

BAB II

KAJIAN PUSTAKA

2.1. Aktifitas Penambangan

Sebagaimana termaktub dalam Pasal 1 ayat 1 UU No 4 Tahun 2009, bahwa aktifitas tambang merupakan seluruh tahapan kegiatan dalam rangka penelitian, pengolahan dan pengusahaan mineral atau batubara yang meliputi penyelidikan umum, eksploitasi, studi kelayakan, konstruksi, penambangan, pengolahan dan pemurnian, pengangkutan dan penjualan, serta kegiatan pasca tambang. Untuk itu perusahaan pengelola mempunyai tanggung jawab terhadap pemeliharaan dan pengembalian fungsi lahan sampai pada fase setelah tambang untuk menjaga keseimbangan ekosistem yang sebelumnya ada. Berikut akan diuraikan tentang aktifitas tambang secara runtut.

Tabel 2.1. Aktifitas Penambangan Secara Umum

No.	Tahap Eksplorasi dan Eksploitasi	Kegiatan
1.	Persiapan	Pendugaan lapisan batuan, kualitas mineral batubara dan kapasitas batubara yang akan dieksploitasi.
2.	Pembersihan Lahan (<i>Land Clearing</i>)	<ul style="list-style-type: none"> • Penebangan kayu berdiameter > 30 cm • Penggusuran semak-semak kemudian dibakar. • Relokasi hewan primata dilindungi. • Perataan medan dengan dozer untuk memudahkan pengupasan tanah. • Pembuatan jalan akses untuk kegiatan mob de mob.
3.	Pengupasan tanah pucuk (<i>Top Soil</i>)	Pengupasan tanah atas yang kaya unsur hara biasanya terdapat pada zona A, B

		pada area calon <i>pit</i> , untuk dipindahkan pada <i>stockpile</i> untuk kepentingan rehabilitasi pasca tambang
4.	Pengupasan tanah penutup (<i>stripping overburden</i>)	<ul style="list-style-type: none"> • Penggalian secara mekanis dengan excavator jika tanah lunak. • Peledakan (<i>blasting</i>) jika mendapati lapisan batuan keras sampai mencapai kedalaman batubara.
5.	Penimbunan tanah penutup (<i>overburden removal</i>)	Tanah penutup dapat ditimbun dengan dua cara yaitu <i>backfilling</i> dan penimbunan langsung. Tanah penutup yang akan dijadikan material <i>backfilling</i> biasanya akan ditimbun ke penimbunan sementara pada saat tambang baru dibuka. Daerah penimbunan <i>overburden</i> pada suatu tempat tertentu yang dinamakan <i>dumping area</i> .
6.	Penambangan Batubara (<i>coal cleaning, coal getting</i>).	<ul style="list-style-type: none"> • Didahului kegiatan <i>coal cleaning</i> yaitu untuk membersihkan pengotor yang berasal dari permukaan batubara (<i>face batubara</i>) yang berupa material sisa tanah penutup yang masih tertinggal sedikit, serta pengotor lain yang berupa agen pengendapan (air permukaan, air hujan, longsor). • <i>coal getting</i> proses pengambilan batubara untuk dimuat ke alat

		angkutnya. Untuk lapisan batubara yang keras, maka terlebih dahulu dilakukan penggaruan.
7.	Pengangkutan Batubara (<i>coal hauling</i>)	Setelah dilakukan kegiatan <i>coal getting</i> , kegiatan lanjutan adalah pengangkutan batubara (<i>coal hauling</i>) dari lokasi tambang (<i>pit</i>) menuju <i>stockpile</i> atau langsung ke unit pengolahan.
8.	Penimbunan <i>pit</i> oleh material <i>overburden</i> (<i>dumping in pit</i>)	Penutupan galian tambang (<i>pit</i>) dengan material <i>overburden</i> . Kegiatan ini dimaksudkan agar <i>pit</i> bekas tambang tidak meninggalkan lubang yang besar.
9.	Perataan dan Rehabilitasi Tanah (<i>spreading</i>)	Terdiri dari pekerjaan penimbunan, perataan, pembentukan, dan penebaran tanah pucuk diatas <i>disposal overburden</i> yang telah di <i>backfilling</i> , agar daerah bekas tambang dapat ditanami kembali untuk pemulihan lingkungan hidup (<i>reclamation</i>).
10.	Penghijauan (<i>reclamation</i>)	Merupakan proses untuk penanaman kembali lahan bekas tambang, dengan tanaman yang sesuai atau hampir sama seperti pada saat tambang belum dibuka.

Sumber : <http://tambangunsri.blogspot.com>, diakses 28 November 2013

2.2. Mutu Batubara PT. Kaltim Prima Coal

Tabel 2.2. Indikator Batubara Kualitas Prima

No.	Spesifikasi Kandungan	Harga
1.	Total Moisture % as received	10,5
2.	Proximate Analysis % air dried basis : <ul style="list-style-type: none"> • Moisture • Ash • Volatile Matter • Fixed Carbon 	5,0 5,0 41,0 49,0
3.	Calorific Value kcal/kg <ul style="list-style-type: none"> • Air dried • Gross as received • Net as received 	7100 6700 6440
4.	HGI	48
5.	Ultimate Analysis (daf) % <ul style="list-style-type: none"> • Carbon • Hydrogen • Nitrogen • Sulfur • Oxygen 	80,0 5,50 1,60 0,67 12,2
6.	Sulfur (abd) %	0,06
7.	Chlorine (adb) %	<0,01
8.	Phosphorus (db in coal) %	0,01
9.	Ash usion Temperature C reducing <ul style="list-style-type: none"> • Initial deformation • Hemispherical • Flow 	1200 1300 1350
10.	Ash Analysis (% in ash)	

	<ul style="list-style-type: none"> • SiO₂ • Al₂O₃ • Fe₂O₃ • CaO • MgO • TiO₂ • Na₂O • K₂O • P₂O₅ • SO₃+ other 	<p>56,0</p> <p>24,5</p> <p>9,5</p> <p>1,70</p> <p>2,00</p> <p>1,10</p> <p>0,50</p> <p>2,20</p> <p>0,40</p> <p>2,10</p>
11.	<p>Sizing</p> <ul style="list-style-type: none"> • Above 50 mm • Under 2 mm 	<p>2,0</p> <p>30,0</p>

Sumber : Laporan Pembangunan Berkelanjutan 2006 PT. KPC

Tabel 2.3. Indikator Batubara Kualitas Pinang 6159 Gar

No.	Spesifikasi Kandungan	Harga
1.	Total Moisture % as received	14,5
2.	Proximate Analysis % air dried basis <ul style="list-style-type: none"> • Moisture • Ash • Volatile • Fixed Carbon 	<p>9,0</p> <p>5,5</p> <p>40,0</p> <p>45,5</p>
3.	Calorific Value kcal/kg <ul style="list-style-type: none"> • Air dried • Gross as received • Net as received 	<p>6560</p> <p>6150</p> <p>5850</p>
4.	HGI	46
5.	Ultimate Analysis (daf) % <ul style="list-style-type: none"> • Carbon • Hydrogen 	<p>78,5</p> <p>5,50</p>

	<ul style="list-style-type: none"> • Nitrogen • Sulfur • Oxigen 	1,60 0,70 13,7
6.	Sulfur (adb) %	0,60
7.	Chlorine (adb) %	< 0,01
8.	Phosphorus (db in coal) %	0,009
9.	Ash Fusion Temperature C Reducing <ul style="list-style-type: none"> • Initial deformation • Hemispherical • Flow 	1150 1250 1350
10.	Ash Analysis (% in ash) <ul style="list-style-type: none"> • SiO₂ • Al₂O₃ • CaO • MgO • TiO₂ • Na₂O • K₂O • P₂O₅ • SO₃ + other • Fe₂O₃ 	53,0 23,5 3,10 2,70 1,00 0,60 2,10 0,36 4,6 9,0
11.	Sizing <ul style="list-style-type: none"> • Above 50 mm • Under 2 mm 	2,0 30,0

Sumber : Laporan Pembangunan Berkelanjutan 2006 PT. KPC

Tabel 2.4. Indikator Batubara Kualitas Melawan

No.	Spesifikasi Kandungan	Harga
1.	Total Moisture % as received	23,5
2.	Proximate Analysis % air dried basis <ul style="list-style-type: none"> • Moisture • Ash • Volatile • Fixed Carbon 	18,0 2,5 38,0 41,5
3.	Calorific Value kcal/kg <ul style="list-style-type: none"> • Air dried • Gross as received • Net as received 	5750 5350 5050
4.	HGI	42 – 46
5.	Ultimate Analysis (daf) % <ul style="list-style-type: none"> • Carbon • Hydrogen • Nitrogen • Sulfur • Oxygen 	75,5 5,10 1,60 0,25 17,5
6.	Sulfur (adb) %	0,20
7.	Chlorine (adb) %	< 0,01
8.	Phosphorus (db in coal) %	0,003
9.	Ash Fusion Temperature C Reducing <ul style="list-style-type: none"> • Initial deformation • Hemispherical • Flow 	1150 1200 1250
10.	Ash Analysis (% in ash) <ul style="list-style-type: none"> • SiO₂ • Al₂O₃ • Fe₂O₃ 	36,0 13,9 14,8 12,70

	<ul style="list-style-type: none"> • CaO • MgO • TiO₂ • Na₂O • K₂O • P₂O₅ • SO₃ + other 	<p>8,60</p> <p>0,80</p> <p>0,70</p> <p>1,70</p> <p>0,2</p> <p>10,6</p>
11.	<p>Sizing</p> <ul style="list-style-type: none"> • Above 50 mm • Under 2 mm 	<p>2,0</p> <p>30,0</p>

Sumber : Laporan Pembangunan Berkelanjutan 2006 PT. KPC

2.3. Analisa Data Hidrologi

Dalam perencanaan bangunan air erat kaitannya dengan kajian hidrologi, karena bangunan air tersebut ukuran-ukurannya diperhitungkan untuk cukup mengalirkan sejumlah volume air tertentu dalam suatu waktu yang lamanya tertentu pula, disebut debit aliran air (Subarkah 1980: 2).

Presipitasi adalah faktor utama yang mengendalikan berlangsungnya proses hidrologi dalam suatu wilayah Daerah Aliran Sungai (Asdak, 2001: 39). Indonesia adalah negara tropis dengan sumber presipitasi utama adalah air hujan. Oleh sebab itu data hujan dijadikan sumber dari data debit yang melimpas di permukaan ataupun yang masuk ke sungai.

2.3.1 Uji Konsistensi Data Lengkung Massa Ganda

Dalam satu periode pengambilan data hujan pada stasiun hujan, data output belum bisa sepenuhnya dipakai karena dalam kurun periode pencatatan dimungkinkan terjadi kesalahan baik dari segi manusia dalam waktu pengambilan data. Kesalahan yang mungkin terjadi selama proses pengambilan data hujan seperti pemindahan alat penakar hujan, tertutupnya alat penakar hujan oleh vegetasi atau bentuk penghalang lainnya tentunya dapat mengakibatkan perubahan data hujan yang tercatat (Asdak, 2001: 71).

Ketelitian hasil perhitungan dalam ramalan Hidrologi sangat diperlukan, yang tergantung dari konsistensi data itu sendiri. Dalam suatu rangkaian data pengamatan hujan, dapat timbul ketidakkonsistenan, yang dapat mengakibatkan penyimpangan dalam perhitungan. Ketidakkonsistenan ini dapat disebabkan oleh beberapa faktor, antara lain :

- a. Perubahan letak stasiun
- b. Perubahan sistem pendataan
- c. Perubahan iklim
- d. Perubahan dalam lingkungan sekitar

Uji konsistensi ini dapat diselidiki dengan cara membandingkan curah hujan tahunan kumulatif dari stasiun yang diteliti dengan harga kumulatif curah hujan rata-rata dari suatu jaringan stasiun dasar yang bersesuaian. Pada umumnya, metode ini di susun dengan urutan kronologis mundur dan di mulai dari tahun yang terakhir atau data yang terbaru hingga data terakhir.

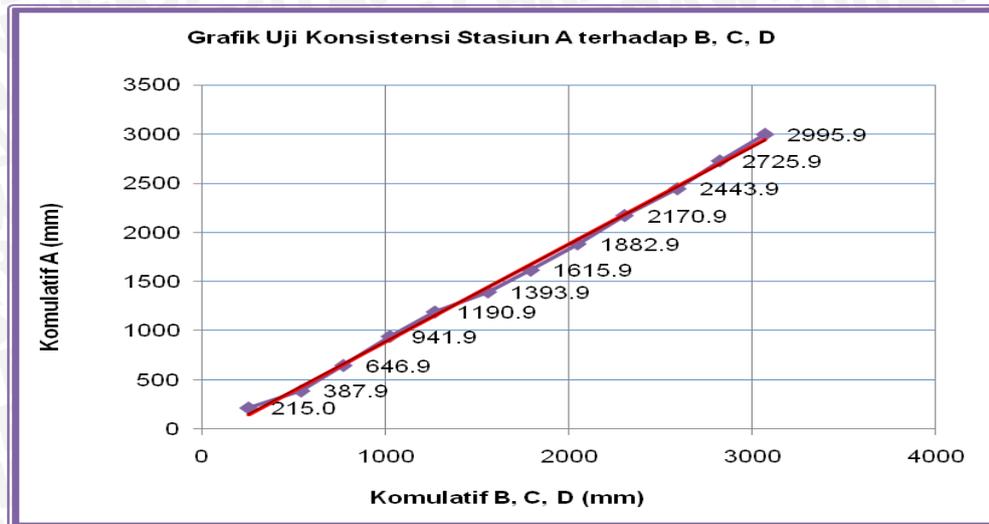
Jika terdapat data hujan tahunan dengan jangka waktu pengamatan yang panjang, maka kurva massa ganda itu dapat digunakan untuk memperbaiki kesalahan pengamatan yang terjadi yang disebabkan oleh perubahan posisi atau cara pemasangan yang tidak baik dari alat ukur curah hujan (Sosrodarsono, 1980: 52). Lengkung massa ganda dimaksudkan untuk melakukan uji konsistensi data hujan. Dari pengujian tersebut dapat diketahui apakah terjadi perubahan lingkungan atau perubahan lingkungan atau perubahan cara menakar. (Limantara, 2010: 46).

Tabel 2.5. Contoh Tabulasi Perhitungan

No.	Tahun	Stasiun Hujan A	Kumulatif A	Rerata B,C,D	Kumulatif B,C,D
1	2008	215.0	215.0	255.5	255.5
2	2007	172.9	387.9	286.7	542.2
3	2006	259.0	646.9	230.5	772.7
4	2005	295.0	941.9	253.0	1025.7
5	2004	249.0	1190.9	246.1	1271.8
6	2003	203.0	1393.9	289.1	1560.8
7	2002	222.0	1615.9	232.9	1793.7
8	2001	267.0	1882.9	255.2	2049.0
9	2000	288.0	2170.9	256.7	2305.7
10	1999	273.0	2443.9	287.9	2593.5
11	1998	282.0	2725.9	231.7	2825.2
12	1997	270.0	2995.9	246.4	3071.6

Sumber : Contoh Perhitungan

Misalkan yang diuji adalah stasiun A, maka data hujan tahunan kumulatif di stasiun A dibandingkan secara grafis dengan harga kumulatif rerata hujan tahunan di pos B, C, D. Kemudian data digambarkan pada kertas grafik dengan kumulatif stasiun A sebagai sumbu tegak dan kumulatif B, C, D sebagai sumbu mendatarnya. Secara ideal jika data tercatat mendekati benar akan membentuk sejajar garis linier atau berupa garis lurus dengan gradient sudut $\text{tg } 45^\circ$ (Limantara, 2010: 47).



Gambar 2.1. Lengkung Massa Ganda

Sumber : Contoh Perhitungan

Dari gambar diatas dapat dilihat garis merah merupakan garis linier yang seharusnya sebaran data harus mendekati garis linier sebagai bukti keandalan data hujan sebelum bisa dipakai. Apabila terjadi penyimpangan maka data sesudah tahun yang menjadi titik awal penyimpangan harus dikalikan dengan nisbah antara dua sudut garis yang terjadi (Asdak, 2001: 72). Nisbah yang dimaksud dibentuk dari perbandingan slope garis linier dengan slope garis penyimpangan yang terjadi.

2.3.2. Metode Poligon Thiessen

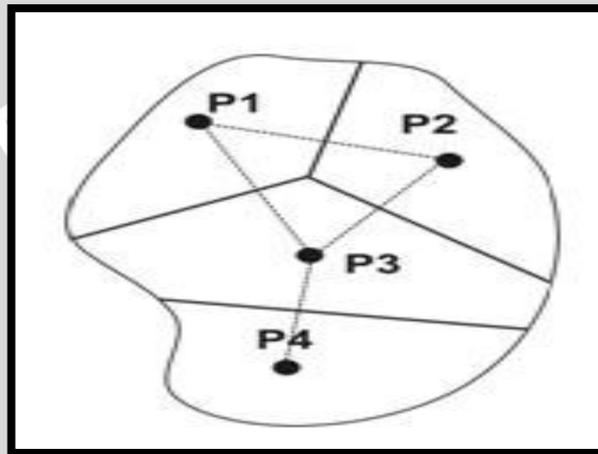
Metode Poligon *Thiessen* didasarkan retata timbang (*weighted average*). Masing – masing stasiun penakar diasumsikan dipengaruhi oleh luasan tertentu. Dibentuk dengan menggambarkan sumbu tegak lurus terhadap garis penghubung antara dua stasiun yang berdekatan (Soemarto, 1987: 32)

Berdasarkan metode *Thiessen*, penggambaran dilakukan dengan cara meletakkan titik-titik stasiun pada peta. Selanjutnya menghubungkan titik tiap stasiun sehingga membentuk jaringan segitiga-segitiga. Pada setiap segitiga dibentuk garis-garis bagi tegak lurus sehingga membentuk poligon-poligon di sekitar masing-masing stasiun. Sisi-sisi setiap poligon merupakan batas luas efektif yang diasumsikan untuk stasiun tersebut. Hal ini dapat ditunjukkan seperti

terlihat pada Gambar 2.2 contoh penggambaran metode *Thiessen*.

Luas masing-masing poligon dapat ditentukan dengan planimetri dan dinyatakan sebagai persentase dari luas total. Hasil metode *thiessen* biasanya lebih teliti daripada hasil-hasil yang diperoleh dari perata-perata aritmatik sederhana.

Kendala terbesar dari metode ini adalah ketidakluwesannya. Suatu diagram *Thiessen* baru selalu diperlukan setiap kali terdapat suatu perubahan dalam jaringan alat ukurnya. Selain itu, dalam metode ini tidak boleh ada pengaruh-pengaruh orografis.



Gambar 2.2. Pembagian Luas Metode Thiessen

Sumber : [http://en.wikipedia.org/wiki/poligon Thiessen](http://en.wikipedia.org/wiki/poligon_Thiessen), diakses 3-12-2013

Cara ini didasarkan atas rata-rata timbang (*Weight Average*), jika

$$A = A_1 + A_2 + A_3 + \dots + A_n \quad (2-1)$$

Dimana:

A = luas daerah pengaliran

$\sum A$ = luas daerah pengaruh stasiun penakar hujan, maka

$$\bar{x} = \frac{A_1 \cdot X_1 + A_2 \cdot X_2 + A_3 \cdot X_3 + \dots + A_n \cdot X_n}{A_1 + A_2 + A_3 + A_n} \quad (2-2)$$

2.3.3 Analisa Frekuensi

Analisa frekuensi adalah bukan untuk menentukan besarnya debit aliran sungai pada suatu saat, tetapi lebih tepat untuk memperkirakan apakah debit aliran sungai tersebut atau curah hujan tersebut akan melampaui atau menyamai suatu

harga tertentu yang disebut kala ulang (Limantara, 2010: 53). Kala ulang diartikan sebagai waktu hipotetik dimana hujan atau debit dengan suatu besaran tertentu akan disamai atau dilampaui sekali dalam jangka waktu tersebut. Jadi, tidak ada pengertian bahwa kejadian tersebut akan berulang secara teratur setiap kala ulang tersebut (Limantara, 2010: 53).

2.3.3.1 Distribusi Gumbel

Menurut Gumbel (1941), persoalan tertua adalah berhubungan dengan nilai – nilai ekstrim data dari persoalan banjir. Tujuan teori statistik nilai ekstrim adalah untuk menganalisis hasil pengamatan nilai – nilai ekstrim tersebut untuk memperkirakan nilai ekstrim berikutnya

Gumbel menggunakan teori nilai ekstrim untuk menunjukkan bahwa dalam deret nilai – nilai ekstrim $X_1, X_2, X_3, \dots, X_n$, dengan sample – sample yang sama besar, dan X merupakan variable berdistribusi eksponensial, maka probabilitas kumulatifnya P , pada sembarang nilai diantara n buah nilai X_n akan lebih kecil dari nilai X tertentu (dengan waktu balik Tr) mendekati

$$P(X) = e^{-e^{-a(X-b)}} \quad (2-3)$$

Waktu balik merupakan nilai rata – rata banyaknya tahun karena X_n merupakan data debit maksimum dalam tahun, dengan suatu variate disamai atau dilampaui oleh suatu nilai sebanyak satu kali. Jika interval antara 2 buah pengamatan konstan, maka waktu baliknya dapat dinyatakan sebagai berikut :

$$Tr(X) = \frac{1}{1 - P(X)} \quad (2-4)$$

Ahli – ahli teknik sangat berkepentingan dengan persoalan – persoalan pengendalian banjir sehingga lebih mementingkan waktu balik $Tr(X)$ daripada probabilitas $P(X)$, untuk itu rumus di atas di ubah menjadi :

$$Yt = -\ln \left[-\ln \frac{Tr(X) - 1}{Tr(X)} \right] \quad (2-5)$$

Faktor frekuensi K untuk nilai – nilai ekstrim Gumbel ditulis dengan rumus berikut ini :

$$K = \frac{Y_t - Y_n}{S_n} \tag{2-6}$$

Dengan

Y_t = reduced variate

Y_n = reduced mean yang tergantung dari besarnya sample n

S_n = reduced standar deviation yang tergantung pada besarnya sample n

2.3.3.2 Distribusi Log Pearson Tipe III

Untuk menghitung banjir perencanaan dalam praktek, *The Hidrology Commite of the Water Resources Council, USA*, menganjurkan, pertama kali mentransformasi data ke nilai – nilai logaritmanya, kemudian menghitung parameter- parameter statistiknya. Karena transformasi tersebut, maka cara ini disebut Log Pearson III.

Garis besar cara tersebut adalah sebagai berikut :

- Ubah data banjir tahunan sebanyak n buah $X_1, X_2, X_3, \dots, X_n$ menjadi $\log X_1, \log X_2, \log X_3, \dots, \log X_n$
- Hitung nilai Standar deviasinya dengan rumus berikut ini

$$S_d = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n |(\log x - \log \bar{x})|^3}{(n-1)}} \tag{2-7}$$

- Hitung koefisien kemencengannya dengan rumus:

$$C_s = \frac{n \cdot \sum (\log x - \log \bar{x})^3}{(n-1) \cdot (n-2) \cdot S_d^3} \tag{2-8}$$

- Hitung logaritma debit dengan waktu balik yang dikehendaki dengan rumus:

$$\log Q = \log \bar{Q} + K \cdot S_d \tag{2-9}$$

- Cari antilog dar log Q untuk mendapatkan debit banjir rancangan



2.3.3.3 Distribusi Normal

Distribusi normal atau kurva normal disebut pula distribusi Gauss. Fungsi densitas peluang normal (Probability density function) yang paling dikenal adalah sebagai distribusi normal. Distribusi normal dalam bentuk rata-rata dan simpangan bakunya sebagai berikut :

$$P'(X) = \frac{1}{\sigma\sqrt{2\pi}} \exp\left[-\frac{(X-\mu)^2}{2\sigma^2}\right] \quad (2-10)$$

Dimana :

$P(X)$ = Fungsi densitas peluang normal (ordinat kurva normal)

X = Variabel acak kontinu

μ = Rata – rata nilai X

σ = Simpangan baku dari X

2.3.3.4 Distribusi Log Normal

Jika variabel acak $Y = \log X$ terdistribusi secara normal, maka x dikatakan mengikuti distribusi Log Normal. *Probability density function* untuk distribusi normal dalam bentuk rata-rata dan simpangan baku, sebagai berikut :

$$P'(X) = \frac{1}{\sigma\sqrt{2\pi}} \exp\left[-\frac{(Y - \mu_y)^2}{2\sigma_y^2}\right] X > 0 \quad (2-11)$$

Dimana :

Y = Log X

$P'(X)$ = Peluang Log Normal

X = Nilai variat pengamatan

σ_y = deviasi standart nilai variat Y

μ_y = nilai rata-rata populasi Y

Menurut Jayadi (2000), ciri khas statistik distribusi Log Normal adalah nilai asimetris (koefisien skewness, C_s) sama dengan tiga kali nilai koefisien variasi (C_v) dan selalu bertanda positif.

2.3.4 Uji Distribusi

Uji distribusi dimaksudkan untuk mengetahui apakah persamaan distribusi probabilitas yang dipilih dapat mewakili distribusi statistik data yang dianalisis. Pengujian parameter yang sering dipakai adalah Chi-kuadrat dan Smirnov-Kolmogorov.

1. Uji Chi-kuadrat

Uji Chi-Square dimaksudkan untuk menentukan apakah persamaan distribusi peluang yang telah dipilih dapat mewakili dari distribusi statistik sampel data yang dianalisis. Pengambilan keputusan uji ini menggunakan parameter X^2 , yang dapat dihitung dengan rumus berikut:

$$Xh^2 = \sum_{i=1}^G \frac{(O_i - E_i)^2}{E_i} \quad (2-12)$$

Dengan:

Xh^2 = Parameter chi-kuadrat terhitung

G = Jumlah sub kelompok

O_i = Jumlah nilai pengamatan pada sub kelompok i

E_i = Jumlah nilai teoritis pada sub kelompok i

Tahapan dalam uji ini adalah sebagai berikut:

- Urutkan data pengamatan dari besar ke kecil atau sebaliknya.
- Kelompokkan data menjadi G sub grup, tiap-tiap sub grup minimal 4 data pengamatan.
- Menjumlahkan data pengamatan sebesar O_i tiap-tiap sub grup
- Menjumlahkan data dari persamaan distribusi yang digunakan sebesar E_i
- Untuk tiap-tiap sub grup hitung nilai : $(O_i - E_i)^2$ dan $\frac{(O_i - E_i)^2}{E_i}$
- Menjumlah nilai $\frac{(O_i - E_i)^2}{E_i}$ pada seluruh G sub grup untuk menentukan nilai Chi Square hitung (X^2 hit).
- Menentukan derajat kebebasan, $dk = G - R - 1$

- h. Harga X^2 hit dibandingkan dengan harga X^2 Cr dari table Chi Square dengan dk dan jumlah data (n) tertentu. Apabila X^2 hit $< X^2$ Cr maka hipotesa distribusi dapat diterima.

Parameter Xh^2 merupakan variabel acak. Peluang untuk mencapai nilai Xh^2 sama atau lebih besar dari nilai chi-kuadrat sebenarnya (X^2) dapat dilihat pada tabel. Interpretasi hasil uji adalah sebagai berikut:

1. Apabila peluang lebih dari 5%, maka persamaan distribusi yang digunakan dapat diterima.
2. Apabila peluang kurang dari 1%, maka persamaan distribusi yang digunakan tidak dapat diterima.
3. Apabila peluang berada diantara 1%-5%, maka tidak mungkin mengambil keputusan, misal perlu data tambahan.

Tabel 2.6. Nilai Kritis Chi-Square (X^2 cr)

Δk	a derajat kepercayaan							
	0,995	0,99	0,975	0,95	0,05	0,025	0,01	0,005
1	0,00004	0,00016	0,00098	0,00393	3,841	5,024	6,635	7,879
2	0,010	0,020	0,051	0,103	5,991	7,378	9,210	10,597
3	0,072	0,115	0,216	0,352	7,815	9,348	11,345	12,838
4	0,207	0,297	0,484	0,711	9,488	11,143	13,277	14,860
5	0,412	0,554	0,831	1,145	11,070	12,832	15,086	16,750
6	0,676	0,872	1,237	1,635	12,592	14,449	16,812	18,548
7	0,989	1,239	1,690	2,167	14,067	16,013	18,475	20,278
8	1,344	1,646	2,180	2,733	15,507	17,535	20,090	21,955
9	1,735	2,088	2,700	3,325	16,919	19,023	21,666	23,589
10	2,156	2,558	3,247	3,940	18,307	20,483	23,209	25,188
11	2,603	3,053	3,816	4,575	19,675	21,920	24,725	26,757
12	3,074	3,571	4,404	5,226	21,026	23,337	26,217	28,300
13	3,565	4,107	5,009	5,892	22,362	24,736	27,688	29,819
14	4,075	4,660	5,629	6,571	23,685	26,119	29,141	31,319
15	4,601	5,229	6,262	7,261	24,996	27,488	30,578	32,801
16	5,142	5,812	6,908	7,962	26,296	28,845	32,000	34,267
17	5,697	6,408	7,564	8,672	27,587	30,191	33,409	35,718
18	6,265	7,015	8,231	9,390	28,869	31,526	34,805	37,156
19	6,844	7,633	8,907	10,117	30,144	32,852	36,191	38,582
20	7,434	8,260	9,591	10,851	31,410	34,170	37,566	39,997
21	8,034	8,897	10,283	11,591	32,671	35,479	38,932	41,401
22	8,643	9,542	10,982	12,338	33,924	36,781	40,289	42,796
23	9,260	10,196	11,689	13,091	35,172	38,076	41,638	44,181
24	9,886	10,856	12,401	13,848	36,415	39,364	42,980	45,558
25	10,520	11,524	13,120	14,611	37,652	40,646	44,314	46,928
26	11,160	12,198	13,844	15,379	38,885	41,923	45,642	48,290
27	11,808	12,879	14,573	16,151	40,113	43,194	46,963	49,645
28	12,461	13,565	15,308	16,928	41,337	44,461	48,278	50,993
29	13,121	14,256	16,047	17,708	42,557	45,722	49,588	52,336
30	13,787	14,953	16,791	18,493	43,773	46,979	50,892	53,672

Sumber: I Made Karmiana, 2011 : 207

2. Uji Smirnov-Kolmogorov

Pengujian ini dilakukan untuk mengetahui simpangan horisontal tersebar sebaran teoritis dan sebaran empiris. Simpangan horisontal ini dinyatakan dengan $\Delta_{maks} < \Delta_{cr}$ (didapat dari tabel) untuk derajat nyata tertentu, disimpulkan hipotesa distribusi dapat diterima. Uji kecocokan Smirnov-Kolmogorov sering juga disebut uji kecocokan non parametrik (*non parametric test*), karena pengujiannya tidak menggunakan fungsi distribusi tertentu. Adapun prosedurnya adalah sebagai berikut: (I Made Karmiana, 2011: Halaman)

1. Data curah hujan diurutkan dari kecil ke besar.
2. Menghitung persamaan empiris dengan persamaan berikut:

$$P = \frac{m}{n+1} \times 100\% \quad (2-13)$$

P = Peluang (%)

m = Nomor urut data

n = Jumlah data

3. Mencari nilai G

$$G = \frac{(\text{Log}X_i - \text{Log}X)}{S} \quad (2-14)$$

G = Koefisien Frekuensi

S = Simpangan Baku

4. Menghitung nilai P(x)

$$P(x) = 100 - Pr \quad (2-15)$$

5. Menghitung Selisih $S_n(x)$ dan P(x)

$$S_n(x) = \text{peluang} \left(\frac{\text{rangking}}{\sum \text{data} + 1} \right) \quad (2-16)$$

6. Bandingkan perbedaan terbesar dari perhitungan selisih terbesar (Δ_{maks}) dengan Δ_{cr} dari tabel Smirnov-Kolmogorof. Jika harga $\Delta_{maks} < \Delta_{cr}$, maka penyimpangan masih dalam batas ijin, yang berarti distribusi hujan pengamatan sesuai dengan model distribusi teoritis.

Tabel 2.7. Nilai Kritis Smirnov Kolmogorov

n	α			
	0,2	0,1	0,05	0,01
5	0,45	0,51	0,56	0,67
10	0,32	0,37	0,41	0,49
15	0,27	0,30	0,34	0,40
20	0,23	0,26	0,29	0,36
25	0,21	0,24	0,27	0,32
30	0,19	0,22	0,24	0,29
35	0,18	0,20	0,23	0,27
40	0,17	0,19	0,21	0,25
45	0,16	0,18	0,20	0,24
50	0,15	0,17	0,19	0,23
$n > 50$	$1,07/(n)^{0,5}$	$1,22/(n)^{0,5}$	$1,36/(n)^{0,5}$	$1,63/(n)^{0,5}$

Sumber: I Made Kamiana, 2010: 208

2.4. Koefisien Pengaliran

Koefisien pengaliran adalah perbandingan antara jumlah air yang mengalir disuatu daerah akibat turunnya hujan dengan jumlah air hujan yang turun di daerah tersebut. Besarnya koefisien pengaliran berubah dari waktu ke waktu sesuai dengan pengaruh pemanfaatan lahan dan aliran sungai. Koefisien pengaliran pada suatu daerah dipengaruhi oleh faktor-faktor penting yaitu: (Subarkah, 1980 : 51)

- Keadaan hujan
- Luas dan bentuk daerah pengaliran dan kemiringan dasar sungai
- Daya infiltrasi dan perkolasi tanah
- Kemiringan daerah aliran dan kemiringan dasar sungai
- Kebasahan tanah
- Suhu, udara, angin dan evaporasi yang berhubungan dengan itu
- Letak daerah aliran terhadap arah angin
- Daya tampung palung sungai dan daerah sekitarnya

Tabel 2.8. Koefisien Pengaliran

Surface cover/land use	C
1 Coal Seam, Haul Road, Pit Floor & Loading point	1.00
2 Active Dumping Area	0.75
3 Clearing Area	0.70
5 Rehab Area Before Re-vegetated / Fresh rehab area	0.65
5 Re-vegetated Rehab Area	0.55
6 Natural Rainforest	0.50

Sumber: *Guideline of Mine Water Management, 2013 : 16*

2.5. Hujan Jam – jaman

Intensitas hujan harian yang terukur dalam mm/hr, merupakan akumulasi dari hujan yang turun setiap jamnya. Hujan di Indonesia yang dapat mengakibatkan banjir rata-rata terjadi selama 6 jam, dari enam jam tersebut dapat dilakukan estimasi dengan berbagai metode analisis hujan jam-jaman. Metode yang familiar digunakan adalah mononobe, sherman, Talbot dan Ishiguro.

Berbagai masalah hidrologi memerlukan suatu analisa waktu sama halnya seperti pembagian luas hujan lebat. Analisa durasi-luas-kedalaman dari hujan diperlihatkan untuk menentukan jumlah-jumlah hujan maksimum dalam berbagai durasi di atas suatu daerah dengan berbagai ukuran. Metode yang dibicarakan disini dipakai secara luas. Prosedurnya telah dikomputerisasikan. Untuk suatu hujan lebat dengan pusat utama tunggal, isohietnya diambil sebagai batas-batas dari luas masing-masing.

Nilai-nilai maksimum ini diplot dan suatu kurve penutup luas-kedalaman tergambar untuk masing-masing waktu. Hujan-hujan lebat dengan pusat-pusat yang banyak dibagi zona-zona guna analisa. Curah hujan daerah berbeda-beda, tergantung dari luas daerah yang bersangkutan. Makin besar daerah itu, makin kecil curah hujan daerah yang diperhitungkan. Diagram yang menunjukkan hubungan itu disebut kurva dalam daerah. Pembuatan kurva dalam daerah adalah dengan mengukur luas tiap daerah dari peta isohiet dengan planimeter. Angka-angka yang didapat itu dicantumkan secara akumulatif pada absis sistem koordinat. Curah hujan rata-rata yang sesuai dicantumkan pada ordinat. Untuk

membuat analisa mengenai hubungan antara curah hujan dan limpasan maka adalah lebih mudah jika dibuat kurva untuk setiap lamanya curah hujan umpamanya 6,12,18,24 jam dan seterusnya (Sosrodarsono,1976: 52)

2.5.1. Metode Dr. Mononobe (Jepang)

Metode Mononobe ditemukan oleh Dr. Mononobe dari jepang, mononobe meneliti sebaran hujan di wilayah DAS jepang dan menemukan metode estimasi hujan jam-jaman. Dengan metode mononobe ini kita dapat mengestimasi hujan setiap jamnya dari hujan satuan yang ada. Mononobe merumuskan formulasi sebagai berikut (Limantara,2010: 195).

$$I = R_{24}/24x(24/t)^n \quad (2-17)$$

I = intensitas curah hujan (mm/jam)

t = waktu konsentrasi hujan (jam), untuk area KPC 5 jam

R₂₄ = curah hujan maksimum dalam 1 hari (mm/jam)

n = tetapan (untuk indonesia diperkirakan 2/3)

2.5.2. Prosentase Hujan Jam-jaman PT.KPC

Dalam Water Management Manual Draft PT.Kaltim Prima Coal tahun 2013, telah ditentukan bahwa hujan maksimum rerata di area tambang adalah 5 jam. Penelitian yang telah dikembangkan di PT.Kaltim Prima Coal tentang analisis hujan jam-jaman telah merumuskan prosentase jam, dimana hujan yang turun dianggap terdistribusi merata selama 5 jam dan setiap jamnya terwakili oleh prosentase hujan tersebut.

Tabel 2.9. Prosentase Hujan Jam – jaman

Waktu (jam)	Ratio tiap jam (%)
1	29,5
2	38,4
3	20,5
4	7,9
5	3,7
Total	100

Sumber : *Guideline of Mine Water Management PT. KPC: 14*

2.6. Debit Banjir Rancangan

Perkembangan peradaban manusia dewasa ini tidak akan dapat terlepas dari peranan air sebagai salah satu pendukung utamanya. Salah satu faktor penting dalam perencanaan bangunan air adalah besaran banjir rancangan, dimana besaran banjir rancangan, dimana besaran ini menentukan dimensi bangunan yang sangat erat kaitannya dengan resiko nilai ekonomis dari bangunan yang direncanakan. Untuk keperluan tersebut, telah banyak metode yang diusulkan oleh pakar hidrologi dari berbagai negara sesuai dengan macam dan jumlah data yang tersedia, seperti Metode Hidrograf Satuan Sintetis (Snyder, Nakayasu, Gamma I, Limantara), dan lain-lain.

Perjalanan air di dalam DAS dapat diasumsikan sebagai limpasan total (*total runoff*), yang terdiri dari limpasan langsung (*direct runoff*) dan aliran dasar (*base flow*). Limpasan langsung sendiri terdiri dari aliran permukaan (*surface runoff*) dan aliran bawah permukaan yang mengalir langsung (*prompt sub surface flow*) serta hujan yang jatuh langsung di permukaan sungai (*channel precipitation*). Sedangkan aliran dasar terdiri dari aliran bumi (*ground water flow*) yang masuk melalui perkolasi dan aliran bawah tanah permukaan terkemudian (*delayed sub surface flow*) yang tidak masuk ke saluran, tetapi bergabung dengan air perkolasi dan memperbesar aliran dasar. Aliran dasar dan limpasan langsung akhirnya bersatu menjadi satu menuju ke sungai.

2.6.1 Metode Non Hidrograf (Rasional)

Rumus rasional hanya digunakan untuk menentukan banjir maksimum bagi saluran-saluran dengan daerah aliran kecil, sekitar 40 – 80 ha (Subarkah, 1980: 49). Karakteristik bentuk *catchment* akan berpengaruh pada waktu konsentrasi. Kalau lama hujan melebihi lama waktu konsentrasi, laju pengaliran di dalam sungai akan berkurang daripada kalau lama hujan sama dengan waktu konsentrasinya. Secara teoritis rasional dirumuskan dalam metrik sebagai berikut,

$$Q = 0,278.C.I.A \quad (2-18)$$

C = Koefisien limpasan lahan

I = Intensitas hujan (mm/jam)

$A = \text{Luas area (km}^2\text{)}$

Dari metode rasional diatas dikembangkan dengan penambahan parameter koefisien retensi C_s dirumuskan sebagai berikut, menurut Hindarko, 2000 dirumuskan,

$$Q = 0,278.C.C_s.I.A \quad (2-19)$$

Dimana :

$C_s = \text{Koefisien retensi}$

2.6.2. Metode Hidrograf Satuan Sintetis (Nakayasu)

Nakayasu dari Jepang, telah menyelidiki hidrograf satuan pada beberapa sungai di Jepang. Nakayasu membuat rumus hidrograf satuan sintetis dari hasil penyelidikannya. Rumus yang dihasilkannya adalah sebagai berikut (Soemarto, 1987:168):

$$Q_p = \frac{A.R_0}{3.6(0.3T_p + T_{0,3})} \quad (2-20)$$

dengan : $Q_p = \text{Besarnya debit puncak banjir (m}^3\text{/dt)}$; $A = \text{Catchment Area} = \text{Luas daerah aliran (km}^2\text{)}$; $R_0 = \text{Curah hujan satuan (1 mm)}$; $T_p = \text{Waktu dari permulaan hujan sampai puncak banjir (jam)}$; $T_{0,3} = \text{Waktu yang diperlukan oleh penurunan debit dari debit puncak sampai menjadi 30 % dari debit puncak (jam)}$.

Untuk menghitung T_p dan $T_{0,3}$ digunakan rumus :

$$T_p = T_g + 0,8 T_r \quad (2-21)$$

$$T_{0,3} = \alpha \cdot T_g \quad (2-22)$$

$$T_r = 0,75 \cdot T_g \quad (2-23)$$

dengan :

a. Jika panjang sungai $> 15 \text{ km}$:

$$T_g = 0,4 + 0,058 L \quad (2-24)$$

b. Jika panjang sungai $< 15 \text{ km}$:

$$T_g = 0,21 \cdot L^{0,7} \tag{2-25}$$

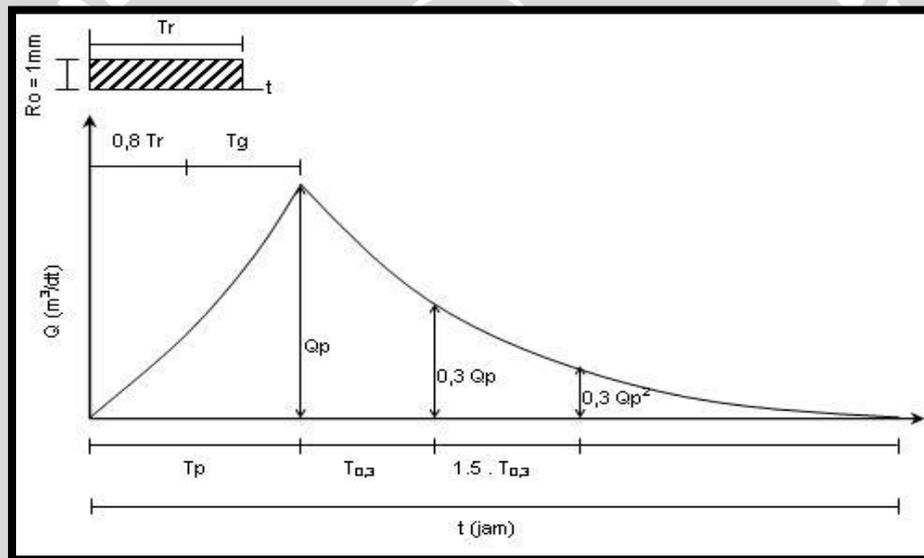
Untuk harga α nakayasu memberikan keleluasaan bagi pengguna untuk mengkalibrasi dan verifikasi berdasarkan kondisi DAS bersangkutan.

$\alpha = 2$ pada daerah pengaliran biasa

$\alpha = 1,5$ pada bagian naik hidrograf lambat, dan turun cepat

$\alpha = 3$ pada bagian naik hidrograf cepat, dan turun lambat

dengan : T_g = Time lag, yaitu waktu antara permulaan hujan sampai puncak banjir (jam); T_r = Satuan waktu hujan (jam); α = Parameter hidrograf; L = Panjang alur sungai (km).



Gambar 2.3. Sketsa Hidrograf Satuan Sintetik Model Nakayasu

Sumber : Soemarto, 1986: 168

Bagian lengkung dari HSS Model Nakayasu mempunyai persamaan sebagai berikut :

Waktu naik : $0 \leq t < T_p$

$$Q_a = Q_p \cdot \left(\frac{t}{T_p} \right)^{2,4} \tag{2-26}$$

Waktu turun :

$$T_p \leq t < (T_p + T_{0,3}) :$$

$$Q_{d1} = Q_p \cdot 0,3 \left(\frac{t - T_p}{T_{0,3}} \right) \quad (2-27)$$

$$(T_p + T_{0,3}) \leq t < (T_p + T_{0,3} + 1,5 T_{0,3})$$

$$Q_{d2} = Q_p \cdot 0,3 \left(\frac{t - T_p + 0,5 T_{0,3}}{1,5 - T_{0,3}} \right) \quad (2-28)$$

$$t > (T_p + T_{0,3} + 1,5 T_{0,3}) :$$

$$Q_{d3} = Q_p \cdot 0,3 \left(\frac{t - T_p + 1,5 T_{0,3}}{2 T_{0,3}} \right) \quad (2-29)$$

2.7. Penelusuran Banjir Lewat Waduk

Prinsip penelusuran banjir pada intinya sama yaitu membandingkan hidrograf disuatu titik pada suatu kondisi suatu aliran atau bagian sungai yang didasarkan atas pengamatan hidrograf di titik lain. Untuk penelusuran banjir melalui waduk digunakan persamaan

$$\left(\frac{I_1 + I_2}{2} \right) \Delta t + \left[\frac{S_1 - Q_1}{\Delta t} - \frac{Q_1}{2} \right] = \left(\frac{S_2 + Q_2}{\Delta t} + \frac{Q_2}{2} \right) \quad (2-30)$$

Jika,

$$\left(\frac{S_1 - Q_1}{\Delta t} - \frac{Q_1}{2} \right) = \psi_1 \longrightarrow \left(\frac{S_2 + Q_2}{\Delta t} + \frac{Q_2}{2} \right) = \psi_2 \quad (2-31)$$

Dapat dirumuskan sebagai berikut,

$$\left(\frac{I_1 + I_2}{2} \right) + \psi_1 = \psi_2 \quad (2-32)$$

I_1 dan I_2 diketahui dari hidrograf debit yang masuk ke waduk, S_1 merupakan fungsi tampungan waduk pada permulaan periode penelusuran yang diukur dari datum fasilitas pengeluaran dalam hal ini puncak bangunan pelimpah atau spillway, atau sumbu terowongan outlet (Soemarto, 1987 : 189).

2.8. Pelimpah Ambang Tajam Cipoleti

Berdasarkan filosofi pelimpah merupakan sebuah saluran pelengkap pada suatu reservoir atau tampungan yang berfungsi untuk mengalirkan inflow banjir agar tidak terjadi *overtopping* pada tubuh *embankment* atau tubung bendungan. Maka dapat dilakukan modifikasi bentuk berdasarkan kebutuhan dan fungsional bangunan yang diinginkan. Dengan pelimpah tipe ambang lebar Cipoleti dimaksudkan selain dapat melewati debit banjir ambang lebar juga bisa sebagai kontrol debit yang lewat di atasnya. Cipoleti adalah modifikasi dari bangunan ukur empat persegi panjang dengan ambang tajam dan berbentuk trapesium dengan sisi miringnya mempunyai kemiringan 1:4. Ambang Cipoleti berupa ambang tajam dengan tebal tidak boleh lebih dari 2 mm. Debit yang lewat bangunan ukur dihitung dengan persamaan

$$Q = \frac{2}{3} \times C_d \times C_v \times 2g^{0.5} \times b \times h^{1.5} \quad (2-33)$$

Dengan C_d dan C_v merupakan koefisien debit dan keceatan. Koefisien tersebut secara praktis susah ditentukan sehingga persamaan diatas dapat disederhanakan menjadi persamaan berikut,

$$Q = 1,86 \times b \times h^{1.5} \quad (2-34)$$

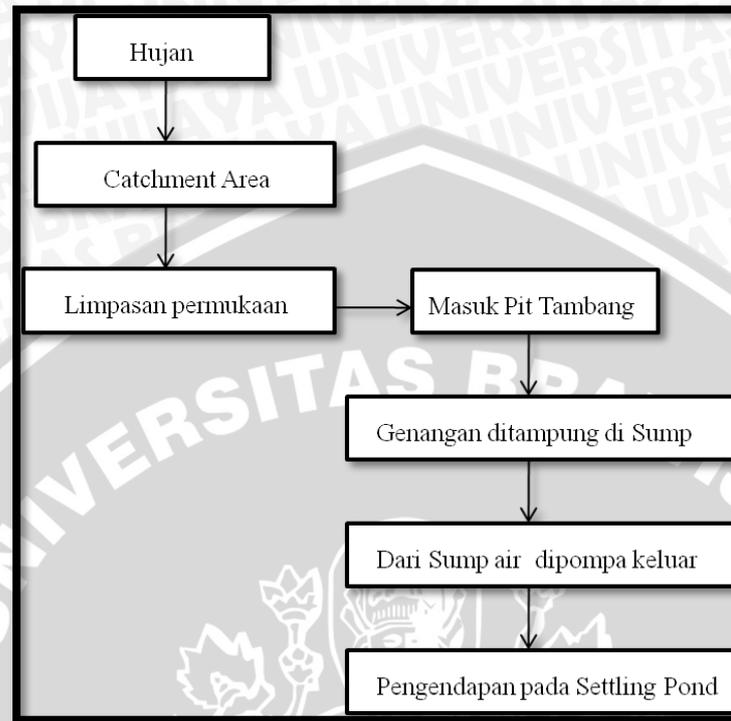
b = Lebar bawah cipoleti m

h = Tinggi cipoleti dari muka ambang m

2.9. Sistem Drainase Tambang Terbuka

Tambang terbuka merupakan upaya pengambilan material tambang dalam tanah dengan cara pengupasan dan pengangkatan *top soil*, sampai kedalaman tertentu dimana material tambang dapat diangkat ke permukaan untuk dilakukan pengolahan lanjut. Pengupasan tebing, pengerukan bukit, penumpukan material galian akan merubah karakteristik lahan (*Catchment*). Diameter cekungan yang cukup lebar pada pit serta kedalamannya akan menyebabkan genangan jika terjadi hujan. Sistem drainase tambang yang baik disertai infrastruktur yang memperhitungkan kapasitas limpasan yang kemungkinan mengganggu aktifitas penambangan merupakan prasyarat yang harus dipenuhi dalam aktifitas tambang.

Secara ringkas sistem drainase tambang dapat dijelaskan berdasarkan *flow chart* dibawah ini.



Gambar 2.4. Alur drainase tambang terbuka

Sumber :<http://penyalirantambang.com>, diakses 28 November 2013

2.9.1. Catchment Area

Catchment area adalah suatu daerah tangkapan hujan yang dibatasi oleh wilayah tangkapan hujan yang ditentukan dari titik-titik elevasi tertinggi sehingga akhirnya merupakan suatu poligon tertutup dengan pola yang sesuai dengan topografi dan mengikuti kecenderungan arah gerak air. Dengan pembuatan *catchment area* maka diperkirakan setiap debit hujan yang tertangkap akan terkonsentrasi pada elevasi terendah. Pembatasan *catchment area* dilakukan pada peta topografi, dan untuk merencanakan sistem penyalirannya dianjurkan menggunakan peta rencana penambangan dan peta situasi tambang. Air hujan yang mempengaruhi secara langsung suatu sistem drainase tambang adalah air hujan yang mengalir diatas permukaan tanah atau air permukaan (run off) ditambah sejumlah pengaruh air tanah.

Air hujan atau air permukaan yang mengalir ke area penambangan tergantung pada kondisi daerah tangkapan hujan yang dipengaruhi oleh daerah

disekitarnya. Luas daerah tangkapan hujan dapat ditentukan berdasarkan analisa peta topografi. Berdasarkan kondisi daerahnya seperti adanya daerah hutan, lokasi penimbunan, kepadatan alur drainase, serta kondisi kemiringan (gride).

2.9.2 Sump

Sump merupakan kolam penampungan air yang dibuat untuk menampung air limpasan, yang dibuat sementara sebelum air itu dipompakan serta dapat berfungsi sebagai pengendap lumpur. Tata letak *sump* akan dipengaruhi oleh sistem drainase tambang yang disesuaikan dengan geografis daerah tambang dan kestabilan lereng tambang. Pemasangan jumlah pompa tergantung pada kedalaman penggalian, dengan kapasitas pompa menyesuaikan debit air yang masuk ke dalam lokasi penambangan. Dimensi dari Sump ditentukan oleh:

- Jumlah air limpasan permukaan pada *pit*
- Jumlah pompa untuk pematuan *sump*
- Luasan yang tersedia pada *pit*

Keberadaan *sump* dalam *pit* sangatlah vital, dimana secara topografis limpasan akan mengisi cekungan dalam setiap galian tambang maka dari itu *sump* diletakkan didasar *pit* untuk menampung limpasan. Untuk galian tambang dimana head dinamis melebihi kapasitas maksimum pompa maka digunakan sump jenjang sebagai tranfer tampungan disetiap jenjangnya. Tetapi selama *Head* maksimum pompa masih bisa mengakomodir tidak diperlukan *sump* jenjang. Dalam perencanaan *sump* dibutuhkan data teknis sebagai berikut :

- a) Hujan Rancangan Kala Ulang 2 Tahun sebagaimana telah diatur dalam guideline of Mine Water Management KPC 2013 halaman 45.
- b) Persamaan tampungan *sump*

$$V = C \times RD \times A \quad (2-35)$$

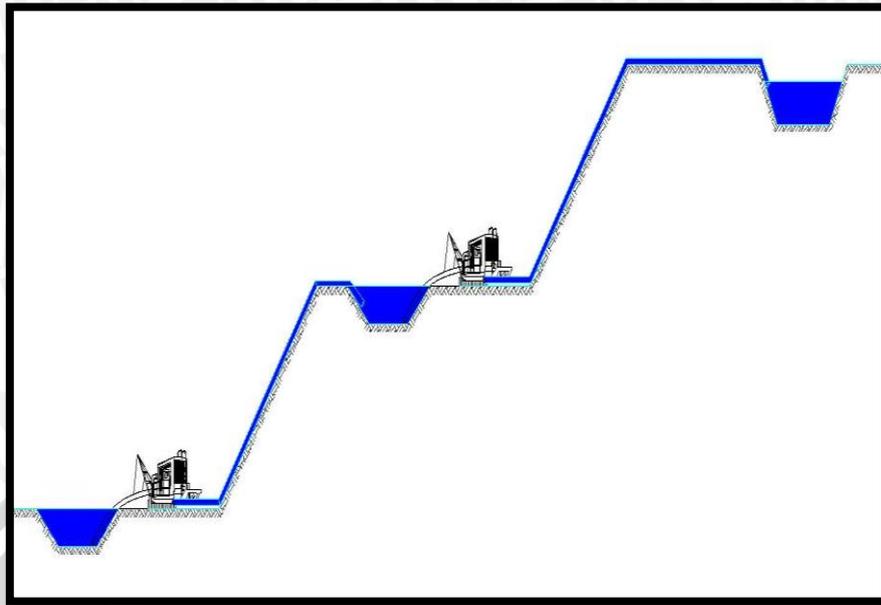
V = Volume (m³)

C = Koefisien Limpasan

RD = Rainfall Depth (m)

A = Luas *Pit Area* (m²)

- c) Volume yang didapat dikalikan dengan angka aman 1,1 sebagaimana telah diatur dalam guideline of Mine Water management KPC 2013 Halaman 50.



Gambar 2.5. Ilustrasi Sump Jenjang

Sumber :Perencanaan

2.9.3 Pompa

Pompa berfungsi untuk mengeluarkan air dari tambang yaitu air limpasan hujan dan pengaruh air tanah yang terjadi akibat kedalaman penggalian. Sesuai dengan prinsip kerjanya, pompa dibedakan atas

a) Reciprocating pump

Bekerja berdasarkan torak maju mundur secara horisontal di dalam silinder. Keuntungan jenis ini adalah efisiensi untuk kapasitas kecil dan umumnya dapat mengatasi kebutuhan energi head yang tinggi. Kerugiannya adalah beban yang berat serta perlu perawatan yang teliti. Pompa jenis ini kurang sesuai untuk air berlumpur karena katup pompa akan cepat rusak. Oleh karena itu jenis pompa ini kurang sesuai untuk digunakan di tambang.

b) Centrifugal pump

Pompa ini bekerja berdasarkan putaran impeller di dalam pompa. Air yang masuk akan diputar oleh impeller, akibat gaya sentrifugal yang terjadi air akan dilempar dengan kuat kearah lubang pengeluaran pompa. Pompa jenis ini banyak digunakan di tambang, karena dapat melayani air berlumpur kapasitasnya besar dan perawatannya lebih mudah.

c) Axial pump

Pada pompa aksial, zat cair mengalir pada arah aksial (sejajar poros) melalui kipas. Umumnya bentuk kipas menyerupai baling2 kapal. Pompa ini dapat beroperasi secara vertikal maupun horisontal. Jenis pompa ini digunakan untuk head rendah.

2.10. Drainase Pompa

Pemompaan merupakan alternatif pilihan jika drainase secara grafitasi tidak dapat dilakukan atau secara grafitasi kurang menguntungkan secara keuangan. Prosedur perencanaan Drainase pompa di PT. Kaltim Prima Coal akan antara lain,

a) Menentukan alur drainase

- Alur memotong kontur
- Alur mengikuti kontur

b) Perhitungkan kapasitas sump yang tersedia, untuk jangka pendek gunakan kala ulang 2 tahun perencanaan

c) Dapatkan hujan rencana untuk 3, 7 atau 30 harian

d) Tentukan debit air tanah yang mungkin masuk, atau gunakan asumsi jika data tidak tersedia.

e) Sump harus mampu menampung debit inflow jika melebihi tidak diijinkan. Dalam kontes ini hujan harian adalah titik kritis.

f) Bandingkan inflow dan outflow pada setiap hari perencanaan 3, 7 dan 30 harian.

g) Selama durasi pemompaan dalam kurun waktu tertentu

$$(\text{Total Volume Outflow}) \geq (\text{Total Volume Inflow})$$

Dimana :

Total voleme outflow = Volume tampungan + Volume evaporasi

Total volume inflow = Volume limpasan hujan + Volume air tanah

Dalam hal ini sump harus mampu menampung volume limpasan untuk mengurangi kerja pemompaan saat hujan lebat atau saat pompa rusak. (Guideline of Mine Water Management, 2013: 49).

Tabel 2.10. Kapasitas Head dan Debit Pompa

Tipe Pompa	Total Head (m)	Kapasitas (l / s)
Multiflo MF 140	40	40
Multiflo MF 340	90	90
Multiflo MF 390	120	150
Multiflo MF 420	140	260
China Pump	23	1000

Sumber : *Water Management Manual Draft* PT. KPC



Gambar 2.6. Pompa Multiflo

Sumber : *Multiflo Mines Dewatering Solution* 2010 halaman 2

Dalam pemompaan dikenal istilah julang (head) yaitu energi yang diperlukan untuk mengalirkan sejumlah air pada kondisi tertentu. Semakin besar debit air yang dipompa, maka head juga akan semakin besar.

Perhitungan head atau julang yang digunakan adalah perhitungan yang didapat di lapangan, yaitu dengan mengacu pada spesifikasi pipa yang digunakan dan debit pemompaan (flow rate) disimulasikan. Julang total pompa dapat ditulis dengan rumus..

$$H = h_s + h_f \quad (2-35)$$

Keterangan :

H = head total dinamik (m)

H_s = head statis (m)

H_f = head gesekan (m)

Perhitungan head statis :

$$H_s = h_2 - h_1 \quad (2-36)$$

Keterangan :

H_s = head statis (m)

h_1 = elevasi sisi isap (m)

h_2 = elevasi sisi keluar (m)

Perhitungan head gesekan :

$$H_f = (L / 100) \times \text{head loss sesuai spesifikasi pipa} \quad (2-37)$$

Keterangan :

H_f = head gesekan (m)

L = panjang pipa (m)

Perhitungan Volume :

$$V = C \cdot RD \cdot A \quad (2-38)$$

Keterangan :

V = Volume (m³)

C = Koefisien Lapisan Dasar

RD = Rainfall Depth (mm)

A = Luas (m²)

2.10.1. Head Loss Pompa

Dalam perhitungan *head loss* pada pompa digunakan rumus Hazen – Williams dan ketentuan standart dari *Australian Pump Manufacturers Association* (A.P.M.A). berdasarkan kedua rumus tersebut menggunakan *head loss* per 100 meter.

Rumus Hazen – Williams

$$HL = \left(\frac{3,35 \times 10^6 \times Q}{d^{2,63} \times C} \right)^{1,852} \quad (2-39)$$

- HL = Head Loss (m / 100 m)
Q = Debit pompa L/s
d = Diameter dalam pipa (mm)
C = Konstanta Hazen – Williams

Tabel 2.11. Kostanta Hazen - Williams

Material	C faktor low	C faktor high
Asbestos Cemen	140	140
Concrete	100	140
Steel	90	110
Polyethylene	140	140
PVC	150	150

Sumber : <http://Wikipedia of Hazen – William.com>, diakses 28 November 2013



Tabel 2.12 Headloss Pompa Sesuai (APMA)

 Polyethylene Pipe TABLE I20													
PN 8 (PE 63) PN 10 (PE 80) PN 12.5 (PE 100) Based on AS 4130-1997													
k = 0.0015	250 OD 212.4 ID, C = 152.0			280 OD 237.9 ID, C = 152.6			315 OD 267.6 ID, C = 153.0			355 OD 301.6 ID, C = 153.6			
	FLOW RATE l/s	Velocity m/s	Velocity Head m	Head Loss m/100m	Velocity m/s	Velocity Head m	Head Loss m/100m	Velocity m/s	Velocity Head m	Head Loss m/100m	Velocity m/s	Velocity Head m	Head Loss m/100m
12.00	0.34	0.006	0.05										
13.00	0.37	0.007	0.06										
14.00	0.40	0.008	0.07										
15.00	0.42	0.009	0.08										
16.00	0.45	0.010	0.09	0.35	0.007	0.06							
18.00	0.51	0.013	0.11	0.40	0.008	0.07							
20.00	0.56	0.016	0.14	0.45	0.010	0.08							
22.00	0.63	0.020	0.16	0.49	0.012	0.09	0.29	0.009	0.06				
24.00	0.68	0.023	0.19	0.54	0.015	0.11	0.43	0.009	0.06				
26.00	0.73	0.027	0.22	0.58	0.017	0.13	0.46	0.011	0.07				
28.00	0.79	0.032	0.25	0.63	0.020	0.15	0.50	0.013	0.08				
30.00	0.85	0.037	0.28	0.67	0.023	0.16	0.53	0.015	0.09	0.42	0.009	0.05	
35.00	0.99	0.050	0.37	0.79	0.032	0.22	0.62	0.020	0.12	0.49	0.012	0.07	
40.00	1.13	0.065	0.48	0.90	0.041	0.28	0.71	0.026	0.16	0.56	0.016	0.09	
45.00	1.27	0.082	0.59	1.01	0.052	0.34	0.80	0.033	0.18	0.63	0.020	0.11	
50.00	1.41	0.102	0.71	1.12	0.065	0.41	0.89	0.040	0.23	0.70	0.025	0.13	
55.00	1.55	0.123	0.85	1.24	0.078	0.49	0.98	0.049	0.28	0.77	0.030	0.16	
60.00	1.69	0.146	0.99	1.35	0.093	0.57	1.07	0.058	0.33	0.84	0.036	0.18	
65.00	1.83	0.172	1.15	1.46	0.109	0.66	1.16	0.068	0.38	0.91	0.042	0.21	
70.00	1.98	0.199	1.31	1.57	0.127	0.76	1.24	0.079	0.43	0.98	0.049	0.24	
75.00	2.12	0.229	1.49	1.69	0.145	0.86	1.33	0.091	0.49	1.05	0.056	0.27	
80.00	2.26	0.260	1.67	1.80	0.165	0.97	1.42	0.103	0.55	1.12	0.064	0.31	
90.00	2.54	0.329	2.09	2.02	0.209	1.20	1.60	0.131	0.66	1.26	0.081	0.38	
100.00	2.82	0.406	2.52	2.25	0.258	1.45	1.78	0.161	0.82	1.40	0.100	0.46	
110.00	3.10	0.492	2.99	2.47	0.312	1.73	1.96	0.195	0.98	1.54	0.121	0.55	
120.00	3.39	0.585	3.51	2.70	0.372	2.03	2.13	0.232	1.15	1.68	0.144	0.64	
130.00	3.67	0.687	4.06	2.92	0.436	2.35	2.31	0.273	1.33	1.82	0.169	0.75	
140.00	3.95	0.797	4.66	3.15	0.506	2.69	2.49	0.316	1.52	1.96	0.196	0.85	
160.00	4.52	1.040	5.95	3.60	0.681	3.49	2.84	0.413	1.84	2.24	0.256	1.00	
180.00	5.08	1.317	7.38	4.05	0.837	4.26	3.20	0.523	2.41	2.52	0.324	1.35	
200.00	5.64	1.626	8.96	4.50	1.033	5.17	3.56	0.645	2.92	2.80	0.400	1.64	
220.00	6.21	1.967	10.68	4.95	1.250	6.16	3.91	0.781	3.48	3.08	0.484	1.95	
240.00	6.77	2.341	12.54	5.40	1.487	7.23	4.27	0.929	4.09	3.36	0.576	2.29	
260.00				5.85	1.745	8.38	4.62	1.090	4.73	3.64	0.676	2.65	

Sumber : *Water Management Manual Draft 2013*

Cara penggunaan tabel diatas adalah pertama harus direncanakan diameter dalam pipa dengan klasifikasi HDPE (High Density Polietylene) merupakan jenis pipa dari karet tahan panas dengan tingkat kelenturan yang tinggi. Setelah diameter diketahui maka tentukan debit keluaran pompa berdasarkan maksimum debit pada setiap klasifikasi jenis pompa (lihat tabel 2.10). kemudian head loss per 100 m dapat diketahui berdasarkan tabel 2.12.

2.10.2. *Settling Pond*

Berfungsi sebagai tempat menampung air tambang sekaligus untuk mendapatkan partikel-partikel padatan yang ikut bersama air dari lokasi penambangan, kolam pengendapan ini dibuat dari lokasi terendah dari suatu

daerah penambangan, sehingga air akan masuk ke *settling pond* secara alami dan selanjutnya dialirkan ke sungai melalui saluran pembuangan.

Dengan adanya *settling pond*, diharapkan air yang keluar dari daerah penambangan sudah bersih dari partikel padatan sehingga tidak menimbulkan kekeruhan pada sungai atau laut sebagai tempat pembuangan akhir. Selain itu juga tidak menimbulkan pendangkalan sungai akibat dari partikel padatan yang terbawa bersama air.

Bentuk *settling pond* biasanya hanya digambarkan secara sederhana, yaitu berupa kolam berbentuk empat persegi panjang, tetapi sebenarnya dapat bermacam-macam bentuk disesuaikan dengan keperluan dan keadaan lapangannya. Walaupun bentuknya dapat bermacam-macam, namun pada setiap *settling pond* akan selalu ada 4 zona penting yang terbentuk karena proses pengendapan material padatan. Keempat zona tersebut adalah :

a) . Zona masukan (*inlet*)

Merupakan tempat masuknya air lumpur kedalam *settling pond* dengan anggapan campuran padatan-cairan yang masuk terdistribusi secara seragam.

b) Zona pengendapan (*settlement zone*)

Merupakan tempat partikel padatan akan mengendap. Batas panjang zona ini adalah panjang dari kolam dikurangi panjang zona masukan dan keluaran.

c) Zona endapan lumpur (*sediment*)

Merupakan tempat partikel padatan dalam cairan (lumpur) mengalami sedimentasi dan terkumpul di bagian bawah kolam.

d) Zona keluaran (*outlet*)

Merupakan tempat keluaran buangan cairan yang jernih. Panjang zona ini kira-kira sama dengan kedalaman kolam pengendapan, diukur dari ujung kolam pengendapan.

2.11. Hidrolika Saluran

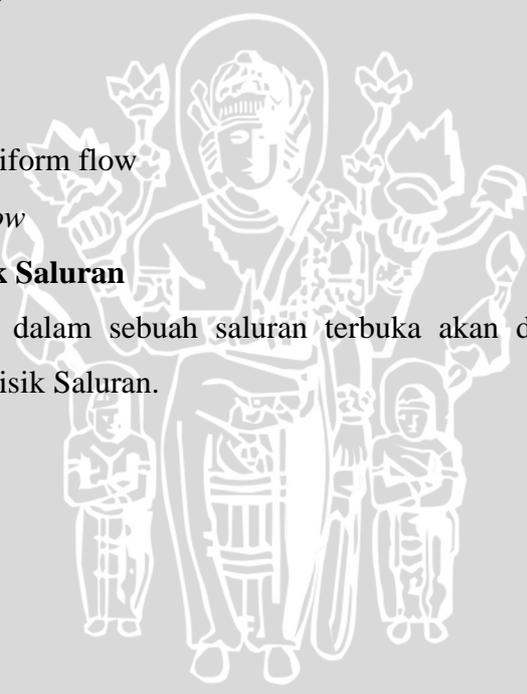
Saluran terbuka merupakan saluran yang mempunyai aliran berupa aliran bebas dimana masih terpengaruh kondisi atmosfer. Pipa pesat yang tertutup aliran secara penuh dan tidak memungkinkan teraliri udara bukan merupakan saluran terbuka. Saluran merupakan suatu penampang baik alam maupun buatan yang dapat mengalirkan debit secara gravitasi atau pemompaan. Saluran memiliki karakteristik aliran yang menggambarkan kondisi aliran, kondisi ini akan menentukan dasar perencanaan saluran.

Secara umum aliran dalam saluran terbuka diklasifikasikan dalam :

- a) *Steady Flow*
 - Uniform flow
 - *Varied Flow*
- b) *Unsteady Flow*
 - *Unsteady Uniform flow*
 - *Unsteady Flow*

2.11.1 Parameter Fisik Saluran

Parameter fisik dalam sebuah saluran terbuka akan dijabarkan dengan Tabel 2.11 Parameter Fisik Saluran.



Tabel 2.13. Parameter Fisik Saluran

Parameter	Notasi	Satuan	Persamaan
Debit	Q	m ³ /s	(Kontinuitas) Q = A . V
Kecepatan	V	m/s	(Manning) $V = \frac{1}{n} x R^{2/3} x S^{1/2}$ (Stikler) $V = KxR^{2/3} x S^{1/2}$ (Kontinuitas) V = Q / A
Dimensi Sluran			
<ul style="list-style-type: none"> • Luas <ul style="list-style-type: none"> a) Persegi b) Trapesium c) Segitiga 	A	m ²	A = b x h A = (b + mh) x h A = z x h ²
<ul style="list-style-type: none"> • Perimeter basah <ul style="list-style-type: none"> a) Persegi b) Trapesium c) Segitiga 	P	m	P = b + 2h P = b + 2h√(1 + z ²) P = 2h√(1 + z ²)
<ul style="list-style-type: none"> • Radius Hidrolis 	R	m	R = A / P
<ul style="list-style-type: none"> • Top Width <ul style="list-style-type: none"> a) Persegi b) Trapesium c) Segitiga 	T	m	T = b T = b + 2mh T = 2mh
<ul style="list-style-type: none"> • Jenis Aliran 			

a) Reynold	Re	-	$Re = \frac{Vxh}{\gamma}$ $Fr = V / (g.D)^{1/2}$
b) Froude	Fr	-	

Sumber : Chow, 1997: 19

Tabel 2.14. Harga n *manning* Saluran Rencana

Type of Channel and Description	Minimum	Normal	Maximum
A. Natural Stream			
1. Main Channel			
a) Clean, Straight, Full, no rifts or deep pools	0,025	0,030	0,033
b) Same as above, but more stones ang weeds	0,030	0,035	0,040
c) Clean, winding, some pools and shoals	0,033	0,040	0,045
d) Sama as above, but some weeds and stones	0,035	0,045	0,050
e) Same as above, lower stages, more ineffective slope and section	0,040	0,048	0,055
f) Same as "d" but more stones	0,045	0,050	0,060
g) Sluggish reaches, deep pools, or floodways	0,050	0,070	0,080
h) Very weedy reaches, deep pools, or floodway with heavy stands of timber and brush	0,070	0,100	0,150

Sumber : Guideline of Mine Water Management 2013 : 21

2.12. Gorong-gorong

Gorong-gorong merupakan saluran tertutup yang menghubungkan saluran yang melintas struktur jalan, jembatan atau beda elevasi. Dalam aktifitas tambang gorong-gorong jarang dipergunakan di lokasi *pit*. Gorong-gorong lebih sebagai infrastruktur penunjang untuk melepas air pada *settling pond* menuju sungai kembali. Perencanaan gorong-gorong didalam Guideline of Mine Water Management KPC 2013 diatur sebagai berikut :

- a) Debit rencana menggunakan kala ulang tertentu sesuai dengan kebutuhan
- b) Perhitungan berdasarkan *catchment area* dan inflow andalan yang melindas pada struktur gorong-gorong.
- c) Minimum timbunan diatas gorong-gorong lebih atau sama dengan 1,5 x D
- d) Dapat menggunakan bahan beton atau baja

- e) Perhitungan debit karakteristik menggunakan inlet control dengan $H_w = 80\% \times D$

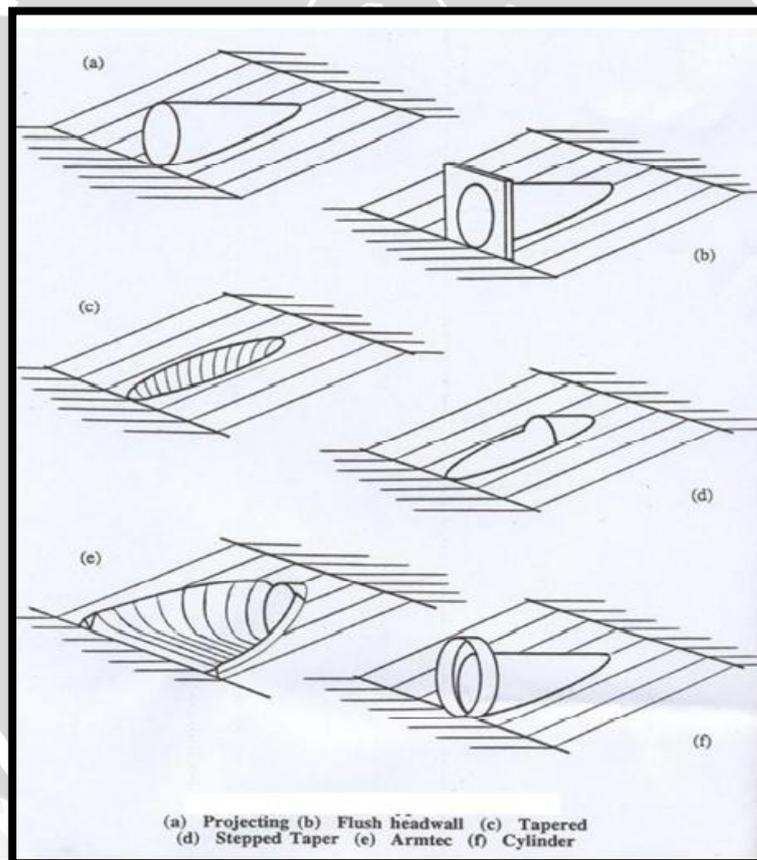
$$Q = 0,785 \times C_d \times D^{5/2} \times \sqrt{2g} \times \sqrt{(H_w/D) - \alpha} \quad (2-39)$$

Tabel 2.15. Harga C, α Sesuai dengan Bentuk Inlet

Inlet Type	C	α
Projecting	0.546	0.6
Tapered and Stepped Taper	0.560	0.7
Flush Headwall	0.637	0.7
Armetc	0.640	0.7
Cylinder	0.756	0.8
Tongue and Groove	0.815	0.8
Bellmouth	0.970	0.9

(Source: Hydraulic Structures, University of Saskatchewan)

Sumber : Guideline of Mine Water Management 2013 : 48



Gambar 2.7. Bentuk Inlet Gorong-gorong

Sumber : Multiflo Mines Dewatering Solution 2010 halaman 39

2.13. Drop Structure

Drop structure digunakan untuk menghubungkan permukaan air dari beda elevasi dan melindungi saluran dari erosi dan kerusakan struktur. Material Drop structures tidak dibatasi oleh bahan apapun. Pada umumnya didunia tambang digunakan drop structure dari bahan ban HD tyre dengan isi material batu, tanah, beton atau menggunakan bronjong.

Material drop structure harus aman dari efek peredaman dengan indikator kecepatan maksimum tidak boleh melebihi kecepatan yang diijinkan material drop structure.

Tabel 2.16. Kecepatan Ijin Berdasarkan Material

Channel condition	Recommended maximum velocity (m/s)
Sandy/silty/clay	0.5 - 1.2
Fine gravel	1.0
Firm loam or very stiff clay	1.0 - 2.0
Coarse gravels	1.2 - 2.0
Poorly grassed	1.0
Gravel (50mm) or full grass cover	2.0
Rock (100mm)	2.5
Rock (150mm)	3.0
Rock beaching (250mm min)	5.0
Concrete and hard packed rock (300mm min)	6.0

Sumber : Multiflo Mines Dewatering Solution 2010 halaman 23

Tahapan perencanaan sebagai berikut :

- a) Dapatkan Kemiringan hulu saluran sebelum masuk ke bagian lereng yang curam.
- b) Hitung dimensi saluran drop sesuai dengan saluran pada hulunya
- c) Check kecepatan air pada drop sesuai dengan Tabel 2.16.
- d) Hitung kecepatan jatuh pada drop dengan persamaan,

$$V = \sqrt{(2 \times g \times hd)} \tag{2-39}$$

hd = Tinggi 1 drop