

ANALISIS PRODUKTIVITAS ALAT BOR (*BORE MACHINE*) PADA PROSES PENGEBORAN PONDASI *BORED PILE* DI KOTA SURABAYA

M. David Eko Saputro

Pendidikan Teknik Bangunan, Fakultas Teknik, Universitas Negeri Surabaya,
Dave_51p11@yahoo.co.id

Abstrak

Pelaksanaan suatu proyek konstruksi sering menunjuk perusahaan kontraktor yang telah ditetapkan untuk merealisasikan pekerjaan di lapangan. Seperti pelaksanaan pekerjaan pondasi *bored pile*, di sub kontraktorkan kepada profesional yang khusus menangani pondasi *bored pile*. Pelaksanaan pekerjaan *bored pile* disini menggunakan alat berat yaitu *bore machine*. Untuk menguji produktivitas alat berat pada proyek pembangunan di Surabaya, maka dapat dilakukan analisis produktivitas alat berat *bored pile* pada pekerjaan pengeboran pondasinya.

Penelitian ini dilaksanakan dengan metode observasi. Tujuan dilakukannya penelitian ini adalah sebagai berikut: Memberi pengetahuan pelaksanaan pengeboran pondasi *bored pile* menggunakan alat bor (*bore machine*), mengetahui produktivitas alat bor (*bore machine*) secara optimum pada pelaksanaan pengeboran pondasi *bored pile* di kota Surabaya dan mengestimasi lama waktu dan biaya yang diperlukan untuk pelaksanaan pengeboran menggunakan alat bor (*bore machine*).

Hasil penelitian adalah perbandingan waktu pelaksanaan pekerjaan pondasi *bore pile* yang pada pekerjaan pengeboran (*drilling*) maka waktu rata-rata yang diperlukan *bore machine type* Kobelco BM 500 sebesar 14.464 m/jam sedangkan waktu untuk *bore machine type link belt* LS 108 B-SS sebesar 16.423 m/jam. Biaya yang dibutuhkan *bore pile* untuk pekerjaan pondasi *bore pile* adalah 30 hari kerja dengan biaya sebesar **Rp. 1.586.576,37,-** /jam (satu juta lima ratus delapan puluh enam ribu lima ratus tujuh puluh enam rupiah koma tiga puluh tujuh) untuk *type Kobelco* BM 500 sedangkan untuk *type link belt* LS 108 B-SS sebesar **Rp. 917.455,87,-** /jam (sembilan ratus tujuh belas ribu empat ratus lima puluh lima rupiah koma delapan puluh tujuh).

Kata kunci : produktivitas, alat bor, pengeboran pondasi.

Abstract

Implementation of a construction contractor firms often point set for realizing the work in the field . Such as the implementation of bored pile foundation work , in sub kontraktorkan to the professional who specializes in bored pile foundation . Implementation of bored pile work here using heavy equipment that bore machine . To test the productivity of heavy equipment on construction projects in Surabaya , it can do analysis machine productivity at work drilling bored pile foundation.

This research was conducted by the method of observation . The purpose of this study is as follows : the implementation Knowledge of bored pile foundation drilling using a drill (bore machine) , knowing productivity tool drill (bore machine) on the implementation of the optimum drilling bored pile foundation in the old city of Surabaya and estimate the time and cost required for the implementation of drilling using a drill (bore machine).

Results of the study is a comparison of the execution time of the bored pile foundation work on the job of drilling (drilling) the average time it takes bore machine type Kobelco BM 500 at 14,464 m / hour, while the time to bore machine type Link Belt LS - 108 B SS amounted to 16,423 m / hour . Then the cost is cheaper by using bore machine type Link Belt LS 108 B - SS . Costs required for the bored pile foundation work bored pile is 30 working days at a cost of Rp . 1,586,576.37 , - / hour (one million five hundred eighty- six thousand five hundred seventy- six point thirty seven dollars) for Kobelco type BM 500 while for Link Belt LS 108 type - B SS amounted to Rp . 917,455.87 , - / hour (Nine hundred and seventeen thousand four hundred and fifty- five point eighty seven dollars).

Key word: *productivity, bore machine, drilling foundation.*

PENDAHULUAN

Secara umum pelaksanaan pondasi dalam lebih rumit daripada pondasi dangkal. Salah satu jenis pondasi dalam yang rumit pekerjaannya adalah pondasi *bored pile*. Pondasi *bored pile* adalah suatu pondasi yang dibangun dengan cara mengebor tanah terlebih dahulu, baru kemudian diisi tulangan dan dicor. Dipakai apabila tanah dasar kokoh yang mempunyai daya dukung besar terletak sangat dalam, yaitu kurang lebih 15m serta keadaan sekitar tanah bangunan sudah banyak berdiri. Bangunan-bangunan besar seperti gedung-gedung bertingkat sehingga dikhawatirkan dapat menimbulkan retak-retak pada bangunan yang sudah ada akibat getaran-getaran yang ditimbulkan kegiatan pemancangan apabila dipakai pondasi tiang pancang, (Priscilla Girsang, 2009:13).

Pelaksanaan pekerjaan pondasi bored pile menggunakan alat berat yaitu *bore machine*. *Bore machine* memiliki berbagai macam tipe yang menghasilkan produktivitas yang berbeda-beda. Perbedaan produktivitas dipengaruhi oleh berbagai faktor, diantaranya tipe mesin, diameter *bored pile*, dan kedalaman lubang *pile*. Penelitian ini bertujuan untuk membatasi masalah yang akan dikaji sehingga tidak sampai keluar dari pokok masalah yang sedang dibahas, antara lain sebagai berikut Analisis dilakukan pada pelaksanaan pengeboran pondasi *bored pile* menggunakan alat bor (*bore machine*).

1. *Bore machine* menggunakan tipe mesin bor CMV
2. *Crane* kapasitas 50 ton dengan torsi 300 kNm
3. Lubang *bored pile* yang diteliti berdiameter 80-100 cm, dengan kedalaman maksimal 30 m.
4. Produktivitas yang diteliti mencakup pengeboran, *cleaning* dan pemasangan *steel casing*.
5. Pengukuran waktu dilaksanakan hanya pada saat pekerjaan berlangsung.

Pondasi *bored pile* adalah pondasi yang dibuat untuk menahan beban yang berat pada suatu bangunan bertingkat rendah, sedang, atau tinggi. Pondasi bor dibagi menjadi 2 macam menurut letak pembuatannya, yaitu tipe kering dimana pondasi bor dibuat terletak di daratan, dan tipe basah dimana dibuat di laut. Pondasi ini dibuat dengan membuat lubang pengeboran dengan bor. Kedalaman lubang pengeboran sampai mencapai lapisan tanah yang dianggap cukup keras.

Menurut Rostiyanti (2002), *bore machine* merupakan suatu alat yang digunakan untuk mengangkat material secara vertikal dan digunakan untuk proses pengeboran pondasi *bored pile* perpaduan antara *crane* dengan alat bor. Disebut *bore* karena memiliki fungsi sebagai alat bor pada pondasi *bored pile*. Fungsi utama dari *bore machine* adalah membuat tiang bor atau pondasi *bore pile* dan melakukan proses pengecoran pondasi sehingga tertutup kembali. *Bore machine* merupakan peralatan alat berat yang digerakkan mesin atau motor.

Namun secara umum *bore machine* memiliki bagian-bagian sebagai berikut

1. *Excavator*

2. *Crane*
3. Mesin bor *Soilmec* mekanik
4. *Auger*
5. *Casing*
6. Mata bor jenis *Auger*
7. Alat bantu.

Produktivitas memiliki bermacam-macam arti, masing-masing bidang pengetahuan memiliki pengertian yang berlainan tentang produktivitas, adapun berbagai macam pengertian produktivitas adalah sebagai berikut:

a. Pilcher (1992) menyatakan bahwa produktivitas adalah rasio/perbandingan antara kegiatan (*output*) terhadap masukan (*input*).

$$\text{Produktivitas} = \frac{\text{Output}}{\text{Input}} \dots\dots\dots(2.1)$$

Produktivitas merupakan rasio kegiatan (*output*) dan masukan (*input*), dalam penelitian ini yang disebut sebagai *output* adalah kedalaman titik bor yang dibor sedangkan *input* dalam hal ini adalah durasi/waktu.

Jadi rumus produktivitas menjadi:

$$\text{Produktivitas} = \frac{\text{Kedalaman titik bor}}{\text{Durasi}} \dots\dots\dots(2.2)$$

Dua aspek penting dari produktivitas adalah efisiensi dan efektivitas kerja. Efisiensi merupakan suatu ukuran dalam membandingkan penggunaan masukan yang direncanakan dengan masukan yang sebenarnya terlaksana.

Biaya Alat *Bore Machine* Pada Pembuatan Lubang Bor Pondasi *Bored Pile*

Alat berat yang digunakan dapat diadakan melalui 3 (tiga) sumber, yaitu:

- Alat berat yang dibeli, keuntungannya biaya pemakaian alat per jam akan semakin kecil dan bonafiditas perusahaan akan bertambah.
- Alat berat yang disewa-beli (*leasing*), yaitu pengadaan alat dengan pembayaran pada perusahaan *leasing* dalam jangka waktu yang lama dan diakhir masa sewa beli tersebut alat menjadi milik pihak penyewa, biaya pemakaian alat umumnya lebih tinggi namun terhindar dari resiko investasi alat yang besar di awal.
- Alat berat yang disewa, jangka waktu tidak terlalu lama, namun biaya alat per jamnya akan tinggi, tetapi terhindar dari biaya investasi alat yang tinggi.

Harga Satuan Pekerjaan/Sewa Alat

Harga satuan pekerjaan/sewa terdiri dari:

1. Biaya langsung per jam.
2. Biaya tidak langsung.

Biaya Langsung Per Jam

Rumus berdasarkan buku manajemen alat berat Ir. Asiyanto, MBA, IPM, yaitu:

- a. Biaya depresiasi
Metode garis lurus (*straight line method*)

- P-F**
 $Dk = \frac{P-F}{n} \dots\dots\dots(2.3)$
- Depresiasi = D/a (Rp/Jam)(2.4)**
2. Biaya bunga modal
BMo = (i x N)/a.....(2.5)
3. Biaya manajemen
BMa = (m x A)/a.....(2.6)
4. Biaya bahan bakar
BBb = Fx0,3 (premium) x h x PK
= F x 0,2 (solar) x h x PK
5. Biaya pelumas mesin
 Dapat dirumuskan sebagai berikut:
BMp = [(F x PK) / 195.5] + (C/t)] x h....(2.7)
6. Biaya minyak *hydraulic*
Bmh= { 1.2 x (C/t) } x h.....(2.8)
7. Biaya *greace*
 Dapat dirumuskan sebagai berikut:
BG = g x h.....(2.9)
8. Biaya operator per jam

$$\text{Upah operator} = \frac{\text{Upah operator} + \text{Pembantu per bulan}}{\text{Jam operasi per bulan (Jam)}}$$
9. Biaya perbaikan/pemeliharaan
BP = [(n / \Sigma N) x TBP x HA] /a.....(2.10)
10. Total biaya langsung
11. Total biaya tak langsung
BTL = 18% x Biaya Langsung.....(2.11)
12. Biaya alat
 Dari penjumlahan Total biaya langsung ditambah Total biaya tak langsung.
Biaya alat = Biaya langsung + biaya tak langsung.....(2.12)
13. Harga satuan alat
Harga satuan alat
= Biaya alat/Produktivitas.....(2.13)

METODE PENELITIAN

Penelitian yang dilakukan adalah jenis penelitian deskriptif, penelitian deskriptif itu sendiri dapat didefinisikan sebagai sebuah metode yang bertujuan untuk menggambarkan sifat suatu keadaan yang sementara berjalan pada saat penelitian dilakukan Pada pekerjaan pengeboran *drilling bored pile*

A. Rancangan Penelitian

Pokok bahasan yang diangkat dalam penelitian ini adalah menganalisis alat bor (*bore machine*) pada pekerjaan pengeboran pondasi *bored pile*

B. Tempat dan Waktu Penelitian

1. Tempat Penelitian
 Penelitian ini bertempat di 3 proyek yang menggunakan pondasi *bored pile* yaitu:
 - a. Proyek Tol SUMO.
 - b. Apartemen *De papilio* Taman Sari Jl. A. Yani
 - c. PT. Bhirawa *Steel* Jl. Margomulyo.
2. Waktu Penelitian
 Penelitian ini dilaksanakan antara bulan Oktober hingga bulan Desember 2012.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Untuk pengeborannya digunakan *Crane* merk *Kobelco Type BM 500 (50 ton)*, *Crane* merk *link belt Type LS 108 B-SS (50 ton)* dan *machine bore* merk *CMV*.

Perhitungan Produktivitas Bore Machine

Untuk perhitungan produktivitas alat, dibagi menjadi 2 alat yaitu *Kobelco BM 500* dan *Link-Belt LS 108*.

Perhitungan Biaya Pengoperasian Alat Bor pada Pembuatan Lubang Pondasi Bored pile

1. Perhitungan biaya pengoperasian *bore machine Kobelco type BM 500*
 Diketahui data alat sebagai berikut (berdasarkan brosur):
 Nama alat : *Bore machine*
 Type / model : *Kobelco type BM 500*
 Buatan negara: Jepang
 Tahun pembuatan : 2010
 Kapasitas : 50 ton
 Daya mesin : 180 Hp
 Produktivitas : 14.464 m/jam
 Umur ekonomis: 10 tahun (berdasarkan buku manajemen alat berat Ir. Asiyanto, MBA, IPM)
 Harga alat : Rp. 3.909.376.000,- (piledrivershop.com)
 Biaya pengoperasian *bore machine* langsung per jam
- b. Biaya depresiasi
 Harga alat = Rp. 3.909.376.000,- (harga baru *bore machine Kobelco type BM 500*)
 Metode garis lurus (*straight line method*)

P-F

$$Dk = \frac{P-F}{n}$$

Dk = Depresiasi per tahun.

P = *Present value* (harga alat pada saat pembelian)

F = *Future value* (nilai sisa alat)

n = Umur ekonomis

Harga alat (P) = Rp. 3.909.376.000,- (harga baru *bore machine Kobelco type BM 500*)

Harga penyusutan (depresiasi) = Harga pokok – nilai sisa

(berdasarkan buku pemindahan tanah mekanis direktorat pengairan departemen pekerjaan umum, 1988)

$$= Rp. 3.909.376.000 - 10\% \times Rp. 3.909.376.000,-$$

$$= Rp. 3.518.438.400,-$$

Harga penyusutan tiap tahun =

$$= 1/10 \times Rp. 3.518.438.400,- = Rp. 351.843.840,-$$

$$\text{Nilai sisa (F)} = Rp. 351.843.840,-$$

$$3.909.376.000 - 351.843.840$$

$$Dk = \frac{351.843.840}{10 \text{ tahun}}$$

$$= Rp. 35.184.384,- /tahun$$

Nilai buku (B, *book value*) dari alat dihitung dengan rumus:

$$B_k = B_{k-1} - D_k$$

B_k = Nilai buku

B_{k-1} = Nilai buku pada akhir tahun ke
 D_k = Depresiasi per tahun
 Nilai buku pada akhir tahun ke-k adalah

K	B_{k-1} (Rp)	D_k (Rp)	B_k (Rp)
1	2	3	4
0	0	0	3.909.376.000
1	3.909.376.000	355.753.216	3.553.622.784
2	3.553.622.784	355.753.216	3.197.869.568
3	3.197.869.568	355.753.216	2.842.116.352
4	2.842.116.352	355.753.216	2.486.363.136
5	2.486.363.136	355.753.216	2.130.609.920
6	2.130.609.920	355.753.216	1.774.856.704
7	1.774.856.704	355.753.216	1.419.103.488
8	1.419.103.488	355.753.216	1.063.350.272
9	1.063.350.272	355.753.216	707.597.056
10	707.597.056	355.753.216	351.843.840

Jadi nilai buku pada akhir tahun ke-5 = Rp. 2.130.609.920,-

Depresiasi = D/a (Rp/Jam)

D = Depresiasi 1 tahun (Rp)

a = Standar jam kerja per tahun (jam)

Menurut kepmenakertrans No. 102/men/VI/2004 jam kerja maksimal 40 jam seminggu (a= 40x48 (jumlah minggu dalam setahun) = 1920 jam/th).

Depresiasi = D/a (Rp/Jam)

Rp. 355.753.216,- (Dk)

= $\frac{355.753.216}{1920 \text{ Jam (a = 40x48 = 1920 jam/th)}}$

= Rp. 185.288,133 /Jam

c. Biaya bunga modal

BMo = (i x N)/a

BMo = Bunga modal (Rp/Jam)

i = Ketetapan bunga 1 tahun (16% - 22%) berdasarkan PERPU bank Indonesia Nomor 6/12/PBI/2014, diambil 19%

N = Nilai buku alat pada akhir tahun (Rp. 2.130.609.920,- pada tahun ke 5)

a = Standart jam kerja per tahun (1920 jam)

BMo = (i x N)/a

= $(19\% \times 2.130.609.920) / 1920$

= Rp. 210.841,60 /Jam

d. Biaya manajemen

BMa = (m x A)/a

BMa = Biaya manajemen (Rp/Jam)

m = Faktor (%), biasanya diambil 5% (berdasarkan buku manajemen alat berat Ir. Asiyanto, MBA, IPM)

A = Harga beli alat (Rp. 3.909.376.000,-)

a = Standart jam kerja per tahun (1920 jam)

BMa = (m x A)/a

= $(5\% \times \text{Rp. } 3.909.376.000) / 1920$

= Rp. 101.806,66 /Jam

e. Biaya bahan bakar

BBb = F x 0,3 (premium) x h x PK

= **F x 0,2 (solar) x h x PK**

BBb = Biaya bahan bakar (Rp/Jam)

h = Harga bahan bakar per liter (Solar industri per liter Rp. 10.000,-)

PK = Nilai PK alat yang bersangkutan (180 hp berdasarkan brosur *Kobelco* BM 500)

F = Faktor Efisiensi (60%-80%) (berdasarkan buku manajemen alat berat Ir. Asiyanto, MBA, IPM, diambil nilai tengah 70%)

BBb = F x 0,2 (solar) x h x PK

= $70\% \times 0,2 \times 10.000 \times 180 \text{ hp}$

= Rp. 252.000 /Jam

f. Biaya pelumas mesin

Dapat dirumuskan sebagai berikut:

BMp = [(F x PK) / 195,5] + (C/t)] x h

Dimana:

BMp = Biaya minyak pelumas (Rp/jam)

F = Faktor minyak pelumas (0,63 berdasarkan tabel F kondisi lapangan sedang)

PK = Nilai PK alat yang bersangkutan (180 hp berdasarkan brosur *Kobelco type* BM 500)

C = Isi *carter* mesin (7.545 liter berdasarkan brosur *Kobelco type* BM 500)

t = Waktu antara pergantian minyak pelumas (500 jam berdasarkan wawancara di lapangan)

h = Harga minyak pelumas per liter (pelumas mesran per liter Rp. 25.500,-)

Besarnya F diperoleh dari praktek, biasanya diambil sebagai berikut:

Jenis Alat	Kondisi Lapangan		
	Ringan	Sedang	Berat
Peralatan roda ban	0,25	0,30	0,40
Peralatan roda Crawler	0,50	0,63	0,75

BMp = [(F x PK) / 195,5] + (C/t)] x h

= $[(0,63 \times 180) / 195,5] + (7.545 \text{ Liter} / 500 \text{ jam}) \times \text{Rp. } 25.500,-$

= $[0,580 + 15,09] \times \text{Rp. } 25.500,-$

= $15,67 \times \text{Rp. } 25.500,-$

= Rp. 399.585 /Jam

g. Biaya minyak *hydraulic*

Bmh = [1,2 x (C/t)] x h

Dimana:

Bmh = Biaya minyak *hydraulic* (Rp/jam)

h = Harga minyak *hydraulic* per liter (*Shell Tellus* T 32 per liter Rp. 60.000,-)

C = Kapasitas isi minyak *hydraulic* (300 Liter berdasarkan brosur *Kobelco type* BM 500)

t = Waktu antara pergantian minyak *hidraulic* (1000 jam berdasarkan wawancara di lapangan)

Bmh

= $[1,2 \times (C/t) \times h]$

= $[1,2 \times (300 \text{ Liter} / 1000 \text{ jam}) \times 60.000$

= Rp. 21.600 /Jam

h. Biaya *greace*

Dapat dirumuskan sebagai berikut:

$$BG = g \times h$$

Dimana:

BG = Biaya greace (Rp/jam)

g = Kebutuhan greace (kg/jam) tabel nilai "g"

h = Harga greace per kg (greace Cobra 15 Kg = Rp. 250.000,-)

Nilai "g" diperoleh dari praktek biasanya diambil sebagai berikut:

Jenis Alat	Kondisi Lapangan		
	Ringan	Sedang	Berat
Tractor 100 PK	0,20	0,30	0,50
Tractor 75-100 PK	0,15	0,25	0,45
Tractor 60-75 PK	0,10	0,20	0,40
Tractor 25-60 PK	0,05	0,15	0,25
Wheel 100-150 PK	0,05	0,15	0,25

$$BG = g \times h$$

$$= 0,15 \times \text{Rp. } 16.666,- \text{ (Per Kg)}$$

$$= \text{Rp. } 2.500,- / \text{Jam}$$

i. Biaya operator per jam

Tergantung jumlah tenaga yang dikerjakan pada satu alat dan sistem penggajian perusahaan yang bersangkutan, durasi kerja 25 hari kerja x 8 jam per hari dibagi gaji diperoleh per bulan. Hasil biaya operator per jam:

Upah operator + Pembantu per bulan

$$\text{Upah operator} = \frac{\text{Jam operasi per bulan (Jam)}}{\text{Rp.2.000.000,- + Rp. 1.500.000,-}}$$

$$\text{Upah operator} = \frac{\text{Rp.2.000.000,- + Rp. 1.500.000,-}}{200 \text{ Jam}}$$

$$= \text{Rp. } 17.500,- / \text{Jam}$$

j. Biaya perbaikan/pemeliharaan

$$BP = \left[\left(\frac{n}{\Sigma N} \right) \times TBP \times HA \right] / a$$

Dimana:

BP = Biaya pemeliharaan

n = Tahun ke-n (berdasarkan tabel nilai buku = tahun ke 5)

N = Umur ekonomis alat (10 tahun berdasarkan buku manajemen alat berat Ir. Asiyanto, MBA, IPM,)

TBP = Prosentase total biaya perbaikan (alat bekerja berat 90%)

HA = Harga alat (Rp. 3.909.376.000,-)

a = Standar jam kerja per tahun (1920 jam)

Total biaya perbaikan untuk alat yang bekerja berat 90% harga alat, sedangkan untuk alat yang bekerja ringan 60% harga alat termasuk mekanik (34%) dan suku cadang (66%).

$$BP = \left[\left(\frac{n}{\Sigma N} \right) \times TBP \times HA \right] / a$$

$$= \left[\left(\frac{5}{(1+2+3+4+5+6+7+8+9+10)} \right) \times 90\% \times \text{Rp. } 3.909.376.000 \right] / 1920$$

$$= [0,090 \times 0,9 \times \text{Rp. } 3.909.376.000] / 1920$$

$$= \text{Rp. } 164.926,8,- / \text{Jam}$$

k. Total biaya langsung

Dari penjumlahan biaya depresiasi, biaya bunga modal, biaya manajemen, biaya bahan bakar, biaya pelumas mesin, biaya minyak *hydraulic*, biaya greace, biaya operator per jam dan biaya perbaikan pemeliharaan.

$$= \text{Rp. } 185.288,133 / \text{Jam} + \text{Rp. } 210.841,60 / \text{Jam}$$

$$+ \text{Rp. } 101.806,66 / \text{Jam} + \text{Rp. } 252.000 / \text{Jam} + \text{Rp. } 399.585 / \text{Jam} + \text{Rp. } 21.600 / \text{Jam} + \text{Rp. } 2.500,- / \text{Jam} + \text{Rp. } 17.500,- / \text{Jam} + \text{Rp. } 164.926,8,- / \text{Jam}$$

$$= \text{Rp. } 1.356.048,19,- / \text{Jam}$$

l. Biaya tak langsung

Biaya tak langsung (BTL) didasarkan pada prosentase terhadap biaya langsung antara 15-20%. Selanjutnya dikalikan penjumlahan biaya langsung.

BTL = 17% x Biaya Langsung (diambil tengah 17%)

$$= 17\% \times \text{Rp. } 1.356.048,19,-$$

$$= \text{Rp. } 230.528,18 / \text{Jam}$$

m. Biaya alat

Dari penjumlahan Total biaya langsung ditambah total biaya tak langsung.

$$= \text{Biaya langsung} + \text{biaya tak langsung}$$

$$= \text{Rp. } 1.356.048,19,- + \text{Rp. } 230.528,18 / \text{Jam}$$

$$= \text{Rp. } 1.586.576,37 / \text{jam}$$

n. Harga Satuan alat

= Biaya alat / produktivitas *bore machine type Kobelco BM 500 (55 ton)*

$$= \text{Rp. } 1.586.576,37 / 14.464 \text{ m}^3 / \text{jam}$$

$$= \text{Rp. } 109.691,39 / \text{m}^3$$

Jadi, secara keseluruhan pekerjaan pengeboran pondasi *bored pile* di proyek PT. Bhirawa menggunakan alat berat 1 unit *bore machine type Kobelco BM 500 (55 ton)*. Total biaya langsung sebesar Rp. 1.356.048,19,- /Jam, Total biaya tak langsung sebesar Rp. 230.528,18 /Jam, biaya alat sebesar Rp. 1.586.576,37 /jam dan untuk harga satuan alat Rp. 109.691,39 /m³.

2. Perhitungan biaya pengoperasian *bore machine Link-Belt type LS 108*

Diketahui data alat sebagai berikut:

Nama alat : *Bore machine*

Type / model : *Link-Belt type LS 108*

Buatan negara : USA

Tahun pembuatan: 2004

Kapasitas : 50 ton

Daya mesin : 170 Hp

Produktivitas : 15,948 m³/jam

Umur ekonomis: 10 tahun (berdasarkan buku manajemen alat berat Ir. Asiyanto, MBA, IPM)

Harga alat :Rp.2.750.000.000,- (machinerytrader.com)

Biaya pengoperasian *bore machine* langsung Per Jam

a. Biaya depresiasi

Harga alat = Rp. 2.750.000.000,- (harga baru *bore machine Kobelco type BM 500*)

Metode garis lurus (*straight line method*)

P-F

$$D_k = \frac{P - F}{n}$$

D_k = Depresiasi per tahun.

P = *Present value* (harga alat pada saat pembelian)

F = *Future value* (nilai sisa alat)

n = Umur ekonomis

Harga alat (P) = Rp. 2.750.000.000,- (harga baru *bore machine Link-Belt type LS 108*)

Harga penyusutan (depresiasi) = Harga pokok – nilai sisa

(berdasarkan buku pemindahan tanah mekanis direktorat pengairan departemen pekerjaan umum, 1988)

= Rp. 2.750.000.000 – 10% x Rp. 2.750.000.000,-

= Rp. 2.475.000.000,-

Harga penyusutan tiap tahun =

= 1/10 x Rp. 2.475.000.000,- = Rp. 247.500.000,-

Nilai sisa (F) = Rp. 247.500.000,-

$$2.750.000.000 - 247.500.000$$

$$D_k = \frac{2.750.000.000 - 247.500.000}{10 \text{ tahun}}$$

$$= \frac{2.502.500.000}{10 \text{ tahun}}$$

$$= \text{Rp. } 250.250.000,- / \text{tahun}$$

Nilai buku (B, *book value*) dari alat dihitung dengan rumus:

$$B_k = B_{k-1} - D_k$$

B_k = Nilai buku

B_{k-1} = Nilai buku pada akhir tahun ke

D_k = Depresiasi per tahun

Nilai buku pada akhir tahun ke-k adalah H

Menurut kepmenakertrans No. 102/men/VI/2004 jam kerja maksimal 40 jam seminggu (a = 40x48(jumlah minggu dalam setahun) = 1920 jam/th).

Jadi nilai buku pada akhir tahun ke-10 = Rp. 247.500.000,-

Depresiasi = D/a (Rp/Jam)

D = Depresiasi 1 tahun (Rp. 250.250.000,-)

a = Standar jam kerja per tahun (1920 Jam)

Depresiasi = D/a (Rp/Jam)

$$\frac{\text{Rp. } 250.250.000,-}{1920 \text{ Jam}}$$

$$= \frac{\text{Rp. } 250.250.000,-}{1920 \text{ Jam}} = \text{Rp. } 130.338,54 / \text{Jam}$$

b. Biaya bunga modal

$$BMo = (i \times N)/a$$

BMo = Bunga modal (Rp/Jam)

I = Ketetapan bunga 1 tahun (16% - 22%) berdasarkan PERPU bank Indonesia Nomor 6/12/PBI/2014, diambil 19%

N = Nilai buku alat pada akhir tahun ke-10

(berdasarkan tabel Nilai buku pada akhir tahun ke-k Rp. 247.500.000,-)

a = Standar jam kerja per tahun (1920 jam Menurut kepmenakertrans No. 102/men/VI/2004)

$$BMo = (i \times N)/a$$

$$= (19\% \times \text{Rp. } 247.500.000,-) / 1920$$

$$= \text{Rp. } 24.492,18 / \text{Jam}$$

c. Biaya manajemen

$$BMa = (m \times A)/a$$

BMa = Biaya manajemen (Rp/Jam)

m = Faktor (%), biasanya diambil 5% (berdasarkan buku manajemen alat berat Ir. Asiyanto, MBA, IPM)

K	B _{k-1} (Rp)	D _k (Rp)	B _k (Rp)
1	2	3	4
0	0	0	2.750.000.000
1	2.750.000.000	250.250.000	2.499.750.000
2	2.499.750.000	250.250.000	2.249.500.000
3	2.249.500.000	250.250.000	1.999.250.000
4	1.999.250.000	250.250.000	1.749.000.000
5	1.749.000.000	250.250.000	1.498.750.000
6	1.498.750.000	250.250.000	1.248.500.000
7	1.248.500.000	250.250.000	998.250.000
8	998.250.000	250.250.000	748.000.000
9	748.000.000	250.250.000	497.750.000
10	497.750.000	250.250.000	247.500.000

A = Harga beli alat (Rp. 2.750.000.000,-)

a = Standar jam kerja per tahun (1920 jam

Menurut kepmenakertrans No. 102/men/VI/2004)

$$BMa = (m \times A)/a$$

$$= (5\% \times \text{Rp. } 2.750.000.000,-) / 1920$$

$$= \text{Rp. } 71.614,58 / \text{Jam}$$

d. Biaya bahan bakar

$$BBb = F \times 0,3 (\text{premium}) \times h \times PK$$

$$= F \times 0,2 (\text{solar}) \times h \times PK$$

BBb = Biaya bahan bakar (Rp/Jam)

= Harga bahan bakar per liter (Solar industri

Rp. 10.000/Liter)

P = Nilai PK alat yang bersangkutan (170 hp berdasarkan brosur *Link-Belt LS 108*)

= Faktor Efisiensi (60%-80%) (diambil nilai tengah 70% berdasarkan buku manajemen alat berat

Ir. Asiyanto, MBA, IPM)

$$BBb = F \times 0,2 (\text{solar}) \times h \times PK$$

$$= 70\% \times 0,2 (\text{solar}) \times 10.000 \times 170$$

$$= \text{Rp. } 238.000 / \text{Jam}$$

e. Biaya pelumas mesin

Dapat dirumuskan sebagai berikut:

$$BMP = \{[(F \times PK) / 195,5] + (C/t)\} \times h$$

Dimana:

BMp = Biaya minyak pelumas (Rp/jam)

F = Faktor minyak pelumas (0,63 berdasarkan tabel F kondisi lapangan sedang)

PK = Nilai PK alat yang bersangkutan (170 hp berdasarkan brosur *Link-Belt LS 108*)

C = Isi *carter* mesin (227 Liter berdasarkan brosur *Link-Belt LS 108*)

t = Waktu antara pergantian minyak pelumas (500 jam berdasarkan wawancara dengan operator)

h = Harga minyak pelumas per liter (Mesran Rp. 25.500,-)

Besarnya F diperoleh dari praktek, tabel F

$$BMP = \{[(F \times PK) / 195,5] + (C/t)\} \times h$$

$$= \{[(0,63 \times 170) / 195,5] + (227 \text{ Liter} / 500 \text{ jam})\} \times 25.500$$

$$= [107,1/195,5) + (0,454)] \times 25.500$$

$$= 1,001 \times 25.500$$

$$= \text{Rp. } 25.546,56 / \text{Jam}$$

f. Biaya minyak *hydraulic*

$$\mathbf{Bmh} = \{ 1,2 \times (C/t) \} \times h$$

Dimana:

Bm = Biaya minyak *hydraulic* (Rp/jam)

h = Harga minyak *hydraulic* per liter (*Shellf. Tellus T 32* Rp. 60.000,-)

C = Kapasitas isi minyak *hydraulic* (553 Liter, berdasarkan brosur *type Link-Belt type LS 108 B-SS 50 ton*)

t = Waktu antara pergantian minyak *hidraulic* (1000 jam berdasarkan wawancara dengan operator)

$$\mathbf{Bmh} = [1,2 \times (C/t)] \times h$$

$$= [1,2 \times (C/t)] \times h$$

$$= [1,2 \times (553L/1000)] \times 60.000$$

$$= 0,663 \times 60.000$$

$$= \text{Rp. } 39.816,- / \text{Jam}$$

g. Biaya *greace*

$$\mathbf{BG} = g \times h$$

Dimana:

BG = Biaya *greace* (Rp/jam)

g = Kebutuhan *greace* (tabel "g" kondisi sedang)

h = Harga *greace* per kg (*Cobra greace* Per kg Rp. 16.606,-)

Tabel "g" diperoleh nilainya

$$\mathbf{BG} = g \times h$$

$$= 0,15 \times \text{Rp. } 16.606,-$$

$$= \text{Rp. } 2.490,9,- / \text{Jam}$$

h. Biaya operator per jam

Tergantung jumlah tenaga yang dikerjakan pada satu alat dan system penggajian perusahaan yang bersangkutan, durasi kerja 25 hari kerja x 8 jam per hari dibagi gaji diperoleh per bulan. Hasil biaya operator per jam:

Upah operator + Pembantu per bulan

$$\mathbf{Upah\ operator} = \frac{\text{Rp.2.000.000,-} + \text{Rp. } 1.500.000,-}{\text{Jam operasi per bulan (Jam)}}$$

$$\mathbf{Upah\ operator} = \frac{\text{Rp.2.000.000,-} + \text{Rp. } 1.500.000,-}{200\ \text{Jam}}$$

$$= \text{Rp. } 17.500,- / \text{Jam}$$

i. Biaya perbaikan/pemeliharaan

$$\mathbf{BP} = [(n / \Sigma N) \times TBP \times HA] / a$$

Dimana:

Total biaya perbaikan untuk alat yang bekerja berat 90% harga alat, sedangkan untuk alat yang bekerja ringan 60% harga alat termasuk mekanik (34%) dan suku cadang (66%).

BP = Biaya pemeliharaan

n = Tahun ke-n (berdasarkan tabel nilai buku = tahun ke 10)

n = Umur ekonomis alat (10 tahun berdasarkan buku manajemen alat berat Ir. Asiyanto, MBA, IPM,)

TBP = Prosentase total biaya perbaikan (90% Total biaya perbaikan untuk alat yang bekerja berat)

HA = Harga alat (Rp. 2.750.000.000,-)

a = Standar jam kerja per tahun (1920 jam)

$$\mathbf{BP} = [(n / \Sigma N) \times TBP \times HA] / a$$

$$= [(10/(1+2+3+4+5+6+7+8+9+10)) \times 90\% \times \text{Rp. } 2.750.000.000,-] / 1920$$

$$= [0,1818 \times 90\% \times \text{Rp. } 2.750.000.000,-] / 1920$$

$$= \text{Rp. } 234.351,56 / \text{Jam}$$

j. Total biaya langsung

$$= \text{Rp. } 130.338,54 / \text{Jam} + \text{Rp. } 24.492,18 / \text{Jam} + \text{Rp. } 71.614,58 / \text{Jam} + \text{Rp. } 238.000 / \text{Jam} + \text{Rp. } 25.546,56 / \text{Jam} + \text{Rp. } 39.816,- / \text{Jam} + \text{Rp. } 2.490,9,- / \text{Jam} + \text{Rp. } 17.500,- / \text{Jam} + \text{Rp. } 234.351,56 / \text{Jam}$$

$$= \text{Rp. } 784.150,32 / \text{Jam}$$

Dari penjumlahan biaya depresiasi, biaya bunga modal, biaya manajemen, biaya bahan bakar, biaya pelumas mesin, biaya minyak *hydraulic*, biaya *greace*, biaya operator per jam dan biaya perbaikan pemeliharaan.

k. Total biaya tak langsung

Biaya tak langsung (BTL) didasarkan pada prosentase terhadap biaya langsung antara 15-20%. Diambil nilai tengah 17%, selanjutnya dikalikan penjumlahan biaya langsung.

$$\mathbf{BTL} = 17\% \times \mathbf{Biaya\ Langsung}$$

$$= 17\% \times \text{Rp. } 784.150,32 / \text{Jam}$$

$$= \text{Rp. } 133.305,55 / \text{Jam}$$

l. Biaya alat

Dari penjumlahan total biaya langsung ditambah total biaya tak langsung.

$$= \mathbf{Biaya\ langsung} + \mathbf{biaya\ tak\ langsung}$$

$$= \text{Rp. } 784.150,32 / \text{Jam} + \text{Rp. } 133.305,55 / \text{Jam}$$

$$= \text{Rp. } 917.455,87 / \text{jam}$$

m. Harga Satuan alat (proyek PT. Wika Realty apartemen *De Papilio*)

$$= \mathbf{Biaya\ alat/Produktivitas}$$

$$= \text{Rp. } 917.455,87 / 16.898 \text{ (produktivitas proyek PT. Wika Realty)}$$

$$= \text{Rp. } 54.293,75 / \text{m}^3$$

n. Harga Satuan alat (proyek Tol SUMO (Surabaya-Mojokerto))

$$= \mathbf{Biaya\ alat/Produktivitas}$$

$$= \text{Rp. } 917.455,87 / 15.948 \text{ (produktivitas proyek Tol SUMO (Surabaya-Mojokerto))}$$

$$= \text{Rp. } 57.527,95 / \text{m}^3$$

Jadi, secara keseluruhan pekerjaan pengeboran pondasi *bored pile* di proyek PT. Wika Realty dan Tol SUMO (Surabaya-Mojokerto) menggunakan alat berat 1 unit *bore machine type Link-Belt type LS 108 B-SS (50 ton)*. Total biaya langsung Rp. 784.150,32 /Jam, total biaya tak langsung sebesar Rp. 133.305,55 /Jam, biaya alat Rp. 917.455,87 /jam dan harga satuan alat untuk PT. Wika Realty sebesar Rp. 54.293,75 /m³ sedangkan untuk Tol SUMO (Surabaya-Mojokerto) Rp. 57.527,95 /m³.

Analisis Hasil

Setelah dilakukan perhitungan waktu pelaksanaan (durasi) terhadap masing-masing kombinasi maka langkah selanjutnya adalah membandingkan waktu pelaksanaan antara kombinasi *type bore machine*. Kemudian baru biaya pelaksanaan dapat dibandingkan. Untuk lebih jelasnya dapat dilihat pada Tabel 4.8, Tabel 4.9 dan Tabel 4.10 di bawah ini:

Tabel 4.8 Perbandingan Produktivitas Alat Bored Pile.

Jenis Bore Machine	Spesifikasi Alat Berat			Produktivitas (m/Jam)
	Lifting Capacity (ton)	Radius (m)	Boom Length (m)	
Kobelco Type BM 500	50	3.8	51.8	14.464
Link-Belt Type LS 108 B-SS	50	3.35	42.67	16.423

Sumber : Data yang diolah

Tabel 4.9 Perbandingan Perhitungan Biaya Alat Bored Pile

	Kobelco Type BM 500	Link-Belt Type LS 108 B-SS	Selisih
Waktu	30 Hari kerja	30 hari kerja	-
Produktivitas	14.464 m/jam	16.423 m/jam	1,959 m/jam
Jumlah Pekerja	1 Operator mesin + 3 orang pembantu	1 Operator mesin + 3 orang pembantu	-
Total Biaya Alat	Rp. 1.586.576,37 /jam	Rp. 917.455,87 /jam	Rp. 669.120,5

Sumber : Data yang diolah

Tabel 4.10 Perbandingan Produktivitas Pemakaian Alat Bore Machine pada Pembuatan Pondasi BoredPile

Jenis Bore Machine	Biaya Operasional Alat			Total Biaya Alat (per jam)
	Biaya Langsung (per jam)	Biaya Tak Langsung (per jam)	Harga Satuan Alat (per m')	
1	2	3	4	5 = 2+3
Kobelco Type BM 500	Rp. 1.356.048,19,-	Rp. 230.528,18	Rp. 109.691,39	Rp. 1.586.576,37
Link-Belt Type LS 108 B-SS	Rp. 784.150,32	Rp. 133.305,55	Rp. 54.293,75 (WIKA Realty) Rp. 57.527,95 (TOL SUMO)	Rp. 917.455,87

Sumber: Data yang diolah

Biaya sewa diperoleh dari total biaya operasional alat. Untuk total biaya sudah termasuk biaya pekerja dan belum termasuk biaya *mobilisasi* alat. Dari Tabel 4.10 dapat disimpulkan bahwa setelah diterapkan memakai *bore machine type Link-Belt LS 108 B-SS* bisa menghemat biaya sebesar Rp. 669.120,5,- tapi dengan produktivitas lebih tinggi dari merk *Kobelco type BM 500*.

Besarnya tingkat produktivitas diperoleh dari hasil pengumpulan data tentang tingkat jenis *bore machine* masing-masing selama penelitian. Dari hasil pengolahan data tentang tingkat produktivitas masing jenis *bore machine* pada pekerjaan pengeboran pondasi *bored pile* di proyek Surabaya, dapat diketahui besarnya tingkat produktivitas alat rata-rata adalah 16.423 m/jam dengan menggunakan *bore machine type Link-Belt LS 108 B-SS* dan 14.464 m/jam dengan menggunakan *type Kobelco BM 500*. Hal ini menunjukkan bahwa tingkat produktivitas pekerjaan pengeboran pondasi *bored pile* pada proyek pembangunan proyek di Surabaya cukup produktif dan memuaskan.

Dari hasil pengolahan data tingkat produktivitas alat berat *bore machine* dapat diketahui pula bahwa Berdasarkan perbandingan waktu pelaksanaan pekerjaan pondasi *bored pile* yang pada pekerjaan pengeboran (*drilling*). Biaya yang dibutuhkan *bored pile* untuk pekerjaan pondasi *bored pile* adalah 30 hari kerja dengan biaya sebesar Rp. 1.586.576,37,-/jam (satu juta lima ratus delapan puluh enam ribu lima ratus tujuh puluh enam rupiah koma tiga puluh tujuh) untuk *type Kobelco BM 500* sedangkan untuk *type Link-Belt LS 108 B-SS* sebesar Rp. 917.455,87 /jam (sembilan ratus tujuh belas ribu empat ratus lima puluh lima rupiah koma delapan puluh tujuh).

Dapat disimpulkan pada pekerjaan pengeboran yaitu memakai *bore machine type Link-Belt LS 108 B-SS* bisa menghemat biaya total alat sebesar Rp. 669.120,5,- tapi dengan produktivitas lebih tinggi dari merk *Kobelco type BM 500*. Proyek PT. Bhirawa Steel biaya total alat *bore machine* lebih mahal dikarenakan faktor diameter lubang *bore* pondasi yang lebih besar dibandingkan dengan proyek Apartemen *De Papilio Tamansari* dan Tol SUMO (Surabaya-Mojokerto) Perbedaan harga (kemahalan) karena Ø lubang *bored pile type Link-Belt LS 108 B-SS* = 80cm, sedangkan *Kobelco type BM 500* Ø lubang *bored pile* = 100cm. Jadi diameter *bored pile* lebih murah (Ø80cm) dibanding diameter *bored pile* (Ø100cm). Untuk itu dibutuhkan alat berat *bore machine* lebih banyak sehingga pada saat mengebor titik bor dapat lebih cepat dengan kapasitas yang lebih besar.

PENUTUP Simpulan

Berdasarkan hasil dan analisis data yang diperoleh selama pelaksanaan penelitian dengan menggunakan peralatan berat *bore machine* maka

dapat diambil kesimpulan. Maka dapat diambil kesimpulan:

1. Produktivitas alat berat *bore machine* untuk pekerjaan pengeboran pondasi *bored pile* di tiga proyek berbeda di kota Surabaya adalah jumlah rata-rata 16.423 m/jam dengan menggunakan *bore machine type Link-Belt LS 108 B-SS* sedangkan *type Kobelco BM 500* 14.464 m/jam.
2. Biaya yang dibutuhkan *bored pile* untuk pekerjaan pondasi *bored pile* adalah 30 hari kerja dengan biaya sebesar Rp. 1.586.576,37,- /jam (satu juta lima ratus delapan puluh enam ribu lima ratus tujuh puluh enam rupiah koma tiga puluh tujuh) untuk *type Kobelco BM 500* sedangkan untuk *type Link-Belt LS 108 B-SS* sebesar Rp. 917.455,87 /jam (sembilan ratus tujuh belas ribu empat ratus lima puluh lima rupiah koma delapan puluh tujuh).
3. Untuk proyek PT. Bhirawa *Steel* biaya total alat *bore machine* lebih mahal dikarenakan faktor diameter lubang *bore* pondasi yang lebih besar dibandingkan dengan proyek Apartemen *De Papilio Tamansari dan Tol SUMO (Surabaya-Mojokerto)*. Perbedaan harga dan produktivitas antara kedua alat itu karena \varnothing lubang *bored pile type Link-Belt LS 108 B-SS* = 80cm, sedangkan *Kobelco type BM 500* \varnothing lubang *bored pile* = 100cm. Jadi diameter *bored pile* lebih murah (\varnothing 80cm) dibanding diameter *bored pile* (\varnothing 100cm).

Saran

Berdasarkan hasil penelitian ini, disarankan kepada peneliti yang menggunakan pondasi *bored pile* agar memperhatikan beberapa hal sebagai berikut:

1. Pada setiap penggunaan peralatan dan pemilihan peralatan pada pembangunan proyek perlu diperhatikan yaitu lokasi dan kondisi proyek, rencana dari bangunan proyek meliputi waktu dan biaya serta metode kerja dari peralatan itu sendiri. Karena pembahasan tugas akhir ini hanya dibatasi pada penggunaan peralatan *bore machine* untuk pekerjaan pengeboran pondasi *bored pile* saja sehingga dirasa kurang lengkap. Maka untuk bisa menentukan sub pekerjaan yang lain perlu dibahas lagi suatu penelitian atau studi lanjutan tentang masalah.
2. Pada pekerjaan pengeboran dibutuhkan alat berat *bore machine* lebih banyak sehingga pada saat mengebor titik bor dapat lebih cepat dengan kapasitas yang lebih besar.
3. Perhitungan produktivitas *bore machine* sebaiknya dihitung mulai dari awal titik pengeboran sampai akhir pondasi agar di dapat hasil yang lebih akurat.

DAFTAR PUSTAKA

- Brosur *bore machine Kobelco Type BM 500 (55 ton), Crane merk link belt Type LS 108 B-SS (50 ton)*.
- Fatena Rostiyanti, Susy. 2002. *Alat Berat Untuk Proyek Konstruksi*. Jakarta; Rineka Cipta.
- Handbook, 2008. *PERI Handbook Fromwork. United States Of Amerika (USA); PERI Fromwork Systems.Inc.*
- Sunur, Robertus R. & Kurniawan, Adi. 2008. *Program Perhitungan Efektivitas Penggunaan Tower Crane Pada Proyek Bangunan Bertingkat. Skripsi* tidak diterbitkan, Surabaya: Jurusan Teknik Sipil Universitas Kristen Petra.
- Tim Penyusun, 2006. *Pedoman Penulisan dan Ujian Skripsi UNESA*. Surabaya; Unesa Press.
- Wiratno, Hernawan & Hardimasta, Singgih. 2009. *Perbandingan Waktu Tempuh Ideal dan Waktu Tempuh Aktual Tower Crane dalam Proyek Konstruksi. Skripsi* tidak diterbitkan, Surabaya; Jurusan Teknik Sipil Universitas Kristen Petra.
- Rochmanhadi, Ir. 1982. *Alat-Alat Berat dan Penggunaannya*. Jakarta: Departemen Pekerjaan Umum Badan Penerbit Pekerjaan Umum.
- Asiyanto, Ir., MBA., IPM. 2008. *Manajemen Alat Berat Untuk Konstruksi*. Jakarta; PT. Pradnya Paramita.
- Rochmanhadi, Ir. 1984. *Perhitungan Biaya Pelaksanaan Pekerjaan Dengan Menggunakan Alat-Alat Berat*. Semarang: Departemen Pekerjaan Umum Badan Penerbit Pekerjaan Umum.