

Kajian Teknis Rancangan Area *Final Dump* Palapa di *Pit* Pinang South, Departemen Jupiter PT. Kaltim Prima Coal

Fadhilah Alkholik^{1*}, and Murad MS^{1**}

¹Jurusan Teknik Pertambangan, Fakultas Teknik, Universitas Negeri Padang

*fadelkholik@gmail.com

**muradms@ft.unp.ac.id

Abstract. One of the mining activities at PT. Kaltim Prima Coal is overburden materials dumping activities in an area until attain a final condition (final dump). Final dump areas must have a drainage system design to regulate runoff water in the area so it does not enter the front and disrupting mining activities. In October 2018, at the Pinang South Department of Jupiter Pit PT. Kaltim Prima Coal will be opened the Palapa dumping area with an area of 101,29 ha from the elevation of 40-160 mdpl and is expected to be final in the end of 2020. The maximum daily rainfall value from 5-years rainfall data (2013-2017) for the return period 25 years is 112,917 mm/day. In the final disposal area, Palapa was made into 3 open trapezoidal channels with dimensions of 2 m channel base widths and 1 m channel depths. Determination of water flow classification is calculated using the froude number indicator. The calculation results show a very critical flow ($f > 1$) on all channel segments so reinforcement is needed by using the tyre drop structure from the Komatsu HD 785 dumptruck and CAT HD 785 used tires. Runoff from the disposal area then streamed by using open channels by utilizing gravity to Angsoka settling pond. Open channel is trapezoidal shape with 2 m channel widths and 2 m channel depths.

Keywords: Final dump, rainfall, open channel, froude number, tyre drop structure

1. Pendahuluan

PT. Kaltim Prima Coal merupakan salah satu perusahaan besar yang bergerak di bidang pertambangan batubara dengan metode tambang terbuka. Salah satu tahapan kegiatan penambangannya adalah melakukan penggalian dan penimbunan lapisan *overburden* (OB). Material OB diangkut menuju lokasi *dumping* atau disposal untuk ditimbun (*didumping*) hingga mencapai kondisi *final* (*final dump*) sesuai dengan *plan* yang telah direncanakan sebelumnya meliputi luasan area, bentuk, dan elevasi *dumping*.

Pada bulan Oktober tahun 2018 di *pit* Pinang South Departemen Jupiter PT. Kaltim Prima Coal akan dibuka area *dumping* Palapa. Area ini rencananya akan *didumping* seluas 101,29 ha dari elevasi 40 – 160 mdpl dan diperkirakan akan *final* pada akhir tahun 2020. Sebelum area ini dibuka menjadi area *dumping*, terlebih dahulu dibuat suatu kajian mengenai rancangan sistem penyalirannya dari area tersebut aktif *didumping* hingga mencapai kondisi *final* (*final dump*). Rancangan ini dibuat berdasarkan dari segi teknis dan ekonomis.

Rancangan mengenai sistem penyaliran pada area *final dump* Palapa di *pit* Pinang South dibuat dengan mempertimbangkan perhitungan periode ulang hujan dan luasan *catchment* area (daerah tangkapan hujan). Perhitungan periode ulang hujan ini diperlukan untuk mendapatkan rata-rata curah hujan harian maksimum. Hasil perhitungan periode ulang hujan dan luasan *catchment* area digunakan untuk perhitungan debit limpasan yang harus ditampung dan dialirkan menggunakan saluran terbuka.

Dalam pelaksanaannya di lapangan saluran terbuka dibuat dengan kemiringan yang cukup signifikan. Hal ini dikarenakan saluran terbuka dibuat menyesuaikan topografi area *dumping* dengan ketinggian yang cukup tinggi. Hal ini mengakibatkan tingginya kecepatan aliran air sehingga berpotensi mengikis dinding saluran terbuka. Dengan demikian pihak perusahaan menggunakan beberapa jenis perkuatan saluran yang dipilih dan digunakan sesuai dengan kondisi di lapangan.

Seiring dengan kemajuan *pit* Pinang South yang memanjang, air limpasan dari area *dumping* berpotensi

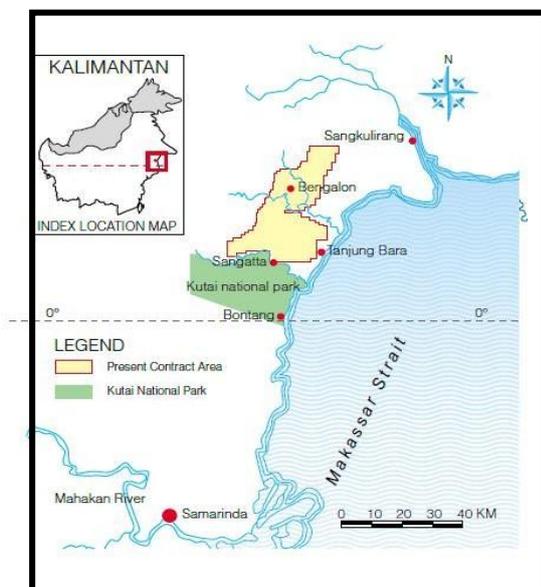
masuk ke dalam *pit*. Dimana saat itu *pit* Pinang South berada diantara area *dumping* Palapa dan kolam pengendapan lumpur. Dalam mencegah air masuk ke dalam *pit* diperlukan suatu upaya dalam mengarahkan air tersebut untuk langsung menuju kolam pengendapan lumpur.

Saat ini di *pit* Pinang South, area *final dump* Palapa masih belum memiliki kajian mengenai rancangan sistem penyaliran. Rancangan ini dibuat dengan menyesuaikan rencana yang telah diterapkan oleh perusahaan terhadap area *dumping* lainnya. Kajian teknis rancangan sistem penyaliran pada area *final dump* ini diperlukan agar air limpasan tidak menggenangi area *dumping*, mengurangi terjadinya erosi, meminimalisir air asam tambang yang terbawa ke aliran sungai, dan mencegah air masuk ke dalam *pit* sehingga tidak mengganggu aktivitas penambangan.

2. Lokasi Penelitian

Lokasi pertambangan PT. Kaltim Prima Coal secara geografis terletak pada 117° 26' 24" – 117° 33' 36" BT dan 0° 14' 24" – 0° 22' 48" LU. Secara administratif PT. Kaltim Prima Coal terletak Sangatta, Kabupaten Kutai Timur, Provinsi Kalimantan Timur. Untuk mencapai lokasi tersebut terdapat dua alternatif rute perjalanan sebagai berikut:

- a. Melalui rute darat: Balikpapan-Samarinda-Simpang Bontang-Sangatta dengan total jarak 370 km, dengan rincian 150 km dari Samarinda dan 220 km dari Balikpapan, dengan kondisi jalan aspal agak rusak terutama jalur Samarinda-Bontang dan dapat ditempuh dengan kendaraan roda empat.
- b. Melalui udara: dapat ditempuh dengan pesawat Cassa dari bandara Sepinggang Balikpapan ke bandara Tanjung Bara di Sangatta selama 50 menit. Peta lokasi PT. Kaltim Prima Coal dapat dilihat pada gambar 1 berikut:



Gambar 1. Lokasi PT. Kaltim Prima Coal

3. Metode Penelitian

Penelitian ini dilakukan pada tanggal 21 Maret 2018– 8 Juni 2018. Lokasi penelitian ini terletak di Sangatta, Kabupaten Kutai Timur, Provinsi Kalimantan Timur.

3.1. Jenis Penelitian

Metode penelitian adalah prosedur atau langkah-langkah dalam mendapatkan pengetahuan ilmiah atau ilmu. Metode penelitian yang menggambarkan suatu rancangan penelitian yang berisi penjelasan mengenai langkah-langkah atau prosedur yang harus ditempuh serta cara yang digunakan untuk memperoleh dan mengolah data tersebut. Metode penelitian pada dasarnya merupakan cara ilmiah untuk mendapatkan data dengan tujuan dan kegunaan tertentu

Jenis penelitian yang dilakukan adalah penelitian deskriptif kuantitatif yang bertujuan menggambarkan atau melakukan deskripsi angka-angka yang telah diolah sesuai dengan standarisasi tertentu. Data yang akan ditampilkan pada Tugas Akhir ini adalah data kuantitatif. Penelitian kuantitatif adalah metode penelitian yang berlandaskan pada filsafat positivisme, digunakan untuk meneliti pada populasi atau sampel tertentu, pengumpulan data menggunakan instrument penelitian, analisis data bersifat kuantitatif dengan tujuan untuk menguji hipotesis yang telah ditetapkan. Filsafat positivisme, digunakan untuk meneliti pada populasi memandang realita atau gejala atau fenomena itu dapat diklasifikasikan relatif tetap, konkrit, teramat, terukur dan hubungan gejala bersifat sebab akibat^[1].

3.2. Teknik Pengumpulan Data

Tahap pengumpulan data dimulai dengan studi literatur yaitu mencari bahan-bahan pustaka yang dipakai untuk menghimpun data-data atau sumber-sumber yang berhubungan dengan topik yang diangkat dalam suatu penelitian.

Selanjutnya orientasi lapangan dengan melakukan peninjauan langsung ke lapangan dan untuk mengamati langsung kondisi daerah yang akan dilakukan penelitian serta dapat mengangkat permasalahan yang ada untuk dijadikan topik dalam suatu penelitian.

Kemudian pengambilan data lapangan yaitu data primer dan data sekunder. Adapun data primer yang diambil dalam penelitian ini adalah luas area tangkapan hujan (*catchment area*). Sementara data sekunder yang digunakan adalah peta topografi *pit* Pinang South, curah hujan 5 tahun, dimensi ban, dan desain *final* Palapa *Dump*, dan peta kontur rencana penambangan.

3.3. Teknik Pengolahan Data

Analisis data adalah memperkirakan atau dengan menentukan besarnya pengaruh secara kuantitatif dari beberapa kejadian terhadap beberapa kejadian lainnya, serta memperkirakan atau meramalkan kejadian lainnya. Teknik analisis data yang dilakukan dalam penelitian ini

yaitu dengan menggabungkan antara teori dengan data-data lapangan, sehingga didapatkan kesimpulan.

3.3.1. Pengambilan Data

Pengambilan data dilakukan setelah studi literatur dan pengamatan langsung di lapangan selesai dilaksanakan. Data yang diambil berupa data primer dan data sekunder. Data primer yang diambil berupa luasan area tangkapan hujan (*catchment area*) dengan menggunakan *Software Minex 6.2*. Sementara data sekunder yang diambil berupa peta topografi *pit* Pinang South, curah hujan 5 tahun terakhir, dimensi ban, desain *final* Palapa *Dump*, dan peta kontur rencana penambangan.

3.3.2. Perhitungan Debit Limpasan

Parameter yang digunakan pada perhitungan debit limpasan menggunakan rumus rasional adalah intensitas hujan, luas *catchment area*, dan koefisien limpasan. Intensitas hujan dihitung menggunakan persamaan monobe, di mana untuk curah harian maksimum didapat dari hasil perhitungan curah hujan menggunakan distribusi gumbel dengan periode ulang 25 tahun. Luas *catchment area* didapat dengan menggunakan *software* Minex 6.2. Sementara koefisien limpasan untuk area yang *final dump* (*fresh area rehab*) yaitu 0,65. Hasil perhitungan debit limpasan disajikan berdasarkan segmen saluran dengan interval elevasi yaitu 10 m.

3.3.3. Perhitungan Dimensi Saluran Terbuka

Perhitungan dimensi saluran terbuka dilakukan untuk mendapatkan debit tampungan, dimana nilai debit tampungan ini harus lebih besar daripada debit limpasan yang masuk. Berdasarkan perhitungan ini didapatkan geometri saluran terbuka berupa kedalaman, lebar dasar saluran, dan lebar permukaan saluran pada masing-masing saluran baik di area *dumping* maupun saluran terbuka menuju kolam pengendapan lumpur.

3.3.4. Klasifikasi Sifat Aliran Saluran Terbuka

Klasifikasi sifat aliran ini menggunakan indikator bilangan *Froude*. Berdasarkan bilangan *Froude* (F) sifat aliran diklasifikasikan menjadi 3 jenis yaitu, aliran sub kritis ($f < 1$), aliran kritis ($f = 1$), dan aliran super kritis ($f > 1$). Aliran super kritis berpotensi mengikis dinding saluran sehingga diperlukan perkuatan saluran

3.3.5. Perhitungan Tyre Drop Structure

Tyre drop structure adalah bangunan yang dibuat dari ban-ban bekas *dumpruck* yang ditengahnya diisi dengan batuan berukuran > 10 cm. Tujuan dibangunnya *tyre drop structure* adalah sebagai perkuatan saluran yang dapat memperlambat kecepatan aliran air. Terdapat 2 spesifikasi ban yang digunakan pada penelitian ini yaitu ban *dumpruck Komatsu HD 785* dan *dumpruck Caterpillar HD 785*.

3.3.6. Kesimpulan

Tahap ini diperoleh setelah dilakukan korelasi antara hasil pengolahan data yang telah dilakukan dengan permasalahan yang diteliti serta pemberian saran dan rekomendasi mengenai rencana teknis sistem penyaliran pada area Palapa *dump*. Dengan demikian air limpasan dari area ini tidak masuk dan membanjiri *pit* Pinang South.

4. Hasil dan Pembahasan

4.1. Perhitungan Dimensi Saluran Terbuka

4.1.1 Perhitungan Curah Hujan Harian Maksimum

Air yang berada di dalam maupun di permukaan bumi mengalami proses yang membentuk siklus yang secara umum disebut siklus hidrologi. Tahapan siklus hidrologi dimulai dari penguapan air dari permukaan tanah dan laut. Peristiwa perubahan air menjadi uap air dan bergerak dari permukaan tanah ke udara disebut evaporasi, sedangkan penguapan air dari tanaman disebut transpirasi. Uap air ini akan terkondensasi pada lapisan atmosfer bumi dan akan terjadi presipitasi^[2]. Presipitasi adalah peristiwa jatuhnya cairan atmosfer ke permukaan bumi. Bentuk presipitasi yang paling penting adalah hujan^[3].

Pengolahan data curah hujan dimaksudkan untuk mendapatkan data curah hujan yang siap pakai untuk suatu perencanaan sistem penyaliran. Pengolahan data ini dapat dilakukan dengan berdasarkan sifat statistik data kejadian yang telah lalu untuk memperoleh probabilitas besaran hujan dimasa yang akan datang. Dengan anggapan bahwa sifat statistik kejadian hujan yang akan datang masih sama dengan sifat statistik kejadian hujan masa lalu^[4].

Data yang digunakan pada perhitungan ini adalah data curah hujan harian maksimum dalam 5 tahun terakhir (tabel 1). Alasan pemilihan data curah hujan 5 tahun terakhir sebagai data dalam perhitungan ini adalah karena pengambilan data curah hujan secara detail untuk *pit* Pinang South baru dilakukan dalam 5 tahun terakhir. Sementara itu, untuk periode ulang hujan yang dipilih adalah periode ulang 25 tahun. Pemilihan ini didasarkan pada umur bangunan *tyre drop structure* yang diharapkan dapat menampung air limpasan selama 25 tahun.

Tabel 1. Data Curah Hujan Harian Maksimum 5 Tahun (mm/hari)

Bulan	2013	2014	2015	2016	2017
Januari	50	50	103	34,5	26
Februari	78	19	79	17,5	99
Maret	57	27	65,5	5,5	52
April	100	61	35,5	42,5	73
Mei	53	62,5	23,5	46	64
Juni	47	81	28,5	26,5	24
Juli	38	31	21	81	45
Agustus	42	27	39	75	22,5
September	18	91	0	31,5	91
Oktober	36,5	51,5	9	44	30
November	37	85	58	58	66,5
Desember	51,5	145	55	81	61,5

Perhitungan curah hujan harian maksimum ini dilakukan dengan menggunakan metode distribusi gumbel sebagai berikut^{[5][6][7][8]}:

$$X = \bar{x} + \frac{S}{S_n} (Y_t - Y_n) \quad (1)$$

Perhitungan curah hujan rata-rata, *standar deviation*, *reduced mean*, *reduced standard deviation*, dan *reduced variate* dapat dihitung dengan rumus^{[6][9]}:

Curah harian rata-rata

$$\bar{X} = \frac{\sum X}{n} \quad (2)$$

Standart deviation

$$S = \sqrt{\frac{\sum (x_i - \bar{x})^2}{n-1}} \quad (3)$$

Reduced mean

$$Y_n = -\ln \left[-\ln \left\{ \frac{(n+1-m)}{n+1} \right\} \right] \quad (4)$$

Reduced standart deviation

$$S_n = \sqrt{\frac{\sum (Y_n - \bar{Y}_n)^2}{n-1}} \quad (5)$$

Reduced variate

$$Y_t = -\ln \left\{ -\ln \frac{T-1}{T} \right\} \quad (6)$$

Perhitungan curah hujan untuk mendapatkan rata-rata curah hujan harian maksimum dengan periode ulang 25 tahun adalah sebagai berikut:

$$\begin{aligned} \text{Curah harian rata-rata } (\bar{X}) &= \frac{\sum X}{n} \\ &= \frac{3053,5 \text{ mm/hari}}{60} \\ &= 50,89 \text{ mm/hari} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Standart deviation } (S) &= \sqrt{\frac{\sum (x_i - \bar{x})^2}{n-1}} \\ &= \sqrt{\frac{45476,55}{60-1}} \\ &= 27,76 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Reduced mean } (Y_n) &= -\ln \left[-\ln \left\{ \frac{(n+1-m)}{n+1} \right\} \right] \\ &= -\ln \left[-\ln \left\{ \frac{(60+1-1)}{60+1} \right\} \right] \\ &= 4,10 \end{aligned}$$

Perhitungan *Reduced Mean* dilanjutkan sampai urutan sampel (nilai m) = 60. Selanjutnya hasil perhitungan *reduced mean* sebanyak 60 sampel ini dirata-ratakan sehingga didapat nilai *reduced meannya* 0,55

$$\text{Reduced standart deviation } (S_n) = \sqrt{\frac{\sum (Y_n - \bar{Y}_n)^2}{n-1}}$$

$$\begin{aligned} &= \sqrt{\frac{82,79}{60-1}} \\ &= 1,18 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Reduced variate } (Y_t) &= -\ln \left\{ -\ln \frac{T-1}{T} \right\} \\ &= -\ln \left\{ -\ln \frac{25-1}{25} \right\} \\ &= 3,198 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Curah hujan harian maksimum} &= \bar{x} + \frac{S}{S_n} (Y_t - Y_n) \\ &= 112,917 \text{ mm/hari} \end{aligned}$$

4.1.2 Perhitungan Intensitas Hujan

Intensitas curah hujan adalah jumlah hujan per satuan waktu yang relatif singkat biasanya satuan yang digunakan adalah mm/jam. Perhitungan intensitas hujan dilakukan dengan menggunakan persamaan Monobe sebagai berikut^{[6][10][11][12][13]}:

$$I = \left(\frac{R_{24}}{24} \right) \times \left(\frac{24}{t_c} \right)^{2/3} \quad (7)$$

Waktu konsentrasi (t_c) dihitung dengan menggunakan persamaan Kirpich sebagai berikut^{[6][12][13][14]}:

$$t_c = 0,0195 \left(\frac{L}{\sqrt{S}} \right)^{0,77} \quad (8)$$

Intensitas hujan dihitung pada masing-masing segmen saluran. Sebelum mendapatkan nilai intensitas, dilakukan perhitungan waktu konsentrasi dengan menggunakan rumus Kirpich. Adapun salah satu perhitungan intensitas hujan untuk saluran A segmen 160-150 mdpl dengan jarak yang ditempuh oleh air untuk mengalir menuju titik terendah (L) = 980,46 m dan kemiringan rata-rata dari L = 0,07 (7%) adalah sebagai berikut.

$$\begin{aligned} \text{Waktu konsentrasi } (t_c) &= 0,0195 \left(\frac{L}{\sqrt{S}} \right)^{0,77} \\ &= 0,0195 \left(\frac{980,46}{\sqrt{0,07}} \right)^{0,77} \\ &= 10,91 \text{ menit} \\ &= 0,18 \text{ jam} \end{aligned}$$

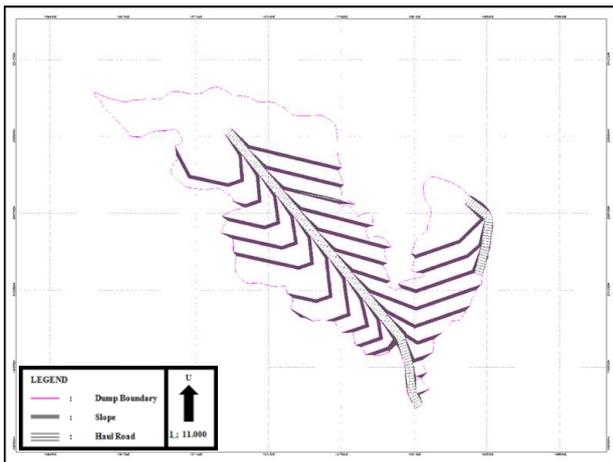
$$\begin{aligned} \text{Intensitas hujan } (I) &= \left(\frac{R_{24}}{24} \right) \times \left(\frac{24}{t_c} \right)^{2/3} \\ &= \left(\frac{112,917}{24} \right) \times \left(\frac{24}{0,18} \right)^{2/3} \\ &= 122,36 \text{ mm/jam} \end{aligned}$$

4.1.3 Redesain Desain Palapa dan Penentuan Catchment Boundary

Area *dumping* (*disposal/waste dump*) adalah suatu daerah dimana suatu operasi tambang terbuka dapat membuang material kadar rendah atau material bukan bijih^[15]. PT. Kaltim Prima Coal membagi area *dumping*

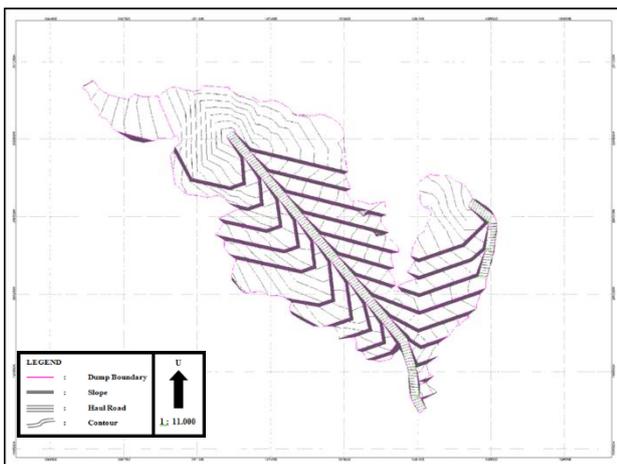
menjadi 2 kategori yaitu *temporary dump* (jangka pendek) dan *final dump* (jangka panjang)^[16].

Pada desain awal *final dump* yang diberikan oleh Departemen *Mine Planning* PT. Kaltim Prima Coal masih dalam kondisi datar atau *flat* (gambar 2). Desain awal ini selanjutnya diredesain dengan melakukan perubahan kemiringan pada area *bench dumping* (*regrade* dan *backslope*). *Regrade* dilakukan dengan menggunakan standar kemiringan permukaan aliran sebesar 1,5%. Setelah dilakukan *regrade*, pada masing-masing *bench* (muka jenjang) area *dumping* juga dilakukan *backslope* sebesar 2% (penyesuaian kemiringan menuju dasar jenjang). *Backslope* dilakukan pada sebuah jenjang dari *crest* menuju *toe* jenjang yang sama.



Gambar 2. Desain *Dumping* Palapa Sebelum *Regrade*

Redesain desain Palapa *dump* ini bertujuan agar pada saat nanti area ini dieksekusi bentuk *dumping* dapat disesuaikan desain *dumping* yang telah dibuat sebelumnya. Dengan demikian, kondisi tersebut memungkinkan air dapat diarahkan sesuai dengan arah kemiringan dari *bench dumping* menuju saluran rencana yang direncanakan. Sementara itu tujuan dilakukan *backslope* adalah untuk mengarahkan aliran air agar tidak mengalir melewati *crest* melainkan melalui *toe dumping*. Adapun hasil redesain Palapa *dump* dapat dilihat pada gambar 3.



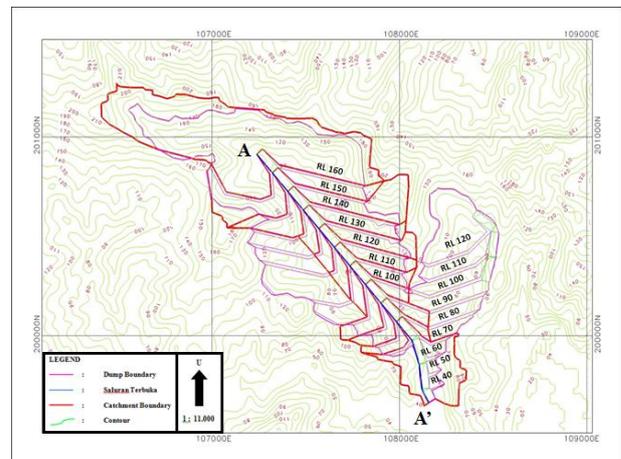
Gambar 3. Desain *Dumping* Palapa Setelah *Regrade*

Penentuan *catchment* area pada suatu area penambangan dapat ditentukan dengan menganalisis peta topografi^[17]. Pembuatan *catchment boundary* dilakukan dengan 2 tahap pengerjaan. Tahap pertama yaitu membuat *catchment boundary* total pada desain *dumping* Palapa. Dari luas total daerah tangkapan hujan pada area *dumping* akan dibagi menjadi beberapa bagian kecil tangkapan hujan (*sub-catchment*) berdasarkan rencana saluran terbuka yang telah dibuat sebelumnya (tabel 2).

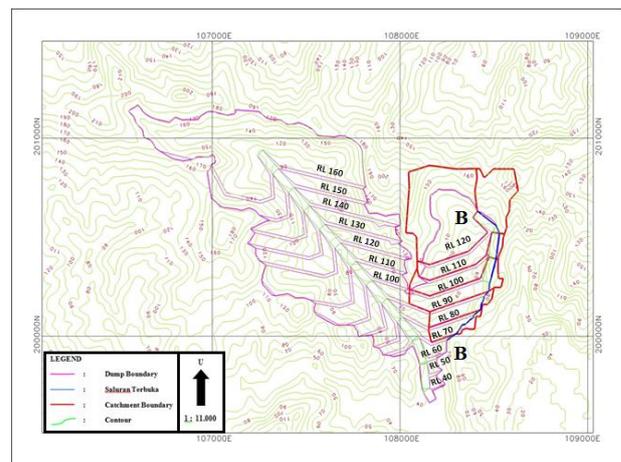
Tabel 2. Luas *Catchment* Area

Saluran Terbuka	Luas Cathcment (Km ²)
A-A'	1,048
B-B'	0,382
C-C'	0,175
Total	1,605

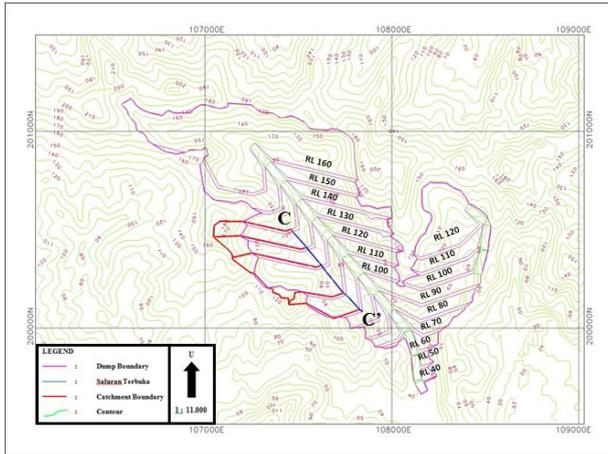
Dari *sub-catchment* per saluran nantinya juga akan dibagi menjadi bagian yang lebih detail lagi untuk masing-masing saluran dengan beda tinggi 10 m. adapun *catchment boundary* pada masing-masing segmen saluran rencana dapat dilihat pada gambar 4, 5, dan 6.



Gambar 4. Peta *Catchment* Area Saluran A-A'



Gambar 5. Peta *Catchment* Area Saluran B-B'



Gambar 6. Peta Catchment Area Saluran C-C'

4.1.4 Perhitungan Debit Limpasan

Air limpasan (*surface run off*) adalah bagian dari curah hujan yang mengalir diatas permukaan tanah menuju sungai, danau, atau lautan^[14]. Untuk menghitung jumlah air limpasan permukaan pada suatu daerah dapat digunakan rumus rasional berikut^{[13][18][19][20][21]}:

$$Q = 0,278 \times C \times I \times A \quad (9)$$

Pada perhitungan debit limpasan, nilai koefisien limpasan (C) yang digunakan adalah 0,65. Berdasarkan tabel 3 nilai C sama dengan 0,65 artinya area tersebut dalam kondisi selesai didumping (*final dump*) dan telah dilakukan penebaran *topsoil* (*spreading topsoil*)^[22].

Tabel 3. Koefisien Limpasan

Surface cover / land use	C
Coal Seam, Haul Road, Pit Floor & Loading Point	1,00
Active Dumping Area	0,9
Clearing Area	0,7
Rehab Area Before Re-vegetated / Fresh Rehab Area	0,65
Re-vegetated Rehab Area	0,55
Natural Rainforest	0,50

Sementara untuk luas *catchment* dan intensitas hujan disesuaikan dengan hasil perhitungan sebelumnya yang didapat pada masing-masing segmen saluran. Perhitungan debit limpasan ini juga dilakukan per segmen saluran. Alasan dilakukan hal ini yaitu agar hasil perhitungan debit limpasan yang didapatkan lebih detail dan mendekati kondisi nyata. salah satu perhitungan intensitas hujan untuk saluran A segmen 160-150 mdpl adalah sebagai berikut:

$$\begin{aligned} \text{Debit limpasan (Q)} &= 0,278 \times C \times I \times A \\ &= 0,278 \times 0,65 \times 122,36 \\ &\quad \text{mm/jam} \times 0,42 \text{ km}^2 \end{aligned}$$

$$= 9,27 \text{ m}^3/\text{detik}$$

Adapun hasil perhitungan debit limpasan pada masing-masing saluran terbuka di area *dumping* Palapa adalah sebagai berikut:

Tabel 4. Hasil Perhitungan Debit Limpasan Pada Saluran A-A'

Segmen	Elevasi	L (m)	S (%)	Tc (Jam)	I (mm/jam)	C	Catchment Area Km ²	Debit Limpasan m ³ /detik
1	RL 160 - 150	980,46	0,07	0,18	122,36	0,65	0,42	9,27
2	RL 150 - 140	1105,46	0,07	0,2	115,26	0,65	0,52	10,88
3	RL 140 - 130	1230,46	0,07	0,21	109,29	0,65	0,62	12,46
4	RL 130 - 120	1355,46	0,07	0,23	104,18	0,65	0,69	12,91
5	RL 120 - 110	1480,46	0,07	0,25	99,67	0,65	0,74	13,37
6	RL 110 - 100	1605,46	0,07	0,26	95,73	0,65	0,79	13,66
7	RL 100 - 90	1730,46	0,07	0,28	92,20	0,65	0,83	13,81
8	RL 90 - 80	1855,46	0,07	0,29	89,02	0,65	0,87	14,03
9	RL 80 - 70	1980,46	0,07	0,31	86,17	0,65	0,91	14,20
10	RL 70 - 60	2105,52	0,07	0,32	83,57	0,65	0,94	14,20
11	RL 60 - 40	2434,99	0,07	0,36	77,55	0,65	1,05	14,69

Tabel 5. Hasil Perhitungan Debit Limpasan Pada Saluran B-B'

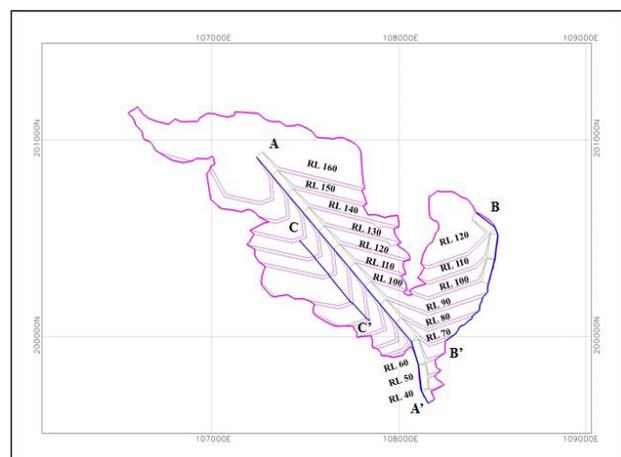
Segmen	Elevasi	L (m)	S (%)	Tc (Jam)	I (mm/jam)	C	Catchment Area Km ²	Debit Limpasan m ³ /detik
1	RL 120 - 110	592,5	0,15	0,09	191,01	0,65	0,16	5,59
2	RL 110 - 100	723,01	0,14	0,11	170,47	0,65	0,25	7,76
3	RL 100 - 90	890,61	0,13	0,13	151,22	0,65	0,29	8
4	RL 90 - 80	998,01	0,13	0,15	141,34	0,65	0,34	8,6
5	RL 80 - 70	1189,35	0,12	0,17	127,97	0,65	0,36	8,38
6	RL 70 - 60	1245,45	0,12	0,18	124,27	0,65	0,38	8,58

Tabel 6. Hasil Perhitungan Debit Limpasan Pada Saluran C-C

Segmen	Elevasi	L (m)	S (%)	Tc (Jam)	I (mm/jam)	C	Catchment Area Km ²	Debit Limpasan m ³ /detik
1	RL 130 - 120	659,21	0,1	0,12	162,96	0,65	0,04	1,04
2	RL 120 - 110	842,38	0,09	0,15	141,57	0,65	0,08	1,93
3	RL 110 - 100	963,66	0,09	0,16	131,57	0,65	0,15	3,53
4	RL 100 - 90	983,29	0,09	0,16	130,77	0,65	0,18	4,15

4.1.5 Perhitungan Dimensi Saluran Terbuka

Pada area *dumping* Palapa akan dibuat 3 Saluran terbuka sesuai dengan rencana aliran air tiap-tiap *bench* (gambar 7).

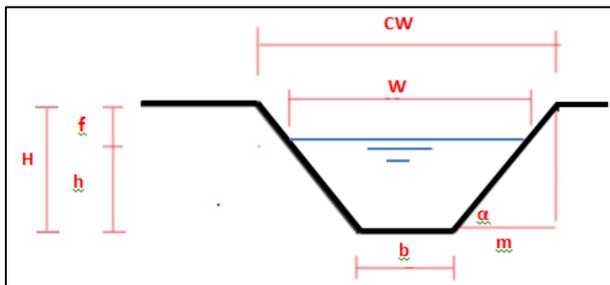


Gambar 7. Peta Rencana Saluran Terbuka

Saluran terbuka 1 diberi nama Saluran A-A' yang dibuat di sisi kiri sepanjang jalan utama *dumping* palapa. Saluran ini akan mengalirkan air dari RL 160 menuju RL 40. Saluran terbuka 2 diberi nama Saluran B-B' yang dibuat di sebelah timur *dumping* palapa. Saluran

ini akan mengalirkan air dari RL 120 menuju RL 60. Pada saat di RL 60 air pada saluran *Section B-B'* akan mengalir dan masuk ke dalam saluran Saluran *A-A'* yang mengalirkan air sampai ke elevasi terendah *dumping* palapa. Saluran terbuka 3 diberi nama Saluran *C-C'* yang dibuat di sebelah barat *dumping* palapa. Tujuan dibuatnya saluran Saluran *C-C'* adalah karena jarak dari ujung *bench dumping* sebelah barat menuju Saluran *A-A'* mencapai 500 m. Menurut aturan perusahaan setiap panjang *bench* suatu *dumping* mencapai 250 m – 300 m harus dibuat saluran. Hal ini dilakukan untuk mencegah terjadinya genangan (*ponding*) karena tempuh aliran air yang terlalu jauh. Saluran *C-C'* ini akan mengalirkan air dari RL 130 menuju RL 90. Sama halnya dengan saluran *B-B'* di mana pada RL 90 air pada saluran *C-C'* akan mengalir dan masuk ke dalam saluran yang akan mengalirkan air sampai ke elevasi terendah *dumping* Palapa.

Penampang saluran yang dipilih adalah berbentuk trapesium (gambar 8). Geometri saluran terbuka dipilih berdasarkan alat berat yang digunakan dalam pembuatan saluran. Dalam hal ini alat yang digunakan adalah *backhoe* komatsu PC200-8 yang memiliki panjang lengan 5,7 m. Dengan demikian lebar dasar saluran dan kedalaman saluran harus disesuaikan dengan lebar *bucket* dan panjang lengan dari unit yang digunakan



Gambar 8. Penampang Saluran Trapesium

Pada perhitungan saluran terbuka dengan menggunakan rumus *mannning* sebagai berikut^{[18][19][23]}:

$$Q = A \times \frac{1}{n} \times R^{\frac{2}{3}} \times S^{\frac{1}{2}} \quad (10)$$

Hasil akhir dari perhitungan dimensi saluran ini adalah mendapatkan debit air tampungan sesuai dengan rumus *mannning* pada persamaan 10. Nilai debit air tampungan harus lebih besar dari debit air limpasan yang masuk. Adapun rumus perhitungan yang dilakukan sebelum persamaan 10 untuk mendapatkan nilai debit air tampungan adalah sebagai berikut^{[22][23]}:

Lebar permukaan saluran

$$CW = b + (2 \times m \times h) \quad (11)$$

Luas penampang basah

$$A = \{b + (m \times h)\} h \quad (12)$$

Keliling basah

$$P = b + (2 \times h) \times \sqrt{1 + m^2} \quad (13)$$

Jari-jari hidrolis

$$R = \frac{A}{P} \quad (14)$$

Kecepatan aliran

$$V = \frac{1}{n} \times R^{\frac{2}{3}} \times S^{\frac{1}{2}} \quad (15)$$

Nilai koefisien *mannning* (n) yang digunakan adalah 0,028. Berdasarkan tabel 7^[22] dapat diartikan saluran dibuat dengan cara digali menggunakan *excavator* dan tidak ada tumbuhan disekitar saluran terbuka. Nilai yang diambil merupakan nilai normal karena pada saat penelitian lokasi yang dijadikan sebagai area *dumping* Palapa masih dalam bentuk hutan.

Tabel 7. Koefisien *Manning*

Type of Channel and Description	Minimum	Normal	Maximum
1. Earth, straight and uniform			
a. Clean, recently completed	0.016	0.018	0.020
b. Clean, after weathering	0.018	0.022	0.025
c. Gravel, uniform section, clean	0.022	0.025	0.030
d. With short grass, few weeds	0.022	0.027	0.033
2. Earth, winding and sluggish			
a. No vegetation	0.023	0.025	0.030
b. Grass, some weeds	0.025	0.030	0.033
c. Dense weeds or aquatic plants in deep channels	0.030	0.035	0.040
d. Earth bottom and rubble side	0.028	0.030	0.035
e. Stony bottom and weedy banks	0.025	0.035	0.040
f. Cobble bottom and clean sides	0.030	0.040	0.050
3. Dragline-excavated or dredged			
a. No vegetation	0.025	0.028	0.033
b. Light brush on banks	0.035	0.050	0.060
4. Rock cuts			
a. Smooth and uniform	0.025	0.035	0.040
b. Jagged and irregular	0.035	0.040	0.050
5. Channels not maintained, weeds and brush			
a. Clean bottom, brush on sides	0.040	0.050	0.080
b. Same as above, highest stage of flow	0.045	0.070	0.110
c. Dense weeds, high as flow depth	0.050	0.080	0.120
d. Dense brush, high stage	0.080	0.100	0.140

Adapun perhitungan dimensi saluran terbuka dengan kedalaman saluran (H) = 1 m, lebar dasar saluran (b) = 2 m, panjang sisi miring talud (m) = 1,5 m adalah sebagai berikut:

$$\begin{aligned} \text{Lebar permukaan saluran (CW)} &= b + (2 \times m \times h) \\ &= 2 + (2 \times 1,5 \times 1) \\ &= 5 \text{ m} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Luas penampang basah (A)} &= \{b + (m \times H)\} H \\ &= \{2 + (1,5 \times 1)\} 1 \\ &= 3,5 \text{ m}^2 \end{aligned}$$

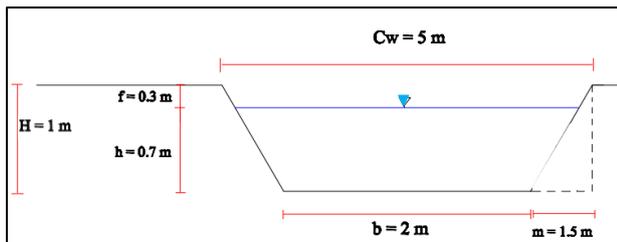
$$\begin{aligned} \text{Keliling basah (P)} &= b + (2 \times h) \times \sqrt{1 + m^2} \\ &= 2 + (2 \times 1) \times \sqrt{1 + 1,5^2} \\ &= 5,61 \text{ m} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Jari-jari hidrolis (R)} &= \frac{A}{P} \\ &= \frac{3,5}{5,61} \\ &= 0,62 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Kecepatan aliran (V)} &= \frac{1}{n} \times R^{\frac{2}{3}} \times S^{\frac{1}{2}} \\ &= \frac{1}{0,028} \times 0,62^{\frac{2}{3}} \times \\ &= 0,08^{\frac{1}{2}} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 &= 7,38 \text{ m/detik} \\
 \text{Debit air tampungan (Q)} &= A \times \frac{1}{n} \times R^{\frac{2}{3}} \times S^{\frac{1}{2}} \\
 &= A \times V \\
 &= 3,5 \times 7,38 \\
 &= 25,83 \text{ m}^3/\text{detik}
 \end{aligned}$$

Hasil perhitungan ini digunakan untuk seluruh saluran terbuka yang direncanakan agar lebih efisien dari segi operasional pada saat *plan* ini dilaksanakan. Berdasarkan perhitungan dimensi saluran, didapatkan debit tampungan lebih besar dari debit yang masuk. Dengan demikian geometri saluran pada perhitungan tersebut dapat digunakan (gambar 9)



Gambar 9. Geometri saluran terbuka pada area *final dump* Palapa

4.2 Klasifikasi Sifat Aliran Air

Aliran dikatakan kritis apabila kecepatan aliran sama dengan kecepatan gelombang gravitasi dengan amplitudo kecil. Gelombang gravitasi dapat dibangkitkan dengan merubah kedalaman. Jika kecepatan aliran lebih kecil daripada kecepatan kritis, maka alirannya disebut subkritis. Sedangkan jika kecepatan alirannya lebih besar daripada kecepatan kritis, maka alirannya disebut super kritis^[5]. Parameter yang menentukan ketiga jenis aliran tersebut adalah nisbah antara gaya gravitasi dan gaya inerti, yang dinyatakan dengan bilangan *Froude* (F). Bilangan *Froude* untuk saluran berbentuk trapesium didefinisikan sebagai berikut^{[22][23][24]}:

$$F = \frac{v}{\sqrt{g \times D}} \quad (16)$$

Untuk mencari nilai D dapat dihitung dengan menggunakan rumus sebagai berikut:

$$D = \frac{A}{CW} \quad (17)$$

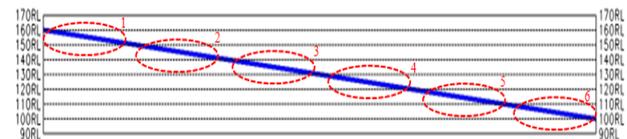
Adapun salah satu perhitungan sifat aliran air pada saluran A segmen RL 160 – 150 mdpl adalah sebagai berikut:

$$\begin{aligned}
 \text{Kedalaman hidraulik (D)} &= \frac{A}{CW} \\
 &= \frac{6,38}{6,5} \\
 &= 0,98 \text{ m}
 \end{aligned}$$

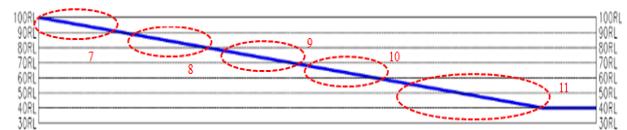
$$\text{Nilai Froude (F)} = \frac{v}{\sqrt{g \times D}}$$

$$\begin{aligned}
 &= \frac{9,14}{\sqrt{9,8 \times 0,98}} \\
 &= 2,95
 \end{aligned}$$

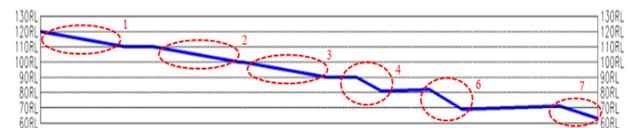
Nilai *Froude* (F) yang didapat besar dari 1 ($F > 1$), artinya aliran air pada segmen saluran ini adalah aliran super kritis. Besarnya nilai *Froude* ini dipengaruhi oleh kemiringan pada masing-masing saluran terbuka. Kemiringan saluran yang semakin signifikan membuat kecepatan aliran air juga semakin tinggi sehingga nilai (V) yang didapat semakin besar. Adapun segmen-segmen aliran air super kritis dapat dilihat melalui penampang melintang pada gambar dibawah ini.



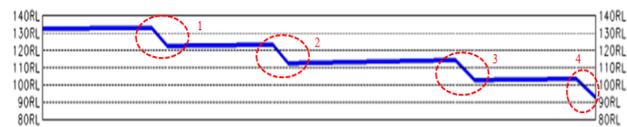
Gambar 10. Sayatan Saluran Terbuka RI 160 -100 Palapa A-A'



Gambar 11. Sayatan Saluran Terbuka RI 100-60 Palapa A-A'



Gambar 12. Sayatan Saluran Terbuka Palapa B-B'



Gambar 13. Sayatan Saluran Terbuka Palapa C-C'

Adapun hasil perhitungan sifat aliran pada masing-masing dapat dilihat pada tabel berikut ini.

Tabel 8. Hasil Perhitungan Nilai *Froude* Pada Saluran *Dumping* Palapa Saluran A – A'

Elevasi	V	Froude	Keterangan
	m/detik		
RL 160 – 150	7,38	2,82	Aliran Super Kritis
RL 150 – 140	7,38	2,82	Aliran Super Kritis
RL 140 – 130	7,38	2,82	Aliran Super Kritis
RL 130 – 120	7,38	2,82	Aliran Super Kritis
RL 120 – 110	7,38	2,82	Aliran Super Kritis
RL 110 – 100	7,38	2,82	Aliran Super Kritis
RL 100 – 90	7,38	2,82	Aliran Super Kritis
RL 90 – 80	7,38	2,82	Aliran Super Kritis
RL 80 – 70	7,38	2,82	Aliran Super Kritis
RL 70 – 60	7,38	2,82	Aliran Super Kritis
RL 60 – 40	7,29	2,78	Aliran Super Kritis

Tabel 9. Hasil Perhitungan Nilai *Froude* Pada Saluran *Dumping* Palapa Saluran B – B’

Elevasi	V m/detik	Froude	Keterangan
RL 120 – 110	6,39	2,44	Aliran Super Kritis
RL 110 – 100	7,38	2,82	Aliran Super Kritis
RL 100 – 90	6,39	2,44	Aliran Super Kritis
RL 90 – 80	7,83	2,99	Aliran Super Kritis
RL 80 – 70	5,83	2,23	Aliran Super Kritis
RL 70 – 60	11,07	4,22	Aliran Super Kritis

Tabel 10. Hasil Perhitungan Nilai *Froude* Pada Saluran *Dumping* Palapa Saluran C – C’

Elevasi	V m/detik	Froude	Keterangan
RL 130 – 120	5,22	1,99	Aliran Super Kritis
RL 120 – 110	5,83	2,23	Aliran Super kritis
RL 110 – 100	7,38	2,82	Aliran Super kritis
RL 100 – 90	11,07	4,22	Aliran Super kritis

4.3 Perhitungan Tyre Drop Structure

Tyre drop structure adalah bangunan yang dibuat dari ban-ban bekas dumptruck yang ditengahnya diisi dengan batuan berukuran >10 cm. Adapun spesifikasi ban yang digunakan dalam perhitungan ini adalah ban *dumptruck* Komatsu HD 785 dan Caterpillar HD 785 (tabel 11). Alasan pemilihan dua spesifikasi ban ini dikarenakan sebagian besar alat angkut pada kegiatan penambangan di PT. Kaltim Prima Coal menggunakan kedua unit *dumptruck* tersebut. Selain itu, pemilihan ini juga didasarkan pada ukuran ban yang cukup besar dibandingkan dengan ban lainnya sehingga penggunaan ban lebih sedikit.

Tabel 11. Spesifikasi Ban

Jenis Ban	Lebar / Wd (m)	Tinggi / Hd (m)
Komatsu HD 785	2,75	0,75
Caterpillar HD 785	3	1

Perhitungan *tyre drop structure* ini menggunakan rumus sebagai berikut^{[22][24]}:

Tinggi *tyre drop structure*

$$\sum H = H_t - \Delta h \quad (18)$$

Nilai Δh dapat dicari dengan menggunakan rumus:

$$\Delta h = 1,5\% \times L_t \quad (19)$$

Jumlah *drop*

$$n = \frac{\sum H}{H_d} \quad (20)$$

Jarak antar *drop*

$$L = \frac{L_t}{n} \quad (21)$$

Kecepatan aliran air

$$V = \sqrt{2 \times g \times h_d} \quad (22)$$

Hasil perhitungan ini untuk mendapatkan jumlah tingkatan ban (*drop*) dan jarak antar tingkatannya. Selain itu, hasil perhitungan ini juga dapat dilihat kecepatan aliran air setelah dibangun *tyre drop structure*. Penggunaan ban disesuaikan dengan hasil perhitungan dan spesifikasi ban yang digunakan. Dimana, satu *line tyre drop structure* berisi 3 ban.

Adapun salah satu perhitungan perkuatan saluran (*tyre drop structure*) pada saluran A segmen RL 160 – 150 mdpl dengan menggunakan ban jenis Komatsu HD 785 adalah sebagai berikut:

$$\begin{aligned} \Delta h &= 1,5\% \times L_t \\ &= 1,5\% \times 125 \text{ m} \\ &= 1,88 \text{ m} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Tinggi saluran } (\sum H) &= H_t - \Delta h \\ &= 10 \text{ m} - 1,88 \text{ m} \\ &= 8,13 \text{ m} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Jumlah } drop (n) &= \frac{\sum H}{H_d} \\ &= \frac{8,13}{0,75} \\ &= 11 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Jarak antar } drop (L) &= \frac{L_t}{n} \\ &= \frac{125}{11} \\ &= 11,5 \text{ m} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Kecepatan aliran air } (V) &= \sqrt{2 \times g \times h_d} \\ &= \sqrt{2 \times 9,8 \times 0,75} \\ &= 3,8 \text{ m/detik} \end{aligned}$$

Tabel 12. Hasil Perhitungan *Tyre Drop Structure* Pada Saluran A-A’

Elevasi	Panjang Saluran (m)	Tinggi TDS (m)	SALURAN A-A’					
			Komatsu HD 785			CAT 785		
			n (m)	L (m)	V (m/s)	n (m)	L (m)	V (m/s)
RL 160 – 150	125	8,13	11	11,5	3,8	8	15,4	4,4
RL 150 – 140	125	8,13	11	11,5	3,8	8	15,4	4,4
RL 140 – 130	125	8,13	11	11,5	3,8	8	15,4	4,4
RL 130 – 120	125	8,13	11	11,5	3,8	8	15,4	4,4
RL 120 – 110	125	8,13	11	11,5	3,8	8	15,4	4,4
RL 110 – 100	125	8,13	11	11,5	3,8	8	15,4	4,4
RL 100 – 90	125	8,13	11	11,5	3,8	8	15,4	4,4
RL 90 – 80	125	8,13	11	11,5	3,8	8	15,4	4,4
RL 80 – 70	125	8,13	11	11,5	3,8	8	15,4	4,4
RL 70 – 60	125,062	8,12	11	11,5	3,8	8	15,4	4,4
RL 60 – 40	329,467	15,06	20	16,4	3,8	15	21,9	4,4
Rata-Rata				11,5			15,4	

Tabel 13. Hasil Perhitungan *Tyre Drop Structure* Pada Saluran B-B'

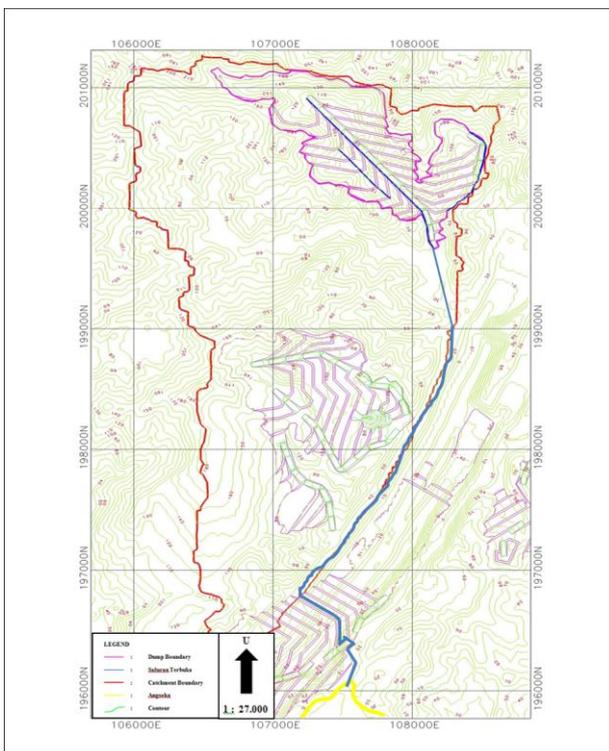
Elevasi	Panjang Saluran (m)	Tinggi TDS (m)	SALURAN B-B'					
			Komatsu HD 785			CAT 785		
			n (m)	L (m)	V (m/s)	n (m)	L (m)	V (m/s)
RL 120 – 110	166.273	7,51	10	16,6	3,8	8	22,2	4,4
RL 110 – 100	130.507	8,04	11	12,2	3,8	8	16,2	4,4
RL 100 – 90	167.602	7,49	10	16,8	3,8	7	22,4	4,4
RL 90 – 80	107.398	8,39	11	9,6	3,8	8	12,8	4,4
RL 80 – 70	191.345	7,13	10	20,1	3,8	7	26,8	4,4
RL 70 – 60	56.099	9,16	12	4,6	3,8	9	6,1	4,4
Rata-Rata				13,31			17,75	

Tabel 14. Hasil Perhitungan *Tyre Drop Structure* Pada Saluran C-C'

Elevasi	Panjang Saluran (m)	Tinggi TDS (m)	SALURAN C-C'					
			Komatsu HD 785			CAT 785		
			n (m)	L (m)	V (m/s)	n (m)	L (m)	V (m/s)
RL 130 – 120	231.043	6,53	9	26,5	3,8	7	35,4	4,4
RL 120 – 110	183.178	7,25	10	18,9	3,8	7	25,3	4,4
RL 110 – 100	121.279	8,18	11	11,1	3,8	8	14,8	4,4
RL 100 – 90	19.626	9,71	13	1,5	3,8	10	2	4,4
Rata-Rata				14,5			19,37	

4.4 Rencana Penyaliran Air Limpasan Dari Area *Dumping*

Area *dumping* Palapa telah mencapai *final* pada akhir tahun 2020. Seiring dengan area *dumping* yang telah mencapai *final*, *pit* Pinang South juga telah semakin memanjang. Dalam hal ini, air limpasan diarahkan langsung menuju kolam pengendapan lumpur Angsoka. Pemilihan lokasi ini berdasarkan kontur rencana penambangan dari *pit* Pinang South (gambar 14).



Gambar 14. Peta Rencana Saluran Terbuka

Air limpasan dari area *dumping* Palapa dialirkan secara gravitasi menggunakan saluran terbuka langsung menuju kolam pengendapan lumpur Angsoka. Saluran ini rencananya dibuat melalui *bench lowwall*, kemudian dilanjutkan melalui *In Pit Dump Panel 1* dan berakhir di kolam pengendapan lumpur Angsoka. Air yang masuk ke dalam saluran ini tidak hanya dari area *dumping* Palapa saja, namun perbukitan di sebelah area *dumping* Palapa, *final dump* Bimasakti dan Galaksi. Dengan demikian dimensi saluran dirancang dapat menampung dan mengalirkan total air yang masuk.

4.4.1. Debit Limpasan

Adapun perhitungan debit limpasan pada saluran terbuka dengan luas *catchment area* = 7,9 km², L = 6689 m, dan kemiringan saluran = 5,5 % adalah sebagai berikut:

$$\begin{aligned}
 \text{Waktu konsentrasi (tc)} &= 0,0195 \left(\frac{L}{\sqrt{S}} \right)^{0,77} \\
 &= 0,0195 \left(\frac{6689}{\sqrt{0,055}} \right)^{0,77} \\
 &= 52,54 \text{ menit} \\
 &= 0,87 \text{ jam}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 \text{Intensitas hujan (I)} &= \left(\frac{R_{24}}{24} \right) \times \left(\frac{24}{t_c} \right)^{2/3} \\
 &= \left(\frac{112,917}{24} \right) \times \left(\frac{24}{0,87} \right)^{2/3} \\
 &= 42,77 \text{ mm/jam}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 \text{Debit limpasan (Q)} &= 0,278 \times C \times I \times A \\
 &= 0,278 \times 0,65 \times 42,77 \\
 &\quad \text{mm/jam} \times 7,9 \text{ km}^2 \\
 &= 61,05 \text{ m}^3/\text{detik}
 \end{aligned}$$

4.4.2. Dimensi Saluran Terbuka

Adapun perhitungan dimensi saluran terbuka dengan kedalaman saluran (H) = 2 m, lebar dasar saluran (b) = 2 m, panjang sisi miring talud (m) = 1,5 m adalah sebagai berikut:

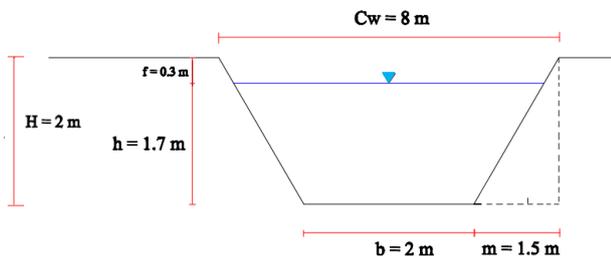
$$\begin{aligned}
 \text{Lebar permukaan saluran (CW)} &= b + (2 \times m \times H) \\
 &= 2 + (2 \times 1,5 \times 2) \\
 &= 8 \text{ m}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 \text{Luas penampang basah (A)} &= \{ b + (m \times H) \} H \\
 &= \{ 2 + (1,5 \times 2) \} 2 \\
 &= 10 \text{ m}^2
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 \text{Keliling basah (P)} &= b + (2 \times H) \times \sqrt{1 + m^2} \\
 &= 2 + (2 \times 1,7) \times \sqrt{1 + 1,5^2}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 &= 9,21 \text{ m} \\
 \text{Jari-jari hidrolis (R)} &= \frac{A}{P} \\
 &= \frac{10}{9,21} \\
 &= 1,08 \\
 \text{Kecepatan aliran (V)} &= \frac{1}{n} \times R^{\frac{2}{3}} \times S^{\frac{1}{2}} \\
 &= \frac{1}{0,028} \times 1,08^{\frac{2}{3}} \times \\
 &\quad 0,04^{\frac{1}{2}} \\
 &= 7,55 \text{ m/detik} \\
 \text{Debit air tampungan (Q)} &= A \times \frac{1}{n} \times R^{\frac{2}{3}} \times S^{\frac{1}{2}} \\
 &= 10 \times 7,55 \\
 &= 75,5 \text{ m}^3/\text{detik}
 \end{aligned}$$

Berdasarkan perhitungan dimensi saluran, didapatkan debit tampungan lebih besar dari debit yang masuk. Dengan demikian geometri saluran pada perhitungan tersebut dapat digunakan (gambar 15).



Gambar 15. Geometri saluran terbuka menuju kolam pengendapan lumpur

5. Kesimpulan dan Saran

5.1. Kesimpulan

- Dimensi saluran terbuka yang dapat digunakan untuk area *final dump* Palapa adalah sebagai berikut:
 - Lebar dasar saluran (b) = 2 m
 - Tinggi saluran = 1 m
 - Tinggi aliran air (h) = 0,7 m
 - Tinggi jagaan (f) = 0,3
 - Lebar kemiringan talud (m) = 1,5
 - Lebar permukaan saluran (CW) = 5 m
 Untuk posisi saluran terbuka dapat dilihat pada gambar 7.
- Berdasarkan klasifikasi aliran air dengan menggunakan bilangan *Froude* didapatkan semua segmen pada masing-masing saluran terbuka adalah aliran super kritis (nilai $F > 1$). Posisi segmen aliran bersifat super kritis ini dapat dilihat pada gambar 10, 11, 12, dan 13
- Jumlah *drop* (tingkatan ban) dan jarak antar *drop* yang didapat pada masing-masing saluran adalah:
 - Saluran A-A'
 - Ban *Komatsu* HD 785

$$\begin{aligned}
 \text{Jumlah } drop &= 130 \text{ drop} \\
 \text{Jarak rata-rata} &= 11,5 \text{ m} \\
 \text{2) Ban } Catepillar \text{ HD 785} \\
 \text{Jumlah } drop &= 95 \text{ drop} \\
 \text{Jarak rata-rata} &= 15,4 \text{ m}
 \end{aligned}$$

b. Saluran B-B'

$$\begin{aligned}
 \text{1) Ban } Komatsu \text{ HD 785} \\
 \text{Jumlah } drop &= 64 \text{ drop} \\
 \text{Jarak rata-rata} &= 13,31 \text{ m} \\
 \text{2) Ban } Catepillar \text{ HD 785} \\
 \text{Jumlah } drop &= 47 \text{ drop} \\
 \text{Jarak rata-rata} &= 17,75 \text{ m}
 \end{aligned}$$

c. Saluran C-C'

$$\begin{aligned}
 \text{1) Ban } Komatsu \text{ HD 785} \\
 \text{Jumlah } drop &= 43 \text{ drop} \\
 \text{Jarak rata-rata} &= 14,5 \text{ m} \\
 \text{2) Ban } Catepillar \text{ HD 785} \\
 \text{Jumlah } drop &= 32 \text{ drop} \\
 \text{Jarak rata-rata} &= 19,37 \text{ m}
 \end{aligned}$$

- Air dari area *dumping* Palapa dialirkan menuju kolam pengendapan lumpur Angsoka dengan menggunakan saluran terbuka. Dimensi saluran yang dapat digunakan (gambar 14) adalah sebagai berikut:
 - Lebar dasar saluran (b) = 2 m
 - Tinggi aliran air (h) = 2 m
 - Tinggi aliran air (h) = 1,7 m
 - Tinggi jagaan (f) = 0,3 m
 - Lebar kemiringan talud (m) = 1,5 m
 - Lebar permukaan saluran (CW) = 8 m

5.2. Saran

- Sebaiknya saluran C-C' dikonstruksi untuk mencegah terjadinya genangan (*ponding*) akibat jarak tempuh aliran air yang mencapai 500 m. Dimana, menurut aturan perusahaan setiap panjang *bench* suatu *dumping* mencapai 250 m – 300 m harus dibuat saluran.
- Sebaiknya spesifikasi ban yang digunakan untuk perkuatan saluran (*tyre drop structure*) adalah ban *Caterpillar* HD 785 karena jumlah *drop* yang lebih sedikit dibandingkan ban *Komatsu* HD 785.

Daftar Pustaka

- Sugiyono. *Metodologi Penelitian Kuantitatif, Kualitatif, dan R & D*. Jakarta: Alfabeta. (2008).
- Soemarto CD. *Hidrologi Teknik Edisi 2*. Jakarta: Penerbit Erlangga. (1995).
- Sosrodarsono. *Hidrologi Untuk Pengaliran*. Jakarta: Pradnya Paramita. (1993).
- Awang Suwandhi. *Perencanaan Tambang Terbuka*. Bandung: Unisba. (2004).
- Suripin. *Sistem Drainase Perkotaan Yang Berkelanjutan*. Yogyakarta: Penerbit Andi. (2004).
- Rusmayade, Putri. *Evaluasi Sistem Penirisan Tambang di Pit 2 Blok Keluang PT Baturona Adimulya Musi Banyuasin Sumatera Selatan*. Jurnal JP 2, 34. Universitas Sriwijaya. (2018).

- [7] Tumpol, Richardo. *Perencanaan Teknis Sistem Penyaliran Tambang Terbuka di PT. Bara Anugrah Sejahtera Lokasi Pulau Panggung Muara Enim Sumatera Selatan*. Jurnal JP **1**, 1. Universitas Sriwijaya. (2017).
- [8] Yohannes, Gultom. *Evaluasi Kapasitas Pompa Pada Sistem Penirisan Tambang Banko Barat Pit 1 Timur PT Bukit Asam (Persero) Tbk Unit Penambangan Tanjung Enim Sumatera Selatan*. Jurnal JP **1**, 1. Universitas Sriwijaya. (2017).
- [9] Soewarno. *Hidrologi Aplikasi Metode Statistik Jilid 1*. Bandung: Penerbit Nova. (1995).
- [10] Prahastini, S.D., & Gautama, R.S. *Perancangan Aplikasi untuk Sistem Penyaliran pada Tambang Terbuka*. Jurnal Ilmiah, **19** (3), 150-156. (2012).
- [11] Muhammad, Ramadanto. *Kajian Teknis Sistem Penyaliran Pada Phase 5 di PT. Bukit Asam (Persero), TBK Unit Pelabuhan Tarahan, Bandar Lampung*. Jurnal JP **1**, 19. Universitas Sriwijaya. (2017).
- [12] Ridho, Qurniawan. *Kajian Teknis Sistem Penyaliran Tambang Batubara Tahun 2016 untuk Menentukan Kebutuhan Pompa Pada Pit Timur*. Prosiding Teknik Pertambangan **3**, 482. Universitas Islam Bandung. (2016).
- [13] Uyu, Saismana. *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, 33. Universitas Lambung Mangkurat. (2016).
- [14] Asdak, C. *Hidrologi dan Pengelolaan Daerah Aliran Sungai*. Yogyakarta: Gadjah Mada University Press. (1995).
- [15] Irwandy, Arif., & Gatut, S. *Perencanaan Tambang*. Bandung: ITB. (2005).
- [16] Tanzilullah, H.A. *Dump Drainage and Rehab (DDR)*. Microsoft Powerpoint Slide 2. Departemen Mine Planning: PT. Kaltim Prima Coal. (2009).
- [17] Widodo, Lilik Eko. *Hidrologi, Hidrogeologi Serta Penyaliran Tambang*. Bandung : Lap ITB. (2012).
- [18] Rudi, Sayoga. *Sistem Penyaliran Tambang*. Jurusan Teknik Pertambangan FTM: ITB. (1999).
- [19] Aldi, Armandisastra. *Evaluasi Sistem Penyaliran Pada Tambang Batubara di Pit Langap PT. Kalimantan Prima Persada Jobsite BDMA Kecamatan Malinau Selatan Kabupaten Malinau Provinsi Kalimantan Utara*. Prosiding Teknik Pertambangan **1**, 364. Universitas Islam Bandung. (2017).
- [20] Alzur, Zanni. *Pencegahan dan Penanggulangan Air Limpasan yang Masuk ke Kolam Blok Barat terhadap Pit Blok Timur Penambangan Batubara PT. Indoasia Cemerlang (PT IAC) Desa Sungai Cuka, Kecamatan Kintap, Kabupaten Tanah Laut, Provinsi Kalimantan Selatan*. Prosiding Teknik Pertambangan Gelombang **2**, 160. Universitas Islam Bandung. (2014).
- [21] Rifan, Gifari. *Desain Main Sump Pada Rencana Penambangan Tahun 2015 di PT Jambi Prima Coal, Desa Pamusiran, Kecamatan Mandiangin, Kabupaten Sarolangun, Provinsi Jambi*. Prosiding Teknik Pertambangan **2**, 569. Universitas Islam Bandung. (2015).
- [22] Anonim. *Guidline of Mine Water Management KPC. PT Kaltim Prima Coal*. Sangatta: Departemen Mine Planning. (2013).
- [23] Muhammad, Jazuli. *Analisis Hidrologi dan Hidrolika Pada Saluran Drainase Ramanuju Hilir Kotabumi (Menggunakan Program HEC-RAS)*. (Online). Jurnal JRSDD **3**, 303. Universitas Lampung. (2015).
- [24] Rinaldi, Nuri Agung. *Perencanaan Teknis Sistem Penyaliran Pada Area Dumping Bimasakti dan Nirwana di Pit Pinang South PT Kaltim Prima Coal Sangatta Kalimantan Timur*. Laporan penelitian. Universitas Sriwijaya. (2016).