

RANCANGAN GEOMETRI SALURAN TERBUKA DENGAN VALIDASI PEMODELAN GENANGAN SOFTWARE HEC – RAS

Open Channel Geometric Design with Flood Modelling Validation HEC – RAS Software

Adyaksa Bagas Bimantoro^{1*}, Tedy Agung Cahyadi², Peter Eka Rosadi³, Gunawan Nusanto⁴,
Wawong Dwi Ratminah⁴, Achmad Riyadi⁵

^{1,2,3,4}Jurusan Teknik Pertambangan, Fakultas Teknologi Mineral, Universitas Pembangunan Nasional Veteran Yogyakarta

⁵Engineering Superintendent site 59C PT Madhani Talatah Nusantara , Berau, Kalimantan Timur

Artikel masuk : 10-09-2023, Artikel diterima : 03-09-2024

Kata kunci:

Saluran Terbuka, Curah Hujan,
HEC-RAS

Keywords:

Open Channel, Rainfall, HEC-RAS

ABSTRAK

Saluran terbuka adalah media untuk menampung dan mengalirkan air agar menjaga kondisi area tambang tetap kering. Seringkali terjadi perubahan desain dalam rancangan saluran terbuka dalam menyesuaikan dengan lapangan menyebabkan memakan lebih banyak waktu dan biaya. Oleh sebab itu, diperlukan validasi yang dapat mensimulasikan rancangan saluran terbuka hasil perhitungan sebelum dilakukan pengaplikasian secara aktual. *Hydrologic Engineering Center – River Analysis System* (HEC-RAS) adalah perangkat lunak untuk simulasi genangan pada rancangan saluran terbuka dalam mengalirkan air sebelum diaplikasikan secara aktual. Metode awal yang digunakan adalah menentukan curah hujan rencana dengan metode *gumbell* dan penentuan daerah tangkapan hujan (DTH) untuk mendapatkan debit limpasan. Debit limpasan dengan tiga DTH sebagai berikut, DTH I = 6,47 m³/detik, DTH II = 7,38 m³/detik, dan DTH III = 10,67 m³/detik menjadi data untuk mendapatkan geometri saluran terbuka dengan rumus *manning*. Hasil rancangan geometri saluran terbuka tersebut akan menjadi data masukan pada HEC-RAS dalam melakukan pemodelan genangan saluran terbuka untuk validasi kesesuaian hasil rancangan tersebut sebelum dilakukan pengaplikasian pada lapangan.

ABSTRACT

Open channels are a medium for collecting and channeling water to keep the mining area dry. Often there are design changes in open channel designs to suit the field, causing more time and costs. Therefore, validation is needed that can simulate the calculated open channel design before actual application. *Hydrologic Engineering Center – River Analysis System* (HEC-RAS) is software for simulating inundation in open channel designs to convey water before it is actually applied. The initial method used is determining the planned rainfall using the *gumbell* method and determining the rain catchment area (DTH) to obtain runoff discharge. The runoff discharge with three DTHs as follows, DTH I = 6.47 m³/sec, DTH II = 7.38 m³/sec, and DTH III = 10.67 m³/sec is the data to obtain open channel geometry using the *Manning* formula. The results of the open channel geometric design will become input data for HEC-RAS in modeling open channel inundation to validate the suitability of the design results before applying them to the field.

*Penulis Koresponden : yaksa.bgs@gmail.com

Doi : <https://doi.org/10.36986/impj.v6i1.105>

PENDAHULUAN

Untuk melakukan kegiatan penambangan kondisi tambang baiknya relatif kering atau setidaknya mencegah banjir dalam *front* penambangan. Sistem penyaliran tambang memerlukan desain dan pengelolaan yang sesuai guna mencegah atau mengeluarkan air yang tidak diperlukan. Desain sistem penyaliran tambang didasarkan pada perkiraan aliran air yang masuk dari pra penambangan dan kemungkinan dilakukan penyesuaian selama kegiatan penambangan. Selain itu diperlukan analisis hidrologi untuk pertimbangan rancangan penyaliran tambang (Daemen & Jaak J.K., 2003). Air yang menggenangi area penambangan dapat mengganggu jalannya proses produksi, manuver alat berat tidak optimal, dan erosi lereng tambang (Cahyadi, 2019).

Salah satu infrastruktur krusial dalam sistem penyaliran tambang adalah saluran terbuka. Dalam merancang saluran terbuka diperlukan desain, waktu dan biaya. Seringkali terjadi perubahan desain dalam rancangan saluran terbuka dalam menyesuaikan dengan lapangan menyebabkan memakan lebih banyak waktu dan biaya. Dengan hal tersebut maka perlunya ketepatan dalam mendesain saluran terbuka yang sesuai dengan kondisi lapangan. Hasil rancangan desain saluran terbuka sebelum dilakukannya pengaplikasian aktual, perlu adanya validasi menggunakan *Hydrologic Engineering Center – River Analysis System* (HEC-RAS) untuk menilai kemampuan saluran terbuka tersebut dalam menampung dan mengalirkan air limpasan. Tujuan penelitian ini adalah validasi kesesuaian rancangan saluran terbuka dengan kondisi karakteristik lapangan sebelum dilakukan pengaplikasian secara aktual.

METODOLOGI PENELITIAN

Curah Hujan

Sumber utama air yang masuk ke area penambangan adalah air hujan air, sehingga diperlukannya analisis curah hujan untuk mengetahui besarnya debit air yang masuk ke daerah penambangan. Curah hujan adalah banyaknya air hujan yang jatuh pada luasan wilayah tertentu dengan satuan milimeter, yang berarti pada luas 1 m² jumlah air hujan yang jatuh sebanyak 1 liter yang diukur dengan alat penakar curah hujan. Data curah hujan yang didapat dari alat penakar curah hujan yang ada di stasiun pengukuran curah hujan masih dalam bentuk milimeter/hari, maka dari itu data tersebut masih harus diolah untuk mendapat data curah hujan siap pakai untuk suatu sistem penyaliran. Pengolahan data curah hujan dapat dilakukan dengan perhitungan distribusi *gumbell* berdasarkan Persamaan (1).

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

Keterangan :

- X_r : Hujan harian maksimum dengan periode ulang tertentu (mm)
- $\bar{X}$: Curah Hujan rata – rata d
- 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 (n)

Intensitas Hujan

Dalam perhitungan debit rencana air limpasan dibutuhkan intensitas curah hujan. Intensitas curah hujan yaitu derajat curah hujan yang biasanya dinyatakan oleh jumlah curah hujan dalam suatu satuan waktu, biasanya dalam waktu relatif singkat (Sosrodarsono dan Takeda, 1983). Nilai intensitas curah hujan juga dapat memberikan klasifikasi keadaan curah hujan yang terjadi pada daerah tersebut, seperti pada tabel 1.

Intensitas curah hujan biasanya disimbolkan dengan huruf "I" dengan satuan mm/jam. Penentuan intensitas curah hujan berdasarkan pada periode ulang hujan, maka semakin besar periode ulang hujan maka akan semakin besar pula intensitas curah hujan. Intensitas curah hujan ditentukan dengan persamaan (2).

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

Keterangan :

- R_{24} : Nilai curah hujan rencana yang diprediksikan (mm/hari)
- T : Durasi Hujan (Jam)

Tabel 1. Keadaan Curah Hujan dan Intensitas Curah Hujan

Keadaan Curah Hujan	Intensitas Curah Hujan (mm)	
	1 jam	24 jam
Hujan sangat ringan	<1	<5
Hujan ringan	1-5	5-20
Hujan normal	5-10	20-50
Hujan lebat	10-20	50-100
Hujan sangat lebat	>20	>100

Periode Ulang Hujan

Periode ulang hujan terjadi karena curah hujan akan menunjukan suatu kecenderungan pengulangan. Periode ulang hujan adalah periode (tahun) dimana suatu hujan dengan tinggi intensitas yang sama kemungkinan bisa terjadi lagi. Periode ulang hujan

digunakan untuk keperluan pembuatan saluran terbuka dengan menyesuaikan data curah hujan dan keperluan pemakaian saluran yang berkaitan dengan umur tambang serta tetap memperhitungkan resiko hidrologi. Penentuan periode ulang hujan dilakukan dengan menyesuaikan keperluan pemakaian saluran (Tabel 2) yang berkaitan dengan umur tambang serta tetap memperhitungkan resiko hidrologi. Perhitungan periode ulang dan resiko hidrologi dihitung dengan menggunakan rumus berdasarkan Persamaan (3)

$$R = 1 - \left(1 - \frac{1}{T}\right)^{TL} \quad (3)$$

Keterangan :

R_h : Resiko Hidrologi (Kemungkinan suatu kejadian akan terjadi minimal satu kali pada periode ulang tertentu)

T : Periode ulang (Dalam rancangan ini digunakan periode ulang tahun)

TL : umur Tambang (Tahun)

Tabel 2. Tabel Periode Ulang Hujan Rencana

Kondisi	Periode Ulang Hujan (Tahun)
Daerah Terbuka	0,5
Sarana Tambang	2 – 5
Lereng Tambang dan Penimbunan	5 – 10
Sumuran Utama	10 – 25
Penyaliran Keliling Tambang	25
Pemindahan Aliran Sungai	100

Daerah Tangkapan Hujan

Daerah tangkapan hujan ditentukan dengan melihat kondisi lapangan dan mengaplikasikannya menggunakan peta topografi, dengan menentukan titik-titik elevasi tertinggi sebagai acuan dan melihat arah kontur menuju elevasi terendah untuk melihat arah aliran air (*flow direction*). Kemudian membuat polygon tertutup yang mencakup titik-titik elevasi tertinggi dan arah kontur menuju elevasi terendah yang mana daerah tersebut dapat ditetapkan sebagai Daerah Tangkapan Hujan. Semakin luas area DTH maka jumlah air limpasan yang masuk ke daerah tersebut mengalir dan harus ditampung pada elevasi terendah semakin besar.

Debit Air Limpasan Metode Nakayasu

Hidrograf Satuan Sintetik (HSS) Nakayasu adalah metode yang dikembangkan Dr. Nakayasu digunakan untuk meneliti sungai – sungai di Jepang berdasarkan hasil pengamatan dari hidrograf satuan alami yang berasal dari sejumlah DAS. Ciri khas sungai di Jepang adalah debit puncak yang tinggi kemudian penurunan

debit yang cepat. Maka dari itu dapat digunakan untuk analisis banjir dengan memperkirakan distribusi debit air hujan dari titik awal menuju debit puncak hingga nantinya debit paling minim.

Jika harga waktu memuncak dan waktu menurun diketahui, maka debit puncak hidrograf satuan sintetik akibat tinggi hujan satu satuan ($R_e = 1$ mm) yang jatuh selama durasi hujan satu satuan $T_r = 1$ jam. Hujan efektif (R_e) merupakan asumsi pada metode ini untuk membentuk kerangka hidrografnya, perhitungan menggunakan persamaan (4).

$$Q_p = \frac{A \times R_e}{3,6 (0,3 \times T_p + T_{0,3})} \quad (4)$$

Keterangan :

Q_p : Debit puncak banjir (m^3/s)

R_e : Hujan Efektif satuan (1 mm)

T_p : Waktu dari permulaan hujan sampai puncak banjir (jam)

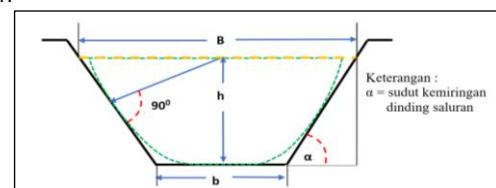
A : Luas daerah tangkapan hujan (km^2)

$T_{0,3}$: Waktu penurunan debit, dari puncak sampai 30 % ($T_{0,3} = \alpha \cdot T_g$)

Saluran Terbuka

Saluran merupakan suatu media untuk mengalirkan air (Cahyadi, 2019). Saluran terbuka merupakan saluran yang dibuat untuk menampung air limpasan dari suatu daerah tangkapan hujan dan mengalirkannya ke elevasi yang lebih rendah untuk dilakukan penampungan, seperti *sump*, *settling pond*, atau badan sungai. Aliran pada saluran terbuka merupakan aliran yang mempunyai permukaan bebas. Permukaan bebas yaitu pertemuan dua fluida dengan nilai kerapatan (*density*) yang berbeda. Pada umumnya, dalam saluran terbuka dua fluida berbeda adalah udara dan air dimana kerapatan udara lebih kecil daripada nilai kerapatan air (Kimi, 2015).

Dalam perancangan saluran terbuka, kekasaran jenis dasar saluran, debit air limpasan, kecepatan aliran, dan kemiringan dasar saluran harus diperhitungkan dengan baik. Ada beberapa bentuk rancangan dimensi saluran terbuka yang paling efisien untuk menampung dan mengalirkan air limpasan adalah sebagai berikut yaitu persegi panjang, segitiga, dan trapezium (Gautama, 1999), saluran terbuka yang tempat penelitian adalah trapezium dapat dilihat pada gambar 1.



Gambar 1. Penampang Saluran Terbuka Trapezium

Bentuk Saluran Trapezium

$$\alpha = 60^\circ \rightarrow m = \frac{1}{\sqrt{3}}$$

$$\text{Luas Penampang Basah (A)} =$$

$$h^2\sqrt{3}$$

$$\text{Lebar Dasar Saluran (b)} =$$

$$\frac{2}{3}h\sqrt{3}$$

$$\text{Jari – jari Hidrolis (R)} = \frac{h}{2}$$

$$\text{Lebar Permukaan Saluran (B)} = b + 2.m.h$$

Dalam pembuatan serta perhitungan kapasitas saluran terbuka harus memperhatikan material atau bahan saluran, sehingga setiap macam material memiliki koefisien masing-masing, yang dapat dilihat pada Tabel 3. berikut.

Tabel 3. Nilai koefisien Dinding Saluran Terbuka (Gautama, 1999)

Tipe Dinding Saluran	n
Semen	0,010 – 0,014
Beton	0,011 – 0,016
Bata	0,012 – 0,020
Besi	0,013 – 0,017
Tanah	0,020 – 0,030
Gravel	0,022 – 0,035
Tanah yang ditanam	0,025 – 0,040

Pemodelan Genangan Saluran Terbuka Menggunakan HEC – RAS

HEC – RAS adalah *software* pemodelan analisis hidrolika aliran pada saluran ataupun sungai (Ismawati, 2017). *Hydrologic Engineering Center – Rivers Analysis System* (HEC – RAS) merupakan salah satu *software* yang diterbitkan U. S. Army Corp of Engineers *Hydrologic Engineering Center* yang digunakan untuk menghitung aliran sungai maupun dimensi. Perhitungan aliran tersebut menggunakan konsep *steady* dan *unsteady flow*. *Steady flow* adalah aliran suatu saluran terbuka yang memiliki kedalaman aliran tidak berubah dalam waktu tertentu. *Unsteady flow* adalah aliran suatu saluran yang kedalamannya berubah dalam waktu tertentu. Perhitungan *steady* dapat dilakukan secara analitis, untuk *unsteady* digunakan sebuah program untuk memodelkan dan menganalisis aliran.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Periode Ulang Hujan

Periode ulang hujan dalam penelitian ini menyesuaikan distribusi curah hujan yaitu, 2, 5, 25, 50, dan 100 tahun. Masing – masing dari periode ulang tersebut memiliki

Curah Hujan

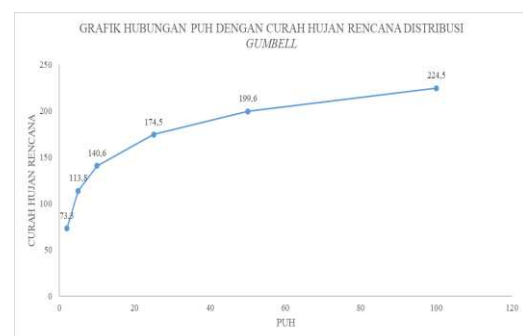
Data curah hujan berasal dari alat penakar hujan yaitu *ombrometer* yang terdapat pada *viewpoint pit* B1 Sambarata Mine Operation dan *website* larc.nasa.power, diambil data curah hujan 2013 hingga 2022. Data curah hujan ditentukan dari data-data curah hujan harian maksimum dalam 10 tahun di lokasi penelitian. Berdasarkan data yang diperoleh, didapatkan curah hujan harian maksimum rata-rata 77, 89 mm dan jam hujan harian rata-rata 2 jam.

Tabel 4. Curah Hujan Harian Maksimum Tahun 2013 - 2022

No	Tahun	Curah Hujan Harian Maksimum (mm)
1	2013	77,86
2	2014	52,59
3	2015	42,61
4	2016	64,56
5	2017	49,96
6	2018	86,19
7	2019	48,42
8	2020	155,04
9	2021	120,11
10	2022	81,6

Curah Hujan Rencana

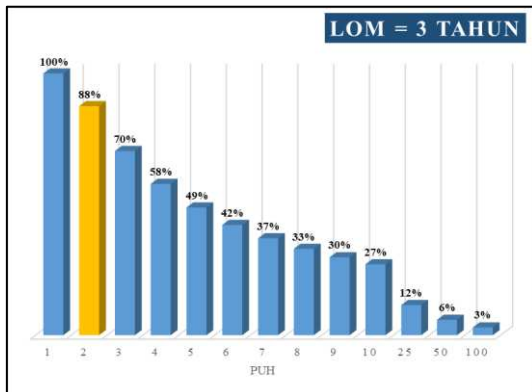
Berdasarkan perhitungan curah hujan rencana metode distribusi *gumbel* dengan menggunakan perhitungan curah hujan rata-rata harian didapatkan nilai 73,3 – 225 mm/hari (Gambar 2.).



Gambar 2. Grafik Curah Hujan Rencana Gumbel Tahun 2013 – 2022

resiko hidrologi yang berbeda berdasarkan umur tambang. PT Madhani Talatah Nusantara memiliki umur tambang hingga 3 tahun ke depan. Berdasarkan hasil perhitungan resiko hidrologi dan dengan pertimbangan umur tambang, PUH yang digunakan

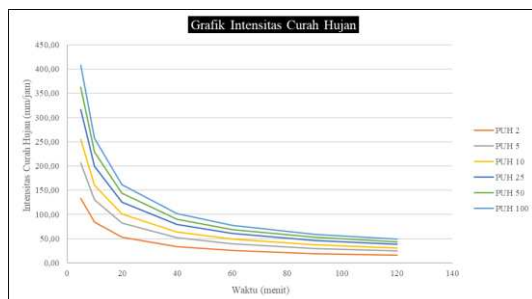
yakni pada tahun ke 2 dengan resiko hidrologi sebesar 88% (Gambar 3.).



Gambar 4. Grafik Curah Hujan Harian Maksimum Tahun 2013 – 2022

Intensitas Hujan

Intensitas curah hujan yaitu jumlah presipitasi atau curah hujan yang jatuh ke permukaan dalam waktu tertentu biasanya dalam waktu relatif singkat. Intensitas curah hujan dihitung menggunakan rumus *mononobe*. Nilai *t* (durasi hujan) didapatkan dari rata-rata durasi hujan tahun 2013 – 2022 yaitu sebesar 2 jam. Setelah dilakukan olah data dan adanya curah hujan rencana maka intensitas curah hujan sebesar 16,01 mm/jam.



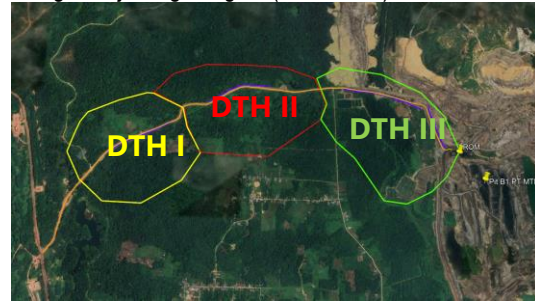
Gambar 5. Grafik Intensitas Hujan PUH 2,5,10,20,50, dan 100

Pada penelitian ini menggunakan PUH 2 dengan memiliki nilai intensitas hujan 16,01 mm/jam.

Daerah Tangkapan Hujan (DTH)

Daerah tangkapan hujan atau disebut juga *catchment area* merupakan batas permukaan suatu daerah yang apabila terjadi hujan maka air hujan akan mengalir (sebagai air limpasan) menuju daerah yang lebih rendah. Penentuan DTH dilakukan dengan mengamati kondisi lapangan dan peta topografi kemudian dilakukan digitasi menggunakan *polygon* di *software* Google Earth Pro. Luas DTH akan memengaruhi debit

air limpasan. Berdasarkan olah data tersebut maka dibagi menjadi tiga bagian (Gambar 6.).



Gambar 6. Daerah Tangkapan Hujan

Dari hasil pembagian tiga daerah tangkapan hujan tersebut terdapat masing-masing luas (Tabel 5.).

Tabel 5. Luas Daerah Tangkapan Hujan

Daerah Tangkapan Hujan	A (Km2)
I	1.15
II	1.28
III	1.35

Koefisien Limpasan

Koefisien limpasan dipengaruhi oleh topografi, tanah dan vegetasi yang ada. Terdapat tiga daerah tangkapan hujan dari hasil pengolahan ArcGis dan Google Earth Pro. Pada daerah tangkapan hujan I dan II, area tergolong vegetasi ringan dengan kemiringan lereng kurang dari 15%, maka sesuai dengan Tabel 6. nilai koefisiennya 0,6. Daerah tangkapan hujan III tergolong area penambangan dengan lahan tandus dan kemiringan lebih dari 15%, maka nilai koefisien limpasan 0,9.

Tabel 6. Nilai Koefisien Limpasan

Kemiringan Lahan	Kegunaan Lahan	Koefisien Limpasan
Datar Kemiringan < 3%	Persawahan rawa-rawa	0,20
	Hutan, perkebunan	0,30
	Pemukiman	0,40
Agak miring (3-15%)	Hutan, perkebunan	0,40
	Pemukiman	0,50
	Vegetasi ringan	0,60
	Tanah gundul	0,70
Curam Kemiringan > 15%	Hutan	0,60
	Pemukiman	0,70
	Vegetasi ringan	0,80
	Tanah gundul, penambangan	0,90

Debit Air Limpasan Metode HSS Nakayasu

Pada analisis curah hujan dengan menggunakan metode *Gumbell*. Pada daerah tangkapan hujan 1 memiliki luas sebesar 1,15 km² dan koefisien limpasan sebesar 0,6 serta nilai ordinat *a* sebesar 2,65 memiliki debit puncak air limpasan PUH 2 sebesar 6,41 m³/s (Gambar 7).



Gambar 7. Hidrograf Debit Air Limpasan Metode Nakayasu DTH 1

Pada analisis curah hujan dengan menggunakan metode *Gumbell*. Pada daerah tangkapan hujan 2 memiliki luas sebesar 1,28 km² dan koefisien limpasan sebesar 0,6 serta nilai ordinat a sebesar 2,79 memiliki debit puncak air limpasan PUH 2 sebesar 7,38 m³/s (Gambar 8).



Gambar 8. Hidrograf Debit Air Limpasan Metode Nakayasu DTH 2

Pada analisis curah hujan dengan menggunakan metode *Gumbell*. Pada daerah tangkapan hujan 3 memiliki luas sebesar 1,35 km² dan koefisien limpasan sebesar 0,9 serta nilai ordinat a sebesar 2,58 memiliki debit puncak air limpasan PUH 2 sebesar 10,21 m³/s (Gambar 9).



Gambar 9. Hidrograf Debit Air Limpasan Metode Nakayasu DTH 3

Rancangan Geometri Saluran Terbuka

Pada penelitian ini terdapat empat segmen saluran terbuka. Dimensi saluran terbuka dibuat berdasarkan dengan debit air limpasan yang ada pada daerah tangkapan hujan sehingga saluran terbuka mampu mengalirkan air, bentuk dan dimensi menggunakan kemiringan saluran 60° dan tinggi jagaan 20%.

1. Saluran Terbuka 1

Saluran terbuka 1 termasuk kedalam zona daerah tangkapan hujan 1. Debit air yang masuk kedalam zona DTH 1 sebesar 6,47 m³/detik. Berikut geometri rancangan saluran terbuka 1 (Tabel 7.).

Tabel 7. Dimensi Saluran Terbuka 1

Bagian	Rancangan
Kedalaman saluran (h)	2 m
Kedalaman air (d)	1,5 m
Lebar dasar saluran (b)	2 m
Lebar permukaan saluran (B)	4 m
Panjang sisi luar saluran (a)	2 m

2. Saluran Terbuka 2

Saluran terbuka 2 termasuk kedalam zona daerah tangkapan hujan 2. Debit air yang masuk kedalam zona DTH 2 sebesar 7,38 m³/detik. Berikut geometri rancangan saluran terbuka 2 (Tabel 8.).

Tabel 8. Dimensi Saluran Terbuka 2

Bagian	Rancangan
Kedalaman saluran (h)	2 m
Kedalaman air (d)	1,5 m
Lebar dasar saluran (b)	2 m
Lebar permukaan saluran (B)	4 m
Panjang sisi luar saluran (a)	2,5 m

3. Saluran Terbuka 3

Saluran terbuka 3 termasuk kedalam zona daerah tangkapan hujan 3. Debit air yang masuk kedalam zona DTH 3 sebesar 10,21 m³/detik. Berikut geometri rancangan saluran terbuka 3 (Tabel 9.).

Tabel 9. Dimensi Saluran Terbuka 3

Kondisi	Rancangan
Kedalaman saluran (h)	2,5 m
Kedalaman air (d)	2 m
Lebar dasar saluran (b)	2 m
Lebar permukaan saluran (B)	5 m
Panjang sisi luar saluran (a)	3 m

4. Saluran Terbuka 4

Saluran terbuka 4 termasuk kedalam zona daerah tangkapan hujan 3. Debit air yang masuk kedalam zona DTH 3 sebesar 10,21 m³/detik. Berikut geometri rancangan saluran terbuka 4 (Tabel 10.).

Tabel 10. Dimensi Saluran Terbuka 4

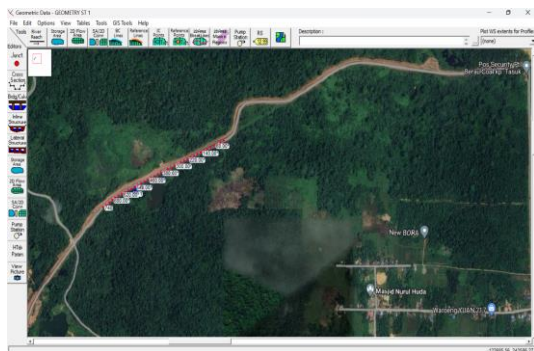
Kondisi	Rancangan
Kedalaman saluran (h)	2,5 m
Kedalaman air (d)	2 m
Lebar dasar saluran (b)	2 m
Lebar permukaan saluran (B)	5 m
Panjang sisi luar saluran (a)	3 m

Pemodelan Genangan Saluran Terbuka Menggunakan HEC – RAS

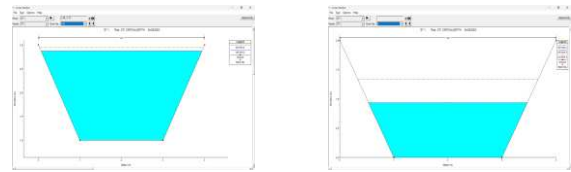
Simulasi genangan pada saluran terbuka menggunakan *software* HEC – RAS berguna sebagai validasi terkait rancangan geometri saluran terbuka dengan perhitungan debit air limpasan. Data masukan untuk kondisi aliran saluran menggunakan *critical depth* yang tersedia pada aplikasi, yaitu kondisi dimana elevasi *outlet* saluran lebih rendah dari *inlet* saluran berdasarkan arah aliran air. Hasil dari simulasi genangan saluran terbuka sebagai berikut :

1. Pemodelan Saluran Terbuka 1

Hasil perhitungan dimensi saluran terbuka 1 (Tabel 7.) dimasukkan kedalam bagian geometri dengan panjang saluran 741 m (Gambar 10.) . Kemudian disimulasikan pada *software* HEC – RAS didapatkan penampang air permukaan pada bagian *inlet* dan *outlet* (Gambar 11.). Dari hasil simulasi genangan tersebut terdapat juga *report* genangan aliran pada saluran terbuka dari debit, ketinggian air permukaan pada *inlet* dan *outlet* saluran, dan kecepatan aliran (Gambar 12.).



Gambar 10. Geometri Saluran Terbuka 1



Gambar 11. Penampang *inlet* dan *outlet* saluran terbuka 1

Profile Output Table - Standard Table 1

File Options Std. Tables Locations Help

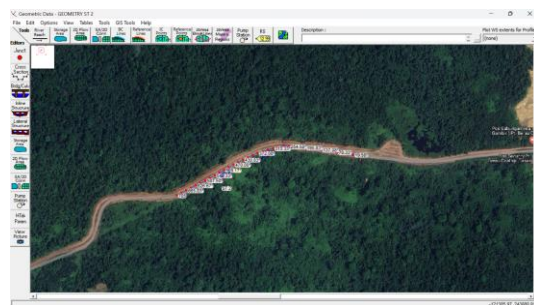
HEC-RAS Plan: ST 1 CD River: ST 1 Reach:

Reach	River Sta	Profile	Q Total (m ³ /s)	Min Ch El (m)	W.S. Elev (m)	Crit W.S. (m)	E.G. Elev (m)	E.G. Slope	Vel Chnl (m/s)	Flow Area (m ²)	Top Width (m)	Froude #	Chl
ST 1	740	PLH 2	6.47	1.00	2.87		2.94	0.001459	1.18	5.50	3.87	0.32	
ST 1	740	PLH 5	6.69	1.00	2.91		2.98	0.001463	1.19	5.63	3.91	0.32	
ST 1	740	PLH 10	12.10	1.00	3.63		3.73	0.001591	1.42	8.53	4.00	0.31	
ST 1	740	PLH 25	14.49	1.00	3.91		4.03	0.001657	1.50	9.65	4.00	0.31	
ST 1	740	PLH 50	17.04	1.00	4.20		4.32	0.001728	1.58	10.79	4.00	0.31	
ST 1	740	PLH 100	19.03	1.00	4.41		4.55	0.001782	1.64	11.64	4.00	0.31	
ST 1	0	PLH 2	6.47	0.00	0.94	0.94	1.34	0.015064	2.80	2.31	2.94	1.01	
ST 1	0	PLH 5	6.69	0.00	0.96	0.96	1.36	0.015032	2.82	2.37	2.96	1.01	
ST 1	0	PLH 10	12.10	0.00	1.37	1.37	1.92	0.014916	3.29	3.68	3.37	1.01	
ST 1	0	PLH 25	14.49	0.00	1.53	1.53	2.13	0.014847	3.44	4.21	3.53	1.00	
ST 1	0	PLH 50	17.04	0.00	1.68	1.68	2.33	0.014849	3.58	4.76	3.68	1.01	
ST 1	0	PLH 100	19.03	0.00	1.79	1.79	2.48	0.014707	3.67	5.19	3.79	1.00	

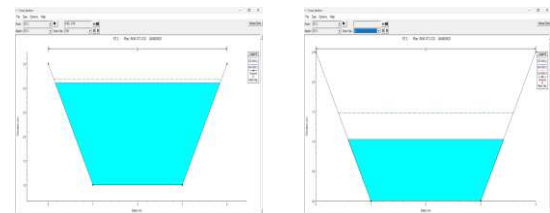
Gambar 12. Report Simulasi Genangan Saluran Terbuka 1

2. Pemodelan Saluran Terbuka 2

Hasil perhitungan dimensi saluran terbuka 2 (Tabel 8.) dimasukkan kedalam bagian geometri dengan panjang saluran 707 m (Gambar 13.) . Kemudian disimulasikan pada *software* HEC – RAS didapatkan penampang air permukaan pada bagian *inlet* dan *outlet* (Gambar 14.). Dari hasil simulasi genangan tersebut terdapat juga *report* genangan aliran pada saluran terbuka dari debit, ketinggian air permukaan pada *inlet* dan *outlet* saluran, dan kecepatan aliran (Gambar 15.).



Gambar 13. Geometri Saluran Terbuka 2



Gambar 14. Penampang *inlet* dan *outlet* saluran terbuka 2

Profile Output Table - Standard Table 1

File Options Std. Tables Locations Help

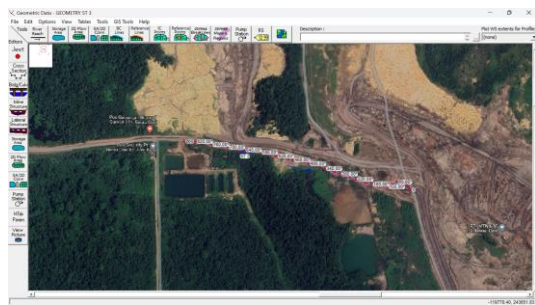
HEC-RAS Plan: ST 2 River: ST 2 Reach: 3

Reach	River Sta	Profile	Q Total (m ³ /s)	Min Ch El (m)	W.S. Elev (m)	Crit W.S. (m)	E.G. Elev (m)	E.G. Slope (m/m)	Vel Chnl (m/s)	Flow Area (m ²)	Top Width (m)	Froude # Ch
ST 2	705	PUH 2	7.38	1.00	3.10		3.18	0.001544	1.23	5.98	3.68	0.31
ST 2	705	PUH 5	7.58	1.00	3.13		3.21	0.001549	1.24	6.09	3.71	0.31
ST 2	705	PUH 10	13.87	1.00	3.96		4.07	0.001995	1.40	9.34	4.00	0.31
ST 2	705	PUH 25	17.13	1.00	4.32		4.49	0.001986	1.59	10.80	4.00	0.31
ST 2	705	PUH 50	19.56	1.00	4.58		4.72	0.001854	1.65	11.82	4.00	0.31
ST 2	705	PUH 100	21.96	1.00	4.82		4.97	0.001920	1.72	12.79	4.00	0.31
ST 2	0	PUH 2	7.38	0.00	1.03	1.03	1.48	0.015917	2.96	2.49	2.83	1.01
ST 2	0	PUH 5	7.58	0.00	1.05	1.05	1.50	0.015896	2.98	2.54	2.84	1.01
ST 2	0	PUH 10	13.87	0.00	1.52	1.52	2.14	0.016098	3.50	3.97	3.22	1.01
ST 2	0	PUH 25	17.13	0.00	1.73	1.73	2.42	0.016176	3.69	4.64	3.38	1.01
ST 2	0	PUH 50	19.56	0.00	1.87	1.87	2.61	0.016241	3.82	5.13	3.49	1.01
ST 2	0	PUH 100	21.96	0.00	2.00	2.00	2.78	0.016132	3.91	5.61	3.60	1.00

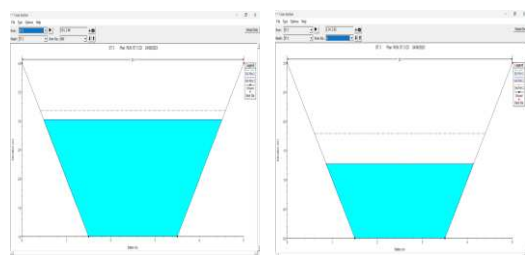
Gambar 15. Report Simulasi Genangan Saluran Terbuka 2

3. Pemodelan Saluran Terbuka 3

Hasil perhitungan dimensi saluran terbuka 3 (Tabel 9.) dimasukan kedalam bagian geometri dengan panjang saluran 863 m (Gambar 16.) . Kemudian disimulasikan pada *software* HEC – RAS didapatkan penampang air permukaan pada bagian *inlet* dan *outlet* (Gambar 17.). Dari hasil simulasi genangan tersebut terdapat juga *report* genangan aliran pada saluran terbuka dari debit, ketinggian air permukaan pada *inlet* dan *outlet* saluran, dan kecepatan aliran (Gambar 18.).



Gambar 16. Geometri Saluran Terbuka 3



Gambar 17. Penampang *inlet* dan *outlet* saluran terbuka 3

Profile Output Table - Standard Table 1

File Options Std. Tables Locations Help

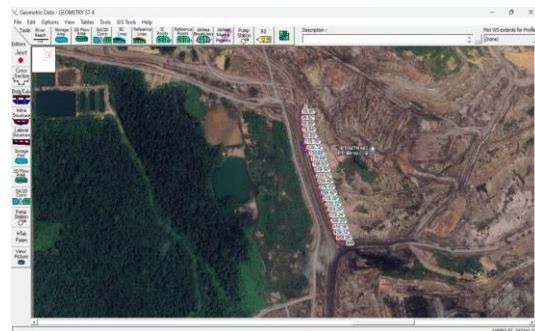
HEC-RAS Plan: ST 3 River: ST 3 Reach: 5

Reach	River Sta	Profile	Q Total (m ³ /s)	Min Ch El (m)	W.S. Elev (m)	Crit W.S. (m)	E.G. Elev (m)	E.G. Slope (m/m)	Vel Chnl (m/s)	Flow Area (m ²)	Top Width (m)	Froude # Ch
ST 3	860	PUH 2	10.67	1.00	3.02		3.18	0.002049	1.76	6.07	4.02	0.46
ST 3	860	PUH 5	11.24	1.00	3.09		3.25	0.002090	1.77	6.36	4.09	0.45
ST 3	860	PUH 10	19.70	1.00	3.99		4.17	0.002055	1.89	10.44	4.99	0.42
ST 3	860	PUH 25	24.25	1.00	4.40		4.59	0.002361	1.94	12.48	5.00	0.39
ST 3	860	PUH 50	27.62	1.00	4.68		4.88	0.002318	1.99	13.89	5.00	0.38
ST 3	860	PUH 100	30.97	1.00	4.94		5.15	0.002302	2.04	15.21	5.00	0.37
ST 3	0	PUH 2	10.67	0.00	1.27	1.27	1.79	0.014784	3.17	3.36	3.27	1.00
ST 3	0	PUH 5	11.24	0.00	1.31	1.31	1.84	0.014929	3.23	3.48	3.31	1.01
ST 3	0	PUH 10	19.70	0.00	1.82	1.82	2.53	0.014838	3.71	5.31	3.82	1.01
ST 3	0	PUH 25	24.25	0.00	2.05	2.05	2.83	0.014807	3.90	6.22	4.05	1.01
ST 3	0	PUH 50	27.62	0.00	2.22	2.22	3.04	0.014667	4.01	6.89	4.22	1.01
ST 3	0	PUH 100	30.97	0.00	2.36	2.36	3.23	0.014604	4.12	7.53	4.36	1.00

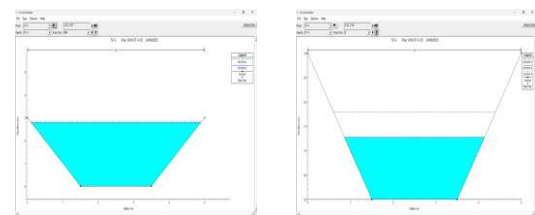
Gambar 18. Report Simulasi Genangan Saluran Terbuka 3

4. Pemodelan Saluran Terbuka 4

Hasil perhitungan dimensi saluran terbuka 4 (Tabel 10.) dimasukan kedalam bagian geometri dengan panjang saluran 499 m (Gambar 19.) . Kemudian disimulasikan pada *software* HEC – RAS didapatkan penampang air permukaan pada bagian *inlet* dan *outlet* (Gambar 20.). Dari hasil simulasi genangan tersebut terdapat juga *report* genangan aliran pada saluran terbuka dari debit, ketinggian air permukaan pada *inlet* dan *outlet* saluran, dan kecepatan aliran (Gambar 21.).



Gambar 19. Geometri Saluran Terbuka 4



Gambar 20. Penampang *inlet* dan *outlet* saluran terbuka 4

Profile Output Table - Standard Table 1

File Options Std. Tables Locations Help

HEC-RAS Plan: ST 4 River: ST 4 Reach: 5

Reach	River Sta	Profile	Q Total (m ³ /s)	Min Ch El (m)	W.S. Elev (m)	Crit W.S. (m)	E.G. Elev (m)	E.G. Slope (m/m)	Vel Chnl (m/s)	Flow Area (m ²)	Top Width (m)	Froude # Ch
ST 4	499	PUH 2	10.67	0.00	2.78		2.85	0.009558	1.13	9.44	4.78	0.26
ST 4	499	PUH 5	11.24	0.00	2.85		2.92	0.009974	1.15	9.76	4.85	0.26
ST 4	499	PUH 10	19.70	0.00	3.66		3.77	0.011194	1.43	13.82	5.00	0.27
ST 4	499	PUH 25	24.25	0.00	4.03		4.15	0.011317	1.55	15.63	5.00	0.28
ST 4	499	PUH 50	27.62	0.00	4.27		4.41	0.011406	1.64	16.87	5.00	0.28
ST 4	499	PUH 100	30.97	0.00	4.51		4.66	0.011491	1.72	18.05	5.00	0.29
ST 4	0	PUH 2	10.67	0.00	1.27	1.27	1.79	0.014784	3.17	3.36	3.27	1.00
ST 4	0	PUH 5	11.24	0.00	1.31	1.31	1.84	0.014929	3.23	3.48	3.31	1.01
ST 4	0	PUH 10	19.70	0.00	1.82	1.82	2.53	0.014838	3.71	5.31	3.82	1.01
ST 4	0	PUH 25	24.25	0.00	2.05	2.05	2.83	0.014807	3.90	6.22	4.05	1.01
ST 4	0	PUH 50	27.62	0.00	2.22	2.22	3.04	0.014667	4.01	6.89	4.22	1.01
ST 4	0	PUH 100	30.97	0.00	2.36	2.36	3.23	0.014604	4.12	7.53	4.36	1.00

Gambar 21. Report Simulasi Genangan Saluran Terbuka 4

KESIMPULAN

Berdasarkan hasil penelitian di atas dapat diambil beberapa kesimpulan pada penelitian ini antara lain sebagai berikut

1. Air permukaan pada rancangan saluran terbuka berada dibawah batas kedalaman saluran sehingga tidak menyebabkan meluapnya air limpasan

2. Hasil rancangan geometri saluran terbuka dapat diaplikasikan secara aktual setelah dilihat hasil dari simulasi genangan pada *software Hydrologic Engineering System – River Analysis System* (HEC – RAS).

DAFTAR PUSTAKA

- Adjar, L.P. (2022). *Kajian Teknis Sistem Penyaliran Tambang dan Analisis Laju Erosi Tanah Pada Tambang Terbuka Kasus Extreme Rainfall*. Yogyakarta: Skripsi, Jurusan Teknik Pertambangan UPN "Veteran" Yogyakarta.
- Asandi, P. P. (2022). *Kajian Teknis Sistem Penyaliran Tambang Pit Inul Lignit PT Kaltim Prima Coal Kabupaten Kutai Timur, Kalimantan Timur*. Yogyakarta: Skripsi Jurusan Teknik Pertambangan UPN "Veteran" Yogyakarta.
- Bargawa, W.S. (2019). *Design of Coal Mine Drainage System*. Yogyakarta. E3S Web of Conferences 76, 04006.
- Basuki, F. N. (2022). *Evaluasi Analisis Hidrologi Untuk Sistem Penyaliran Tambang dengan Metode Rasional dan Nakayasu Pada Tambang Andesit*. Yogyakarta: Skripsi, Jurusan Teknik Pertambangan UPN "Veteran" Yogyakarta.
- Cahyadi, T. A. (2019). *Desain Saluran Terbuka Berbasis Microsoft Excel Perhitungan dan Pemodelan yang Praktis dan Effisien*. Yogyakarta : Jurnal KURVATEK Vol. 4, No. 2, pp. 61 – 78.
- Gautama, R. S. (2019). *Sistem Penyaliran Tambang*. ITB, Bandung
- Halsin, M.F. (2022). *Kajian Teknis Kolam Pengendapan Dengan Sediment Trap Pada Penambangan Batubara di PT Berau Coal Kabupaten Berau Provinsi Kalimantan Timur*. Yogyakarta: Skripsi Jurusan Teknik Pertambangan UPN "Veteran" Yogyakarta.
- Hartini, E. (2017). *Modul Hidrologi & Hidrolika Terapan*. Semarang. Universitas Dian Nuswantoro Semarang.
- Hu, R. and Zhang, J. (2018). *Numerical Analysis on Hydraulic Characteristic of U – Shaped Channel of Various Trapezoidal Cross – Sections*. Chengdu : Sichuan University
- Krisnayanti, D. S., et.al. (2020). *Perbandingan Debit Banjir Rancangan dengan Metode HSS Nakayasu, Gama I, dan Limantara pada DAS Rakmano*. Kupang. Jurnal Teknik Sipil, Vol. IX, No. 1, April 2020, FST Undana.
- Maryanto, S. (2011). *Stratigrafi dan Keterdapatan Batubara Pada Formasi Lati di Daerah Berau, Kalimantan Timur*. Buletin Sumber Daya Geologi. Vol: 6. No. 2
- Pagano, T. (2002). *Hydrologic Cycle*. University of Arizona. Tucson. AZ. USA.
- Powers, J. P., Corwin, A. B., Paul C. S., and Kaeek, W. E. (2007). *Construction Dewatering and Groundwater Control: New Methods and Applications, Third Edition*. ISBN: 978-0-471-47932-7.
- Ramani, R.V.(2020). *Coal Mining*. Britannica Library. Encyclopedia Britannica, 7 Juli 2020.
- Rosmala, D., Lilly M.L., Widandi S. (2016). *Analisis Parameter Alfa Hidrograf Satuan Sintetik Nakayasu di Sub DAS Lesti*. Malang. Jurnal Teknik Pengairan, Volume 7 Nomor 1, Mei 2016 hlm. 107-106 Universitas Brawijaya Malang.
- Rozkowski, K. (2021). *Open-Pit Mine Dewatering Based on Water Recirculation – Case Study with Numerical Modelling*. Krakow. AGH University of Science and Technology. Poland.
- Safarina, A.B. (2011). *Clusterization of Synthetic Unit Hydrograph Methods Based on Watershed Characteristic*. Cimahi. International Journal of Civil & Enviromental Engineering IJCEE-IJENS Vol: 11 No: 06.
- Suripin (2004). *Sistem Drainase yang Berkelanjutan*. Andi Offset. Demangan Baru, Yogyakarta).

