

**Analisis Regresi Multivariat Untuk Rancangan Teknis
Kemajuan Penambangan Batubara Di Pit OS Pt Bukit Makmur
Mandiri Utama Job Site Lati, Kabupaten Berau**

Gede Gupta Rastika^{1a}, Shofa Rijalul Haq¹, Raden Haryanto¹, Edy Nursanto¹

¹Jurusan Teknik Pertambangan, Fakultas Teknologi Mineral, UPN “Veteran” Yogyakarta,
Jl. SWK 104 (Lingkar Utara), Yogyakarta 55283 Indonesia

^aemail: rastikagupta@gmail.com

ABSTRACT

PT BUMA is a coal mining company in Berau Regency, East Kalimantan Province. OB production target on Pit OS at PT. BUMA in January was 536,195 BCM; in February, it was 516,146 BCM; and in March, it was 537,557 BCM. Meanwhile, the coal production target in January was 19,595 tons; in February, it was 19,734 tons; and in March, it was 18,803. Based on the OB and coal production targets, the SR production target in January is 27.36, in February, it is 12.70, and in March, it is 26.16. In the research area, there is also no perimeter ditch found. The company's production achievements were also not achieved in the previous months. This study aims to make a monthly pushback design in the first quarter of 2023, make a perimeter ditch design and then look at the relationship between hydrological factors and production. The results of the reserve plan in January obtained an OB of 589,771 BCM, a coal tonnage of 21,774 tons (SR = 12.88:1). In February, it obtained an OB of 555,650 BCM, a coal tonnage of 21,567 tons (SR = 12.66:1). In March it received OB of 585,274 BCM, coal tonnage of 21,662 tons (SR = 12.82:1). Based on the runoff water discharge of 4.21 m³/sec for the pit area, the dimensions of the ditch are obtained with a depth of 1.51 m, while for the disposal area with a runoff water discharge of 4.09 m³/sec, the dimensions of the ditch are obtained with a depth of 1.49 m. The total length of the perimeter ditch for the pit in January was 7,890 m. For February, the length of the trenches for the pits is 7,845 m, and for March, it is 7,809 m. Multivariate regression results show a strong correlation between production achievement and hydrological factors. The results of production achievement predictions show that production cannot be achieved under extreme rain conditions. Following the design results, it can be concluded that the company's production target can be achieved. According to the regression equation, an increase in production achievement of 20% is obtained if the perimeter ditch is applied to the mine.

Keywords : Mine sequence, hidrology analysis, multivariate regression

ABSTRAK

PT BUMA merupakan perusahaan tambang batubara yang terletak di Kabupaten Berau Provinsi Kalimantan Timur. Target produksi OB pada Pit OS di PT. BUMA pada bulan Januari sebesar 536.195 BCM, pada bulan Februari sebesar 516.146 BCM, dan pada bulan Maret sebesar 537.557 BCM. Sementara itu, target produksi batubara pada bulan Januari sebesar 19.595 ton, pada bulan Februari sebesar 19.734 ton, dan bulan Maret sebesar 18.803. Berdasarkan target produksi OB dan batubara, maka target SR pada bulan Januari sebesar 27,36, pada bulan Februari sebesar 12,70 dan pada bulan Maret sebesar 26,16. Pada area penelitian juga belum ditemukan adanya perimeter ditch. Ketercapaian produksi perusahaan juga tidak tercapai pada bulan-bulan sebelumnya. Penelitian ini bertujuan untuk membuat rancangan teknis kemajuan penambangan bulanan pada Triwulan I Tahun 2023, selanjutnya dibuat rancangan perimeter ditch dan kemudian melihat hubungan faktor hidrologi dan produksi. Hasil reserve rancangan pada bulan Januari mendapatkan OB sebesar 589.771 BCM, tonase batubara sebesar 21.774 ton (SR = 12,88:1). Pada bulan Februari mendapatkan OB sebesar 555.650 BCM, tonase batubara sebesar 21.567 ton (SR = 12,66:1). Pada bulan Maret mendapatkan OB sebesar 585.274 BCM, tonase batubara sebesar 21.662 ton (SR = 12,82:1). Pada rancangan disposal didapatkan kapasitas disposal bulan Januari sebesar 852.564 LCM, bulan Februari sebesar 812.036 LCM, dan bulan Maret sebesar 854.875 LCM. Berdasarkan debit air limpasan sebesar 4,21 m³ /detik untuk area pit didapat dimensi paritan dengan kedalaman 1,51 m sementara untuk area disposal dengan debit air limpasan sebesar 4,09 m³/detik didapat dimensi paritan dengan kedalaman 1,49 m. Panjang total perimeter ditch untuk pit pada Bulan Januari adalah 7.890 m, Bulan Februari sepanjang 7.845 m dan untuk Maret adalah 7.809 m. Hasil regresi multivariat menunjukkan antara ketercapaian produksi dan faktor hidrologi memiliki korelasi kuat. Hasil prediksi ketercapaian produksi menunjukkan dalam kondisi hujan ekstrem produksi tidak dapat tercapai. Sesuai dengan persamaan regresi diperoleh peningkatan ketercapaian produksi sebesar 20% jika perimeter ditch diterapkan pada tambang.

Kata kunci : Kemajuan penambangan, analisis hidrologi, regresi multivariat

I. PENDAHULUAN

PT BUMA merupakan kontraktor penambangan batubara yang bekerja dengan PT. Berau Coal sebagai owner. PT BUMA berdiri sejak tahun 1998 sebagai perusahaan kontraktor tambang batubara dan memiliki dua pit di Job Site Lati yaitu Pit PQRT dan Pit OS dengan luas 649 ha. Pada Tahun 2023 PT BUMA menargetkan penambangan batubara sejumlah 8.425.000 ton dan pembongkaran overburden (OB) sebanyak 136.051.000 BCM (Lati Annual Commitment, 2023). Target tersebut akan dicapai melalui perancangan dan perencanaan kemajuan penambangan Triwulan.

Pit OS dibuka pada Tahun 2021 dan akan beroperasi hingga tahun 2026. Target produksi Pit OS pada Triwulan I Tahun 2023 yaitu 58.132 ton batubara, target pembongkaran OB sebesar 1.589.898 BCM, dan Stripping Ratio (SR) 27,35 : 1 (Lati Annual Commitment, 2023). Target produksi Triwulan kemudian dicapai melalui rancangan kemajuan penambangan tiap bulan.

Pada saat penelitian dilaksanakan, PT BUMA belum memiliki rancangan bulanan untuk memenuhi target produksi Triwulan I tahun 2023. Oleh sebab itu diperlukan pembuatan rancangan kemajuan penambangan untuk tiap bulannya. Selain itu, permasalahan yang dihadapi adalah tidak tercapainya target produksi bulanan di Pit OS pada tahun 2021 dan 2022 (Lati Production Database, 2023) sehingga perlu dilakukan analisis lebih terkait penurunan produksi.

Salah satu faktor yang diperkirakan menyebabkan tidak tercapainya produksi adalah faktor hidrologi yaitu keberadaan air limpasan ditambang akibat hujan. Air limpasan yang tidak ditangani dengan baik dapat mengganggu kegiatan penambangan. Pada Pit OS belum ditemukan paritan perimeter atau *perimeter ditch* yang mencegah air masuk ke area penambangan. Dengan melihat permasalahan tersebut maka tidak hanya dibutuhkan rancangan kemajuan penambangan, tetapi juga dibutuhkan rancangan perimeter ditch. Selain itu, untuk mengantisipasi tidak tercapainya produksi akibat faktor hidrologi, maka dilakukan analisis hubungan antara parameter hidrologi dan penurunan produksi dengan metode statistik.

Tujuan kajian ini adalah untuk membuat rancangan kemajuan penambangan dan rencana produksi tiap bulan pada Triwulan I tahun 2023 di Pit OS berdasarkan target produksi perusahaan. Membuat kajian rancangan paritan perimeter Pit OS. Mengetahui hubungan antara parameter hidrologi dan ketercapaian produksi melalui analisis regresi multivariat.

II. METODE

Metode penelitian yang dilakukan bersifat kuantitatif dan terdiri dari beberapa tahap meliputi persiapan penelitian, pengambilan data, pengolahan dan analisis data, serta pembuatan laporan. Diagram alir dan urutan pekerjaan dibuat sebagai tahapan dari penelitian. Diagram alir dibuat agar penelitian ini dapat dikerjakan secara sistematis dan terarah. Berikut adalah uraian tiap tahapan penelitian.

Pada tahap awal diperlukan persiapan penelitian yang meliputi perumusan latar belakang penelitian dan studi literatur. Perumusan latar belakang bertujuan menentukan permasalahan yang akan diteliti. Latar belakang merupakan dasar dari penelitian dilakukan dan aspek awal yang harus ditentukan sebelum melakukan penelitian. Selanjutnya dilakukan studi literatur untuk mencari referensi penelitian berupa publikasi dan buku-buku terkait topik penelitian. Digunakan beberapa penelitian sebelumnya sebagai acuan dan memberi peneliti informasi terkait penelitian yang akan dilakukan.

Pengambilan data dilakukan dengan dua cara yaitu investigasi lapangan untuk data primer dan akuisisi data perusahaan untuk data sekunder. Data primer yang diambil yaitu arah kemajuan penambangan dan *cycle time* alat. Sementara untuk data sekunder yang diambil yaitu berasal dari *annual plan and design* 2023 serta *database* perusahaan. Keduanya berisi data produksi, spesifikasi alat, data hujan, dan sifat fisik marerial.

Pengolahan data dibagi menjadi tiga aspek utama yaitu pengolahan data produksi, data rancangan kemajuan penambangan, dan analisis hidrologi. Dilakukan pula analisis statistik hubungan produksi dan parameter hidrologi. Pengolahan data untuk perhitungan dilakukan dengan software Excel. Pengolahan data produksi bertujuan untuk menghitung produktivitas dan kebutuhan alat. Perancangan kemajuan penambangan dilakukan dengan *software* Micromine 2022 dan MineScape 5.7. Analisis hidrologi dilakukan untuk menghitung debit air limpasan yang diperkirakan masuk ke area pit.

III. HASIL

Kondisi Awal dan Target Produksi

Kondisi morfologi daerah penelitian terbagi dalam berbagai satuan, yaitu satuan morfologi dataran rendah dan rawa, perbukitan bergelombang, dan perbukitan terjal, dengan kondisi punggung perbukitan yang relatif tidak beraturan. Berdasarkan kondisi topografi, ketinggian daerah penelitian berada pada elevasi terendah 55 mdpl sampai dengan elevasi tertinggi 130 mdpl. Kondisi endapan batubara sangat berpengaruh untuk mengetahui bentuk, penyebaran batubara. Kondisi batubara juga mempengaruhi arah penambangan yang akan dilakukan. Pada daerah penelitian seam batubara

memiliki strike berkisar antara N 0050 E hingga N 0080 E dengan dip berkisar 100 hingga 120. Oleh sebab itu pit atau arah penambangan cenderung menuju arah Utara dengan sedikit melebar ke arah Timur dan Barat. Target produksi penambangan Batubara di PT BUMA ditentukan berdasarkan jumlah cadangan dan juga perjanjian dengan perusahaan owner. Target produksi perusahaan pada tahun 2023 adalah 257.000 ton batubara dengan target pembongkaran overburden sejumlah 7.148.957 BCM. Target pembongkaran overburden tiap triwulan berkisar antara 1.500.00 BCM hingga 2.000.000 BCM. Sementara itu target produksi batubara berkisar pada 19.000 ton per triwulan. Nisbah pengupasan atau stripping ratio yang diizinkan adalah dibawah 30 : 1.

Produktivitas Alat Mekanis

Produktivitas alat mekanis merupakan kemampuan alat mekanis yang ada di lokasi penambangan untuk berproduksi selama satu jam. Semakin tinggi produktivitas maka akan memungkinkan semakin tinggi juga produksi yang bisa dihasilkan. Produktivitas alat sangat bergantung pada *cycle time*, *bucket fill factor*, dan kapasitas alat. Produktivitas overburden dihitung pada satuan BCM sementara untuk batubara menggunakan satuan ton. roduktivitas alat gali-muat OB (CAT-6020) sebesar 684,61 BCM/jam, untuk alat pengangkutan OB (CAT777) didapat produktivitas sebesar 578,87 BCM/jam. Produktivitas alat gali-muat batubara (CAT-6015) sebesar 578,87 ton/jam dan alat angkut batubara (CAT-777) sebesar 166,16 ton/jam.

Rancangan Pit Penambangan

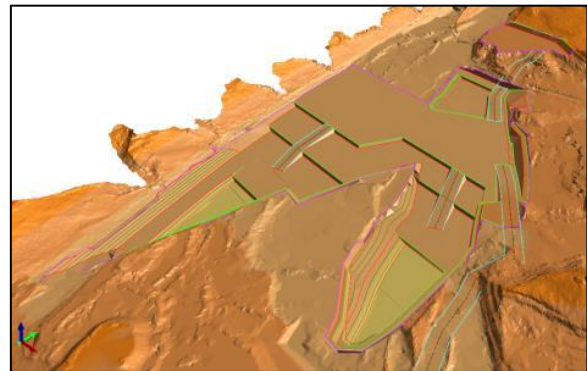
Perancangan kemajuan penambangan pada Pit OS PT BUMA Job Site Lati disimulasikan menggunakan software Micromine dan MineScape 5.7. Rancangan dibuat setiap bulan berdasarkan data topografi dan skema lapisan batubara yang telah dibuat oleh perusahaan. Dalam perancangan kemajuan penambangan diperlukan rekomendasi geoteknik untuk menentukan dimensi jenjang yang aman dan juga tetap ekonomis. Digunakan rekomendasi dimensi jenjang sesuai dengan kajian geoteknik PT BUMA. Terdapat tiga jenis jenjang yaitu jenjang high wall, jenjang sementara (temporary bench) dan jenjang disposal. Dimensi jenjang sesuai dengan batasan masalah yang sudah ditentukan.

Untuk jenjang high wall digunakan tinggi dan lebar jenjang sebesar 10 m dengan sudut single slope 50°. Kemudian, untuk jenjang sementara digunakan lebar dan tinggi jenjang tunggal sebesar 5 m dengan sudut single slope sebesar 50°. Selanjutnya, untuk jenjang disposal digunakan tinggi jenjang sebesar 10 m dan lebar jenjang sebesar 50 m. Single slope untuk jenjang disposal yang direkomendasikan adalah sebesar 37°

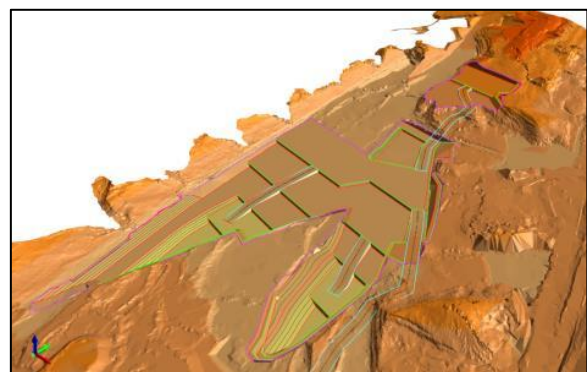
Rancangan kemajuan tiap bulan selama Triwulan I Tahun 2023 dibuat dengan memperhatikan beberapa aspek. Rancangan dibuat sesuai dengan keadaan topografi dan melihat arah kemajuan penambangan. Pada rancangan terdapat dua area utama yaitu area pit utama. Rancangan kemajuan penambangan tampak isometri dari *software* Micromine dapat dilihat pada Gambar 1 – Gambar 3. Berdasarkan hasil rancangan maka didapat volume material seperti pada Tabel 1.

Tabel 1. Material Rancangan Kemajuan Penambangan

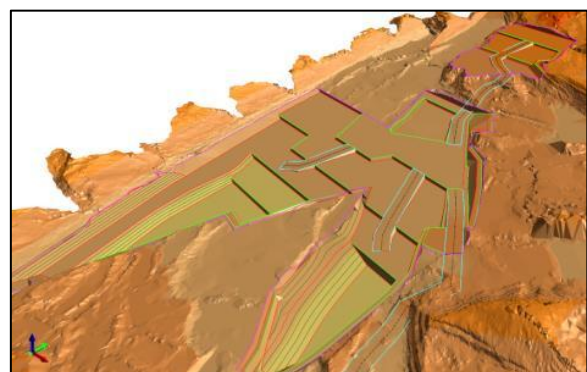
Material	Januari	Januari	Januari	Januari
	Februari	Februari	Februari	Februari
	Maret	Maret	Maret	Maret
	Total	Total	Total	Total
Overburden (BCM)	589.771	555.65	585.274	1.730.694
Batubara (ton)	21.774	21.567	21.662	65.003



Gambar 1 Kemajuan Penambangan Bulan Januari



Gambar 2 Kemajuan Penambangan Bulan Februari



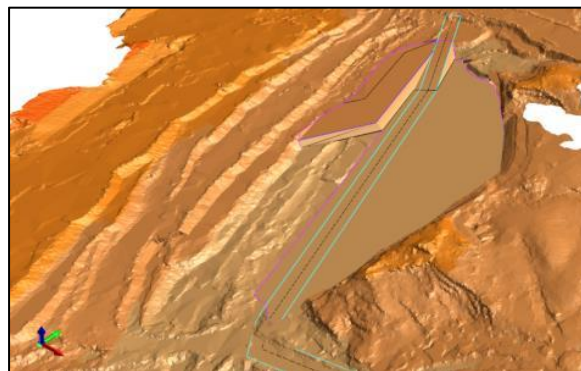
Gambar 3 Kemajuan Penambangan Bulan Maret

Rancangan Disposal Penambangan

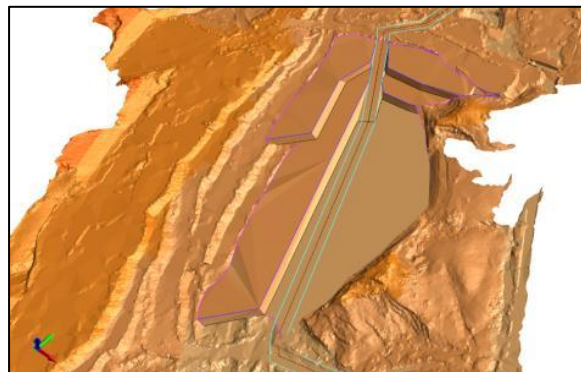
Berdasarkan hasil rancangan kemajuan penambangan didapatkan volume OB yang selanjutnya menjadi dasar penentuan kapasitas disposal. Berikut adalah rancangan disposal tiap bulan sesuai dengan konversi pengembangan volume OB. Rancangan disposal bulanan dapat dilihat pada Gambar 4 – 6. Berdasarkan rancangan disposal didapatkan kapasitas disposal tiap bulannya seperti pada Tabel 2.

Tabel 2 Kapasitas Disposal

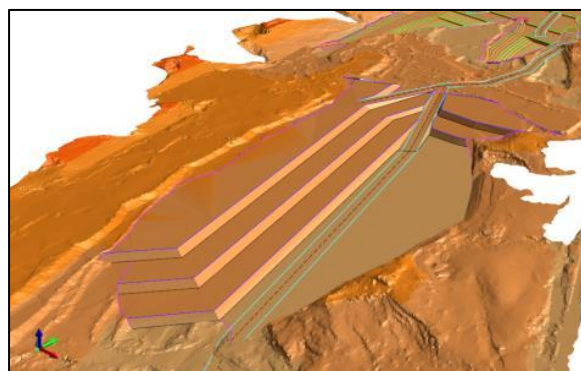
Bulan	Volume Overburden		Luas Disposal (Ha)	Kapasitas Disposal (LCM)
	BCM	LCM		
Januari	589.771	842.53	12,68	852.564
Februari	555.65	793.785	22,75	812.036
Maret	585.274	836.106	30,67	854.875
Total	1.730.694	2.472.421	-	2.519.475



Gambar 4 Situasi Disposal Pada Bulan Januari



Gambar 5 Situasi Disposal Pada Bulan Februari



Rancangan Jalan Angkut dan Lebar Front Kerja

Sesuai dengan lebar alat angkut terbesar yang akan melewati jalan angkut yaitu CAT-777 dan kecepatan yang diijinkan yaitu 22 km/jam maka didapatkan Dimensi dan rancangan jalan angkut seperti pada Tabel 3.

Tabel 3 Dimensi Jalan Angkut dan Front Kerja

Parameter	Dimensi
Lebar Front Kerja Minimum CAT-6020	29 m
Lebar Jalan Lurus	21 m
Lebar Jalan Tikungan	25 m
Jari-Jari Tikungan	18 m
Super Elevasi	1,12 m
Cross Slope	0,5 m

Rencana Produksi dan Kebutuhan Alat OB

Kebutuhan alat tiap bulannya sangat dipengaruhi oleh produktivitas alat gali muat dan angkut. Semakin tinggi produktivitas alat dengan target produksi yang sama maka kebutuhan alat akan semakin sedikit. Hasil perhitungan kebutuhan alat gali-muat dan alat angkut untuk pembongkaran overburden pada Triwulan I Tahun 2023 relatif sama. Hal tersebut dikarenakan target produksi perusahaan tidak memiliki selisih yang signifikan tiap bulannya. Produktivitas alat gali-muat sebesar 684,61 BCM dan produktivitas alat angkut sebesar 578,87 BCM dengan jumlah EWH tiap bulannya maka didapat produksi alat seperti Tabel 4. Berdasarkan produksi alat dan target produksi perusahaan maka didapat kebutuhan alat dan juga nilai MF seperti tabel 5.

Tabel 4 Rencana Produksi untuk OB

Bulan	Volume Overburden		Luas Disposal (Ha)	Kapasitas Disposal (LCM)
	BCM	LCM		
Januari	7.315	226.764	1.497	46.411
Februari	7.91	221.473	1.667	46.665
Maret	7.545	233.894	1.61	49.913
Januari	7.315	226.764	1.497	46.411

Tabel 5 Rencana Kebutuhan Alat untuk OB

CAT-6020 dan CAT-777

Bulan	Jumlah Alat Gali-Muat	Jumlah Alat Angkut	MF	Jumlah Ritase/Unit
Januari	3	15	0,98	41
Februari	3	15	0,98	46
Maret	3	15	0,98	44

Rencana Produksi dan Kebutuhan Alat Batubara

Kebutuhan alat gali-muat dan alat angkut penambangan batubara lebih sedikit dibandingkan

kebutuhan alat untuk OB. Hal ini tentu disebabkan perbedaan target produksi tiap bulan antara overburden dan batubara yang cukup signifikan. Produktivitas alat gali-muat sebesar 684,61 BCM dan produktivitas alat angkut sebesar 578,87 BCM dengan jumlah EWH tiap bulannya maka didapat produksi alat seperti pada Tabel 6.

Tabel 6 Rencana Produksi untuk Batubara

Bulan	Alat Gali Muat Alat angkut			
	CAT-6015		CAT-777	
	BCM/ Hari	BCM/ Bulan	BCM/ Hari	BCM/ Bulan
Januari	6.452	200.009	1.860	57.656
Februari	6.967	195.085	2.070	57.972
Maret	7.010	217.322	2.000	62.008

Berdasarkan produksi alat tiap bulan dan target produksi maka dapat dihitung kebutuhan alat mekanis tiap bulannya baik untuk alat galimuat ataupun alat angkut. Kebutuhan alat mekanis dan nilai match dapat dilihat pada Tabel 7.

Tabel 7 Rencana kebutuhan Alat untuk Batubara

Bulan	CAT-6015 dan CAT-777			
	Jumlah Alat Gali- Muat	Jumlah Alat Angkut	MF	Jumlah Ritase/Unit
Januari	1	1	0,86	44
Februari	1	1	0,86	49
Maret	1	1	0,86	47

Analisis Hidrologi

Data curah hujan diambil dari data stasiun hujan pada wilayah IUP PT BUMA. Data curah hujan yang digunakan dalam analisis adalah data curah hujan harian maksimum selama 10 tahun terakhir yaitu dari tahun 2013 – 2022. Curah hujan harian maksimum digunakan untuk menentukan curah hujan rencana untuk Triwulan I Tahun 2023. Berdasarkan data curah hujan harian maksimum selama 1 tahun didapatkan curah hujan harian maksimum sebesar 133 mm dengan rata-rata curah hujan sebesar 91,48 mm dan hari hujan sebesar 16 hari/bulan. Penentuan curah hujan rencana menggunakan metode distribusi Gumbell. Parameter statistik yang didapatkan yaitu nilai Reduced Standard Deviation (Sn) sebesar 1 dan Standard Deviation (Sd) sebesar 22,98. Dari hasil perhitungan didapatkan juga nilai Reduced Variate Factor (K) sebesar -0,24. Perhitungan lengkap curah hujan rencana dapat dilihat pada Lampiran Q. Hasil akhir perhitungan yaitu curah hujan rencana sebesar 127,46 mm dengan periode ulang hujan selama 3 Tahun dan risiko hidrologi sebesar 80%. Intensitas curah hujan dihitung dengan menggunakan persamaan Mononobe. Intensitas curah hujan

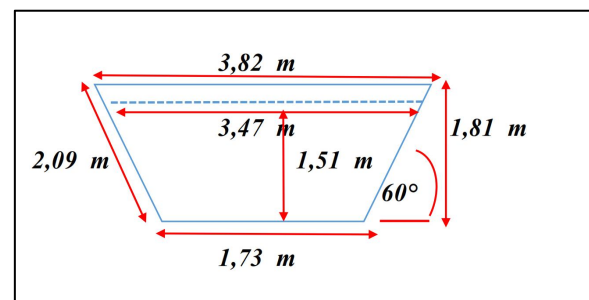
dihitung dengan rata-rata lamanya hujan sebesar 3,79 jam dan curah hujan rencana sebesar 127,46 mm/jam. Didapatkan intensitas hujan sebesar 18,18 mm/jam. Berdasarkan intensitas hujan, nilai koefisien limpasan, dan luas DTH maka didapat debit air limpasan seperti pada Tabel 8.

Tabel 8 Debit Air Limpasan

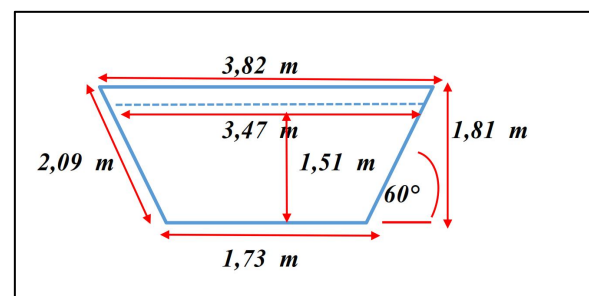
Jenis Area DTH	Bulan	Luas DTH	Koef. Limpasan	Debit (m3/detik)
Luar Pit	Januari	1,26	0,66	4,21
	Februari	1,23	0,66	4,08
	Maret	1,21	0,65	3,98
Bukaan Pit	Januari	0,88	0,90	4,00
	Februari	0,91	0,90	4,13
	Maret	0,93	0,90	4,23
Gabungan Pit	Januari	2,14	0,76	8,21
	Februari	2,14	0,76	8,21
	Maret	2,14	0,76	8,21
Disposal	Januari	0,89	0,90	4,06
	Februari	0,89	0,90	4,06
	Maret	0,89	0,90	4,06

Rekomendasi Rancangan Paritan dan Gorong - Gorong

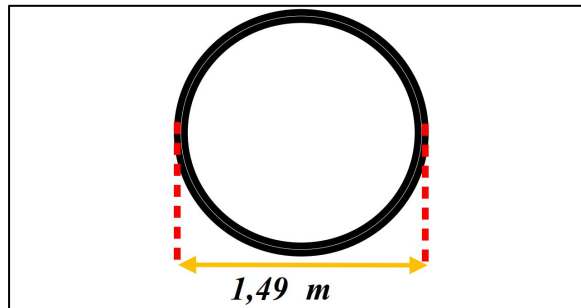
Perhitungan dimensi menggunakan persamaan Manning. Rancangan perimeter ditch menjadi dua yaitu untuk memisahkan daerah bukaan pit dan diluar pit serta untuk daerah disposal. Debit air limpasan yang digunakan adalah debit limpasan terbesar berdasarkan hasil analisis untuk Bulan Januari – Maret.



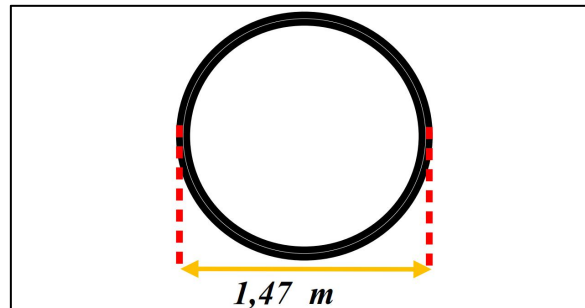
Gambar 7 Dimensi Paritan untuk Pit



Gambar 7 Dimensi Paritan untuk Pit



Gambar 9 Dimensi Gorong-Gorong untuk Pit



Gambar 10 Dimensi Gorong-Gorong untuk Disposal

Tabel 9 Nilai a dan b dan Klasifikasi Nilai R

No	Variabel Y	Variabel X	Nilai a	Nilai b	R	Klasifikasi Korelasi
1	Ketercapaian Produksi OB	Curah Hujan Maksimum	0,94	-0,0020	-0,44	Cukup
2	Ketercapaian Produksi Batubara	Curah Hujan Maksimum	0,94	-0,0021	-0,54	Kuat
3	Ketercapaian Produksi OB	Intensitas Hujan	0,97	-0,0180	-0,49	Cukup
4	Ketercapaian Produksi Batubara	Intensitas Hujan	0,98	-0,0191	-0,59	Kuat
5	Ketercapaian Produksi OB	Debit Air Limpasan	0,95	-0,0527	-0,61	Kuat
6	Ketercapaian Produksi Batubara	Debit Air Limpasan	0,95	-0,0550	-0,72	Kuat
7	Ketercapaian Produksi OB	Jam Hujan Harian	0,87	-0,0114	-0,08	Lemah
8	Ketercapaian Produksi Batubara	Jam Hujan Harian	0,87	-0,0142	-0,12	Lemah
9	Ketercapaian Produksi OB	Jam Hujan Bulanan	0,80	0,0005	0,08	Lemah
10	Ketercapaian Produksi Batubara	Jam Hujan Bulanan	0,82	0,0001	0,02	Lemah
11	Ketercapaian Produksi OB	Hari Hujan Bulanan	0,71	0,0079	R	Klasifikasi Korelasi
12	Ketercapaian Produksi Batubara	Hari Hujan Bulanan	0,74	0,0057	-0,44	Cukup

Tabel 10. Persamaan Regresi Linear Sederhana

Persamaan Regresi Linear	R	R2
Ketercapaian Prod OB =0,94CH-0,0020	-0,44	0,19
Ketercapaian Prod Batubara =0,94CH-0,0021	-0,54	0,29
Ketercapaian Prod OB =0,97I-0,0180	-0,49	0,24
Ketercapaian Prod Batubara =0,98I-0,0191	-0,59	0,34
Ketercapaian Prod OB =0,95Q-0,0527	-0,61	0,37
Ketercapaian Prod Batubara =0,95Q-0,0550	-0,72	0,52
Ketercapaian Prod OB =0,87JHR-0,0114	-0,08	0,01
Ketercapaian Prod Batubara =0,87JHR-0,0142	-0,12	0,01
Ketercapaian Prod OB =0,80JHB+0,0005	0,08	0,01
Ketercapaian Prod Batubara =0,82JHB+0,0001	0,02	0,0005
Ketercapaian Prod OB =0,71HHB+0,0079	0,23	0,05
Ketercapaian Prod Batubara =0,74HHB+0,0057	0,19	0,03

Analisis Regresi Multivariat

Berdasarkan perhitungan regresi linear sederhana antara ketercapaian produksi dengan satu variabel hidrologi didapatkan hasil seperti Tabel 9 dan 10. Analisis regresi multivariat bertujuan untuk menentukan hubungan antara 1 variabel dependen dengan beberapa variabel independen. Berdasarkan hasil analisis regresi linear sederhana antara parameter hidrologi dan ketercapaian produksi maka didapatkan 3 parameter hidrologi dengan koefisien korelasi terbesar yaitu debit air limpasan, intensitas

curah hujan, dan curah hujan harian. Ketiga parameter tersebut akan menjadi variabel independen dalam analisis regresi multivariat. Parameter debit air limpasan digunakan sebagai X_1 , intensitas hujan sebagai X_2 , dan curah hujan sebagai X_3 .

Berdasarkan hasil analisis regresi multivaria hubungan ketercapaian produksi OB dengan parameter hidrologi didapatkan nilai $a = 96,379$, nilai $b_1 = -4.81$, $b_2 = -0.197$, dan $b_3 = -0.68$.

Didapatkan nilai koefisien korelasi (R) = 0,61 yang menunjukkan bahwa ketercapaian produksi OB dan tiga parameter hidrologi memiliki korelasi yang kuat. Sementara itu, determinasi (R^2) = 0,38 yang bermakna bahwa ketercapaian produksi OB dipengaruhi 38% oleh jam ketiga parameter hidrologi dan 62% oleh variabel lainnya.

Ketercapaian. Produksi OB
 = 96,37 - 4,81 Q - 0,197 I - 0,068 CH

Berdasarkan hasil analisis regresi multivariat hubungan ketercapaian produksi OB dengan parameter hidrologi didapatkan nilai $a = 96,75$, nilai $b_1 = -4,99$, $b_2 = -0,426$, dan $b_3 = -0,106$. Didapatkan nilai koefisien korelasi (R) = 0,73 yang menunjukkan bahwa ketercapaian produksi batubara dan tiga parameter hidrologi memiliki korelasi yang kuat. Sementara itu, koefisien determinasi (R^2) = 0,54 yang bermakna bahwa ketercapaian produksi Batubara dipengaruhi 54% oleh jam ketiga parameter hidrologi dan 46% oleh variabel lainnya.

Ketercapaian Produksi Batubara
 = 96,75 - 4,99 Q - 0,426 I - 0,106 CH

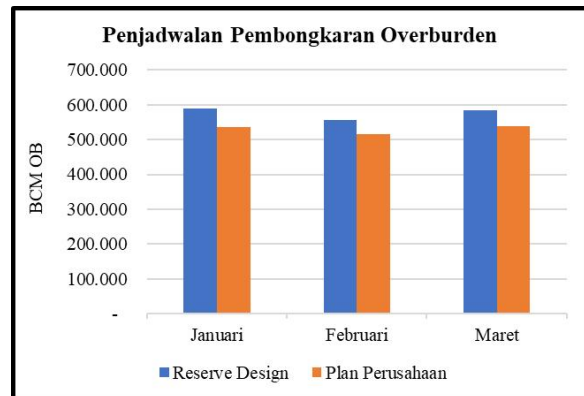
IV. PEMBAHASAN

Rancangan Kemajuan Penambangan

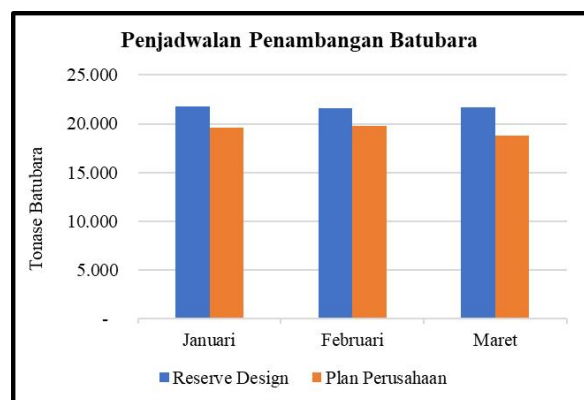
Rancangan penambangan Bulan Januari memperoleh volume overburden sebesar 589.771 BCM dengan arget sebesar 536.195 maka target produksi verburden terpenuhi. Untuk batubara didapatkan tonase sebesar 22.672 ton kemudian dengan memperhitungkan faktor kehilangan dan dilusi penambangan maka didapat batubara sebesar 21.774 ton. Perolehan batubara tersebut telah mencukupi target produksi sebesar 19.595 ton. Diperoleh pula nilai SR rancangan lebih kecil 1% dibandingkan dengan SR perusahaan. Rancangan penambangan Bulan Februari memperoleh volume overburden sebesar 555.650 BCM dengan target sebesar 516.146 maka target produksi overburden terpenuhi. Untuk batubara didapatkan tonase sebesar 22.456 ton kemudian dengan memperhitungkan faktor kehilangan dan dilusi penambangan maka didapat batubara sebesar 21.567 ton. Perolehan batubara tersebut telah mencukupi target produksi sebesar 19.734 ton. Diperoleh pula nilai SR rancangan lebih kecil 2% dibandingkan dengan SR perusahaan.

Rancangan penambangan Bulan Maret memperoleh volume overburden sebesar 582.274 BCM dengan target sebesar 537.557 maka target produksi overburden terpenuhi. Untuk batubara didapatkan tonase sebesar 22.555 ton kemudian dengan memperhitungkan faktor kehilangan dan dilusi penambangan maka didapat batubara sebesar 21.662 ton. Perolehan batubara tersebut telah mencukupi target produksi sebesar 18.803 ton. Diperoleh pula

nilai SR rancangan lebih kecil 6% dibandingkan dengan SR perusahaan.



Gambar 11. Grafik Penjadwalan untuk OB



Gambar 12. Grafik Penjadwalan untuk Batubara

Elevasi disposal ditambah 10 meter tiap bulannya. Elevasi awal yaitu 40 mdpl, kemudian Bulan Januari yaitu 60 mdpl, Bulan Februari yaitu 70 mdpl dan di Bulan Maret yaitu 80 mdpl. Volume yang masuk ke disposal dihitung berdasarkan volume overburden yang dibongkar kemudian dikalikan dengan swell factor sebesar 1,4. Pada Bulan Januari volume overburden yang dibongkar yaitu 842.530 LCM dengan kapasitas dari rancangan disposal adalah 852.564 LCM. Kemudian pada Bulan Februari dibongkar overburden sebesar 793.785 LCM dengan kapasitas disposal yang tersedia yaitu 812.036 LCM. Pada Bulan Maret dibongkar overburden sebesar 836.106 LCM dengan kapasitas disposal 854.875 LCM.

Analisis tiap bulannya menunjukkan kapasitas disposal mencukupi volume overburden yang ditambah. Secara akumulasi total overburden yang akan masuk ke area disposal yaitu 2.472.421 LCM dan kapasitas disposal total sesuai rancangan yaitu 2.519.475 LCM. Kelebihan kapasitas ini bertujuan untuk mengantisipasi jika terjadi over cut pada area penambangan dan mengantisipasi faktor pengembangan yang berbeda-beda pada material overburden.

Rancangan Perimeter Ditch

Debit air limpasan untuk area luar pit yang digunakan adalah debit terbesar yaitu sebesar 4,21 m³/detik. Sesuai dengan debit air limpasan tersebut didapat dimensi paritan dengan kedalaman parit sebesar 1,51 m. Diperoleh lebar bagian atas parit 3,82 m dan lebar bagian dasar parit adalah 1,73 m. Pada area disposal digunakan perkiraan debit air limpasan sebesar 4,09 m³/detik untuk menentukan dimensi perimeter ditch. Didapatkan kedalaman parit minimum sebesar 1,49 m dengan lebar bagian atas sebesar 3,77 m dan lebar dasar paritan sebesar 1,71 m.

Lintasan atau alur *perimeter ditch* dibuat berdasarkan batas penambangan dan menyesuaikan topografi. Berdasarkan hasil rancangan perimeter ditch didapat panjang total perimeter ditch untuk pit pada Bulan Januari adalah 7.890 m. Untuk Bulan Februari didapat panjang perimeter ditch untuk pit adalah 7.845 m dan untuk Maret adalah 7.809 m. Perbedaan ini dikarenakan adanya area development yang mengakibatkan perubahan alur rancangan perimeter ditch. Sementara itu untuk area disposal didapatkan panjang perimeter ditch total sebesar 3.241 m dan besarnya konstan tiap bulannya dikarenakan tidak ada area penimbunan yang melebar jauh melewati batas disposal.

Analisis Regresi Multivariat Parameter Hidrologi dan Produksi

Berdasarkan hasil analisis regresi maka dapat diprediksi ketercapaian produksi sesuai data hidrologi hasil analisis Gumbel. Curah hujan rencana hasil analisis Gumbel merupakan hasil dari pengolahan data curah hujan maksimum harian sehingga diperoleh nilai yang cukup tinggi jika dibandingkan dengan curah hujan rereata yang terjadi. Oleh sebab itu, dapat ditetapkan bahwa curah hujan rencana dan parameter hidrologi lainnya seperti intensitas hujan dan debit air limpasan merupakan hasil analisis dalam kondisi ekstrem atau terburuk. Ketercapaian produksi pada kondisi tanpa perimeter ditch yaitu sebesar 44,63% untuk OB dan 34,52% untuk batubara. Nilai ini menunjukkan bahwa dalam kondisi ekstrem, faktor hidrologi sangat berpengaruh terhadap ketercapaian produksi karena ketercapaian produksi dibawah 50%. Hal tersebut tentu diperparah karena belum adanya perimeter ditch yang dapat mengurangi debit air limpasan yang masuk.

Perhitungan ketercapaian produksi juga dilakukan pada kondisi jika perimeter ditch telah dibuat. Hasil menunjukkan ketercapaian produksi meningkat kurang lebih sebesar 20% baik untuk OB maupun batubara. Dapat dilihat bahwa adanya perimeter ditch dapat meningkatkan ketercapaian produksi walaupun belum optimal hingga 100%. Hal tersebut dikarenakan digunakan kondisi hidrologi ekstrem.

V. KESIMPULAN

Berdasarkan hasil analisis dan pembasahan, maka dapat diambil beberapa kesimpulan yaitu : a. Kemajuan penambangan dari Bulan Januari hingga Maret berdasarkan hasil reserve telah memenuhi target produksi perusahaan.

Pada Bulan Januari overburden yang terbongkar adalah 589.771 BCM, batubara diperoleh sebesar 21.774 ton, SR = 27,09. Pada Bulan Februari overburden yang terbongkar adalah 555.650 BCM, batubara tertambang 21.576 ton, SR = 25,76. Pada Bulan Maret overburden yang terbongkar adalah 585.274 BCM, batubara tertambang 21.662, SR = 27,02.

Hasil perhtiungan rencana produksi dibutuhkan Alat gali-muat CAT-6020 sejumlah 3 unit untuk gali-muat OB dan CAT-6015 sejumlah 1 unit untuk batubara. Dibutuhkan juga alat angkut yang CAT-777 untuk pengangkutan overburden = 15 unit dan untuk pengangkutan batubara = 3 unit. Setiap bulannya jumlah alat angkut yang digunakan sama. Didapatkan juga match factor untuk pembongkara overburden yaitu 0,98 dan untuk penambangan batubara yaitu 0,86 sehingga seluruhnya MF<1. Sesuai dengan debit air limpasan sebesar 4,21 m³/detik didapat dimensi paritan dengan kedalaman parit sebesar 1,51 m. Diperoleh lebar bagian atas parit 3,82 m dan lebar bagian dasar parit adalah 1,73 m. Pada area disposal digunakan perkiraan debit air limpasan sebesar 4,09 m³/detik untuk menentukan dimensi perimeter ditch. Didapatkan kedalaman parit minimum sebesar 1,49 m dengan lebar bagian atas sebesar 3,77 m dan lebar dasar paritan sebesar 1,71 m. Berdasarkan hasil rancangan perimeter ditch didapat panjang total perimeter ditch untuk pit pada Bulan Januari adalah 7.890 m. Untuk Bulan Februari didapat panjang perimeter ditch untuk pit adalah 7.845 m dan untuk Maret adalah 7.809 m. Perbedaan ini dikarenakan adanya area development yang mengakibatkan perubahan alur rancangan perimeter ditch.

Sementara itu untuk area disposal didapatkan panjang perimeter ditch total sebesar 3.241 m dan besarnya konstan tiap bulannya. Hasil analisis regresi linear parameter hidrologi dan ketercapaian produksi menunjukkan 3 parameter hidrologi dengan korelasi cukup dan kuat yaitu curah hujan maksimum, intensitas hujan, dan debit air limpasan. Ketercapaian OB dan tiga parameter hidrologi memiliki korelasi yang kuat. Sementara itu sementara itu ketercapaian produksi batubara dan tiga parameter hidrologi memiliki korelasi yang kuat. Berdasarkan hasil prediksi ketercapaian produksi dengan persamaan regresi multivariat didapat dalam kondisi hujan ekstrem, produksi tidak dapat tercapai. Dengan dibuatnya perimeter ditch ketercapaian produksi dalam kondisi hujan ekstrem dapat ditingkatkan

hingga 20% dan masih belum bisa meningkat hingga produksi tercapai.

Dari hasil kajian yang dilakukan, disarankan adanya rancangan penambangan yang telah dibuat untuk mencapai target produksi dan diperlukan rancangan untuk triwulan selanjutnya. Perlunya dimensi dan rancangan paritan sesuai dengan analisis hidrologi serta perlunya dibuat rancangan lanjutan mengenai paritan di dalam pit termasuk perhitungan dimensi sump. Selain itu, diperlukan analisis lebih lanjut mengenai faktor lain yang dapat mempengaruhi ketercapaian produksi dan diperlukan pengoptimalan penyaliran tambang karena dalam kondisi hujan ekstrem target produksi diprediksi tidak dapat dicapai.

VI. DAFTAR PUSTAKA

- Anisari, R. (2016). Produktivitas Alat Muat dan Angkut pada Pengupasan Lapisan Tanah Penutup di Pit 8 Fleet D PT. Jhonlin Baratama Jobsite Satui Kalimantan Selatan. *Jurnal ITEKNA*, Volume 16, No 1.
- Asdak, C. (2004). *Hidrologi dan Pengelolaan Daerah Aliran Sungai*. Yogyakarta: Gajah Mada University Press.
- Bargawa, W.S. (2018). *Perencanaan Tambang*. Yogyakarta: Program Studi Teknik Pertambangan Universitas Pembangunan Nasional "Veteran" Yogyakarta. Yogyakarta.
- Efendi, W.T. (2022). Analisis Kinerja Alat Gali Muat Dan Alat Angkut Untuk Mencapai Target Produksi 20.000 Ton/Bulan Pada Penambangan Batu Kapur Di PT. Anugrah Halaban Sepakat, Kabupaten Lima Puluh Kota, Sumatera Barat. *Jurnal Bina Tambang*, Volume 7, No. 2.
- Gautama, R.S. (1999). *Sistem Penyaliran Tambang*. ITB: Bandung.
- Hartman, H.L. (2002). *Introductory Mining Engineering Second Edition*. The University Of Alabama. Tuscaloska Alabama.
- Hustrulid, W., Kuchta, M., & Martin, R. (2013). *Open Pit Mine Planning And Design (Vol 3)*. Great Britain: CPI Group (UK) Ltd, Croydon.
- Indonesianto, Yanto. (2020). *Pemindahan Tanah Mekanis*. Yogyakarta: Jurusan Teknik Pertambangan, UPN "Veteran" Yogyakarta.
- Kadir, Efendi. (2008). *Diktat Pemindahan Tanah Mekanis*. Palembang: Fakultas Teknik Universitas Sriwijaya.
- Kareem D. (2022). Comparative Analysis of Developed Rainfall Intensity Duration Frequency Curves for Erbil with Other Iraqi Urban Area. *Water*, Switzerland.
- Kaufman, W.W., & Ault J.C. (1977). *Design Of Surface Mine Haulage Roads A Manual*. U.S Department Of The Interior.
- M.M. Putri dan A. Octova (2021). Analisis Regresi Linear Berganda terhadap Losstime untuk Mencapai Target Produksi Limestone Crusher VI Pt Semen Padang. *Jurnal Pertambangan UNSRI*, Volume 5, No. 4.
- Maryanto, Sigit. (2011). Stratigrafi dan Keterdapatan Batubara pada Formasi Lati Di Daerah Berau, Kalimantan Timur. *Buletin Sumberdaya Geologi*, Volume 6, No. 2.
- Octova, Adree dan Raka T. I. R. (2019). Analisis Konsumsi Bahan Bakar Dump Truck Nissan UD CWM 330 Pada Penambangan Batubara di PT. Nan Riang. *Jurnal INVOTEK*, Volume 19, No. 2.
- Pfleider, E. P. (1968). *Surface Mining 1st Edition*. New York: The American Institute of Mining, Metallurgical, and petroleum Engineers, Inc. New York.
- Powers, J.P., Corwin, A.B., Schmall, P.C., Herridge, W. (1992). *Construction Dewatering and Groundwater Control: New Methods and Application*, Third Edition. John Wiley and Sons, Inc. Hoboken, New Jersey.
- Prodjosumarto, P. (1996). *Pemindahan Tanah Mekanis*. Bandung: Institut Teknologi Bandung.
- R. Situmorang dan G. Burhan. (1995). *Peta Geologi Lembar Tanjung Redeb*. Kalimantan: Pusat Penelitian dan Pengembangan Geologi Bandung.
- Sarwono, J. (2006). *Metode Penelitian Kuantitatif dan Kualitatif*. Yogyakarta: Graha Ilmu
- Sasongko, N. (2015). *Rancangan Teknis Penambangan Batubara Untuk Mencapai Target Produksi Pit 3000 Block 1A North Block Quarter II Tahun 2015 Di Pt. Turbaindo Coal Mining Kalimantan Timur*. Yogyakarta: Program Studi Teknik Pertambangan Universitas Pembangunan Nasional "Veteran" Yogyakarta.
- Sosrodarsono, S. dan Takeda, K. (2003). *Hidrologi untuk Pengairan*. Jakarta: PT Pradnya Paramita.
- Sosrodarsono, S. (2006). *Hidrologi untuk Pengairan*. Jakarta: PT Pradnya Paramita.
- Sudjana. (2002). *Metode Statistika*. Bandung: Tarsito.
- Sukirman, S. (1999). *Perencanaan Geometrik Jalan*. Bandung: Nova.
- Suripin. (2004). *Sistem Drainase Perkotaan yang Berkelanjutan*. Yogyakarta: ANDI Offset.
- Suwandhi, A. (2004). *Perencanaan Jalan Tambang. Diktat Perencanaan Tambang Terbuka*. Bandung: Jurusan Teknik Pertambangan UNISBA.
- Suwarna, N. and Hermanto, B. (2007). *Berau Coal in East Kalimantan: Its Petrographics Characteristics and Depositional Environment*. *Indonesian Journal of Geology*, Volume 2, No. 4.
- Sweet. K. (1984). *Mining I*. Perth: Technical publication Trust.
- Tenriajeng, A. T. (2003). *Diktat Kuliah Pemindahan Tanah Mekanis*. Jakarta: Gunadarma.
- Tossin, S. dan Kadir, R. (1996). *Tipe Reservoir Sedimen Miosen Tengah di SubCekungan Tarakan, Cekungan Tarakan*.

- Kalimantan Timur. Proceeding of the 25th Annual Convention of The Indonesian Association of Geologist.*
- Wight. (1993). *Structurally-Controlled, Linear Reefs In A Pliocene Delta-Front Setting, Tarakan Basin, Northeast Kalimantan. Carbonate Rocks and Reservoir of Indonesia: A Core Workshop.*
- _____(2009). *Komatsu Specification And Application Handbook, Edition 26.* Japan: Komatsu.
- _____(2013). *Berau Coal Resource and Resource, ORC 2013.* Berau: PTBC.
- _____(2018). *Keputusan Menteri Energi Dan Sumber Daya Mineral Republik Indonesia Nomor 1827 K/30/MEM/2018 Tentang Pedoman Pelaksanaan Kaidah Teknik Pertambangan Yang Baik.* Jakarta.
- _____(2020). *Komatsu Specification And Application Handbook, Edition 30.* Japan: Komatsu.
- _____(2023). *Lati Annual Comitment and Production Record.* Berau: PT BUMA.
- _____(2023). *Annual Rainfall Record.* Berau: PT BUMA.