process for the Asahan No. 3 PLTA powerhouse are excavators, mixer trucks, concrete pumps, volvo dump trucks and concrete vibrators. The concrete slump value obtained is 13 cm. Based on the analysis of the carrying capacity of the discussion, it has been obtained that the productivity of the concrete pump truck is 0.521 m³/minute. The productivity of the Euclid R60 type volco dump truck with a capacity per cycle of 24.24 m³ results in a total production of 64.41 BCM/hour, and a tarex TA40 type truck with a total production of 24.89 BCM/hour. The productivity of the PC 1800 excavator was 418.80 BCM/hour and the PC 300 excavator was 128.47 BCM/hour. In accordance with the analysis of the foundry work process that has been carried out in the Asahan hydropower project No. 3 the productivity of the heavy equipment used meets projects needs.

Keywords : *powerhouse*, productivity, production

PENDAHULUAN

Powerhouse merupakan bagian utama tempat pengoperasian dan generator dan berada di bawah tanah pada kedalaman kurang lebih 500 meter. Pada bangunan *powerhouse* terdapat instalasi turbin air, generator, peralatan bantu dan ruang kontrol (*control room*). Untuk penggalian pembuatan *powerhouse* digunakan pengerjaan ekskavasi dengan metode *blasting* yaitu metode penggalian terowongan dengan menggunakan bahan peledak. Terdapat material alam hasil *blasting* yang dapat digunakan sebagai bahan utama pembuatan beton dan bahan tambahan pada pencampuran beton.

Beton merupakan campuran antara semen Portland dengan semen hidraulik dan air dengan bahan tambah membentuk massa padat. Beton merupakan pilihan sebagai bahan struktur dalam konstruksi bangunan yang diminati, karena memiliki banyak kelebihan dibanding bahan lain (Pane, dkk, 2015). Beton merupakan material utama dalam pekerjaan konstruksi, seperti material pembentuk pondasi, kolom, balok dan pelat. Sifat beton yaitu kemudahan pengerjaan (*workability*), pemisahan air (*bleeding*) dan pemisahan kerikil (*segregation*) (Tri Mulyono, 2005).

Analisa metode kerja pelaksanaan pengecoran berupa rangkaian prosedur dan syarat yang harus dilalui dan dipenuhi pada setiap proses. Tujuan utama metode pelaksanaan kerja, yaitu menguji, memeriksa, meneliti, menganalisis proses produksi sehingga produk yang dihasilkan sesuai dengan standar kualitas yang layak. Metode pelaksanaan kerja beton sangat dibutuhkan untuk mengetahui kelayakan pemakaian beton terhadap konstruksi. Kualitas dari beton harus memenuhi standar ASTM yang menjadi acuan standar pembangunan konstruksi *underground powerhouse* pada material. Hasil pelaksanaan kerja pengecoran yang memenuhi standar sangat berpengaruh terhadap aspek konstruksi. Tujuan dari penelitian ini adalah untuk mengetahui metode pelaksanaan dan alat berat yang digunakan dalam pekerjaan pengecoran pada proyek pembangunan *powerhouse underground*.

TINJAUAN PUSTAKA

Beton

Pada umumnya beton terdiri dari kurang lebih 15% semen, 8% air, 3% udara dan selebihnya pasir dan kerikil (Wuryati dan Candra, 2001). Beton polos didapat dengan mencampurkan semen, agregat (*aggregate*) halus, agregat kasar, air dan kadang-kadang campuran air. Adapun material yang dipakai di pengecoran *powerhouse* menggunakan material yang dihasilkan dari metode *blasting* yaitu metode penggalian terowongan. Hasil dari galian terowongan akan digunakan sebagai material pencampuran beton pada saat proses pengecoran (Chu-Kia Wang dan Charles G. Salmon, 1986).

Material Hasil Blasting

Blasting merupakan metode galian yang digunakan pada pekerjaan galian terowongan pengelak. Pekerjaan *blasting* dapat dilakukan jika semua persiapan dan instrumen seperti bahan peledak yaitu *dayagel*, detonator untuk meledakkan bahan peledak. Pengukur arus listrik mengukur arus dari detonator ke bahan peledak, *leg wire*, *steaming* berupa pasir dan *blasting machine* sudah terpasang sempurna sesuai ketentuan pada lubang yang telah dibor sesuai pola *blasting* (Nugroho, dkk, 2017).

Menurut Koesnaryo (1988) suatu operasi peledakan dinyatakan berhasil dengan baik pada kegiatan penambahan apabila :

- 1) Target produksi terpenuhi (dinyatakan dalam ton/hari atau ton/bulan)
- 2) Penggunaan bahan peledak efisien yang dinyatakan dalam jumlah batuan yang berhasil dibongkar per kilogram bahan peledak (disebut *powder factor*)
- 3) Diperoleh fragmentasi batuan berukuran merata dengan sedikit bongkah (kurang dari 15% dari jumlah batuan terbongkar per peledakan)
- 4) Diperoleh dinding batuan yang stabil dan aman (tidak ada retakan-retakan)
- 5) Dampak terhadap lingkungan (*fly rock*, getaran, air *blast*, gas beracun) dalam jumlah minimal

Alat Berat

Untuk mengoptimalkan proses pengerjaan diperlukan alat berat yang bekerja dengan baik agar mencapai target pembangunan yang tepat. Berikut alat berat yang digunakan pada proses pengambilan material dengan menggunakan metode ekskavasi dan konstruksi pembangunan *powerhouse underground*.

Drill Jumbo

Drill jumbo adalah sebuah alat khusus untuk mempermudah pembangunan di area konstruksi bawah tanah. Peralatan ini berperan untuk mengebor di dalam tanah dilengkapi pula oleh mesin-mesin bertenaga khusus. Banyak ditempatkan untuk proyek penggalian dengan tingkat pekerjaan tinggi. Selain itu bisa juga dipakai sebagai alat pengeboran terowongan. Manfaat keuntungan dari drill jumbo dirancang khusus super canggih bahkan tidak membutuhkan perawatan ekstra. Drill jumbo memiliki kegunaan serta kualitas tersendiri. Sementara bagian cakupan operasi alat ini sanggup menghabiskan 180 meter persegi area. Kemampuan sasis yang diterapkan adalah dengan memberi energi hemat pemakaian yang ramah lingkungan. Pekerja sanggup mengurangi emisi sehingga tidak mencemari udara di dalam terowongan bawah tanah. Mata bor semua arah agar lubang terlihat presisi. Jadi secara umum drill jumbo merupakan mesin pengeboran batu dibantu beberapa alat peledak (Gemvita, J. O dan Gusman M., 2020). Produktivitas alat dapat dihitung dengan menggunakan persamaan berikut.

$$Pjd = Gdr \times Veq \times Ek \times 60 \quad (1)$$

Dimana :

- Pjd = Produktivitas alat bor (m³/jam)
- Gdr = Kecepatan pengeboran (meter/detik)
- Ve_q = Volume setara (m³/m)
- Ek = Efisiensi kerja alat bor (%)

Dump Truck Volvo

Secara umum Dump truck volvo digunakan untuk mengangkut serta memindahkan material dari suatu tempat ke tempat lainnya. *Articulated Dump Truck* atau biasa disingkat dengan nama ADT adalah merupakan kombinasi dari traktor trailer yang mana kabin dan dump body-nya dapat bergerak secara bebas dan fleksibel ketika melewati lahan yang basah dan berlumpur. Adapun keuntungan dari *Articulated Dump Truck* adalah dapat mengangkut di medan kasar, licin ataupun tanjakan dapat dikatakan ADT unggul dalam daya dukung. Tetapi ADT mempunyai kekurangan yaitu tidak dapat mengangkut material dengan kapasitas > 50 ton.

Excavator PC 300

Excavator adalah jenis alat berat yang biasanya digunakan pada konstruksi dengan fungsinya untuk menggali atau memuat tanah ke atas truk pengangkut. Excavator memiliki kecepatan, efisiensi dan daya untuk aplikasi tugas berat yang memerlukan produktivitas maksimum. Excavator PC 300 memiliki bobot kerja 31.400 kg dan kedalaman penggalian 7.250 meter (Mayyondra, T., dkk, 2015). Untuk menghitung produktivitas Excavator dalam menggunakan persamaan berikut.

$$P = \frac{q \times 3600 \times E}{cm} \quad (2)$$

Dimana :

- P = Produksi per jam (m³/jam)
- Cm = Waktu siklus backhoe
- q = Produktivitas per siklus (m³)
- E = Efisiensi kerja alat
- K = Faktor bucket
- q₁ = Kapasitas bucket (m³)

Kapasitas produksi per siklus

$$q = q_1 \times k \quad (3)$$

Dimana :

- P = Produksi per siklus
- E = Efisiensi kerja alat
- K = Faktor bucket
- q₁ = Kapasitas bucket (m³)

Mixer Truck

Mixer truck adalah komponen dalam *batching plant* yang berfungsi untuk mengangkut hasil produksi *batching plant* yaitu *ready mix concrete* ataupun *shotcrete* ke lokasi pengecoran atau

penyemprotan. Produksi per jam total dari beberapa Mixer truck yang mengerjakan pekerjaan yang sama secara simultan dalam dihitung menggunakan persamaan berikut.

$$P = \left\{ \frac{60 \times Et}{Cmt} \right\} \times M \quad (4)$$

Dimana :

- P = Produksi
- Et = Efisiensi kerja Mixer truck
- Cmt = Waktu siklus Mixer truck
- M = Jumlah Mixer truck yang bekerja

Concrete Pump

Truck Concrete Pump memiliki fungsi untuk menyalurkan bahan cor beton melalui sebuah saluran yang tertutup ke tempat pengecoran. Hal ini karena campuran-campuran beton berupa cairan sehingga memungkinkan untuk dipompa. Pemompaan ini melalui suatu pipa atau slang. Pipa dan slang ini dapat dipasang kombinasi vertikal dan horizontal atau miring. Akibatnya pemompaan merupakan metode yang fleksibel untuk memindahkan campuran beton ke sembarang tempat pada bidang pengecoran dan merupakan cara yang paling cepat dibandingkan dengan pembawaan material beton cara lainnya. waktu total truck concrete pump dapat dihitung menggunakan persamaan berikut (Limanto, dkk, 2010).

$$Waktu\ total = Waktu\ efektif + Waktu\ delay\ (menit) \quad (7)$$

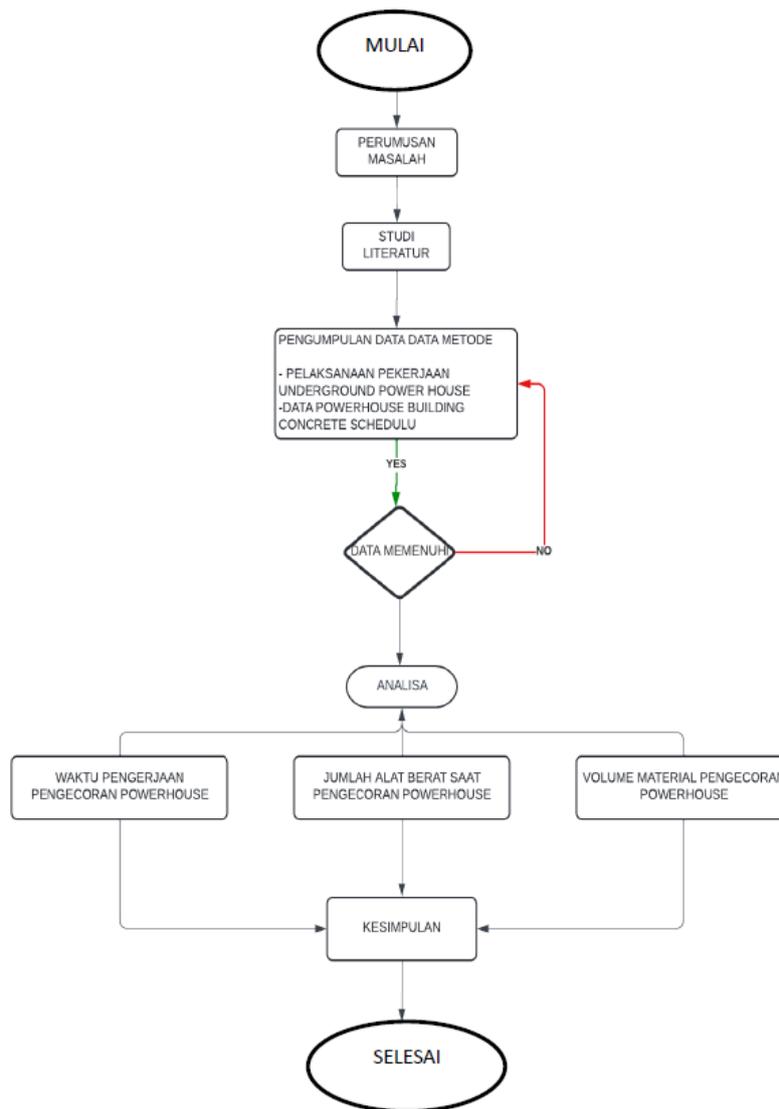
Produktivitas Truck concrete pump dihitung berdasarkan pelaksanaan volume yang dikerjakan per siklus waktu. Produktivitas truck concrete pump adalah volume truck mixer dibagi dengan waktu pompa efektif atau dengan menggunakan persamaan berikut.

$$Produktivitas = volume\ tiap\ segmen/waktu\ total \quad (8)$$

METODE PENELITIAN

Sumber data yang digunakan dalam penelitian ini berasal dari data sekunder yang terdiri atas:

- a) Peta lokasi daerah penelitian
- b) Data metode pelaksanaan kerja
- c) Data waktu pengerjaan (*schedule*)
- d) Data jumlah alat berat yang digunakan



Gambar 1. Bagan Alir Penelitian

HASIL DAN PEMBAHASAN

Analisa Tempat Pengecoran

Kondisi yang ada di sekitar lokasi pengecoran dan dengan mempertimbangkan akses jalan keluar masuk sehingga pemilihan menggunakan *truck mixer* kapasitas 7 m^3 memungkinkan untuk dipakai mengangkut beton *ready mix* dari *batching plant*. Demikian pula pemakaian *truck concrete pump* dapat menjangkau lokasi pengecoran. Pengaturan keluar masuk *truck mixer* dilakukan untuk menghindari kemacetan yang terjadi pada akses jalan ke lokasi pengecoran. Tinggi jatuh campuran beton saat pengecoran adalah 30 cm. Bekesting harus rapat dan kokoh sehingga tidak terjadi kebocoran adukan beton *ready mix*. Bekesting yang digunakan adalah dari

bahan yang baik dan tidak meresap air direncanakan sedemikian rupa agar mudah dilepaskan dari beton tanpa menyebabkan kerusakan pada bagian beton yang dicor.



Gambar 2. Tinggi jatuh beton dari *truck concrete pump* di area (*control room*)
(Sumber : Dokumentasi pribadi, 2022)



Gambar 3. Bekisting sarana pembantu struktur beton untuk pencetakan beton
(Sumber : Dokumentasi pribadi, 2022)

Analisa proses produksi *ready mix* pada perusahaan industri *ready mix* PLTA menerapkan konsep sistem produksi yaitu mengolah *input* menjadi *output*. *Input* dalam proses ini adalah agregat kasar, agregat halus, bahan tambahan (*additive*), semen dan air. Sedangkan *output* yang dihasilkan adalah beton *ready mix*.

Kuat Tekan Beton

Kuat tekan beton merupakan sifat terpenting dalam menjaga kualitas beton dibandingkan dengan sifat-sifat lainnya. kekuatan beton ditentukan oleh pengaturan dari perbandingan semen, agregat kasar, agregat halus dan air (Wang dkk, 1986). Nilai *slump test* yang didapatkan dalam pekerjaan ini adalah sebagai berikut.

Tabel 1. Nilai *Slump Test*

<i>Description</i>	<i>Slump Test (cm)</i>	<i>Temperature Concrete (°C)</i>	<i>Mix Name</i>
--------------------	------------------------	----------------------------------	-----------------

Powerhouse Slab GL 20-21 Elev. 73,53	13	29,38	D43F25
Powerhouse Slab GL 20-21 Elev. 73,54			
Powerhouse Slab GL 20-21 Elev. 73,55			

(Sumber : PLTA ASAHAN No. 3, 2022)

Sedangkan hasil pengujian kuat tekan beton dijabarkan pada Tabel 2 berikut.

Tabel 2. Hasil Kuat Tekan Beton

<i>Description</i>	<i>Mix Name</i>	28 Days (MPa)			
		1	2	3	<i>Average</i>
Powerhouse Slab GL 20-21 Elev. 73,53	D43F25	37,6	38,6	36	37,2
Powerhouse Slab GL 20-21 Elev. 73,54		37,5	38,5	36	37,4
Powerhouse Slab GL 20-21 Elev. 73,55		35,9	29,7	38	34,4

(Sumber : PLTA ASAHAN No. 3, 2022)

Pemadatan Beton

Pemadatan beton dilakukan dengan alat penggetar yaitu *concrete vibrator*. *Concrete vibrator* adalah alat yang berfungsi untuk menggetarkan beton pada saat pengecoran agar beton dapat mengisi seluruh ruangan atau komponen yang akan dicor, sehingga tidak terdapat rongga-rongga udara di antara beton yang didapat membuat beton keropos.



Gambar 4. Alat Getar Mekanis (*Concrete Vibrator*)
(Sumber : Dokumentasi pribadi, 2022)

Finishing

Tahapan *finishing* dilakukan agar pengecoran beton membuahkan hasil yang sempurna. Dalam tahap ini, detail-detail khusus pada proyek pengecoran akan dikerjakan. Detail khusus tersebut antara lain adalah mengesatkan permukaan jalan, menjalankan proses *grooving* dan juga proses *cutting* yang bertujuan untuk menyempurnakan keretakan yang diciptakan di antara segmen yang dipakai dalam pengecoran jalan.

Produktivitas Alat Excavator

Dalam pekerjaan ini menggunakan 2 unit Excavator yaitu Excavator Komatsu PC 1800 dan Excavator Komatsu PC 300.

Tabel 3. Waktu Edar Alat Muat dan Alat Angkut

Jenis Alat	Cycle Time (detik)
Excavator Komatsu PC 1800	32,59
DT. Euclid R60	629,64
Excavator Komatsu PC 300	19,42
DT. Terex TA40	928,62

(Sumber : Hasil analisis, 2022)

Tabel 4. Perhitungan Efisiensi Kerja Alat Muat dan Alat Angkut Secara Aktual

Nama Alat	W (jam)	R (jam)	S (jam)	$EU = \frac{W}{(W + R + S)} \times 100\%$
Excavator Komatsu PC 1800	185,2	24,8	89,9	61,74%
Excavator Komatsu PC 300	213,6	12,7	73,7	71,19%
DT. Euclid R60	192,2	16,4	91,4	64,08%
DT. Terex TA40	198,8	14,9	86,3	66,28%

(Sumber : Hasil analisis, 2022)

Tabel 5. Produktivitas Excavator

Nama Alat	Kapasitas bucket (q1) (m ³)	Faktor bucket (k)	Efisiensi kerja (E)	Cycle time (detik)	Kapasitas produksi per siklus (q) (m ³)	Produksi (Q) (BCM/jam)
Excavator Komatsu PC 1800	10,1	0,8	0,62	32,59	8,08	418,80
Excavator Komatsu PC 300	1,6	0,8	0,71	19,42	1,28	128,47

(Sumber : Hasil analisis, 2022)

Produktivitas Truck Volvo

Dalam pekerjaan ini menggunakan 2 unit dump truck yaitu Dump Truck Euclid R60 dan Dump Truck Tarex TA40

Tabel 6. Produktivitas Dump Truck

Nama Alat	Kapasitas bucket (q1) (m ³)	Faktor bucket (k)	Efisiensi kerja (E)	Cycle time (detik)	Jumlah bucket (n)	Produksi (Q) (BCM/jam)
DT. Euclid R60	10,1	0,8	0,64	629,64	3	67,41
DT. Terex TA40	1,6	0,8	0,66	928,62	10	24,89

(Sumber : Hasil analisis, 2022)

Tabel 7. Rekapitulasi Produktivias Alat Muat dan Alat Angkut

Nama Alat	Jumlah Alat (unit)	W (jam/bulan)	Produksi per jam (BCM)	Produksi per bulan (BCM)	Total produksi per bulan (BCM)
Excavator PC 1800	1	185,2	418,8	77,566	104,910
Excavator PC 300	1	213,6	128,03	27,344	
DT. Euclid R60	5	192,2	67,41	64,795	84,590
DT. Terex TA40	4	198,8	24,89	19,796	

(Sumber : Hasil analisis, 2022)

Produktivitas Truck Mixer

Untuk menghitung produktivitas dari truck mixer, maka perlu dihitung terlebih dahulu waktu siklus dari truck mixer mulai dari batching plant hingga ke lokasi pengecoran dan kembali lagi ke batching plant. Dalam proses pengecoran membutuhkan 1 unit truck mixer.

Tabel 8. Waktu Siklus Truck Mixer

Tahap pengecoran	Waktu efektif (menit)	Waktu delay (menit)	Waktu total (menit)
Tahap 1	7,26	3,21	10,47
Tahap 2	7,05	3,07	10,12
Tahap 3	7,15	3,45	10,60
Tahap 4	7,18	3,48	10,66
Tahap 5	7,23	4,18	11,41
Tahap 6	6,28	4,02	10,30
Tahap 7	10,52	2,43	13,35
Tahap 8	7,42	2,19	10,01
Tahap 9	7,48	1,42	8,90
Tahap 10	9,23	6,21	15,44
Tahap 11	6,14	7,39	13,53
Waktu total siklus			124,79

(Sumber : Hasil analisis, 2022)

Tabel 9. Waktu Penakaran di *Batching Plant*

Tahap pengecoran	Waktu	Waktu memasukkan ke dalam mixer (menit)	Waktu total
Tahap 1	1,3	5,38	7,08
Tahap 2		5,43	7,13
Tahap 3		5,41	7,11
Tahap 4		5,43	7,13
Tahap 5		5,42	7,12
Tahap 6		5,42	7,12
Tahap 7		5,41	7,11
Tahap 8		5,44	7,14
Tahap 9		5,43	7,13
Tahap 10		5,43	7,13

Tahap pengecoran	Waktu	Waktu memasukkan ke dalam mixer (menit)	Waktu total
Tahap 11		5,40	7,1
Rata-rata			7,12

(Sumber : Hasil analisis, 2022)

Tabel 10. Waktu Siklus Truck Mixer

Truck	Waktu memuat beton ke truck mixer (menit)	Waktu angkut ke lokasi proyek (menit)	Waktu tunggu (menit)	Waktu tuang ke concrete pump (menit)	Waktu kembali ke pabrik beton (menit)	Waktu tunggu untuk dimuat (menit)	Waktu total (menit)
Truck 1	5,38	15,11	3,28	6,47	15,07	3	48,31
Truck 2	5,43	14,43	4,09	6,23	13,11	4,14	47,43
Truck 3	5,41	15,16	4,21	6,13	14,27	3,38	48,56
Truck 4	5,43	15,30	4,18	6,20	15,15	3,58	50,24
Truck 5	5,42	14,56	3,48	6,26	15,21	4,09	49,02
Truck 6	5,42	15,46	4,02	6,03	15,03	5,17	51,13
Truck 7	5,41	17,05	2,43	10,25	17,23	4,03	56,40
Truck 8	5,44	17,19	4,37	7,15	17,49	4,19	56,23
Truck 9	5,43	19,09	4,43	7,23	20,01	4,23	60,42
Truck 10	5,43	19,20	6,21	9	19,38	4,36	63,58
Truck 11	5,40	19,53	7,39	5,42	19,57	4,15	61,46
							592,78

(Sumber : Hasil analisis, 2022)

Setelah waktu siklus truck mixer diperoleh, selanjutnya dapat dihitung produktivitas dari truck mixer. Dengan pemeliharaan mesin truck mixer dilakukan dengan baik dan kondisi alat saat operasi baik, maka efisiensi alat adalah 0,75, sehingga produktivitas dari truck mixer adalah $P = (60 \times 0,75 / 592,78) \times 11 = 0,835 \text{ m}^3/\text{detik}$.

Produktivitas Truck Concrete Pump

Pada pembahasan ini produktivitas adalah perbandingan antara kegiatan (*input*) dan masukan (*output*). Dalam hal ini yang disebut *output* adalah luasan dari segmen-segmen untuk tiap area pengecoran, sedangkan *input* adalah waktu. Waktu dalam perhitungan produktivitas pengecoran meliputi waktu efektif, waktu delay dan waktu total.

pengecoran membutuhkan 1 unit truck mixer.

Tabel 11. Waktu Siklus Truck Concrete Pump

Tahap pengecoran	Waktu efektif (menit)	Waktu delay (menit)	Waktu total (menit)
Tahap 1	7,26	3,21	10,47
Tahap 2	7,05	3,07	10,12
Tahap 3	7,15	3,45	10,60
Tahap 4	7,18	3,48	10,66
Tahap 5	7,23	4,18	11,41
Tahap 6	6,28	4,02	10,30
Tahap 7	10,52	2,43	13,35

Tahap 8	7,42	2,19	10,01
Tahap 9	7,48	1,42	8,90
Tahap 10	9,23	6,21	15,44
Tahap 11	6,14	7,39	13,53
Waktu total siklus			124,79

(Sumber : Hasil analisis, 2022)

Setelah mendapatkan waktu siklus pengecoran, selanjutnya dapat dihitung produktivitas sebagai berikut.

$$\text{Produktivitas alat} = \frac{\text{volume}}{\text{waktu total}} = \frac{65 \text{ m}^3}{124,79 \text{ menit}} = 0,521 \text{ m}^3/\text{menit}$$

Durasi Truck Mixer

Untuk menentukan besarnya durasi (d) pekerjaan pengecoran plat dan balok maka dapat dihitung

$$d = \frac{65}{0,835} = 77,844 \text{ menit atau } 1,297 \text{ jam}$$

Jadi durasi yang dibutuhkan oleh Truck Mixer untuk dapat menyelesaikan pekerjaan pengecoran beton *ready mix* dengan volume 65 m³ adalah 1,297 jam.

Durasi Truck Concrete Pump

Untuk menentukan besarnya durasi (d) pekerjaan pengecoran plat dan balok dapat dihitung

$$d = \frac{65}{0,521} = 124,76 \text{ menit atau } 2,097 \text{ jam}$$

Jadi durasi yang dibutuhkan oleh Truck Concrete Pump untuk dapat menyelesaikan pekerjaan pengecoran beton *ready mix* pada plat dan balok dengan volume 65 m³ adalah 2,079 jam.

KESIMPULAN

Kesimpulan dari pelaksanaan pekerjaan dengan perhitungan produktivitas alat berat pada *powerhouse* PLTA Asahan No. 3 dapat disimpulkan antara lain :

1. Metode pelaksanaan yang dilakukan yaitu persiapan sebelum pengecoran, pengadukan beton, pengangkutan beton, penuangan beton, pemadatan beton, *finishing* dan perawatan beton.
2. Alat berat yang digunakan dalam proses pengecoran *powerhouse* PLTA Asahan No.3 yaitu excavator, mixer truck, concrete pump, dump truck volvo dan concrete vibrator. Sesuai dengan proses pengerjaan pengecoran yang telah dilakukan pada proyek PLTA Asahan No. 3 produktivitas alat berat yang digunakan memenuhi kebutuhan pekerjaan.

DAFTAR PUSTAKA

Gemvita, J., O & Gusman, M. 2020. *Analisis Penentuan Waktu Standar Operasi Pemboran dan Produktivitas Jumbo Drill Pada Pembuatan Lubang Ledak Menggunakan Metode*

- Analisa Elemen Kerja dan Waktu Baku di Tambang Emas Bawah Tanah PT. Cibaliung Sumberdaya, Kabupaten Pandegelang, Provinsi Banten. Bina Tambang 5 (2) 174-186.*
- Koenaryo, S. 1988. *Teknik Pemboran dan Peledakan*. Jurusan Teknik Pertambangan Fakultas Teknologi Mineral Universitas Pembangunan Nasional Veteran Yogyakarta.
- Limanto, S. Witjaksono, Y., E. Atmojo, S., W. & Pratama W., L. 2010. *Produktivitas Material Beton Ringan Dalam Pemakaian Sebagai Konstruksi Dinding*.
- Mulyono, T. 2005. *Teknologi Beton*. Penerbit Andi. Yogyakarta.
- Mayyondra, T. Murad, M. & Fadhilah, F. 2015. *Biaya Produksi Alat Muat Dan Alat Angkut Pada Kegiatan Pengupasan Overburden Penambahan Batubara di PT. Karbindo Abesyapradi. Bina Tambang Vol. 2 No. 1 Hal. 217 – 229.*
- Nugroho, C. T., Pratikno, H. & Purniawan, A. 2017. *Analisa Pengaruh Material Abrasif Pada Blasting Terhadap Kekuatan Letak Cat Dan Ketahanan Korosi Di Lingkungan Air Laut. Jurnal Teknik ITS Vol. 5 No. 2.*
- Pane, F. P., Tanudjaja, H. & Windah, R. S. 2015. *Pengujian Kuat Tarik Lentur Beton Dengan Variasi Kuat Tekan Beton. Jurnal Sipil Statik Vol. 3 No. 5.*
- Wuryati, S. & Candra, R. 2001. *Teknologi Beton*. Penerbit Kansius. Yogyakarta.
- Wang, C. K., & Charles, G. Salmon. 1986. *Desain Beton Bertulang*.