

## BAB III

### LANDASAN TEORI

Pada kegiatan penambangan *open pit* tidak terlepas dari masalah pengendalian air atau lebih umum disebut dengan istilah penyaliran tambang. Pengendalian air tambang perlu direncanakan dengan baik salah satunya dengan mengetahui sumber dan perilaku air. Adapun aspek yang mendasari perencanaan penyaliran tambang adalah aspek hidrologi yang meliputi pengetahuan tentang daur *hidrologi*, curah hujan, air limpasan, *infiltrasi* dan *evaporasi*.

#### 3.1 Siklus Hidrologi (*Hydrological Cycle*)

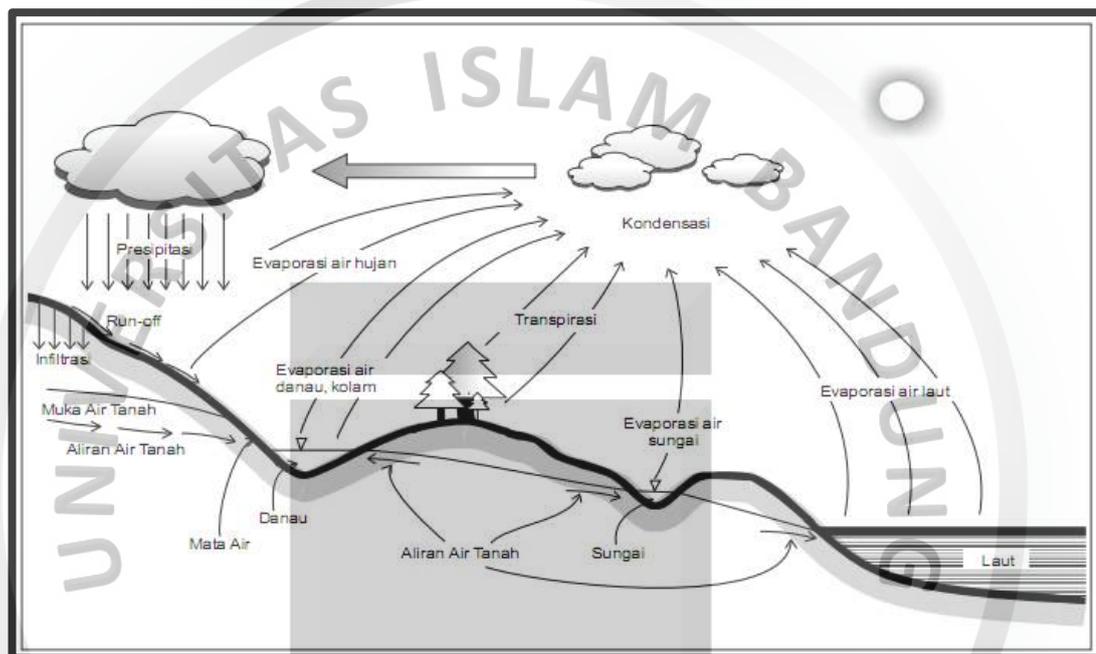
Air di bumi mengalami suatu perputaran melalui serangkaian peristiwa yang berlangsung secara terus-menerus dan membentuk suatu siklus yang dikenal dengan siklus hidrologi (*Hydrological cycle*).

Tahapan daur hidrologi dimulai dari penguapan air dari samudra. Perubahan bentuk air menjadi uap disebabkan oleh energi panas dari matahari. Uap air ini dibawa ke daratan oleh *massa* udara yang bergerak dan akan terkondensasi pada lapisan atmosfer bumi. Setelah itu, terjadilah *presipitasi*. *Presipitasi* ini dapat berbentuk hujan jika suhu *kondensasi* uap hanya mencapai wujud cair ataupun salju jika perubahan suhu mencapai di bawah titik beku (*freezing point*).

Air hujan akan memulai siklus baru dalam bentuk aliran di permukaan bumi (*run-off*), maupun melalui media, seperti vegetasi yang menahan butiran air (*interseption*). Beberapa bagian air akan mengalir ke daerah yang lebih rendah dan akhirnya menuju ke laut, sebagian lagi akan mengalami penguapan

baik langsung (*evaporation*) dan melalui tumbuhan (*transpiration*), serta masuk ke dalam tanah melalui rongga antar butiran tanah (*infiltration*).

Siklus hidrologi seperti ini akan terjadi sepanjang masa dan menyebabkan volume air di bumi *relatif* tetap. Siklus ini merupakan konsep dasar tentang keseimbangan air secara *global* di bumi.



Sumber : Kite G.W (1977)

**Gambar 3.1**  
**Skema Siklus Hidrologi**

### 3.1.1 Presipitasi

*Presipitasi* adalah faktor utama yang mengendalikan berlangsungnya daur *hidrologi* dalam suatu wilayah. *Presipitasi* merupakan istilah umum untuk menyatakan uap air yang *mengkondensasi* dan jatuh dari atmosfer ke bumi dalam segala bentuknya melalui serangkaian siklus *hidrologi*. *Presipitasi* terdiri dari beberapa bentuk, yaitu:

1. Hujan yang merupakan bentuk *presipitasi* yang paling umum.
2. Embun yang merupakan hasil *kondensasi* di permukaan tanah atau tumbuhan.
3. Salju dan es.

Proses terjadinya *presipitasi* berawal dari penguapan air dari tubuh air permukaan maupun *vegetasi* akibat sinar matahari atau suhu yang tinggi. Pergerakan uap air di *atmosfer* terjadi akibat perbedaan tekanan uap air yang bergerak dari tekanan uap besar ke kecil. Pada ketinggian tertentu uap air akan mengalami penjumlahan yang apabila diikuti dengan proses *kondensasi* maka uap air akan berubah menjadi butiran-butiran hujan ataupun berubah menjadi butiran-butiran padatan (salju) tergantung dari penurunan suhu.

Faktor-faktor yang mempengaruhi terjadinya *presipitasi* adalah:

1. Adanya uap air di *atmosfer*.
2. Faktor-faktor *meteorologis*, yaitu suhu air, suhu udara, kecepatan angin, tekanan, dan sinar matahari.
3. Lokasi daerah yang berhubungan dengan sistem *sirkulasi* secara umum.
4. Rintangan yang disebabkan oleh gunung dan lain-lain.

Udara di *atmosfer* akan mengalami proses pendinginan melalui beberapa cara. Umumnya adalah akibat pertemuan antara dua *massa* udara dengan suhu yang berbeda. Untuk wilayah Indonesia yang beriklim tropis, bentuk *presipitasi* yang paling umum adalah hujan. Besar kecilnya *presipitasi*, waktu berlangsungnya hujan, dan ukuran *intensitas* hujan yang terjadi akan mempengaruhi dari perencanaan sistem penyaliran. Istilah-istilah yang terkait dengan *presipitasi* adalah:

1. Tebal hujan (*rain depth*) merupakan jumlah *presipitasi* yang terjadi, dinyatakan sebagai total lapisan air di atas permukaan tanah.
2. Durasi hujan (*duration of rainfall*) adalah lamanya *presipitasi* berlangsung.
3. *Intensitas* hujan (*rainfall intensity*) adalah laju *presipitasi*/kederasan hujan yang merupakan banyaknya air yang jatuh per satuan waktu.

4. *Frekuensi* hujan (*return periode*) adalah banyak kejadian hujan yang berlangsung.

### 3.1.2 *Infiltrasi*

Proses *infiltrasi* terjadi karena hujan yang jatuh di atas permukaan tanah, sebagian atau seluruhnya akan mengisi pori-pori tanah. Hujan yang mencapai permukaan tanah akan bergerak sebagai air limpasan (*run off*) atau sebagai *infiltrasi*. Menurut ilmu *hidrologi*, *infiltrasi* merupakan aliran air ke dalam tanah melalui permukaan tanah. Dalam *infiltrasi* dikenal dua istilah, yaitu kapasitas *infiltrasi* dan laju *infiltrasi* yang dinyatakan dengan mm/jam.

Kapasitas *infiltrasi* adalah laju *infiltrasi* maksimum yang ditentukan oleh jenis tanah, sedangkan laju *infiltrasi* adalah kecepatan infiltrasi yang nilainya tergantung pada kondisi tanah dan kapasitas hujan. Suatu tanah dalam kondisi kering memiliki daya serap yang tinggi sehingga laju *infiltrasi* semakin besar dan akan berkurang perlahan-lahan apabila tanah tersebut jenuh terhadap air.

Adapun faktor-faktor yang mempengaruhi *infiltrasi* adalah:

1. Faktor tanah, terutama yang berkaitan dengan sifat-sifat fisik tanah, seperti: ukuran butir dan struktur tanah.
2. *Vegetasi*/tanaman penutup.
3. *Intensitas* hujan.
4. Topografi.
5. Kelembaban tanah.

### 3.1.3 *Evaporasi dan Transpirasi*

*Evaporasi* adalah proses penguapan atau hilangnya air dari tanah dan badan- badan air (*abiotik*), sedangkan transpirasi adalah proses keluarnya air dari tanaman (*biotik*) akibat proses *respirasi dan fotosintesis*.

Air dalam bentuk cair *dikonversi* menjadi uap air dan dipindahkan dari permukaan penguapan yang disebut sebagai proses *evaporasi*. Air dapat menguap (*evaporasi*) dari berbagai permukaan seperti danau dan sungai. Radiasi matahari langsung merupakan sumber energi yang akan mempengaruhi suhu udara. Energi dibutuhkan untuk merubah bentuk molekul air dari fase cair ke fase uap. Gaya penggerak untuk memindahkan uap air di permukaan penguapan adalah perbedaan tekanan antara uap air di permukaan penguapan dan tekanan *atmosfer*.

Selama berlangsungnya proses *evaporasi*, udara sekitar menjadi jenuh secara perlahan, selanjutnya proses akan melambat dan kemungkinan akan berhenti jika udara basah tidak dipindahkan ke *atmosfer*. Pergantian udara jenuh dengan udara kering sangat tergantung pada kecepatan angin. Oleh karena itu, *radiasi* surya, *temperatur* udara, kelembaban udara, dan kecepatan angin merupakan parameter iklim yang harus dipertimbangkan dalam penentuan *evaporasi*.

*Transpirasi* adalah proses penguapan dari tanaman yaitu terlepasnya air dari dalam jaringan tanaman. Tanaman umumnya kehilangan air melalui *stomata*. *Stomata* merupakan saluran terbuka pada permukaan daun tanaman. Pada *stomata* terjadi proses penguapan dan perubahan wujud menjadi gas. Nilai *transpirasi* tergantung pada suplai energi, tekanan uap air, dan angin. Kandungan air tanah dan kemampuan tanah melewatkan air ke akar juga menentukan laju *transpirasi*. Laju *transpirasi* juga dipengaruhi oleh *karakteristik* tanaman, aspek lingkungan, dan pengelolaan lahan.

*Kombinasi* dua proses yang saling terpisah, yaitu kehilangan air dari permukaan tanah melalui proses *evaporasi* dan kehilangan air dari tanaman melalui proses *transpirasi* disebut sebagai *evapotranspirasi* (ET). Faktor-faktor yang mempengaruhi *evapotranspirasi* adalah:

1. Radiasi sinar matahari yang menyebabkan terjadinya proses perubahan air dari wujud cair menjadi gas (penyinaran matahari secara langsung).
2. Angin yang berfungsi membawa uap air dari satu tempat ke tempat lain.
3. Kelembaban *relatif*.
4. Suhu.
5. Jenis tumbuhan karena *evapotranspirasi* dibatasi oleh persediaan air yang dimiliki oleh tumbuh-tumbuhan serta ukuran stomata.
6. Jenis tanah karena kadar kelembaban tanah membatasi persediaan air yang diperlukan tumbuhan.

### **3.2 Penyaliran Tambang**

Penyaliran tambang adalah penyaliran yang dilakukan untuk mencegah atau mengeluarkan air yang masuk ke daerah penambangan. Upaya ini dimaksudkan untuk mencegah terganggunya aktivitas penambangan akibat adanya air dalam jumlah berlebihan. Perilaku air yang masuk ke area penambangan harus dapat dikendalikan dengan baik. Penanganan masalah ini dilakukan dengan cara memilih sistem penyaliran yang tepat dengan metode penambangan yang diterapkan.

#### **3.2.1 Sistem Penyaliran Tambang**

Secara garis besar sistem penyaliran tambang dapat dibagi menjadi dua macam, yaitu :

1. Sistem penyaliran langsung
2. Sistem penyaliran tidak langsung

### 3.2.1.1 Sistem Penyaliran Langsung

Adalah suatu sistem penyaliran di mana air dibiarkan tertebih dahulu masuk ke dalam suatu lokasi tambang, kemudian air dikeringkan menggunakan pompa menuju keluar tambang. sistem ini dibedakan menjadi 2, yaitu:

1. Penyaliran dengan *Tunnel* atau *Adit*

Air yang masuk ke dalam tambang dikeluarkan dengan cara mengalirkan air dari *tunnel* utama ke *tunnel adit* penyaliran.

2. Penyaliran dengan *Sump*

Air yang masuk ke dalam tambang dikumpulkan di dalam *sump* (kolam penampungan) yang biasanya dibuat di dasar tambang, kemudian dipompa keluar tambang.

### 3.2.1.2 Sistem Penyaliran Tidak Langsung

Adalah suatu sistem penyaliran dengan cara mencegah masuknya air ke dalam tambang dengan cara membuat beberapa lubang bor di bagian luar daerah penambangan, kemudian air dipompa keluar lokasi tambang. Penyaliran tak langsung dibagi menjadi beberapa metoda, di antaranya :

1. *Siemens method*
2. *Deep well pump method*
3. *Electro osmosis system*
4. *Small pipe system with vacuum pump*

### 3.2.2 Faktor-faktor yang Mempengaruhi Penyaliran Tambang

Beberapa faktor yang mempengaruhi dan perlu diperhatikan dalam masalah penyaliran adalah sebagai berikut :

### 1. Rencana penambangan

Penyaliran tambang harus disesuaikan dengan rencana penambangan yang akan dilakukan. Hal ini untuk mengetahui perubahan daerah tambang yang terjadi, baik secara *vertikal* maupun secara *horizontal*.

### 2. Data Hidrogeologi

Mengingat bahwa sumber air utama yang menjadi pokok masalah dalam penyaliran tambang adalah air tanah, maka harus diketahui segala aspek tentang *hidrogeologi* di antaranya adalah :

- *elevasi* muka air tanah
- jenis *akuifer*
- kecepatan aliran
- *permeabilitas* batuan
- kondisi geologi

### 3.2.3 Metode Penyaliran Tambang

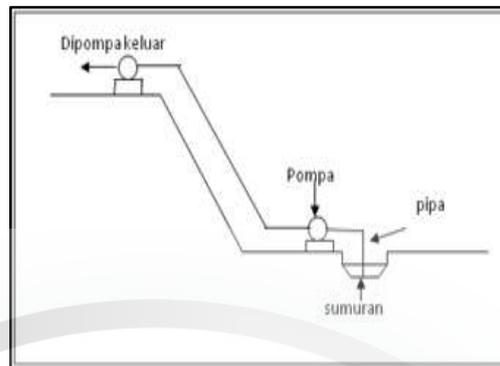
Penanganan masalah air tambang dalam jumlah yang sangat besar pada tambang terbuka dapat dibedakan menjadi beberapa metode sebagai berikut.

#### 3.2.3.1 Mengeluarkan Air Tambang (*Mine Dewatering*)

Upaya untuk mengeluarkan air yang telah masuk ke lokasi penambangan. Berikut adalah metode pengeluaran air tambang :

##### 1. Membuat *sump* di dalam *front* tambang

Sistem ini diterapkan untuk membuang air tambang di lokasi kerja karena air tambang akan dikumpulkan pada sumuran dan akan dipompa keluar tambang. Pemasangan jumlah pompa tergantung pada kedalaman dari sumuran dengan kapasitas pompa menyesuaikan *debit* air yang masuk kedalam lokasi penambangan.

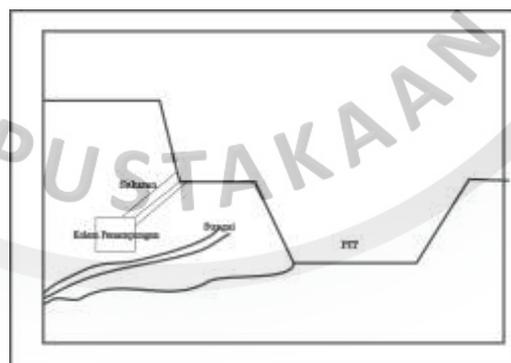


Sumber : Swandhi (2008)

**Gambar 3.2**  
**Sistem Penyaliran**

## 2. Membuat Paritan

Pembuatan parit sangat ideal diterapkan pada tambang quarry yang digunakan dari sumber air atau air limpasan menuju kolam penampungan, langsung ke sungai atau di arahkan ke selokan. Jumlah parit akan disesuaikan dengan kebutuhan sehingga lebih dari satu pembuatannya. Jika parit akan dibuat dalam area penambangan atau jalan alat berat, maka paritan akan dibuat dengan menggunakan beton atau *galvanis* dengan dimensi berdasarkan volume maksimum pada saat musim hujan dengan memperhitungkan kemiringan lereng serta bentuknya yang *trapesium*.



Sumber : Swandhi (2008)

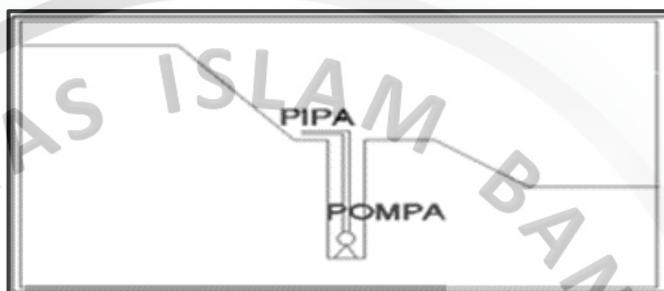
**Gambar 3. 3**  
**Sistem Peralihan**

### 3.2.3.2 Mine Drainage

*Main drainage* merupakan upaya untuk mencegah masuknya air ke daerah penambangan.

a. Metode Pemompaan Dalam (*Deep Well Pump*)

Metode ini diperuntukan pada jenis tanah yang memiliki permeabilitas yang rendah dan terletak pada elevasi yang tinggi. Pompa dimasukan ke dalam lubang bor dengan kedalaman 50 meter hingga 60 meter dimana pompa akan bekerja secara otomatis bila tercelup air.



Sumber : Suwandhi (2008)

**Gambar 3. 4**  
**Metode Pemompaan Dalam**

### 3.3 Penyelidikan *Hidrologi*

#### 3.3.1 Air Limpasan

Air limpasan merupakan bagian dari curah hujan yang mengalir di atas permukaan tanah menuju sungai, danau, maupun laut. Air limpasan terjadi jika air hujan yang mencapai permukaan tanah tidak *terinfiltrasi* seluruhnya ke dalam tanah oleh karena *intensitas* hujan lebih besar daripada kapasitas *infiltrasi* atau karena pengaruh faktor lain, seperti kemiringan lereng, bentuk dan kekompakan permukaan tanah serta kondisi vegetasi. Untuk memperkirakan *debit* air limpasan perlu ditentukan beberapa asumsi agar mempermudah perhitungan, sehingga nilai *debit* air limpasan yang diperoleh bukan merupakan angka mutlak. Metode yang dianggap baik untuk mengitung debit air limpasan adalah menggunakan Metode *Rasional* (US Soil Conversation Service 1973).

$$Q = C \times I \times A \dots \dots \dots (3.1)$$

Keterangan :

Q = Debit air limpasan *maksimum* (m<sup>3</sup>/detik)

- C = koefisien limpasan (tanpa satuan)  
I = Intensitas Curah Hujan (m/detik)  
A = Luas daerah tangkapan hujan ( $m^2$ )

Jadi faktor yang berpengaruh dalam debit air limpasan terdiri dari tiga faktor yaitu koefisien limpasan (C), intensitas curah hujan (I), dan daerah tangkapan hujan (*Catchment Area*).

### 3.3.2 Analisis *Intensitas Curah Hujan Rencana (I)*

Hujan merupakan uap air di *atmosfer* yang terkondensasi dan jatuh dalam bentuk tetesan air. Sistem penyaliran tambang dewasa ini lebih ditujukan pada penanganan air permukaan karena air yang masuk ke dalam lokasi penambangan sebagian besar adalah air hujan. Air tambang akan ditampung dalam sumuran (*sump*), selanjutnya dikeluarkan dengan pompa melalui jalur pipa dan saluran menuju ke kolam pengendapan (*Settling Pond*). Air limpasannya (*overflow*) akan dibuang atau dialirkan ke luar lokasi tambang atau ke sungai terdekat dan lumpur endapannya (*underflow*) dibersihkan secara berkala.

Besar curah hujan dapat dinyatakan sebagai *volume* air hujan yang jatuh pada suatu area tertentu, yang secara umum dinyatakan dalam tinggi air (mm). Maksudnya adalah jumlah atau volume air hujan yang jatuh pada satu satuan luas tertentu, dinyatakan dalam satuan mm. 1 mm berarti pada luasan 1  $m^2$  jumlah air hujan yang jatuh sebanyak 1 Liter.

Curah hujan merupakan salah satu faktor penting dalam suatu sistem penyaliran karena besar kecilnya curah hujan akan mempengaruhi besar kecilnya air tambang yang harus diatasi. Pengamatan curah hujan dilakukan oleh alat penakar curah hujan. Parameter yang harus diperhatikan untuk mencari curah hujan rencana meliputi:

## 1. Periode Ulang Hujan

Curah hujan biasanya terjadi menurut pola tertentu yang biasanya akan berulang pada suatu periode tertentu yang dikenal dengan periode ulang hujan. Periode ulang hujan adalah periode (tahun) suatu hujan dengan tinggi *intensitas* yang sama kemungkinan bisa terjadi lagi. Kemungkinan terjadinya adalah satu kali dalam batas periode (tahun) ulang yang ditetapkan.

Penetapan periode ulang hujan sebenarnya lebih ditekankan pada masalah kebijakan dan resiko yang perlu diambil sesuai dengan perencanaan. Menurut Kite, G.W. ( 1977 ) dalam Suwandi (2008), Acuan untuk menentukan periode ulang hujan (PUH) dapat dilihat pada Tabel 3.1.

**Tabel 3.1**  
**Periode Ulang Hujan**

Keterangan	Periode ulang hujan (tahun)
Daerah terbuka	0,5
Sarana tambang	2 – 5
Lereng–lereng tambang dan	5 – 10
Sumuran utama	10 – 25
Penyaliran keliling tambang	25
Pemindahan aliran sungai	100

Sumber : Kite, G.W. (1977)

## 2. Intensitas Curah Hujan ( I )

Intensitas curah hujan adalah jumlah hujan per satuan waktu yang relatif singkat, biasanya satuan yang digunakan adalah mm/jam. Intensitas curah hujan ditentukan berdasarkan rumus *Mononobe* untuk data curah hujan harian.

Pada Analisis intensitas curah hujan rencana, hal pertama yang dilakukan adalah pengukuran *dispersi* yang diperlukan untuk menganalisis secara statistik agar dapat diperoleh pola sebaran yang sesuai dengan sebaran curah hujan

rata-rata yang ada. Tidak semua varian dari suatu variabel hidrologi terletak atau sama dengan nilai rata-ratanya. Cara mengukur besarnya *dispersi* disebut pengukuran *dispersi*.

Menurut Soewarno (1995), Adapun cara pengukuran *dispersi* meliputi:

a. Perhitungan *Statistik*

Perhitungan ini digunakan untuk analisa Distribusi Normal dan E.J. Gumbel. Persamaan perhitungannya sebagai berikut :

$$S_x = \sqrt{\frac{\sum (x_i - \bar{x})^2}{n - 1}} \dots\dots\dots(3.2)$$

$$C_v = \frac{S_x}{\bar{x}} \dots\dots\dots(3.3)$$

$$C_s = \frac{n \cdot (\sum (x_i - \bar{x})^3)}{(n-1) \cdot (n-2) \cdot S_x^3} \dots\dots\dots(3.4)$$

$$C_k = \frac{n^2 \cdot (\sum (x_i - \bar{x})^4)}{(n-1) \cdot (n-2) \cdot (n-3) \cdot S_x^4} \dots\dots\dots(3.5)$$

b. Perhitungan *Logaritma*

Perhitungan ini digunakan untuk analisa *distribusi Log Normal* dan *Log Pearson III*.

$$S_x = \sqrt{\frac{\sum (\text{Log } x_i - \text{Log } \bar{x})^2}{n - 1}} \dots\dots\dots(3.6)$$

$$C_v = \frac{S_x}{\bar{x}} \dots\dots\dots(3.7)$$

$$C_s = \frac{n \cdot (\sum (\text{Log } x_i - \text{Log } \bar{x})^3)}{(n-1) \cdot (n-2) \cdot S_x^3} \dots\dots\dots(3.8)$$

$$C_k = \frac{n^2 \cdot (\sum (\text{Log } x_i - \text{Log } \bar{x})^4)}{(n-1) \cdot (n-2) \cdot (n-3) \cdot S_x^4} \dots\dots\dots(3.9)$$

Keterangan :

$S_x$  : *Standard Deviation*

$C_v$  : *Coefficient of Variation*

- $C_s$  : *Coefficient of Skewness*  
 $C_k$  : *Coefficient Of Kurtosis*  
 $x_i$  : Besarnya curah hujan maksimum (mm)  
 $\bar{x}$  : Rata-rata curah hujan maksimum (mm)  
 $n$  : Jumlah data (60 data)

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

a. Distribusi Normal

Distribusi normal disebut juga distribusi *Gauss*. Distribusi normal merupakan suatu perhitungan *statistik* yang sangat penting untuk menaksir dan meramalkan peristiwa yang lebih luas.

b. Distribusi Log Normal

Distribusi log normal merupakan hasil transformasi dari distribusi normal, yaitu dengan cara merubah nilai varian  $x$  menjadi nilai logaritma varian  $x$  di dalamnya.

c. Distribusi E.J. Gumbel

Distribusi E.J. Gumbel banyak digunakan untuk *analisis* data maksimum, seperti untuk analisis frekuensi banjir.

d. Distribusi Log Person Tipe III

Distribusi log person tipe III banyak digunakan dalam analisis hidrologi terutama dalam *analisis* data maksimum dan minimum dengan nilai ekstrim.

Menurut Widyasari (2009) untuk menentukan dugaan (*hipotesa*) distribusi (sebaran) data sesuai *parameter statistik* adalah sebagai berikut :

- a. Distribusi Normal bila  $C_s \approx 0,22$  ;  $C_k \sim 2,85$   
 b. Distribusi Log Normal bila  $C_s \sim 3C_v + C_v^2$  ;  $C_v \sim 0.06$

c. Distribusi E.J. Gumbel bila  $C_s \leq 1,14$  ;  $C_k \leq 5,4$

d. Distribusi Log Person bila  $C_s \neq 0$  ;  $C_k \sim 0,3$

*Analisis statistik* yang digunakan adalah dengan formula *Extreme Value E.J Gumbel*. Adapun analisis dari formula tersebut adalah berikut :

1. Tentukan rata-rata  $\bar{X}$  nilai data, dengan rumus :

$$\bar{X} = \frac{\sum CH}{n} \dots\dots\dots(3.10)$$

Dimana :  $\bar{X}$  = Rata-rata nilai data

CH = Curah Hujan

n = Jumlah data (60 data)

2. Tentukan *standar deviasi* (S), dengan rumus :

$$S = \sqrt{\frac{\sum (X_i - \bar{X})^2}{(n-1)}} \dots\dots\dots(3.11)$$

Dimana : S = *Standard deviasi*

$X_i$  = Data ke-l

$\bar{X}$  = Rata-rata *intensitas* curah hujan

n = Jumlah data (60 data)

3. Tentukan koreksi *varians* ( $Y_t$ ), dengan rumus :

$$Y_t = -\ln \left[ -\ln \left[ \frac{T-1}{T} \right] \right] \dots\dots\dots(3.12)$$

Dimana :  $Y_t$  = Koreksi *varians*

T = Periode ulang hujan

4. Tentukan koreksi rata-rata ( $Y_n$ ), dengan rumus :

$$Y_n = -\ln \left[ -\ln \left[ \frac{n+1-m}{n+1} \right] \right] \dots\dots\dots(3.13)$$

Dimana :  $Y_n$  = Koreksi rata-rata  
 $n$  = Jumlah urut data  
 $m$  = Nomor urut data

Kemudian tentukan :

$$Y_N = \frac{\sum Y_n}{n} \dots\dots\dots(3.14)$$

Dimana :  $Y_N$  = Rata-rata  $Y_n$   
 $Y_n$  = Koreksi Rata-rata  
 $n$  = Jumlah data (60 data)

5. Tentukan koreksi simpangan ( $S_n$ ), dengan rumus :

$$S_n = \sqrt{\frac{\sum Y_n - Y_N}{n-1}} \dots\dots\dots(3.15)$$

Dimana :  $S_n$  = Koreksi simpangan  
 $Y_n$  = Nilai  $Y_n$  ke- $i$   
 $Y_N$  = Rata-rata nilai  $Y_n$   
 $n$  = Jumlah data (60 data)

6. Tentukan curah hujan rencana (CHR), dengan rumus :

$$CHR = \bar{X} + S \left( \frac{Y_t - \bar{Y}_n}{S_n} \right) \dots\dots\dots(3.16)$$

Dimana :  $CHR$  = Curah hujan rencana *E.J. Gumbel*  
 $\bar{X}$  = Rata-rata intensitas curah hujan  
 $S$  = *Standard deviasi*  
 $S_n$  = Koreksi Simpangan

$Y_t$  = Koreksi varians

$\bar{Y}_n$  = Rata-rata nilai  $Y_n$

7. Tentukan intensitas curah hujan ( $I$ ) menggunakan Persamaan *Mononobe*, dengan rumus:

$$I = \frac{R_{24}}{24} \times \frac{24^{2/3}}{t} \dots\dots\dots(3.17)$$

Keterangan :

$I$  : Intensitas curah hujan (mm/jam)

$t$  : Lamanya curah hujan / durasi curah hujan (jam)

$R_{24}$  : Curah hujan rencana suatu periode ulang (mm/hari)

### 3.3.3 Daerah Tangkapan Hujan (*Catchment Area*)

Daerah tangkapan hujan adalah luasnya permukaan yang apabila terjadi hujan maka air hujan tersebut akan mengalir ke daerah yang lebih rendah menuju ke titik pengaliran. Air yang jatuh ke permukaan, sebagian meresap ke dalam tanah, sebagian ditahan oleh tumbuhan, dan sebagian lagi akan mengisi bentuk permukaan bumi.

Semua air yang mengalir di permukaan belum tentu menjadi sumber air dari suatu sistem penyaliran. Kondisi ini tergantung dari daerah tangkapan hujan dan dipengaruhi oleh beberapa faktor, antara lain : kondisi topografi, kerapatan *vegetasi*, serta keadaan geologi. Penentuan luas daerah tangkapan hujan berdasarkan pada kontur ketinggian yang membentuk puncak gunung atau bukit, lembah antar gunung atau bukit dengan mempertimbangkan arah aliran air serta aliran sungai yang ada di daerah yang akan diteliti. Setelah daerah tangkapan hujan ditentukan, maka diukur luasnya pada peta *kontur*, yaitu dengan menarik hubungan dari titik-titik tertinggi disekitar tambang membentuk *poligon* tertutup.

### 3.3.4 Koefisien Limpasan (C)

Jenis material pada area penambangan berpengaruh terhadap kondisi penyerapan air limpasan karena untuk setiap jenis dan kondisi material yang berbeda memiliki *koefisien* materialnya masing-masing. *Koefisien* tersebut merupakan parameter yang menggambarkan hubungan curah hujan dan limpasan, yaitu memperkirakan jumlah air hujan yang mengalir menjadi limpasan langsung dipermukaan. *Koefisien* limpasan dipengaruhi oleh faktor tutupan tanah, kemiringan dan lamanya hujan.

*Koefisien* limpasan dapat diartikan juga sebagai suatu bilangan perbandingan antara besarnya limpasan permukaan dengan *intensitas* curah hujan yang pada daerah tertentu. *Koefisien* limpasan tiap-tiap daerah berbeda-beda tergantung pada faktor-faktor penentuan *koefisien* limpasan di antaranya :

1. Jenis *Vegetasi*, dimana daerah dengan *vegetasi* yang rapat akan memberikan nilai *koefisien* limpasan yang kecil karena air hujan akan tertahan oleh *vegetasi* daun dan pori pada batang sehingga air tersebut tidak langsung melimpas ke permukaan tanah, sedangkan daerah yang jarang ditumbuhi *vegetasi* akan memberikan nilai *koefisien* limpasan yang besar.
2. Tata Guna Lahan, di mana keadaan lahan tersebut akan mempengaruhi nilai *permeabilitas* tanah, seperti tanah pesawahan akan memiliki nilai *permeabilitas* lebih besar dibandingkan tanah perumahan, sehingga akan memberikan nilai *koefisien* limpasan yang lebih besar pada perumahan dibandingkan pada tanah pesawahan yang tertahan dan terserap oleh tanah tersebut.
3. Kemiringan Daerah (*Morfologi*), kemiringan suatu daerah akan menentukan laju dari limpasan tersebut sehingga waktu yang dibutuhkan oleh air

melimpas pada lereng yang landai akan lebih lama dibandingkan dengan lereng yang curam, maka koefisien limpasan pada daerah yang landai akan lebih kecil dibandingkan daerah yang curam.

**Tabel 3.2**  
Nilai Koefisien Limpasan

Kemiringan	Tutupan/Jenis Lahan	C (Koefisien Limpasan)
< 3% (Landai)	Sawah, Rawa	0,2
	Hutan, perkebunan	0,3
	Perumahan	0,4
3% - 15% (sedang)	Hutan, perkebunan	0,4
	Perumahan	0,5
	Semak-semak agak jarang	0,6
	Lahan terbuka	0,7
> 15% (curam)	Hutan	0,6
	Perumahan	0,7
	Semak-semak agak jarang	0,8
	Lahan Terbuka daerah tambang	0,9

Sumber : Rudy Sayoga, 1993

### 3.4 Sistem Penanggulangan Air Tambang

#### 3.4.1 Sistem Pemompaan

Pompa merupakan alat yang digunakan untuk membantu pemindahan *fluida* dari satu tempat ke tempat lain dengan menggunakan prinsip gaya *kinetik* dan gaya *mekanis* yang memberikan tekanan terhadap *fluida*. Tujuan dari tekanan yang diberikan pada *fluida* tersebut adalah untuk mengatasi *friksi* atau hambatan (*head*) yang timbul di dalam pipa saluran pada saat proses pengaliran sedang

berlangsung. *Friksi* tersebut umumnya disebabkan oleh adanya beda *elevasi* (ketinggian) antara saluran masuk (*inlet*) dan saluran keluar (*outlet*).

Perpindahan *fluida* tersebut dapat dilakukan secara *horizontal* maupun secara *vertikal* di mana zat yang berpindah akan mendapatkan hambatan berupa gesekan, *turbulensi*, permukaan isap (*suction*) dan permukaan tekan/buang (*discharge*).

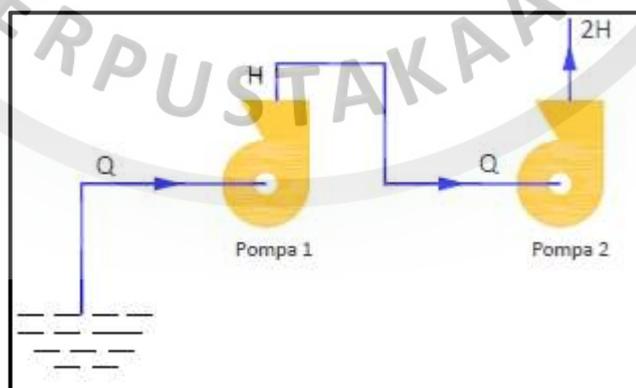
Terdapat 3 faktor yang perlu dipertimbangkan dalam sistem pemompaan dalam tambang, di antaranya :

#### 1. Jenis Sistem Pemompaan

Dalam merencanakan penyaliran tambang pertimbangan jenis sistem pemompaan yang akan dipakai sangat diperluka sehingga dapat diketahui jumlah dan *karakteristik* pompa yang akan dipakai. Berdasarkan rangkaian pemompaannya maka jenis sistem pemompaan terbagi menjadi 2, di antaranya :

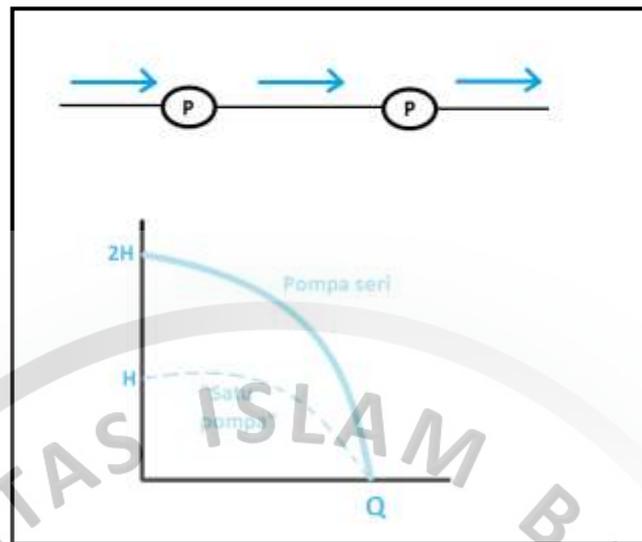
##### a. Rangkaian Seri

Merupakan sistem pemompaan yang dibuat antar pompa saling berhubungan membentuk pola seri sehingga nilai *head* yang dikerjakan pompa semakin besar namun debit yang dihasilkan tetap sama.



Sumber : Swandhi (2008)

**Gambar 3.5**  
**Sistem Pemompaan Seri**

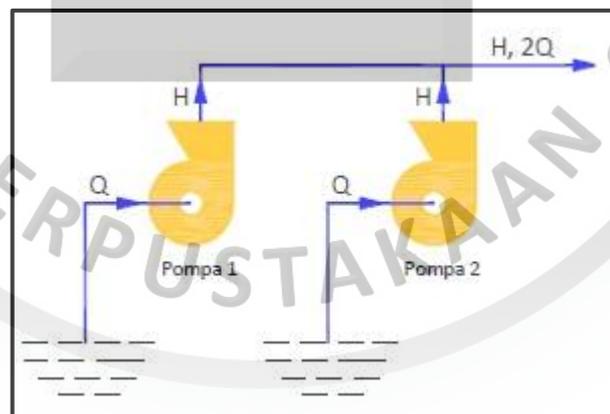


Sumber : Bambang Triarmojo (2003)

**Gambar 3.6**  
**Kurva Pemompaan Seri**

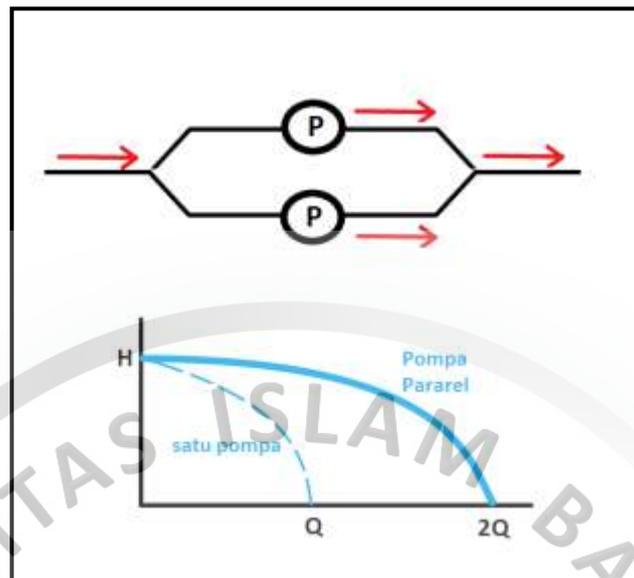
b. Rangkaian Paralel

Merupakan sistem pemompaan yang dibuat antar pompa dibuat saling berhubungan dengan menyatukan kedua pompa tersebut dalam satu pipa sehingga nilai debit yang keluar akan semakin besar namun nilai *head* yang dikerjakan pompa tetap sama.



Sumber : Swandhi (2008)

**Gambar 3.7**  
**Sistem Pemompaan Paralel**



Sumber : Bambang Triarmojo (2003)

**Gambar 3.8**  
**Sistem Pemompaan Seri dan Paralel**

## 2. Pertimbangan Teknis

Dalam pertimbangan teknisnya dalam perencanaan penyaliran tambang dapat dilihat dari kondisi lapangan dan kapasitas yang diperlukan. Sehingga pada saat aplikasi di lapangan dapat dikerjakan lebih optimal dan efisien.

## 3. Pertimbangan ekonomi

Pertimbangan ekonomi merupakan pertimbangan yang paling penting dalam perencanaan sistem penyaliran di mana pompa merupakan alat yang cukup mahal sehingga perlu dilakukan perencanaan yang baik dan benar sehingga cost yang dikeluarkan akan lebih hemat.

Untuk perencanaan pemompaan seperti mengetahui jumlah pompa yang dibutuhkan, dapat dilakukan dengan cara menghitung total *dynamic head* pada pompa. Total *dynamic head* atau total *head* pompa adalah kemampuan tekanan maksimum pada titik kerja pompa, sehingga pompa tersebut mampu mengalirkan air dari satu tempat ke tempat lainnya. Untuk menghitung nilai *total dynamic head* pompa terdiri atas penjumlahan beberapa parameter *head* yang lain yaitu :

### 1. *Static Head* (HC)

*Static head* adalah tekanan yang disebabkan oleh berkurangnya energi akibat perbedaan tinggi antara tempat pengisapan pompa dengan tempat pembuangan. *Static head* terdiri dari *static head* sisi masuk / statis hisap (*suction head*) dan sisi ke luar / *head* statis hisap (*discharge head*). Adapun persamaan yang digunakan adalah sebagai berikut :

$$HC = H_2 - H_1 \dots\dots\dots(3.18)$$

Keterangan :

HC : *Static Head* (mdpl)

H<sub>2</sub> : Elevasi air keluar (mdpl)

H<sub>1</sub> : Elevasi air masuk (mdpl)

### 2. *Velocity Head* (HV)

*Velocity head* adalah tekanan yang disebabkan oleh berkurangnya energi akibat oleh kecepatan air yang melalui pompa.

Adapun persamaan yang digunakan adalah sebagai berikut:

$$HV = v^2 / 2g \dots\dots\dots(3.19)$$

Keterangan :

HV: *Velocity Head* (m)

v : Kecepatan air yang melalui pipa (m/detik)

g : Gaya *gravitasi* bumi (m/detik)

Di mana (v) diperoleh dari persamaan :

$$v = \frac{Q}{A} \dots\dots\dots(3.20)$$

Keterangan :

Q : Debit kemampuan pompa (m<sup>3</sup>/detik)

A : Luas penampang pipa (m<sup>2</sup>)

Di mana diperoleh dari persamaan :

$$A = \frac{1}{4} \pi r^2 \dots\dots\dots(3.21)$$

Keterangan :

$\pi$  : *Konstanta* (3,14)

r : Jari-jari lingkaran (m)

### 3. *Friction Head* (HF)

*Friction head* adalah nilai yang disebabkan oleh berkurangnya energi akibat gesekan air yang melalui pipa dengan dinding pipa yang dihitung berdasarkan persamaan "*Darcy-Weisbach*". Adapun persamaan yang digunakan adalah sebagai berikut :

$$HF = \frac{f \times L \times v^2}{D \times 2 \times g} \dots\dots\dots(3.22)$$

Keterangan :

HF: *Friction Head* (m)

f : Faktor kekasaran pipa, menggunakan diagram *Moody*

D : *Diameter* dalam pipa (m)

v : Kecepatan rata-rata aliran dalam pipa (m/s)

L : Panjang pipa (m)

Untuk nilai *diameter* dalam pipa dapat dilihat pada Tabel 3.3 seperti berikut :

**Tabel 3.3**  
**Diameter Dalam Pipa**

Diameter Pipa (Inci)	Diameter Dalam Pipa (Inci)	Jenis Pipa
6	6,0	Cast Iron
	5,965	Standar Wt. Steel
	5,761	Extra Strong Steel
	4,897	Double Extra Strong Steel
8	8,0	Cast Iron
	7,981	Standar Wt. Steel
	7,625	Extra Strong Steel
	6,875	Double Extra Strong Steel
12	12,0	Cast Iron
	11,95	Standar Wt. Steel
	11,75	Extra Strong Steel
	11,25	Double Extra Strong Steel

Sumber : Binder Raymond C, 1973

Selanjutnya untuk menghitung nilai  $f$  (faktor kekasaran pipa) langkah pertama adalah tentukan *density liquid* yang mengalir di dalam air. Adapun nilai *viskositas* air dan *densitas* air, terdapat dalam Tabel 3.4, Tabel 3.5 seperti berikut :

**Tabel 3.4**  
**Nilai Viskositas Air**

Temp °C	Absolute Viscosity	Kinematic Viscosity		
	Kg/m.s	Centistokes	SSU	ft <sup>2</sup> /sec
0	1,79	1,79	33,0	0,00001931
15,56	1,12	1,12	31,2	0,00001217
21,11	0,98	0,98	30,9	0,00001059
26,67	0,86	0,86	30,6	0,00000930
29,44	0,81	0,81	30,4	0,00000869
37,78	0,68	0,69	30,2	0,00000739
48,89	0,56	0,57	30,0	0,00000609
60	0,47	0,48	29,7	0,00000514
71,11	0,40	0,41	29,6	0,00000442
82,22	0,35	0,36	29,5	0,00000385
100	0,28	0,29	29,3	0,00000319

Sumber : Merle C. Potter dan David C. Wiggert, 2008

**Tabel 3.5**  
**Densitas Air**

<i>Temperature</i> - t - (°C)	<i>Density</i> - ρ - (kg/m <sup>3</sup> )	<i>Specific Weight</i> - γ - (kN/m <sup>3</sup> )
0	999,8	9,806
4	1000	9,807
10	999,7	9,804
20	998,2	9,789
30	995,7	9,765
40	992,2	9,731
50	988,1	9,690
60	983,2	9,642
70	977,8	9,589
80	971,8	9,530
90	965,3	9,467

Sumber : Merle C. Potter dan David C. Wiggert ,2008

Adapun apabila kita menghitung nilai densitas pada suhu yang tidak terdapat di dalam tabel, maka kita gunakan persamaan *interpolasi linear*, sebagai berikut :

$$\rho = \rho_{\min} - \frac{t_{\max} - t}{t_{\max} - t_{\min}} \times (\rho_{\min} - \rho_{\max})$$

Keterangan :

$\rho$  : Nilai *interpolasi linear*

$\rho_{\max}$  : *Density* maksimal

$\rho_{\min}$  : *Density* minimal

t : Nilai suhu

$t_{\max}$  : Nilai suhu maksimal

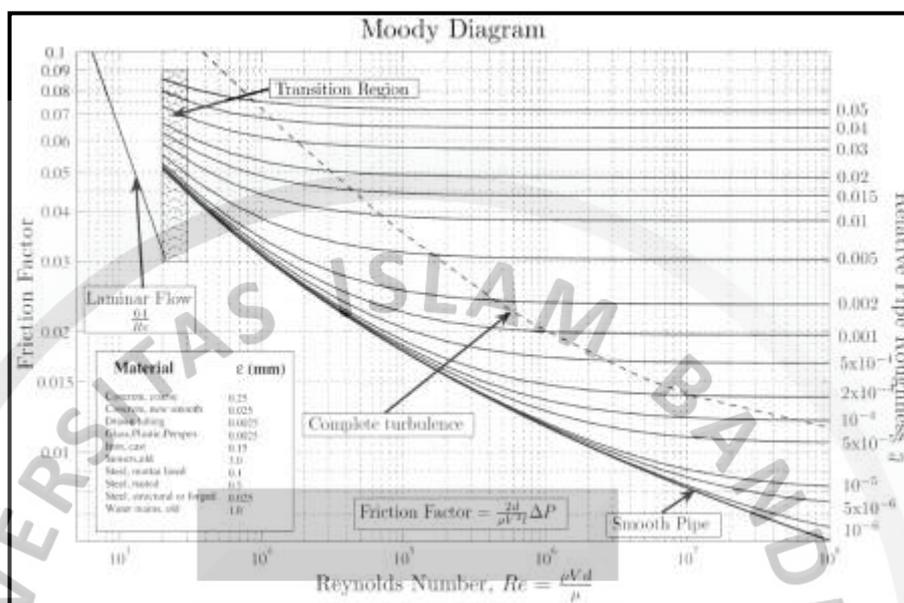
$t_{\min}$  : Nilai suhu minimal

Untuk pipa halus ( $e = 0$ ) seperti *glass*, tembaga dan plastik dengan aliran *turbulen*, menggunakan persamaan Blasius untuk f, yaitu :

$$f = \frac{0.3164}{Re^{0.25}} \dots\dots\dots(3.23)$$

Catatan : ( $4,000 < Re < 100,000$ )

Sementara untuk pipa yang kasar dengan aliran turbulen maka menghitung  $f$  dengan menggunakan Diagram *Moody* seperti pada Gambar 3.5 berikut :



Sumber : Moody L.F, 1944

**Gambar 3.9**  
**Grafik Diagram *Moody***

Untuk menggunakan Diagram *Moody* di atas dibutuhkan Bilangan *Reynolds* dan nilai kekasaran *relatif* pipa (*relative pipe roughness*). Untuk menghitung Bilangan *Reynolds* diperoleh dari persamaan berikut :

$$Re = \frac{\rho v D}{\mu / 1,000} \dots\dots\dots(3.24)$$

Keterangan :

- Re : Bilangan *Reynold*
- v : Kecepatan aliran (m/detik)
- D : *Diameter* pipa (m)
- $\rho$  : *Massa jenis* Zat Cair ( $\text{kg/m}^3$ )
- $\mu$  : *Viskositas* ( $\text{Ns/m}^2$ )

Sedangkan untuk menghitung nilai *relative pipe roughness* dapat menggunakan persamaan :

$$\text{Relative pipe roughness} = \frac{\varepsilon}{D} \dots\dots\dots(3.25)$$

Keterangan :

$\varepsilon$  : Nilai *relative pipe roughness* (Micron)

D : Diameter pipa (mm)

**Tabel 3.6**  
**Kekasaran Pipa Absolut Berdasarkan Bahan**

Pipe Material	Absolute Roughness, $\varepsilon$	
	$\times 10^{-6}$ feet	Micron (unless noted)
Drawn Brass	5	1,5
Drawn Copper	5	1,5
HDPE	70	0,0213
Commercial Steel	150	45
Wrought Iron	150	45
Asphalted Cast Iron	400	120
Galvanized Iron	500	150
Cast Iron	850	260
Wood Stave	600 to 3000	0,2 to 0,9 mm
Concrete	1000 to 10.000	0,3 to 3 mm

Sumber : Binder Raymond C, 1973

Selanjutnya bilangan Reynold dan nilai *relative pipe roughness* yang telah didapatkan di plot ke dalam diagram *Moody* (Gambar 3.7) untuk mendapatkan nilai *friction factor*.

#### 4. Shock Loss Head (HI)

*Shock loss head* adalah tekanan yang disebabkan oleh hilangnya energi pada jaringan pipa akibat adanya perubahan mendadak dari *geometri* pipa seperti belokan, katup dan sambungan. Adapun persamaan yang digunakan sebagai berikut :

$$HI = \frac{K \times v^2}{2 \times g} \dots\dots\dots(3.26)$$

Dan HI Total = HI x Jumlah sambungan

Keterangan :

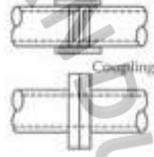
K : Koefisien kekasaran pipa yang tergantung pada jari-jari belokan, diameter pipa dan sudut yang dibentuk antara pipa dan bidang datar (Tabel 3.7)

n : Jumlah belokan

v : Kecepatan rata-rata aliran dalam pipa (m/s)

g : Percepatan gravitasi (m/s<sup>2</sup>)

**Tabel 3.7**  
**Minor Loss Coefficient (K)**

Fitting	Minor Loss Coefficient	Gambar
Flange Couping	$k = 0,08 \times 9 \times D^{0,69}$ (diameter 10 hingga 101 mm) $k = 0,08$ (diameter 76 hingga 565 mm)	

Sumber: William Janna, 2013

5. Total Dynamic Head (HT)

Selanjutnya untuk menghitung total dynamic head pompa atau total head pompa (HT) adalah sebagai berikut :

$$HT = HC + HV + HF + HI \dots\dots\dots(3.27)$$

Keterangan :

HC : Static Head (m)

HV : Head Velocity Head (m)

HF : Friction Head (m)

HI : Shock Loss Head (m)

6. Debit Pemompaan

Untuk menghitung nilai debit pemompaan dapat menggunakan persamaan

Head Kuantitas :

$$Q2 = Q1 \times \sqrt{\frac{H2}{H1}} \dots\dots\dots(3.28)$$

Keterangan :

$Q_1$  : *Debit* pompa dari pabrik ( $m^3/det$ )

$Q_2$  : *Debit* pompa setelah dikoreksi ( $m^3/det$ )

$H_1$  : *Head* dari pabrik belum dikoreksi (m)

$H_2$  : *Head* total perhitungan (m)

### 3.4.2 Perencanaan Kolam Penampung (*Sump*)

Pembuatan *sump* di daerah penambangan adalah untuk menampung limpasan air tambang yang terdapat di lokasi penggalian sebelum air itu dipompakan. Dalam perancangan dimensi *sump* untuk tambang terbuka ada beberapa faktor yang berpengaruh, faktor tersebut antara lain *debit* air yang akan ditampung *sump*, *permeabilitas* tanah, waktu pengaliran, lebar *sump* dan faktor lainnya sehingga untuk memudahkan perhitungan maka perancangan *sump* ini menggunakan *analisis* perbandingan *volume* air yang dapat ditampung *sump* dan debit aliran air yang masuk ke *sump*.

Sistem kolam terbuka (*open sump*) diterapkan jumlah pompa tergantung pada kedalaman penggalian. Bisa satu unit, dua unit atau beberapa unit. Jika beda tinggi melebihi kemampuan tinggi isap pompa maka dapat dibuat *sump* tunda. Kapasitas pompa harus disesuaikan dengan *debit* air yang masuk ke daerah penambangan tersebut, tetapi resikonya pompa harus dihidupkan secara terus-menerus. Apabila kapasitas pompa yang digunakan lebih besar dari *debit*, maka penggunaan pompa bisa secara *periodik* untuk membuang air dari lokasi kerja penambangan.

#### 3.4.2.1 Sedimentasi

Sedimen merupakan material atau fragmen yang terangkut melalui proses suspensi oleh air maupun oleh angin. Hasil sedimen (*sedimen yield*) adalah

besarnya sedimen yang berasal dari erosi yang terjadi di *catchment area* yang diukur pada periode tertentu dan tempat tertentu.

Sedimen terjadi karena adanya proses erosi yang disebabkan oleh air yang meliputi tiga tahap dalam keadaan normal di lapangan, yaitu tahap pemecahan bongkah-bongkah atau agregat tanah ke dalam bentuk butir-butir kecil, tahap kedua pemindahan atau pengangkutan butir-butir kecil tersebut, dan tahap ketiga adalah pengendapan partikel-partikel tersebut di tempat yang lebih rendah atau dasar sungai atau waduk.

Pada daerah penambangan, pengendapan akhir dari proses erosi akan terjadi pada daerah akhir aliran yang biasanya terletak pada elevasi paling rendah, yaitu pada sumuran (*sump*) sehingga akan terjadi pendangkalan pada tempat tersebut.

Model Erosi *MUSLE* merupakan pengembangan dari persamaan *Universal Soil Loss Equation (USLE)* yang pertama kali diterbitkan dalam *Agricultural Handbook No. 282 (1965)* dan dipublikasikan lagi pada *Agricultural Handbook No.587 (1978)*. Selanjutnya, persamaan pendugaan erosi dikembangkan oleh Williams (1975), yaitu menerapkan faktor erosivitas hujan (*R*) sebagai *rainfall-runoff* basis sebagai persamaan *MUSLE* (Murtiono, 2008).

Secara umum, rumus dasar model *MUSLE* adalah sebagai berikut :

$$S_y = a (V_q \cdot Q_R)^b K \cdot LS \cdot C \cdot P \dots\dots\dots(3.29)$$

Keterangan:

- $S_y$  = hasil sedimen (ton/hari)
- $a, b$  = konstanta *Williams*, masing-masing 11,8 dan 0,56
- $V_q$  = Limpasan permukaan (mm/hari)
- $QR$  = Debit maksimum( $m^3/s$ )
- $K$  = Faktor erodibilitas tanah

- LS = Faktor panjang dan kemiringan lereng  
 C = Faktor tanaman penutup lahan dan pengelolaan tanaman  
 P = Faktor tindakan konservasi praktis oleh manusia

Berikut ini penjelasan faktor-faktor dari rumus *MUSLE* adalah sebagai berikut:

1. Volume aliran

Metode yang digunakan untuk estimasi volume aliran, yaitu SCS (*Soil Conservation Service*). Persamaan SCS, yaitu (Chow, 1964):

$$s = \left( \frac{1000}{CN} - 10 \right) 25,4 \dots\dots\dots(3.30)$$

$$V_q = \frac{(P-0,2s)^2}{(P+0,8s)} \dots\dots\dots(3.31)$$

Keterangan:

$V_q$  = Limpasan permukaan (mm/hari)

CN = *Curve number* (angka kurva limpasan)

P = Curah hujan (mm/hari)

Nilai CN berkisar antara 0–100. Indeks CN mencerminkan kombinasi tiga faktor hidrologi, yaitu: jenis (tekstur) tanah, tutupan tanah, dan kelembaban tanah awal.

**Tabel 3.8**  
**Kelompok Hidrologi Tanah**

Kelompok Tanah	Laju Infiltrasi (mm/jam)	Tekstur Tanah
A	8 – 12	Pasir, pasir berlempung, lempung berpasir
B	4 – 8	Lempung berdebu, lempung
C	1 – 4	Lempung pasir berliat
D	<1	Lempung berliat, lempung berdebu

Sumber : Murtiono (2008)

**Tabel 3.9**  
**Jenis Tutupan Lahan dan Nilai CN**

Tutupan Lahan	Kelas Hidrologi			
	A	B	C	D
Sungai/Tubuh Air/Danau/Waduk/Situ	98	98	98	98
Hutan Primer	25	55	70	77
Hutan Sekunder	30	58	71	78
Hutan Pinus	45	66	77	83
Perkebunan	49	69	79	84
Kebun Campuran	64	75	83	87
Ladang/Tegalan	68	79	85	88
Padang rumput/Ilalang	72	82	88	90
Permukiman	81	88	91	93
Kawasan dan zona industri	89	92	94	95
Sawah	59	70	78	81
Semak Belukar	49	69	78	81
Tanah kosong/terbuka	77	86	91	94
Kawasan Pertambangan/Galian	79	87	92	94

Sumber : Murtiono (2008)

2. Debit maksimum

Debit maksimum merupakan debit puncak yang didapat dari rumus rasional.

3. Erodibilitas tanah

Erodibilitas tanah menunjukkan resistensi partikel tanah terhadap pengelupasan dan transportasi partikel-partikel tanah tersebut oleh adanya energi kinetik air hujan. Meskipun besarnya resistensi tersebut akan tergantung pada topografi, kemiringan lereng, dan besarnya gangguan oleh manusia. Akan tetapi, besarnya erodibilitas tanah juga ditentukan oleh karakteristik tanah seperti : tekstur tanah, stabilitas agregat tanah, kapasitas infiltrasi, serta kandungan organik dan kimia tanah.

**Tabel 3.10**  
**Faktor Erodibilitas Tanah**

No	Jenis Tanah	Faktor K
1	Latosol coklat kemerahan dan litosol	0,43
2	Latosol kuning kemerahan dan litosol	0,36
3	Komplek mediteranian dan filosol	0,46
4	Latosol kuning kemerahan	0,56
5	Gramusol	0,20
6	Aluvial	0,47
7	Regosol	0,40

Sumber : Departemen Kehutana

#### 4. Panjang dan Kemiringan lereng

Faktor indeks topografi L dan S, masing-masing mewakili pengaruh panjang dan kemiringan lereng terhadap besarnya erosi. Panjang lereng mengacu pada aliran air permukaan, yaitu lokasi berlangsungnya erosi dan kemungkinan terjadinya deposisi sedimen.

Tanah yang mempunyai topografi datar memiliki laju aliran permukaan yang kecil apabila dibandingkan dengan tanah yang mempunyai topografi yang curam. Kecepatan aliran permukaan tanah yang memiliki kemiringan besar serta tidak tertutup tanah akan semakin cepat daya kikis serta daya penghanyutan.

Komponen panjang dan kemiringan lereng (L dan S) diintegrasikan menjadi faktor LS dan dihitung dengan formula *Wischmeier* dan *Smith* adalah sebagai berikut :

$$LS = \frac{1}{2} (0,00138 S^2 + 0,00965 S + 0,0138) \dots\dots\dots (3.32)$$

Keterangan :

LS = Faktor panjang kemiringan (m)

L = Panjang lereng (m)

S = Kemiringan lereng (%)

= 0,5 jika  $S \geq 5\%$

= 0,4 jika  $5\% > S \geq 3\%$

= 0,3 jika  $3\% > S \geq 1\%$

= 0,2 jika  $S < 1\%$

#### 5. Tanaman penutup dan konservasi praktis

Faktor penutupan oleh tanaman (C) merupakan perbandingan antara besarnya erosi dari tanah akibat aliran permukaan dengan pengelolaan tertentu terhadap besarnya erosi tanah yang tidak ditanami dan tanpa pengelolaan.

**Tabel 3.11**  
**Nilai Faktor Penutupan Tanah dan Pengelolaan Tanaman**

No	Macam Penggunaan	Nilai Faktor
1	Tanah terbuka / tanpa tanaman	1
2	Tegalan / Perkebunan	0,7
3	Kebun campuran : Kerapatan tinggi	0,1
	Kerapatan sedang	0,2
	Kerapatan rendah	0,5
4	Perladangan	0,4
5	Hutan alam : serasah banyak	0,001
	serasah kurang	0,005
6	Hutan Produksi : tebang habis	0,5
	tebang pilih	0,2
7	Semak belukar / padang rumput	0,3

Sumber : Asdak C (2002)

Faktor P adalah perbandingan antara tanah tererosi rata-rata dari lahan yang mendapat perlakuan konservasi tertentu, terhadap tanah tererosi rata-rata dari lahan yang diolah tanpa tindakan konservasi dengan catatan faktor-faktor erosi yang diasumsikan tidak berubah.

**Tabel 3.12**  
**Nilai Faktor Tindakan Konservasi**

No	Tindakan Khusus Konservasi Tanah	Nilai P
1	Teras bangku	
	-Konstruksi baik	0,04
	-Konstruksi sedang	0,15
	-Konstruksi kurang baik	0,35
	-Teras tradisional kurang baik	0,4
2	Strip tanaman rumput (padang rumput)	0,4
3	Pengolahan tanah dan penanaman menurut kontur	
	-Kemiringan 0 – 8 %	0,5
	-Kemiringan 9 – 20%	0,75
	-Kemiringan >20%	0,9
4	Tanpa tindakan konservasi	1

Sumber : Asdak C (2002)

### 3.5 Hal yang Mempengaruhi Sistem Penyaliran Tambang

1. *Permeabilitas* : secara umum dapat diartikan sebagai kemampuan suatu *fluida* bergerak melalui rongga pori *massa* batuan sehingga air dapat mengalir pada rongga tersebut. Semakin banyak rongga dari batuan, maka daya tampung air akan semakin besar pula.

2. Rencana kemajuan tambang : Akan mempengaruhi pola alir saluran yang akan dibuat sehingga saluran akan lebih *efektif* dan tidak akan menghambat sistem kerja penambangan.
3. Curah hujan : Sumber utama air yang masuk kedalam area penambangan sehingga besar kecilnya curah hujan di lokasi penambangan akan mempengaruhi air tambang yang akan dikendalikan.

