

MEMBANDINGAN PENGGUNAAN METODE DALAM RANCANGAN SISTEM PENYALIRAN TAMBANG STUDI KASUS TAMBANG NIKEL

COMPARING THE USE OF METHODS IN MINE DRAINAGE SYSTEM PLANNING NICKEL MINES CASE STUDY

Ricky Ferrary¹, Peter Eka Rosadi¹, Hartono¹

¹Universitas Pembangunan Nasional “Veteran” Yogyakarta, Indonesia

Email: Rickyferrary@gmail.com, Peterekarosadi@upnyk.ac.id

ABSTRAK

Nilai curah hujan sangat berbeda-beda dan tidak bisa dipastikan namun ada beberapa metode untuk menentukan atau memperkirakan nilai dari curah hujan tersebut. Penelitian ini membahas tentang kajian sistem penyaliran tambang dengan beberapa metode perhitungan yang tujuannya untuk membandingkan hasil perhitungan akhir yang digunakan sebagai acuan dalam pengolahan data seperti dimensi saluran terbuka dan luas kolam pengendapan ditambang. Data yang digunakan adalah data curah hujan 10 tahun, yaitu tahun 2011 sampai dengan tahun 2020. Metode perhitungan curah hujan menggunakan distribusi gumbel, log pearson III dan iway kadoya. Dari perhitungan tiap metode didapatkan nilai curah hujan hasil distribusi gumbel 65,37 mm/hari, sedangkan log pearson III 64,66 mm/hari sedangkan metode iway kadoya sebesar 61,88 mm/hari. Berdasarkan hasil tersebut disimpulkan bahwa metode log pearson III digunakan untuk acuan pengolahan data rancangan sistem penyaliran tambang karena mempunyai sifat error yang sangat kecil, sehingga lebih cocok untuk diterapkan dilapangan. Penerapan hasil dari perhitungan perlu disesuaikan dengan kondisi aktual di lapangan, serta uji statistik kecocokan data dikarenakan untuk menyesuaikan dengan kondisi nyata dilapangan.

Kata kunci : *Curah hujan, Distribusi gumbel, Log Pearson III, Metode Iway Kadoya.*

DOI: 10.15408/jipl.v3i1.24997

ABSTRACT

The rainfall values are very different and cannot be ascertained but there are several methods to determine or estimate the value of the rainfall. This study discusses the study of the drainage system with several methods that compare the final results used as a reference in data processing such as the dimensions of the open channel and the area of the research pond being mined. The data used is rainfall data for 10 years, from 2011 to 2020. The method for calculating rainfall uses the Gumbel distribution, Log Pearson III, and Iway Kadoya. From the calculation to get the rainfall value from the distribution of gumbel 65,37 mm/day, while the Pearson III log is 64,66 mm/day while the Iway Kadoya method is 61,88 mm/day. Based on these results it was concluded that the log pearson III method was used as a reference for data processing of mine drainage system design because it has a very small error, so it is more suitable for application in the field. The application of the results of the calculations needs to be adjusted to the conditions in the field, as well as the statistical test for suitability of the data due to adjusting to the real conditions in the field.

Keywords : Rainfall, Gumbel distribution, Pearson III log, Iway Kadoya metod

PENDAHULUAN

Secara umum industri pertambangan khususnya tambang terbuka selalu dipengaruhi oleh cuaca, sehingga curah hujan yang tinggi dapat menghambat proses kegiatan operasi produksi. Tambang terbuka (*open pit*) akan membuat sumuran atau cekungan yang berpotensi menjadi daerah penampungan air yang berasal dari hujan dan air tanah. Pada saat kondisi curah hujan yang tinggi, maka air limpasan akan menggenangi pada *front* penambangan, lantai menjadi licin sehingga menyebabkan kondisi kerja tidak aman. Kondisi *front* penambangan yang berlumpur tentunya akan menjadi salah satu penyebab kegiatan produksi terhambat. Munculnya berbagai permasalahan yang diakibatkan oleh air dapat diatasi dengan sistem penyaliran tambang yang baik dan tepat sehingga air yang masuk dapat diatasi, sistem penyaliran tambang dapat berupa beberapa komponen yang meliputi saluran terbuka, sumuran, dan kolam pengendapan. Sistem penyaliran dibutuhkan agar kegiatan produksi nikel tidak terganggu dan untuk menjaga *front* kerja tetap kering. Untuk menentukan debit air yang masuk serta nilai curah hujan dilakukan dengan beberapa metode dan pendekatan, dalam penelitian ini dilakukan kajian dari beberapa metode; distribusi gumbel, log pearson III, dan metode iway kadoya. Tujuan dari penelitian ini yaitu menganalisis data curah hujan, intensitas hujan, dan curah hujan rencana, serta perbandingan curah hujan efektif dalam merancang sistem penyaliran tambang dengan mengkaji perhitungan curah hujan menggunakan metode perhitungan yang berbeda.

METODE

Pengambilan data dilakukan meliputi data primer dan data sekunder. Data primer meliputi kondisi topografi, sedangkan data sekunder meliputi studi literatur dan laporan perusahaan seperti data curah hujan, peta topografi dan persentase padatan lumpur [1]. Pengolahan data curah hujan dilakukan guna mendapatkan curah hujan rencana. Curah Hujan rencana ini digunakan untuk mendapatkan nilai intensitas curah hujan yang dihitung dengan menggunakan rumus mononobe. Setelah didapatkan data intensitas curah hujan dapat menentukan debit air limpasan dengan menggunakan rumus rasional. Hasil dari data air limpasan digunakan untuk menghitung volume dan dimensi saluran terbuka. Selanjutnya yaitu menghitung debit total untuk menghitung volume dan dimensi kolam pengendapan. Hasil data debit total digunakan untuk menghitung waktu pengerukan endapan pada *settling pond* [2]. Kesimpulan diperoleh setelah dilakukan korelasi antara hasil pengolahan data dan analisis permasalahan yang diteliti untuk memberikan alternatif solusi berupa rekomendasi rancangan sistem penyaliran tambang yang memadai untuk mendukung kegiatan penambangan 3 tahun ke depan [4].

Analisa Statistik Dasar

Perhitungan statistik dasar meliputi rerata, deviasi standar, koefisien kurtosis dan koefisien kemencengan (*skewness*). Jumlah data (*n*) adalah sebesar 10. Hasil perhitungan dapat dilihat pada Tabel 1.

Tabel 1. Hasil perhitungan statistik dasar

| | |
|--------------------|--------|
| Rerata | 67,65 |
| Deviasi Standar | 23,40 |
| Koefisien kurtosis | 0,35 |
| Koefisien skewness | 1,15 |
| Koefisien varian | 0,0023 |

Tabel 2. Persyaratan masing-masing distribusi

| | |
|-----------------|-----------------------|
| Normal | CS = 0 |
| Log Normal | CS = 3 CV |
| Gumbel | CS ≈ 1,14 CK ≈ 5,4 |
| Log Pearson III | - |

Distribusi Gumbel

Distribusi ini digunakan untuk analisis data ekstrem, menentukan besarnya hujan rencana untuk analisis limpasan permukaan dan frekuensi banjir pada suatu DAS. Data yang dihasilkan menggunakan metode ini berupa data curah hujan maksimum periode tahunan. Syarat Distribusi Gumbel:

1. Koefisien kemencengan (*skewness*) : Cs = 1,14
2. Koefisien puncak (*kurtosis*): Ck = 5,4

Persamaan Gumbel dapat dilihat sebagai berikut:

$$X_T = \bar{X} + s.K \tag{1}$$

Dengan keterangan X_T = perkiraan nilai yang diharapkan terjadi dengan periode ulang tahunan, \bar{X} = nilai rata-rata hitung variat, s = standar deviasi variat, K = faktor frekuensi, untuk harga K dapat dinyatakan dalam persamaan sebagai berikut :

$$K = \frac{Y_{Tr} - Y_n}{s_n} \tag{2}$$

Dengan Y_n = *reduced mean* yang tergantung jumlah sampel/data n, s_n = *reduced* standar deviasi yang juga tergantung pada jumlah sampel/data n, Y_{Tr} = *reduced variate*, yang dapat dihitung dengan persamaan sebagai berikut:

$$Y_{Tr} = -\ln \left(-\ln \frac{T_r - 1}{T_r} \right) \tag{3}$$

Dengan T_r = Kala ulang

Log Pearson III

Jika $Y = \log X$, maka perhitungan dengan distribusi normal secara praktis dapat didekati dengan persamaan sebagai berikut :

$$Y_T = \bar{Y} + K.s \tag{4}$$

dengan Y_T = perkiraan nilai yang diharapkan terjadi dengan periode ulang tahunan, \bar{Y} = nilai rata-rata hitung variat, s = deviasi standar nilai variat, K = faktor frekuensi (tabel nilai K untuk distribusi log pearson III), nilai K ini tergantung dari koefisien kemencengan (*skewness*) dan probabilitasnya.

Iwai Kedoya

Metode ini digunakan untuk menghitung curah hujan rencana dengan persamaan sebagai berikut:

$$\xi = c \log \frac{x+b}{x_0+b} \tag{5}$$

$$\log x_o = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n \log x_i \tag{6}$$

$$b_i = \frac{x_s \cdot x_t - x_o^2}{2x_o - (x_s + x_t)} \quad (7)$$

$$X_o = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n \log(X_i + b) \quad (8)$$

$$\frac{1}{c} = \sqrt{\frac{2}{n-1} \sum_{i=1}^n \left(\log \frac{x_i + b}{x_o + b} \right)^2} \quad (9)$$

$$\log(x + b) = \log(x_o + b) + \left(\frac{1}{c} \right) \xi \quad (10)$$

Intensitas Hujan

Intensitas curah hujan adalah jumlah curah hujan yang dinyatakan dalam tinggi hujan atau volume hujan tiap satuan waktu, intensitas curah hujan dinyatakan dalam persamaan *mononobe* sebagai berikut :

$$I = \frac{R_{24}}{24} \left(\frac{24}{t} \right)^{2/3} \quad (11)$$

Dimana, R_{24} adalah curah hujan maksimum dalam 24 jam [1] dan t merupakan waktu lamanya hujan turun[2].

Debit air limpasan

Debit air limpasan merupakan satu komponen dalam siklus hidrologi yang dapat berupa rain off yang dihitung menggunakan rumus rasional sebagai berikut:

$$Q = 0,278 \times C \times I \times A \quad (12)$$

Keterangan :

Q = Debit air limpasan (m³/detik)

I = Intensitas curah hujan (mm/jam)

C = Koefisien limpasan

A = Luas daerah tangkapan hujan (km²)

Dimensi Saluran Terbuka

Untuk menghitung dimensi saluran terbuka digunakan rumus *manning*

$$Q = \frac{1}{n} \times A \times S^{\frac{1}{2}} \times R^{2/3} \quad (13)$$

Keterangan:

Q = Debit air limpasan (m³/detik)

A = Luas penampang basah (m²)

S = Kemiringan saluran (%)

R = Jari- jari hidrolis (m)

n = Nilai kekasaran menurut *manning*

HASIL DAN PEMBAHASAN

Data yang digunakan untuk menghitung curah hujan rencana merupakan data curah hujan harian maksimum, menggunakan data curah hujan 10 tahun dari tahun 2011 sampai 2020, data tersebut akan digunakan dalam pengolahan data lebih lanjut, dapat dilihat dari Tabel 1. Data curah hujan harian maksimum 10 tahun, dapat dilihat pada Tabel 3.

Tabel 3. Data curah hujan harian maksimum

| Data Curah Hujan Maksimum 2011-2020 | |
|-------------------------------------|-------------|
| Tahun | Curah Hujan |
| 2011 | 53 |
| 2012 | 50 |
| 2013 | 50 |
| 2014 | 54 |
| 2015 | 110 |
| 2016 | 74 |
| 2017 | 110 |
| 2018 | 60 |
| 2019 | 55 |
| 2020 | 61 |

Hasil Perhitungan Distribusi Gumbel

Untuk menghitung curah hujan rencana distribusi gumbel menggunakan persamaan gumbel pada persamaan 1 dan hasil pengolahan data dapat dilihat pada Tabel 4.

Tabel 4. CH rencana Distribusi Gumbel

| | Analisis Data Curah Hujan | | |
|---|---------------------------|-------|--------|
| | 2 | 5 | 10 |
| Periode Ulang | | | |
| Reduce Variate (Yr) | 0,37 | 1.50 | 2.25 |
| Standart Deviasi (Sn) | 0,95 | 0.95 | 0.95 |
| Reduced Variate (k) | -0,10 | 1.10 | 1.89 |
| Standart Deviasi (SD) | 23,4 | 23,4 | 23,4 |
| Curah Hujan Maksimum Rata-rata (X) (mm) | 67,65 | 676.5 | 676.5 |
| Curah Hujan Rencana Maksimum (Xt) (mm) | 65,37 | 93.29 | 111.78 |
| Intensitas Curah Hujan (mm/jam) | 10,66 | 15,21 | 18,22 |

Berdasarkan Tabel 2, didapatkan curah hujan rencana sebesar 65,37 mm/hari menggunakan distribusi Gumbel dengan periode ulang hujan 2 tahun dan risiko hidrologi sebesar 87,50 %. Periode ulang hujan yaitu perkiraan akan ada hujan yang kembali turun dengan angka yang mirip dengan angka maksimum dalam waktu 2 tahun.

Hasil perhitungan Log pearson III

Untuk menghitung curah hujan rencana Log Pearson III menggunakan persamaan 2 dan didapatkan variabel $sd = 0,13$, $Cs = 0$, $\text{Log } \bar{X} = 1,81$, hasil pengolahan data dapat dilihat pada Tabel dibawah.

Tabel 5. CH rencana Log Pearson III

| Periode Ulang | 2 | 5 | 10 |
|---------------------------------|-------|-------|-------|
| Log \bar{X} | | 1,81 | 1,81 |
| Cs | 0 | 0 | 0 |
| K | 0 | 0,842 | 1,282 |
| Sd | 0,13 | 0,13 | 0,13 |
| Log X_T | 1,810 | 1,921 | 1,979 |
| X_T (CH Rencana) | 64,66 | 83,44 | 95,33 |
| Intensitas CH | 10,54 | 13,60 | 15,54 |

Berdasarkan Tabel 3, didapatkan curah hujan rencana sebesar 64,66 mm/hari menggunakan perhitungan Log Pearson III dengan periode ulang hujan 2 tahun dan risiko hidrologi sebesar 87,50 %. Lama waktu hujan selama 3,1 jam didapatkan 10,54 mm/ jam.

Hasil Perhitungan Iwai Kedoya

Untuk menghitung curah hujan rencana Iwai Kadoya menggunakan persamaan 3, hasil perhitungan dapat dilihat dari tabel dibawah.

Tabel 6. CH Rencana Iwai Kadoya

| Periode Ulang | 2 | 5 | 10 |
|-----------------------|--------|--------|--------|
| \bar{X} (Rata-rata) | 67,65 | 67,65 | 67,65 |
| X_T (Maksimal) | 110 | 110 | 110 |
| bi | -37,39 | -37,39 | -37,39 |
| E | 0,007 | 0,6 | 0,91 |
| CH Rencana (mm) | 61,88 | 79,91 | 93,92 |
| Intensitas CH | 10,09 | 13,03 | 15,31 |

Dari Perhitungan diatas didapatkan nilai curah hujan rencana metode Iwai Kadoya periode ulang 2 tahun sebesar 61,88 mm dan intensitas curah hujan sebesar 10,09 mm/jam.

Intensitas Curah Hujan

Berdasarkan hasil perhitungan intensitas curah hujan didapatkan 10,66 mm/jam menggunakan distribusi gumbel, 10,54 mm/jam untuk metode log pearson III dan 10,09 mm/jam menggunakan metode iwai kadoya.

Debit air Limpasan

Parameter perhitungan debit air limpasan yaitu intensitas hujan, luas daerah tangkapan hujan, dan koefisien limpasan (0,6 DTH 1 , dan 0,7 DTH 2). Intensitas hujan dihitung menggunakan rumus mononobe. Hasil perhitungan curah hujan dalam penelitian ini menggunakan periode ulang 2 tahun.

Tabel 7. Debit air limpasan

| DTH | 1 | 2 |
|-------------------|--------|--------|
| Distribusi Gumbel | 6,2707 | 0,3941 |
| Log Pearson III | 6,2001 | 0,3897 |
| Iwai Kadoya | 5,9354 | 0,3733 |

Saluran Terbuka

Fungsi dari saluran terbuka yaitu untuk menampung dan mengalirkan air menuju kolam pengendapan. Bentuk dari penampang saluran umumnya dipilih berdasarkan debit air, tipe material pembentuk saluran serta kemudahan dalam pembuatannya. Berdasarkan perhitungan curah hujan distribusi gumbel, log pearson III dan iwai kadoya didapatkan dimensi saluran terbuka yang dapat dilihat pada tabel dibawah.

Tabel 8. Saluran Terbuka distribusi Gumbel

| Dimensi (m) | Saluran Terbuka 1 | Saluran Terbuka 2 |
|-------------------|-------------------|-------------------|
| Lebar Permukaan | 3,67 | 1,3 |
| Lebar Dasar | 1,84 | 0,65 |
| Panjang Dinding | 2,20 | 0,78 |
| Kedalaman Saluran | 1,91 | 0,68 |
| Kedalaman Air | 1,59 | 0,56 |

Hasil Perhitungan Dimensi Saluran Terbuka Model Log Pearson dapat dilihat pada Tabel 9.

Tabel 9. Saluran terbuka Log Pearson III

| Dimensi (m) | Saluran Terbuka 1 | Saluran Terbuka 2 |
|-------------------|-------------------|-------------------|
| Lebar Permukaan | 3,66 | 1,3 |
| Lebar Dasar | 1,83 | 0,65 |
| Panjang Dinding | 2,19 | 0,78 |
| Kedalaman Saluran | 1,90 | 0,67 |
| Kedalaman Air | 1,58 | 0,56 |

Hasil Perhitungan Dimensi Saluran Terbuka Model Iwai Kadoya dapat dilihat pada Tabel 10.

Cerukan/Sump

Dimensi ceruk/*sump* dihitung dengan menggabungkan grafik intensitas hujan dengan teori mononobe versus waktu, dan grafik pemompaan versus waktu. *Sump* aktual tidak memiliki bentuk yang beraturan sehingga dirancang *sump* dengan bentuk trapesium yang masing-masing dimensinya dapat dilihat pada Tabel 11.

Tabel 10. Saluran terbuka Iwai Kadoya

| Dimensi (m) | Saluran Terbuka 1 | Saluran Terbuka 2 |
|-------------------|-------------------|-------------------|
| Lebar Permukaan | 3,60 | 1,28 |
| Lebar Dasar | 1,80 | 0,64 |
| Panjang Dinding | 2,16 | 0,77 |
| Kedalaman Saluran | 1,87 | 0,66 |
| Kedalaman Air | 1,56 | 0,55 |

Tabel 11. Hasil perhitungan dimensi *sump*

| Dimensi (m) | <i>Sump</i> | | |
|---------------------------|-------------|-----------------|-------------|
| | Gumbel | Log Pearson III | Iwai Kadoya |
| Panjang Permukaan Sumuran | 31 | 31 | 30 |
| Lebar Permukaan Sumuran | 38.5 | 38 | 37.5 |
| Panjang Dasar Sumuran | 25.5 | 25 | 24 |
| Lebar Dasar Sumuran | 32.5 | 32.5 | 31.5 |
| Kedalaman | 4 | 4 | 4 |
| Volume | 5031.32 | 4851.61 | 4677.19 |

Kolam Pengendapan

Dari hasil perhitungan didapat kecepatan pengendapan 0,000981 m/detik dan masing-masing luas kolam pengendapan yang dibutuhkan dengan menggunakan distribusi Gumbell dan Log Pearson Type III serta Iwai Kadoya adalah 6432,2 m², 6503,5 m² dan 6061,1 m² serta lama pengerukan 293 hari.

Hasil dari perhitungan curah hujan berbeda- beda, nilai curah metode Iwai Kadoya lebih kecil dari perhitungan Distribusi Gumbel, dan Log Pearson III. Dalam merancang sistem penyaliran tambang menggunakan nilai maksimum dikarenakan antisipasi agar air tidak meluap atau *overflow* dan mengganggu aktivitas penambangan dan keselamatan kerja. Setiap metode mempunyai sifat khas yang berbeda secara umum sifat khas dari masing masing distribusi (Tabel 12).

Di Indonesia umumnya perhitungan distribusi peluang dari data hujan maupun debit menggunakan distribusi Gumbel yang nampaknya merupakan “salah kaprah” tanpa melakukan pengujian ataupun membandingkan dengan persamaan dan distribusi lainnya. Berikut hasil akhir perbandingan setiap metode dalam merancang sistem penyaliran tambang dapat dilihat pada Tabel 13.

Tabel 12. Sifat-sifat dari setiap metode

| Metode | Sifat |
|-----------------|--|
| Iway Kadoya | Memiliki nilai curah hujan yang kecil, digunakan untuk luas daerah lebih kecil, namun memiliki error yang besar. |
| Gumbel | Digunakan untuk analisis resiko terjadinya banjir berdasarkan nilai ekstrim curah hujan serta memiliki sifat khas yaitu nilai asimetrisnya (skewness) $C_s = 1,1396$, cocok untuk DTH yang luasnya lebih dari 250 km. |
| Log pearson III | Tidak mempunyai sifat khas, menganalisis curah hujan yang optimum sehingga dalam hasilnya hampir menyamai dengan kondisi aktual curah hujan daerah penelitian serta memiliki error yang kecil berdasarkan uji statistik chi square, cocok untuk DTH lebih kecil dari 250 km. |

Tabel 13. Perbandingan dari setiap metode

| Pameter | EJ. Gumbel | Log Pearson III | Iway Kadoya |
|--|------------|-----------------|-------------|
| • Curah hujan rencana (mm) | 65,37 | 64,66 | 61,88 |
| • Intensitas CH (mm/jam) | 10,66 | 10,54 | 10,09 |
| • Debit air limpasan (m ³ /detik) | | | |
| DTH I | 6,2707 | 6,2001 | 5,9354 |
| DTH II | 0,3941 | 0,3897 | 0,3733 |
| • Saluran Terbuka (m) | | | |
| Saluran I : | | | |
| Lebar Permukaan | 3,67 | 3,66 | 3,60 |
| Lebar Dasar | 1,84 | 1,83 | 1,80 |
| Panjang Dinding | 2,20 | 2,19 | 2,16 |
| Kedalaman Saluran | 1,91 | 1,90 | 1,87 |
| Kedalaman Air | 1,59 | 1,58 | 1,56 |
| Saluran II : | | | |
| Lebar Permukaan | 1,3 | 1,3 | 1,28 |
| Lebar Dasar | 0,65 | 0,65 | 0,64 |
| Panjang Dinding | 0,78 | 0,78 | 0,77 |
| Kedalaman Saluran | 0,68 | 0,67 | 0,66 |
| Kedalaman Air | 0,56 | 0,56 | 0,55 |
| • Sump | | | |
| Panjang Permukaan | 31 | 31 | 30 |
| Lebar Permukaan | 38,5 | 38 | 37,5 |
| Panjang Dasar | 25,5 | 25 | 24 |
| Lebar Dasar | 32,5 | 32,5 | 31,5 |
| Kedalaman | 4 | 4 | 4 |
| Volume | 5031.32 | 4851.61 | 4677.19 |
| • Kolam Pengendapan (m ²) | | | |
| Luas dibutuhkan | 6432,2 | 6503,5 | 6061,1 |

PENUTUP

Berdasarkan hasil perbandingan ketiga metode, nilai curah hujan Distribusi Gumbel lebih besar daripada Log Pearson III, dan Iway Kadoya, dalam perhitungan menggunakan periode ulang hujan 2 tahun sehingga perbedaan nilai dari masing-masing distribusi tidak terlalu signifikan, Hasil perhitungan Gumbel dapat digunakan untuk merancang hasil maksimum untukantisipasi

meluapnya air dari hasil rancangan, sedangkan distribusi Log Pearson III mempunyai sifat error yang sangat kecil, sehingga lebih cocok untuk diterapkan dilapangan. Hasil dari perhitungan diterapkan menyesuaikan dengan kondisi aktual di lapangan, serta uji statistik kecocokan data dikarenakan untuk menyesuaikan dengan kondisi nyata dilapangan.

UCAPAN TERIMAKASIH

Ucapan terimakasih disampaikan kepada semua pihak yang telah berperan dan membantu dalam penulisan karya tulis ini, sehingga ilmu dapat dituangkan dalam bentuk tulisan dan diinformasikan kepada tenaga ahli diseluruh Indonesia.

DAFTAR PUSTAKA

- Asdak, C. 2014. *Hidrologi dan Pengelolaan Daerah Aliran sungai Yogyakarta*. Gadjah Mada University Press.
- Basuki, dkk. 2009. *Analisis Periode Ulang Hujan Maksimum Dengan Berbagai Metode*. Yogyakarta: Badan Meteorologi, Klimatologi dan Geofisika.
- Gumbel, E.J. 1941. *The Return Period of Flood Flows*. Ann. Math. Statist.
- Handayani, Y. L., Hendri, A., & Aditya, A. (2013). *Analisa Hujan Rancangan Partial Series dengan Berbagai Panjang Data dan Kala Ulang*.
- Limantara, L.M. 2010. *Hidrologi Praktis*. Bandung: CV Lubuk Agung.
- Limantara, L.M. 2018. *Rekayasa Hidrologi*. Malang: CV. Andi Offset
- Prodjosumarto, P.. 1994. *Rancangan Kolam Pengendapan sebagai Pelengkap Sistem Penirisan Tambang, Presentasi Kongres Perhapi Bandung*.
- Rudy Sayoga Gautama. 2019. *Sistem Penyaliran Tambang*. Bandung: Institut Teknologi Bandung Press.
- Seyhan, E. 1990. *Dasar-dasar Hidrologi*. Gadjah Mada University Press, Yogyakarta
- Soemarto C. D., 1987. *Hidrologi Teknik*. Penerbit Usaha Nasional, Surabaya.
- Soewarno. 1995. *Hidrologi, Aplikasi Metode Statistik untuk Analisa Data*. Penerbit Nova, Bandung
- Sosrodarsono, S dan Takeda K.. 1983. *Hidrologi untuk Pengairan*. PT. Pradnya Paramitha, Jalan Bunga 8 – 8 A Jakarta
- Sri Harto Br., 1993. *Analisis Hidrologi*. Gramedia Pustaka Utama, Jakarta
- Sri Harto Br., 2000. *Hidrologi*. Yogyakarta: Nafiri Offset.
- Suripin. 2004. *Sistem Drainase Perkotaan yang Berkelanjutan*. Yogyakarta: CV. Andi Offset.

Triatmodjo, B. 2008. *Hidrologi Terapan*. Beta Offset Yogyakarta, Caturtunggal Yogyakarta

Upomo, Togani Cahyadi, dkk. 2016. *Pemilihan Distribusi Probabilitas Pada Analisis Hujan Dengan Metode Goodness Of Fit Test*. Semarang: Teknik sipil dan Perencanaan Universitas Negeri Semarang.