

SKRIPSI

**ESTIMASI BIAYA DISPOSAL PET 97 DP MENGGUNAKAN
METODE *HIGH AND LOW* DI PT VALE INDONESIA TBK,
KABUPATEN LUWU TIMUR, SULAWESI SELATAN**

Disusun dan diajukan oleh

MUHAMMAD ABDI DZIL IKRAM

D62114306



**PROGRAM STUDI TEKNIK PERTAMBANGAN
FAKULTAS TEKNIK
UNIVERSITAS HASANUDDIN
MAKASSAR
2021**

LEMBAR PENGESAHAN SKRIPSI

**ESTIMASI BIAYA DISPOSAL PET 97 DP MENGGUNAKAN METODE
HIGH AND LOW DI PT VALE INDONESIA TBK, KABUPATEN
LUWU TIMUR, SULAWESI SELATAN**

Disusun dan diajukan oleh

**MUHAMMAD ABDI DZIL IKRAM
D62114306**

Telah dipertahankan di hadapan Panitia Ujian yang dibentuk dalam rangka Penyelesaian Studi Program Sarjana Program Studi Teknik Pertambangan Fakultas Teknik Universitas Hasanuddin pada tanggal 16 Agustus 2021 dan dinyatakan telah memenuhi syarat kelulusan.

Menyetujui,

Pembimbing Utama,



Dr. Aryanti Virtanti Anas, S.T., M.T.

NIP. 197010052008012026

Pembimbing Pendamping,



Rizki Amalia, S.T., M.T.

NIDK. 8889211019

Ketua Program Studi,



Dr. Farid Harwanto, S.T., M.T.

NIP. 197111282005011002

PERNYATAAN KEASLIAN

Yang bertanda tangan di bawah ini:

Nama : Muhammad Abdi Dzil Ikram
NIM : D62114306
Program Studi : Teknik Pertambangan
Jenjang : S1

Menyatakan dengan ini bahwa karya tulisan saya berjudul

Estimasi Biaya Disposal PET 97 DP Menggunakan Metode *High And Low* di PT
Vale Indonesia Tbk, Kabupaten Luwu Timur, Sulawesi Selatan

adalah karya tulisan saya sendiri dan bukan merupakan pengambilan alihan tulisan orang lain dan bahwa Skripsi yang saya tulis ini benar-benar merupakan hasil karya saya sendiri.

Apabila di kemudian hari terbukti atau dapat dibuktikan bahwa sebagian atau keseluruhan Skripsi ini hasil karya orang lain maka saya bersedia menerima sanksi atas perbuatan tersebut.

Makassar, 16 Agustus 2021

Yang menyatakan



Tanda tangan

Muhammad Abdi Dzil Ikram

ABSTRAK

Disposal area merupakan sebuah lokasi pada sebuah tambang terbuka yang digunakan untuk menyimpan sementara *waste rock* atau tanah penutup yang dihasilkan selama proses pengupasan. Di PT Vale Indonesia Tbk, terdapat tiga tipe *disposal* yang digunakan, yaitu *induced flow*, *semi-induced flow*, dan *finger flow*. Penelitian dilakukan pada *disposal*/PET 97 DP dengan jenis *disposal semi-induced flow*. *Disposal* ini dikerjakan menggunakan dua unit *dozer* CAT D8R sebagai alat utama, dan *civil material* serta material pematuan untuk meningkatkan stabilitas *disposal*. *Disposal*/PET 97 DP memiliki empat titik penonkangan dan memiliki kapasitas sebesar 919.484,363 ton dengan kebutuhan material sipil sebesar 321.819,527 ton. Estimasi biaya dilakukan menggunakan metode *high-low* dan menghasilkan total estimasi biaya sipil material mencapai \$1.186.777,53. *Disposal* PET 97 DP diperkirakan dapat digunakan hingga 12 minggu dengan target produksi 75.000 ton/minggu menggunakan dua unit *dozer*. Total biaya yang dibutuhkan dalam pengoperasian *disposal*/PET 97 DP diperkirakan mencapai \$1.450.513,50.

Kata kunci: *Semi-Induced Flow Disposal*, Tanah Penutup, *Dozer*, Material Sipil, Metode High-Low.

ABSTRACT

Disposal area is a location in an open pit mine that were used to temporarily keep waste rock or overburden that were produced during the stripping process. In PT Vale Indonesia, Tbk there were three types of disposal that were used, those are induce flow, semi-induced flow, and finger flow. This research was done at PET 97 DP disposal with the type of the disposal being semi-induced flow. This disposal was done using two units of CAT D8R dozers as the main equipment and civil material as the petrification materials to increase the stability of the disposal. PET 97 DP disposal has four dumping points with the capacity of 919.484,363 ton with the needs of 321,819.527 ton of civil materials. Civil material cost was estimated using high-low method with the total cost was \$1,186,777.53. PET 97 DP disposal was expected to be used up to 12 weeks with production target of 75,000 ton/week using two units of dozers. The total operation cost that was needed for PET 97 DP disposal was estimated to reach \$1,450,513.50.

Keywords: Semi-Induced Flow Disposal, Overburden, Dozer, Civil Material, High-Low Method.

KATA PENGANTAR

Puji syukur yang sedalam-dalamnya penulis ucapkan kepada Allah Subhanahu Wata'ala yang telah memberikan rahmat dan hidayah-Nya, sehingga penulis dapat menyelesaikan penelitian Tugas Akhir ini.

Skripsi merupakan salah satu syarat untuk dapat menyelesaikan studi di Program Studi Teknik Pertambangan, Universitas Hasanuddin. Judul penelitian ini adalah "Estimasi Biaya *Disposal* Petea 97 Menggunakan Metode *High and Low* di Pt Vale Indonesia Tbk, Kabupaten Luwu Timur, Sulawesi Selatan" yang dilaksanakan pada tanggal 22 April 2019 hingga 9 Agustus 2019.

Penelitian Tugas Akhir ini tidak lepas dari bantuan berbagai pihak yang telah mendorong dan membimbing penulis, baik tenaga, ide-ide, maupun pemikiran. Oleh karena itu dalam kesempatan ini penulis ingin mengucapkan terima kasih yang sebesar-besarnya kepada PT Vale Indonesia Tbk yang telah memberikan kesempatan untuk melaksanakan Kerja Praktik hingga selesai. Terima kasih juga penulis ucapkan kepada Bapak Oktafianto Mende selaku penanggungjawab dalam pelaksanaan Penelitian Tugas Akhir, Bapak Musa Sapu' selaku pembimbing lapangan selama melaksanakan Penelitian Tugas Akhir, Kak Hasliana Alimuddin, Bapak Agus Satria, Kak Lady Linda Manggau, Bapak Aris Kalolangi, Ibu Murianti, Bapak Yulius Lindan, Kak Fico Dio Agresna, Pak Iwan Pribadi Nurdin, dan Pak Mardan serta seluruh *Supervisor* Lapangan, dan Operator Petea yang telah memberikan arahan serta bimbingan selama penelitian Tugas Akhir.

Terima kasih penulis ucapkan kepada para dosen Program Studi Teknik Pertambangan yang telah memberikan ilmu mengenai segala hal terkait pertambangan serta kepada staf administrasi yang telah membantu dalam proses administrasi selama menjadi mahasiswa. Kepada Ibu Dr. Aryanti Virtanti Anas, S.T., M.T., selaku Pembimbing Utama sekaligus Kepala Laboratorium Perencanaan dan Valuasi Tambang, kepada Ibu

Rizki Amalia, S.T., M.T. selaku Pembimbing Pendamping serta kepada Ibu Dr. Eng. Rini Novrianti Sutardjo Tui, S.T., M.BA., M.T. yang telah memberikan arahan dan bimbingan selama penyusunan Laporan Tugas Akhir. Kepada Dr. Eng. Ir. Muhammad Ramli, M.T. dan Asran Ilyas, S.T., M.T., Ph.D. selaku tim penguji yang telah memberikan saran dan masukan mengenai Laporan Penelitian Tugas Akhir.

Terima kasih juga kepada teman-teman LBE PVT serta teman-teman Teknik Pertambangan Unhas 2014 PILLAR yang telah membantu memberikan saran dan masukan dalam penyusunan Laporan Penelitian Tugas Akhir. Terima kasih kepada kedua orang tua, Dr. Kahar, S.H., M.H. dan Nur Israwaty, S.H. serta M. Zaki Zaim Zhafirin dan M. Fariz Akbar yang telah memberikan dukungan penuh hingga saat ini.

Penelitian Tugas Akhir yang dilakukan di PT Vale Indonesia Tbk merupakan bentuk pengaplikasian ilmu pertambangan khususnya mengenai peralatan tambang dan penanganan material serta ekonomi teknik dalam menganalisis total biaya penggunaan *disposal*. Semoga tulisan ini bermanfaat bagi perkembangan ilmu pengetahuan dan teknologi saat ini.

Makassar, 16 Agustus 2021

Muhammad Abdi Dzil Ikram

DAFTAR ISI

	Halaman
ABSTRAK.....	iv
<i>ABSTRACT</i>	v
Kata Pengantar	vi
Daftar Isi	viii
Daftar Gambar	x
Daftar Tabel	xi
Daftar Lampiran	xii
BAB I PENDAHULUAN	1
1.1 Latar Belakang.....	1
1.2 Rumusan Masalah.....	2
1.3 Tujuan Penelitian	3
1.4 Manfaat Penelitian	3
1.5 Tahapan Penelitian.....	3
1.6 Lokasi Penelitian	5
BAB II <i>DISPOSAL, BIAYA DISPOSAL, DAN METODE HIGH AND LOW</i>	6
2.1 Disposal	6
2.2 <i>Dozer</i>	13
2.3 Biaya	15
2.4 Metode <i>High and Low</i>	17
BAB III METODE PENELITIAN.....	19

	Halaman
3.1 Pengambilan Data.....	19
3.2 Pengolahan dan Analisis Data.....	22
BAB IV ESTIMASI BIAYA <i>DISPOSAL</i> PET 97 DP MENGGUNAKAN METODE <i>HIGH AND LOW</i>.....	26
4.1 Desain <i>Disposal</i> /PET 97 DP	26
4.2 Produktivitas <i>Dozer</i>	27
4.3 Perkiraan Usia <i>Disposal</i>	30
4.4 Estimasi Jumlah <i>Dozer</i>	30
4.5 Biaya <i>Disposal</i>	31
BAB V KESIMPULAN.....	36
5.1 Kesimpulan	36
5.2 Saran.....	36
Daftar Pustaka	37

DAFTAR GAMBAR

Gambar	Halaman
1.1 Peta Tunjuk Lokasi Penelitian di Pt Vale Indonesia Tbk, Kabupaten Luwu Timur, Sulawesi Selatan (Yustin, 2020).....	5
2.1 Bentuk Desain <i>Disposal</i> yang Menggunakan Desain <i>Valley Fill</i> (McGinn, 1991)....	7
2.2 Desain <i>Disposal</i> dengan Menggunakan <i>Cross-Valley Fill</i> (McGinn, 1991).....	7
2.3 <i>Disposal</i> dengan Desain <i>Side Hill</i> (McGinn, 1991)	8
2.4 Desain <i>Disposal</i> Menggunakan <i>Ridge Crest Fill</i> (McGinn, 1991)	8
2.5 <i>Disposal Heaped Fill</i> (McGinn, 1991)	9
2.6 <i>Induced Flow Disposal</i> (PT Vale Indonesia Tbk, 2013)	10
2.7 <i>Semi Induced Flow Disposal</i> (PT Vale Indonesia Tbk, 2013)	11
2.8 <i>Finger Flow Disposal</i> - Tampak Atas (PT Vale Indonesia Tbk, 2013)	12
2.9 <i>Finger Flow Disposal</i> (PT Vale Indonesia Tbk, 2013)	12
2.10 <i>Dozer Caterpillar D8R</i> (Caterpillar, 2009)	13
2.11 Grafik Perilaku Biaya Terhadap Volume Produksi (Giatman dan Aliludin, 2006)	17
3.1 Bagan Alir Penelitian	25
4.1 <i>Disposal</i> PET 97 DP	26

DAFTAR TABEL

Tabel	Halaman
3.1 Data Efisiensi Kerja <i>Disposal</i> PET 97 DP.	20
3.2 Spesifikasi <i>Blade Dozer</i> (Caterpillar, 2009).....	21
3.3 Data biaya penggunaan <i>dozer</i> D8R	22
4.3 Efisiensi Kerja Berdasarkan Pengambilan Data Lapangan	29
4.1 Klasifikasi <i>Blade Fill Factor</i> (Komatsu, 2006)	28
4.2 Hasil Pengamatan Waktu Siklus	29
4.3 Produktivitas Aktual <i>Dozer</i> dalam Satu Minggu	31
4.4 Biaya Operasi <i>Civil Material</i> pada Bulan Januari dan Juni 2019	32
4.5 Biaya Variabel dan Biaya Tetap berdasarkan Analisis menggunakan Metode <i>High-Low</i>	33
4.6 Persentase Penggunaan <i>Civil Material</i>	33
4.7 Total Biaya Produksi <i>Civil Material</i>	34
4.8 Data Historis Biaya <i>Dozer</i> D8R	35

DAFTAR LAMPIRAN

Lampiran	Halaman
A. Data Waktu Siklus <i>Disposa</i> /PET 97 DP	40
B. Biaya Produksi <i>Civil Material</i>	60
C. Desain <i>Disposa</i> /PET 97 DP	61

BAB I

PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Pertambangan merupakan sebuah kegiatan jangka panjang yang dilakukan dengan tujuan untuk mengambil mineral berharga dari dalam tanah. Proses penambangan dilakukan melalui beberapa tahap, diantaranya adalah tahap *land clearing* (pembersihan lahan) dan pengupasan *overburden*. Tujuan dari tahap ini adalah untuk membersihkan lapisan *overburden* agar mempermudah proses pengambilan *ore*. *Overburden* yang telah diambil kemudian dipindahkan ke lokasi penimbunan *overburden* yang disebut *disposal area*.

Disposal area merupakan sebuah lokasi pada sebuah tambang terbuka yang digunakan untuk menyimpan sementara *waste rock* atau *overburden* yang dihasilkan selama proses pengupasan (Mulyanti dkk, 2017). *Disposal area* terkadang dapat menjadi masalah pada proses penambangan antara lain karena perencanaan yang kurang sesuai dengan kondisi aktual di lapangan. Desain *disposal area* dilakukan saat membuat desain tambang terbuka (Ozturk *et al*, 2015) dan perlu dilakukan secara matang agar target produksi dapat tercapai serta operasi pengerjaan aman dilakukan. Beberapa faktor yang perlu diperhatikan dalam desain *disposal area* antara lain lokasi, kapasitas lahan yang akan digunakan, faktor keamanan dari lereng *disposal* (Selyukov *et al*, 2017), dan jumlah alat yang digunakan karena memengaruhi tingkat produksi serta lama penggunaan *disposal*.

Di PT Vale Indonesia terdapat tiga tipe *disposal* yang digunakan, yaitu *induced flow*, *semi-induced flow*, dan *finger flow* (Mulyanti dkk, 2017). Penelitian dilakukan pada *disposal* PET 97 DP dengan jenis *disposal semi-induced flow*. *Disposal* ini dikerjakan

menggunakan dua unit *dozer* CAT D8R sebagai alat utama, dan *civil material* serta material pembatuan untuk meningkatkan stabilitas *disposal*. Biaya yang digunakan dalam memproduksi *civil material* bervariasi setiap bulan sehingga perlu dilakukan estimasi biaya untuk menentukan biaya tetap dalam penggunaannya. Perhitungan biaya *disposal* di perusahaan umumnya menggunakan metode aritmatik. Pendekatan lain yang dapat dilakukan adalah metode *high-low*. Metode *high-low* digunakan untuk menentukan biaya tetap berdasarkan data historis yang tersedia dalam jangka waktu tertentu (Kenton, 2020). Metode ini dapat digunakan pada data yang jumlahnya terbatas karena hanya memerlukan data pada titik tertinggi dan titik terendah dari data yang tersedia (Putri, 2020). Data biaya produksi *civil material* yang diperoleh terbatas pada bulan Januari – Juni 2019. Oleh karena itu, penelitian ini mengestimasi biaya *disposal* PET 97 DP untuk menentukan total biaya yang dibutuhkan dengan metode *high-low*.

1. 2 Rumusan Masalah

Biaya *disposal* PET 97 DP dihitung berdasarkan total *civil material* dan jumlah *dozer* yang digunakan. Total *civil material* yang dibutuhkan diketahui berdasarkan desain *disposal* yang telah dibuat oleh *disposal engineer* PT Vale Indonesia, Tbk. Oleh karena itu, rumusan masalah dari penelitian ini adalah:

1. Berapa total tonase *civil material* yang dibutuhkan berdasarkan kapasitas desain *disposal* PET 97 DP.
2. Berapa jumlah *dozer* yang beroperasi pada *disposal* PET 97 DP.
3. Berapa umur *disposal* PET 97 DP.
4. Berapa total biaya *disposal* PET 97 DP.

1.3 Tujuan Penelitian

Tujuan dari penelitian ini adalah:

1. Menghitung total tonase *civil material* yang dibutuhkan berdasarkan kapasitas desain *disposal* PET 97 DP
2. Menghitung jumlah *dozer* yang beroperasi pada *disposal* PET 97 DP.
3. Menghitung umur *disposal* PET 97 DP.
4. Menghitung total biaya *disposal* PET 97 DP.

1.4 Manfaat Penelitian

Manfaat yang dapat diperoleh dari penelitian ini adalah mengembangkan wawasan dan pengetahuan tentang desain dan perhitungan biaya *disposal* dengan pendekatan metode *high-low*.

1.5 Tahapan Penelitian

Penelitian dilakukan melalui beberapa tahap, yaitu:

1. Persiapan

Persiapan yang dilakukan sebelum melakukan penelitian terdiri atas studi literatur serta perumusan masalah dan tujuan penelitian.

- a. Studi Literatur

Studi literatur dilakukan sebelum dan selama penelitian dilakukan. Studi literatur diperlukan untuk memahami penelitian yang sedang dilakukan terkait desain dan estimasi biaya *disposal*. Studi literatur dilakukan pada berbagai sumber antara lain buku teks serta jurnal penelitian terdahulu terkait penelitian yang sedang dilakukan.

b. Perumusan Masalah dan Tujuan Penelitian

Pada tahapan ini dilakukan pengamatan lebih jauh terkait topik penelitian untuk menentukan rumusan permasalahan serta menentukan tujuan dari penelitian yang dilakukan

2. Pengambilan Data

Data yang digunakan dalam penelitian ini merupakan data yang diperoleh dari PT Vale Indonesia Tbk pada periode Mei-Agustus 2019. Data tersebut meliputi:

- a. Biaya penggunaan *dozer*
- b. Target produksi *overburden* mingguan
- c. Data waktu siklus *dozer*
- d. Data spesifikasi *dozer* CAT D8R
- e. Peta topografi daerah penelitian
- f. Densitas material
- g. Data historis persentase penggunaan *civil material* pada area *disposal*
- h. Data historis biaya produksi
- i. Data biaya pajak *civil material*

3. Pengolahan Data

Data yang diperoleh diolah untuk membuat desain *disposal* PET 97 DP menggunakan perangkat lunak *MaptekVulcan 9.0* sehingga diperoleh total kapasitas *disposal* yang dapat digunakan. Selanjutnya dilakukan estimasi biaya *disposal* menggunakan perangkat lunak *Microsoft Excel*.

4. Penyusunan Laporan

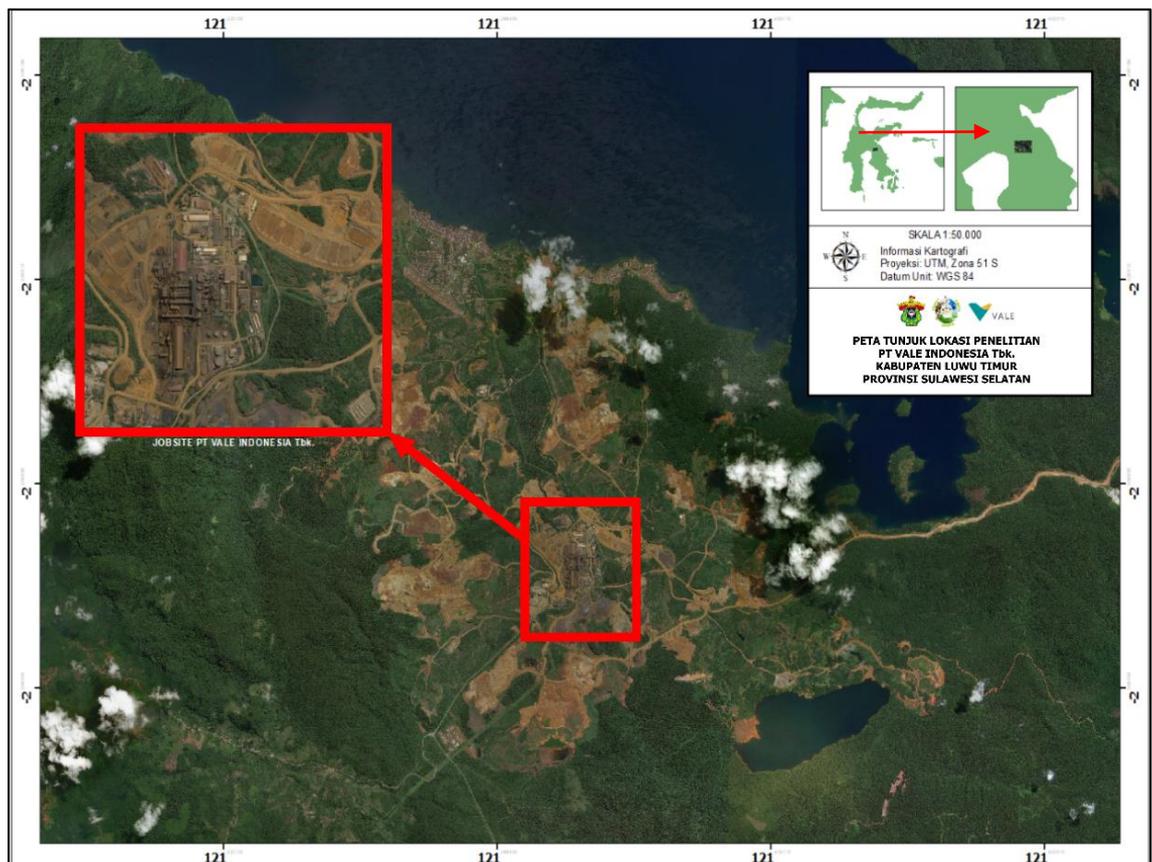
Hasil dari penelitian yang dilakukan disusun menjadi sebuah *draft* laporan hasil penelitian sesuai dengan format penulisan Tugas Akhir yang telah ditetapkan oleh Departemen Teknik Pertambangan Universitas Hasanuddin.

5. Seminar dan Penyerahan Laporan

Hasil penelitian yang telah disusun kemudian dipresentasikan dalam bentuk seminar hasil dan sidang skripsi. Setelah dipresentasikan, laporan hasil penelitian kemudian diserahkan ke Departemen Teknik Pertambangan Universitas Hasanuddin.

1.6 Lokasi Penelitian

Penelitian dilakukan di PT Vale Indonesia Tbk yang secara administratif berada di Kecamatan Nuha, Kabupaten Luwu Timur, Provinsi Sulawesi Selatan. Secara astronomis, PT Vale Indonesia Tbk terletak pada kedudukan $120^{\circ}52' - 122^{\circ}30'$ BT (Sua-Sua sampai dengan Torokulu) dan $1^{\circ}50' - 5^{\circ}30'$ LS (Kolonedale sampai dengan Malapulu). Lokasi penelitian dapat dilihat pada Gambar 1.1.



Gambar 1.1 Peta tunjuk lokasi penelitian di PT Vale Indonesia Tbk, Kabupaten Luwu Timur, Sulawesi Selatan (Yustin, 2020).

BAB II

DISPOSAL, BIAYA DISPOSAL, DAN METODE HIGH AND LOW

Pada proses pengambilan bijih dari dalam tanah, material padat berupa tanah maupun bebatuan harus terlebih dahulu disingkirkan untuk mempermudah proses pengambilan material bijih. Material padat yang telah diangkat kemudian disimpan pada lokasi yang disebut *disposal* (Lu and Cai, 2012). *Disposal* merupakan lokasi yang digunakan untuk menampung material padat hasil pengupasan lapisan *overburden* pada kegiatan penambangan (Nursarya, 2011).

2.1 *Disposal*

Disposal merupakan struktur masif yang tersusun dari material tanah dan bebatuan sisa penambangan. Material ini ditumpuk dan ditempatkan di sekitar area penambangan yang tidak mengganggu proses pengambilan bijih (Hawley and Chunning, 2017). Desain *disposal* yang umum digunakan berdasarkan bentuknya terbagi atas beberapa tipe tertentu, antara lain (McGinn, 1991):

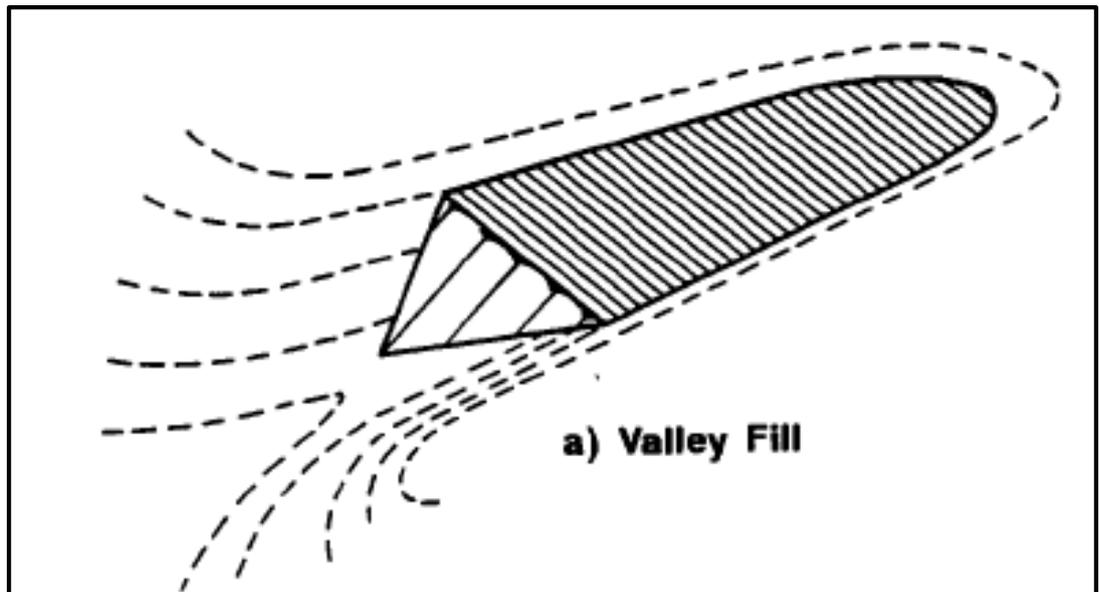
1. *Valley Fill*

Valley fill memiliki desain dengan permukaan *disposal* yang disusun untuk mencegah tertampungnya air pada ujung lembah. Apabila *valley fill* tidak dapat menutupi lembah sepenuhnya, maka perlu dibuat saluran air dengan desain yang bergantung pada karakteristik dari tangkapan hulu. Desain *valley fill* ditunjukkan pada Gambar 2.1.

2. *Cross-Valley Fill*

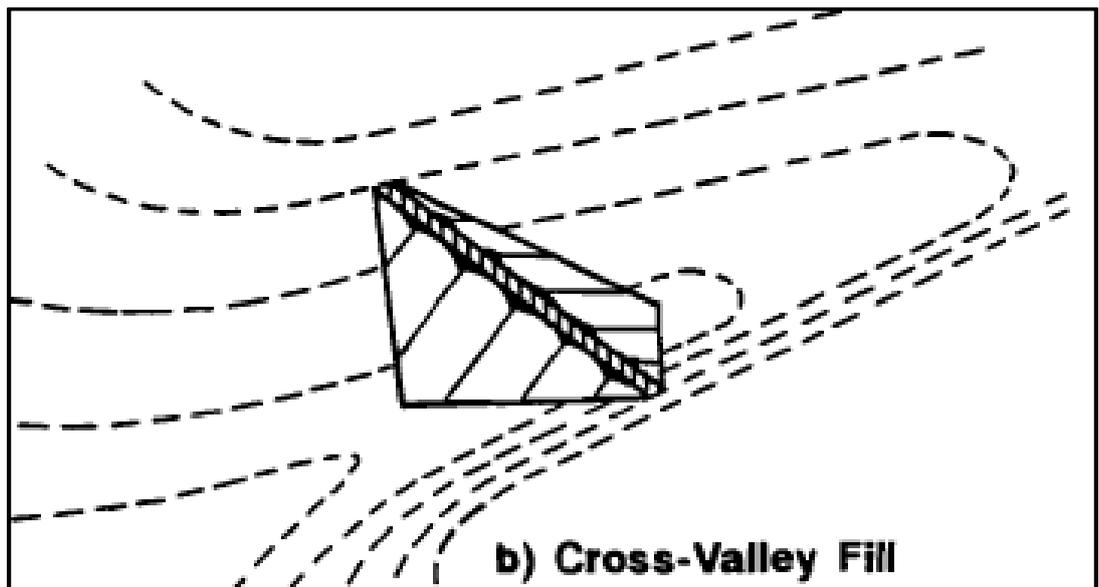
Cross-valley fill merupakan salah satu variasi dari *valley fill*. Posisi hulu dari lembah pada *cross-valley fill* tidak sepenuhnya terisi namun tetap mempertimbangkan

saluran aliran air yang melalui atau mengelilingi isian untuk menghindari air yang tertampung.



Gambar 2.1 Bentuk desain *disposal* yang menggunakan desain *valley fill* (McGinn, 1991)

Bentuk desain *cross-valley fill* dapat dilihat pada Gambar 2.2.

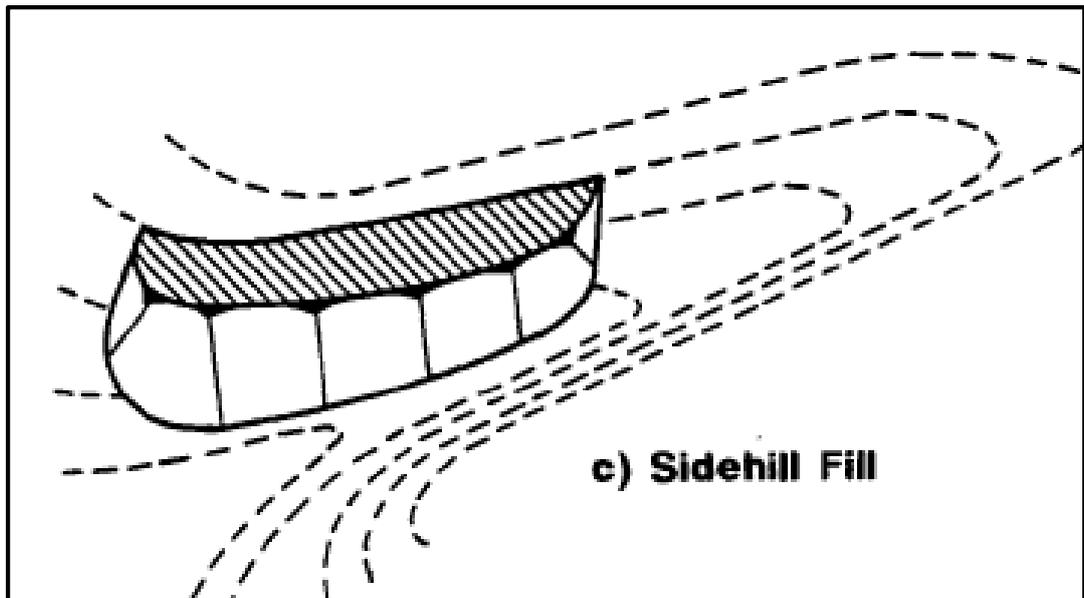


Gambar 2.2. Desain *disposal* dengan menggunakan *cross-valley fill* (McGinn, 1991)

3. *Sidehill Fill*

Sidehill fill merupakan desain *disposal* yang dibangun pada lereng yang miring dengan tidak menutupi jalur drainase utama. Kemiringan *disposal* biasanya didesain

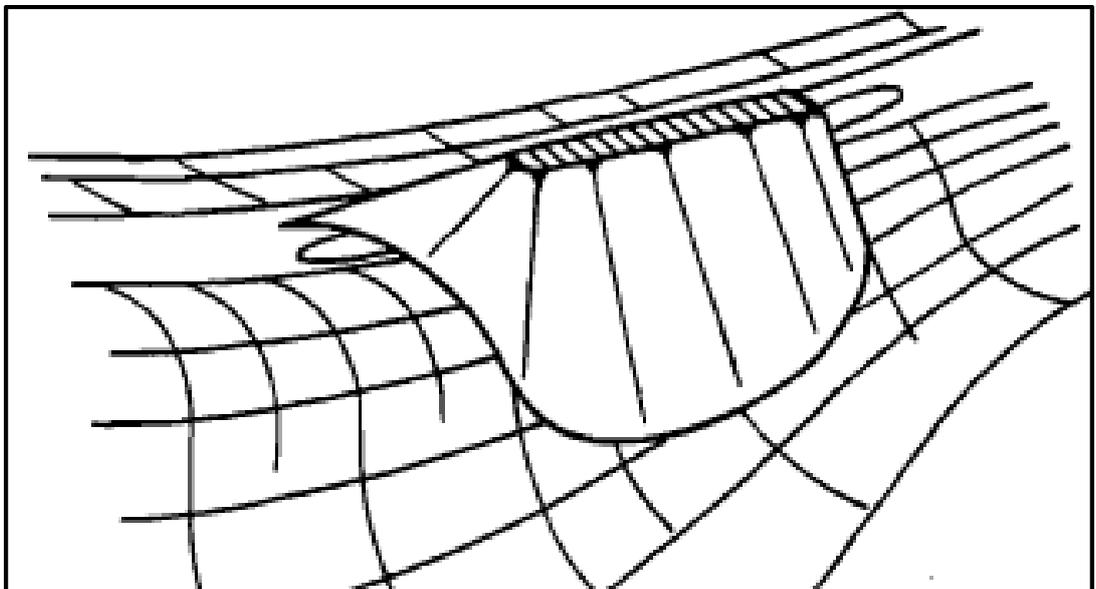
searah dengan kemiringan dari pondasinya. Ilustrasi *sidehill fill* dapat dilihat pada Gambar 2.3.



Gambar 2.3. *Disposal* dengan desain *side hill* (McGinn, 1991)

4. *Ridge Crest Fill*

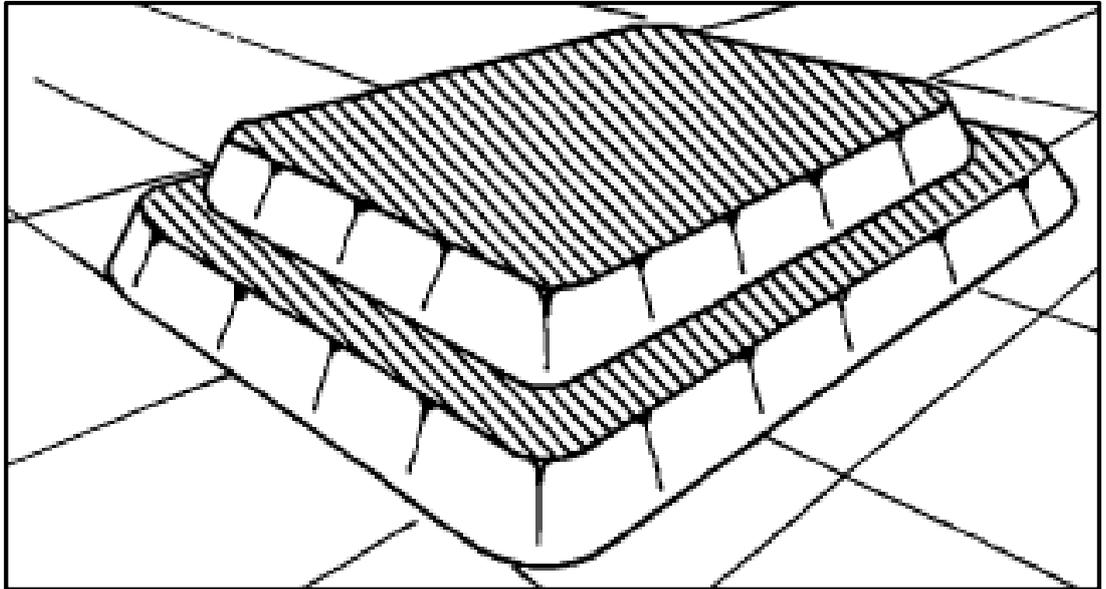
Ridge crest fill merupakan salah satu bentuk variasi dari *sidehill fill* dimana kemiringan *disposal* didesain pada kedua sisi baik dari *ridge line* ataupun *crest* seperti pada Gambar 2.4.



Gambar 2.4. Desain *disposal* menggunakan *ridge crest fill* (McGinn, 1991)

5. *Heaped Fill*

Heaped fill merupakan desain *disposal* yang memiliki pondasi yang cenderung landai atau datar dengan kemiringan yang berada pada seluruh sisi *disposal*. Ilustrasi *heaped fill* dapat dilihat pada Gambar 2.5.



Gambar 2.5. *Disposal heaped fill* (McGinn, 1991)

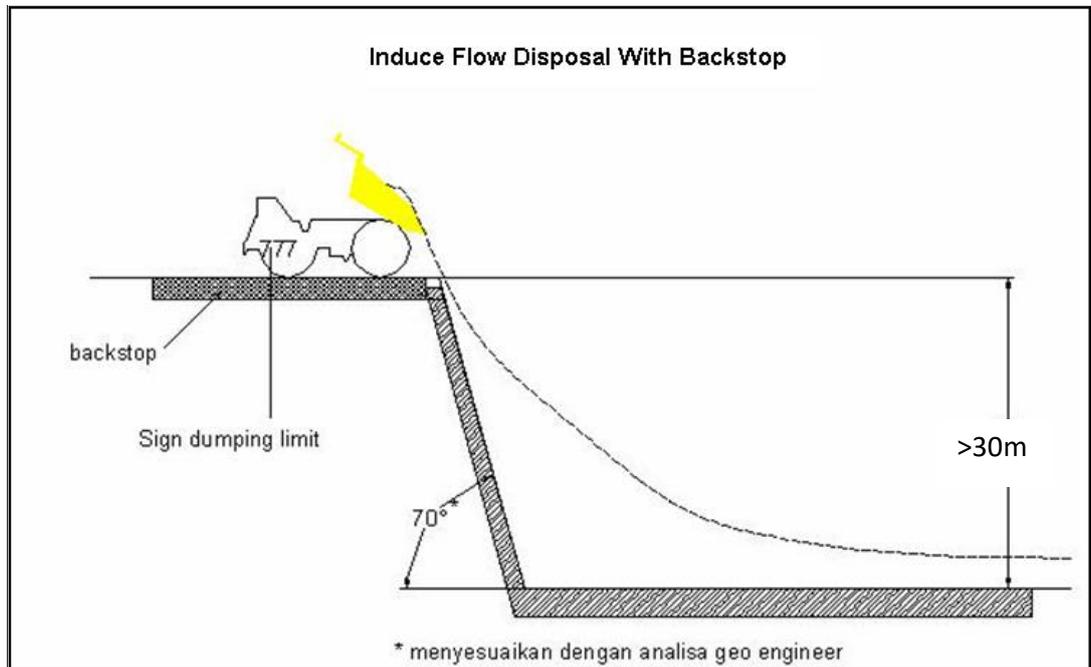
Berdasarkan beda tingginya, terdapat tiga jenis *disposal* seperti yang digunakan oleh PT Vale Indonesia, Tbk, antara lain:

1. *Disposal Induced Flow*

Disposal induced flow adalah *disposal* yang memanfaatkan ketinggian lereng tempat penongkangan (*dumping point*) untuk mengalirkan material ke dasar *disposal*. *Dumping point* pada *disposal induced flow* memiliki ketinggian lebih dari 30m. Hal ini dilakukan agar *disposal* dapat digunakan dengan lebih efektif. Desain *disposal induced flow* dapat dilihat pada Gambar 2.6 (PT Vale Indonesia Tbk, 2013).

Persyaratan utama untuk *disposal* ini adalah *dumping point* harus berupa batuan yang kokoh dengan nilai faktor keamanan lerengnya minimal 1,3. Pada tipe ini, *dump truck* melakukan penongkangan material *overburden* pada tepi lereng tanpa bantuan alat *dozer*. Oleh karena itu pada tempat penongkangan harus dipasang

back stop di batas *dumping* sebagai batas *dumping* tetap dengan koordinat yang sudah ditentukan berdasarkan hasil kajian geoteknik (PT Vale Indonesia, Tbk, 2013).



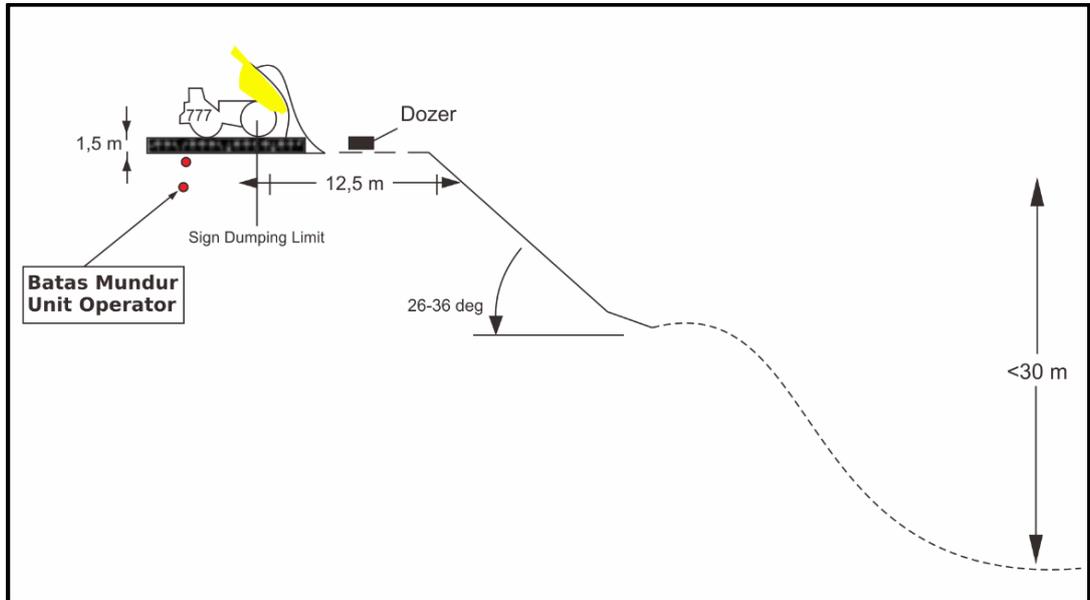
Gambar 2.6 *Induced flow disposal* (PT Vale Indonesia Tbk, 2013)

2. *Disposal Semi Induced Flow*

Disposal semi induced flow adalah *disposal* yang memanfaatkan ketinggian lereng pada *dumping point* untuk mengalirkan material ke dasar *disposal* dengan bantuan *dozer*. *Dumping point* pada *disposal semi induced flow* berkisar antara 15 – 30m. *Dumping point* pada *disposal semi induced flow* merupakan tanah asli yang diperkuat menggunakan batuan yang kokoh dengan nilai faktor keamanan lerengnya minimal 1,3. Desain *disposal semi induced flow* dapat dilihat pada Gambar 2.7 (PT Vale Indonesia Tbk, 2013).

Jarak awal minimal antara batas *dumping* dan ujung lereng adalah 7,5m. Apabila *disposal* ini melakukan penimbunan pada lereng yang berjenjang maka timbunannya dapat mengisi jenjang pertama. Batas *dumping* dapat dimajukan ketika timbunan pada jenjang pertama telah berada dalam kondisi yang stabil dengan kemiringan 26 derajat dengan ketebalan timbunan mencapai 10m.

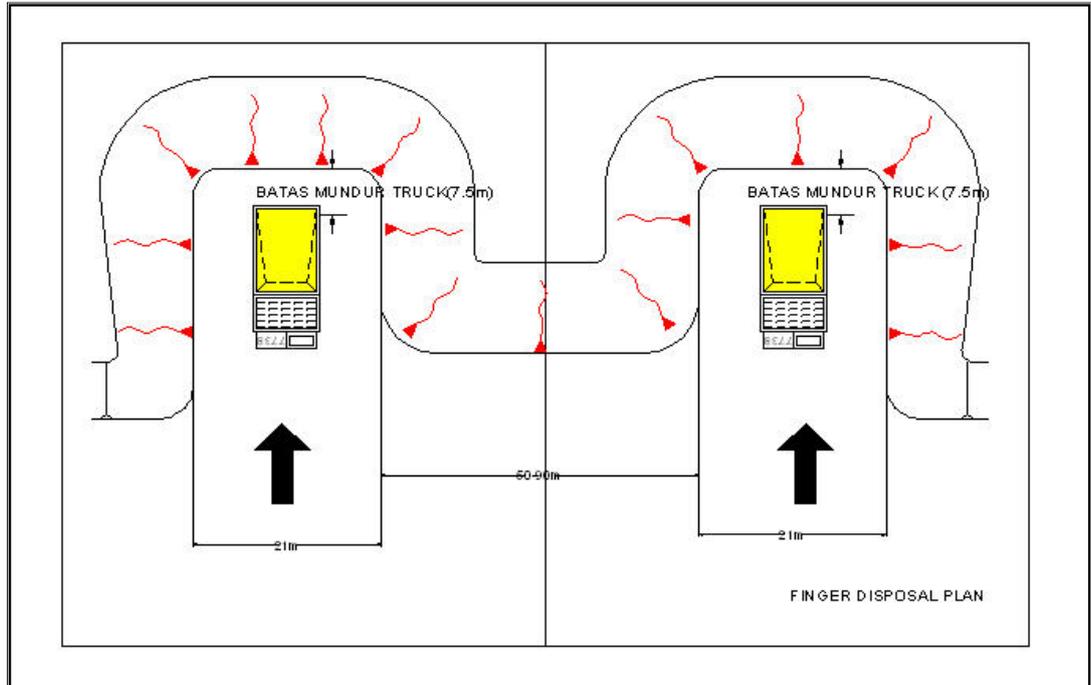
Penentuan batas *dumping* harus dilakukan berdasarkan kajian geoteknik (PT Vale Indonesia Tbk, 2013).



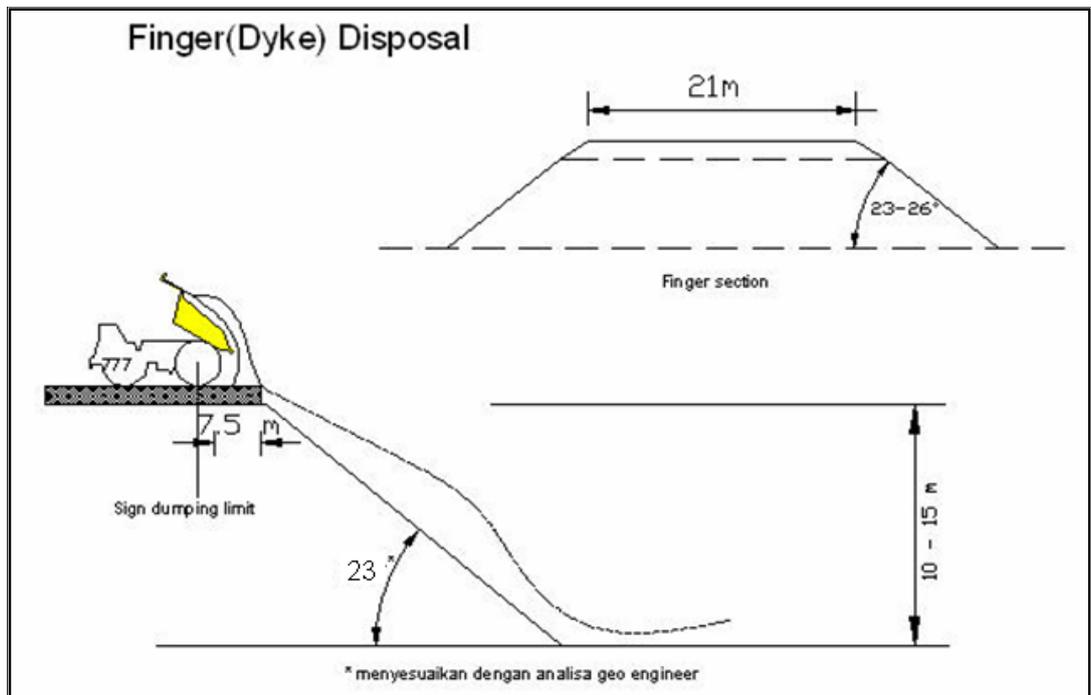
Gambar 2.7 *Semi induced flow disposal* (PT Vale Indonesia Tbk, 2013)

3. *Disposal Finger*

Disposal finger adalah *disposal* yang memiliki *dumping point* dengan ketinggian kurang dari 15m dan dikerjakan menggunakan *dump truck* dengan bantuan *dozer*. *Disposal* tipe ini dikerjakan dengan menimbun material *overburden* pada batas *dumping* kemudian didorong menggunakan bantuan *dozer* hingga ujung lereng. Batas *dumping* pada *disposal* ini akan berpindah dan bergerak maju untuk memaksimalkan kapasitas *disposal*. Proses pengerjaan *disposal* ini membutuhkan *civil material* secara berkelanjutan untuk memperkuat landasan *dumping point* truk dengan sudut kemiringan lereng akhir sebesar 26 – 30 derajat dan nilai faktor keamanan sebesar 1,3. Desain *disposal finger flow* dapat dilihat pada Gambar 2.8 dan 2.9 (PT Vale Indonesia Tbk, 2013).



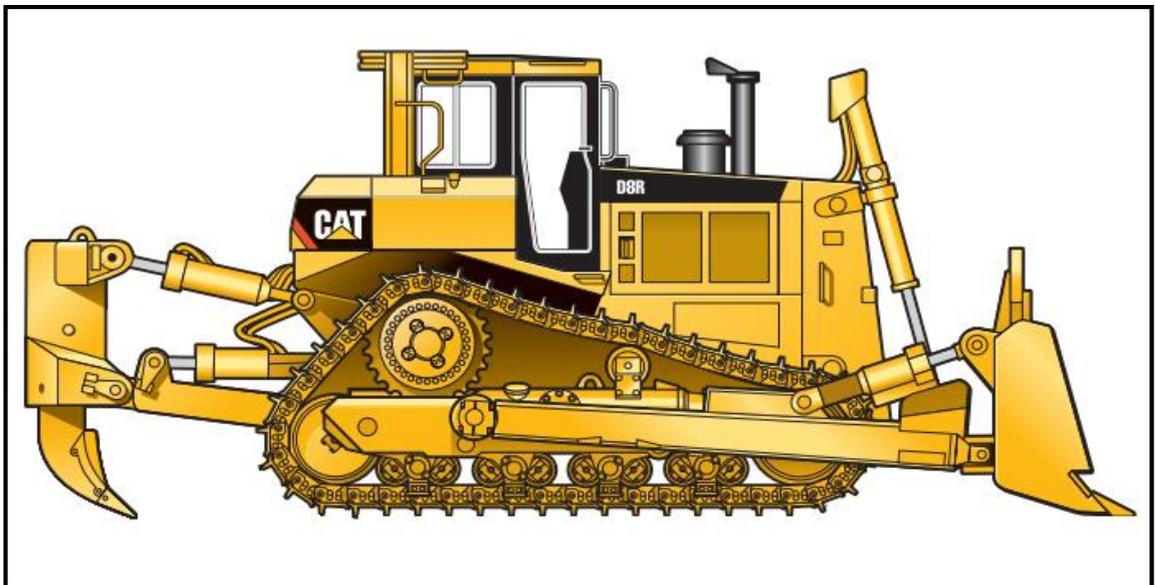
Gambar 2.8 *Finger flow disposal* - tampak atas (PT Vale Indonesia Tbk, 2013)



Gambar 2.9. *Finger flow disposal* (PT Vale Indonesia Tbk, 2013)

2.2 Dozer

Kegiatan mendorong atau *dozing* merupakan kegiatan memindahkan tumpukan material dari satu titik ke titik lain tanpa mengangkat material tersebut. Alat dorong yang umum digunakan untuk pekerjaan *dozing* adalah *dozer* (Tenrisukki, 2003). *Dozer* merupakan traktor yang memiliki pisau pada bagian depan dan dapat digunakan untuk mendorong atau memotong material yang ada di depannya. *Dozer* pada umumnya digunakan pada aktivitas konstruksi seperti pengupasan tanah pucuk, pembersihan lahan dari vegetasi, pemindahan material pada jarak pendek, dan pembersihan *quarry* (Fatena, 2008). Ilustrasi *dozer* dapat dilihat pada Gambar 2.10.



Gambar 2.10 *Dozer* Caterpillar D8R (Caterpillar, 2009)

1. Produktivitas *Dozer*

Produktivitas alat merupakan perbandingan antara hasil yang ingin dicapai dengan seluruh sumber daya yang digunakan. Produktivitas alat dipengaruhi oleh kapasitas dan waktu edar alat serta jenis material. Persamaan yang dapat digunakan untuk menghitung produktivitas alat muat, alat angkut, dan alat dorong berbeda (Fatena, 2008). Tingkat produktivitas *dozer* dapat ditentukan berdasarkan kapasitas *blade*, faktor koreksi yang memengaruhi kondisi kerja *dozer*, dan jumlah waktu yang

digunakan untuk bekerja (Klanfar *et al*, 2014). Produktivitas *dozer* secara teoritis dapat dihitung menggunakan Persamaan 2.1 (Tenrisukki, 2003):

$$Q = \frac{KB \times 60 \times FK}{\frac{J}{F} + \frac{J}{R} + Z} \text{ (m}^3\text{/jam)} \dots\dots\dots 2.1$$

Keterangan:

- KB = Kapasitas *Blade* (m³)
- FK = Faktor Koreksi
- J = Jarak Dorong (Meter)
- F = Kecepatan Maju (Meter/Menit)
- R = Kecepatan Mundur (Meter/Menit)
- Z = Waktu Tetap (Menit)

Secara aktual, produktivitas *dozer* dapat dihitung menggunakan waktu siklus aktual sehingga tidak memerlukan perhitungan jarak dan kecepatan dorong secara teoritis. Oleh karena itu tingkat produktivitas *dozer* secara aktual dapat dihitung menggunakan Persamaan 2.2 (Anisari, 2018):

$$Q = \frac{q \times 60}{CT \times e \times E} \text{ (m}^3\text{/jam)} \dots\dots\dots 2.2$$

Keterangan:

- q = Produksi per Siklus (Kapasitas *Blade* X Faktor *Blade*)
- CT = Waktu Siklus *Dozer* (Waktu *Dozing* + Waktu Mundur + Waktu Ganti *Gear*)
- e = Faktor Kelandaian
- E = Efisiensi Kerja

2. Efisiensi Kerja

Efisiensi kerja merupakan tingkat efektivitas penggunaan suatu alat dalam melaksanakan suatu pekerjaan (Fatena, 2008). Salah satu jenis efisiensi kerja adalah ketersediaan penggunaan (*Use of Availability*). Ketersediaan penggunaan merupakan tingkat persentase waktu yang digunakan oleh suatu alat untuk beroperasi pada saat alat tersebut dapat dipergunakan. Tingkat ketersediaan penggunaan dapat ditentukan menggunakan Persamaan 2.3 (Silalahi dkk, 2018):

$$UA = \frac{W}{W+S} \times 100\% \dots\dots\dots 2.3$$

Keterangan:

UA = Ketersediaan Penggunaan (%)

W = Jumlah Waktu yang Digunakan Alat Untuk Bekerja (Jam)

S = Jumlah Waktu yang Tidak Digunakan Alat Untuk Bekerja (Jam)

2.3. Biaya

Biaya (*cost*) merupakan segala pengorbanan yang dibutuhkan dalam mencapai suatu tujuan yang diukur dengan nilai uang. Berdasarkan waktunya, biaya terbagi atas biaya masa lalu (*historical cost*) dan biaya prediksi (*prediction cost*). Biaya masa lalu merupakan biaya yang telah dikeluarkan secara riil dan dibuktikan melalui catatan historis, sedangkan biaya prediksi merupakan perkiraan biaya yang akan dikeluarkan (Giatman dan Aliludin, 2006).

Berdasarkan sifat penggunaannya, biaya terbagi atas tiga jenis, yaitu (Giatman dan Aliludin, 2006):

1. Biaya Investasi

Biaya yang dikeluarkan sebagai modal usaha untuk menyiapkan dan membangun sarana dan prasarana serta fasilitas usaha agar dapat

beroperasi dengan baik.

2. Biaya Operasional

Biaya yang dikeluarkan secara rutin atau dalam periodik waktu tertentu dalam jumlah yang tetap atau relatif sama untuk menjalankan usaha sesuai tujuan.

3. Biaya Perawatan

Biaya yang dikeluarkan untuk menjaga agar performa fasilitas kerja selalu prima dan siap digunakan.

Suatu biaya dapat berubah ketika tingkat *output* berubah. Perubahan ini disebut sebagai perilaku biaya (*cost behavior*). Perilaku biaya dapat disebabkan oleh faktor yang mengukur tingkat *output* berdasarkan suatu aktivitas, faktor ini disebut pemicu biaya (*cost drive*) (Putri, 2020). Berdasarkan perilakunya, biaya diklasifikasikan atas beberapa jenis, yaitu (Giatman dan Aliludin, 2006):

1. Biaya Tetap

Biaya yang dikeluarkan dengan jumlah yang relatif sama walaupun volume produksi berubah dalam batas tertentu.

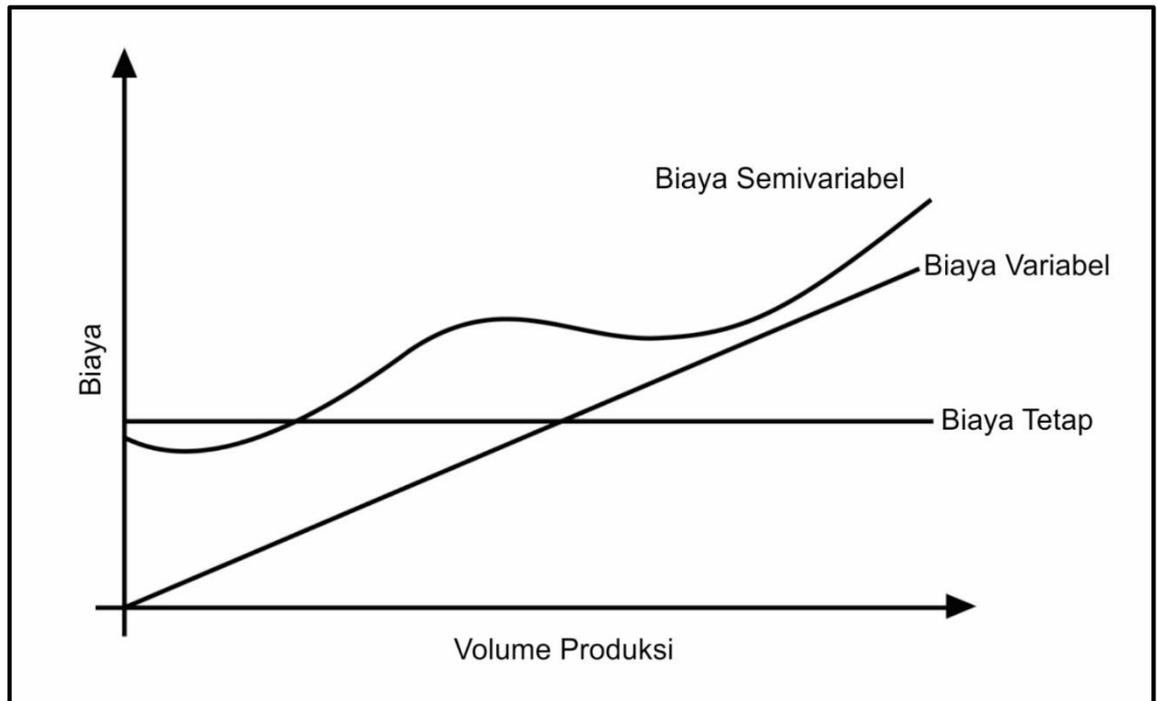
2. Biaya Variabel

Biaya yang dikeluarkan dengan jumlah yang berbanding lurus dengan tingkat volume produksi.

3. Biaya Semivariabel

Biaya yang dikeluarkan dengan jumlah yang tidak proporsional terhadap tingkat volume produksi.

Hubungan antara biaya tetap, biaya variabel, dan biaya semivariabel terhadap volume produksi dapat dilihat pada Gambar 2.11.



Gambar 2.11 Grafik Perilaku Biaya terhadap Volume Produksi (Giatman dan Aliludin, 2006).

2.4 Metode *High-Low*

Biaya produksi merupakan biaya yang digunakan dalam menghasilkan suatu produk. Biaya produksi terbagi atas dua jenis, yaitu biaya tetap dan biaya variabel. Biaya tetap merupakan biaya produksi yang jumlahnya tetap dan tidak terpengaruh pada tingkat pengeluaran/produk yang dihasilkan dalam jangka waktu tertentu, sedangkan biaya variabel merupakan biaya produksi yang jumlahnya dapat berubah tergantung jumlah sumberdaya yang digunakan (McEachern, 2006).

Metode *high-low* merupakan metode yang digunakan untuk memisahkan antara biaya tetap dan biaya variabel dengan jumlah data yang terbatas (Kenton, 2020). Metode *high-low* digunakan dengan memperhatikan variasi tingkat komponen biaya produksi terhadap beragam tingkat volume produksi. Metode ini dapat mengamati titik tertinggi dan titik terendah dari suatu aktivitas yang dilakukan (Stoenoiu *and* Cristea,

2018). Biaya variabel dapat ditentukan menggunakan metode *high-low* melalui Persamaan 2.4 (Putri, 2020):

$$Biaya\ Variabel = \frac{Biaya\ Aktivitas\ Tertinggi - Biaya\ Aktivitas\ Terendah}{Aktivitas\ Tertinggi - Aktivitas\ Terendah} \dots\dots\dots 2.4$$

Aktivitas tertinggi merupakan aktivitas produksi dengan tingkat produksi tertinggi, sedangkan aktivitas terendah merupakan aktivitas produksi dengan tingkat produksi terendah. Setelah mengetahui biaya variabel, maka biaya tetap dapat diketahui melalui Persamaan 2.5 (Putri, 2020):

$$Biaya\ Tetap = Total\ Biaya - Biaya\ Variabel \dots\dots\dots 2.5$$

Pada Persamaan 2.5 biaya tetap dapat dihitung menggunakan total biaya dan biaya variabel dari tingkat aktivitas tertinggi maupun terendah.