

## Implementasi Sistem Informasi Geografis menggunakan ArcGIS pada Analisis Kondisi Tutupan Lahan terhadap Dampak *Runoff*

Olivia Maria Tumurang

Dept. of Civil Engineering, Sam Ratulangi University Manado, Kampus Bahu St., 95115, Indonesia  
e-mail : [oliviatururang@unsrat.ac.id](mailto:oliviatururang@unsrat.ac.id)

Received: 1 August 2022; revised: 2 September 2022; accepted: 7 September 2022

### Abstrak

Salah satu dampak yang merugikan dari manajemen penggunaan lahan yang kurang baik adalah banjir di musim penghujan akibat dari sebagian besar air hujan menjadi aliran air permukaan (*surface runoff*) yang lebih besar dari daya tampung dan mengakibatkan terjadinya banjir. Pada daerah yang padat penduduk dan pembangunan di daerah perkotaan, jumlah resapan air ke dalam tanah mengalami pengurangan seperti pada kecamatan Wanea yang merupakan salah satu kecamatan penunjang perekonomian kota Manado dan memiliki laju pembangunan yang pesat dan beresiko memberikan dampak negatif dari *runoff* yang ditimbulkan akibat tutupan lahan yang terbentuk. Dalam menganalisa dampak dari perubahan lahan terhadap besaran *runoff* perlu memperhatikan luas daerah, elevasi rencana dan kondisi tanah yang akan dianalisis. Penelitian ini bertujuan untuk menganalisis penggunaan lahan terhadap *runoff* di kecamatan Wanea akibat adanya proses pengembangan wilayah perkotaan di Manado. Metodologi penelitian menggunakan teknik Geographic Information System (GIS) untuk melihat batas pola pengaliran, overlay data penggunaan lahan, dan untuk menganalisis besarnya *runoff* dari besarnya curah hujan wilayah rencana. Data yang digunakan dalam penelitian ini berasal dari berbagai sumber, seperti data curah hujan 25 tahun terakhir dari Stasiun BMKG Kota Manado dan data penggunaan lahan dari Bapelitbang Kota Manado. Dari hasil analisis diperoleh bahwa Potensi dampak dari *runoff* yang ditimbulkan akibat tutupan lahan yang ada di kecamatan Wanea berpotensi menyebabkan banjir yang disebabkan karena dimensi saluran tidak mampu menampung debit limpasan permukaan. Kondisi tutupan lahan yang sangat berpengaruh terhadap dampak buruk dari *runoff* adalah kawasan permukiman dan tempat kegiatan dikarenakan aliran limpasan (*runoff*) langsung menuju ke saluran tanpa adanya infiltrasi atau penyerapan ke dalam tanah. Sedangkan untuk kondisi tutupan lahan yang tidak terlalu mempengaruhi dampak *runoff* adalah kawasan Perkebunan/ Taman. Debit aliran permukaan terbesar berasal dari Kelurahan Tingkulu yaitu 5,1190 m<sup>3</sup>/s. Hal ini juga dipengaruhi oleh kemiringan lereng dari Kelurahan Tingkulu yang menghasilkan kecepatan aliran dengan konsentrasi waktu yang sangat cepat.

**Kata Kunci:** *runoff*, tutupan lahan, *Geographic Information System* (GIS), Wanea

### Abstract

*One of the adverse impacts of poor land use management is flood during the rainy season as a result of most of the rainwater turning into surface runoff which is greater than the carrying capacity and resulting in flood. In densely populated areas and development in urban areas, the amount of water infiltration into the ground has decreased as in the Wanea sub-district which is one of the sub-districts supporting the economy of the city of Manado and has a rapid development rate and is at risk of having a negative impact from runoff caused by land cover formed. To analyze the impact of the changes in land use and runoff, it is needed to know the amount of coverage or the area to be analyzed, elevation plans and soil condition. The pupose of this study is to analyze land use for runoff in Wanea sub-district due to the process of developing urban areas in Manado. The method that is used in this study using Geographic Information System (GIS) method and analyze the amount of runoff from the area plan rainfall. The study used the rainfall data of Manado in the past 25 years from BMKG Station in Manado and land use from research and development agency Manado. The analysis of result showed the impact of runoff caused by land cover in the Wanea sub-district has the potential to cause flooding due to the dimensions of the canal being unable to accommodate surface runoff discharge. Land cover conditions that greatly influence the adverse effects of runoff are residential areas and places of activity because runoff flows directly into canals without any infiltration or absorption into the soil. As for the condition of land cover that does not greatly affect the impact of runoff is the Plantation/Garden area. The largest surface runoff discharge comes from the Tingkulu Village, namely 5.1190 m<sup>3</sup>/s. This is also influenced by the slope of the Tingkulu Sub-District which produces a flow velocity with a fast time concentration.*

**Keywords:** *runoff*, *Land cover*, *Geographic Information System* (GIS), *Wanea*

### I. PENDAHULUAN

Daerah Aliran Sungai (DAS) adalah suatu wilayah yang dibatasi oleh pemisah topografis yang berfungsi untuk menampung, menyimpan dan selanjutnya mengairkan seluruh air hujan yang jatuh di atasnya menuju ke sistem sungai terdekat dan pada akhirnya bermuara ke waduk, danau atau laut.

Pertumbuhan pembangunan infrastruktur perkotaan yang sangat pesat seperti jalan, jembatan, perumahan, dll, memerlukan adanya ketersediaan lahan. Kebutuhan ketersediaan lahan dapat

menyebabkan degradasi tanah semakin meningkat. Sehingga, menjaga dan meningkatkan kemampuan lahan dalam menyerap air adalah satu upaya dari melestarikan lingkungan, terutama dalam menerapkan sistem tata air yang berkesinambungan.

Salah satu dampak yang merugikan dari manajemen penggunaan lahan yang kurang baik adalah banjir di musim penghujan. Pada daerah yang padat penduduk dan pembangunan seperti di daerah perkotaan, jumlah resapan air ke dalam tanah mengalami pengurangan akibat dari sebagian besar air hujan menjadi aliran air permukaan (*surface runoff*) yang lebih besar dari daya tampung dan mengakibatkan terjadinya banjir. (Seyhan, E, 1990)

Peralihan fungsi suatu kawasan yang mampu menyerap air menjadi kawasan yang kedap air akan mengakibatkan ketidak seimbangan hidrologi dan berpengaruh negatif pada kondisi daerah aliran sungai. Perubahan penutup vegetasi pada suatu kawasan akan memberikan pengaruh waktu serta volume aliran permukaan. (Wilson, 1989)

Limpasan permukaan (*runoff*) merupakan sebagian dari air hujan yang mengalir di atas permukaan tanah menuju sungai, danau atau laut. *Runoff* terjadi apabila tanah tidak mampu lagi menginfiltasikan air di permukaan tanah karena tanah sudah dalam keadaan jenuh. *Runoff* juga dapat terjadi apabila hujan jatuh di permukaan yang bersifat impermeabel seperti beton, aspal, keramik, dan lain-lain. Peristiwa banjir dan erosi yang sering melanda beberapa wilayah di Indonesia merupakan dampak dari *runoff* yang tidak dapat ditangani dengan baik. (Chairul Amirul dan Rahman A, 2021)

Salah satu konsep penting dalam upaya mengendalikan banjir yang diakibatkan oleh peningkatan aliran permukaan adalah koefisien aliran permukaan (*runoff*) yang biasa dilambangkan dengan symbol C. Koefisien C didefinisikan sebagai nisbah antara laju puncak aliran permukaan terhadap intensitas hujan. Faktor utama yang mempengaruhi nilai C adalah laju infiltrasi, tanaman penutup tanah dan curah hujan (Arsyad, 2006)

Berdasarkan arahan rencana strategis dari Kementerian Pekerjaan Umum Bidang Cipta Karya tahun 2010-2014, sistem drainase berwawasan lingkungan atau ekodrainase di Indonesia merupakan suatu sistem yang mendukung konsep penanganan drainase perkotaan secara berkelanjutan dengan memperhatikan kondisi dan daya dukung lingkungan sehingga dapat menjadikan solusi bagi permasalahan yang ditimbulkan oleh adanya limpasan air hujan.

Wilayah kota seperti Kota Manado pada hakekatnya merupakan pusat kegiatan ekonomi yang dapat melayani wilayah kota itu sendiri maupun wilayah sekitarnya. Kota Manado memiliki topografi yang bervariasi untuk tiap kecamatan.

Secara keseluruhan, Kota Manado memiliki keadaan tanah yang berombak seluas 44 % dan dataran landai seluas 38 % dari luas wilayah. Sisanya dalam keadaan tanah bergelombang, berbukit dan bergunung. Ketinggian dari permukaan laut pada tiap-tiap kecamatan di Kota Manado bervariasi (Yusak Paul Kasse, 2014). Seperti pada kecamatan Wanea yang relatif datar dengan kemiringan tanah 0-40%, sedangkan ketinggian wilayah berkisar antara 0-200 m dpl dimana dataran rendah didominasi wilayah perbukitan dan pegunungan memiliki luas wilayah 78,25 Ha atau 4,99 % dari luas wilayah Kota Manado. (Lalu Renaldo Patrik, 20) Kecamatan Wanea merupakan salah satu kecamatan yang menunjang perekonomian kota Manado dan memiliki laju pembangunan yang pesat dan beresiko memberikan dampak negatif dari *runoff* yang ditimbulkan akibat tutupan lahan yang terbentuk dari pembangunan yang ada di kecamatan Wanea.

Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui dampak dari perubahan penggunaan lahan terhadap perubahan *runoff* di Kecamatan Wanea akibat adanya proses pengembangan wilayah perkotaan di Manado.

## 2.1 Siklus Hidrologi

Siklus hidrologi adalah sebuah proses pergerakan air dari bumi ke atmosfer dan kembali lagi ke bumi yang berlangsung secara kontinyu (Triadmodjo, 2008). Selain berlangsung secara kontinyu, siklus hidrologi juga merupakan siklus yang bersifat konstan pada sembarang daerah (Wisler dan Brater, 1959). Siklus hidrologi dimulai dengan terjadinya penguapan air ke udara. Air yang menguap tersebut kemudian mengalami proses kodensasi (penggumpalan) di udara yang kemudian membentuk gumpalan – gumpalan yang dikenal dengan istilah awan (Triadmodjo, 2008).

Awan yang terbentuk kemudian jatuh kembali ke bumi dalam bentuk hujan atau salju yang disebabkan oleh adanya perubahan iklim dan cuaca. Butiran – butiran air tersebut sebagian ada yang langsung masuk ke permukaan tanah (infiltrasi), dan sebagian mengalir sebagai aliran permukaan. Aliran permukaan yang mengalir kemudian masuk ke dalam tampungan – tampungan seperti danau, waduk, dan cekungan tanah lain dan selanjutnya terulang kembali rangkaian siklus hidrologi.

## 1.2 Presipitasi

Presipitasi adalah turunnya air dari atmosfer ke permukaan bumi; yang bias berupa hujan, hujan salju, kabut, embun dan hujan es. Di daerah tropis, termasuk Indonesia, yang memberikan sumbangan paling besar adalah hujan, sehingga seringkali hujanlah yang dianggap sebagai presipitasi. Untuk selanjutnya digunakan istilah hujan untuk

menggantikan presipitasi. Hujan berasal dari uap air di atmosfer, sehingga bentuk dan jumlahnya dipengaruhi oleh factor klimatologi seperti angin, temperature dan tekanan atmosfer. Uap air tersebut akan naik ke atmosfer sehingga mendingin dan terjadi kondensasi menjadi butir-butir air dan kristal-kristal es yang akhirnya jatuh sebagai hujan.

Jumlah air yang jatuh di permukaan bumi dapat diukur dengan menggunakan alat penakar hujan. Distribusi hujan dalam ruang dapat diketahui dengan mengukur hujan di beberapa lokasi pada daerah yang ditinjau; sedang distribus waktu dapat diketahui dengan mengukur hujan sepanjang waktu.

Hujan merupakan sumber dari semua air yang mengalir di sungai dan di dalam tampungan baik di atas maupun di bawah permukaan tanah. Jumlah dan variasi debit sungai tergantung pada jumlah, intensitas dan distribusi hujan. Terdapat hubungan antara debit sungai dan curah hujan yang jatuh di DAS yang bersangkutan. Apabila data pencatatan debit tidak ada, data pencatatan hujan dapat digunakan untuk memperkirakan debit aliran. (Bambang Triatmodjo, 2008)

### 1.3 Limpasan

Apabila intensitas hujan yang jatuh di suatu DAS melebihi kapasitas infiltrasi, setelah laju infiltrasi terpenuhi, air akan mengisi cekungan-cekungan pada permukaan tanah. Setelah cekungan-cekungan tersebut penuh, selanjutnya air akan mengalir (melimpas) di atas permukaan tanah. Limpasan permukaan merupakan air hujan yang mengalir dalam bentuk lapisan tipis di atas permukaan lahan akan masuk ke parit-parit dan selokan-selokan yang kemudian bergabung sampai ke sungai.

### 1.4 Waktu Konsentrasi

Waktu konsentrasi adalah waktu yang diperlukan oleh air untuk mengalir dari titik terjauh di dalam daerah tangkapan sampai titik yang ditinjau (titik kontrol). Pada saat waktu konsentrasi ini, seluruh daerah tangkapan telah memberikan sumbangan aliran pada titik kontrol. Waktu konsentrasi tergantung pada karakteristik daerah tangkapan, tata guna lahan, dan jarak lintasan air dari titik terjauh sampai di titik yang ditinjau.

Air hujan yang jatuh di seluruh daerah tangkapan akan terkonsentrasi (mengalir menuju) suatu titik kontrol. Air hujan yang jatuh di seluruh daerah tangkapan mengalir sebagai limpasan permukaan yang kemudian masuk ke saluran3 saluran kecil dan selanjutnya bergabung ke saluran yang lebih besar dan akhirnya terkonsentrasi di titik kontrol. Debit di titik kontrol akan maksimum apabila air hujan yang jatuh di seluruh daerah tangkapan telah mencapai titik kontrol, pada waktu yang sama dengan waktu konsentrasi.

### 1.5 Sistem Drainase

Drainase merupakan salah satu fasilitas dasar yang dirancang sebagai sistem guna memenuhi kebutuhan masyarakat dan merupakan komponen penting dalam perencanaan kota (perencanaan infrastruktur khususnya). Drainase yang berasal dari bahasa Inggris yaitu *dranaige* mempunyai arti mengalirkan, menguras, membuang, atau mengalihkan air.

Adapun fungsi drainase menurut R. J. Kodoatie adalah:

- Membebaskan suatu wilayah (terutama yang padat dari permukiman) dari genangan air, erosi dan banjir.
- Karena aliran lancar maka drainase juga berfungsi memperkecil resiko kesehatan lingkungan, bebas dari malaria (nyamuk) dan penyakit lainnya.
- Kegunaan tanah permukiman padat akan menjadi lebih baik karena terhindar dari kelembaban.
- Dengan sistem yang baik tata guna lahan dapat dioptimalkan dan juga memperkecil kerusakan3 kerusakan struktur tanah untuk jalan dan bangunan lainnya.

### 2.6 Sistem Informasi Geografis (SIG)

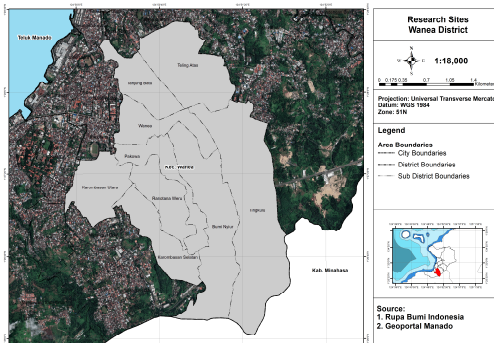
Secara umum pengertian SIG sebagai suatu komponen yang terdiri dari perangkat keras, perangkat lunak, data geografis dan sumberdaya manusia yang bekerja bersama secara efektif untuk memasukan, menyimpan, memperbaiki, memperbaharui, mengelola, memanipulasi, mengintegrasikan, menganalisa dan menampilkan data dalam suatu informasi berbasis geografis. Dengan menggunakan sistem yang dibangun berdasarkan pendekatan SIG ini, data kawasan sekitar pembangunan *underpass* Simpang Patal dapat diwujudkan dalam bentuk tabulasi data serta dalam bentuk spasial atau peta yang interaktif, kemudian disajikan dengan media penyaji (*user interface*) yang mudah digunakan sehingga data dan informasi yang terkandung didalamnya dapat dimanfaatkan dan dianalisis secara cepat dan tepat sesuai dengan hasil yang diharapkan.

## 2. LOKASI PENELITIAN

Penelitian ini terletak di Kecamatan Wanea, Kota Manado, Sulawesi Utara. Kecamatan Wanea dengan luas wilayah 785,25 Ha atau 4,99 % dari luas wilayah Kota Manado berada pada titik koordinat 1 0 26'0" – 1 0 29'20" LU - 124 0 49' 20"- 124 0 52'0" BT kecamatan Wanea memiliki 9 kelurahan yaitu kelurahan Bumi Nyiur, Karombasan Selatan, Karombasan Utara, Teling Atas, Tingkulu, Tanjung Batu, Pakowa, dan Wanea yang terbagi dalam 60 lingkungan dengan batas wilayah sebagai berikut :

- Sebelah Utara : Kecamatan Wenang dan Kecamatan Tikala
- Sebelah Barat : Kecamatan Sario dan Kecamatan Malalayang

- Sebelah Timur : Kec. Tikala dan Kecamatan Tombulu Kab. Minahasa
- Sebelah Selatan : Kec. Tombulu Kab. Minahasa



**Gambar 3.1 Peta Lokasi Penelitian**  
(Sumber: Rupa Bumi Indonesia and Geoportal Manado)

### 3. METODOLOGI PENELITIAN

#### 4.1 Tahapan Penelitian

Metodologi pada penelitian ini menggunakan analisis hidrologi untuk menganalisis besarnya *runoff* dari besarnya curah hujan wilayah rencana. Adapun metode yang digunakan seperti Metode Normal, Gumbel dan Log Pearson III. Dilanjutkan dengan menggunakan rumus mononobe untuk mendapatkan Intensitas hujan maksimum, kemudian menghitung debit *runoff* dengan Metode rasional yang diaplikasikan pada Sistem Informasi Geografis dengan menggunakan software ArcGIS. Selanjutnya, dihitung debit penampang saluran dengan Rumus Manning sebagai parameter dalam mengetahui dampak *runoff* yang ditimbulkan untuk tutupan lahan dari Kecamatan Wanea. Data yang digunakan dalam penelitian ini berasal dari berbagai sumber, seperti data curah hujan 25 tahun terakhir dari Stasiun Geofisika Manado yang diakses melalui website BMKG, data tutupan lahan, panjang sistem drainase di kecamatan Wanea yang didapat dari Bapelitbang Kota Manado.

#### 3.2 Analisis Data

##### a. Analisis Frekuensi

Pada pemilihan fungsi distribusi, data debit banjir sesaat hasil pengamatan >20 tahun dibuat histogramnya yang membentuk suatu kurva dan coba untuk didekati dengan salah satu fungsi distribusi seperti : distribusi Normal, Log Norma, Gama, Pearson, Log Pearson Type III, Gumbel dan lain-lain. Fungsi distribusi yang paling dekat dengan data observasi digunakan untuk menghitung besarnya banjir/hujan rencana (SNI 2415:2016, *Tata cara perhitungan debit rencana*). Pengujian terhadap hubungan antara fungsi distribusi data observasi dan fungsi distribusi dapat

menggunakan tes *Chi-Square* atau *Kolmogorov-Smirnov*.

#### 1. Uji Chi-Square

Metode ini menganggap pengamatan membentuk variabel acak dan dilakukan secara statistik dengan mengikuti kurva distribusi *chi square* dengan derajat kebebasan  $k-p-1$ , dengan  $p$  merupakan jumlah parameter yang diestimasi dari data. Uji statistik ini berdasarkan pada bobot jumlah kuadrat perbedaan antar pengamatan dan teoritisnya yang dibagi dalam kelompok kelas. Uji kecocokan ini dapat dilihat pada persamaan dibawah ini :

$$\chi^2_{i=1} = \sum_{i=1}^k \frac{(O_i - E_i)^2}{E_i}$$

Keterangan :

$\chi^2$  adalah parameter *chi-square* terhitung;

$k$  adalah jumlah sub kelompok;

$O_i$  adalah jumlah nilai pengamatan pada sub kelompok ke  $i$ ;

$E_i$  adalah jumlah nilai teoritis pada sub kelompok ke  $i$ .

Jika hasil  $\chi^2_{i=1}$  besar menunjukkan bahwa distribusi yang dipilih tidak cocok, tetapi uji ini dapat memberikan hasil yang baik jika mempunyai data yang panjang. Kottegoda (1996) menyarankan sebaiknya  $n \geq 50$  tahun dan jumlah kelas interval  $\geq 5$ . Bandingkan  $\chi^2$  hitungan dengan  $\chi^2$  kritis, Bila  $\chi^2$  hitungan  $< \chi^2$  kritis, berarti metode distribusi yang diperiksa dapat diterima.

#### 2. Kolmogorov-Smirnov

Untuk menghindarkan hilangnya informasi data pada uji *Chi-Square* akibat pengelompokan data dalam kelas-kelas interval, ada beberapa metode lain yang telah dikembangkan. Salah satu metode yang sering digunakan adalah uji *Kolmogorov-Smirnov* (1993). Uji kecocokan ini adalah uji kecocokan "*non parametric*" karena tidak mengikuti distribusi tertentu. Uji ini menghitung besarnya jarak maksimum secara vertikal antara pengamatan dan teoritisnya dan distribusi sampelnya. Perbedaan jarak maksimum untuk *Kolmogorov-Smirnov* tertera pada persamaan di bawah ini :

$$D_n = \max |P(x) - Po(x)|$$

Keterangan :

$D_n$  adalah jarak vertikal maksimum antara pengamatan dan teoritisnya;

$P(x)$  adalah probabilitas dari sampel data;

$Po(x)$  adalah probabilitas dari teoritisnya.

Tabel 4.1 Harga Kritis Kolmogorov-Smirnov

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

(Sumber : SNI 2415:2016)

**3. Distribusi Gumbel**

Perhitungan debit banjir dapat dilakukan dengan pendekatan analisis dengan prosedur sebagai berikut :

Bilamana data mengikuti fungsi Distribusi Gumbel, persamaan Gumbel untuk periode ulang (T)

$$X_{Tr} = \bar{X} + S_x (0,7,8y - 0,45)$$

$$X_{Tr} = \bar{X} + S_x \cdot Y$$

$$S_x^2 = \frac{\sum(X_i - \bar{X})^2}{(N-1)}$$

$$Y = -\ln \left\{ -\ln \left( \frac{T-1}{T} \right) \right\}$$

Keterangan :

$\bar{X}$  adalah rata-rata tahunan dari seri data debit pengamatan banjir sesaat;

$S_x$  adalah simpangan baku;

Y adalah perubahan reduksi (*reduced variate*);

N adalah jumlah data ;

$X_{Tr}$  adalah besarnya debit banjir rencana untuk periode ulang T;

$T_r$  adalah periode ulang.

**4. Distribusi Normal**

Distribusi normal atau kurva normal disebut pula distribusi Gauss. Fungsi densitas peluang normal (PDF = *Probability Density Function*) yang paling dikenal adalah bentuk bell dan dikenal sebagai distribusi normal. Dalam pemakaian praktis, digunakanlah rumus :

$$X_{Tr} = \bar{X} + K \cdot S$$

Keterangan :

$X_{Tr}$  adalah debit banjir rencana untuk suatu periode ulang T;

$\bar{X}$  adalah rata-rata puncak debit banjir;

S adalah standar deviasi dari data puncak debit banjir;

K adalah nilai yang didapatkan dari tabel nilai variabel reduksi Gauss.

**5. Distribusi Log Pearson Type III**

Salah satu distribusi dari serangkaian distribusi yang dikembangkan Pearson yang menjadi perhatian ahli sumber daya air adalah Log-

Pearson Type III. Berikut adalah perhitungan logaritma hujan dengan periode ulan T dengan rumus :

$$\text{Log } X_{Tr} = \overline{\text{Log } X} + K \cdot S$$

Dimana K adalah variabel standar untuk X yang besarnya tergantung koefisien kemencengan yang didapat dari tabel nilai K untuk distribusi Log-Pearson III.

**6. Pemilihan Distribusi**

❖ Distribusi Normal memiliki khas, yaitu nilai asimetrisnya (*skewness*) hampir atau sama dengan nol ( $C_s \approx 0$ ) dengan kurtosis  $\approx 3$ .

❖ Distribusi Log normal memiliki sifat khas, yaitu nilai asimetrisnya (*skewness*)  $C_s \approx 3$  dan bertanda positif atau dengan nilai  $C_s$  kira-kira sama dengan tiga kali nilai koefisien  $C_v$ .

Distribusi Log Pearson Type III tidak mempunyai sifat khas yang dapat dipergunakan untuk memperkirakan jenis distribusi ini.

**b. Analisis Runoff**

Dalam penelitian ini analisis *runoff* dihitung menggunakan persamaan rasional, yaitu :

$$Q_p = 0,278 \cdot C.I.A$$

Dimana :

$Q_p$  = laju aliran permukaan (m<sup>3</sup> /detik)

C = koefisien aliran permukaan

I = Intensitas Hujan dalam (mm/jam)

A = Luas DAS (km<sup>2</sup> )

Parameter nilai C koefisien pengaliran bisa dilihat pada Tabel Koefisien Limpasan untuk Metode Rasional. Disesuaikan dengan karakteristik permukaan tanah yang berbeda-beda (subarea) di Kecamatan Wanea.

Tabel 4.2 Koefisien Limpasan untuk Metode Rasional

No	Deskripsi Lahan / Karakter Permukaan	Koefisien C
1.	Bisnis	0,70 – 0,95
	▪ Perkotaan ▪ Pinggiran	
2.	Perumahan	0,30 – 0,50
	▪ rumah tunggal	
	▪ multiunit terpisah, terpisah	
	▪ multiunit, tergabung	
	▪ perkampungan	
▪ apartemen	0,25 – 0,40	
3	Industri	0,50 – 0,80
	▪ ringan ▪ berat	
Perkerasan	▪ aspal dan beton	0,70 – 0,95
	▪ batu bata, paving	0,50 – 0,70
Atap		0,75 – 0,95
Halaman, tanah berpasir	datar 2%	0,05 – 0,10
	rata-rata 2 – 7%	0,10 – 0,15
	curam 7%	0,15 – 0,20
Halaman tanah berat	datar 2%	0,13 – 0,17
	rata-rata 2 – 7%	0,18 – 0,22
	curam 7%	0,25 – 0,35
Halaman kereta api		0,10 – 0,35
Taman tempat bermain		0,20 – 0,35
Taman, pekuburan		0,10 – 0,25
Hutan	datar, 0 – 5%	0,10 – 0,40
	bergelombang, 5 – 10%	0,25 – 0,50
	berbukit 10 – 30%	0,30 – 0,60

(Sumber : McGuen, 1989 dalam Suripin 2003)

**c. Analisis Kapasitas Saluran**

Untuk menghitung kapasitas saluran (Q) dalam penelitian ini, digunakan rumus Manning, yaitu:

$$Q = A \frac{1}{n} R^{\frac{2}{3}} S^{\frac{1}{2}}$$

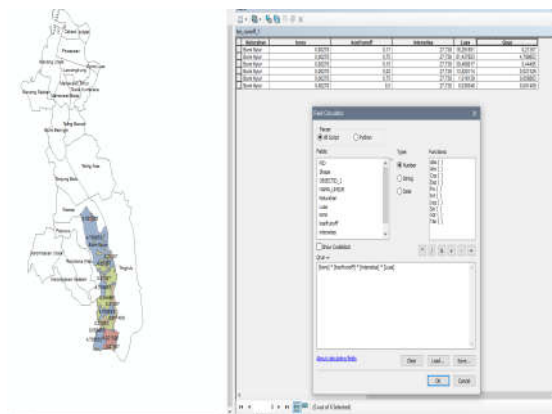
Dimana :

- Q = Debit pengaliran
- A = Luas penampang basah (m<sup>2</sup>)
- n = Koefisien kekasaran Manning
- R = Radius hidrolis
- S = Kemiringan memanjang saluran

**d. Analisis menggunakan SIG**

Pada analisis menggunakan Sistem Informasi Geografis dengan ArcGIS 10.3 bertujuan untuk mencari nilai debit *runoff* menggunakan Metode Rasional. Kemudian dilakukan proses *overlay* atau penggabungan beberapa data untuk mendapatkan hasil analisis yang disajikan dalam bentuk peta daerah tutupan lahan dengan nilai debit *runoff*.

Berikut ini proses input data untuk menganalisis debit *runoff* menggunakan metode Rasional pada ArcGIS 10.3 :



**Gambar 4.1 Input data Pada ArcGIS 10.3**  
(Sumber: Penulis)

**5. HASIL DAN PEMBAHASAN**

**5.1 Analisis Data Hidrologi**

Pada pengolahan Data dan Analisis Hidrologi bertujuan untuk mengetahui curah hujan rencana yang akan digunakan untuk mencari nilai limpasan permukaan (*runoff*). Daya hujan yang dipakai adalah data hujan yang berasal dari Stasiun Geofisika Kota Manado yang berjarak 1,8 km dari Kecamatan Wanea yang merupakan lokasi penelitian.

Data hujan yang digunakan dalam penelitian ini merupakan data hujan harian selama 25 tahun. Berikut ini adalah Data Curah Hujan Maksimum dari tahun 1998-2022 dari pos curah hujan BMKG Kota Manado yang berada di sekitar lokasi penelitian:

Tabel 5.1 Data Curah Hujan Maksimum Sta. Geofisika Manado Tahun 1998-2022

No.	Tahun	Ranking	Curah Hujan	Data Urut
1	2022	25	50	206
2	2021	11	97,5	139,2
3	2020	9	106,1	121
4	2019	2	139,2	109
5	2018	6	107,2	108
6	2017	19	75,9	107,2
7	2016	18	76,2	107
8	2015	17	77,7	107
9	2014	23	57,9	106,1
10	2013	15	82,3	106
11	2012	22	63	97,5
12	2011	7	107	96
13	2010	14	92	95
14	2009	24	53	92
15	2008	7	107	82,3
16	2007	13	95	73,5
17	2006	4	109	77,7
18	2005	16	80	76,2
19	2004	20	74	75,9
20	2003	10	106	74
21	2002	5	108	67
22	2001	3	121	63
23	2000	12	96	57,9
24	1999	1	206	53
25	1998	21	67	50

(Sumber : BMKG Kota Manado)

**5.2 Analisis Frekuensi Curah Hujan**

Curah Hujan yang berasal dari Data BMKG Kota Manado dianalisis menggunakan 3 Metode Analisis Frekuensi yaitu Metode Gumbel, Metode Normal dan Metode Log Pearson Type III. Selanjutnya hasil kala ulang dari 3 metode Analisis Frekuensi dilakukan pengujian Vertikal-Horizontal yaitu Uji Smirnov-Kolmogorof, Uji Chi Square dan Syarat SNI untuk mengetahui Intensitas Hujan yang akan digunakan.

Tabel 5.2 Data Rekapitan Analisis Frekuensi dan Pengujian Vertikal-Horizontal

No.	Periode Ulang (Tahun)	Hujan Rancangan (mm)		
		Metode Gumbel	Metode Normal	Metode Log Pearson Type III
1	2	106,00	116,50	81,41
2	5	142,61	119,62	111,29
3	10	166,85	120,51	134,62
4	25	197,47	121,02	183,19
5	50	220,19	121,18	221,04
6	100	242,25	121,26	221,04
<b>UJI SMIRNOV KOLMOGOROF</b>				
D Maximum, D Max		-0,020	0,959	0,165
Derajat Signifikansi		5%	5%	5%
D Kritis		0,270	0,270	0,270
HIPOTESA		DITERIMA	TIDAK DITERIMA	DITERIMA
<b>UJI CHI SQUARE</b>				
Chi - Square hitung		2,00	4,40	6,80
Chi - Square kritis		7,82	7,82	7,82
Derajat Bebas		2,00	2,00	2,00
Derajat Signifikansi		5%	5%	5%
HIPOTESA		DITERIMA	DITERIMA	DITERIMA
<b>SYARAT SNI</b>				
Syarat		CS = 1,14 Ck = 5,4	Cs = 0 Ck = 3	TIDAK ADA PERSYARATAN
Hasil Perhitungan		1,24 ± 1,14 0,59 ± 5,4	1,24 ± 0 0,59 ± 3	
HIPOTESA		TIDAK DITERIMA	TIDAK DITERIMA	DITERIMA

(Sumber : Hasil Analisis Excel 2016)

Dari hasil pengujian Vertikal-Horizontal, bisa dilihat pada tabel di atas yang memenuhi semua persyaratan adalah Metode Log Pearson Type III, sehingga pada penelitian ini Periode Ulang yang akan digunakan untuk menganalisa debit yang berpengaruh pada limpasan permukaan adalah Metode Log Pearson Type III.

**5.3 Analisis Zona Limpasan**

Data periode ulang dari Log Pearson Type III, maka dilakukan analisis menggunakan metode Mononobe untuk mendapatkan intensitas hujan dengan satuan mm/jam yang kemudian dilakukan interpolasi terhadap *time concentration* (tc) dari aliran permukaan untuk mendapatkan curah hujan maksimum pada setiap zona limpasan di Kecamatan Wanea. Curah Hujan maksimum di

masing-masing kelurahan yang ada di Kecamatan Wanea dihitung menggunakan Metode Rasional dengan penggunaan koefisien limpasan yang mengacu pada tabel koefisien limpasan untuk Metode Rasional yang disesuaikan dengan karakteristik tutupan lahan di kecamatan Wanea yang dipetakan berdasarkan 9 kelurahan yang ada, menghasilkan hasil debit yang berbeda-beda di setiap kelurahan.

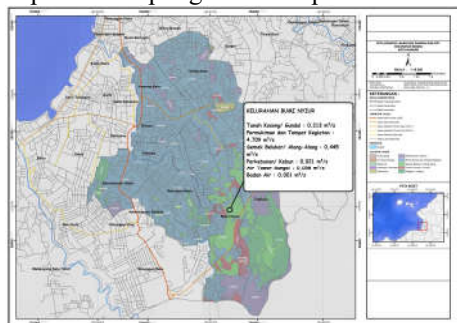
Analisis Hidrolis pada penelitian ini dengan menggunakan rumus Manning menghasilkan debit sebesar 2,752 m<sup>3</sup>/s. Tabel 5.3 Zona Limpasan Kecamatan Wanea

Kelurahan	Tutupan	Koefisien limpasan (C)	Luas (m <sup>2</sup> )	Volume (m <sup>3</sup> )	Waktu (menit)	Debit (m <sup>3</sup> /s)	Kelebihan debit (m <sup>3</sup> /s)
Bumi Nyiur	Lahan Kering / Gundul	0.00278	61,65	27,738	61,65	0,2136	2,752
	Perumahan dan Tempat Kegiatan	0.00278	61,65	27,738	61,65	0,2136	NOT OK
	Semak Belukar / Alang Alang	0.00278	61,65	27,738	61,65	0,2136	2,752
	Perkebunan / kebun	0.00278	61,65	27,738	61,65	0,2136	2,752
	Air Tawar Sungai	0.00278	61,65	27,738	61,65	0,2136	2,752
	Badan Air	0.00278	61,65	27,738	61,65	0,2136	2,752
Karombasan Selatan	Perumahan dan Tempat Kegiatan	0.00278	61,65	27,738	61,65	0,2136	NOT OK
	Lahan Kering / Gundul	0.00278	61,65	27,738	61,65	0,2136	2,752
	Semak Belukar / Alang Alang	0.00278	61,65	27,738	61,65	0,2136	2,752
	Perkebunan / kebun	0.00278	61,65	27,738	61,65	0,2136	2,752
	Air Tawar Sungai	0.00278	61,65	27,738	61,65	0,2136	2,752
Karombasan Utara	Perumahan dan Tempat Kegiatan	0.00278	61,65	27,738	61,65	0,2136	NOT OK
	Lahan Kering / Gundul	0.00278	61,65	27,738	61,65	0,2136	2,752
	Semak Belukar / Alang Alang	0.00278	61,65	27,738	61,65	0,2136	2,752
	Perkebunan / kebun	0.00278	61,65	27,738	61,65	0,2136	2,752
	Air Tawar Sungai	0.00278	61,65	27,738	61,65	0,2136	2,752
Pakowa	Perumahan dan Tempat Kegiatan	0.00278	61,65	27,738	61,65	0,2136	NOT OK
	Lahan Kering / Gundul	0.00278	61,65	27,738	61,65	0,2136	2,752
	Semak Belukar / Alang Alang	0.00278	61,65	27,738	61,65	0,2136	2,752
	Perkebunan / kebun	0.00278	61,65	27,738	61,65	0,2136	2,752
	Air Tawar Sungai	0.00278	61,65	27,738	61,65	0,2136	2,752
Rantona Wera	Perumahan dan Tempat Kegiatan	0.00278	61,65	27,738	61,65	0,2136	NOT OK
	Lahan Kering / Gundul	0.00278	61,65	27,738	61,65	0,2136	2,752
	Semak Belukar / Alang Alang	0.00278	61,65	27,738	61,65	0,2136	2,752
	Perkebunan / kebun	0.00278	61,65	27,738	61,65	0,2136	2,752
	Air Tawar Sungai	0.00278	61,65	27,738	61,65	0,2136	2,752
Tanjung Batu	Perumahan dan Tempat Kegiatan	0.00278	61,65	27,738	61,65	0,2136	NOT OK
	Lahan Kering / Gundul	0.00278	61,65	27,738	61,65	0,2136	2,752
	Semak Belukar / Alang Alang	0.00278	61,65	27,738	61,65	0,2136	2,752
	Perkebunan / kebun	0.00278	61,65	27,738	61,65	0,2136	2,752
	Air Tawar Sungai	0.00278	61,65	27,738	61,65	0,2136	2,752
Teling Atas	Perumahan dan Tempat Kegiatan	0.00278	61,65	27,738	61,65	0,2136	NOT OK
	Lahan Kering / Gundul	0.00278	61,65	27,738	61,65	0,2136	2,752
	Semak Belukar / Alang Alang	0.00278	61,65	27,738	61,65	0,2136	2,752
	Perkebunan / kebun	0.00278	61,65	27,738	61,65	0,2136	2,752
	Air Tawar Sungai	0.00278	61,65	27,738	61,65	0,2136	2,752
Tingulu	Perumahan dan Tempat Kegiatan	0.00278	61,65	27,738	61,65	0,2136	NOT OK
	Lahan Kering / Gundul	0.00278	61,65	27,738	61,65	0,2136	2,752
	Semak Belukar / Alang Alang	0.00278	61,65	27,738	61,65	0,2136	2,752
	Perkebunan / kebun	0.00278	61,65	27,738	61,65	0,2136	2,752
	Air Tawar Sungai	0.00278	61,65	27,738	61,65	0,2136	2,752
Wanea	Perumahan dan Tempat Kegiatan	0.00278	61,65	27,738	61,65	0,2136	NOT OK
	Lahan Kering / Gundul	0.00278	61,65	27,738	61,65	0,2136	2,752
	Semak Belukar / Alang Alang	0.00278	61,65	27,738	61,65	0,2136	2,752
	Perkebunan / kebun	0.00278	61,65	27,738	61,65	0,2136	2,752
	Air Tawar Sungai	0.00278	61,65	27,738	61,65	0,2136	2,752

(Sumber : Hasil Analisis Excel 2016)

Berdasarkan tabel hasil analisis di atas bisa dilihat untuk :

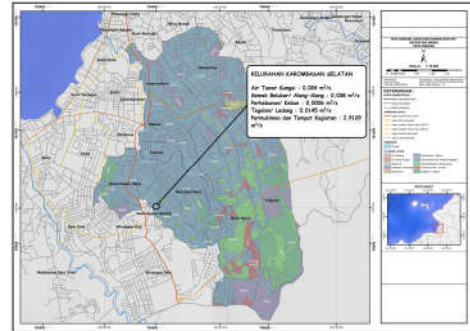
1. Kelurahan Bumi Nyiur dengan 6 jenis karakteristik tutupan lahan, terdapat 1 jenis tutupan lahan yaitu Permukiman dan Tempat Kegiatan yang sangat berkontribusi memberikan nilai pada *runoff* di kecamatan Wanea dengan nilai debit aliran sebesar 4,7098 m<sup>3</sup>/s dengan waktu konsentrasi 61,65 menit atau 1 jam yang lebih besar dari debit saluran yaitu 2,752 m<sup>3</sup>/s dan sangat berpotensi untuk terjadinya luapan karena debit saluran tidak dapat menampung aliran limpasan.



**Gambar 5.1 Hasil Analisis *runoff* pada tutupan Lahan Kelurahan Bumi Nyiur**  
(Sumber: Analisis pada ArcGIS 10.3)

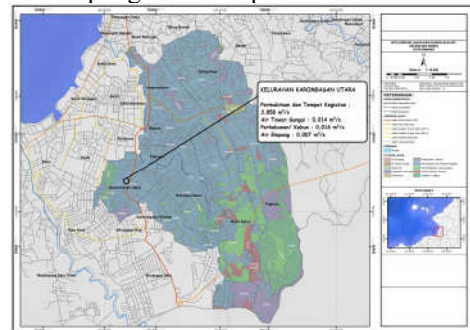
2. Kelurahan Karombasan Selatan dengan 5 jenis karakteristik tutupan lahan, terdapat 1 jenis tutupan lahan yaitu Permukiman dan Tempat Kegiatan yang sangat berkontribusi

memberikan nilai pada *runoff* di kecamatan Wanea dengan nilai debit aliran sebesar 2,9109 m<sup>3</sup>/s dengan waktu konsentrasi 45,17 menit yang lebih besar dari debit saluran yaitu 2,752 m<sup>3</sup>/s dan sangat berpotensi untuk terjadinya luapan karena debit saluran tidak dapat menampung aliran limpasan.



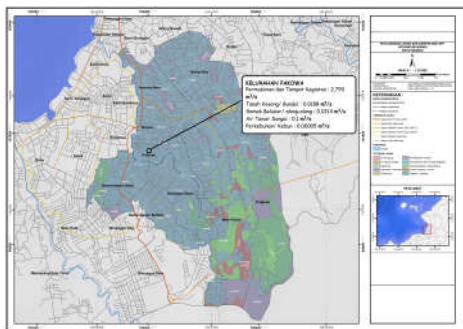
**Gambar 5.2 Hasil Analisis *runoff* pada tutupan Lahan Kelurahan Karombasan Selatan**  
(Sumber: Analisis pada ArcGIS 10.3)

3. Kelurahan Karombasan Utara dengan 4 jenis karakteristik tutupan lahan, terdapat 1 jenis tutupan lahan yaitu Permukiman dan Tempat Kegiatan yang sangat berkontribusi memberikan nilai pada *runoff* di kecamatan Wanea dengan nilai debit aliran sebesar 3,8583 m<sup>3</sup>/s dengan waktu konsentrasi 50,96 menit yang lebih besar dari debit saluran yaitu 2,752 m<sup>3</sup>/s dan sangat berpotensi untuk terjadinya luapan karena debit saluran tidak dapat menampung aliran limpasan.



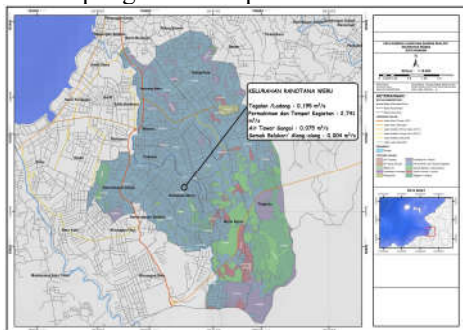
**Gambar 5.3 Hasil Analisis *runoff* pada tutupan Lahan Kelurahan Karombasan Utara**  
(Sumber: Analisis pada ArcGIS 10.3)

4. Kelurahan Pakowa dengan 5 jenis karakteristik tutupan lahan, terdapat 1 jenis tutupan lahan yaitu Permukiman dan Tempat Kegiatan yang sangat berkontribusi memberikan nilai pada *runoff* di kecamatan Wanea dengan nilai debit aliran sebesar 2,7939 m<sup>3</sup>/s dengan waktu konsentrasi 60,43 menit yang lebih besar dari debit saluran yaitu 2,752 m<sup>3</sup>/s dan sangat berpotensi untuk terjadinya luapan karena debit saluran tidak dapat menampung aliran limpasan.



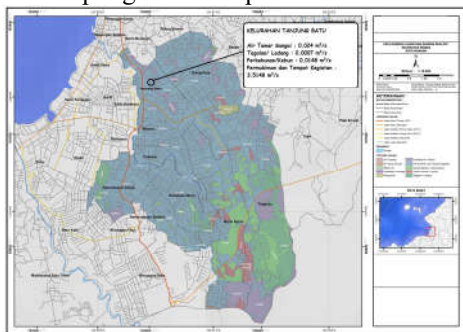
**Gambar 5.4 Hasil Analisis *runoff* pada tutupan Lahan Kelurahan Pakowa**  
(Sumber: Analisis pada ArcGIS 10.3)

5. Kelurahan Ranotana Weru dengan 4 jenis karakteristik tutupan lahan memiliki debit aliran yang kurang dari debit saluran yaitu 2,752 m<sup>3</sup>/s dan tidak berpotensi untuk terjadinya luapan akibat debit saluran yang tidak dapat menampung aliran limpasan.



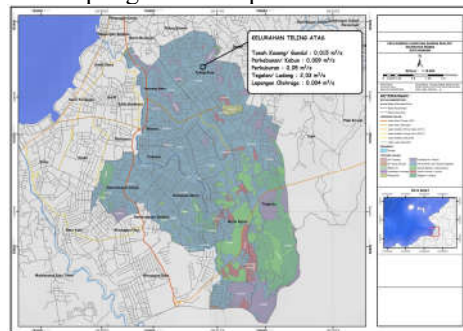
**Gambar 5.5 Hasil Analisis *runoff* pada tutupan Lahan Kelurahan Ranotana Weru**  
(Sumber: Analisis pada ArcGIS 10.3)

6. Kelurahan Tanjung Batu dengan 4 jenis karakteristik tutupan lahan, terdapat 1 jenis tutupan lahan yaitu Permukiman dan Tempat Kegiatan yang sangat berkontribusi memberikan nilai pada *runoff* di kecamatan Wanea dengan nilai debit aliran sebesar 3,5148 m<sup>3</sup>/s dengan waktu konsentrasi 43,62 menit yang lebih besar dari debit saluran yaitu 2,752 m<sup>3</sup>/s dan sangat berpotensi untuk terjadinya luapan karena debit saluran tidak dapat menampung aliran limpasan.



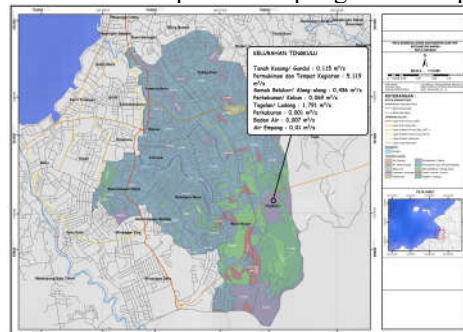
**Gambar 5.6 Hasil Analisis *runoff* pada tutupan Lahan Kelurahan Tanjung Batu**  
(Sumber: Analisis pada ArcGIS 10.3)

7. Kelurahan Teling Atas dengan 5 jenis karakteristik tutupan lahan memiliki debit aliran yang kurang dari debit saluran yaitu 2,752 m<sup>3</sup>/s dan tidak berpotensi untuk terjadinya luapan akibat debit saluran yang tidak dapat menampung aliran limpasan.



**Gambar 5.7 Hasil Analisis *runoff* pada tutupan Lahan Kelurahan Teling Atas**  
(Sumber: Analisis pada ArcGIS 10.3)

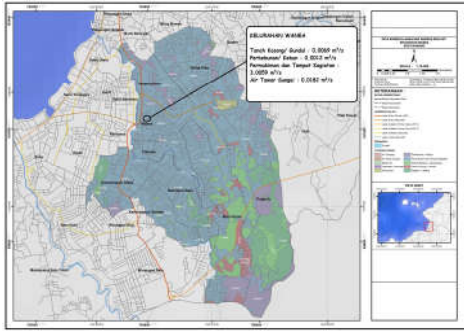
8. Kelurahan Tingkulu dengan 8 jenis karakteristik tutupan lahan, terdapat 1 jenis tutupan lahan yaitu Permukiman dan Tempat Kegiatan yang sangat berkontribusi memberikan nilai pada *runoff* di kecamatan Wanea dengan nilai debit aliran sebesar 5,1190 m<sup>3</sup>/s dengan waktu konsentrasi 58,46 menit yang lebih besar dari debit saluran yaitu 2,752 m<sup>3</sup>/s dan sangat berpotensi untuk terjadinya luapan karena debit saluran tidak dapat menampung aliran limpasan.



**Gambar 5.8 Hasil Analisis *runoff* pada tutupan Lahan Kelurahan Tingkulu**  
(Sumber: Analisis pada ArcGIS 10.3)

9. Kelurahan Wanea dengan 4 jenis karakteristik tutupan lahan, terdapat 1 jenis tutupan lahan yaitu Permukiman dan Tempat Kegiatan yang sangat berkontribusi memberikan nilai pada *runoff* di kecamatan Wanea dengan nilai debit aliran sebesar 3,0059 m<sup>3</sup>/s dengan waktu konsentrasi 70,23 menit yang lebih besar dari debit saluran yaitu 2,752 m<sup>3</sup>/s dan sangat berpotensi untuk terjadinya luapan karena debit saluran tidak dapat menampung aliran limpasan.

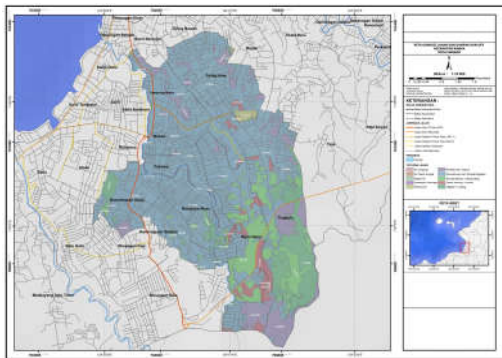




**Gambar 5.9 Hasil Analisis *runoff* pada tutupan Lahan Kelurahan Wanea**  
(Sumber: Analisis pada ArcGIS 10.3)

#### 5.4 Rekomendasi Untuk Meminimalisir Limpasan di Kecamatan Wanea

Dari data zona limpasan yang terjadi di Kecamatan Wanea, terdapat beberapa kelurahan yang memiliki dampak *runoff* dari tutupan lahan yang bisa dilihat pada gambar di bawah ini, sehingga penulis merekomendasikan untuk membuat beberapa rekayasa dan perencanaan untuk pengembangan Kota Manado, khususnya di Kecamatan Wanea dalam meminimalisir dampak dari *runoff* yang ditimbulkan.



**Gambar 5.10 Hasil Peta ArcGIS Perhitungan *Runoff* Pada Kecamatan Wanea**  
(Sumber: Analisis pada ArcGIS 10.3)

Perencanaan yang pertama yaitu memperbaiki dan memperbesar daya tampung saluran dengan merubah dimensi saluran yang tidak mampu menampung debit limpasan permukaan, seperti yang terjadi di kelurahan 7 kelurahan yang ada di Kecamatan Wanea yaitu Bumi Nyiur, Karombasan Selatan, Karombasan Utara, Pakowa, Tanjung Batu, Tingkulu dan Wanea.

Perencanaan kedua yaitu membuat tangkapan air hujan dengan menggunakan sistem pemanenan air hujan untuk seluruh kelurahan yang ada di Kecamatan Wanea. Sistem Pemanenan air hujan disini bertujuan untuk mengurangi limpasan *runoff* yang langsung menuju ke saluran dan meminimalisir terjadinya banjir di Manado, khususnya di kecamatan Wanea. Karena bencana banjir dipengaruhi oleh nilai *runoff* yang melebihi kapasitas dari saluran, sehingga sistem pemanenan air hujan ini menjadi sangat baik untuk diterapkan

pada semua kelurahan yang ada di kecamatan Wanea.

## 6. KESIMPULAN DAN SARAN

### A. Kesimpulan

Berdasarkan hasil analisis dan perhitungan yang dilakukan pada analisis tutupan lahan dan dampak *runoff* yang ditimbulkan di Kecamatan Wanea, maka dapat diambil kesimpulan bahwa :

Potensi dampak dari *runoff* yang ditimbulkan akibat tutupan lahan yang ada di kecamatan Wanea sangat berpotensi menyebabkan terjadinya bencana banjir. Hal ini disebabkan karena dimensi saluran tidak mampu menampung debit limpasan permukaan.

Kondisi Tutupan Lahan yang sangat berpengaruh terhadap dampak buruk dari *runoff* adalah kawasan permukiman dan tempat kegiatan dikarenakan aliran limpasan (*runoff*) langsung menuju ke saluran tanpa adanya infiltrasi atau penyerapan ke dalam tanah. Sedangkan untuk kondisi tutupan lahan yang tidak terlalu mempengaruhi dampak *runoff* adalah kawasan Perkebunan/Taman.

Debit aliran permukaan terbesar berasal dari Kelurahan Tingkulu yaitu 5,1190 m<sup>3</sup>/s. Hal ini juga dipengaruhi oleh kemiringan lereng dari Kelurahan Tingkulu yang menghasilkan kecepatan aliran dengan konsentrasi waktu yang sangat cepat.

Terdapat 7 kelurahan yang dimensi salurannya terlampaui oleh aliran permukaan. Kelurahan yang dimaksud adalah kelurahan Bumi Nyiur, kelurahan Karombasan Selatan, kelurahan Karombasan Utara, kelurahan Pakowa, kelurahan Tanjung Batu, kelurahan Tingkulu dan kelurahan Wanea.

### B. Saran

Dari hasil analisis di atas diharapkan adanya perencanaan dan perbaikan di kelurahan-kelurahan yang sangat berdampak terhadap *runoff* yang ditimbulkan akibat tutupan lahan. Perencanaan yang diharapkan seperti pembuatan kolam retensi atau daerah resapan dan penangkapan atau pemanenan air hujan untuk menahan limpasan permukaan (*runoff*) sebelum menuju ke saluran drainase. Selain itu, perbaikan untuk dimensi saluran yang ada di kelurahan Bumi Nyiur, kelurahan Karombasan Selatan, kelurahan Karombasan Utara, kelurahan Pakowa, kelurahan Tanjung Batu, kelurahan Tingkulu dan kelurahan Wanea dianggap perlu untuk mencegah terjadinya bencana banjir.

## 7. UCAPAN TERIMA KASIH

Penelitian ini didukung oleh Lembaga Penelitian dan Pengabdian Universitas Sam Ratulangi, Sulawesi Utara dan Program Studi Perencanaan Wilayah Kota Universitas Sam Ratulangi. Kami juga sangat berterima kasih kepada pemerintah Kelurahan Wanea di kota Manado yang telah memberikan izin untuk

melakukan survei di lokasi penelitian serta peran serta masyarakat di kelurahan Wanea yang telah mendukung penelitian kami dengan data sekunder.

### Kutipan

- Bambang Triatmodjo, 2008, *Hidrologi Terapan*, Beta Offset, Yogyakarta.
- Asdak, Chay, 2007, *Hidrologi dan Pengelolaan DAS*, Gajah Mada University Press, Yogyakarta.
- Chow, V.T., Maidment, D.R. dan Mays, L.W., 1988, *Applied Hydrology*, McGraw Hill, Inc, New York.
- Suyono Sosrodarsono, Takeda Kensaku, 1976. *Hidrologi untuk Pengairan*, PT. Pradnya Paramita, Jakarta.
- Loebis, Joesron 1984. *Banjir Rencana Untuk Bangunan Air*, Badan Penerbit Pekerjaan Umum, Jakarta.
- Suripin, 2004. *Sistem drainase Perkotaan Yang Berkelanjutan*, Andi Offset, Yogyakarta.
- H.A Halim Hasmar, 2011, *Drainase Terapan*, UII press, Yogyakarta.
- Maryono, A 2005, *Menangani Banjir, Kekeringan dan Lingkungan*, Gajah Mada University Press, Yogyakarta.
- Ruitjer, F dan F. Agus, 2004, *Mulsa : Cara Mudah untuk Konservasi Tanah*, PIDRA (participatory Integrated Development in Rainfed Areas), World Agroforestry Center.
- Brenda, Vale R 1991, *Green Architecture Design for Sustainable Future*, Thames & Hudson, London.
- Kottegoda, T 1980, *Stochastic Water Resources Technology*, The Macmillan Press Ltd, London.
- Kodoatie, Robert J dan Roestam Sjarif, 2010, *Tata Ruang Air*, Andi, Yogyakarta
- U.S, Department of Agriculture, Natural Resources Conservation Service, 'Urban Hydrology for Small Watersheds', Technical Release No. 55 (NRCS-TR-55), June 1986.
- Schwab, G.O., R.K, Frevert, T.w. Edmister and K.K. Barnes. 1981, 'Soil and Water Conservation Engineering', Third Edition. John Wiley & Sons, Inc., Canada.
- Chin, D. A 2000, 'Water Resources Engineering', Prentice Hall, USA.
- Soewarno, 2000, 'Hidrologi Operasional Jilid Kesatu', PT. Aditya Bakti, Bandung.
- Muliawati DN, Mardiyanto A 2015, 'PERENCANAAN PENERAPAN SISTEM DRAINASE BERWAWASAN LINGKUNGAN (EKODRAINASE) MENGGUNAKAN SUMUR RESAPAN DI KAWASAN RUNGKUT', *Jurnal Teknik ITS*, vol. 4, no. 1, hh. 16-20
- Sudarmanto B 2010, 'SISTEM DRAINASE PERKOTAAN YANG BERWAWASAN LINGKUNGAN', *Prosiding Seminar Nasional dan Teknologi 2010*, Fakultas Teknik Universitas Hasyim Semarang
- Ryka, H 2020, *Sistem Informasi Geografis (SIG) dengan ArcGIS dalam Pemanfaatan Analisis Banjir di Kelurahan Sepinggan*, Universitas Balikpapan, Balikpapan.
- Prahasta Eddy, 2009, *Sistem Informasi Geografis Tutorial Arcview*, CV. Informatika, Bandung
- Prahasta Eddy, 2002, *Sistem Informasi Geografis Konsep-Konsep Dasar*, CV. Informatika, Bandung
- Sunaryo, D. K. 2015, *Sistem Informasi Geografis dan Aplikasinya*. Institut Teknologi Nasional Malang, Malang
- Yumai, Y 2019, *Kajian Pemanfaatan Lahan Permukiman di Kawasan Perbukitan Kota Manado*, Universitas Sam Ratulangi, Manado.
- Patrik, L. R. 2017, *Pola Perkembangan Kecamatan Wanea Berdasarkan Morfologi Ruang*, Universitas Sam Ratulangi, Manado.
- Muharomah, R. 2014, *Analisis Run-off Sebagai Dampak Perubahan Lahan Sekitar Pembangunan Underpass Simpang Patal Palembang dengan Memanfaatkan Teknik GIS*, Universitas Sam Ratulangi, Manado.
- Undang-Undang Nomor 7 Tahun 2004 tentang Sumber Daya Air
- Peraturan Menteri Lingkungan Hidup Nomor 12 Tahun 2009 tentang Pemanfaatan Air Hujan.
- Direktorat Jenderal Cipta Karya, Dept. PU 2006 : Pedoman Kebutuhan Air Berdasarkan RKI, Departemen PU, Jakarta.
- SNI : 03-2453-2002, Tata Cara Perencanaan Sumur Resapan Air Hujan untuk Lahan Pekarangan
- SNI : 2451: 2016, Tata Cara Perhitungan Debit Banjir Rencana
- SNI : 19-6728.1-2002, Penyusunan Neraca Sumber Daya- Bagian 1 : Sumber Daya Air Spasial

### Tentang Penulis

Penulis melaksanakan pendidikan S1 pada bidang Teknik tahun 2012 dengan program studi Teknik Sipil Fakultas Teknik Universitas Sam Ratulangi dan lulus pada tahun 2016. Penulis kemudian melanjutkan pendidikan S2 di program studi Teknik Sipil Fakultas Teknik Sipil dan Lingkungan di Institut Teknologi Bandung dan lulus pada tahun 2019. Pada Tahun 2022 Penulis bergabung menjadi Dosen di Jurusan Teknik Sipil Fakultas Teknik Universitas Sam Ratulangi Manado. Ketertarikan penulis akan pengembangan wilayah perkotaan di Kota Manado yang berkelanjutan, khususnya di kecamatan Wenang dalam menganalisis pengaruh tutupan lahan terhadap *runoff* yang ditimbulkan.