

EVALUASI SALURAN TERBUKA DENGAN MENGGUNAKAN DISTRIBUSI GUMBELL DAN MODEL THOMAS FIERING

Tedy Agung Cahyadi¹, Deka Citra Dinata¹ Dahono Haryanto¹, Hartono¹, Indun Titisariwati¹, Rendy Fahlevi²

¹ Jurusan Teknik Pertambangan, Universitas Pembangunan Nasional “Veteran” Yogyakarta

² Staf PPET PT Semen Padang

Korespondensi : tedyagunc@upnyk.ac.id

Abstrak

Nilai curah hujan yang akan terjadi tidak dapat ditentukan secara pasti dan tepat, akan tetapi dapat diperkirakan atau diprediksi. Tujuan dari penyusunan makalah ini adalah untuk membandingkan hasil pembangkitan data curah hujan menggunakan distribusi Gumbell dan model Thomas Fiering untuk selanjutnya menjadi acuan dalam pengolahan data desain saluran terbuka di tambang. Data yang digunakan selama Sembilan tahun (2009-2017), berasal dari data curah hujan milik Pusat Sumber Daya Air (PSDA) Provinsi Sumatera Barat. Dari hasil penelitian didapat nilai curah hujan hasil distirbusi Gumbell sebesar 138,97 mm/hari sedangkan nilai curah hujan berdasarkan perhitungan model Thomas Fiering sebesar 103,4 mm/hari. Dari hasil tersebut disimpulkan bahwa distribusi Gumbell digunakan untuk menjadi data acuan dalam mendesain saluran terbuka.

Kata kunci: Curah Hujan, Distribusi Gumbell, Model Thomas Fiering, Saluran Terbuka

Abstract

The value of rainfall that will occur cannot be determined exactly and precisely, but it can be estimated or predicted. This paper aims to compare the results of rainfall data generation using the Gumbell distribution (1941) and Thomas Fiering model (1971) to further serve as a reference in processing open channel design data in the mine. The data used during the nine years (2009-2017), it's belonging to the West Sumatra Province Water Resources Center. From the results of the study, the rainfall value obtained from the Gumbell distribution was 138.97 mm / day while the rainfall value based on the calculation of the Thomas Fiering model was 103.4 mm / day. From these results it was concluded that the Gumbell Distribution was used to be a reference data in designing the open channel.

Keywords: Rainfall, Gumbell Distribution, Thomas Fiering Model, Open Chanel

1. Pendahuluan

PT Semen Padang merupakan salah satu perusahaan industri pembuatan semen di Indonesia. Batugamping merupakan bahan baku utama pada pembuatan semen, sehingga dilakukan penambangan Batugamping menggunakan sistem tambang terbuka dengan metode kuari. Sistem tambang terbuka sangat dipengaruhi oleh cuaca setempat, terutama air hujan yang masuk ke bukaan tambang berpotensi mengganggu aktifitas penambangan dan mobilitas peralatan tambang.

Munculnya berbagai permasalahan yang disebabkan oleh air tersebut, dapat diatasi dengan solusi dibuatnya sistem penyaliran tambang yang baik dan tepat untuk mengatasi air yang masuk kedalam tambang [1]. Selain itu, agar perusahaan dapat mencapai target produksi, perencanaan pada sistem penyaliran tambang perlu dilakukan untuk memperlancar kegiatan penambangan.

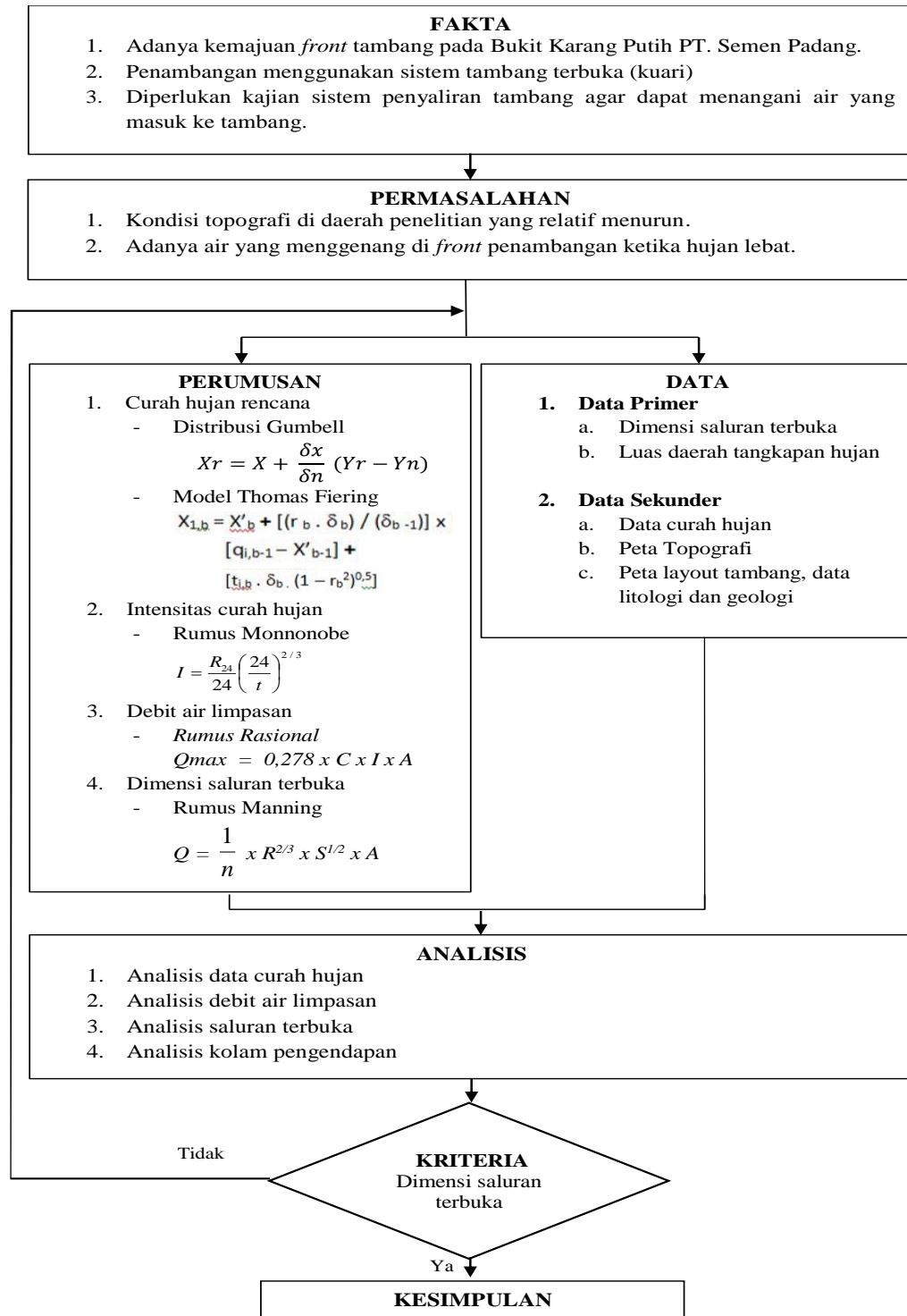
Sistem penyaliran tambang adalah suatu usaha atau kegiatan yang dilakukan untuk mencegah masuknya air atau mengeluarkan air yang telah masuk ke *front* tambang. Kegiatan ini dimaksudkan untuk mencegah terganggunya aktifitas penambangan akibat adanya air dalam jumlah yang berlebihan terutama pada saat musim penghujan [2]. Air yang menggenangi suatu daerah tambang harus segera dialirkan keluar dari daerah tersebut melalui saluran penyaliran menuju ke luar daerah tambang.

Dalam penentuan debit air yang masuk kedalam daerah tambang dikenal berbagai macam pendekatan, diantaranya distribusi Gumbell [3] dengan pendekatan curah hujan rata-rata dan model Thomas Fiering [4] yang dapat meramalkan data untuk beberapa tahun kedepan dengan membuat data baru berdasarkan catatan pendek untuk mendapatkan catatan panjang. Sehingga analisis dalam sistem penyaliran tambang yang dikaji dapat dilakukan secara optimal.

Tujuan dari penulisan makalah ini adalah untuk membandingkan metode pengolahan data curah hujan mana yang paling efektif untuk merancang saluran terbuka antara ditribusi Gumbell dan model Thomas Fiering.

2. Metode Penelitian

Metode penelitian dijelaskan menggunakan bagan alir yang tercantum pada Gambar 1 yang berisi tentang fakta yang ditemukan dilapangan, permasalahan yang dihadapi dilapangan, perumusan masalah, data, analisis penelitian serta kriteria.



Gambar 1. Bagan Alir Metode Penelitian

Dalam penulisan makalah ini data curah hujan yang digunakan selama 9 tahun (2009-2017) yang didapatkan dari Stasiun Batang Padi, Kecamatan Lubuk Kilangan milik Pusat Sumber Daya Air (PSDA) Provinsi Sumatera Barat. Kemudian dari data tersebut akan diolah masing-masing menggunakan distribusi Gumbell dan model Thomas Fiering.

Pada penelitian ini menggunakan beberapa rumus yang mendukung metode penelitian diatas, rumus yang digunakan adalah distribusi *gumbell*, Model Thomas Fiering, rumus *mononobe*, rumus rasional, rumus *manning*.

a. Distribusi Gumbell

Distribusi Gumbell adalah suatu metode yang didasarkan atas distribusi normal (distribusi harga ekstrim). Gumbell beranggapan bahwa distribusi variabel-variabel hidrologis tidak terbatas, sehingga harus digunakan distribusi dari harga-harga yang terbesar (harga maksimal). Distribusi Gumbell dianggap paling tepat karena dilengkapi dengan curah hujan maksimum setiap hari untuk berbagai periode waktu dan periode hujan yang berulang [5].

Persamaan Gumbell sebagai berikut:

$$X_r = X + \frac{\delta x}{\delta n} (Y_r - Y_n) \quad (1)$$

Keterangan:

- X_r = Hujan harian maksimum dengan periode ulang tertentu (mm)
- X = Curah hujan rata-rata (mm)
- δx = Standar deviasi nilai curah hujan dari data
- δn = Standar deviasi dari reduksi variat, tergantung dari jumlah data (n)
- Y_r = Nilai reduksi variat dari variabel yang diharapkan terjadi pada PUH
- Y_n = Nilai rata-rata dari reduksi variat, tergantung dari jumlah data

Dari perumusan metode *Gumbel* diatas, hanya harga curah hujan rata-rata dan standar deviasi nilai curah hujan yang diperoleh dari hasil pengolahan data, sedangkan harga-harga selain itu diperoleh dari tabel tetapan, dalam hubungannya dengan jumlah data dan periode ulang hujan.

b. Model Thomas Fiering

Pembangkitan data merupakan salah satu usaha untuk menangani masalah kurang panjangnya suatu data hidrologi [6]. Model stokastik merupakan model hidrologi yang digunakan untuk membangkitkan data baik itu data sintetik maupun prediksi [7].

Ilmu yang membahas air dimulai dari sirkulasi, kejadian, sifat-sifat fisis dan kimiawi, penyebaran, serta reaksinya terhadap lingkungan dan hubungannya dengan kehidupan disebut ilmu Hidrologi. Ilmu ini mencakup banyak bidang diantaranya dapat berhubungan langsung dengan perencanaan, perancangan, dan pelaksanaan untuk keperluan pemanfaatan dan pengaturan air [8].

Model stokastik adalah model yang dikhususkan untuk teori dan aplikasi dari kemungkinan yang muncul dalam permodelan dalam ilmu alam dan teknologi. Model ini biasanya mengkaji ulang data atau informasi terdahulu untuk menduga peluang kejadian tersebut pada keadaan sekarang atau yang akan datang dengan asumsi terdapat relevansi pada jalur waktu [9]. Model Stokastik Konseptual yaitu model untuk menduga peluang kejadian berdasarkan teori sedangkan Model Stokastik Empiris berdasarkan pengalaman dan percobaan [10].

Model stokastik adalah model hidrologi dengan dasar matematika yang menghasilkan nilai acak. Hasil dari model ini berupa data sintetik dengan kesalahan standar (*standart deviation*), tingkat keragaman (*variance*) dan nilai tengah (*mean*) yang tetap terpelihara [11]. Model stokastik adalah suatu model hidrologi yang berkaitan dengan waktu dan peristiwa sebelumnya [12].

Model stokastik yang dicontohkan oleh Clarke antara lain: model *Autoregresif Integrated Moving Average* (ARIMA), model regresi, model Thomas Fiering, dan model *Multivariate* Thomas Fiering. Model Thomas Fiering adalah satu diantara banyak model stokastik. Peramalan data model Thomas Fiering dapat digunakan untuk memecahkan kurang panjangnya suatu data hidrologi. Prinsip dasar dari data sintetik atau data bangkitan adalah membuat data baru berdasarkan data yang telah ada, untuk mendapatkan nilai data yang akan datang. Model Thomas Fiering merupakan markovian alami dengan parameter periodik, yaitu nilai rerata, standar deviasi, koefisien korelasi, dan bilangan acak.

Model Thomas Fiering memungkinkan pembangkitan data nilai curah hujan bulanan, yang terdiri dari dua belas persamaan regresi linear. Jika data yang ada selama dua puluh tahun, maka dua puluh data nilai curah hujan bulan Januari dan dua puluh data nilai curah hujan bulan Desember diabstraksikan dan data nilai curah hujan bulan Januari diregresikan pada data nilai curah hujan bulan Desember, demikian

halnya data nilai curah hujan bulan Februari diregresikan pada data nilai curah hujan bulan Januari dan seterusnya untuk masing-masing bulan pada setiap tahunnya [13].

Persamaan *Thomas Fiering* adalah sebagai berikut:

$$X_{1,b} = X'_{1,b} + \frac{(r_b \cdot \delta_b)}{(\delta_{b-1})} x [q_{i,b-1} - X'_{b-1}] + [t_{i,b} \cdot \delta_b \cdot \sqrt{(1 - r_b)^2}] \quad (2)$$

Keterangan:

| | |
|--------------------------|---|
| $X_{1,b}$ | = Curah hujan hasil pembangkitan untuk bulan b tahun ke - I |
| $X'_{1,b}, X'_{b-1}$ | = Rerata curah hujan pada bulan b dan bulan b-1 |
| r_b | = Korelasi untuk bulan b |
| δ_b, δ_{b-1} | = Standar deviasi bulan b dan bulan b-1 |
| $t_{i,b}$ | = Bilangan random bulan b |
| $q_{i,b-1}$ | = Curah hujan pada tahun ke-i dan bulan b-1 |

Secara sederhana persamaan *Thomas Fiering* di atas menyatakan bahwa curah hujan bulan mendatang adalah sama dengan rata-rata debit bulan mendatang ditambah dengan suatu faktor yang bergantung pada data curah hujan saat ini dan ditambah dengan suatu faktor inovasi yang besarnya adalah acak.

c. Intensitas Curah Hujan

Intensitas curah hujan adalah jumlah hujan per satuan waktu yang relatif singkat, biasanya satuan yang digunakan adalah mm/jam. Intensitas curah hujan biasanya dinotasikan dengan huruf "I". Intensitas curah hujan ditentukan berdasarkan rumus *mononobe*. Rumus *mononobe* sebagai berikut :

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

Keterangan:

| | |
|----------|----------------------------|
| R_{24} | : CH maksimum dalam 24 jam |
| t | : Waktu turun hujan |

d. Debit Air Limpasan

Debit air limpasan maksimum dihitung dengan menggunakan rumus rasional yaitu:

$$Q = 0,278 \cdot C \cdot I \cdot A \quad (4)$$

Keterangan :

| | |
|-----|--|
| Q | = Debit air limpasan (m ³ /detik) |
| I | = Intensitas curah hujan (mm/jam) |
| C | = Koefisien limpasan |
| A | = Luas daerah tangkapan hujan (km ²) |

e. Dimensi Saluran Terbuka

Rumus *manning* digunakan untuk menghitung dimensi pada saluran terbuka.

$$Q = 1/n \cdot A \cdot S^{1/2} \cdot R^{2/3} \quad (5)$$

Keterangan:

| | | | |
|-----|--|-----|--|
| Q | = Debit air (m ³ /detik) | R | = Jari-jari hidrolis (m) |
| A | = Luas penampang basah (m ²) | n | = nilai kekasaran dinding saluran menurut <i>Manning</i> |
| S | = Kemiringan saluran (%) | | |

3. Hasil Dan Diskusi

Data curah hujan sembilan tahun dari tahun 2009 sampai 2017 dapat dilihat pada Tabel 1. Data tersebut akan digunakan dalam pengolahan data lebih lanjut.

Tabel 1. Data Curah Hujan Harian Maksimum 2009-2017

| Data Curah Hujan Maksimum 2009-2017 | | | | | | | | | | | | | |
|-------------------------------------|------|------|------|------|------|------|------|-----|------|-----|------|------|--------------------|
| Tahun | Jan | Feb | Mar | Apr | Mei | Jun | Jul | Ags | Sep | Okt | Nov | Des | Maksimum per Tahun |
| 2009 | 145 | 40 | 60 | 53 | 28 | 61 | 84 | 50 | 69,5 | 50 | 65 | 93 | 145 |
| 2010 | 61 | 109 | 94 | 98 | 34,6 | 79 | 94 | 36 | 97 | 92 | 51,8 | 39 | 109 |
| 2011 | 72 | 79 | 30 | 74 | 68 | 118 | 35 | 97 | 39 | 39 | 79 | 31 | 118 |
| 2012 | 64 | 36 | 99 | 36 | 89 | 66 | 117 | 36 | 48 | 94 | 40 | 44 | 117 |
| 2013 | 32 | 23 | 53 | 66 | 52 | 24 | 89 | 81 | 38 | 92 | 87 | 125 | 125 |
| 2014 | 65 | 102 | 26 | 42 | 42 | 52 | 39 | 43 | 49 | 125 | 121 | 47 | 125 |
| 2015 | 60,3 | 50,2 | 90,6 | 50,4 | 90,4 | 90,3 | 80,3 | 60 | 120 | 47 | 90,2 | 50,9 | 120 |
| 2016 | 61 | 48 | 42 | 71 | 60 | 68 | 49 | 78 | 57 | 118 | 59 | 51 | 118 |
| 2017 | 42 | 45 | 41 | 49 | 115 | 31 | 87 | 122 | 120 | 122 | 82 | 106 | 122 |

a. Hasil Pengolahan Distribusi Gumbell

Untuk menghitung nilai curah hujan rencana dengan distribusi Gumbell menggunakan persamaan 1 dengan data acuan pada Tabel 1. Hasil dari pengolahan data dapat dilihat pada Tabel 2.

Tabel 2. Curah Hujan Rencana Distribusi Gumbell

| Analisis Data Curah Hujan | | | | | | | | | |
|--|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--|
| Periode Ulang | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 | |
| Nilai Reduce Variate (Yr) | 0,37 | 0,90 | 1,25 | 1,50 | 1,70 | 1,87 | 2,01 | 2,14 | |
| Nilai Reduce Mean (Yn) | 1,50 | 0,37 | 1,03 | -0,19 | 0,09 | -0,48 | 0,67 | -0,83 | |
| Nilai Reduced Standart Deviasi (Sn) | 0,99 | 0,99 | 0,99 | 0,99 | 0,99 | 0,99 | 0,99 | 0,99 | |
| Faktor Reduced Variate (k) | -1,15 | 0,54 | 0,22 | 1,71 | 1,64 | 2,38 | 1,36 | 3,02 | |
| Nilai Standart Deviasi (SD) | 9,85 | 9,85 | 9,85 | 9,85 | 9,85 | 9,85 | 9,85 | 9,85 | |
| Curah Hujan Maksimum Rata-rata (X) (mm) | 122,11 | 122,11 | 122,11 | 122,11 | 122,11 | 122,11 | 122,11 | 122,11 | |
| Curah Hujan Rencana Maksimum (Xt) (mm) | 110,77 | 127,47 | 124,26 | 138,97 | 138,26 | 145,58 | 135,53 | 151,85 | |
| Intensitas Curah Hujan (mm/jam) per hari hujan | 38,40 | 44,19 | 43,08 | 48,18 | 47,93 | 50,47 | 46,99 | 52,64 | |

Berdasarkan Tabel 2, didapatkan curah hujan rencana sebesar 138,97 mm/hari menggunakan distirbusi Gumbell dengan periode ulang hujan 5 tahun dan risiko hidrologi sebesar 89,26 %. Periode ulang hujan yaitu perkiraan akan ada hujan yang kembali turun dengan angka yang mirip dengan angka maksimum dalam waktu 5 tahun.

b. Hasil Pengolahan Model Thomas Fiering

Untuk menghitung nilai curah hujan rencana dengan model Thomas Fiering menggunakan persamaan 2 dengan data acuan pada Tabel 1. Hasil dari pengolahan data dapat dilihat pada Tabel 3.

Tabel 3. Curah Hujan Rencana Model Thomas Fiering

| No | Tahun | Jan | Feb | Mar | Apr | Mei | Jun | Jul | Ags | Sep | Okt | Nov | Des |
|----|-----------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|-------|------|------|
| 1 | Rata-rata | 66,9 | 59,1 | 59,5 | 59,9 | 64,3 | 65,5 | 74,9 | 67,0 | 70,8 | 86,6 | 75,0 | 65,2 |
| 2 | 2018 | 77,8 | 74,8 | 73,6 | 69,1 | 85,4 | 77,0 | 99,3 | 79,3 | 97,2 | 103,4 | 89,2 | 82,3 |
| 3 | 2019 | 80,4 | 74,2 | 70,7 | 70,1 | 69,8 | 78,3 | 83,8 | 73,0 | 90,0 | 103,2 | 88,0 | 85,1 |
| 4 | 2020 | 80,6 | 74,1 | 71,8 | 70,9 | 70,7 | 81,0 | 83,5 | 78,7 | 88,9 | 101,5 | 89,7 | 83,3 |
| 5 | 2021 | 80,4 | 74,8 | 72,3 | 69,9 | 69,4 | 77,7 | 82,8 | 78,2 | 90,7 | 103,4 | 88,2 | 88,3 |
| 6 | 2022 | 81,0 | 73,7 | 73,4 | 69,0 | 70,4 | 80,2 | 84,4 | 79,0 | 89,2 | 103,1 | 88,4 | 84,9 |

Berdasarkan Tabel 3, didapatkan curah hujan rencana sebesar 103,4 mm/hari menggunakan model Thomas Fiering dengan peramalan nilai curah hujan maksimum 5 tahun sampai tahun 2022.

c. Intensitas Curah Hujan

Berdasarkan hasil perhitungan data menggunakan persamaan 3, didapatkan nilai intensitas hujan sebesar 48,17 mm/jam berdasarkan distribusi Gumbell dan sebesar 35,84 mm/jam berdasarkan model Thomas Fiering. Nilai intensitas curah hujan digunakan untuk menghitung debit air limpasan.

d. Debit Air Limpasan

Debit air limpasan dihitung menggunakan persamaan 4, berdasarkan perhitungan metode Gumbell adalah sebesar 24,71 m³/detik dan sebesar 18,39 m³/detik berdasarkan hasil perhitungan metode Thomas Fiering.

e. Saluran Terbuka

Saluran terbuka berfungsi untuk menampung air limpasan permukaan pada suatu daerah dan mengalirkannya ke kolam pengendapan. Saluran terbuka yang dibuat harus tahan terhadap gerusan aliran air, sehingga tidak menimbulkan erosi pada dinding saluran.

Penentuan lokasi saluran terbuka berdasarkan letak daerah tangkapan hujan, arah aliran air, dan debit air limpasan daerah tangkapan hujan. Bentuk saluran terbuka yang digunakan adalah bentuk trapesium dengan sudut 60°. Pemilihan penggunaan bentuk trapesium berdasarkan pertimbangan sebagai berikut:

- Lebih mudah dalam pembuatan saluran
- Dinding saluran tidak mudah longsor
- Dapat mengalirkan debit yang besar
- Lebih mudah dalam perawatan

Dimensi saluran terbuka dibuat menyesuaikan dengan debit air limpasan pada daerah tangkapan hujan. Tinggi jagaan pada saluran terbuka yaitu 20% dari tinggi atau kedalaman air yang bertujuan untuk mengantisipasi meluapnya air. Perhitungan dimensi saluran terbuka menggunakan persamaan 5. Dimensi masing-masing saluran terbuka aktual, berdasarkan perhitungan distribusi Gumbell dan model Thomas Fiering dapat dilihat pada Tabel 4, Tabel 5, dan Tabel 6.

Tabel 4. Dimensi Aktual Saluran Terbuka

| Dimensi (m) | Saluran Terbuka 1 | Saluran Terbuka 2 | Saluran Terbuka 3 |
|--------------------------------------|-------------------|-------------------|-------------------|
| Lebar Permukaan (<i>B</i>) | 3,5 | 1,8 | 2 |
| Lebar Dasar Saluran (<i>b</i>) | 2 | 1,6 | 1,6 |
| Panjang Dinding Saluran (<i>a</i>) | 1,9 | 1,2 | 1,2 |
| Kedalaman Saluran (<i>h</i>) | 1,5 | 1,1 | 1,1 |

Tabel 5. Hasil Perhitungan Dimensi Saluran Terbuka Distirbusi Gumbell

| Dimensi (m) | Saluran Terbuka 1 | Saluran Terbuka 2 | Saluran Terbuka 3 |
|-----------------------------|-------------------|-------------------|-------------------|
| Lebar Permukaan (B) | 3,89 | 1,92 | 1,54 |
| Lebar Dasar Saluran (b) | 1,94 | 0,96 | 0,77 |
| Panjang Dinding Saluran (a) | 2,35 | 1,16 | 0,93 |
| Kedalaman Saluran (h) | 2,02 | 1,00 | 0,80 |

Tabel 6. Hasil Perhitungan Dimensi Saluran Terbuka Model Thomas Fiering

| Dimensi (m) | Saluran Terbuka 1 | Saluran Terbuka 2 | Saluran Terbuka 3 |
|-----------------------------|-------------------|-------------------|-------------------|
| Lebar Permukaan (B) | 3,48 | 1,72 | 1,38 |
| Lebar Dasar Saluran (b) | 1,73 | 0,86 | 0,69 |
| Panjang Dinding Saluran (a) | 2,1 | 1,04 | 0,83 |
| Kedalaman Saluran (h) | 1,81 | 0,89 | 0,72 |

f. Diskusi

Dari hasil yang telah didapatkan di atas dapat dilihat nilai curah hujan yang dihasilkan berbeda, dimana nilai curah hujan model Thomas Fiering lebih kecil daripada hasil perhitungan distribusi Gumbell, hal ini juga mempengaruhi dengan dimensi saluran terbuka yang dirancang. Model Thomas Fiering cocok digunakan untuk perkiraan curah hujan dalam bentuk peramalan per bulan dimasa mendatang (*forecasting*), sedangkan distribusi Gumbell dapat digunakan untuk mendesain saluran terbuka karena nilai curah hujannya maksimum.

Apabila dibandingkan antara dimensi aktual dan perhitungan yang telah dilakukan, maka dapat dilihat bahwasanya saluran terbuka 1 perlu dilakukan perbaikan dimensi, agak air yang dialirkan tidak meluap dan menimbulkan genangan pada jalan.

4. KESIMPULAN

Berdasarkan hasil perbandingan kedua metode, nilai curah hujan yang dipilih untuk mendesain saluran terbuka menggunakan hasil perhitungan distirbusi Gumbell. Penerapan hasil dari perhitungan perlu disesuaikan dengan kondisi aktual di lapangan, sehingga desain saluran terbuka yang dibuat dapat bekerja secara optimal.

UCAPAN TERIMAKASIH

Penelitian ini dapat berjalan dengan baik karena dukungan penuh dari Lembaga Penelitian dan Pengabdian Masyarakat (LPPM) Universitas Pembangunan Nasional "Veteran" Yogyakarta dan PT Semen Padang yang telah menyediakan lokasi penelitian.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] Cahyadi, T.A., Widodo, L.E., Fajar, R.A., Baiqun, A. Influence of drain hole inclination on drainage effectiveness of coal open pit mine slope. *IOP Conf. Series: Earth and Environmental Science* 212 (2018)
- [2] Syarifuddin1, Sri Widodo, Arif Nurwaskito1. Kajian Sistem Penyaliran Pada Tambang Terbuka Kabupaten Tanah Bumbu Provinsi Kalimantan Selatan. *Jurnal Geomine*. 2017: Vol. 5, No.2
- [3] Gumbel, E.J. *The Return Period of Flood Flows*. Ann. Math. Statist. 1941
- [4] Fiering, M.B., & Jackson B.B. *Synthetic Streamflows*. American Geosphisical Union: Washington D.C. 1971.
- [5] Nigam, R. Reliability Assessment of Thomas Fiering's Method of Stream Flow Prediction. *International Journal of Hydrology Science and Technology*. 2014: Vol. 4, No.2, pp. 81-109.
- [6] Wibowo, Sapto. Analisis Neraca Air Untuk Perbaikan Rencana Penetapan Pola Tanam dan Jadwal Tanam. Tesis S2. UGM. Yogyakarta: 2000.
- [7] Raghunath, H.M. *Hydrology (Principles, Analysis Design)*. 2nd Edition, New Age International (P) Ltd., New Delhi. 2006.

- [8] Linsley, R. K., Kohler, M. A., and Paulhus, J. L. H. Hydrology for engineers, 3rd Ed., McGraw-Hill, New York. 1982.
- [9] Eriyatno. Ilmu sistem: Meningkatkan Mutu dan Efektifitas Manajemen. Jilid I Edisi Ketiga. Bogor: Institut Pertanian Bogor. 2003.
- [10] Varshney, R.S. Engineering Hydrology. Nem Chand and Bros: Roorkee Uttar Pradesh. 1978.
- [11] Soemarto, C.D. Hidrologi Teknik. Surabaya: Usaha Nasional. 1987.
- [12] Wahyuni Eko, S. Model Stokastik. Diklat Kuliah Magister Teknik Sipil. Universitas Diponegoro. Semarang. 2001.
- [13] Clarke, R.T. Mathematical Models in Hydrology. Food and Agriculture Organization of the United Nation: Rome. 1973.