

Studi Kasus Sistem Penyaliran Tambang Batubara PT Bukit Baiduri Energi Kabupaten Kutai Kartanegara Provinsi Kalimantan Timur

Juan^{1*}, Shalaho Dina Devy², Revia Oktaviani³, Tommy Trides⁴, Ardhan Ismail⁴

¹⁻⁴ Program Studi Teknik Pertambangan, Fakultas Teknik, Universitas Mulawarman, Indonesia

Korespondensi penulis : bastianjuann@email.com *

Abstract. The mining system applied by PT Bukit Baiduri Energi is an open pit mining system utilizing the open-pit method. The application of the open-pit method creates a depression that has a high potential to become a catchment area for both surface runoff and groundwater. In the mining pit of PT Bukit Baiduri Energi, there is a sump located at an elevation of -86 meters above sea level (mdpl). The planned mining boundary is at an elevation of -110 mdpl. Therefore, this research aims to determine the area of the catchment, runoff discharge values, sump capacity, and pump capacity, so that the volume of incoming water can be known, allowing for the control of the sump to prevent overflow that could disrupt mining activities.. Based on the data obtained and the calculations performed, the catchment area was found to be 103.42 ha. In the calculation of runoff discharge using the rational method, the total runoff discharge entering sump A9 was found to be 4,211.66 m³/day. The capacity of the sump was measured at 125,187.62 m³. In the pump capacity calculation, the pump capacity based on the pumping discharge was found to be 2,926.80 m³/day.

Keywords: catchment area, debit, capacity, sump

Abstrak. Sistem penambangan yang diterapkan oleh PT Bukit Baiduri Energi yaitu sistem tambang terbuka (*surface mining*) dengan metode *open pit*. Penerapan metode *open pit* menyebabkan terbentuknya cekungan yang sangat potensial untuk menjadi daerah tampungan air, baik yang berasal dari air limpasan permukaan maupun air tanah. Pada lubang tambang PT Bukit Baiduri Energi terdapat sebuah *sump* yang berada pada elevasi -86 mdpl. Rencana batas penambangan berada pada elevasi -110 mdpl. Oleh karena itu penelitian ini bertujuan untuk mengetahui luas *catchment area*, nilai debit limpasan, kapasitas *sump*, dan kapasitas pompa, sehingga air yang masuk tersebut dapat diketahui volumenya sehingga *sump* dapat dikendalikan agar tidak terjadi luapan yang dapat mengganggu aktivitas penambangan. Berdasarkan data yang diperoleh dan hasil perhitungan yang telah dilakukan, didapatkan luasan *catchment area* seluas 103,42 ha. Pada perhitungan debit limpasan dengan metode rasional, didapatkan debit total limpasan yang masuk ke dalam *sump* A9 sebesar 4.211,66 m³/hari. Kapasitas *sump* didapatkan sebesar 125.187,62 m³. Dan pada perhitungan kapasitas pompa didapatkan kapasitas pompa dari debit pemompaan sebesar 2.926,80 m³/hari.

Kata kunci: catchment area, debit, kapasitas, sump

1. LATAR BELAKANG

Sistem penambangan yang diterapkan oleh PT Bukit Baiduri Energi 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, Pada lubang tambang PT Bukit Baiduri Energi terdapat sebuah *sump* yang berada pada elevasi -86 mdpl. Adapun rencana batas penambangan yaitu berada pada elevasi -110 mdpl, sehingga dilakukan rencana untuk pengeringan *sump* tersebut dengan pompa yang digunakan saat ini agar proses pengeringan *sump* tersebut dapat berjalan dengan baik sesuai dengan target waktu sehingga proses penambangan pun dapat dilanjutkan hingga batas penambangan. Oleh karena itu penelitian ini bertujuan untuk mengetahui luas *catchment*

area, nilai debit limpasan, kapasitas *sump*, dan kapasitas pompa, sehingga air yang masuk tersebut dapat diketahui volumenya sehingga *sump* dapat dikendalikan agar tidak terjadi luapan yang dapat mengganggu aktivitas penambangan.

2. KAJIAN TEORITIS

Sistem Penyaliran Tambang

Menurut Fitri dkk (2018), sistem penyaliran tambang dilakukan suatu perusahaan agar air yang masuk ke dalam tambang tidak mempengaruhi kegiatan operasi produksi sehingga target produksi dapat tercapai. Pengendalian air tambang terbuka menjadi dua, yaitu:

- a. *Mine drainage* merupakan upaya untuk mencegah masuknya air ke daerah penambangan.
- b. *Mine Dewatering* merupakan upaya untuk mengeluarkan air yang telah masuk ke daerah penambangan.

Distribusi Probabilitas

Menurut Kamiana (2011), dalam analisis frekuensi data hujan atau data debit, guna memperoleh nilai hujan rencana atau debit rencana, dikenal beberapa distribusi probabilitas kontinu yang sering digunakan, yaitu:

1. Distribusi Probabilitas Gumbel
2. Distribusi Probabilitas Normal
3. Distribusi Probabilitas Log Normal
4. Distribusi Probabilitas Pearson Type III

Limpasan Air Permukaan

Menurut Asdak (1995), air limpasan (surface runoff) adalah bagian dari curah hujan yang mengalir di atas permukaan tanah menuju ke sungai, danau dan lautan. Untuk memperkirakan besarnya air limpasan puncak (peak runoff, Q_p), metode rasional (U.S Soil Conservation Service, 1973) adalah salah satu teknik yang dianggap memadai. Metode ini relatif mudah menggunakannya dan lebih diperuntukkan pemakaiannya pada DAS dengan ukuran kecil, kurang dari 300 ha maka untuk DAS yang lebih besar perlu dibagi menjadi beberapa bagian sub-DAS dan kemudian metode rasional diaplikasikan pada masing-masing sub-DAS.

Persamaan matematis metode rasional untuk memperkirakan air limpasan adalah:

$$Q = 0,00278 \times C \times I \times A \dots\dots\dots(1)$$

Keterangan:

Q : Air limpasan (debit) puncak (m³/dtk)

C : Koefisien air limpasan

I : Intensitas hujan (mm/jam)

A : Luas wilayah DAS (ha)

Menurut Asdak (1995), Koefisien air limpasan atau sering disingkat C adalah bilangan yang menunjukkan perbandingan antara besarnya air limpasan terhadap besarnya curah hujan. Misalnya, C untuk hutan adalah 0,10, artinya 10 persen dari total curah hujan. Untuk nilai koefisien limpasan dapat dilihat pada tabel 1.

Tabel 1 Koefisien air limpasan (C) Metode rasional (Gautama, 1999)

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 jarang	0,6
	Tanpa tumbuhan, daerah timbunan	0,7
> 15%	Hutan	0,6
	Perumahan, kebun	0,7
	Tumbuhan jarang	0,8
	Tanpa tumbuhan, daerah tambang	0,9

Menurut Kaimana (2011), intensitas hujan merupakan jumlah hujan tiap satuan waktu. Intensitas hujan selama waktu konsentrasi menggunakan rumus Mononobe.

$$I = \left(\frac{R_{24}}{24} \right) \times \left(\frac{24}{T_c} \right)^{\frac{2}{3}} \dots\dots\dots(3)$$

Keterangan:

I = Intensitas curah hujan (mm/jam)

R₂₄ = Curah hujan harian maksimum (mm)

T_c = *Time of concentration* (jam)

Menurut Suwandi (2004), catchment area adalah merupakan suatu area atau daerah tangkapan hujan di mana batas wilayah tangkapannya ditentukan dari titik-titik elevasi tertinggi sehingga akhirnya merupakan suatu poligon tertutup yang mana polanya disesuaikan dengan kondisi topografi, dengan mengikuti kecenderungan arah gerak air. Dengan pembatasan catchment area maka diperkirakan setiap debit hujan yang tertangkap akan terkonsentrasi pada elevasi terendah pada catchment tersebut.

Neraca air

Menurut Uyu dkk (2016), neraca air atau water balance merupakan siklus yang menyatakan besarnya air yang masuk (inflow) dan keluar (outflow) adalah sama. Neraca air (water balance) merupakan neraca masukan dan keluaran air di suatu tempat pada periode tertentu, sehingga dapat diketahui jumlah air tersebut mengalami kelebihan (surplus) atau kekurangan (defisit).

Sumuran (*Sump*)

Menurut Suwandi (2004), sumuran (Sump) merupakan kolam penampungan air yang dibuat untuk penampungan air permukaan, yang dibuat sementara sebelum air nantinya dipompa, serta dapat berfungsi sebagai penendapan lumpur. Pengaliran air dari sump dilakukan menggunakan pemompaan atau dialirkan kembali melalui saluran (Suwandhi, 2004).

Berdasarkan Keputusan Menteri ESDM Nomor 1827 K/30/MEM/2018 tentang Pedoman Pelaksanaan Kaidah Teknik Pertambangan Yang Baik bahwa fasilitas penampungan air tambang, serta fasilitas pengendapan memiliki kapasitas sekurang-kurangnya 1,25 (satu koma dua puluh lima) kali volume air tambang pada curah hujan tertinggi selama 84 (delapan puluh empat) jam.

Debit Pompa

Menurut Cassidy (1973), untuk memperkirakan debit pemompaan dihitung dengan Metode Discharge. Langkah kerja metode ini yaitu buat alat ukur berbentuk “L” seperti terlihat pada Gambar 2.4. Sisi yang pendek berukuran 4 inchi dan sisi yang lebih panjang merupakan panjang kekuatan air (X) dinyatakan dalam satuan mm. Ketika air mengalir keluar dari pipa, letakan sisi L yang panjang pada bagian atas pipa yang ditentukan pada saat sisi yang pendek menyentuh aliran air seperti yang terlihat pada gambar. Kemudian catat panjang X.

3. METODE PENELITIAN

Metode yang digunakan dalam penelitian ini yaitu metode kuantitatif deskriptif di mana menggunakan proses data-data berupa angka untuk menganalisis dan melakukan kajian penelitian, terutama mengenai penelitian yang sudah dilakukan.

Pemilihan kuantitatif deskriptif dalam penelitian ini didasarkan dari penelitian yang ingin mengetahui bagaimana sistem penyaliran tambang di perusahaan menggunakan data primer dan data sekunder. Metode Penelitian yang dilakukan yaitu dengan pengambilan data primer yang didapat langsung dari lapangan dan data sekunder yang diperoleh langsung dari perusahaan. Data primer yang di ambil di lapangan yaitu data debit aktual pompa. Data sekunder yang didapatkan langsung dari perusahaan yaitu data debit air tanah, data desain tambang, peta situasi, peta tata guna lahan, data curah hujan & suhu, dan data spesifikasi pompa.

4. HASIL DAN PEMBAHASAN

Curah Hujan Rencana

Sistem penyaliran tambang dipengaruhi oleh curah hujan karena besar kecil nya curah hujan menjadi pertimbangan seberapa kapasitas kolam tampungan yang dibutuhkan, dilakukan perhitungan guna mendapat kan curah hujan rencana yang akan digunakan sebagai dasar pada saat perhitungan distribusi probabilitas. Data curah hujan yang biasa digunakan untuk perhitungan perhitungan tersebut ialah data curah hujan 10 tahun terakhir yang di mulai dari tahun 2014 – 2023 yang diperoleh dari perusahaan tepatnya pada departement engineering PT BBE. Tabel 4.1 merupakan data curah hujan tahunan maksimum :

Tabel 2 Curah Hujan Harian Maksimum 10 Tahun (2014 – 2023)

THN	JAN	FEB	MAR	APR	MAY	JUN	JUL	AUG	SEP	OCT	NOV	DEC	CH MAX
	mm	mm	mm	mm	mm	mm	mm	mm	mm	mm	mm	mm	mm
2014	35,8	24,6	58,7	18,9	37,2	23,9	38,3	10,9	18,4	32,2	43,5	45,0	58,7
2015	47,6	29,5	20,5	60,1	20,5	31,0	51,1	36,3	0,4	16,3	14,7	33,6	60,1
2016	62,5	26,9	59,2	65,0	25,1	38,2	29,4	14,8	43,4	27,3	58,1	40,2	65,0
2017	38,0	14,3	23,5	91,0	34,1	90,0	36,5	55,0	12,4	21,9	32,6	45,4	91,0
2018	38,0	13,4	40,4	33,3	53,1	38,3	45,5	12,0	36,1	20,8	23,6	19,9	53,1
2019	31,3	12,4	29,9	21,0	36,5	34,0	26,0	20,3	16,7	24,0	31,7	50,4	50,4
2020	68,4	26,4	36,5	30,2	40,7	26,8	29,0	55,1	40,9	27,1	31,9	29,3	68,4
2021	42,3	22,1	50,8	29,9	12,9	23,9	20,2	48,2	41,9	37,0	41,1	42,0	50,8
2022	21,0	82,6	41,5	28,0	25,8	23,4	136,0	33,9	62,9	44,0	37,3	23,9	136,0
2023	22,0	28,4	43,0	54,2	15,0	41,3	19,0	19,7	32,1	16,1	38,2	37,2	54,2

Berdasarkan tabel 2, didapatkan nilai curah hujan tertinggi dari tahun 2014 - 2023 sebesar 136 mm yang terjadi pada bulan September tahun 2022. Kemudian dilakukan analisis frekuensi dengan 4 distribusi probabilitas (Gumbel, Normal, Log Normal, Log Pearson Type III) sehingga didapatkan hasil, sebagai berikut:

Tabel 3 Perhitungan Distribusi Probabilitas Log Pearson Type III

Log Pearson Type III		
T	KT	XT
15	1,438	78,30
10	1,282	76,22
5	0,842	70,64
2	0,0034	61,12

Digunakan metode Log Pearson Type III pada tabel 4.3 dengan periode ulang (T) selama 5 tahun data curah hujan rencana yang didapatkan sebesar 70,64 mm. Ketentuan penggunaan periode ulang 5 tahun ini didasarkan pada syarat minimum penggunaan periode ulang yang ada pada Kepmen ESDM No. 1827 K/30/MEM/2018, karena umur tambang pada perusahaan baru berumur ± 1 tahun.

Penentuan data forecast curah hujan didasarkan pada metode moving average , yang mana metode tersebut menggunakan data rata-rata data di periode sebelumnya (tahun 2022 – 2024) sebagai acuan untuk memprediksi data curah hujan di periode berikutnya bisa dilihat pada tabel 4.

Tabel 4 Forecast Curah Hujan

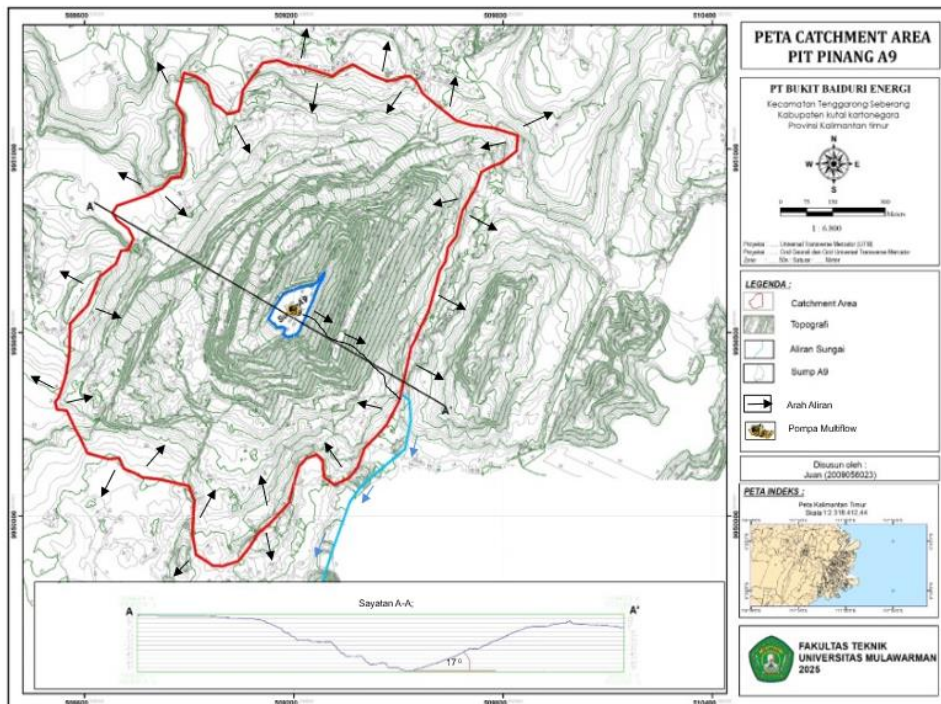
Ket.	Satuan	Bulan												Total	Rata-rata
		Jan	Feb	Mar	Apr	Mei	Jun	Jul	Agu	Sep	Okt	Nov	Des		
Rainfall	mm	179	208	250	177	233	210	220	200	225	176	230	168	2.476	206
Raintime	minute	4.741	3.960	5.400	3.720	4.740	4.360	4.180	4.480	3.660	3.880	4.260	3.330	50.711	4226
Raintime	hours	79	66	90	62	79	73	70	75	61	65	71	56	845	70
Rainday	day	22	16	18	18	13	14	15	11	13	16	21	16	193	16

$$\text{Waktu hujan harian} = \frac{\text{Total raintime} \left(\frac{\text{jam}}{\text{tahun}} \right)}{\text{Total hari} \left(\frac{\text{hari}}{\text{tahun}} \right)}$$

$$\text{Waktu hujan harian} = \frac{845 \left(\frac{\text{jam}}{\text{tahun}} \right)}{366 \left(\frac{\text{hari}}{\text{tahun}} \right)}$$

$$\text{Waktu hujan harian} = 2,35 \text{ jam/hari}$$

Debit Limpasan



Gambar 1 Peta *Catchment area*

Tabel 5 Nilai Debit Limpasan Air Permukaan

Nama	C	I	A	Waktu hujan	Q		
		mm/jam	Ha	Jam	m ³ /detik	m ³ /jam	m ³ /hari
PIT PINANG	0,9	1,89	103,42	2,35	0,49	1.763	4.211,66

Debit limpasan (runoff) merupakan air hujan yang jatuh diatas permukaan tanah dengan mengalir di permukaan (surface). Penentuan debit limpasan menggunakan metode rasional dengan data-data yang dibutuhkan yaitu luas catchment area (A), intensitas curah hujan (I) dan, nilai koefisien limpasan (C). Pada perhitungan debit limpasan didapatkan nilai sebesar 4.142,54 m³/hari. Kemudian dijumlahkan dengan nilai debit limpasan sehingga didapatkan nilai debit limpasan total air yang masuk ke sump sebesar 4.211,66 m³/hari.

Kapasitas *Sump*

Penentuan kapasitas sump yaitu dengan perhitungan intensitas curah hujan yang didasarkan pada Kepmen ESDM 1827 K/30/MEM/2018 dengan kapasitas sekurang-kurangnya 1,25 kali volume air tambang pada curah hujan harian tertinggi selama 84 jam.

Tabel 6 Debit Limpasan Sump

<i>Catchment area</i>	C	I (mm/jam)	A (Ha)	Q (m ³ /detik)	Q (m ³ /jam)	Waktu Lama hujan (Jam)	Volume air Maksimal sump (m ³)
<i>Sump A9</i>	0,9	1,27	103,42	0,330	1.189	84	100.150,10

Volume Maksimal Air Yang masuk Ke *Sump* :

$$\text{Volume Max} = (Q \text{ (m}^3\text{/jam)} + \text{Debit Airtanah (m}^3\text{/jam)}) \times 84 \text{ jam}$$

$$\text{Volume Max} = (1.189 \text{ m}^3\text{/jam} + 2,88 \text{ m}^3\text{/jam}) \times 84 \text{ jam}$$

$$\text{Volume Max} = 100.150,10 \text{ m}^3$$

Kapasitas *Sump* :

$$\text{Kapasitas sump} = \text{Volume masuk} \times 1,25$$

$$\text{Kapasitas sump} = 100.150,10 \text{ m}^3 \times 1,25$$

$$\text{Kapasitas sump} = 125.187,62 \text{ m}^3$$

Luasan *Sump* :

$$\text{Luas sump} = (\text{Kapasitas Sump})/(\text{Kedalaman Sump})$$

$$\text{Luas sump} = 125.187,62/11$$

$$\text{Luas sump} = 11.381 \text{ m}^2 \text{ atau } 1,138 \text{ ha}$$

Pompa

Berdasarkan perhitungan debit aktual pompa yang dilakukan langsung di lapangan menggunakan alat flowbar pada RPM 1.500, kemudian dari perhitungan tersebut diambil rata-rata nya sehingga didapatkan nilai debit aktual sebesar 162,60 m³/jam. Dengan kondisi pompa yang bekerja selama 18 jam perhari, sehingga debit yang di hasilkan pompa perhari sebesar 2.926,80 m³/hari. Jenis pipa yang digunakan pada pemompaan menggunakan pipa HDPE 10 inchi dengan panjang pipa 700 meter.

Pemompaan yang direncanakan dengan pompa MF385 bekerja selama 18 jam/hari, Pemompaan air diprediksi berlangsung selama 26 hari untuk pengeringan sump dengan tingkat kesesuaian unit pompa (pump ratio) sebesar 1,6. Pump ratio didapatkan dari perbandingan antara volume air masuk dengan volume air keluar.

Tabel 7 Lama Pemompaan

Pompa MF-385H		
Debit Limpasan	4.211,66	m ³
Target Pemompaan	25	Hari
Waktu Kerja Pompa	18	Jam
RPM	1600	
Debit Aktual	162,60	m ³ /jam
	2.926,80	m ³ /hari
Lama Pemompaan	615,93	Jam

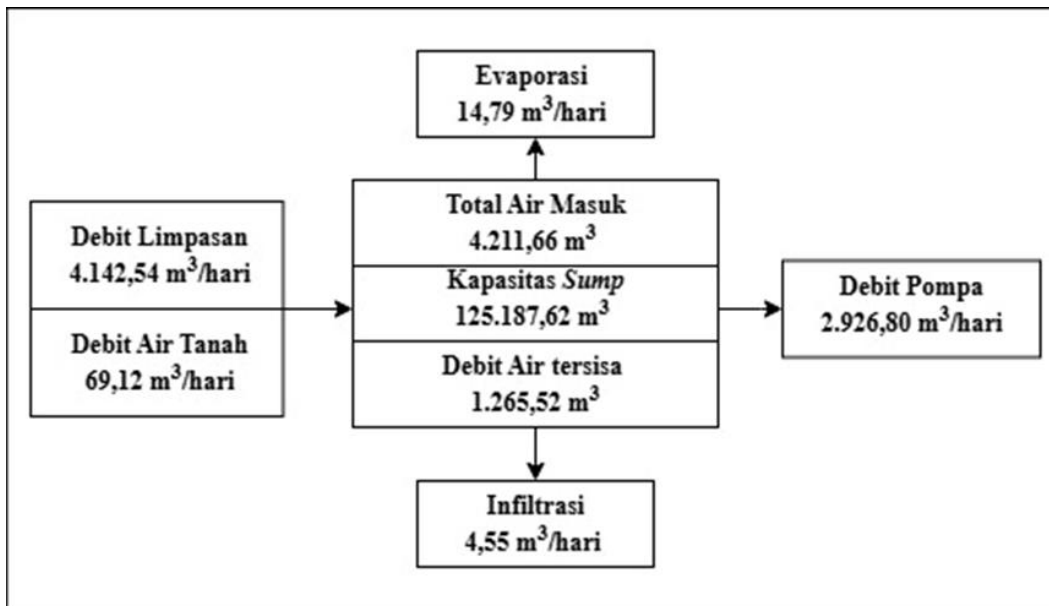
Neraca Air Sump

Untuk mengetahui volume sump yang tersisa penulis menggunakan perhitungan neraca air untuk mendapatkan volume tersebut yang dimana neraca air dipengaruhi oleh evaporasi dan infiltrasi air ke dalam tanah. Data yang diperlukan untuk perhitungan langsung diperoleh dari arsip data perusahaan. Berikut hasil perhitungan neraca air :

Tabel 8 Neraca Air

Neraca Air			
T	Suhu Rata -rata tahunan	26	C°
P	CH Rata -rata tahunan	2.539,30	mm/tahun
A	Luas	11.381	m ²
Qevp	Evaporasi	475,80	mm/tahun
		1,30	mm/hari
		14,79	m ³ /hari
Qi	Infiltrasi	146,40	mm/tahun
		0,40	mm/hari
		4,55	m ³ /hari

Pada tabel diatas diperoleh nilai evaporasi sebesar 14,79 m³/hari, Infiltrasi perhari diapatkan 4,55 m³/hari pada area sump. Kemudian diperkirakan volume air sump yang tersisa dengan membuat diagram alir sebagai berikut :



Gambar 2 Diagram Alir Neraca Air

Berdasarkan gambar 2 dapat dilihat pada perhitungan neraca air sump debit total atau total air yang masuk ke dalam sump itu sebesar $4.211,66 \text{ m}^3$, yang dimana nilai tersebut merupakan penjumlahan antara nilai debit limpasan dengan nilai debit air tanah, adapun kapasitas dari sump sebesar $125.187,62 \text{ m}^3$. Kemudian dari total debit yang masuk dikurangi dengan nilai evaporasi sebesar $14,79 \text{ m}^3/\text{hari}$, nilai infiltrasi sebesar $4,55 \text{ m}^3/\text{hari}$, dan dikurangi juga dengan nilai debit pompa sebesar $2.926,80 \text{ m}^3/\text{hari}$, sehingga didapatkan debit air yang tersisa sebesar $1.265,52 \text{ m}^3$.

5. KESIMPULAN DAN SARAN

Adapun kesimpulan dari hasil penelitian dan pengolahan data yang telah dilakukan adalah sebagai berikut:

1. Pada penentuan luas *catchment area* menggunakan software ARCGIS 10.8, didapatkan luas *catchment area* sebesar $103,42 \text{ ha}$.
2. Pada perhitungan debit limpasan dengan metode rasional dengan data-data yang dibutuhkan, didapatkanlah nilai debit total limpasan yang masuk ke dalam *sump* A9 sebesar $4.211,66 \text{ m}^3/\text{hari}$.
3. Pada perhitungan kapasitas *sump* didapatkan kapasitas *sump* sebesar $125.187,62 \text{ m}^3$.
4. Pada perhitungan kapasitas pompa didapatkan kapasitas pompa dari debit pemompaan sebesar $2.926,80 \text{ m}^3/\text{hari}$.

DAFTAR REFERENSI

- Asdak, C. (1995). Hidrologi dan pengelolaan daerah aliran sungai. Universitas Gadjah Mada. ISBN: 978-602-386-845-2
- Cassidy. (1973). Elements of practical coal mining (pp. 176–178). Society of Mining Engineers.
- Devy, S. D. (2019). Hidrogeologi pertambangan. Mulawarman University Press. ISBN: 978-623-7480-08-2
- Fitri, F. G., Anshari, Y., & Nasrudin, D. (2018). Evaluasi sistem penyaliran tambang batubara di area Pit Roto Selatan PT Pamapersada Nusantara Jobsite Kideco Jaya Agung, Kecamatan Batu Sopang, Kabupaten Paser, Provinsi Kalimantan Timur. Prosiding Teknik Pertambangan, 4(2). Universitas Islam Bandung. ISSN: 2460-6499
- Gautama, R. S. (1999). Diktat kuliah sistem penyaliran tambang. Jurusan Teknik Pertambangan, Fakultas Teknologi Mineral, ITB.
- Kementerian Energi dan Sumber Daya Mineral Republik Indonesia. (2018). Keputusan Menteri Energi dan Sumber Daya Mineral Nomor 1827 K/30/MEM/2018 tentang Pedoman Pelaksanaan Kaidah Teknik Pertambangan yang Baik.
- Subagyo, P. (2009). Forecasting: Konsep dan aplikasi (Edisi ke-2). BPFE-UGM. ISBN: 979-503-175-9
- Suwandhi, A. (2004). Perencanaan sistem penyaliran tambang. Diklat Perencanaan Tambang Terbuka, UNISBA.
- Uyu, S., & Riswan. (2016). Kajian teknis sistem penyaliran dan penirisan tambang Pit 4 PT DEWA Tbk Site Asam-asam Kabupaten Tanah Laut, Provinsi Kalimantan Selatan. Prosiding Seminar Nasional Aplikasi Sains dan Teknologi (SNAST). ISSN: 1979-911X
- Yusran, K., Djamaluddin, & Budiman, A. (2015). Sistem penyaliran tambang Pit AB eks pada PT Andalan Mining Jobsite Kaltim Prima Coal Sangatta Kalimantan Timur. Prosiding Teknik Pertambangan. ISSN: 2541-2116