

**KAJIAN TEKNIS TINGKAT SEDIMENTASI SUMP EU PIT E BARAT
MENGUNAKAN PENDEKATAN *REVISED UNIVERSAL SOIL LOSS
EQUATION* (RUSLE) DAN METODE *SEDIMENT DELIVERY RATIO* (SDR)
Di PT. BUKIT MAKMUR MANDIRI UTAMA *JOBSITE* BINUNGAN
SUARAN**

TUGAS AKHIR

*Diajukan Sebagai Salah Satu Syarat
dalam Menyelesaikan Program S-1 Teknik Pertambangan*



Oleh :

TIWI MELISA
TM/NIM : 2016/16137033

Konsentrasi : Tambang Umum
Program Studi : S-1 Teknik Pertambangan

**JURUSAN TEKNIK PERTAMBANGAN
FAKULTAS TEKNIK
UNIVERSITAS NEGERI PADANG
2021**

LEMBAR PERSETUJUAN TUGAS AKHIR

"Kajian Teknis Tingkat Sedimentasi Sump EU Pit E Barat Menggunakan Pendekatan Revised Universal Soil Loss Equation (RUSLE) Dan Metode Sediment Delivery Ratio (SDR) Di PT. Bukit Makmur Mandiri Utama Jobsite Binungan Suaran"

Oleh:

Nama	: Tiwi Melisa
NIM/TM	: 16137033/2016
Program Studi	: S-1 Teknik Pertambangan
Jurusan	: Teknik Pertambangan
Fakultas	: Teknik

Padang, Februari 2021

Telah diperiksa dan disetujui oleh:

Pembimbing



Yoszi Mingsi Anaperta, S.T.,M.T
NIP.197903042008012010

Mengetahui,

Ketua Jurusan Teknik Pertambangan
Fakultas Teknik Universitas Negeri Padang



Dr. Fadhillah, S.Pd.,M.Si
NIP.19721213 200012 2 001

LEMBAR PENGESAHAN TIM PENGUJI

Dinyatakan Lulus Oleh Tim Penguji Tugas Akhir
Prodi S1-Teknik Pertambangan Jurusan Teknik Pertambangan
Fakultas Teknik Universitas Negeri Padang

Dengan Judul:

“Kajian Teknis Tingkat Sedimentasi *Sump* EU Pit E Barat Menggunakan Pendekatan *Revised Universal Soil Loss Equation* (RUSLE) Dan Metode *Sediment Delivery Ratio* (SDR) Di PT. Bukit Makmur Mandiri Utama Jobsite Binungan Suaran”

Oleh:

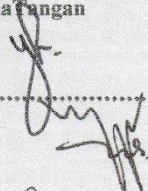
Nama : Tiwi Melisa
NIM/TM : 16137033/2016
Program Studi : S-1 Teknik Pertambangan
Jurusan : Teknik Pertambangan
Fakultas : Teknik

Padang, 08 Februari 2021

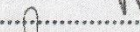
Tim Penguji

Tanda Tangan

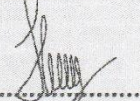
1. Yoszi Mingsi Anaperta, S.T., M.T

1.....

2. Dr. Murad MS, M.T

2.....

3. Jukepsa Andas, S.Si., M.T

3.....



KEMENTERIAN PENDIDIKAN DAN KEBUDAYAAN
UNIVERSITAS NEGERI PADANG

FAKULTAS TEKNIK
JURUSAN TEKNIK PERTAMBANGAN

Jl. Prof Dr. Hamka Kampus UNP Air Tawar Padang 25131

Telephone: FT: (0751)7055644, 4451118 Fax : 7055644

Homepage: <http://pertambangan.ft.unp.ac.id> E-mail : mining@ft.unp.ac.id

SURAT PERNYATAAN TIDAK PLAGIAT

Saya yang bertanda tangan di bawah ini:

Nama : Tiwi Melisa
NIM/TM : 16137033 / 2016
Program Studi : SI Teknik Pertambangan
Jurusan : Teknik Pertambangan
Fakultas : FT UNP

Dengan ini menyatakan, bahwa Tugas Akhir/Proyek Akhir saya dengan Judul :

- Kajian Teknis Tingkat Sedimentasi Sump Eu Pit E Barat Menggunakan Pendekatan
Revised Universal Soil Loss Equation (RUSLE) Dan Metode Sediment Delivery Ratio
(SDR) PT. Bukit Makmur Mandiri Utama Jobite Binungan Suoran*

”

Adalah benar merupakan hasil karya saya dan bukan merupakan plagiat dari karya orang lain. Apabila suatu saat terbukti saya melakukan plagiat maka saya bersedia diproses dan menerima sanksi akademis maupun hukum sesuai dengan hukum dan ketentuan yang berlaku, baik di Institusi Universitas Negeri Padang maupun di masyarakat dan negara.

Demikianlah pernyataan ini saya buat dengan penuh kesadaran dan rasa tanggung jawab sebagai anggota masyarakat ilmiah.

Padang, Februari 2021

yang membuat pernyataan,

Diketahui oleh,
Ketua Jurusan Teknik Pertambangan

Dr. Fadhilah, S.Pd., M.Si.
NIP. 19721213 200012 2 001



BIODATA



I. Data Diri

Nama lengkap : Tiwi Melisa
BP/ NIM : 2016/16137033
Tempat/ Tanggal Lahir : Bukittinggi / 17 Desember 1997
Nama Ayah : Boy Yendra
Nama Ibu : Yusmeini
Jumlah Bersaudara : 3 orang
Alamat : Jl. Tuanku Galuang No 76 Kec. Sungai Pua.
Email : tiwimelisaa@gmail.com

II. Data Pendidikan

Sekolah Dasar : SDN O5 Galuang
Sekolah Menengah Pertama : MtsN 2 Bukittinggi
Sekolah Menengah Atas : SMA N 2 Bukittinggi
Perguruan Tinggi : Universitas Negeri Padang

III. Tugas Akhir

Tempat PLI : PT. BUMA *Jobsite* BINSUA.
Tanggal PLI : 23 April s/d 27 Juni 2020.
Topik PLI : *"Kajian Teknis Tingkat Sedimentasi Sump EU Pit E Barat Menggunakan Pendekatan Revised Universal Soil Loss Equation (RUSLE) dan Metode Sediment Delivery Ratio (SDR) PT. Bukit Makmur Mandiri Utama Jobsite Binungan Suaran"*.

Padang, Januari 2021

Tiwi Melisa
16137033/2016

**Kajian Teknis Tingkat Sedimentasi Sump EU Pit E Barat
Menggunakan Pendekatan Revised Universal Soil Loss Equation (RUSLE)
dan Metode Sediment Delivery Ratio (SDR) PT. Bukit Makmur Mandiri
Utama Jobsite Binungan Suaran**

Tiwi Melisa
S1 Teknik Pertambangan
Fakultas Teknik Negeri Padang
tiwimelisaa@gmail.com

RINGKASAN

PT. Bukit Makmur Mandiri Utama *Jobsite* Binungan Suaran adalah salah satu perusahaan swasta yang bergerak dibidang kontraktor pertambangan dan mempunyai perjanjian kontrak kerja dalam penambangan batubara di Kalimantan Timur dengan PT. Berau Coal. *Sump* merupakan kolam air sementara yang berfungsi untuk menampung air yang masuk ke area penambangan karena adanya proses sedimentasi yang tinggi menimbulkan pendangkalan dan menyebabkan kapasitas aktual *sump* tidak sesuai dengan rencana sehingga *sump* berpotensi meluap dan dapat mengganggu proses penambangan. Kondisi saat ini keadaan *sump* sudah hampir penuh dengan sedimen pada elevasi -156, perhitungan tingkat sedimentasi yang dilakukan sebelumnya tidak merepresentasikan volume sedimentasi aktual dimana volume aktual sedimen dari hasil pengukuran bathimetri bulan April 2020 relatif lebih besar dari perhitungan rencana. Tujuan dari penelitian ini adalah mengkaji tingkat sedimentasi pada *sump* EU dengan menggunakan pendekatan *Revised Universal Soil Loss Equation* (RUSLE) dan metode *Sediment Delivery Ratio* (SDR). Laju sedimentasi prediksi yang dihasilkan dari *week* 15 sampai *week* 25 dengan luas *catchment area* sebesar 323 Ha, dan laju erosi sebesar 4,568.073 ton/ha, serta menggunakan nilai SDR metode USDA SCS (1975) sebesar 0.270 adalah 265,706.53 m³. Sisa umur *sump* EU akibat dari tingginya laju sedimentasi ini adalah 0.22 tahun. Untuk mengatasi sisa umur *sump* yang singkat maka direkomendasikan untuk membuat *sump* pengganti dengan luas *catchment area* yang di perkecil menjadi 60.30 Ha, dengan debit air yang masuk sebesar 47,567.28 m³/hari, jumlah pompa yang dibutuhkan yaitu 2 unit pompa Multiflo MF-420 EXHV dan dengan biaya pemompaan sebesar Rp.577,357.07/jam, sedangkan biaya pembuatan *sump* dengan kapasitas tampungan 100,244 m³ yaitu sebesar Rp.258,173,718.70/jam. Rekomendasi selanjutnya yaitu pembuatan *sediment trap* dengan kapasitas tampungan 3,795 m³ dan membutuhkan biaya pembuatan sebesar Rp.5,920,786.47/jam.

Kata Kunci: *RUSLE, SDR, Sump EU, Pompa Multiflo, Sediment Trap.*

**Technical Study Sedimentation Rate of Sump EU Pit E West Using
Revised Universal Soil Loss Equation (RUSLE) Approach and Sediment
Delivery Ratio (SDR) Method PT. Bukit Makmur Mandiri Utama Jobsite
Binungan Suaran**

Tiwi Melisa
Mining Engineering
Engineering Faculty, Padang State of University
tiwimelisaa@gmail.com

ABSTRACT

PT. Bukit Makmur Mandiri Utama Jobsite Binungan Suaran is a private company engaged in mining contracting and has a work contract agreement in coal mining in East Kalimantan with PT. Berau Coal. The sump is a temporary water pool that functions to collect water that enters the mining area because of the high sedimentation process which causes silting and causes the actual capacity of the sump to not match the plan so that the sump has the potential to overflow and can disrupt the mining process. The current condition is that the sump is almost full of sediment at an elevation of -156, the calculation of the sedimentation rate carried out previously does not represent the actual sedimentation volume where the actual volume of sediment from the bathimetric measurement results in April 2020 is relatively larger than the planned calculation. The purpose of this study was to assess the sedimentation rate at EU sump using the Revised Universal Soil Loss Equation (RUSLE) approach and the Sediment Delivery Ratio (SDR) method. The predicted sedimentation rate generated from week 15 to week 25 with a catchment area of 323 ha, and an erosion rate of 4,568,073 tonnes/ha, and using the SDR value of the USDA SCS method (1975) of 0.270 was 265,706.53 m³. The remaining life of the EU sump as a result of this high sedimentation rate is 0.22 years. To overcome the short remaining life of the sump, it is recommended to make a replacement sump with a catchment area reduced to 60.30 Ha, with an incoming water discharge of 47,567.28 m³/day, the number of pumps needed is 2 units of Multiflo MF-420 EXHV pumps and with The pumping cost is Rp. 577,357.07/ hour, while the cost of making sump with a storage capacity of 100,244 m³ is Rp. 258,173,718.70/hour. The next recommendation is making a sediment trap with a storage capacity of 3,795 m³ and requires a construction cost of Rp. 5,920,786.47/hour.

Keywords : RUSLE, SDR, Sump EU, Multiflo Pum, Sediment Trap

KATA PENGANTAR

Alhamdulillahirrabil'alamin selalu penulis ucapkan kepada Allah Subhanahu wa Ta'ala, yang telah memberikan nikmat yang tidak berujung sehingga penulis bisa menyelesaikan Tugas Akhir ini sesuai dengan tenggang waktu yang telah disediakan. Dalam Tugas akhir ini, penulis mengambil topik bahasan ***"Kajian Teknis Tingkat Sedimentasi Sump EU Pit E Barat Menggunakan Pendekatan Revised Universal Soil Loss Equation (RUSLE) dan metode Sediment Delivery Ratio (SDR) Di PT. Bukit Makmur Mandiri Utama Jobsite Binungan Suaran."***

Tugas Akhir ini disusun sebagai salah satu syarat dalam menyelesaikan perkuliahan pada Program Studi S1 Teknik Pertambangan, Fakultas Teknik Universitas Negeri Padang. Selanjutnya dalam penulisan Tugas Akhir ini penulis banyak mendapatkan bantuan dan bimbingan dari berbagai pihak, maka pada kesempatan kali ini penulis mengucapkan terima kasih kepada:

1. Yang teristimewa untuk kedua orang tua dan Kakak- kakak tercinta yang selalu memberikan dukungan moral dan materil serta doa untuk kelancaran penulis dalam menyelesaikan Tugas Akhir ini.
2. Ibu Yoszi Mingsi Anaperta, S.T.,M.T. selaku dosen pembimbing yang telah mengarahkan penulis sehingga penulisan Tugas Akhir ini dapat diselesaikan dengan baik.
3. Dr. Murad MS, M.T selaku dosen penguji satu yang telah banyak memberikan masukan dan saran untuk penulis agar Tugas Akhir ini menjadi lebih sempurna.
4. Jukepsa Andas, S.Si.,M.T selaku dosen penguji dua telah banyak memberikan

masukan dan saran untuk penulis agar Tugas Akhir ini menjadi lebih sempurna.

5. Dr. Fadhilah, S.Pd., M.Si selaku Ketua Jurusan Teknik Pertambangan Fakultas Teknik Universitas Negeri Padang.
6. Seluruh Dosen, Teknisi, Staf jurusan teknik pertambangan yang telah banyak memberikan ilmu pengetahuan, pengalaman dan bantuannya sehingga dapat terselesaikan Tugas Akhir ini.
7. Bapak Dede Bayu, Bapak Asto Budoyo Kristianto, Bapak Slamet Triatmojo selaku Kepala Bagian di PT. Bukit Makmur Mandiri Utama *Jobsite* Binungan Suaran.
8. Bapak Setyo Madani selaku Pembimbing lapangan dan Supervisor di bagian Geoteknik pada PT. Bukit Makmur Mandiri Utama *Jobsite* Binungan Suaran.
9. Bapak Ikra selaku Pembimbing lapangan dua dan Supervisor di bagian Hydrogeologi pada PT Bukit Makmur Mandiri Utama *Jobsite* Binungan Suaran.
10. Seluruh karyawan PT. Bukit Makmur Mandiri Utama *Jobsite* Binungan Suaran yang telah membantu dalam menyelesaikan penelitian untuk menyelesaikan Tugas Akhir ini.
11. Uni lilis beserta abang-abang yang ada di Berau yang telah bersedia menjadi keluarga baru dan menjaga penulis selama pelaksanaan penelitian.
12. Fellya Septia Fuzi, Jumarinda, Syakinah Hasibuan, Fitria Monica, Gilang Oktavi Hendri dan teman teman keluarga Bahagia yang selalu menyemangati dan menghibur disaat penulis membutuhkan dukungan dan semangat.
13. Rekan-rekan seperjuangan, khususnya mahasiswa/i teknik pertambangan 2016

yang sama-sama berjuang dalam menyelesaikan Tugas Akhir

14. Dan semua pihak yang terlibat dalam menyelesaikan Tugas Akhir ini yang namanya tidak dapat disebutkan satu persatu.

Penulis menyadari bahwa dalam penulisan Tugas Akhir ini masih banyak terdapat kekurangan dikarenakan terbatasnya ilmu pengetahuan yang penulis miliki, oleh karena itu kritik dan saran sangat diharapkan demi perbaikan dimasa yang akan datang. Semoga Tugas Akhir ini dapat bermanfaat bagi penulis khususnya, perusahaan dan pembaca pada umumnya.

Padang, Januari 2021

Tiwi Melisa

DAFTAR ISI

	Halaman
HALAMAN JUDUL	i
LEMBAR PERSETUJUAN TUGAS AKHIR	ii
LEMBAR PENGESAHAN PENGUJI	iii
SURAT PERNYATAAN TIDAK PLAGIAT	iv
BIODATA	v
RINGKASAN	vi
ABSTRACT	vii
KATA PENGANTAR	viii
DAFTAR ISI	xi
DAFTAR GAMBAR	xiv
DAFTAR TABEL	xvi
DAFTAR LAMPIRAN	xviii
BAB I. PENDAHULUAN	
A. Latar Belakang Masalah	1
B. Identifikasi Masalah	3
C. Batasan Masalah	4
D. Rumusan masalah	4
E. Tujuan Penelitian	5
F. Manfaat Penelitian	6

BAB II. TINJAUAN PUSTAKA

A. Deskripsi Perusahaan	7
1. Sejarah Perusahaan	7
2. Lokasi Kesampaian Daerah	10
3. Keadaan Geologi dan Statigrafi Daerah	12
B. Kajian Teori	21
1. Daerah Tangkapan Hujan (<i>Catchment Area</i>)	21
2. Erosi	22
3. Sedimen dan Metode <i>Sediment Delivery Ratio</i> (SDR)	36
4. Sumuran (<i>Sump</i>) dan Sisa Umur Sumuran (<i>Sump</i>)	39
5. Curah Hujan	42
6. Pompa	46
7. Biaya Kepemilikan dan Biaya Operasional	47
C. Penelitian Relevan	53
D. Kerangka Konseptual	59

BAB III. METODE PENELITIAN

A. Jenis Penelitian	61
B. Objek Penelitian	61
C. Lokasi dan Waktu Penelitian	61
D. Jenis dan Data Penelitian	62
E. Teknik Pengumpulan Data	63

F. Teknik Aanalisa Data	64
G. Diagram Alir Penelitian	66
 BAB IV. HASIL DAN PEMBAHASAN	
A. <i>Control Box</i> / Perangkat Sedimen	67
B. Erosi	71
C. Analisa Sedimentasi	87
D. Perhitungan Sedimentasi <i>Sump</i> EU Pit E Barat	96
E. Prediksi Sisa Umur <i>Sump</i> EU Pit E Barat	107
F. Rekomendasi Solusi Untuk Mengatasi Masalah Sisa Umur <i>Sump</i>	109
 BAB V. PENUTUP	
A. Kesimpulan	156
B. Saran	158
 DAFTAR PUSTAKA	 160
 LAMPIRAN	 163

DAFTAR GAMBAR

	Halaman
1. Gambar 1 Site PT. Bukit Makmur Mandiri Utama	10
2. Gambar 2 Peta Kesampaian Daerah	11
3. Gambar 3 Cekungan Tarakan Kalimantan Timur	12
4. Gambar 4 Struktur Geologi Regional Cekungan Tarakan	17
5. Gambar 5 Stratigrafi Regional Daerah Sekitar Berau Kalimantan Timur	19
6. Gambar 6 Kerangka Konseptual	60
7. Gambar 7 Desain Penelitian.....	65
8. Gambar 8 Diagram Alir Penelitian	66
9. Gambar 9 Peta Daerah Tangkapan Hujan Control Box Pit E Barat	68
10. Gambar 10 Desain <i>Control Box</i>	69
11. Gambar 11 Peta Pengambilan Sampel Tanah	74
12. Gambar 12 Pengukuran Panjang dan Kemiringan Lereng <i>Control Box</i>	79
13. Gambar 13 <i>Surface Bathymetry Week 15</i>	97
14. Gambar 14 <i>Surface Bathymetry Week 25</i>	97
15. Gambar 15 Peta Daerah Tangkapan Hujan <i>Sump</i> EU.....	99
16. Gambar 16 Pengukuran Panjang dan Kemiringan Lereng <i>Sump</i> EU	100
17. Gambar 17 Area Pengganti <i>Sump</i>	110
18. Gambar 18 <i>Catchment area Sump</i> pengganti	110
19. Gambar 19 Bentuk dan Dimensi <i>Sump</i>	130

20. Gambar 20 Dimensi <i>Sidiment Trap</i>	148
21. Gambar 21 Peninggian Parimeter <i>Sump</i> EU	155

DAFTAR TABEL

	Halaman
1. Tabel 1 Luas dan Volume Pit Secara Aktual di PT. BUMA	21
2. Tabel 2 Proporsi Fraksi Menurut Kelas Tekstur Tanah	32
3. Tabel 3 Klasifikasi Erodibilitas Tanah	32
4. Tabel 4 Nilai Faktor C (pengelolaan tanaman)	34
5. Tabel 5 Derajat dan Intensitas Curah Hujan	45
6. Tabel 6 Nilai Koefisien Limpasan	46
7. Tabel 7 Rincian Waktu Penelitian	62
8. Tabel 8 Nilai Laju Sedimentasi PT.BUMA <i>Jobsite</i> Binungan Suaran	68
9. Tabel 9 Data Hasil Pengukuran Laju Sedimentasi Di Lapangan.....	70
10. Tabel 10 Data Curah Hujan Harian Bulan Mei-Juni.....	72
11. Tabel 11 Nilai Indeks Erosivitas Hujan	73
12. Tabel 12 Hasil Pengujian Sampel Tanah	75
13. Tabel 13 Kelas Struktur Tanah	76
14. Tabel 14 Kelas Permeabilitas Tanah	77
15. Tabel 15 Hasil Perhitungan Nilai Erodibilitas tanah	78
16. Tabel 16 Data Panjang dan Kemiringan Lereng	80
17. Tabel 17 Eksponensial Panjang Lereng	80
18. Tabel 18 Penilaian Kelas Kelerengan	82
19. Tabel 19 Hasil Perhitungan Panjang dan Kemiringan Lereng	82

20. Tabel 20 Hasil Perhitungan Laju Erosi	86
21. Tabel 21 Hasil Perhitungan SDR	90
22. Tabel 22 Perbandingan Hasil Laju Sedimentasi	98
23. Tabel 23 Data <i>Surface Bathymetry</i>	96
24. Tabel 24 Data Panjang dan Kemiringan Lereng	101
25. Tabel 25 Hasil perhitungan Faktor Panjang dan Kemiringan Lereng	103
26. Tabel 26 Perbandingan Laju sedimentasi Prediksi dan Aktual	106
27. Tabel 27 Kapasitas <i>Sump</i> EU Pit E Barat	108
28. Tabel 28 Data Curah Hujan Harian Pit E barat Tahun 2010-2019	111
29. Tabel 29 Nilai Standar Deviasi Berdasarkan Hasil Perhitungan	112
30. Tabel 30 Nilai Reduced Mean	113
31. Tabel 31 Panjang Lintasan dan Beda Ketinggian	116
32. Tabel 32 Parameter <i>Ground Water</i>	119
33. Tabel 33 Debit Total Yang Masuk Dalam <i>Sump</i> Pengganti	121
34. Tabel 34 Debit Aktual Pompa Pada <i>Sump</i> EU Pit E Barat	122
35. Tabel 35 <i>Owning Cost</i> Pompa Multiflo MF420-EXHV	124
36. Table 36 Produktivitas <i>Excavator Komatsu PC2000</i>	131
37. Tabel 37 Data <i>Cycle Time</i> Alat Gali-muat dan Alat Angkut	131
38. Tabel 38 <i>Owning Cost Excavator</i> PC2000 dan HD785	133
39. Tabel 39 <i>Owning Cost dan Operating Cost</i> PC2000 dan HD785	144
40. Tabel 40 <i>Owning Cost Excavator</i> PC200	149

DAFTAR LAMPIRAN

	Halaman
A. Peta Topografi Daerah Penelitian	163
B. Lokasi Penambangan PT.BUMA <i>Jobsite</i> BINSUA	164
C. Stratigrafi Daerah Penelitian	165
D. Grafik Sedimentasi <i>Sump</i> EU	166
E. Pengukuran Bathymentry <i>Control Box</i>	167
F. Pengukuran Laju Sedimentasi Pada <i>Control Box</i>	168
G. Sampel Tanah Untuk Erodibilitas Tanah	169
H. Uji Laboratorium Sampe Tanah	170
I. Data Dan Dokumentasi Hasil Pengukuran Bahan Organik (Bo)	171
J. Hasil Uji Saringan	172
K. Hasil Dan Dokumentasi Uji Permeabilitas Tanah	173
L. 1. Laju Sedimentasi Menggunakan SDR Metode Bounce	174
2. Laju Sedimentasi Menggunakan SDR Metode Vanoni (1975)	175
3. Laju Sedimentasi Menggunakan Sdr Metode Usda Scs (1975)	176
4. Laju Sedimentasi Menggunakan Sdr Metode Renfro (1997)	177
5. Laju Sedimentasi Menggunakan Sdr Metode Auerswald (1997)	178
M. Data Curah Hujan Harian Week 15 – Week 25 Pit E Barat	179
N. Pemilihan Jenis Sebaran	180
O. Daftar Harga	182
P. 1. Spesifikasi Alat Gali Muat <i>Excavator Komatsu</i> PC 2000	183

2. Spesifikasi Alat Gali Muat <i>Excavator Komatsu PC 200</i>	184
3. Spesifikasi Alat Angkut HD 785-7 <i>Komatsu</i>	185
Q. Surat Keterangan Telah Menyelesaikan Penelitian	186

BAB I

PENDAHULUAN

A. Latar Belakang

Pertambangan adalah rangkaian kegiatan yang meliputi pekerjaan pencarian, penyelidikan, penambangan, pengolahan, penjualan mineral-mineral dan batuan yang memiliki arti ekonomis (berharga). Bahan galian itu biasanya berupa mineral, batubara, panas bumi dan migas.

PT. Bukit Makmur Mandiri Utama *Jobsite* Binungan Suaran adalah salah satu perusahaan swasta yang bergerak dibidang kontraktor pertambangan dan mempunyai perjanjian kontrak kerja dalam penambangan batubara di Kalimantan Timur dengan PT. Berau Coal.

Kegiatan penambangan yang dilakukan oleh PT. Bukit Makmur Mandiri Utama *Jobsite* Binungan Suaran menggunakan metode kombinasi alat gali muat (*excavator*) dan alat angkut (*dump truck*). Sistem penambangan yang diterapkan oleh PT. Bukit Makmur Mandiri Utama *Jobsite* Binungan Suaran yaitu sistem tambang terbuka (*surface mining*) dengan metode *open pit*. Penerapan metode *open pit* akan menyebabkan terbentuknya cekungan yang luas sehingga sangat potensial untuk menjadi daerah tampungan air, baik yang berasal dari air limpasan permukaan maupun air tanah.

Sump EU dan F2 di Pit E Barat area konsesi PT Berau Coal yang dikerjakan oleh PT. Bukit Makmur Mandiri Utama *Jobsite* Binungan Suaran merupakan kolam air sementara dengan tujuan untuk menampung air yang masuk ke area penambangan. Kapasitas *sump* akan sangat

bergantung pada kecepatan proses sedimentasi dari material yang terbawa oleh air ke dalam *sump*. Proses sedimentasi yang tinggi menimbulkan pendangkalan dan menyebabkan kapasitas aktual *sump* tidak sesuai dengan rencana sehingga *sump* berpotensi meluap dan dapat mengganggu proses penambangan.

Kondisi saat ini keadaan *sump* EU Pit E Barat sudah hampir penuh dengan lumpur/sedimen pada elevasi -156 hasil dari proses sedimentasi, perhitungan tingkat sedimentasi yang dilakukan sebelumnya tidak merepresentasikan volume sedimentasi aktual dimana volume aktual lumpur/sedimen dari hasil pengukuran bathimetri bulan April 2020 relatif lebih besar dari perhitungan rencana. Permasalahan inilah yang melatarbelakangi diperlukannya kajian teknis untuk mendapatkan faktor koreksi atau pendekatan untuk dapat memperoleh perhitungan tingkat sedimentasi yang lebih mendekati dengan volume aktual.

Mengingat keadaan *sump* yang sangat luas dan tidak memungkinkan untuk dilakukannya poses pengukuran laju sedimentasi sehingga dibutuhkan Control Box sebagai media untuk proses pengukuran laju sedimentasi dengan Catchment area yang terkontrol.

Berdasarkan referensi mengenai penelitian sejenis “*Menurut Saraswatri (2015). Metode Revised Universal Soil Loss Equation (RUSLE) dan metode Sediment Delivery Ratio (SDR) dapat merepresentasikan nilai laju erosi dan nilai sedimentasi aktual pada daerah penambangan*”.

Selanjutnya latar belakang dari permasalahan ini yaitu karena belum diketahui berapa sisa umur *sump* EU yang telah hampir penuh dengan lumpur

akibat sedimentasi dan belum adanya solusi bagaimana cara untuk mengatasi *sump* EU yang hampir penuh tersebut.

Dari permasalahan di atas, maka penulis ingin membahas lebih lanjut dan menjadikannya sebuah kajian penelitian dengan judul:

”Kajian Teknis Tingkat Sedimentasi Sump EU Pit E Barat Menggunakan Pendekatan Revised Universal Soil Loss Equation (RUSLE) dan metode Sediment Delivery Ratio (SDR) Di PT. Bukit Makmur Mandiri Utama Jobsite Binungan Suaran.”

B. Identifikasi Masalah

Identifikasi masalah bertujuan untuk mempermudah dalam penyelesaian masalah yang akan dibahas, sehingga pada tahap penyelesaian masalah tersebut dapat terurut dengan baik, dalam judul ini masalah dapat dikelompokkan :

1. Belum adanya kajian teknis tingkat sedimentasi menggunakan pendekatan metoda SDR dan RUSLE pada PT. Bukit Makmur Mandiri Utama *Jobsite* Binungan Suaran.
2. Pendekatan tingkat sedimentasi pada *sump* pit E barat tidak merepresentasikan volume sedimentasi aktual.
3. Tingkat sedimentasi yang tinggi pada *sump* EU Pit E Barat dapat mempersingkat umur dan merusak tata guna *sump* tersebut.
4. Belum adanya cara untuk mengatasi tingkat laju sedimentasi yang tinggi serta belum adanya solusi untuk mempertahankan keadaan *sump* agar tidak beralih fungsi.

C. Batasan Masalah

Adapun batasan masalah yang diperhatikan untuk kajian teknis tingkat sedimentasi pada *area* ini agar penelitian ini dapat dilakukan secara terstruktur, terorganisir, dan mencapai sasarannya. Penelitian ini dititik beratkan pada aspek teknisnya saja yang meliputi:

1. Penelitian hanya dilakukan di *sump* pit E barat PT. Bukit Makmur Mandiri Utama *Jobsite* Binungan Suaran.
2. Pembuatan Control Box hanya di buat pada satu titik yaitu pada jalan lavender dengan catchment area yang telah dibatasi .
3. Penentuan laju erosi dilakukan dengan menggunakan metode *Revised Universal Soil Loss Equation* (RUSLE).
4. Dan penentuan tingkat sedimentasi dilakukan dengan menggunakan metode *Sediment Delivery Ratio* (SDR).
5. Penelitian meninjau aspek ekonomis dalam sistem pemompaan pembuatan *sump* pengganti dan pembuatan *sediment trap*.

D. Rumusan Masalah

Berdasarkan identifikasi masalah dan batasan masalah yang telah diuraikan di atas maka untuk lebih terarahnya penelitian ini, maka penulis merumuskan permasalahan ditinjau dari beberapa aspek diantaranya :

1. Bagaimana laju erosi yang dihasilkan berdasarkan metode RUSLE pada pit E barat.
2. Bagaimana tingkat sedimentasi yang dihasilkan pada *sump* EU pit E barat dengan pendekatan *Sediment Delivery Ratio* (SDR).

3. Bagaimana faktor koreksi atau pendekatan yang dihasilkan dari kajian teknis yang telah dilakukan.
4. Berapa sisa umur *sump* EU Pit E Barat.
5. Bagaimana solusi untuk mengatasi tingginya tingkat laju sedimentasi yang berdampak terhadap pengurangan sisa umur *sump*.

E. Tujuan Penelitian

Tujuan dari penelitian yang dilakukan adalah:

1. Mendapatkan nilai laju erosi berdasarkan metode USLE pada pit E barat.
2. Mendapatkan tingkat sedimentasi yang dihasilkan pada *Sump* EU pit E barat dengan pendekatan *Sediment Delivery Ratio* (SDR).
3. Mendapatkan faktor koreksi atau metoda pendekatan untuk mengetahui tingkat sedimentasi pada *sump* EU pit E barat.
4. Mendapatkan estimasi sisa umur dari *sump* EU pit E barat.
5. Mendapatkan solusi untuk mengatasi tingginya tingkat laju sedimentasi yang berdampak terhadap pengurangan sisa umur *sump*.

F. Manfaat Penelitian

Penelitian diharapkan dapat memberi manfaat bagi perusahaan, peneliti dan universitas:

1. Bagi Penulis
 - a. Meningkatkan keterampilan penulis dalam menganalisis dan memecahkan masalah, yang nantinya akan berguna dalam dunia kerja.
 - b. Menyelesaikan salah satu syarat bagi penulis untuk mendapatkan gelar sarjana teknik.

2. Bagi Perusahaan

- a. Memberikan masukan kepada perusahaan tentang hasil dari penelitian yang diperoleh, sehingga dapat menjadi bahan dalam menentukan tingkat sedimentasi pada *sump*, sehingga dapat mengurangi resiko tergenangnya front penambangan.
- b. Referensi bagi penelitian sejenis dan dasar untuk penelitian selanjutnya.
- c. Menciptakan kondisi yang aman dan nyaman di dalam tambang.

BAB II

TINJAUAN PUSTAKA

A. Deskripsi Perusahaan

1. Sejarah Perusahaan

PT.Bukit Makmur Mandiri Utama (BUMA) merupakan perusahaan kontraktor pertambang batubara. Berawal dari sebuah perusahaan kontraktor perkebunan kelapa sawit, yang didirikan oleh Bapak Johan Lensa. Proyek pertama berawal dari Kota Singkil, Kabupaten Aceh Selatan pada tahun 1988, dengan berbekal 1 unit bulldozer D85 A. Pada akhir tahun 1998 di mulailah proyek ke-11 di Aceh Barat. Pada saat yang bersamaan PT BUMA kembali dipercaya membuka proyek kelapa sawit ke-3 di Kecamatan Waru, Kabupaten Pasir, Kalimantan Timur.

Pada akhir tahun 1994, PT Buma mulai bergerak di bidang kontraktor pertambangan dengan langkah awal menjadi Sub Kontraktor PT Pama Persada Nusantara di Sungai Lati, Kabupaten Berau, Kalimantan Timur. Saat itu PT Buma menggunakan nama PT Bukit Makmur Widya. Pada tahun 1995 dari Sungai Lati melanjutkan sebagai Sub Kontraktor PT Pama Persada Nusantara di Tenggarong dengan PT Fajar Bumi Sakti sebagai *owner*.

- a. Pada tahun 1998 PT BUMA lahir sebagai kontraktor dalam jasa pertambangan batubara dengan nama PT Mentari Bukit Makmur (MBM) di jobsite Lati (Berau coal).

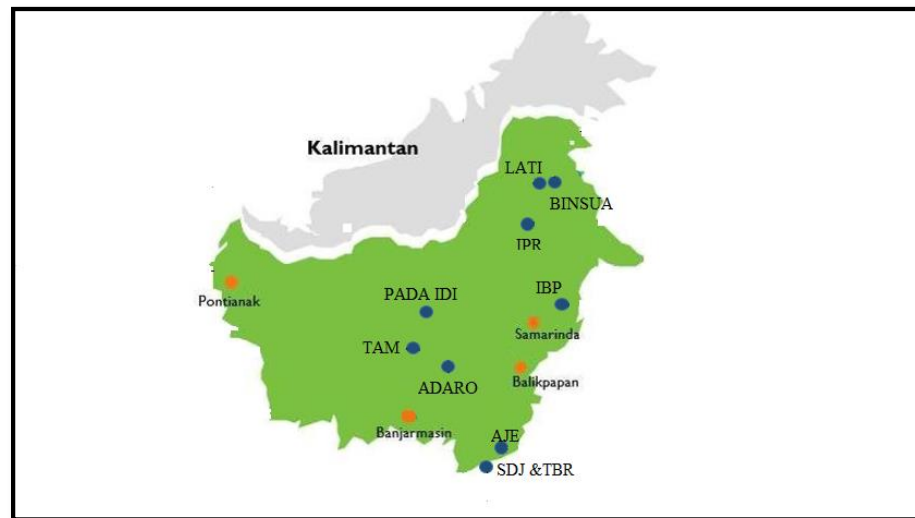
- b. Pada tahun 1999 PT Mentari Bukit Makmur (MBM) berubah nama menjadi PT Bukit Makmur Mandiri Utama (BUMA) untuk memulai project di Jobsite Binungan, Berau.
- c. Pada tahun 2001 PT BUMA mendapatkan prestasi yang membanggakan karena mendapatkan proyek dari PT Adaro Indonesia di Tanjung Tabalong, Kalimantan Selatan.
- d. Pada tahun 2005 PT BUMA menjadi kontraktor penambangan batubara terbesar kedua di Indonesia, dengan nilai saham pasar sebesar 18.9%.
- e. Pada tahun 2009 tepatnya pada tanggal 6 November Delta Dunia mengakuisisi kepemilikan saham PT BUMA.
- f. Pada tahun 2010 PT BUMA menandatangani kontrak baru dengan KPC dan PT Arutmin.
- g. Pada tahun 2012 PT BUMA menandatangani perpanjangan kontrak dengan Gunung Bayan Pratama Coal, Perkasa Inaka Kersa, dan menandatangani kontrak baru dengan KPC.
- h. Pada Tahun 2015 PT BUMA mempertahankan prestasinya sebagai salah satu kontraktor penambangan batubara terbesar di Indonesia dengan costumer utama: Kideco Jaya Agung, Adaro, Berau Coal, Sungai Danau Jaya dan Tadjahan Antang Mineral.

Dengan didukung oleh keuangan perusahaan yang kuat, serta *back up* dari *dealer* alat berat utama dan pengalaman yang cukup luas, perusahaan akan membuktikan diri untuk menjadi kontraktor tambang pilihan di

Indonesia. PT. Bukit Makmur Mandiri Utama sekarang berkantor di pusat The Honey Lady Lantai 09 CBD No. 1, Jalan Pluit Selatan Raya RT.21/RW.8, Penjaringan, Kota Jakarta Utara, Daerah Khusus Ibukota Jakarta dan memiliki 12 (dua belas) *jobsite* yang aktif maupun tidak aktif, yaitu :

- a. PT. Bukit Makmur Mandiri Utama *Jobsite* PT. Adaro Indonesia, Kalimantan Selatan.
- b. PT. Bukit Makmur Mandiri Utama *Jobsite* PT. Berau Coal, Binungan, Kalimantan Timur.
- c. PT. Bukit Makmur Mandiri Utama *Jobsite* PT. Kideco Jaya Agung, Kalimantan Timur.
- d. PT. Bukit Makmur Mandiri Utama *Jobsite* PT. Sungai Danau Jaya, Kalimantan selatan
- e. PT. Bukit Makmur Mandiri Utama *Jobsite* PT. Berau Coal, Lati, Kalimantan Timur.
- f. PT. Bukit Makmur Mandiri Utama *Jobsite* PT. Indonesia Pratama, Tabang, Kutai Barat, Kalimantan Timur.
- g. PT. Bukit Makmur Mandiri Utama *Jobsite* PT. Insani Bara Perkasa, Samarinda Kalimantan Selatan.
- h. PT. Bukit Makmur Mandiri Utama *Jobsite* PT. Pada Idi, Kalimantan Tengah.

Berikut merupakan gambar dari persebaran Site PT. Bukit Makmur Mandiri Utama.

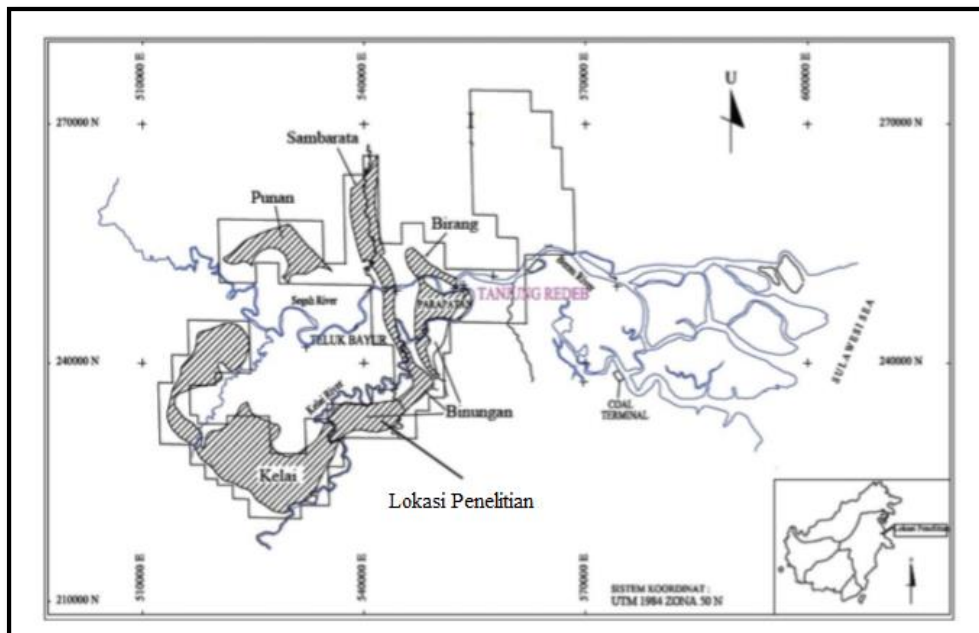


Sumber : Departement Engineering PT. BUMA

Gambar 1. Site PT. Bukit Makmur Mandiri Utama

2. Lokasi Kesampain Daerah

Secara administrasi PT. Bukit Makmur Mandiri Utama *Jobsite* Binungan Suaran termasuk dalam wilayah Sambaliung, Kecamatan Tanjung Redep, Kabupaten Berau, Provinsi Kalimantan Timur. Luas daerah izin usaha penambangan saat ini adalah ± 2.055 Ha. Secara astronomis lokasi penelitian terdapat pada koordinat $117^{\circ} 26'33''$ BT – $117^{\circ} 32'55''$ BT dan $2^{\circ}03'35''$ LU – $2^{\circ}06'32''$ LU.



Sumber : Arsip Perusahaan

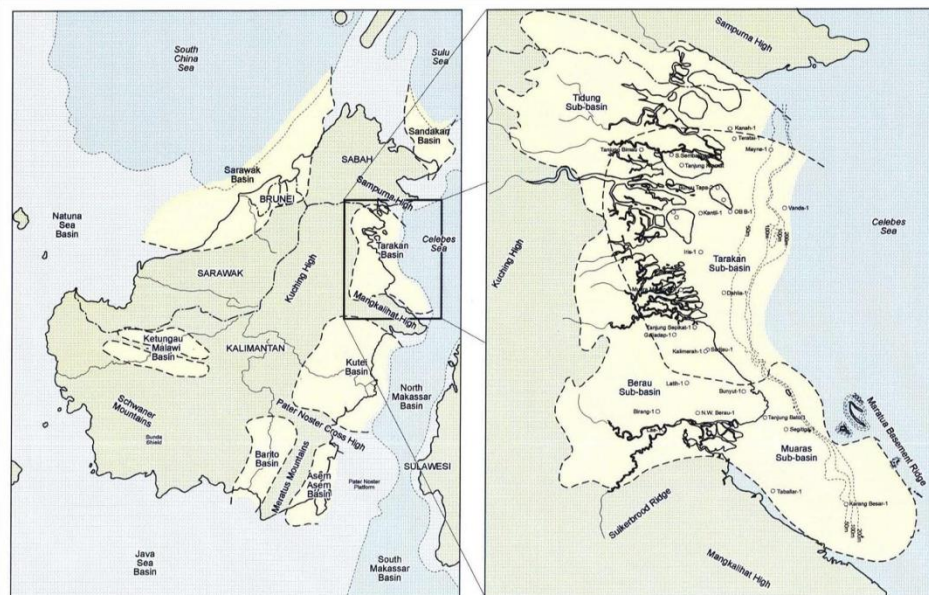
Gambar 2. Peta Kesampaian Daerah

Rute yang dilalui untuk sampai ke lokasi penelitian adalah sebagai berikut :

- a. Dari bandara International Minangkabau Padang menuju Bandara Soekarno-Hatta Jakarta menggunakan pesawat udara dengan waktu tempuh ± 1 jam 45 menit.
- b. Dari Bandara Soekarno-Hatta menuju Bandara Sepinggan Balikpapan melalui jalur udara dengan waktu tempuh ± 2 jam 5 menit.
- c. Dari Bandara Sepinggan Balikpapan menuju Bandara Kalimantan Kabupaten Berau melalui jalur udara dengan waktu tempuh ± 45 menit.
- d. Kemudian perjalanan dilanjutkan melalui jalur darat menuju Desa Pegat Bukur ± 45 menit menggunakan kendaraan roda empat.

3. Keadaan Geologi dan Statigrafi Daerah

Berau terletak pada Cekungan Tarakan dengan pegunungan yang umumnya rendah dengan bukit yang bergelombang (*rugged*). Aliran air Malinau atau Kelai menutupi hampir seluruh daerah Berau dan mengalir menuju Laut Sulawesi dan membentuk Delta Berau. Daerahnya kebanyakan berair, rawa mangrove pasang surut yang menghiasi pantai, sungai besar, dan delta. Berau sendiri dikelilingi oleh topografi *rugged*, khususnya ke arah selatan sepanjang Panisula Mangkaliat yang didominasi oleh batugamping yang berupa topografi Karst. Terjadinya punggung pantai (*beach ridge*) sepanjang Pantai Panisula Kasai dan dasar lepas pantainya adalah *barrier reef* dan *patch reef* (Situmorang, RL dan Burhan, G, 1992). Cekungan Tarakan dapat dilihat pada **Gambar 3**.



Sumber : Departemen Engineering PT. BUMA

Gambar 3. Cekungan Tarakan Kalimantan

Cekungan Tarakan merupakan salah satu dari tiga cekungan utama yang terbentuk sepanjang tepi Timur Kontinental Kalimantan pada kurun waktu tersier. Cekungan Tarakan sendiri dibagi menjadi empat sub cekungan, yakni : Sub Cekungan Tarakan, Sub Cekungan Tidung, Sub Cekungan Muras, dan Sub Cekungan Berau. Sedimen pada cekungan Tarakan didominasi oleh sedimen klastik dan beberapa endapan karbonat.

Cekungan Tarakan terbentuk saat proses Transgresi pada kurun waktu Eosen sampai Miosen awal, di mana terjadi pengangkatan Tinggian Kuching yang menyebabkan garis pantai purba mengalami pergeseran ke arah timur. Selanjutnya pada kurun waktu Miosen Tengah terjadi proses regresi. Pada kurun waktu ini pula proses sedimentasi berlangsung aktif, membentuk fasies endapan delta.

Cekungan ini mengalami penurunan secara cepat pada kurun waktu Miosen dan Pliosen, yang secara bersamaan diendapkan sedimen delta yang tebal. Pada kurun waktu ini pula pusat cekungan bergeser ke arah Timur.

Lokasi penelitian sendiri terletak di Sub Cekungan Berau. Sub cekungan ini, yang berpusat di sekitar Sungai Berau dibatasi oleh tinggian di ketiga sisinya, sedangkan sisi keempat dibatasi oleh laut terbuka yaitu Laut Sulawesi di sebelah Timur. Tinggian Suiker Brood dan Semenanjung Mangkaliat membatasi tepi selatan sub cekungan. Tinggian dan semenanjung ini memisahkan Sub Cekungan Berau dengan Sub Cekungan Tidung. Sedangkan

sisi barat dibatasi oleh Tinggian Kuching.

Menurut Situmorang (1986), secara fisiografi Cekungan Tarakan berupa depresi berbentuk busur yang terbuka ke arah Timur, arah selat Makasar/Laut Sulawesi yang meluas ke utara menuju Sabah dan berhenti pada zona subduksi di Tinggian Sampurna dan merupakan cekungan yang paling utara di Kalimantan Timur, sedangkan batas Selatan adalah Punggungan Suikerbrood dan Tinggian Mangkaliat yang memisahkan cekungan Tarakan dengan cekungan Kutai, di bagian Barat dibatasi oleh lapisan sedimen Pra - Tersier Tinggian Kuching.

a. Struktur Geologi Cekungan Tarakan

Struktur utama di Cekungan Tarakan adalah lipatan dan sesar yang umumnya berarah barat laut-tenggara dan timur laut-barat daya. Terdapat pola deformasi struktur yang meningkat terutama sebelum Miosen Tengah bergerak ke bagian utara cekungan. Struktur-struktur di Sub-cekungan Muara dan Berau mengalami sedikit deformasi, sementara di Sub-cekungan Tarakan dan Tidung lebih intensif terganggu (Ahmad dkk, 1984). Sub-cekungan Berau dan Muara didominasi oleh struktur- struktur regangan yang terbentuk oleh aktifitas tektonik semasa Paleogen, sementara intensitas struktur di Sub-cekungan Tarakan dan Tidung berkembang oleh pengaruh berhentinya peregangan di Laut Sulawesi yang diikuti oleh aktifitas sesar-sesar mendatar di fasa akhir tektonik Tarakan (Fraser dan Ichram, 1999).

Di Cekungan Tarakan terdapat 3 *sinistral wrench fault* yang saling sejajar dan berarah baratlaut-tenggara, yaitu:

- 1) Sesar Semporna yaitu sesar mendatar yang berada di bagian paling utara, memisahkan kompleks vulkanik Semenanjung Semporna dengan sedimen neogen di Pulau Sebatik.
- 2) Sesar Maratua sebagai zona *kompleks* transpresional membentuk batas Sub- cekungan Tarakan dan Muara.
- 3) Sesar Mangkalihat Peninsula, yang merupakan batas sebelah selatan Sub- Cekungan Muara bertepatan dengan garis pantai utara Semenanjung Mangkalihat dan merupakan kemenerusan dari Sesar Palu-Koro di Sulawesi.

Struktur sesar tumbuh (*growth fault*) paling umum terdapat di Sub-cekungan Tarakan dengan arah utara-baratlaut (di selatan) dan timurlaut (di utara) dengan perubahan *trend* yang diperlihatkan oleh perubahan orientasi garis pantai pada mulut Sungai Sesayap, dari utara-baratlaut di selatan Pulau Tarakan ke arah timurlaut di utara Pulau Bunyu (Wight, dkk. 1993). Kelompok sesar yang berarah utara lebih menerus dan mempunyai *offset* terbesar.

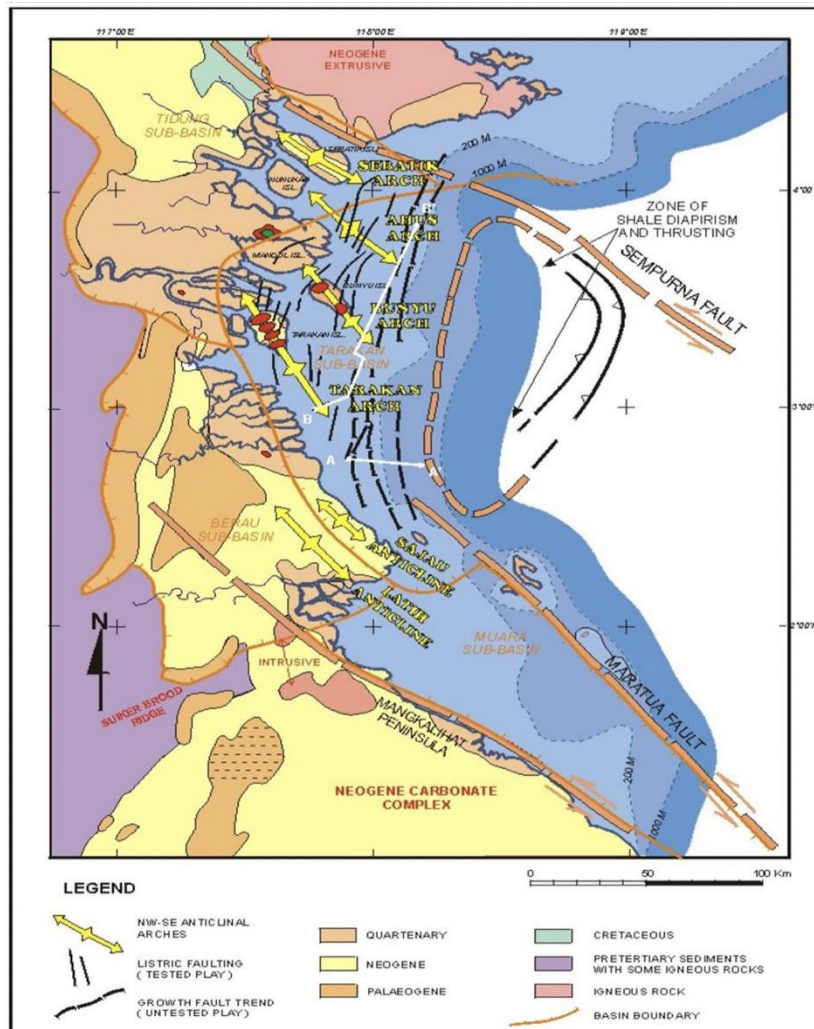
Di daerah daratan (*onshore*), yang melingkupi sub-sub cekungan Tidung, Berau, dan Tarakan, peta geologi permukaan menunjukkan adanya 2 rejim struktur yang berbeda antara daerah Sekatak-Bengara (Sub-cekungan Berau) dengan daerah Simenggaris (Sub-cekungan Tarakan). Di Sekatak-Bengara sesar- sesar turun dan mendatar berarah utara dan barat

laut mendominasi terutama karena yang tersingkap di permukaan umumnya adalah endapan-endapan paleogen. Sementara di daerah Simenggaris sesar-sesar turun dan mendatar berarah timur laut mendominasi permukaan geologi yang ditempati oleh endapan-endapan Neogen.

Di sebelah timur Pulau Tarakan terdapat trend struktur sesar tumbuh yang berarah utara-selatan dan makin ke timur lagi terdapat *zone shale* diapir dan *thrusting*. Jalur seismik regional yang menerus sampai ke lepas pantai memperlihatkan tipe struktur dari rejim ekstensional dan sistem sesar utara-selatan tersebut. Progadasi delta ke arah timur dan *forced-regression* selama turunnya muka laut mengendapkan batuan reservoir di daerah lereng kontinental dalam suatu rejim sesar-anjak di muka delta (*toe-thrusting system*).

Selain struktur sesar, di Cekungan Tarakan berkembang 5 buah *arch* (busur) atau antiklin besar terutama di bagian barat. Dari utara ke selatan busur-busur tersebut dinamakan Busur Sebatik, Ahus, Bunyu, Tarakan dan Latih. Busur-busur tersebut sebenarnya adalah tekukan menunjam (*plunging flexure*) yang besar berarah tenggara dibentuk oleh transpresi timur laut-barat daya dan berorientasi utara barat laut – selatan tenggara. Umur dari kompresi makin muda ke arah utara. Intensitas lipatan juga meningkat ke arah utara dimana busur yang makin besar di lepas pantai menghasilkan lipatan yang tajam dan sempit di daratan, yaitu di daerah Simenggaris.

Busur Latih dan antiklin-antiklin kecil yang berkembang di bagian selatan dari Cekungan Tarakan (Sub-cekungan Muara) juga mempunyai orientasi barat laut- tenggara. Antiklin-antiklin minor di selatan ini merupakan struktur inversi, dimana di bagian intinya ditempati oleh lempung laut dalam Eosen sampai Miosen Akhir dan batu gamping turbidit yang ketat (Wight dkk., 1993).



Sumber : Departemen Engineering PT.BUMA

Gambar 4. Struktur Geologi Regional Cekungan Tarakan

b. Statigrafi Regional

Tataan stratigrafi regional daerah sekitar Berau Kalimantan Timur, secara berurutan dimulai dari yang tertua, adalah Formasi Sembakung, Formasi Talabar, Formasi Birang, Formasi Lati, Formasi Labanan, Formasi Domaring, Formasi Sinjin, dan Aluvium.

Batuan Tersier Awal terdiri atas Formasi Sembakung, Formasi Talabar, dan Formasi Birang. Formasi Sembakung menindih takselaras batuan alas Kapur Akhir, terdiri atas batuan silisiklastika karbonatan dari lingkungan laut pada kala Eosen. Formasi Talabar terdiri atas batuan silisiklastika halus dan karbonat dari lingkungan fluviatil - laut dangkal pada kala Eosen-Oligosen. Formasi Birang menindih takselaras di atas Formasi Talabar, terdiri atas batuan silisiklastika, karbonat, dan tuf dari lingkungan laut dangkal hingga laut dalam pada kala Oligo-Miosen.

Formasi Lati (koreksi dari Formasi Latih berdasarkan nama sungai yang dipakai sebagai lokasi tipe di daerah penelitian) menindih selaras di atas Formasi Birang, terdiri atas batuan silisiklastika halus dan batubara yang pada bagian bawahnya karbonatan dari lingkungan delta, estuarin dan laut dangkal kala Miosen Awal- Miosen Tengah dengan ketebalan sekitar 800 meter. Secara berurutan Formasi Lati tertindih takselaras oleh Formasi Labanan, Formasi Domaring, dan Formasi Sinjin.

Formasi Labanan menindih takselaras di atas Formasi Lati, terdiri atas

batuan silisiklastika disisipi batubara dari lingkungan fluvial pada Miosen Akhir - Pliosen. Formasi Domaring menjemari dengan Formasi Labanan, terdiri atas batuan karbonat dengan sisipan lignit dari lingkungan rawa - litoral pada kala Miosen Akhir - Pliosen. Formasi Sinjin terendapkan selaras di atas Formasi Labanan dan Formasi Domaring, terdiri atas batuan volkaniklastika dari lingkungan darat pada kala Pliosen. Aluvium menindih takselaras satuan batuan yang sudah terbentuk tersebut.

UMUR		SATUAN BATUAN	LITOLOGI	TEBAL (m)	LINGKUNGAN
KUARTER		ALUVIUM	Lumpur, lanau, pasir, kerikil, kerakal, dan gambut	40	Sungai dan rawa
PLIOSEN	AKHIR	FORMASI SINJIN	Tuf, tuf terkersikkan, aglomerat, lava andesit, batulempung tufan dan kaolin	>500	Darat
	AWAL	FORMASI DOMARING	Batugamping, napal, dan batubara muda	1.000	Rawa hingga litoral
MIOSEN	AKHIR	FORMASI LABANAN	Konglomerat, batupasir, batulanau, batulempung, batugamping, dan batubara	450	Fluviatil
	TENGAH	FORMASI LATI	Batulempung, batulanau, batupasir kuarsa, dan batubara	800	Delta, estuarin, dan laut dangkal
	AWAL	FORMASI BIRANG	Napal, rijang, batupasir kuarsa, konglomerat, batugamping, dan tuf	1.000	Laut dangkal hingga laut dalam
OLIGOSEN	AKHIR				
	AWAL	FORMASI TALABAR	Napal, batupasir, serpih, batugamping, dolomitan, konglomerat	1.000	Fluviatil hingga laut dangkal
EOSEN	AKHIR	FORMASI SEMBAKUNG	Batulempung, batupasir, batulanau, batugamping pasiran, rijang, dan tuf	>1.000	Laut
	TENGAH				
	AWAL				
PALEOSEN	AKHIR				
	AWAL				

Sumber : Departement Engginering PT. BUMA Jobsite BINSUA

Gambar 5. Stratigrafi Regional Daerah Sekitar Berau Kalimantan Timur

Dari salah satu formasi tersebut di atas, daerah penelitian berada pada Formasi Lati. Bagian atas Formasi Lati ini terendapkan di lingkungan sungai hingga dataran delta yang berpotensi membawa lapisan batubara (Suwarna & Hermanto, 2007). Batubara yang terkandung pada formasi ini secara umum layak tambang karena nilai pembakarannya mencapai lebih dari 5.600 kal/gr.

Bagian bawah runtunan stratigrafi terdiri atas batulempung gampingan, batulumpur gampingan, sisipan batupasir, batupasir gampingan dan batugamping. Bagian tengah runtunan stratigrafi kurang teramati dengan baik dan hanya merupakan sedikit batuan yang terendapkan pada fasies delta depan. Batuannya terdiri atas batulumpur sedikit karbonan dan gampingan, sisipan batupasir, yang segera berkembang menjadi perlapisan batupasir dengan sedikit sisipan batulumpur. Bagian atas formasi terdiri atas batulumpur yang kadang berkembang menjadi serpih batubaraan dan batulempung, sisipan batupasir dan batubara. Batulumpurnya sering sangat karbonan di bagian atas lapisan hingga disebut sebagai serpih batubaraan.

c. Iklim dan Curah Hujan

Daerah Kabupaten Berau, Provinsi Kalimantan Timur memiliki iklim yang sama dengan iklim di daerah Indonesia pada umumnya, yaitu iklim tropis. Pada iklim tropis ini yang terdapat dua musim per tahun yaitu musim kemarau dan musim hujan dengan suhu sekitar 26° C sampai dengan 33°C. Kelembapan udara rata-rata berkisar 57% sampai dengan 85% dengan kelembapan relative

maksimum berkisar 98% terjadi pada pagi hari dan kelembapan minimum berkisar 98% terjadi pada siang hari.

d. Wilayah Penambangan

PT. Bukit Makmur Mandiri Utama *Jobsite* Binungan Suaran mengeksploitasi batubara dari dua pit yang ada, yaitu Pit E dan Pit 7 West .

Tabel 1. Luas dan Volume Pit Secara Aktual di PT. BUMA *Jobsite* BINSUA Minggu ke-1 Hingga Minggu ke-31 Tahun 2020

Pit	Luas	Target Volume OB	Target Volume Coal
E	341.58 Ha	59.632.155 BCM	5.580.076 Ton
7 WEST	154.48 Ha	18.555.220 BCM	1.330.533 Ton

Sumber : Arsip Perusahaan

B. Kajian Teori

1. Daerah Tangkapan Hujan (*Catchment area*)

Catchment area atau yang juga disebut sebagai drainage basin, watershed atau daerah aliran sungai (DAS) adalah suatu daerah yang dibatasi oleh punggung perbukitan atau titik tertinggi yang apabila terjadi hujan maka air hujan tersebut akan mengalir ke titik terendah di daerah tersebut. Penentuan *catchment area* pada suatu area penambangan dapat ditentukan dengan menganalisis peta topografi dan peta kemajuan penambangan. *Catchment area* didapat dengan cara menghubungkan titik-titik tertinggi pada peta dengan memperhatikan arah aliran air di daerah tersebut hingga didapatkan sebuah

polygon tertutup. Luas dari polygon tersebut dapat dihitung dengan menggunakan planimeter, millimeter block, atau dengan bantuan software.

Semakin besar suatu *catchment area*, maka jumlah air hujan yang turun pada daerah tersebut serta jumlah air limpasan yang harus ditampung oleh titik terendah juga akan semakin besar. Sebaliknya, semakin kecil suatu *catchment area*, maka jumlah air hujan yang turun pada daerah tersebut serta volume air limpasan yang harus ditampung oleh titik terendah akan semakin kecil. Volume air limpasan pada suatu *catchment area* juga dipengaruhi oleh kondisi topografi, kerapatan vegetasi dan kondisi geologi pada daerah tersebut

2. Erosi

Erosi pada dasarnya adalah proses perataan kulit bumi yang meliputi proses penghancuran, pengangkutan dan pengendapan butir tanah tersebut. Dalam hal ini Ellison (1947) dalam Morgan (1988), mengemukakan bahwa erosi tanah adalah proses pelepasan butir-butir tanah dan proses pemindahan atau pengangkutan tanah yang disebabkan oleh air atau angin. Khusus di Indonesia yang beriklim tropis basah, proses erosi tanah yang paling banyak disebabkan oleh air, yang diakibatkan oleh adanya hujan yang turun diatas permukaan tanah.

Menurut Arsyad S., 1989, yang dimaksud erosi oleh air adalah merupakan kombinasi dua sub proses yaitu: 1) Penghancuran struktur tanah menjadi butir-butir primer oleh energi tumbukan butir-butir hujan yang jatuh menimpa tanah dan peredaman oleh air yang tergenang (proses dispersi) 2)

Pengangkutan butir-butir primer tanah oleh air yang mengalir diatas permukaan tanah.

Sedang Foster et al (1977), dalam Lane & Shirley (1982), mengemukakan proses erosi tanah meliputi pelepasan butir-butir tanah akibat pukulan jatuhnya air hujan dan pengangkutan butir-butir tanah oleh aliran permukaan atau limpasan permukaan dalam alur dan pengangkutan butir-butir tanah oleh air dalam alur. Erosi yang disebabkan oleh air dapat berupa :

- a. Erosi lempeng (sheet erosion), yaitu butir-butir tanah diangkut lewat permukaan atas tanah oleh selapis tipis limpasan permukaan yang dihasilkan oleh intensitas hujan yang merupakan kelebihan dari daya infiltrasi.
- b. Pembentukan polongan (gully), yaitu erosi lempeng terpusat pada polongan tersebut.
- c. Longsoran masa tanah, yaitu berupa longsoran yang terletak diatas batuan keras atau lapisan tanah liat.
- d. Erosi tebing sungai. Erosi ini terutama yang terjadi pada saat banjir, yaitu tebing tersebut mengalami penggerusan air yang dapat menyebabkan longsornya tebing-tebing pada belokan-belokan sungai.
- e. Longsor, terjadi sebagai akibat meluncurnya suatu volume tanah dalam volume besar diatas suatu lapisan yang agak kedap sampai jenuh air. Proses terjadinya longsoran terjadi apabila: 1) Lereng yang cukup curam, sehingga volume tanah dapat bergerak atau meluncur kebawah 2) Terdapat lapisan

dibawah permukaan tanah yang kedap air dan lunak yang akan menjadi bidang luncur 3) Terdapat cukup air dalam tanah, sehingga lapisan tanah tepat diatas lapisan kedap air yang menjadi jenuh.

Secara garis besar, erosi yang terjadi disebabkan oleh hal-hal sebagai berikut :

a. Pengaruh geologi

Proses geologis dalam pembentukan lapisan-lapisan kulit bumi dengan cara pengendapan sedimen ternyata memungkinkan terbentuknya suatu lapisan yang potensial mengalami erosi, sebagai contoh adalah pembentukan lapisan tanah sebagai berikut : Sungai yang mengalirkan air ke laut membawa partikel-partikel halus yang jumlahnya tergantung dari volume dan kecepatan alirannya, kemudian partikel-partikel tersebut mengendap di dasar laut membentuk lapisan tanah, dimana penyebaran pengendapannya bisa merata tergantung arus air laut, biasanya membentuk sudut kemiringan 5° - 10° .

Karena pembentukan tiap lapisan terjadi di air maka dasar tiap lapisan adalah air yang bisa dilihat seringkali sebagai lapisan tipis (thin film) pada zona pemisah antara lapisan lempung dan lanau kepasiran atau sebagai aliran laminar pada lapisan pasir yang lebih permeabel. Dengan keadaan sedemikian bila banyak air memasuki lapisan pasir tipis, sedangkan pengeluaran air sedikit, sehingga keadaan lapisan menjadi jenuh maka tekanan air akan bertambah dan tekanan air inilah yang

seringkali menyebabkan erosi. Lain halnya bila air memasuki lapisan pasir tebal sehingga keadaan lapisan tidak sepenuhnya jenuh air, maka lapisan tersebut bahkan bisa berfungsi sebagai drainase alamiah.

b. Pengaruh morfologi

Variasi bentuk permukaan bumi yang meliputi daerah pegunungan dan lembah dengan sudut kemiringan permukaan yang cenderung besar, maupun daerah dataran rendah yang permukaannya cenderung datar, ternyata memiliki peranan penting dalam menentukan kestabilan tersebut sehubungan dengan proses kelongsoran.

Secara logis daerah dengan kemiringan besar lebih potensial mengalami erosi dibanding daerah datar, sehingga kasus erosi seringkali ditemui di daerah pegunungan atau perbukitan, dan pada daerah galian atau timbunan yang memiliki sudut kemiringan lereng besar, kestabilan lereng terganggu akibat lereng yang terlalu terjal, perlemahan pada kaki lereng, dan tekanan beban yang berlebihan di kepala lereng. Hal tersebut bisa terjadi karena energi air pada kaki lereng dan kegiatan penimbunan atau pemotongan lereng yang dilakukan manusia.

c. Pengaruh proses fisika

Perubahan temperatur, fluktuasi muka air tanah musiman, gaya gravitasi, dan gaya relaksasi tegangan sejajar permukaan, ditambah dengan peroses oksidasi dan dekomposisi akan mengakibatkan suatu

lapisan tanah kohesif secara lambat laun mereduksi kekuatan gesernya, terutama nilai kohesif c dan sudut geser dalamnya ϕ .

Pada tanah non kohesif misalnya pasir, bila terjadi getaran oleh gempa, mesin, atau sumber getaran lainnya sehingga mengakibatkan lapisan tersebut ikut bergetar, maka pori-pori lapisan akan terisi oleh air atau udara yang akan meningkatkan tekanan dalam pori. Tekanan pori yang meningkat dengan spontan dan sangat besar ini menyebabkan terjadinya likuifaksi atau pencairan lapisan pasir sehingga kekuatan gesernya berkurang.

d. *Pengaruh air dalam tanah*

Keberadaan air dalam tanah dapat dikatakan sebagai faktor dominan penyebab terjadinya erosi karena hampir sebagian besar kasus erosi melibatkan air didalamnya.

- 1) Tekanan air pori memiliki nilai besar sebagai tenaga pendorong terjadinya erosi, semakin besar tekanan air pori semakin besar pula tenaga pendorongnya.
- 2) Penyerapan maupun konsentrasi air dalam lapisan tanah kohesif dapat melunakkan lapisan tanah yang pada akhirnya mereduksi nilai kohesi dan sudut geser dalam sehingga kekuatan gesernya berkurang.

e. *Iklim Faktor*

Curah hujan merupakan faktor iklim yang paling besar pengaruhnya (Bever, 1956 dalam Soemarto, 1999). Suhu udara

mempengaruhi limpasan permukaan dengan jalan mengubah kandungan air tanah, sehingga menyebabkan perubahan kapasitas peresapan air oleh tanah (infiltrasi). Kelembaban udara dan radiasi ikut berperan dalam mempengaruhi suhu udara dan kecepatan angin ikut menentukan kecepatan dan arah jatuh butirnya hujan.

f. Tanah

Sifat-sifat tanah yang mempengaruhi erosi adalah tekstur, struktur, kandungan bahan organik, kedalaman tanah, sifat lapisan bawah, dan tingkat kesuburan tanah. Sedangkan kandungan bahan organik berpengaruh terhadap stabilitas struktur tanah (Arsyad, 1979 dalam Asdak, 2002).

g. Vegetasi

Vegetasi mengintersepsi curah hujan yang jatuh dengan daun, batang yang akan mengurangi kecepatan jatuh serta memecah butiran hujan menjadi lebih kecil. Curah hujan yang mengenai daun akan menguap kembali ke udara dan inilah yang disebut dengan kehilangan intersepsi tanaman (Weirsum, 1979 dalam Asdak, 2002).

Batang, akar, dan tumbuhan bawah mengurangi kecepatan limpasan permukaan yang mengakibatkan pengurangan daya erosi dan aliran tersebut. Akar tanaman dan serasah juga dapat menahan sebagian sedimen yang melewatinya dan membuat tanah menjadi sarang sehingga air dapat meresap.

Untuk memperkirakan besarnya erosi yang terjadi ditentukan oleh intensitas hujan dan bentuk aktifitas pengelolaan lahan oleh manusia, disamping faktor topografi dan sifat tanah. Perkiraan besarnya erosi pada suatu lahan dapat digunakan untuk perencanaan penggunaan lahan dan tindakan konservasi tanah yang tepat, agar tidak terjadi kerusakan tanah sehingga tanah tersebut dapat digunakan secara produktif dan berkesinambungan. Perkiraan erosi juga digunakan untuk menilai apakah suatu program tindakan konservasi tanah telah berhasil mengurangi erosi dari suatu lahan. Cara perkiraan erosi merupakan alat bantu untuk mengetahui besarnya erosi yang akan terjadi sehingga pengambilan keputusan bisa secara tepat dalam perencanaan konservasi tanah pada suatu penggunaan lahan. Dari beberapa metode yang ada untuk memperkirakan besarnya erosi permukaan, maka metode RUSLE yang dikembangkan oleh USDA Agricultural research service adalah metode yang paling umum digunakan. Cara memperkirakan besarnya erosi lainnya adalah dengan menggunakan data muatan sedimen, berat jenis tanah, dan besarnya nisbah pelepasan sedimen (sediment delivery ratio), yang akan dibahas lebih lanjut.

Revised Universal Soil Loss Equation (RUSLE) dikembangkan oleh USDA Agricultural research service. Model ini meningkatkan keakuratan dari model sebelumnya yaitu Teori USLE, Pada dasarnya model prediksi RUSLE masih tetap mempertahankan struktur USLE. RUSLE merupakan model empiris yang memprediksi erosi lembar (inter-rill) dan alur (rill) yang

dihubungkan dengan aliran permukaan (Vadari et al, 2004). RUSLE menginterpretasikan kondisi iklim, tanah, topografi dan penggunaan lahan yang mempengaruhi erosi alur dan erosi lembar dalam jangka waktu panjang dari suatu daerah (Renard et al, 1997). Parameter Model RUSLE digolongkan kedalam tiga kelas yaitu faktor erosivitas, faktor erodibilitas, dan faktor pengelolaan lahan. Faktor-faktor tersebut ditentukan dari karakteristik geomorfologi dan curah hujan suatu daerah. Model prediksi erosi RUSLE menggunakan persamaan empiris sebagai berikut (Renard et al, 1997) :

$$A = R \times K \times LS \times C \times P \dots\dots\dots (1)$$

Keterangan :

A = Banyaknya tanah tereosi

R = Faktor curah hujan dan aliran permukaan

K = Faktor Erodibilitas tanah

LS = Faktor panjang lereng dan kemiringan lereng

C = Faktor vegetasi penutup tanah

P = Faktor tindakan-tindakan khusus konservasi tanah

a. *Faktor Curah Hujan atau Erosivitas Hujan (R)*

Faktor curah hujan (R) merupakan daya rusak air hujan yang menyebabkan terkelupas dan terangkutnya partikel-partikel tanah ke tempat yang lebih rendah. Semakin besar erosivitas maka semakin besar jumlah tanah yang tererosi (berbanding lurus). Erosivitas curah hujan

ditentukan untuk setiap satuan lahan. Perhitungan faktor erosivitas hujan dapat ditentukan dengan menggunakan persamaan yang dikemukakan oleh Lenvain (DHV,1989) sebagai berikut :

$$R = 2,21P^{1,36} \dots\dots\dots(2)$$

Dimana : R = indeks erosivitas

P = curah hujan bulanan (cm)

Cara menentukan besarnya indeks erosivitas hujan yang ini lebih sederhana karena hanya memanfaatkan data curah hujan bulanan.

b. *Faktor Erodibilitas Tanah (K)*

Faktor erodibilitas tanah (K) menunjukkan resistensi partikel tanah terhadap pengelupasan dan transportasi partikel-partikel tanah tersebut oleh adanya energi kinetik air hujan. Meskipun besarnya resistensi tersebut di atas akan tergantung pada topografi, kemiringan lereng, dan besarnya gangguan oleh manusia. Besarnya erodibilitas atau resistensi tanah juga ditentukan oleh karakteristik tanah seperti tekstur tanah, stabilitas agregat tanah, kapasitas infiltrasi, dan kandungan organik dan kimia tanah. Karakteristik tanah tersebut bersifat dinamis, selalu berubah, oleh karenanya karakteristik tanah dapat berubah seiring dengan perubahan waktu dan tata guna lahan atau sistem pertanaman, dengan demikian angka erodibilitas tanah juga akan berubah. Perubahan erodibilitas tanah yang signifikan berlangsung ketika terjadi hujan karena

pada waktu tersebut partikel-partikel tanah mengalami perubahan orientasi dan karakteristik bahan kimia dan fisika tanah.

Tanah yang mempunyai erodibilitas tinggi akan tererosi lebih cepat dibandingkan dengan tanah yang mempunyai erodibilitas rendah, dengan intensitas hujan yang sama. Juga tanah yang mudah dipisahkan (dispersive) akan tererosi lebih cepat daripada tanah yang terikat (flocculated). Penentuan besarnya nilai K dapat dihitung dengan persamaan (Wischmeir et al, 1971) sebagai berikut :

$$K = \frac{1.292 \times M^{1.14} \times (10^{-4})^{x(12-a)+3.25(b-2)+2.5(c-3)}}{100} \dots\dots\dots(3)$$

Dimana : M = ukuran partikel (% pasir sangat halus + % debu x (100-% liat)

a = kandungan bahan organik (% C x 1,724)

b = harkat struktur tanah

c = harkat permeabilitas tanah

Menurut Hardjowigeno (1992) tekstur tanah menunjukkan kasar halusnya tanah. Tekstur tanah merupakan perbandingan antara butir-butir pasir, debu dan liat. Tekstur tanah dikelompokkan dalam 12 klas tekstur. Kedua belas klas tekstur dibedakan berdasarkan prosentase kandungan pasir, debu dan liat, berikut merupakan tabel proporsi fraksi menurut kelas tekstur.

Tabel 2. Proporsi Fraksi Menurut Kelas Tekstur Tanah

Kelas Tekstur Tanah	Proporsi (%) fraksi tanah		
	Pasir	Debu	Liat
1. Pasir (<i>Sandy</i>)	85	15	10
2. Pasir Berlempung (<i>Loam Sandy</i>)	70-90	30	15
3. Lempung Berpasir (<i>Sandy Loam</i>)	40-87,5	50	20
4. Lempung (<i>Loam</i>)	22,5-52,5	30-50	10-30
5. Lempung Liat Berpasir (<i>Sandy-Clay-Loam</i>)	45-80	30	20-37,5
6. Lempung Liat berdebu (<i>Sandy-silt loam</i>)	20	40-70	27,5-40
7. Lempung Berliat (<i>Clay Loam</i>)	20-45	15-52,5	27,5-40
8. Lempung Berdebu (<i>Silty Loam</i>)	47,5	50-87,5	27,5
9. Debu (<i>Silt</i>)	20	80	12,5
10. Liat Berpasir (<i>Sandy-Clay</i>)	45-62,5	20	37,5-57,5
11. Liat Berdebu (<i>Silty-Clay</i>)	20	40-60	40-60
12. Liat (<i>Clay</i>)	45	40	40

Sumber : Hardjowigeno (1992)

untuk menentukan tingkat erodibilitas tanah maka digunakan tabel klasifikasi tingkat erodibilitas tanah menurut USDA 1973 sebagai berikut :

Tabel 3. Klasifikasi Erodibilitas Tanah

Kelas	Nilai K	Harakat
1	0.00 - 0.10	Sangat Rendah
2	0.11 - 0.21	Rendah
3	0.22 - 0.32	Sedang
4	0.33 - 0.44	Agak Tinggi
5	0.45 - 0.55	Tinggi
6	0.56 - 0.64	Sangat Tinggi

Sumber : Sitanala Arsyad, (1989)

c. Faktor Panjang dan Kemiringan Lereng (LS)

Pada prakteknya, variabel S dan L dapat disatukan, karena erosi akan bertambah besar dengan bertambah besarnya kemiringan permukaan medan (lebih banyak percikan air yang membawa butir-butir tanah, limpasan bertambah besar dengan kecepatan yang lebih tinggi), dan dengan bertambah panjangnya kemiringan (lebih banyak limpasan menyebabkan lebih besarnya kedalaman aliran permukaan oleh karena itu kecepatannya menjadi lebih tinggi).

Faktor panjang lereng (L) didefinisikan secara matematik sebagai berikut (Schwab et al.,1981 dalam Asdak,2002) :

$$L = (\lambda)^m \dots\dots\dots (4)$$

dimana : L = Faktor Panjang Lereng (m)

λ = Panjang lereng (m)

m = angka eksponen yang dipengaruhi oleh interaksi antara panjang lereng dan kemiringan lereng dan dapat juga oleh karakteristik tanah, tipe vegetasi. Angka eksponen tersebut bervariasi dari 0,3 untuk lereng yang panjang dengan kemiringan lereng kurang dari 0,5 % sampai 0,6 untuk lereng lebih pendek dengan kemiringan lereng lebih dari 10 %. Angka eksponen rata-rata yang umumnya dipakai adalah 0,5.

Faktor kemiringan lereng S didefinisikan secara matematis sebagai berikut:

$$S = (0,0138 + 0.00965 \theta + 0.00138 \theta^2) \dots\dots\dots (5)$$

dimana : S = Faktor Kemiringan Lereng

θ = Kemiringan lereng (%)

Seringkali dalam prakiraan erosi menggunakan persamaan RUSLE komponen panjang dan kemiringan lereng (L dan S) diintegrasikan menjadi faktor LS dan dihitung dengan rumus :

$$LS = \sqrt{\frac{L}{22.13}} (0.065 + 0.0453 S + 0.0065 S^2) \dots\dots\dots (6)$$

dimana : L = Faktor panjang lereng (m)

S = Faktor kemiringan lereng (%)

d. Faktor Penutup Lahan (C)

Faktor ini menggambarkan nisbah antara besarnya erosi dan lahan yang ditanam tertentu dan dengan manajemen (pengelolaan) tertentu terhadap besarnya erosi tanah yang tidak ditanami dan diolah bersih. Pada tanah gundul (petak baku) nilai C = 1,0. Faktor ini mengukur kombinasi pengaruh tanaman dan pengelolaannya. Nilai faktor C untuk berbagai pengelolaan tanaman disajikan dalam Tabel berikut :

Tabel 4. Nilai Faktor C (pengelolaan tanaman)

Jenis tanaman/tata guna lahan	Nilai C
Tanaman rumput (bracharta sp)	0.290
Tanaman kacang jago	0.161
Tanaman gandum	0.242
Tanaman ubi kayu	0.363

Tanaman Kedelai	0.399
Tanaman serai wangi	0.434
Tanaman padi lahan kering	0.560
Tanaman padi lahan basah	0.010
Tanaman jagung	0.637
Tanaman haje, cabe	0.900
Tanaman kentang ditanam searah lereng	1.000
Tanaman kentang ditanam searah contour	0.350
Pola tanaman tumpang gilir + mulsa jerami (6ton/ha/thn)	0.070
Pola tanaman berurutan + mulsa sisa tanam	0.347
Pola tanaman berurutan	0.398
Pola tanaman gilir + mulas sisa tanaman	0.357
Kebun campuran	0.200
Lading berpindah	0.400
Tanah kosong dioah	1.000
Tanah kosong tidak diolah	0.950
Hutan tidak terganggu	0.001
Semak tidak terganggu	0.010
Alang-alang permanen	0.020
Alang-alang dibakar	0.700
Segon disertai semak	0.012
Segon tidak disertai semak dan tanpa serasah	1.000
Pohon tanpa semak	0.320

Sumber : suripin, dalam Hatas 2015

e. Faktor konservasi praktis (P)

Nilai faktor tindakan manusia dalam konservasi tanah (P) adalah nisbah antara besarnya erosi dari lahan dengan suatu tindakan konservasi tertentu terhadap besarnya erosi pada lahan tanpa tindakan konservasi. Nilai dasar $P = 1$ yang diberikan untuk lahan tanpa tindakan konservasi.

3. Sedimen dan Metode *Sediment Delivery Ratio* (SDR)

Sedimen merupakan hasil proses terjadinya erosi, baik akibat erosi permukaan, erosi parit, dan longsor tebing. Laju sedimen adalah banyaknya tanah dan bagian-bagian tanah yang terangkut oleh air dari suatu tempat yang mengalami erosi pada suatu daerah aliran sungai dan masuk kedalam sungai atau badan-badan air (Arsyad, 2006). Sedimen yang terbawa masuk kedalam sungai hanya sebagian saja dari tanah yang tererosi dari tempatnya, sebagian lagi dari tanah yang tererosi tersebut akan mengendap pada suatu tempat dibagian bawah tempat erosi terjadi. Sedimen umumnya mengendap pada tempat-tempat di bawah kaki bukit, di daerah genangan banjir, di dalam saluran air, sungai, dan waduk. Sedimen yang dihasilkan oleh proses erosi dan terbawa oleh aliran air akan diendapkan pada suatu tempat yang kecepatan aliran airnya melambat atau terhenti. Peristiwa pengendapan ini merupakan proses sedimentasi yang membentuk dataran-dataran alluvial yang luas dan banyak terdapat di belahan bumi ini. Akibat sedimentasi yang mengendap di dalam saluran air, sungai, waduk dan hilir sungai, maka akan menyebabkan

pendangkalan badan-badan air, serta akan menimbulkan masalah karena mengurangi fungsi badan air.

Sediment Delivery Ratio (SDR) didefinisikan sebagai perbandingan jumlah antara sedimen yang betul-betul terbawa oleh aliran air/mengendap di dalam cekungan terhadap jumlah tanah yang tererosi pada suatu daerah aliran air/daerah tangkapan hujan. Nilai SDR mendekati satu berarti bahwa semua tanah yang tererosi masuk kedalam sungai/waduk, hal ini hanya mungkin terjadi pada daerah aliran sungai yang kecil dan tidak mempunyai daerah-daerah yang datar atau yang mempunyai lereng-lereng yang curam, mempunyai kerapatan drainase yang tinggi, dan tanah yang terangkut mempunyai banyak butir-butir halus, atau secara umum dikatakan bahwa daerah tersebut tidak memiliki sifat yang cenderung menghambat pengendapan sedimen di dalam daerah aliran sungainya (sistem konservasi tanah belum ada). Makin luas suatu daerah aliran sungai, ada kecenderungan makin kecil nilai SDR (Suripin, dalam Ridho 2015) :

Untuk menghitung besarnya koefisien SDR pada tiap-tiap didasarkan pada beberapa persamaan. Berikut persamaan yang digunakan untuk menyatakan hubungan karakteristik DTA (Daerah Tangkapan Air) dan SDR (Sediment Delivery Ratio) berdasarkan formula yang menggunakan parameter luasan dari Daerah Tangkapan Air.

a. *Metode Bouce*

$$SDR = 0,41 \times A^{-0,3} \dots\dots\dots (7)$$

Dengan: SDR = Sediment Delivery Ratio

A = Luas Daerah Tangkapan Air

b. Metode Vanoni (1975)

$$SDR = 0,42 \times A^{-0,125} \dots\dots\dots (8)$$

Dengan : SDR = Sediment Delivery Ratio

A = Luas Daerah Tangkapan Air

c. Metode USDA SCS (1979)

$$SDR = 0,51 \times A^{-0,11} \dots\dots\dots (9)$$

Dengan : SDR = Sediment Delivery Ratio

A = Luas Daerah Tangkapan Air

d. Metode Renfro (1975)

$$\text{Log SDR} = 1,7935 - 0,14191 \log A \dots\dots\dots (10)$$

Dengan : SDR = Sediment Delivery Ratio

A = Luas Daerah Tangkapan Air

e. Metode Auerswald (1992)

$$SDR = -0,02 + 0,385 A^{-0,2} \dots\dots\dots (11)$$

Dengan : SDR = Sediment Delivery Ratio

A = Luas Daerah Tangkapan Air

Besarnya hasil sedimen ditentukan berdasarkan rumus DPMA (1984)

dalam Asdak (2004):

$$Y = E \times SDR \times A \dots\dots\dots (12)$$

Dimana: Y = Besarnya laju sedimen

E = Erosi total

SDR = Sediment delivery ratio

A = Luas daerah tangkapan air

4. Sumuran (*Sump*) dan Sisa Umur Sumuran (*Sump*)

Sumuran (*sump*) berfungsi sebagai penampung air sebelum dipompa keluar tambang. Dengan demikian, dimensi sumuran ini sangat tergantung dari jumlah air yang masuk serta keluar dari sumuran (Rudi Sayoga, 1999).

Dimensi sumuran tambang tergantung pada kuantitas volume air limpasan, kapasitas pompa dan waktu pemompaan (volume pemompaan), kondisi lapangan seperti kondisi penggalian terutama pada lantai tambang (*floor*) dan lapisan batubara serta jenis atau batuan di bukaan tambang. Volume sumuran ditentukan dengan menggabungkan grafik intensitas hujan versus waktu, dan grafik volume pemompaan versus waktu serta volume limpasan versus waktu. Penentuan dimensi sumuran ditentukan dengan melihat volume sisa terbesar.

Tahapan selanjutnya setelah penentuan ukuran sumuran adalah menentukan lokasi sumuran di bukaan tambang. Pada prinsipnya sumuran diletakkan pada lantai tambang (*floor*) yang paling rendah,

jauh dari aktivitas penggalian endapan batubara, jenjang disekitarnya tidak mudah longsor, dekat dengan kolam pengendapan dan mudah untuk dibersihkan.

Volume *sump* yang optimum dapat juga dicari dari selisih antara volume air limpasan dengan volume pemompaan harian.

- a. $\text{Vol. Sump} = \text{Vol. Total Inflow (m}^3/\text{day)} - \text{Vol. Pompa (m}^3/\text{day)}$
- b. $\text{Vol. Total Inflow (m}^3/\text{day)} = \text{Vol. Limpasan} + \text{Vol. Air Tanah}$
- c. $\text{Vol. Pemompaan (m}^3/\text{day)} = \text{debit pemompaan (m}^3/\text{s)} \times 3600 \times \text{waktu operasi pompa per hari (hour/day)}$

Dalam menentukan sisa umur *Sump* terdapat dua pendekatan yang sering digunakan, yaitu Berdasarkan kapasitas sisa tampungan *Sump*.

Analisis sisa umur *Sump* berdasarkan kapasitas sisa dilakukan dengan melakukan perhitungan perhitungan pada waktu yang dibutuhkan oleh sedimen untuk mengisi kapasitas tampungan sisa yang tersedia. Dengan diketahuinya besar kapasitas tampungan sisa dan kecepatan laju sedimentasi yang mengendap, maka akan diketahui waktu yang akan dibutuhkan sedimen untuk mengisi pada daerah tampungan sisa.

Seiring bertambahnya umur *Sump* maka akan semakin berkurang kapasitas tampungan *Sump*, yang akan berdampak menjadi terganggunya pelaksanaan operasional *Sump*. Oleh karena itu, hal tersebut dapat dijadikan suatu acuan untuk memprediksikan kapan kapasitas *Sump* itu akan terisi penuh oleh sedimen. Sisa umur *Sump* dapat dihitung dengan rumus :

$$T_s = \frac{V_s}{S_r} \dots\dots\dots (13)$$

Dimana :

T_s = Sisa Umur *Sump* (Tahun)

S_r = Laju Sedimentasi (m³/tahun)

V_s = Volume Tampung Sisa (m³)

Untuk mengetahui kapasitas *Sump* secara aktual dilapangan, didapatkan dengan cara pengukuran bathimetri. Bathimetri adalah ilmu yang mempelajari kedalaman di bawah air dan studi tentang tiga dimensi waduk/danau. Sebuah peta bathimetri umumnya menampilkan relief lantai atau dataran dengan kontur-kontur yang disebut kontur kedalaman atau isobath, dan dapat memiliki informasi tambahan berupa informasi navigasi permukaan.

Pemeruman adalah proses dan aktivitas yang ditujukan untuk memperoleh gambaran (model) bentuk permukaan (topografi) dasar perairan. Proses penggambaran dasar perairan tersebut sejak pengukuran hingga pengolahan serta visualisasi disebut dengan survey batimetri. Model batimetri (kontur kedalaman) diperoleh dengan menginterpolasikan titik-titik pengukuran kedalaman bergantung pada skala model yang ingin dibuat.

5. Curah Hujan

Menurut Rudy (1999:3), curah hujan merupakan data utama dalam perencanaan kegiatan penirisan tambang terbuka, karena besar kecilnya curah hujan pada suatu daerah tambang akan mempengaruhi besar kecilnya air tambang yang harus ditanggulangi. Faktor nilai curah hujan menjadi parameter yang sangat menentukan nilai dari debit limpasan permukaan selanjutnya.

Data curah hujan yang diperoleh, secara teknis tidak dapat digunakan secara langsung untuk perencanaan pembuatan sarana pengendalian air tambang, tetapi harus diolah terlebih dahulu untuk mendapatkan nilai curah hujan yang lebih akurat. Menurut Awang (2004:8), pengolahan data curah hujan tersebut akan mempengaruhi besarnya nilai parameter-parameter untuk perhitungan debit limpasan permukaan. Menurut beberapa ahli, parameter – parameter dipengaruhi oleh data curah hujan yang dimaksud adalah :

a. *Curah Hujan Rancangan (R)*

Curah hujan rancangan perlu ditentukan untuk mendapatkan nilai prediksi nilai curah hujan di masa mendatang. Gumbel (1954:27) dalam bukunya *Statistical theory of extreme values and some practical application*, menyatakan bahwa nilai curah hujan rancangan bersifat berulang dan berkelanjutan untuk periode selanjutnya. Periode ini disebut periode ulang hujan. Periode ulang hujan menggunakan parameter nilai hujan maksimum yang diharapkan terjadi pada setiap n tahun. Jika suatu data curah hujan mencapai harga tertentu (x) yang diperkirakan terjadi satu kali dalam n

tahun, makan tahun dapat dianggap sebagai periode ulang dari x. Persamaan yang digunakan dalam distribusi Gumbel:

$$X = \bar{X} + sK \dots\dots\dots (14)$$

Keterangan: K adalah faktor probabilitas, $\bar{X}$ nilai data rata-rata, s simpangan baku.

Nilai Faktor Probabilitas untuk harga-harga ekstrim dapat dinyatakan dalam persamaan :

$$K = \frac{Y_{Tr} - Y_n}{S_n} \dots\dots\dots (15)$$

Keterangan: Y_n adalah reduced mean yang tergantung pada jumlah sampel atau data n, S_n reduced standard deviation yang juga tergantung pada jumlah sampel, Y_{Tr} = reduced variate.

Nilai Y_{Tr} menurut Gumbel (1954:33), ditentukan dengan persamaan :

$$Y_{Tr} = -\ln [-\ln \frac{T-1}{T}] \dots\dots\dots (16)$$

Keterangan: T adalah periode ulang hujan.

Suripin (2004:23) dalam tulisannya Sistem Drainase Perkotaan yang Berkelanjutan, nilai Reduce Mean (Y_n), Standard Deviaton (SD) dan Reduce Standard Deviaton (S_n) pada metode Gumbel masing – masing dapat digunakan rumus sebagai berikut:

$$Y_n = -\ln [-\ln \frac{(n+1)-m}{n+1}] \dots\dots\dots (17)$$

$$SD = \sqrt{\frac{\sum (X_i - \bar{X})^2}{n-1}} \dots\dots\dots (18)$$

$$S_n = \sqrt{\frac{\sum (Y_n - \bar{Y}_n)^2}{n-1}} \dots\dots\dots (19)$$

Keterangan:

X_i = curah hujan maksimum.

X_r = curah hujan maksimum rata-rata.

m = urutan sampel.

b. Intensitas hujan (I)

Intensitas curah hujan dapat dihitung dengan rumus perkiraan intensitas curah hujan dari data curah hujan harian. Salah satu metode yang banyak dipakai di Indonesia adalah metode Mononobe (Gautama, 1993:5) sebagai berikut :

$$I = \frac{R}{24} \left(\frac{24}{tc} \right)^{2/3} \dots\dots\dots (20)$$

Keterangan :

I = Intensitas curah hujan (mm/jam)

R_{24} = Curah hujan rencana (mm/hari) atau (Nilai X_t)

t = Waktu konsentrasi (jam)

Hubungan antara derajat curah hujan dan intensitas curah hujan dapat dilihat pada Tabel 5 berikut.

Tabel 5. Derajat dan Intensitas Curah Hujan

Derajat Hujan	Intensitas Curah Hujan (mm/jam)	Kondisi
Hujan sangat Lemah	0,02	Tanah agak basah atau dibasahi sedikit
Hujan lemah	0,02 – 0,05	Tanah menjadi basah semua
Hujan normal	0,05 - 0,25	Bunyi curah hujan terdengar
Hujan deras	0,25 – 1,00	Air tergenang diseluruh permukaan tanah dan terdengar bunyi dari genangan
Hujan sangat Deras	>1,00	Hujan seperti ditumpahkan, seluruh drainase meluap

Sumber: Gautama, 1999

c. Limpasan Air Permukaan

Air limpasan adalah bagian dari curah hujan yang mengalir diatas permukaan tanah menuju sungai, danau atau laut. Aliran itu terjadi karena curah hujan yang mencapai permukaan bumi tidak dapat terinfiltrasi, baik yang disebabkan karena intensitas curah hujan atau faktor lain misalnya kelerengan, bentuk dan kekompakan permukaan tanah serta vegetasi.

Untuk memperkirakan debit air limpasan dapat digunakan rumus rasional sebagai berikut (Chay Asdak, 2010) :

$$Q = 0,278 \times C \times I \times A \dots\dots\dots (21)$$

Keterangan :

Q = Debit air, m³/detik

C = Koefisien limpasan

I = Intensitas curah hujan, mm/jam

A = Luas daerah tangkapan hujan, km²

Beberapa asumsi dalam penggunaan rumus tersebut adalah :

- 1) Frekuensi hujan sama dengan frekuensi limpasan.
- 2) Hujan terdistribusi secara merata di seluruh daerah.
- 3) Debit maksimal merupakan fungsi intensitas hujan dan tercapai pada akhir waktu konsentrasi.

Koefisien limpasan merupakan salah satu penentu ketelitian hasil perhitungan dimana merupakan kemampuan suatu daerah untuk mengalirkan air limpasan, untuk nilai koefisien limpasan dapat dilihat pada tabel berikut :

Tabel 6. Nilai Koefisien Limpasan

Kemiringan	Tutupan	Koefisien Limpasan
< 3%	Sawah, rawa	0,2
	Hutan, perkebunan	0,3
	Perumahan dengan kebun	0,4
3% - 15%	Hutan, perkebunan	0,4
	Perumahan	0,5
	Tumbuhan yang jarang	0,6
	Tanpa tumbuhan, daerah penimbunan	0,7
>15%	Hutan	0,6
	Perumahan, kebun	0,7
	Tumbuhan yang jarang	0,8
	Tanpa tumbuhan, daerah tambang	0,9

Sumber: Gautama, 1999

6. Pompa

Pompa merupakan alat yang digunakan untuk memindahkan air di daerah tambang, baik itu air tanah maupun air bawah tanah (*Rudi Sayoga Gautama, 1999 ; 5-1*). Dalam system penyaliran tambang pompa diperlukan

untuk mencegah maupun mengeluarkan air yang masuk kelokasi tambang. Jenis pompa yang banyak digunakan dalam kegiatan penyaliran tambang adalah pompa *sentrifugal*, pompa ini banyak digunakan di daerah tambang karena mampu mengalirkan lumpur, perawatanya mudah dan kapasitasnya besar.

Kapasitas pompa yang diperlukan dapat dihitung setelah jumlah air limpasan diketahui. Untuk menghitung debit pompa yang diperlukan dapat digunakan persamaan berikut ini (Sularso, “*Pompa dan Kompresor*”, 2006 ; 19) :

$$Q = \frac{Q}{24 \times 3600 \times D} \dots\dots\dots (22)$$

Keterangan :

Q_p = Kapasitas pompa (m^3 /detik)

D = Lamanya genangan yang diperbolehkan (hari)

Q = Jumlah air limpasan yang akan dipompakan

Selanjutnya untuk menentukan jumlah pompa dapat dilakukan dengan membandingkan antara volume air yang masuk ke areal tambang dengan debit pemompaan.

7. Biaya Kepemilikan (*Owning Cost*) dan Biaya Operasi (*Operating Cost*)

Dalam dunia pertambangan yang seluruh kegiatannya menggunakan alat-alat berat, maka harus dipertimbangkan terlebih dahulu mengenai

komponen biaya-biaya yang disediakan untuk penggunaan alat, waktu yang harus disediakan hingga keuntungan yang akan diperoleh perusahaan. Pemilihan suatu alat itu bukan hanya didasarkan atas besarnya produksi atau kapasitas alat tersebut, tetapi didasarkan atas ongkos termurah untuk setiap *cubic, yard* dan ton nya.

Seluruh biaya yang akan dikeluarkan oleh perusahaan untuk alat berat dapat dihitung dengan perkiraan yang dapat dipertanggung jawabkan. Biaya tersebut terdiri dari biaya kepemilikan (*Owning Cost*), dan biaya operasi (*Operating Cost*). Pada biaya kepemilikan (*Owning Cost*) ini sangat dipengaruhi oleh beberapa faktor, mulai dari umur ekonomis alat, suku bunga, pajak maupun asuransi yang setiap waktunya dapat berubah-ubah nilainya. Sedangkan biaya operasi (*Operating Cost*) nilainya sangat dipengaruhi oleh besar kecilnya pemakaian bahan bakar, minyak pelumas untuk mesin dan hidrolik, biaya reparasi atau perbaikan, pergantian suku cadang hingga upah operator.

a. Biaya Kepemilikan (*Owning Cost*)

Biaya kepemilikan (*Owning Cost*) pada alat merupakan suatu biaya yang harus diperhitungkan selama alat yang bersangkutan masih dioperasikan jika alat tersebut milik sendiri. Biaya ini harus dipertimbangkan karena alat semakin lama akan semakin berkurang hasil produksinya, bahkan pada waktu tertentu alat tidak akan dapat digunakan untuk kegiatan produksi sehingga akan mengalami penyusutan

(depresiasi). Adapun beberapa komponen dalam perhitungan biaya kepemilikan (*Owning Cost*) terdiri dari :

1) Depresiasi (Penyusutan)

Depresiasi (penyusutan) adalah harga modal yang hilang pada peralatan yang disebabkan oleh umur pemakaian alat tersebut. Guna menghitung besarnya biaya penyusutan perlu diketahui terlebih dahulu umur kegunaan dari alat yang bersangkutan dan nilai sisa alat pada batas akhir umur kegunaannya.

Beberapa metode dalam menghitung biaya penyusutan (depresiasi) salah satunya dengan metode garis lurus (*straight line method*) yaitu metode dimana turunnnya nilai modal dilakukan dengan pengurangan nilai penyusutan yang sama besarnya sepanjang umur kegunaan dari alat tersebut. Metode ini dapat dihitung dengan cara menjumlahkan harga beli alat, biaya angkut, biaya muat, biaya bongkar, dan biaya pemasangan alat dibagi dengan perkiraan umur pakai alat. Dengan persamaan sebagai berikut :

$$\text{Depresiasi} = \frac{\text{Net Deprectiation Value}}{\text{Deprectiation Period}} \dots\dots\dots(23)$$

Dimana :

$$\text{Net Deprectiation Value} = \frac{\text{Harga Beli Baru}}{\text{Harga Jual Kembali}} \dots\dots\dots(24)$$

$$\text{Depreciation Period (n)} = \text{Usefull Life} \times \text{Effective Working Hour} \dots\dots\dots(25)$$

2) Pajak

Besar kecilnya nilai asuransi tergantung pada baru tidaknya peralatan, kondisi medan kerja dan tipe pekerjaan yang ditangani. Perhitungan bunga modal, pajak dan asuransi dapat dihitung dengan persamaan berikut ini :

$$\text{Pajak} = \frac{\text{Factor} \times \text{Delivered Price} \times \text{Annual Rate}}{\text{Effective Working Hour}} \dots\dots\dots(26)$$

$$\text{Dimana : Factor} : \frac{1 - ((n-1) \times (1-r))}{2n} \dots\dots\dots(27)$$

$$r : \frac{\text{Harga Jual Kembali}}{\text{Harha Beli Baru}} \dots\dots\dots(28)$$

b. Biaya Operasi (*Operating Cost*)

Biaya Operasi (*Operating Cost*) merupakan biaya yang harus dikeluarkan steiap jamnya selama alat-alat mekanis tersebut masih digunakan. Biaya operasi ini meliputi biaya bahan bakar, biaya pelumas, biaya pergantian ban, biaya reparasi, biaya pergantian suku cadang hingga upah operator (*operator wage*).

1) Biaya Bahan Bakar (*Biaya Fuel*)

Kebutuhan bahan bakar dan pelumas per jam berbeda untuk setiap alat atau merk dari mesin tersebut. Untuk konsumsi bahan bakar alat tergantung dari besar kecilnya daya mesin yang digunakan

disamping kondisi medan yang ringan atau berat juga menentukan. Data-data ini biasanya dapat diperoleh dari pabrik produsen alat atau dealer alat bersangkutan ataupun berdasarkan data yang diperoleh dari lapangan.

Pabrik pembuat alat biasanya memberikan prakiraan konsumsi bahan bakar sesuai daya mesin alat yang dinyatakan dalam liter/jam atau galon/jam. Perlu diperhatikan bahwa selama pengoperasian alat, mesin tidak selalu bekerja 100%. Misalnya pada alat gali, pemakaian tenaga mesin 100% hanya pada waktu menggali dan mengangkat tanah saja, sedang pada waktu bucket kosong mesin tidak menggunakan tenaga penuh.

Efisiensi kerja operator dalam satu jam kerja juga tidak penuh 100%, misalnya hanya 50 menit/jam saja, hal ini disebut dengan operating factor, yang semakin besar operating factornya makin besar pula tenaga mesin bekerja. Biaya bahan bakar dapat dihitung dengan rumus sebagai berikut :

$$\text{Biaya Fuel} = \text{Kebutuhan Fuel/jam} \times \text{Harga Fuel/liter} \dots\dots\dots(29)$$

2) Biaya filter

Untuk kebutuhan bahan-bahan tersebut, seperti pada kebutuhan bahan bakar, masing-masing alat besar dalam kebutuhan per jam berbeda sesuai dengan kondisi pekerjaan, bahan pelumas yang terdiri dari:

- a) Oli Mesin
- b) Oli Transmisi
- c) Oli Hidrolis
- d) Oli Final Drive
- e) Gemuk (Grase)

Kebutuhan minyak pelumas dan minyak hidrolis tergantung pada besarnya bak karter (crank case) dan lamanya periode penggantian minyak pelumas, biasanya antara 100 sampai 300 jam pemakaian. Untuk kebutuhan minyak pelumas, minyak hidrolis, gemuk (grease) dan filter biasanya pabrik pembuat memberikan prakiraan yang dinyatakan dalam liter/jam atau gallon/jam tergantung kondisi medan kerjanya.

$$\text{Biaya Bahan Pelumas} = \text{Kebutuhan Pelumas/jam} \times \text{Harga Pelumas/liter} \dots\dots\dots(30)$$

Sedangkan biaya filter biasanya diambil 50% dari jumlah biaya pelumas diluar bahan bakar atau dalam rumus hitungannya.

$$\text{Biaya Filter/jam} = \frac{\text{Jumlah Filter} \times \text{Harga Filter}}{\text{Lama Penggantian Filter (jam)}} \dots\dots\dots(31)$$

3) Biaya Reparasi (Perbaikan)

Biaya reparasi ini merupakan biaya yang diperlukan untuk perbaikan ataupun biaya pemeliharaan pada alat-alat sesuai dengan yang mengalami kerusakan, termasuk harga suku cadang (spare part)

dan ongkos pasang, serta ongkos perawatan sesuai dengan kondisi operasinya. Makin besar jam alat bekerja maka makin besar pula biaya operasinya.

4) Upah Operator

Upah operator merupakan biaya yang dikeluarkan untuk seseorang yang menjalankan alat berat. Gaji operator biasanya akan disesuaikan dengan tingkat kecakapan hingga lamanya pengalaman kerja operator tersebut.

C. Penelitian Relevan

1. Laju Sedimentasi Dari Kejadian Erosi Permukaan Pada Lahan Terganggu (Studi Kasus: Daerah Tangkapan Hujan SP-2B HW Di Area Disposasi HW-1, PT. Adaro Indonesia - Kalimantan Selatan). Penelitian ini dilakukan oleh Rayi Saraswati P W, pada tahun 2015. Hasil penelitian menunjukkan perhitungan prediksi laju erosi antara 79,92 - 142,52 ton/ha/tahun. Dengan akumulasi kejadian erosi setelah dikalikan luasan satuan lahan pada akhir tahun pengamatan sebesar 9.314,09ton. Nilai Sediment yield aktual hasil penginterpolasian data pada akhir tahun pengamatan sebesar 1.535.230,02 ton/ha. Nilai SDR yang dihasilkan berkisar antara 37,41 164,83, dengan nilai rerata SDR sebesar 88,47. Maka untuk keperluan penentuan kejadian sedimentasi pada DTH tipikal DTH SP-2B HW dapat digunakan persamaan SDR berikut : $SY = Ea \times 88.47$.

2. Pemanfaatan Citra Penginderaan Jauh Untuk Ekstraksi Parameter Laju Erosi-Sedimentasi Di Daerah Aliran Sungai Grindulu, Pacitan. Penelitian ini dilakukan oleh Dessy Ayu Wijayanti dan Totok Gunawan. Hasil penelitian menunjukkan Erosi total diketahui berdasarkan hasil prediksi laju erosi permukaan ditambah dengan erosi yang terjadi di tebing dan dasar sungai. Metode yang digunakan untuk memprediksi jumlah hasil sedimen adalah metode Sediment Delivery Ratio (SDR). SDR merupakan perkiraan rasio hasil sedimen di penampang aliran dengan erosi total dari DAS. Hasil penelitian menunjukkan erosi total yang terjadi di DAS Grindulu adalah sebesar 6.681.104 ton/tahun. Nilai SDR DAS Grindulu adalah sebesar 0,244951. Besarnya sedimentasi yang mencapai muara sungai diperkirakan mencapai 1.636.543 ton/tahun.
3. Estimasi Sedimen Total Dengan Metode Sediment Delivery Ratio (SDR) Pada Rom Area di PT. Bharinto Ekatama, Kutai Barat, Kalimantan Timur. Penelitian ini dilakukan oleh Joko Suhadha Harta Nadi, Harjuni Hasan, Shalah Dina Devy pada tahun 2019. Hasil penelitian menunjukkan metode SDR diyakini mampu mempresentasikan jumlah erosi dan sedimentasi di daerah pertambangan atau daerah yang sudah tidak alami. Nilai SDR pada daerah ROM yang diteliti sebesar 0,56. Nilai SDR ini dapat berubah seiring kemajuan tambang yang mengubah arah aliran air sehingga luas *catchment area* ikut berubah. Prakiraan erosi total yang terjadi pada daerah penelitian

adalah sebesar 26.499 ton/tahun. Prakiraan hasil sedimen yang akan terbentuk pada DTA yang diteliti adalah sebesar 14.819 ton/tahun.

4. Perhitungan Nilai Nisbah Hantaran Sedimen dengan Menggunakan Kurva sedimen dan Model Erosi Tanah. Penelitian ini dilakukan oleh Nining Wahyuningrum, Putu Sudira, Haryono Supriyo, dan Sambas Sabarnurdin pada tahun 2014. Hasil analisis menunjukkan bahwa : Diperoleh nilai SDR Sub DAS Tapan lebih tinggi (2,37) daripada nilai SDR Sub DAS Ngunut I (0,047). Hal ini mengindikasikan adanya sumber materi sedimen lain selain dari erosi lembar yang terbawa ke luaran DAS, Nilai SDR berfluktuasi sesuai dengan fluktuasi bulanan hujan dan limpasan, Jenis penutupan lahan kurang berpengaruh terhadap SDR dibandingkan dengan topografi (kemiringan lahan, kerapatan aliran dan luas DAS).
5. Pendekatan Metode Sediment Delivery Ratio Untuk Mengetahui Tingkat Kekritisan Beberapa Sub Das Di Kalimantan Selatan Dalam Hubungannya Dengan Kesesuaian Perikanan. Penelitian ini dilakukan oleh Sumarni, dkk. Hasil penelitian menghasilkan persamaan $Q_s = 0.0864 \times 245 \times 137,86$ dengan tingkat tingkat kekritisian sebesar 2918,22 ton/hari, menunjukkan bahwa pengendapan sedimen di dasar sungai yang menyebabkan tingginya permukaan air dapat mengakibatkan banjir yang menimpa lahan-lahan yang tidak dilindungi. Dengan menggunakan data Hasil Perhitungan Sediment Delivery Ratio (SDR), maka diperoleh hasil Erosi yang terjadi di SSDAS Hajawa sebesar 0,68 % dikategorikan Tidak Normal ; di SSDAS Tabatan

sebesar 0,32 %; di SSDAS Kalaan sebesar 0,21%; di SSDAS Sekitar Waduk sebesar 0,32 % dikategorikan masih Normal; SSDAS Riam Besar sebesar 3,36 % dan di SSDAS PAAU sebesar 4,62 % dikategorikan sudah Rusak. Berdasarkan Kesesuaian Perairan untuk Kepentingan Perikanan berdasarkan kadar muatan sedimen (TSS) dapat diketahui bahwa jumlah kandungan TSS yang tidak berpengaruh terhadap kepentingan perikanan adalah stasiun daerah Pelaihari yang berkisar sekitar 16 mg/l dan pada daerah Sungai Kusan (Pagatan) sudah tergolong kurang baik bagi kepentingan perikanan.

6. Perhitungan Kecepatan Sedimentasi Melalui Pendekatan USLE Dan Pengukuran Kandungan Tanah Dalam Air Sungai Yang Masuk Ke Dalam Waduk Sermo. Penelitian dilakukan oleh Bambang Kun Cahyono, Lukman Hakim, Waljiyanto, Agus Darmawan Adhi, pada tahun 2015. Hasil dari penelitian ini adalah kecepatan sedimentasi Waduk Sermo pada tahun 2015 dengan pendekatan USLE adalah 276.100,917 m³ /tahun atau dalam ketebalan sedimen sebesar 8,675 mm/tahun. Adapun hasil perhitungan berdasarkan data pengukuran kandungan tanah dalam air adalah 270.206,363 m³ /tahun atau 8,490 mm/tahun. Berdasarkan kedua data hasil pengukuran menggunakan dua metode pendekatan tersebut memang didapatkan perbedaan data, akan tetapi perbedaan tersebut hanya 5.894,544 m³ /tahun saja atau sekitar 2% dari total sedimentasi yang terjadi.
7. Laju Erosi Pada Penambangan Batubara PT. Bumi Merapi Energi. Penelitian ini dilakukan oleh A. A. Hadi , Bochori dan E. O. Sari, pada tahun 2019.

Penelitian ini membahas tentang Kegiatan penambangan batubara terdiri dari beberapa tahap kegiatan yaitu land clearing, top soil removal, overburden removal, coal getting, loading and hauling serta kegiatan pendukung lainnya. Pada tahap pembukaan lahan (land clearing), tanah yang sebelumnya ditumbuhi tumbuh-tumbuhan akan dibersihkan sehingga lahan akan terbuka. Dampak dari pembukaan lahan adalah terbukanya lahan sehingga terpapar langsung dengan udara dan air permukaan. Pada saat turun hujan, air hujan akan menggerus permukaan tanah sehingga terjadi erosi. Selama lima tahun produksi perusahaan berencana melakukan kegiatan reklamasi dengan total area yang direklamasi sampai tahun 2023 mencapai 249.98 hektar. Masih 369 hektar wilayah yang belum direklamasi, dengan mengalikan hasil laju erosi bulanan sebesar 2.04 ton/hektar/bulan maka didapatkan jumlah laju erosi keseluruhan mencapai 9031.56 ton selama lima tahun produksi.

8. Peningkatan Erosi Tanah Pada Lereng Timbunan Overburden Akibat Kegiatan Penambangan Di Daerah Clereng, Pengasih, Kabupaten Kulon Progo. Penelitian ini dilakukan oleh Ag. Isjudarto. Hasil dari penelitian ini adalah Berdasarkan persamaan Universal Soil Loss Equation (USLE) diperoleh dugaan erosi yang terjadi di lokasi timbunan tanah penutup (overburden) adalah 32.139,49 ton/ha/tahun pada timbunan over burden. Tingkat erosi di lokasi penelitian termasuk sangat berat. Faktor penyebabnya adalah curah hujan yang tinggi, jenis tanah pedsolik merah kuning yang peka terhadap erosi, faktor kemiringan lereng timbunan, tidak adanya vegetasi

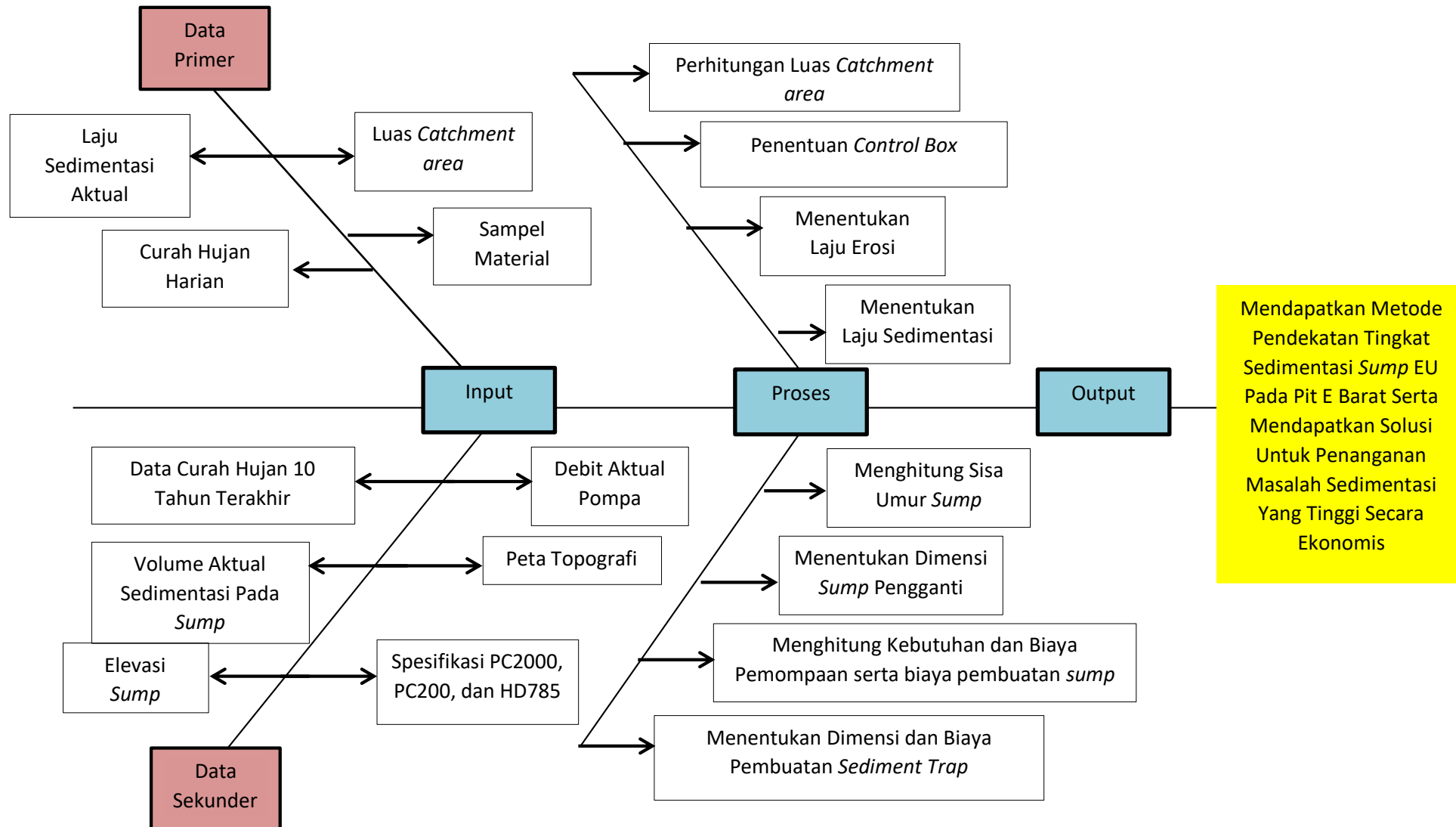
penutup timbunan tanah, erodibilitas tanah besar dan tidak ada upaya konservasi terhadap timbunan tanah. Erosi pada timbunan tanah petutup di lokasi menimbulkan dampak terhadap lingkungan yaitu adanya sedimentasi yang berakibat terjadinya pendangkalan sungai dan saluran air, potensi terjadi longsor pada timbunan tanah, terjadinya genangan air di lokasi penambangan karena daya infiltrasi tanah yang berkurang dan hilangnya lapisan tanah penutup.

9. Analisis Sedimentasi Di Check Dam (Study Kasus : Sungai Air Anak Dan Sungai Talang Bandung) Desa Talang Bandung, Kecamatan Sumber Jaya, Kabupaten Lampung Barat. Penelitian ini di lakukan oleh Holong Okryant Togatorop, pada tahun 2016 . Dari hasil analisis sedimentasi dengan menggunakan metode USLE diketahui bahwa besarnya sedimentasi DAS Air Anak sebesar 3.306,3091 ton/tahun dan DAS Talang Bandung sebesar 6.913,3709 ton/tahun. Sedangkan besarnya sedimentasi dari hasil pengambilan sampel untuk DAS Air Anak sebesar 4.447,3193 ton/tahun dengan laju sedimentasi sebesar 4.043,0175 ton/tahun dan besarnya sedimentasi DAS Talang Bandung sebesar 13.501,3716 ton/tahun dengan laju sedimentasi sebesar 12.273,9742 ton/tahun. Dari hasil penelitian sedimentasi dapat diketahui usia/umur check dam untuk DAS Air Anak selama 148 hari dan DAS Talang Bandung selama 73 hari.
10. Analisis Erosi Pada Daerah Aliran Sungai (Das) Pompong Kabupaten Bangka. Penelitian ini di lakukan oleh Bayu Oktasandi, dkk, pada tahun 2019.

Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui besar erosi dan hasil sedimentasi serta memberikan rekomendasi upaya konservasi lahan pada DAS Pompong. Pada penelitian ini menggunakan Metode USLE (Universal Soil Loss Equation) untuk menghitung besarnya erosi yang terjadi, dan Metode SDR (Sediment Delivery Ratio) untuk menghitung besarnya sedimentasi. Berdasarkan hasil analisis yang dilakukan diperoleh besarnya erosi total pada DAS Pompong sebesar 260,038 ton/ha/thn atau 2.002.603,816 ton/thn, dan jumlah sedimentasi sebesar 278.361,930 ton/thn. Hasil analisis menunjukkan bahwa besar erosi yang terjadi pada DAS Pompong masuk klasifikasi bahaya erosi Kelas IV (Berat). Arahan konservasi lahan yang dapat direkomendasikan adalah dengan melakukan tindakan konservasi tanah secara vegetatif dan mekanik.

D. Kerangka Konseptual

Agar penelitian ini lebih terarah sesuai dengan rumusan masalah dan tujuan penelitian yang ingin dicapai, maka dibuatlah kerangka konseptual yang dapat dilihat pada Gambar berikut



Gambar 6. Kerangka Konseptual

BAB V

PENUTUP

A. Kesimpulan

Berdasarkan hasil penelitian dan pengolahan data yang telah dilakukan, maka dapat diambil beberapa kesimpulan sebagai berikut :

1. Laju erosi yang dihasilkan berdasarkan metode *Revised Universal Soil Loss Equation* (RUSLE) pada *Week 15* sampai dengan *Week 25* adalah sebesar 4,568.073 ton/ha.
2. Tingkat sedimentasi yang dihasilkan pada *sump* EU pit E barat dengan pendekatan *Sediment Delivery Ratio* (SDR) adalah sebesar 265,706.53 m³. Hal ini menunjukkan bahwa laju sedimentasi prediksi dapat menggambarkan nilai laju sedimentasi aktual bahkan menghasilkan prediksi yang lebih besar, Sehingga dari perhitungan laju sedimentasi ini, maka metode *Sediment Delivery Ratio* (SDR) dengan menggunakan metode USDA SCS (1975) bisa direkomendasikan untuk memperoleh nilai laju sedimentasi prediksi bagi perusahaan kedepannya.
3. Penentuan laju sedimentasi dilakukan dengan menggunakan berbagai macam metode pendekatan *Sediment Delivery Ratio* (SDR), dan diperoleh metode yang merepresentasikan nilai laju sedimentasi aktual di lapangan yaitu prediksi laju sedimentasi yang menggunakan *Sediment Delivery Ratio* (SDR) metode USDA SCS (1975).
4. Sisa umur *sump* EU pit E barat akibat tingginya laju sedimentasi yaitu tersisa selama 0.22 tahun.

5. Untuk mengatasi sisa umur *sump* yang terbilang sangat singkat, maka direkomendasikan untuk :

a. Pembuatan *sump* pengganti pada area *finishing* F2 dengan :

- 1) *Cathment area* yang di persempit yaitu seluas 60.30 Ha
- 2) Debit air yang masuk dihitung menggunakan metode rasional terdiri dari debit air permukaan sebesar 46.178,34 m³/hari, debit air tanah 728,90 m³/hari, laju sedimentasi 660.04 m³/hari, sehingga debit total air yang masuk pada *sump* pengganti sebesar **47,567.28 m³/hari**.
- 3) Jumlah pompa yang dibutuhkan untuk mengeluarkan air yang masuk kedalam *sump* pengganti adalah sebanyak dua unit pompa Multiflo MF-420 EXHV dengan debit aktual sebesar 24,135 m³/hari dan membutuhkan biaya pemompaan sebesar Rp.1,154,714.14,-/jam.
- 4) Dari rekomedasi pembuatan *sump* pengganti dapat menghemat biaya pemompaan Rp.577,357.07,-/jam.
- 5) Dimensi *sump* pengganti dirancang dengan luas permukaan 123.63 m x 123.63 m, luas dasar 115.54 m x 115.54 m, kedalaman 7 m serta kapasitas tampungan sebesar 100,244 m³.
- 6) Pembuatan *sump* pengganti menggunakan satu unit alat gali-muat *Excavator Komatsu PC2000* dan tiga unit alat angkut *Havy Dumptruck HD-785 Komatsu*, dengan total biaya yang diperlukan sebesar Rp.258,173,718.70,-

b. Pembuatan *sediment trap* untuk mengontrol, mencegah dan mengurangi tingkat laju sedimentasi *sump* dengan :

- 1) Dimensi *sediment trap* yang dirancang dengan luas permukaan 30.29 m x 30.29 m, luas dasar 24.51 m x 24.51 m, kedalaman 5 m serta kapasitas tampungan sebesar 3,795 m³.
 - 2) Pembuatan *sediment trap* menggunakan alat gali *Excavator Komatsu PC200*, dengan total biaya yang diperlukan sebesar Rp.5,920,786.47,-
- c. Meningkatkan parimeter sump EU sisi Utara ke RL -140 jagaan 4 meter, dan jagaan maksimal air -144.

B. Saran

Berdasarkan hasil penelitian dan pengamatan di lapangan, maka penulis memberikan saran sebagai berikut :

1. Perlu adanya analisis laju sedimentasi untuk mengetahui tingkat sedimentasi yang terjadi di area penambangan agar tidak menimbulkan dampak yang merugikan terhadap perusahaan seperti pendangkalan *sump* yang mengakibatkan berkurangnya sisa umur *sump*.
2. Perlu dilakukannya pengukuran *bathymetry sump* secara teratur untuk mengetahui tingkat kenaikan volume sedimen pada *sump*.
3. Untuk mendapatkan kapasitas *sump* yang ideal akibat tingginya laju sedimentasi dapat dilakukan dengan cara menaikkan jagaan elevasi air.
4. Untuk mengatasi masalah *sump* yang hampir meluap akibat terjadinya pendangkalan yang disebabkan oleh laju sedimentasi yang tinggi dan menimbang volume *sump* yang sangat besar sehingga tidak ekonomis dan tidak memungkinkan untuk dilakukannya *maintenance*. Untuk itu maka,

solusi yang lebih baik yaitu pembuatan *sump* pengganti dan melakukan usaha pemompaan.

5. Untuk control pencegahan dan mengurangi tingkat laju sedimentasi pada *sump*, maka perlu dibuatnya *sediment trap* di beberapa paritan yang mengalir ke dalam *sump*.

DAFTAR PUSTAKA

- Achmad, Z. dan Samuel, L., 1984. Stratigraphy and Depositional Cycles in the NE, Kalimantan Basin, Proceedings IPA 13th Annual Convention, Jakarta, Vol. 1, 109-120.
- Adrianto, Bayu, Hariyadi, Baskoro Rochaddi. “Analisa Laju Sedimentasi di Muara Sungai Karangsang, Kabupaten Indramayu “. *Jurnal Oseanografi. Volume 6, Nomor 1*, Tahun 2017.
- Andiliani, Novia. 2018. “Evaluasi Mine Dewatering System Untuk Menunjang Pencapaian Target Produksi 5.000 Ton/Shift Pada Penambangan Batubara Pit B Area Selatan PT. Mifa Bersaudara, Peunaga Cut Ujong, Meurebo, Kabupaten Aceh Barat, Provinsi Aceh”. Skripsi. Tidak Diterbitkan. Jurusan Teknik Pertambangan. Fakultas Teknik. Universitas Negeri Padang.
- Annisa F. 2018. *Analisis Tingkat Erosi dan Kekritisan Lahan Menggunakan Sistem Informasi Geografis Di Sub Das Bengkulu Hilir Das Air Bengkulu*. Skripsi. Tidak Diterbitkan. Program Studi Teknik Sipil. Fakultas Teknik. Universitas Bengkulu.
- Arsyad. S. (1989). Konservasi Tanah dan Air. Bogor: IPB Press.
- Asdak, C., 2010. Hidrologi dan Pengelolaan Daerah Aliran Sungai. Jogjakarta: Gadjah Mada University Press.
- Baskara, Ridho. 2015. *Prediksi Nilai Nisbah Hantaran Sediment Di Daerah Tangkapan Air Waduk Sermo Berdasarkan Analisis Morfometri*. Tugas Akhir. Yogyakarta. Universitas Muhammadiyah Yogyakarta.
- David, S. J., David, G. K. & Robert, B. S., n.d. *Calculating Revised Universal Soil Loss (RUSLE) Estimates on Department of Defense Lands: A Review of RUSLE Factors and U.S. Army Land Condition-Trend Analysis (LCTA) Data Gaps*, Fort Collins: Center for Ecological Management of Military Lands Department of Forest Science, Colorado State University.
- Dosen Jurusan Teknik Pertambangan. 2014. *Panduan Tugas Akhir*. Padang: Fakultas Teknik Universitas Negeri Padang.
- Fitriani, Sitti Nur Faridah, dan Daniel Useng. “Prediksi Laju Erosi dengan Menggunakan Metode RUSLE dan Penginderaan Jauh pada Sub DAS Bangkala” *Jurnal Agritechno*, Vol. 12, No. 1, April 2019.
- Fraser, T.H. dan Ichram, L.O., 1999, Significance Of the Celebes Sea Spreading Center to the Paleogene Petroleum System of The SE Sunda Margin, Central Indonesia, Proceedings of Indonesian Petroleum Association 27th Convention, 431-441.