

Perencanaan Sistem Penyaliran Tambang di Pit A PT Firman Ketaun Jobsite Tanjung dalam Desa Tanjung dalam Kecamatan Ulok Kupai Kabupaten Bengkulu Utara, Provinsi Bengkulu

Ridwan*, Dudi Nasrudin Usman, Elfida Moralista

Prodi Teknik Pertambangan, Fakultas Teknik, Universitas Islam Bandung, Indonesia.

*ridwanradamel@gmail.com

Abstract. PT Firman Ketaun is a coal mining company that applies an open pit mining system with a type of strip mine. In open mining activities there are water issues that disrupt the mining process, which is in the form of rainwater entry and groundwater seepage into the mine area (pit). This can cause disruption of mining activities if not handled and managed properly. To manage and overcome the water entering the Pit A in PT Firman Ketaun requires several studies. The purpose of this study was to determine the catchment area (CA), runoff and groundwater discharges, diversion channel routes and diverting channel dimensions, find out the optimal sump dimensions, and find out the optimal pump operation. Pit A uses the rainfall data for the 2014-2018 period from the measurement results using an ombrometer, to determine the rainfall intensity. Falling head test data to determine groundwater discharge entering Pit A, and using a 420 E Multiflow pump to remove water entering the pit. Pit A has 3 Catchment Areas (CAs) namely CA pit, CA estate and CA Disposal with an area of 128.42 Ha. The biggest debit of water entering Pit A from inside and outside the pit was in December with a total flow of 42384,253 m³ / day. Meanwhile, the total groundwater discharge that enters Pit A is 24.9 m³ / day. Prevention of water entering the mine can be minimized by creating a diversion channel. A diversion channel is made in the north of the pit with segment A-A 'has a discharge value of 0.320 m³ / s made to divert runoff water in the catchment area made along 635.02 m, then flowed into the river. For the management and handling of water entering the mine is done by making sump and pumping. The optimal dimensions sump of the pit have a surface length of 103,994 m, surface width of the pit 103,994 m, bottom width of the pit 18,412 m, length of the bottom surface 18,412 m and height of the pit 6 m in the form of trapezoid. The pump used is Multiflow 420 E as many as 3 pumps, with optimum discharge for each pump is 680.26 m³ / hour with the largest working hours of the pump in December 20.5 hours per day.

Keywords: Rainfall, Discharge, Prevention, Countermeasures, Pumps

Abstrak. PT Firman Ketaun merupakan perusahaan tambang batubara yang menerapkan sistem tambang terbuka dengan tipe *strip mine*. Pada kegiatan tambang terbuka terdapat permasalahan air yang mengganggu proses penambangan, yaitu berupa masuknya air hujan serta rembesan airtanah ke area tambang (*pit*). Hal ini dapat menyebabkan terganggunya aktivitas penambangan apabila tidak ditangani dan dikelola dengan baik. Untuk mengelola dan menanggulangi air yang masuk pada *Pit A* di PT Firman Ketaun memerlukan beberapa kajian. Tujuan penelitian ini untuk mengetahui daerah tangkapan air (*Catchment Area / CA*), debit air limpasan dan airtanah, rute saluran pengalih dan dimensi saluran penngalih, mengetahui dimensi sumuran yang optimal, dan mengetahui kerja pompa yang optimal. *Pit A* menggunakan data curah hujan periode 2014-2018 dari hasil pengukuran menggunakan ombrometer, untuk menentukan intensitas curah hujan. Data *falling head test* untuk mengetahui debit airtanah yang masuk ke *Pit A*, serta menggunakan pompa Multiflow 420 E untuk mengeluarkan air yang masuk ke dalam *pit*. *Pit A* memiliki 3 *Catchment Area (CA)* yaitu *CA pit*, *CA kebun* dan *CA Disposil* dengan luasan sebesar 128,42 Ha. Debit air yang masuk ke *Pit A* dari dalam dan luar *pit* terbesar pada bulan Desember dengan total debit 42384,253 m³/hari. Sementara untuk debit total airtanah yang masuk ke dalam *Pit A* adalah 24,9 m³/hari. Pencegahan air yang masuk ke dalam tambang dapat diminimalisir dengan pembuatan saluran pengalih. Saluran pengalih dibuat di sebelah utara *pit* dengan saluran segmen A-A' memiliki nilai debit 0,320 m³/s dibuat untuk mengalihkan air limpasan yang berada pada daerah tangkapan air dibuat sepanjang 635,02 m, kemudian dialirkan ke sungai. Untuk pengelolaan dan penanggulangan air yang masuk ke dalam tambang dilakukan dengan pembuatan sumuran dan pemompaan. Dimensi sumuran yang optimal memiliki panjang permukaan sumuran 103,994 m, lebar permukaan sumuran 103,994 m, lebar dasar sumuran 18,412 m, panjang dasar permukaan 18,412 m dan tinggi sumuran 6 m yang berbentuk trapesium. Pompa yang digunakan adalah Multiflow 420 E sebanyak 3 buah pompa, dengan debit optimum tiap pompa sebesar 680,26 m³/jam dengan jam kerja terbesar pompa pada bulan Desember 20,5 jam per hari.

Kata Kunci: Curah Hujan, Debit, Pencegahan, Penanggulangan, Pompa

1. Pendahuluan

PT Firman Ketaun merupakan salah satu perusahaan yang bergerak di bidang pertambangan batubara yang beroperasi di Desa Tanjung Dalam, Kecamatan Ulok Kupai, Kabupaten Bengkulu Utara, Provinsi Bengkulu. Perusahaan ini telah melakukan penambangan sejak tahun 2008 dengan sistem tambang terbuka menggunakan tipe *strip mine*. Dalam kegiatan penambangan banyak faktor yang perlu dipertimbangkan, selain mempertimbangkan nilai keekonomisan, maka iklim menjadi faktor yang berpengaruh besar dalam metode penambangan, salah satunya adalah air.

Air yang masuk ke dalam lokasi area tambang (*pit*) dapat menyebabkan terganggunya aktivitas penambangan, masalah pengelolaan dan penanganan air tambang selalu menjadi kendala utama yang menyebabkan produktivitas alat menjadi menurun dan penambangan pun terganggu atau dipindah alihkan sementara. Air tambang memiliki pengaruh besar terhadap produktivitas dari kegiatan operasional penambangan. Oleh karena itu diperlukan metode atau cara untuk mengelola dan mengatur aliran air pada area tambang tersebut.

Sistem penyaliran tambang adalah metode yang dilakukan untuk mengelolah dan mengatur masuknya aliran air ke dalam area *pit* atau mengeluarkan air yang telah masuk ke dalam *pit*, dapat berasal dari air limpasan hujan maupun air tanah.

Untuk mengeluarkan air pada *pit*, diperlukan perencanaan yang matang dalam pembuatan saluran pengalih, menganalisis ukuran dimensi saluran dan pembuatan *sump*. Selain itu diperlukan kajian mengenai kebutuhan dan kapasitas pompa, mengetahui pompa tersebut sudah cukup atau tidak untuk memompakan air, sehingga dapat meminimalkan tergenangnya air pada area *pit*.

2. Landasan Teori

2.1 Sistem Penyaliran Tambang

Penyaliran tambang ialah metode atau teknik penanggulangan air sehingga air tersebut tidak melimpas ke dalam tambang. Penyaliran tambang merupakan suatu usaha/upaya yang dilakukan untuk mencegah atau mengendalikan air yang masuk ke lokasi penambangan. (Suroso, 2006) Sistem penyaliran tambang dilakukan suatu perusahaan agar air yang masuk ke dalam tambang tidak memengaruhi kegiatan operasi-produksi sehingga target produksi dapat tercapai. Dalam analisis penanggulangan air terdapat 2 hal yang perlu diperhatikan yaitu :

1. Air yang belum masuk ke daerah tambang.
2. Air yang telah masuk ke daerah tambang.

(Fitri, *et al*, 2018) dalam penelitiannya menuliskan bahwa Sistem penyaliran tambang dilakukan suatu perusahaan agar air yang masuk ke dalam tambang tidak memengaruhi kegiatan operasi-produksi sehingga target produksi dapat tercapai. Pengendalian air pada tambang terbuka dapat dibedakan menjadi dua, yaitu :

1. *Mine Drainage* merupakan upaya untuk mencegah masuknya air ke daerah penambangan. Hal ini umumnya dilakukan untuk penanganan airtanah dan air yang berasal dari sumber air permukaan, misalnya : metode Siemens, metode metode Electro Osmosis, dan metode Small Pipe With Vacum Pump
2. *Mine Dewatering* merupakan upaya untuk mengeluarkan air yang telah masuk ke daerah penambangan. Upaya ini terutama untuk menangani air yang berasal dari air hujan. Cara penanganannya dengan pembuatan sump, sistem saluran dan pemompaan

2.2 Daerah Tangkapan Air Hujan (Catchment Area)

Catchment area merupakan daerah tangkapan air hujan dimana dapat diartikan sebagai luas wilayah yang apabila hujan turun, aliran air permukaannya (*run off*) akan terkonsentrasi pada suatu titik tertentu. Suatu area ataupun daerah tangkapan hujan di mana batas wilayah tangkapannya ditentukan dari titik-titik elevasi tertinggi sehingga akhirnya akan membentuk suatu poligon tertutup, yang mana polanya disesuaikan dengan kondisi topografi, dengan mengikuti arah aliran air. Air hujan yang memengaruhi secara langsung suatu sistem drainase tambang adalah air hujan yang mengalir di atas permukaan tanah atau air permukaan (*run off*) di tambah sejumlah pengaruh dari airtanah.

Daerah yang lebih tinggi merupakan daerah tangkapan (*recharge area*) dan daerah yang lebih rendah merupakan daerah buangan (*discharge area*) yang merupakan daerah pantai maupun lembah dengan suatu sistem aliran sungai. Secara lebih spesifik daerah tangkapan didefinisikan sebagai bagian dari suatu daerah aliran dimana aliran airtanah menjauhi muka airtanah. Biasanya didaerah tangkapan, muka airtanah terletak pada suatu kedalaman tertentu Sri Harto, 1993.

2.3 Metode Analisis Intensitas Curah Hujan Rencana (I)

Intensitas curah hujan adalah jumlah curah hujan dalam jangka waktu tertentu, dan dinyatakan dalam mm persatuan waktu. Intensitas curah hujan dapat digunakan untuk menghitung debit air limpasan. Besarnya intensitas curah hujan dapat ditentukan secara langsung jika ada rekaman durasi hujan setiap harinya yang diukur dengan alat penakar hujan otomatis.

Frekuensi hujan adalah besarnya kemungkinan suatu besaran hujan disamai atau dilampaui. Sebaliknya, kata ulang (*return period*) adalah waktu hipotetik hujan dengan suatu besaran tertentu akan disamai atau dilampaui. Dalam hal ini terkandung pengertian bahwa kejadian tersebut akan berlangsung berulang secara teratur setiap kala ulang tersebut Suripin, 2004.

Analisis frekuensi merupakan prosedur memperkirakan distribusi frekuensi suatu kejadian pada masa yang lalu atau masa yang akan datang. Prosedur tersebut dapat digunakan untuk menentukan curah hujan rencana dalam berbagai periode ulang berdasarkan perhitungan distribusi frekuensi yang cocok dengan wilayah penelitian Suroso, 2006.

Menurut Triatmodjo, 2015 Ada dua macam seri data yang dipergunakan dalam analisis frekuensi, yaitu:

1. Data maksimum tahunan (annual maximum series);
2. Metode ini digunakan apabila tersedia data debit atau hujan minimal 10 tahun data runtut waktu. Tipe ini yaitu dengan mengambil satu data maksimum setiap tahunnya yang berarti bahwa hanya besaran maksimum setiap tahun saja yang dianggap berpengaruh dalam analisis data. Maksudnya, besaran data maksimum kedua dalam suatu tahun yang mungkin lebih besar dari besaran kedua dalam tahun yang lain tidak diperhitungkan pengaruhnya dalam analisis. Dengan cara ini, data terbesar kedua dalam suatu tahun yang mungkin lebih besar dari data maksimum pada tahun yang lain tidak diperhitungkan.
3. Seri parsial (Partial Duration Series).
4. Metode ini digunakan apabila jumlah data kurang dari 10 tahun data runtut waktu, yaitu dengan menentukan lebih dahulu batas bawah tertentu dari curah hujan. Selanjutnya data yang lebih besar dari batas bawah tersebut diambil dan dijadikan data yang akan dianalisis. Pengambilan batas bawah dapat dilakukan dengan sistem peringkat, semua besaran data yang cukup besar diambil, kemudian diurutkan dari besar ke kecil. Dengan demikian dalam satu tahun bisa terdapat lebih dari satu data yang digunakan dalam analisis.

Menurut Soewarno, 1995 dalam Suripin, 2004 ada 4 (empat) jenis distribusi frekuensi yang sering digunakan dalam hidrologi yaitu :

1. Distribusi Normal;
Distribusi normal disebut juga Distribusi Gauss. Distribusi normal merupakan suatu perhitungan statistik yang sangat penting untuk menaksir dan meramalkan peristiwa-peristiwa yang lebih luas. Dalam analisis hidrologi distribusi normal banyak digunakan untuk menganalisis frekuensi curah hujan, analisis statistik dari distribusi curah hujan tahunan, dan debit rata-rata tahunan.
2. Distribusi Log Normal;
Distribusi log normal merupakan hasil transformasi dari distribusi normal, yaitu dengan cara merubah nilai varian x menjadi nilai logaritmik varian x di dalamnya.
3. Distribusi E.J. Gumbel;
Distribusi E.J. Gumbel banyak digunakan untuk analisis data maksimum, *Gumbel* beranggapan bahwa distribusi variabel-variabel hidrologi tidak terbatas sehingga harus digunakan distribusi dari harga-harga yang terbesar (harga maksimal).
4. Distribusi Log Person Tipe III.
Bentuk distribusi *Log-Pearson* Tipe III merupakan hasil transformasi dari distribusi *Pearson* Tipe III dengan menggantikan varian menjadi nilai logaritma. Distribusi *Log-Pearson* Tipe III banyak digunakan dalam analisis hidrologi terutama dalam analisis data maksimum dan minimum dengan nilai ekstrim.

3. Hasil Penelitian dan Pembahasan

3.1 Penentuan Nilai Intensitas Curah Hujan

Data ini untuk mengetahui data curah hujan bulanan dan hari hujan pada periode tahun 2014-2018. Penentuan nilai dispersi pada intensitas curah diperlukan nilai curah hujan harian. Berikut adalah hasil perhitungan curah hujan harian.

Tabel 1. Hasil Olahan Data Curah Hujan harian Tahun 2014-2018 (mm/hari)

Bulan	2014	2015	2016	2017	2018	Maximum
Januari	14,48	12,56	12,56	29,29	26,45	29,29
Februari	16,35	23,12	16,13	33,41	24,13	33,41
Maret	19,62	16,50	15,81	39,75	24,13	39,75
April	18,33	20,38	17,11	16,06	18,07	20,38
Mei	12,41	11,22	15,35	24,97	38,59	38,59
Juni	7,80	16,50	17,41	33,50	16,80	33,50
Juli	21,75	17,43	12,00	26,92	17,07	26,92
Agustus	13,50	25,36	17,73	45,35	25,30	45,35
September	13,28	12,17	11,93	26,94	31,28	31,28
October	28,29	14,17	16,06	28,27	18,48	28,29
November	30,51	15,35	19,59	26,41	26,37	30,51
Desember	17,08	16,12	18,46	37,79	26,84	37,79
Max	30,51	25,36	19,59	45,35	38,59	45,35
Min	7,80	11,22	11,93	16,06	16,80	16,80
Average	17,78	16,74	15,85	30,72	24,46	30,72

Sebelum menentukan nilai perhitungan intensitas curah hujan pada *Pit*, terlebih dahulu diperlukan untuk menentukan distribusi yang digunakan dengan mencari dispersi parameter statistik dan parameter logaritma yang cocok untuk menentukan distribusi yang digunakan. Berikut adalah hasil perhitungan dispersi.

Tabel 2. Hasil Penentuan Dispersi

No	Dispersi	Hasil Dispersi	
		Parameter Statistik	Parameter Logaritma
1	S	8,0262	0,2294
2	Cv	0,3802	0,1796
3	Cs	0,9516	-2,8489
4	Ck	3,6303	18,4017

Selanjutnya setelah penentuan nilai dispersi, maka nilai tersebut dibandingkan dengan nilai dispersi persyaratan pada tiap distribusi sehingga didapat jenis distribusi yang mendekati persyaratan adalah Distribusi E.J. Gumbel seperti yang terdapat dalam Tabel berikut :

Tabel 3. Syarat Dispersi pada Setiap Distribusi

No	Metode	Syarat	Hasil	Keterangan
1	Normal	$Cs \approx 0$	$Cs = 0,9516$	Kurang Memenuhi
		$Ck \sim 3$	$Ck = 3,6303$	
2	Log Normal	$Cv \sim 0,06$	$Cv = 0,1796$	Kurang Memenuhi
		$Cs \sim 3Cv + Cv^2 =$	$Cs = -2,8489$	

		0,636		
3	E.J. Gumbel	$C_s \leq 1,14$	$C_s = 0,9516$	Memenuhi
		$C_k \leq 5,40$	$C_k = 3,6303$	
4	Log Pearson III	$C_s \neq 0$	$C_s = -2,8489$	Kurang Memenuhi
		$C_v \sim 0,3$	$C_v = 0,1796$	

Untuk perhitungan intensitas curah hujan, dalam penelitian ini digunakan rumus Mononobe. Rumus Mononobe digunakan untuk menghitung intensitas curah hujan harian dalam satuan jam. Pada perhitungan intensitas curah hujan ini data yang digunakan adalah pengulangan intensitas hujan untuk periode 5 tahun dengan durasi waktu hujan (T) daerah tersebut. Durasi curah hujan (T) terendah pada area *Pit* adalah 1,37 jam, sehingga dengan menggunakan jam hujan tersebut dapat menghasilkan intensitas curah hujan yang besar yang dianggap sebagai keadaan terburuk saat hujan turun. Adapun hasil perhitungan intensitas curah hujan sebesar 8,40 mm/jam pada bulan januari.

3.2 Analisis Catchment Area dan Koefisien Limpasan

Dalam penentuan daerah tangkapan air (*Catchment Area*) dapat dilakukan dengan mendeliniasi pada peta topografi daerah setempat. Tahapan kegiatan yang dilakukan ialah menentukan batas luasan *catchment area* melalui peta topografi. Lalu dilakukan pengamatan pada peta topografi yang dimaksudkan untuk menentukan area yang lebih rendah dan memiliki kemungkinan untuk menampung air hujan yang akan mengalir ke lokasi tambang dengan dibatasi oleh area punggung. Berdasarkan data tersebut maka lokasi dibagi menjadi 3 daerah tangkapan hujan (*catchment area*) yaitu : *catchment area Pit*, *catchment area CA Kebun* terletak di bagian utara hingga barat *pit A* dan *catchment area Disposal* berada di sebelah timur *pit A*. Berikut merupakan luasan *catchment* :

Tabel 4. Luasan *Catchment Area*

Nama	Komponen	Luas Area (m ²)	Tota Luas Area (m ²)
PIT A	Pit	354859,198	1284200,24
	CA Kebun	420647,288	
	CA Disposal	508693,757	

Penentuan nilai koefisien limpasan ini dilakukan berdasarkan dari data pengamatan peta topografi mengenai kemiringan lereng dan pengamatan lapangan mengenai kondisi tata guna lahan. Nilai koefisien limpasan menunjukkan perbandingan besarnya air limpasan permukaan terhadap besarnya curah hujan. Berikut merupakan koefisien lipasan *pit A* :

Tabel 5. Nilai Koefisien Limpasan

Nama	Komponen	Tataguna Lahan	Nilai Koefisien Limpasan (C)
PIT A	Pit	Lahan Terbuka Daerah Tambang	0.90
	CA Kebun	Hutan, Perkebunan	0.40
	CA Disposal	Tanpa tumbuhan, daerah penimbunan	0.70

Sumber : Sayoga, R, 1993

Pada penelitian kali ini, dilakukan pada area *Pit A*. Untuk air limpasan yang berasal dari daerah luar *Pit* yaitu tangkapan hujan (*catchment area*) yang memiliki potensi untuk mengalir

menuju area tambang. Aliran air permukaan tersebut yang akan berpotensi untuk masuk ke dalam area bukaan tambang. Debit air limpasan yang masuk ke dalam *Pit A* bersumber dari air limpasan dari *catchment area* yang berpotensi masuk ke dalam *Pit A* terdiri dari *catchment area* *Pit* dengan debit 3.392,487 m³/jam, *catchment area* kebun dengan debit 1.787,30 m³/jam, dan *catchment area disposal* debit 3.782,457 m³/jam. Total debit air yang masuk dari *catchment area* sebesar 8.962,24 m³/jam.

Dengan melihat besarnya debit yang masuk maka perlu dibuat saluran pengalih untuk meminimalkan air limpasan yang masuk ke dalam *Pit A* serta perlu juga dilakukan pemompaan untuk menanggulangi air yang sudah masuk ke kolam agar tidak meluap ke *front* penambangan.

Untuk besaran nilai debit airtanah pada *Pit A*, hasil dari perhitungan dengan menggunakan Hukum Darcy sebesar 24,9 m³/hari. Sehingga dilihat dari nilai yang didapat tersebut, maka air yang masuk dari rembesan tanah lapisan aquifer (lapisan batupasir) pada *Pit A* sebesar 24,9 m³/hari.

3.3 Penanggulangan Air yang Masuk ke dalam *Pit*

Dimensi saluran pengalihan direncanakan dibuat dengan bentuk trapesium. Hal ini dikarenakan bentuk trapesium ini mudah dalam pembuatannya, relatif murah, efisien serta mudah dalam perawatannya. Pembuatan pengalih segmen A-A' menanggulangi air limpasan yang masuk dari *catchment area A*, dengan panjang saluran pengalih 635 m, yang kemudian akan dialirkan menuju Sungai.

Dilihat dari hasil perhitungan saluran pengalih maka dapat dikatakan dengan adanya pencegahan menggunakan perencanaan saluran pengalihan dapat menanggulangi debit pada *Pit A* sebesar 205,167 m³/jam atau 2,289% dari debit total air yang masuk ke dalam *Pit A*.

Debit air yang berpotensi masuk ke dalam *Pit* berasal dari airtanah dan air limpasan yang masuk ke area *Pit*. Pada *Pit A* total debit air yang masuk ialah sebesar 42.384,25366 m³/hari untuk air limpasan 24,9 m³/hari untuk airtanah.

Sistem pemompaan merupakan rekomendasi untuk penanggulangan air yang masuk ke dalam *Pit A*. Pompa yang digunakan merupakan pompa MF 420 E dengan target debit pompa 300 l/s. Selanjutnya dapat dilakukan perhitungan *head* pompa teoritis dengan cara mencari nilai kehilangan yang disebabkan oleh perbedaan ketinggian, kecepatan aliran, gesekan, dan lain-lain. Sehingga didapatkan hasil perhitungan *total dynamic head* pada *Pit A* sebesar 59,510 m dengan debit optimum pompa sebesar 680,261 m³/jam.

Berdasarkan perhitungan debit optimal pompa, agar dapat menanggulangi air yang masuk dan dapat mengeluarkan air dari dalam area *Pit* diperlukan pompa sebanyak 3 unit pompa utama jenis MF 420 E, dengan jam kerja pompa terbessr pada bulan Desember selama 20,5 jam/hari yang ditempatkan pada *sump* yang direncanakan, untuk menjaga tampungan air pada *sump* tidak meluap ke *front* penambangan. Hasil dari kebutuhan pompa yang dibutuhkan untuk menanggulangi air yang masuk ke dalam *Pit A* yaitu adalah dengan 3 pompa.

4. Kesimpulan

Berdasarkan data dan hasil perhitungan yang telah dilakukan, maka dapat disimpulkan sebagai berikut :

1. *Catchment Area* pada area *Pit A* di PT Firman Ketaun dibagi menjadi 3 daerah tangkapan hujan yaitu pada *Pit A* yaitu *catchment area pit*, *catchment area disposal* dan *catchment area* kebun, dengan total luasan sebesar 128,42 Ha.
2. Debit air limpasan yang masuk ke area penambangan tertinggi pada bulan Desember sebesar 42.384,253 m³/hari dan untuk airtanah sebesar 24,9 m³/hari.
3. Hasil perhitungan saluran pengalih untuk mengurangi masuknya air limpasan yang berasal dari *catchment area Pit* digunakan satu segmen saluran pengalih yaitu saluran segmen A-A' yang berada disebelah utara *Pit*, memiliki nilai debit 0,320 m³/s dan memiliki dimensi lebar dasar saluran 0,3291 m, lebar permukaan saluran 0,5924 m dan kemiringan 6,614% dibuat untuk mengalihkan air limpasan yang berada pada

- catchment area* dan dibuat sepanjang 635,02 m, saluran ini mengarah ke sungai.
4. Berdasarkan hasil perhitungan, dimensi *sump* yang optimal memiliki panjang permukaan *sump* 103,994 m, panjang dasar *sump* 18,412 m, lebar permukaan *sump* 103,994 m, lebar dasar *sump* 18,412 m, kemiringan 60 dan memiliki ketinggian 6 m, *sump* ini berbentuk trapesium.
 5. Penanggulangan air di dalam *Pit A* dengan sistem pemompaan menggunakan 3 (tiga) pompa utama MF 420 E dengan nilai *total dynamic head* sebesar 59,510 m dan debit optimum pompa sebesar 680,26 m³/jam dengan jam kerja pompa terbesar pada bulan Desember 20,5 jam per hari.

Daftar Pustaka

- [1] Binder, R. C, 1973, "Fluid Mechanics". 5th Edition., Prentice Hall. New York.
- [2] Bray, J, and Hoek, E. 1981, "Rock Slope Engineering". The Institution Of Mining And Metallurgy, London.
- [3] Wentworth, C.K., 1922, "A Scale Of Grade and Class Terms for Clastics Sediments", University Of Chicago Press, Chicago.
- [4] Chow, V. T. 1959, "Applied Hydrology". Civil Engineering Series. New York : McGraw-Hill.
- [5] Chow, V. T. 1961, A general formula for hydrologic frequency analysis. Trans. Am. Geophys. Union.
- [6] Fetter, C.W. 1988. Applied Hydrogeology. (4th Edition). London: Prentice Hall.
- [7] Fitri, G.F., Ashari, Y. and Usman, D.N., 2019, 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.
- [8] Gumbel, E. J. 1954, "Statistical Theory Of Extreme Value and some Practical Applications". National Bureau of standards (U.S) Appl Math. Ser., 33.
- [9] Darcy, H. 1985, Hydraulic Researches, Experimental research on flow of water in open channel. Academie des Sciences. Paris.
- [10] Manning, R. 1981, On The Flow of Water in Open Channel and Pipes. Civ, Eng, Ireland.
- [11] Manning and Delp, 1991, "Major Diagnosis Fisik", Jakarta.
- [12] Mastur, Asep, 2018, "Dokumen Studi Kelayakan PT Firman Ketaun", PT Firman Ketaun, Bengkulu Utara.
- [13] Mastur, Asep, 2018, "Laporan RKTTL PT Firman Ketaun", PT Firman Ketaun, Bengkulu Utara.
- [14] Moody, L. F. 1944, "Friction Factors for Pipe Flow", Transactions of the American Society of Mechanical Engineers, New York.
- [15] Potter, M, C., Wiggert and David C, 2008, "Schaum's Outline of Fluid Mechanics". The McGraw-Hill Companies, Inc., New York.
- [16] Sayoga, R. 1993. Pengantar Penirisan Tambang. ITB.
- [17] Soewarno, E., 1995, "Dasar-dasar Hidrologi". Gadjah Mada University Press, Yogyakarta.
- [18] Suripin, 2004, "Teknik Drainase Perkotaan Yang Berkelanjutan", Penerbit Andi, Yogyakarta.
- [19] Sri Harto, Br., 1993, "Analisis Hidrologi". PT Gramedia, Jakarta.
- [20] Suripin. 2004. "Sistem Drainase Perkotaan Yang Berkelanjutan". Yogyakarta: Andi Offset.
- [21] Suroso. 2006. "Analisis Curah Hujan untuk Membuat Kurva IDF di Kawasan Rawan Banjir Kabupaten Banyumas". Journal Teknik Sipil Volume 3, No.1:37-40.
- [22] Suyono, S dan Kensaku T, 2003, "Hidrologi Untuk Pengairan".

Jakarta:PT. Pradnya Paramita.

[23]Triatmodjo, Bambang, 2015, “Hidrologi Terapan”. Beta Ofset.Jakarta

[24]Van Zuidam, R.A, 1983 “Consideration on Systematic Medium Scale Geomorphological Mapping”. Z. Geomorph.NF, Vol. 20.