

# **ANALISIS PENGGALIAN KOMBINASI SISTEM *BENCHES* DAN *VERTICAL DIGGING* PADA KAPAL KERUK 21 SINGKEP 1 AREA PENAMBANGAN LAUT AIR KANTUNG PT. TIMAH (PERSERO), TBK.**

## **THE ANALYSIS OF *BENCHES* AND *VERTICAL DIGGING* COMBINATION SYSTEM ON KAPAL KERUK 21 SINGKEP 1 AIR KANTUNG SEA AREA PT. TIMAH (PERSERO), TBK.**

***Rizki Syafrullah<sup>1</sup>, Machmud Hasjim<sup>2</sup> dan Restu Juniah<sup>3</sup>***

*<sup>1,2,3</sup>Jurusan Teknik Pertambangan, Fakultas Teknik, Universitas Sriwijaya, Jl. Sriwijaya Negara  
Bukit Besar, Palembang, 30139, Indonesia;  
E-mail : rizki.syafrullah@yahoo.co.id*

### **ABSTRAK**

*Kapal Keruk 21 Singkep 1 merupakan aset milik PT. Timah (Persero) Tbk, yang digunakan dalam kegiatan penambangan timah lepas pantai (offshore) di perairan Pulau Bangka. Keberhasilan suatu penggalian pada Kapal Keruk dapat diukur dari nilai Laju Pemandahan Tanah (LPT) dan konsumsi daya yang dihasilkan, namun keamanan dari suatu penggalian juga harus dipertimbangkan dengan seksama yang dapat dilihat dari kemiringan lereng (slope) yang terbentuk dari proses penggalian yang harus sesuai dengan standar keamanan lereng yang ditentukan. Berdasarkan pengolahan dan analisis data di lapangan diketahui bahwa sistem penggalian yang paling direkomendasikan untuk diterapkan pada lokasi sesuai rencana kerja Ferbruari 2016 adalah kombinasi sistem benches dan vertical digging 3 jenjang dengan nilai LPT 506,47 m<sup>3</sup>/jam dan konsumsi daya 0,4714 m<sup>3</sup>/kWh dengan kemiringan lereng (slope) 44,12° dimana lebih unggul bila dibandingkan sistem benches yang hanya menghasilkan nilai LPT 500,37 m<sup>3</sup>/jam dan konsumsi daya 0,4659 m<sup>3</sup>/ kWh meskipun dengan kemiringan (slope) yang lebih landai 36,24°. Kombinasi sistem benches dan vertical digging 2 jenjang dengan nilai LPT 509,50 m<sup>3</sup>/jam dan konsumsi daya 0,4736 m<sup>3</sup>/ kWh dengan kemiringan lereng (slope) 49,16° serta sistem vertical digging dengan nilai LPT 512,66 m<sup>3</sup>/jam dan konsumsi daya 0,4773 m<sup>3</sup>/ kWh dengan kemiringan lereng (slope) 55,11° menjadikan kedua sistem ini tidak tepat untuk diterapkan dikarenakan tidak memenuhi standar keamanan lereng yang ditentukan.*

**Kata Kunci:** Penggalian, Kombinasi, Benches, Vertical Digging, Laju Pemandahan Tanah, Konsumsi Daya

### **ABSTRACT**

*Kapal Keruk 21 Singkep 1 is an asset of PT. Timah (Persero) Tbk, which is used in offshore tin mining activities in the sea of Bangka Island. The success of an excavation at Kapal Keruk can be measured from the value of Soil Transferring Rate (LPT) and power consumption produced, but the safety of an excavation should also be taken into consideration which can be seen from the slope which is formed from the excavation process must be in accordance with the slope safety standarts. Based on the data processing and analysis in the field, it is known that the most recommended excavation system to be implemented on February 2016 work plan is a combination of benches and vertical digging system three levels . It is seen from the value of LPT 506,47 m<sup>3</sup>/hr and power consumption 0,4714 m<sup>3</sup>/kWh with slope 44,12° which are better compared to benches system which only produces LPT 500,37 m<sup>3</sup>/hr and power consumption 0,4659 m<sup>3</sup>/kWh although it has more declivous slope 36,24°.Combination of benches and vertical digging system two levels, producing LPT value 509,50 m<sup>3</sup>/hr and power consumption 0,4736 m<sup>3</sup>/kWh with slope 49,16° while the vertical digging system with LPT value 512,66 m<sup>3</sup>/hr and power consumption 0,4773 m<sup>3</sup>/kWh with slope 55,11° causing both system to be inappropriate to be applied because neither of them pass slope safety standart.*

**Keyword:** Excavation, Combination, Benches, Vertical Digging, , Soil Transferring Rate, Power Consumption

## 1. PENDAHULUAN

Indonesia merupakan negara yang kaya akan sumber daya alam, antara lain jebakan timah. Jalur timah ini dikenal dengan sebutan sabuk timah Asia Tenggara yang membuat Indonesia menjadi salah satu negara dengan cadangan timah yang besar di dunia [1].

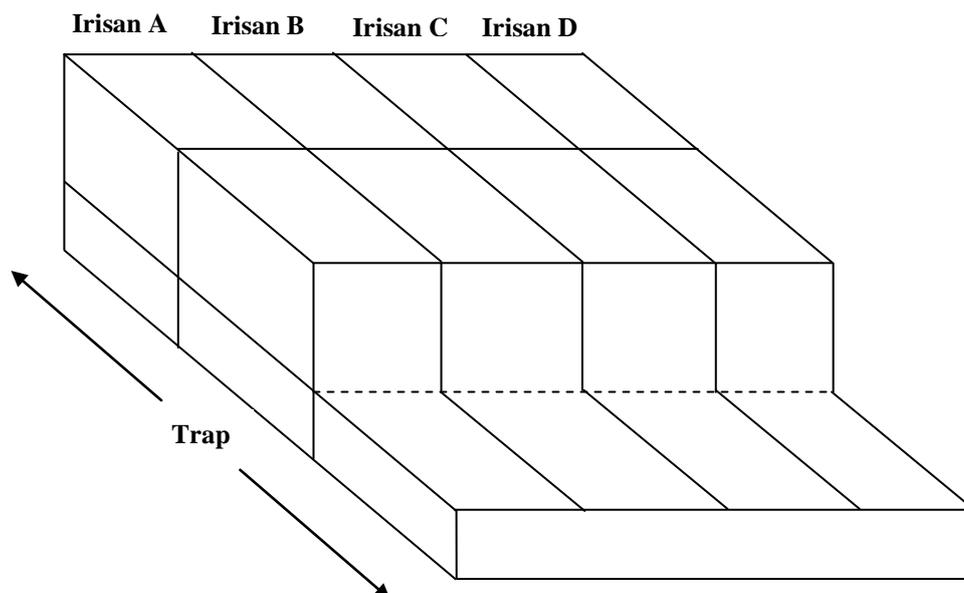
Kapal Keruk 21 Singkep 1 merupakan aset PT. Timah (Persero) Tbk. dalam penambangan lepas pantai (*offshore*) yang beroperasi di perairan Bangka dimana merupakan daerah dengan endapan timah terbesar di Indonesia[2]. Kapal keruk adalah kapal yang memiliki rangkaian alat yang berfungsi untuk melakukan penggalian mineral dibawah air seperti *bucket*, *ladder* maupun alat-alat penunjang kegiatan penggalian [3]. Mekanisme penggalian bijih timah yang dilakukan kapal keruk merupakan perpaduan antara pergerakan rantai mangkok yang mengelilingi ladder seperti halnya rantai pada sepeda. *Ladder* diturunkan hingga mencapai dasar laut, lalu mangkok yang beregerak pada *ladder* akan menggali lapisan tanah yang berada di dasar laut, lalu bergerak keatas mengikuti ladder hingga menuju permukaan laut dan akhirnya endapan di tampung pada kapal keruk [4]. Proses penambangan pada kapal keruk dilanjutkan dengan proses pencucian atau *mineral dressing* yang bertujuan untuk memisahkan mineral timah dari mineral pengotornya dengan menggunakan jig [5]. Perkembangan teknologi pada kapal keruk sangatlah membantu kegiatan penambangan dibawah air, karena sebagian besar dikerjakan oleh mesin yang dioperasikan oleh operator [6] .

Keberhasilan suatu penggalian pada Kapal Keruk dapat diukur dari nilai Laju Pindahkan Tanah (LPT) dan konsumsi daya (kWh) yang dihasilkan, namun keamanan dari suatu penggalian juga harus dipertimbangkan dengan seksama yang dapat dilihat dari kemiringan lereng (*slope*) yang terbentuk dari proses penggalian yang harus sesuai dengan ketentuan.

Sistem penggalian pada Kapal Keruk 21 Singkep 1 saat ini merupakan kombinasi sistem *benches* dan *vertical digging* yang terdiri dari 2 jenjang. Penerapan sistem ini bertujuan untuk mencapai Laju Pindahkan Tanah (LPT) yang tinggi diikuti dengan konsumsi daya yang hemat, namun sayangnya sistem penggalian tersebut menghasilkan kemiringan lereng (*slope*) yang melebihi standar yang digunakan sehingga beresiko untuk terjadi longsor.

Penelitian ini akan menjelaskan sistem penggalian yang digunakan pada Kapal Keruk 21 Singkep 1 saat ini, serta perbandingannya dengan kombinasi sistem *benches* dan *vertical digging* 3 jenjang, sistem *benches*, serta sistem *vertical digging* berdasarkan variabel-variabel diatas yang disesuaikan dengan Rencana Kerja (RK) bulan Februari 2016 yaitu Laut Air Kantung, Kecamatan Sungailiat, Kabupaten Bangka [7].

Analisis ini disesuaikan dengan metode penggalian yang digunakan yaitu metode *shortface* yang membagi lebar kolong kerja menjadi menjadi beberapa irisan [8] yang dalam hal ini dibagi menjadi 4 irisan dengan lebar setiap irisan 30 m (3snee) sebagaimana pada Gambar 1 dibawah ini. Proses penggalian dilakukan satu irisan per satu irisan.



Gambar 1. Sketsa Metode Penggalian *Short Face* KK 21 Singkep 1

## 2. METODOLOGI PENELITIAN

Penelitian berlangsung pada 1 Februari - 30 Maret 2016. Tahapan penelitian dimulai dari studi literatur untuk memperoleh bahan pustaka dan referensi terkait yang menunjang penelitian dimana dapat berasal dari buku, dan jurnal ilmiah. Studi literatur digunakan sebagai landasan dan pedoman dalam penyelesaian masalah yang dirumuskan.

Tahapan penelitian dilanjutkan dengan penelitian langsung ke lapangan yang diawali dengan orientasi lapangan untuk menentukan pengambilan data-data yang diperlukan. Data yang diperlukan terdiri dari data primer dan data sekunder. Data primer yang diperlukan berupa nilai penekanan *ladder*, kecepatan naik turun *ladder*, dan kecepatan tarik kawat pada Kapal Keruk 21 Singkep 1. Data sekunder berupa peta Rencana Kerja (RK), laporan harian produksi, dan spesifikasi kapal Keruk 21 Singkep 1.

Pengolahan data dilakukan dengan melakukan perhitungan dari data primer dan sekunder yang diperoleh dari hasil pengamatan. Perhitungan dilakukan untuk waktu yang dibutuhkan Kapal Keruk untuk melakukan proses penggalian. Waktu yang diperlukan dalam penggalian didapat dengan menggunakan Persamaan (2) seperti dibawah ini [9]:

$$w = \frac{H}{d} \left( \frac{d}{vL} + \frac{L}{vG} \right) \quad (1)$$

Keterangan:

- w = Waktu yang diperlukan untuk penggalian per permukaan kerja/1 trap, (menit)
- H = Kedalaman lapisan yang digali, (meter)
- d = Kedalaman penekanan ladder, (meter/menit)
- vL = Kecepatan penekanan Ladder, (meter/menit)
- L = Lebar permukaan kerja, (meter)
- vG = Kecepatan tarik kawat samping, (meter/menit)

Waktu penggalian permukaan kerja (1 trap) dikalikan dengan banyaknya trap yang digali dalam proses penggalian (sesuai sketsa penggalian pada pembahasan) dan ditambahkan dengan waktu tambahan yaitu,

1. Waktu untuk menaikkan *ladder*, (meter/menit)
  2. Waktu untuk maju dan mundur kapal, (meter/menit),
- Sehingga didapat waktu total yang diperlukan dalam penggalian (W),

Waktu untuk melakukan penggalian dengan volume tertentu merupakan nilai Laju Pemindahan Tanah (LPT) yang dapat dihitung dengan Persamaan (1) seperti dibawah ini [10]:

$$LPT = \frac{VPT}{W} \quad (2)$$

Keterangan:

- LPT = Laju Pemindahan Tanah, (m<sup>3</sup>/jam)
- VPT = Volume Pemindahan Tanah ( m<sup>3</sup>)
- W = Waktu total yang diperlukan dalam penggalian (jam)

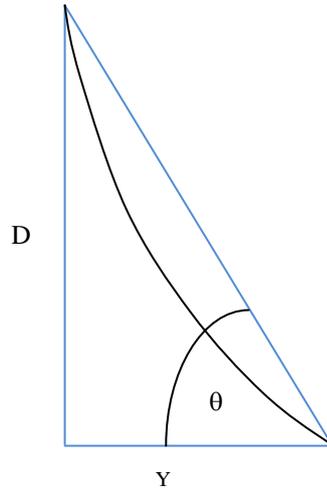
Konsumsi daya untuk melakukan penggalian dengan volume tertentu m<sup>3</sup>/kWh yang dapat dihitung dengan Persamaan (3) seperti dibawah ini:

$$m^3/kWh = \frac{VPT}{kWh} \quad (3)$$

Keterangan:

- m<sup>3</sup>/kWh = Volume penggalian/kWh
- VPT = Volume Pemindahan Tanah ( m<sup>3</sup>)
- kWh = Total konsumsi daya yang diperlukan selama proses penggalian (kWh),

Kemiringan lereng (*slope*) yang terbentuk akibat penerapan sistem penggalian dapat ditentukan dengan Persamaan (4) sebagaimana dijelaskan pada Gambar 2 dibawah ini:



**Gambar 2. Sketsa Slope Penggalian pada Kapal Keruk**

$$\alpha = \tan^{-1} \left( \frac{D}{Y} \right) \quad (4)$$

Keterangan:

- $\alpha$  = Sudut *Overall Slope*
- D = Tinggi *Slope*
- Y = Lebar *Slope*

Variabel-variabel diatas dihitung berdasarkan Rencana Kerja (RK) Kapal Keruk 21 Singkep 1. Hasil dari pengolahan data tersebut berupa nilai Laju Pemindahan Tanah (LPT), Konsumsi daya dan kemiringan lereng (*slope*) masing-masing sistem penggalian.

Analisis dilakukan terhadap nilai-nilai diatas sehingga didapat poin-poin yang berkenaan dengan kelebihan dan kekurangan masing-masing sistem penggalian. Berdasarkan perbandingan tersebut maka dapat ditentukan sistem penggalian yang paling direkomendasikan untuk diterapkan pada Kapal Keruk 21 Singkep 1

### 3. HASIL DAN PEMBAHASAN

#### 3.1 Kombinasi Sistem Benches dan Vertical Digging 2 Jenjang

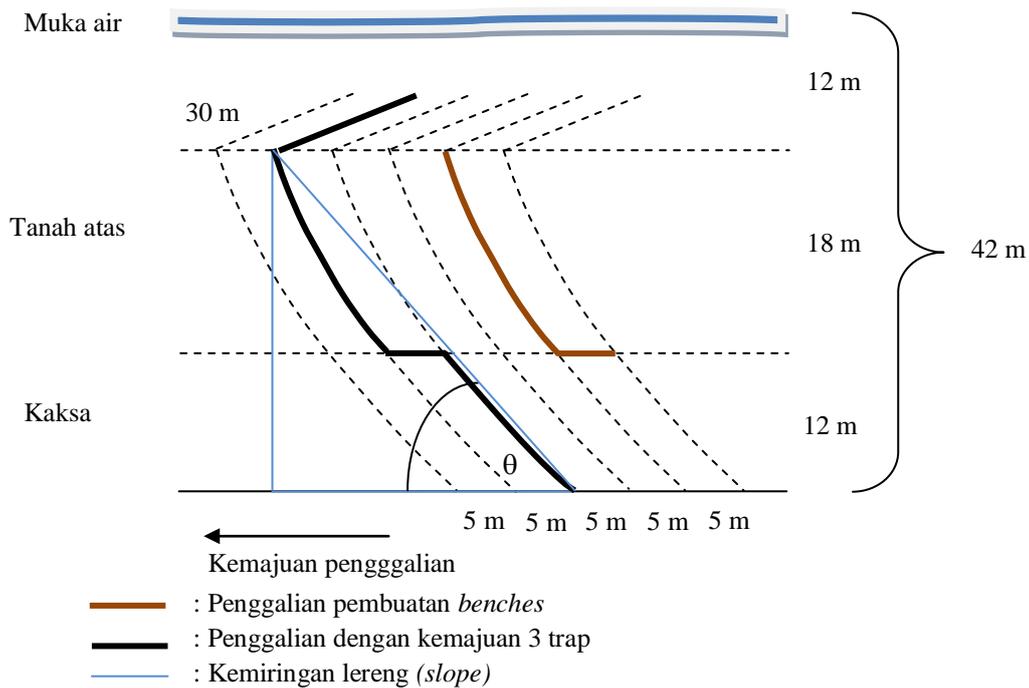
Sistem ini merupakan sistem yang diterapkan pada Kapal Keruk 21 Singkep 1 saat ini. Berikut ini merupakan penjelasan mengenai kombinasi sistem *benches* dan *vertical digging* 2 jenjang.

Proses penggalian dibagi menjadi 2 lapisan, yaitu lapisan tanah atas dengan kedalaman 18 m dan lapisan kaksa dengan kedalaman 12 m. Lebar kolong kerja penggalian bernilai 30 m untuk satu irisan.

Proses penggalian dimulai dengan membuat *benches* dimana kapal melakukan penggalian pada lapisan tanah atas dengan kemajuan 1 trap. Proses pembuatan *benches* dilakukan satu persatu untuk setiap irisan, dimulai irisan A sampai irisan D.

Penggalian dilanjutkan dengan kemajuan 3 trap untuk setiap lapisan. Pembuatan *benches* pada penggalian sebelumnya membuat penggalian selanjutnya dapat dilakukan dengan kemajuan yang sama. Kapal menggali lapisan tanah atas dengan kemajuan 3 trap untuk setiap irisan dimulai dari irisan D ke irisan A lalu kapal mundur dan melakukan penggalian pada lapisan kaksa dengan kemajuan penggalian 3 trap untuk setiap irisan dimulai dari irisan A ke irisan D.

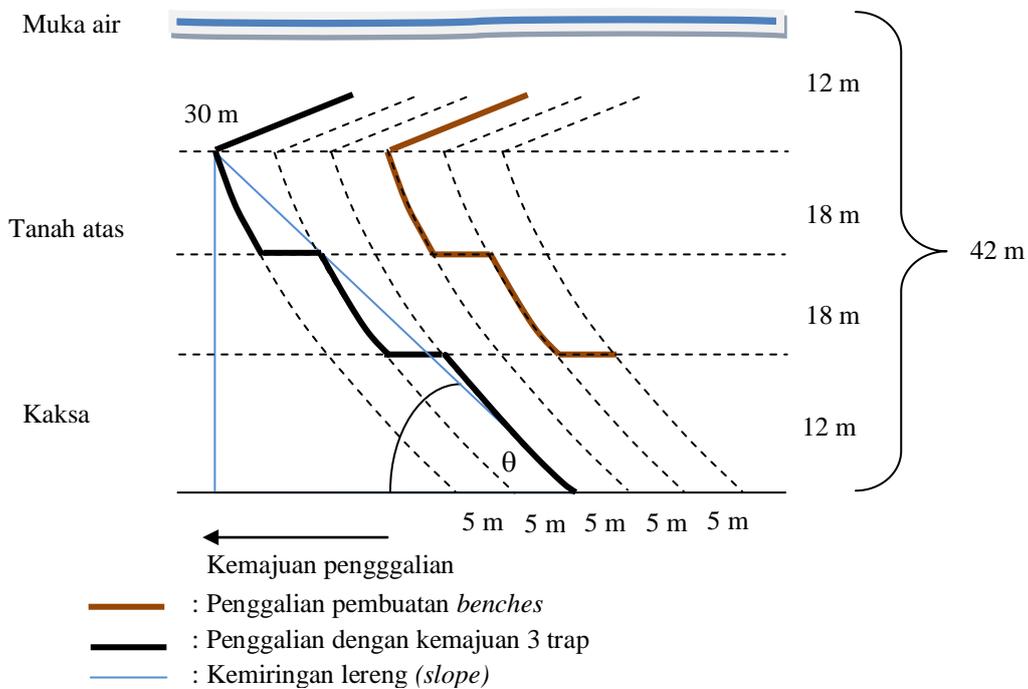
Penggalian dengan menggunakan kombinasi sistem *benches* dan *vertical digging* 2 jenjang menghasilkan nilai LPT sebesar 509,50 m<sup>3</sup>/jam dan konsumsi daya 0,4736 m<sup>3</sup>/kWh serta kemiringan lereng penggalian (*slope*) sebesar 49,16°. Sketsa penggalian kombinasi sistem *benches* dan *vertical digging* 2 ditunjukkan pada Gambar 3.



**Gambar 3 Sketsa Penggalian Kombinasi Sistem *Benches* dan *Vertical Digging 2 Jenjang***

### 3.2 Kombinasi Sistem *Benches* dan *Vertical Digging 3 jenjang*

Proses penggalian dengan sistem ini membagi lapisan tanah menjadi 3 lapisan. Lapisan 1 dan 2 merupakan lapisan tanah atas dengan kedalaman masing-masing 9 m, sedangkan lapisan 3 merupakan lapisan kaksa dengan kedalaman 12 m. Sketsa penggalian kombinasi sistem *benches* dan *vertical digging 3 jenjang* ditunjukkan pada Gambar 4 dibawah ini.



**Gambar 4 Sketsa Penggalian Kombinasi Sistem *Benches* dan *Vertical Digging 3 Jenjang***

Penggalian dimulai dengan pembuatan *benches* pada lapisan tanah atas. Kapal menggali lapisan tanah atas 1 dengan kemajuan 2 trap dari irisan A ke irisan D, lalu mundur dan melanjutkan penggalian lapisan tanah atas 2 dengan kemajuan 1 trap dari irisan D ke irisan A.

Penggalian dilanjutkan dengan kemajuan 3 trap untuk setiap lapisan. Kapal menggali lapisan tanah atas 1 dengan kemajuan 3 trap dari irisan A ke irisan D, lalu mundur dan melakukan penggalian lapisan tanah atas 2 dengan kemajuan yang sama dari irisan D ke irisan A. Proses penggalian dilanjutkan pada penggalian lapisan kaksa setelah lapisan tanah atas untuk setiap irisan selesai digali. Proses penggalian pada lapisan kaksa dengan kemajuan 3 trap dilakukan dari irisan A hingga irisan D.

Penggalian dengan menggunakan kombinasi sistem *benches* dan *vertical digging* 3 jenjang menghasilkan nilai LPT sebesar 506,47 m<sup>3</sup>/jam dan konsumsi daya 0,4714 m<sup>3</sup>/kWh serta kemiringan lereng penggalian (*slope*) sebesar 44,12°.

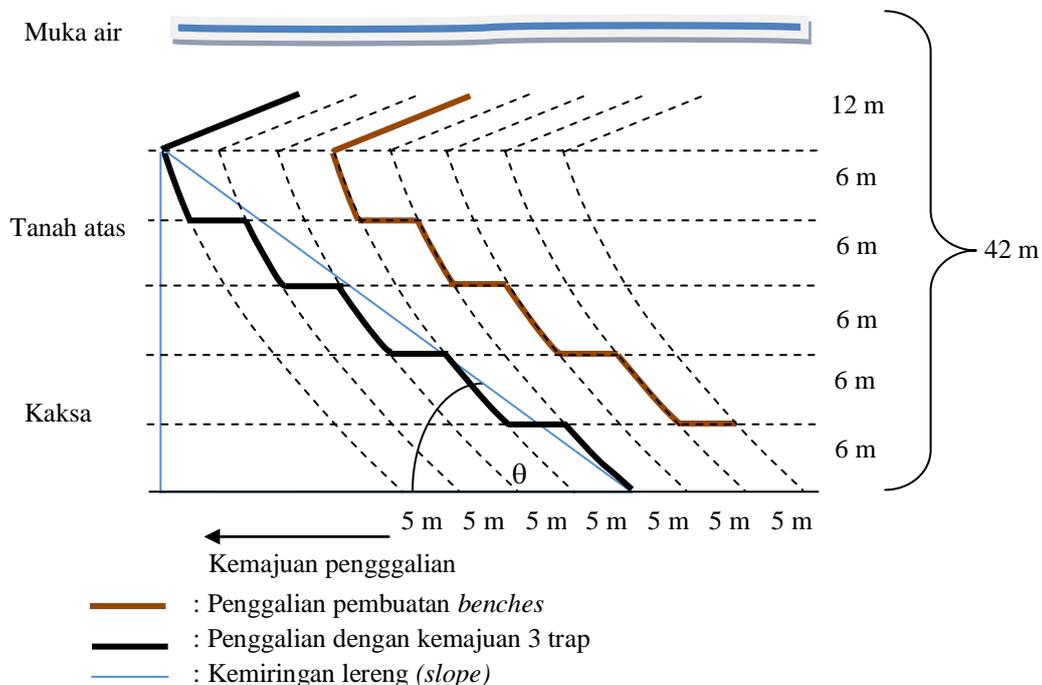
### 3.3 Sistem Benches

Proses penggalian dengan sistem ini membagi lapisan tanah menjadi 5 lapisan. Lapisan 1, 2 dan 3 merupakan lapisan tanah atas dengan kedalaman masing-masing 6 m, sedangkan lapisan 4 dan 5 merupakan lapisan kaksa dengan kedalaman 6 m.

Penggalian dimulai dengan pembuatan *benches*. Kapal menggali lapisan 1 dengan kemajuan 4 trap, lapisan 2 dengan kemajuan 3 trap, lapisan 3 dengan kemajuan 2 trap, lapisan 4 dengan kemajuan 1 trap. Penggalian dilakukan selapis demi selapis selebar 4 irisan A sampai D.

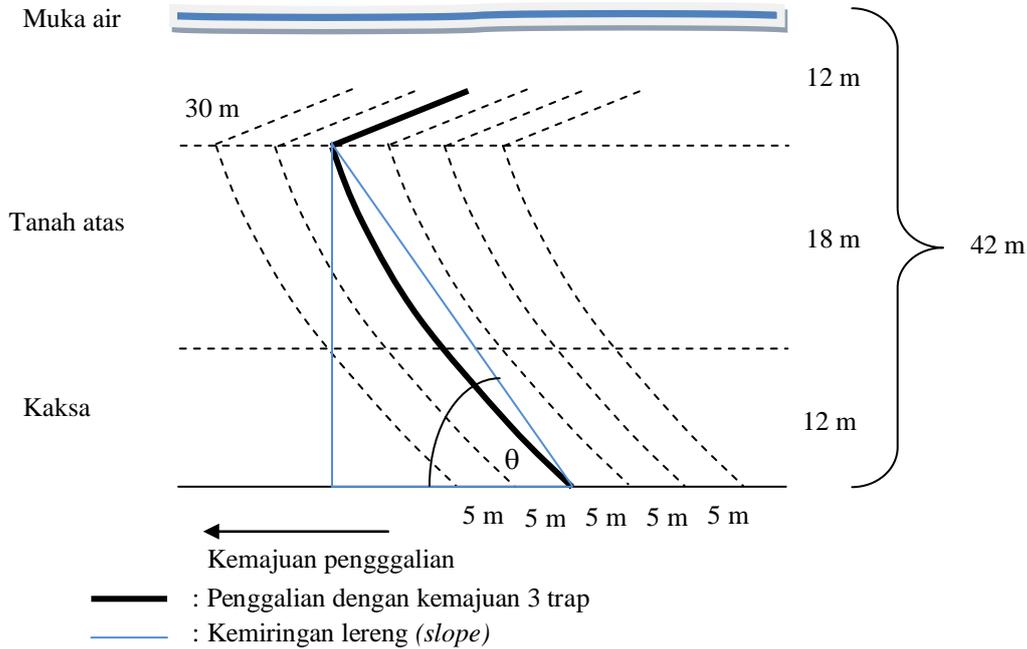
Penggalian dilanjutkan dengan kemajuan 3 trap untuk setiap lapisan. Kapal menggali lapisan tanah atas 1 sampai 3 dengan kemajuan 3 trap untuk setiap irisan dengan mekanisme yang sama saat pembuatan *benches*. Proses penggalian dilanjutkan pada lapisan kaksa setelah lapisan tanah atas untuk setiap irisan selesai digali. Kapal mundur dan melakukan penggalian pada lapisan 4 dari irisan D ke irisan A, lalu mundur lagi untuk melakukan penggalian lapisan 5 dari irisan A ke irisan D.

Penggalian dengan menggunakan sistem *benches* menghasilkan nilai LPT sebesar 500,37 m<sup>3</sup>/jam dan konsumsi daya 0,4659 m<sup>3</sup>/kWh serta kemiringan lereng penggalian (*slope*) sebesar 36,24°. Sketsa penggalian kombinasi sistem *benches* ditunjukkan pada Gambar 5 dibawah ini



Gambar 5 Sketsa Penggalian Sistem *Benches*

### 3.4 Sistem Vertical Digging



**Gambar 6. Sketsa Penggalian Sistem Vertical Digging**

Sistem ini menggabungkan lapisan tana atas dan lapisan kaksa menjadi satu lapisan dengan kedalaman 30 m. Sketsa penambangan dari penggalian sistem *vertical digging* sebagaimana ditunjukkan pada gambar 3.4 diatas .

Proses penggalian menggunakan sistem *vertical digging* dilakukan dengan menggali lapisan tanah secara bertahap dari permukaan lapisan tanah atas hingga mencapai batuan dasar/kong dengan nilai penekanan ladder yang berbeda untuk lapisan tanah atas dan lapisan kaksa. Proses penggalian dilakukan dengan kemajuan 3 trap untuk setiap irisan dimulai dari irisan A sampai irisan D.

Penggalian dengan sistem vertical digging tidak membutuhkan pembuatan *benches* sehingga proses penggalian dapat langsung dilakukan dengan kemajuan senilai 3 trap dan akibatnya menghasilkan nilai LPT sebesar 512,66 m<sup>3</sup>/jam dan konsumsi daya 0,4773 m<sup>3</sup>/kWh serta kemiringan lereng (*slope*) sebesar 55,11°.

### 3.5 Matriks Hasil Penelitian

Rangkuman penelitian disajikan dalam bentuk matriks sebagaimana ditunjukkan pada Tabel 1 dibawah ini.

**Tabel 1. Matiks Penelitian**

Sistem Penggalian	LPT (m <sup>3</sup> /jam) & kWh (m <sup>3</sup> /kWh)	Kemiringan Lereng/ Slope ( $\alpha$ )	Kelebihan	Kekurangan
Kombinasi Sistem Benches dan Vertical Digging 2 Jenjang	= 509,50 & = 0,4736	49,16°	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Proses penggalian mencapai lapisan kaksa menjadi lebih cepat.</li> <li>- Waktu untuk maju dan mundur kapal lebih sedikit sehingga LPT besar</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Kemiringan lereng (<i>slope</i>) yang curam melebihi ketentuan</li> <li>- Penggalian lapisan kaksa menjadi kotor karena material longsor akan langsung jatuh ke lapisan kaksa</li> </ul>

			dan konsumsi daya (kWh) lebih kecil	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Proses pencucian akan terganggu dan berdampak pada penurunan kadar timah yang dihasilkan.</li> <li>- Resiko terjadi penggalian ulang dari material longsor</li> </ul>
Kombinasi Sistem Benches dan Vertical Digging 3 Jenjang	= 506,47 & = 0,4714	44,12°	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Penggalian lapisan kaksa bersih karena material longsor tidak langsung jatuh ke lapisan kaksa</li> <li>- Kemiringan lereng (<i>slope</i>) yang dihasilkan sesuai dengan ketentuan</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Waktu maju dan mundur kapal kapal bertambah menyebabkan LPT lebih kecil dan konsumsi daya (kWh) lebih besar</li> <li>- Volume penggalian tanah atas lebih banyak saat pembuatan benches</li> <li>- Resiko putusnya kawat haluan bertambah</li> </ul>
Sistem Benches	= 500,37 & = 0,4659	36,24°	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Penggalian lapisan kaksa lebih bersih,</li> <li>- Kemiringan lereng (<i>slope</i>) yang lebih landai dari ketentuan membuat Benches menjadi sangat kokoh</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Waktu untuk maju dan mundur kapal lebih banyak sehingga LPT lebih kecil dan konsumsi daya (kWh) lebih besar</li> <li>- Volume penggalian tanah atas saat pembuatan benches besar</li> <li>- Resiko putus kawat haluan lebih besar</li> </ul>
Sistem Vertical Digging	= 512,66 & = 0,4773	55,11°	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Proses penggalian mencapai lapisan kaksa menjadi lebih cepat.</li> <li>- Tidak kehilangan waktu untuk mundur kapal sehingga LPT besar dan konsumsi daya (kWh) lebih kecil</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Kemiringan lereng (<i>slope</i>) yang terlalu curam melebihi ketentuan</li> <li>- Penggalian lapisan kaksa menjadi kotor</li> <li>- Proses pencucian terganggu dan berdampak pada penurunan kadar timah yang dihasilkan</li> <li>- Resiko terjadinya penggalian ulang dari material longsor lebih besar</li> </ul>

Berdasarkan tabel di atas dapat diketahui nilai Laju Pemindahan Tanah (LPT), konsumsi daya, kemiringan lereng (*slope*) serta kelebihan dan kekurangan dari masing-masing sistem penggalian.

Berdasarkan matriks diatas dapat kita lihat bahwa nilai LPT dan konsumsi daya untuk setiap sistem penggalian menghasilkan nilai yang tidak jauh berbeda dimana semuanya sudah memenuhi target yang ditetapkan yaitu LPT 500 m<sup>3</sup>/jam yang otomatis diikuti oleh konsumsi daya yang standar pula. Namun, kemiringan lereng (*slope*) untuk setiap sistem menghasilkan perbedaan yang cukup besar, dimana hanya 2 sistem penggalian yang dapat memenuhi standar keamanan lereng yang ditentukan yaitu 45°. Berdasarkan hal tersebut menunjukkan bahwa Kapal Keruk 21 Singkep 1

pada dasarnya memiliki opsi untuk melakukan penggalian dengan sistem yang lebih aman tanpa harus khawatir terjadi penurunan terhadap nilai LPT dan konsumsi daya yang menjadi lebih besar.

#### 4. KESIMPULAN

Berdasarkan hasil penelitian dan pembahasan laporan skripsi ini, dapat ditarik beberapa kesimpulan antara lain :

1. Kombinasi sistem *benches* dan *vertical digging* 2 jenjang yang merupakan sistem penggalian yang diterapkan pada Kapal Keruk 21 Singkep 1 saat ini, menghasilkan nilai LPT sebesar 509,50 m<sup>3</sup>/jam, konsumsi daya sebesar 0,4736 m<sup>3</sup>/ kWh dengan kemiringan lereng (*slope*) 49,16°
2. Kombinasi sistem *benches* dan *vertical digging* 3 jenjang menghasilkan nilai LPT lebih rendah sebesar 506,47 m<sup>3</sup>/jam dan konsumsi daya lebih besar yaitu 0,4714 m<sup>3</sup>/kWh dengan kemiringan lereng (*slope*) 44,12°. Sistem *benches* memiliki nilai LPT lebih rendah LPT sebesar 500,37 m<sup>3</sup>/jam dan konsumsi daya lebih besar sebesar 0,4659 m<sup>3</sup>/ kWh namun memiliki kemiringan lereng (*slope*) yang lebih landai yaitu 36,24°. Sistem *vertical digging* memiliki nilai LPT lebih tinggi dan konsumsi daya lebih hemat dengan nilai LPT sebesar 512,66 m<sup>3</sup>/jam dan konsumsi daya sebesar 0,4773 m<sup>3</sup>/kWh, namun memiliki kemiringan lereng (*slope*) yang curam dengan 55,11° sehingga tidak memenuhi standar keamanan kemiringan lereng (*slope*).
3. Sistem penggalian yang paling direkomendasikan untuk diterapkan pada lokasi sesuai dengan rencana kerja Ferbruari 2016 adalah kombinasi sistem *benches* dan *vertical digging* 3 jenjang, bila dilihat dari nilai LPT dan konsumsi daya yang dihasilkan, serta kemiringan *lereng (slope)* yang sesuai dengan ketentuan yang ditetapkan oleh PT. Timah (Persero), Tbk

#### 5. DAFTAR PUSTAKA

- [1]Sujitno, S. (2007). *Sejarah Penambangan Timah di Indonesia*. Pangkalpinang, Bangka Belitung : PT. Timah (Persero) Tbk
- [2]PT Timah (Persero) Tbk. (2013). *Penambangan Darat dan Laut*. Pangkal Pinang: PT (Timah Persero) Tbk.
- [3]Bray, R.N. (1979). *Dredging Handbook For Engineers*. London:Edward Arnold.
- [4]Jusuf Rusfin, B. (1992). *Perkapal Kerukan (Dredging Technique)*. Pangkalpinang, Bangka : PT. Timah (Persero) Tbk
- [5]Anonim, (2005). *Standar Operasi Pencucian KK.*. Pangkal Pinang : PT. Timah (Persero) Tbk
- [6]Perdana, A.P. 2014. *Concept Design (Rancangan Awal) Kapal Keruk Jenis Semi Submersible Bucket WhesellDredger*. Jurnal Teknik Pomits Vol. 4 No. 1 2014
- [7]Tim Evaluasi Produksi PT Timah. (2016). *Rencana Kerja Kapal Keruk 21 Singkep 1*. Laporan Penelitian. Unit Penambangan Laut : PT Timah (Persero) Tbk.
- [8]Herbich, J.B. (2000). *Removal of Contaminated Sediments by Dredging, Handbook of Coastal Engineering*. Newyork: McGraw Hill.
- [9]PT Timah (Persero) Tbk. (1995). *Teknik Pengerukan*. Pemali: Pusdiklat PT Timah (Persero) Tbk
- [10]Panjaitan, MO. (2014). *Teknik Operasi Penggalian Kapal Keruk*. Pemali : PT Timah (Persero) Tbk.