

ANALISIS *RUN-OFF* SEBAGAI DAMPAK PERUBAHAN LAHAN SEKITAR PEMBANGUNAN *UNDERPASS* SIMPANG PATAL PALEMBANG DENGAN MEMANFAATKAN TEKNIK GIS

Riani Muharomah

Jurusan Teknik Sipil, Fakultas Teknik, Universitas Sriwijaya
Korespondensi Penulis: riani.muharomah@gmail.com

ABSTRAK

Besarnya limpasan air permukaan (*surface runoff*) dipengaruhi oleh tata guna lahan, jenis tanah, dan kemiringan lereng. Dalam menganalisa dampak dari perubahan lahan terhadap besaran *runoff* perlu memperhatikan cakupan atau luas daerah yang akan dianalisis, elevasi rencana, dan kondisi tanah. Perubahan elevasi yang terjadi pada suatu daerah dapat menyebabkan batas pola pengaliran (*catchment area*) pada daerah tersebut ikut berubah, sehingga arah dan besaran *runoff* yang terjadi pun ikut berubah. Penelitian ini bertujuan untuk menganalisis perubahan dan besaran *runoff* yang ada di sekitar *Underpass* Simpang Patal Palembang dengan teknik GIS, serta menganalisis kecukupan kapasitas saluran rencana *Underpass* Simpang patal. Metodologi penelitian menggunakan teknik *Geographic Information System (GIS)*, yaitu melakukan analisis *DEM* untuk perubahan 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 ketinggian eksisting wilayah penelitian (*spot height*), data curah hujan 10 tahun terakhir, data ketinggian rencana *underpass*, dan data penggunaan lahan yang diperoleh dari Peta Garis Kota Palembang dengan skala 1:1000. Dari hasil analisis diperoleh hasil bahwa dengan adanya perubahan elevasi pada lokasi pembangunan *Underpass* Simpang Patal mengakibatkan batas pola pengaliran (*catchment area*) yang ada di sekitar lokasi tersebut ikut berubah. Presentase terkecil perubahan lahan terhadap besarnya *runoff* yang akan terjadi adalah sebesar 0,159%, sedangkan presentase terbesar perubahan lahan terhadap besarnya *runoff* yang akan terjadi adalah sebesar 90,022%. Dari hasil analisis dan perhitungan kapasitas saluran rencana *Underpass* Simpang Patal Palembang, kapasitas saluran rencana mampu untuk menahan prediksi limpasan yang akan terjadi, namun kurang ekonomis. Dimensi Saluran yang ekonomis adalah dengan ukuran 45 cm x 90 cm.

Kata Kunci : *runoff*, *catchment area*, *Geographic Information System (GIS)*, dan elevasi

ABSTRACT

The amount of surface run off is influenced by land use, soil type, and slope. To analyze the impact of the changes in land use on the runoff, it is needed to know the amount of coverage or the area to be analyzed, elevation plans, and soil conditions. The elevation changes in an area can cause the changes of catchment area on it. So that, the runoff and the direction that occur also changes. The purpose of this study is to analyze the change and amount of runoff around *Underpass* Simpang Patal Palembang by using GIS method, and to analyze the capacity of drainage plan on *Underpass* Simpang patal. The method that is used in this study using *Geographic Information System (GIS)* method, that is *DEM* analysis to catchment area changes, land use data overlay, and to analyze the amount of runoff from the area plan rainfall. This study used the existing elevation data (*spot height* data), rainfall data of Palembang in the past 10 years, the height plan data of *Underpass* Simpang Patal, and land use data from Peta Garis Kota Palembang with the scale 1:1000. The analysis of the results showed that the elevation change in *Underpass* Simpang Patal construction site cause the catchment area around that location is changed. The smallest percentage of land change to the runoff that will occur is 0.159%, and the biggest percentage of land change to the runoff that will occur is 90.022%. The analysis of the drainage plan capacity of *Underpass* Simpang Patal Palembang show that the drainage plan is able to accept the runoff predictions that will happen, but it's not economic. The economic dimension is 45 cm x 90 cm.

Keywords : *runoff*, *catchment area*, *Geographic Information System (GIS)*, and elevation

1. PENDAHULUAN

Pesatnya pertumbuhan pembangunan infrastruktur kota seperti jalan, jembatan, perumahan, dll, menuntut adanya ketersediaan lahan. Hal ini dapat menyebabkan degradasi lahan semakin meningkat. Oleh karena itu mempertahankan dan meningkatkan kemampuan lahan dalam meresapkan air merupakan salah satu kunci dalam menjaga kelestarian lingkungan, khususnya dalam mewujudkan sistem tata air yang berkesinambungan.

Contoh nyata dari dampak negatif penggunaan lahan yang keliru adalah genangan banjir pada musim hujan. Pada suatu daerah dimana telah padat dengan pembangunan, tingkat resapan air ke dalam tanah akan berkurang. Sebagian besar air akan menjadi aliran air permukaan (*surface runoff*) sehingga kapasitasnya terlampaui, sementara daya tampungnya tidak mencukupi sehingga mengakibatkan banjir.

Di Indonesia, telah ada kasus dimana suatu jalan *underpass* terendam air pada saat terjadi curah

hujan yang tinggi, yaitu *Underpass* Cassablanca di Jakarta Selatan. Kasus tersebut akan bisa terjadi juga pada *Underpass* Simpang Patal Palembang apabila tidak ada penataan dan perencanaan yang baik. Oleh karena itu analisis *runoff* sebagai dampak perubahan lahan pembangunan *Underpass* Simpang Patal Palembang sangat perlu dilakukan untuk mengetahui besaran *runoff* yang terjadi sebagai akibat dari perubahan lahan tersebut.

Simpang Patal adalah daerah yang berada pada subsistem Sungai Bendung dan subsistem Sungai Buah menurut pembagian subsistem sungai Kota Palembang. Permasalahan yang ada pada Simpang Patal adalah aliran permukaan (*runoff*) akibat limpasan air hujan pada saat terjadi curah hujan yang tinggi di subsistem DAS Bendung yang menggenangi daerah Seduduk Putih. Perubahan lahan akibat pembangunan *Underpass* Simpang Patal diperkirakan akan berdampak pada perubahan arah limpasan yang akan mengarah ke *Underpass* Simpang Patal.

Atas dasar tersebut masalah dalam penelitian ini adalah bagaimana pengaruh dan prediksi presentase perubahan lahan sekitar pembangunan *Underpass* Simpang Patal akan mempengaruhi besaran *runoff* yang akan terjadi di sekitar *Underpass* dengan memanfaatkan teknik *Geographic Information System* (GIS).

2. TINJAUAN PUSTAKA

2.1. Siklus Hidrologi

Siklus hidrologi merupakan proses kontinyu dimana air bergerak dari bumi ke atmosfer dan kemudian kembali ke bumi lagi. Air di permukaan tanah dan laut menguap ke udara. Uap air tersebut bergerak dan naik ke atmosfer, yang kemudian mengalami kondensasi dan berubah menjadi titik-titik air yang berbentuk awan. Selanjutnya titik-titik air tersebut jatuh sebagai hujan ke permukaan laut dan daratan. Hujan yang jatuh sebagian tertahan oleh tumbuh-tumbuhan (*intersepsi*) dan selebihnya sampai ke permukaan tanah. Sebagian air hujan yang sampai ke permukaan tanah akan meresap ke dalam tanah (*infiltrasi*) dan sebagian lainnya mengalir di atas permukaan tanah (*aliran permukaan* atau *surface runoff*) mengisi cekungan tanah, danau, dan masuk ke sungai dan akhirnya mengalir ke laut. Air yang meresap ke dalam tanah sebagian mengalir di dalam tanah (*perkolasi*) mengisi air tanah yang kemudian keluar sebagai mata air atau mengalir ke sungai. Akhirnya aliran air di sungai akan sampai ke laut. Proses tersebut berlangsung terus menerus yang disebut dengan siklus hidrologi.

2.2. Infiltrasi

Infiltrasi adalah aliran air ke dalam tanah melalui permukaan tanah. Di dalam tanah, air mengalir dalam arah lateral, sebagai aliran antara (*interflow*) yang menuju mata air, danau dan

sungai; atau secara vertikal, yang dikenal dengan perkolasi (*percolation*) menuju air tanah. Gerak air di dalam tanah melalui pori-pori tanah dipengaruhi oleh gaya gravitasi dan gaya kapiler. Gaya gravitasi menyebabkan aliran selalu menuju ke tempat yang lebih rendah, sementara gaya kapiler menyebabkan air bergerak ke segala arah. Air kapiler selalu bergerak dari daerah basah menuju ke daerah yang lebih kering. Tanah kering mempunyai gaya kapiler lebih besar dibandingkan tanah basah. Gaya tersebut berkurang dengan bertambahnya kelembaban tanah. Selain itu, gaya kapiler bekerja lebih kuat pada tanah dengan butiran halus seperti lempung daripada tanah berbutir kasar seperti pasir. Apabila tanah kering, air terinfiltrasi melalui permukaan tanah karena pengaruh gaya gravitasi dan gaya kapiler pada seluruh permukaan. Setelah tanah menjadi basah, gerak kapiler berkurang karena berkurangnya gaya kapiler. Hal ini menyebabkan penurunan laju infiltrasi. Sementara aliran kapiler pada lapis permukaan berkurang, aliran karena pengaruh gaya gravitasi berlanjut mengisi pori-pori tanah. Dengan terisinya pori-pori tanah, laju infiltrasi berkurang secara berangsur-angsur sampai dicapai kondisi konstan, dimana laju infiltrasi sama dengan laju perkolasi melalui tanah.

Laju infiltrasi dipengaruhi oleh beberapa faktor, diantaranya yaitu kedalaman genangan dan tebal lapisan jenuh, kelembaban tanah, pemampatan butir tanah oleh hujan, penyumbatan oleh butiran halus, tanaman penutup, kondisi topografi, dan intensitas hujan..

2.3. 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 (*surface runoff*) 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.

2.4. 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 saluran-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.

2.5. 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 *drainage* 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 kerusakan-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.

2.7. Digital Elevation Models (DEM)

DEM merupakan suatu sistem, model, metode, dan alat dalam mengumpulkan, processing, dan penyajian informasi medan. Susunan nilai-nilai digital yang mewakili distribusi spasial dari karakteristik medan, distribusi spasial di wakili oleh

nilai sistem koordinat horisontal X Y dan karakteristik medan diwakili oleh ketinggian medan dalam sistem koordinat Z (Frederic J. Doyle, 1991).

Beberapa pemanfaatan dari data DEM adalah:

- Peta kecuraman lereng, menunjukkan kecuraman lereng dalam derajat, persentase, atau radian untuk setiap lokasi (*pixel*).
- Peta arah lereng (*slope aspect maps*), menunjukkan orientasi atau arah lereng (antara 0° - 360°).
- Peta kecembungan atau kecekungan lereng, menunjukkan perubahan sudut kemiringan dalam jarak pendek.
- Peta *hill shading* (peta bayangan), menunjukkan daerah di bawah pencahayaan buatan, dengan sisi terang dan bayangan. Bayangan bukit digunakan untuk menggambarkan perbedaan medan morfologi di daerah perbukitan dan pegunungan. Sumber penerangan biasanya dipilih pada sudut 45° di atas cakrawala di barat laut.
- Views* tiga dimensi menunjukkan pandangan mata burung dari dataran dari posisi pengguna didefinisikan di atas medan.
- Cross-section* yang menunjukkan ketinggian medan sepanjang garis dan direpresentasikan dalam grafik (jarak terhadap ketinggian).
- Peta volume (*cut and fill*), yang dihasilkan oleh overlay dua DEM dari periode yang berbeda.

3. METODOLOGI PENELITIAN

Metodologi penelitian menggunakan teknik GIS, yaitu melakukan analisis DEM untuk perubahan batas pola pengaliran, *overlay* data penggunaan lahan, dan ntuk menganalisis besarnya *runoff* dari besarnya curah hujan wilayah rencana. Data yang digunakan dalam penelitian ini berasal dari berbagai sumber, seperti data ketinggian eksisting wilayah penelitian (*spot height*), data ketinggian rencana *underpass*, data curah hujan 10 tahun terakhir, dan data penggunaan lahan yang diperoleh dari Peta Garis Kota Palembang dengan skala 1:1000.

3.1. Model Simulasi Runoff

Rancangan model simulasi *runoff* dilakukan dengan teknik Sistem Informasi Geografis (SIG) dengan memanfaatkan teknik analisis spasial untuk memperoleh batas pola pengaliran, memperoleh parameter *stream order*, parameter panjang aliran, kelas lereng, dan penampakan 3D. Dengan menambahkan parameter penggunaan lahan dan menghitung intensitas curah hujan, dapat dianalisis besarnya total *runoff* dan *time concentration* dari setiap batas pola pengaliran, sehingga dari batas pola pengaliran tersebut diperoleh puncak debit limpasan untuk intensitas curah hujan periode ulang 5 tahun. Dengan menganalisis kondisi eksisting dan kondisi setelah perencanaan dengan metode yang

sama, maka dapat diperoleh kemampuan kapasitas saluran *Underpass* Simpang Patal yang direncanakan apakah sudah memadai, lebih atau kurang.

3.2. Pengumpulan Data

Data yang digunakan dalam penelitian ini adalah kombinasi antara data primer dan data sekunder.

a) Data primer

Data primer meliputi data lapangan. Data lapangan adalah data yang didapat dengan mengunjungi langsung lokasi penelitian yaitu lokasi sekitar pembangunan *Underpass* Simpang Patal. Data yang diperoleh dari sini berupa data dimensi saluran eksisting dan data elevasi eksisting.

b) Data sekunder

Data sekunder meliputi data kontur dan *spotheight*, data curah hujan, dan data rencana ketinggian *Underpass* Simpang Patal dan data rencana drainase. Data digital berupa data penggunaan lahan di daerah DAS Bendung dan DAS Buah yang diperoleh dari BAPPEDA dengan skala 1:1000. Data curah hujan adalah data curah hujan harian maksimum kota Palembang dalam 10 tahun terakhir yang diperoleh dari Badan Meteorologi Klimatologi dan Geofisika (BMKG) Kenten. Sementara data rencana ketinggian *Underpass* Simpang Patal dan data rencana drainase dilihat pada gambar detail rencana pembangunan *Underpass* Simpang Patal yang diperoleh dari Satuan Kerja Pelaksanaan Jalan Metropolitan Palembang.

3.3. Analisis DEM

Analisis DEM dimanfaatkan untuk mendeskripsikan batas pola pengaliran, *stream order*, panjang aliran dan kemiringan lereng pada daerah aliran sungai (DAS) lokasi penelitian. Batas pola pengaliran atau yang selanjutnya dapat disebut juga dengan batas *catchment area* adalah suatu bentang alam yang dibatasi oleh pemisah alami berupa punggung-punggungan bukit. Data yang diperlukan untuk membangun DEM adalah data peta kontur DAS Bendung dan DAS Buah yang telah digabung terlebih dahulu. Dalam penelitian ini ukuran *pixel* yang digunakan untuk membangun DEM adalah 5 m. Setelah itu DEM selanjutnya digunakan untuk menganalisis arah aliran dengan menggunakan fungsi *Flow Direction* dan menganalisis jumlah akumulasi aliran air menggunakan fungsi *Flow Accumulation*. Setelah parameter-parameter tersebut didapatkan, maka dilanjutkan dengan melakukan analisis jaringan sungai dengan *Drainage Network Extraction* dan ordo-ordo (tingkatan) dalam jaringan sungai tersebut dengan *Drainage Network Ordering*. Analisis ini akan memberikan informasi mengenai panjang aliran.

Daerah batas pola pengaliran tersebut diatas selanjutnya akan diperkecil lagi yaitu dengan menggunakan jumlah *pixel* 1000 dan *minimum drainage length* 50 m untuk mendapatkan *catchment area* yang lebih kecil disekitar lokasi pembangunan *Underpass* yang akan digunakan dalam perhitungan kapasitas saluran rencana *Underpass* Simpang Patal tersebut.

Untuk melakukan analisis kemiringan lereng, maka tahapan yang harus dilakukan adalah dengan memfilter DEM, yaitu filter arah DX, DY maupun D2FDXDY. Dalam penelitian ini, kemiringan lereng dihitung dalam derajat maupun persen. Kemiringan derajat dikalkulasikan untuk masing-masing *pixel* dalam peta raster. Kemiringan lereng dihitung dalam arah X dan Y menggunakan DEM, *filter gradient*, dan kemudian dianalisis.

3.4. Analisis Curah Hujan

a. Analisis Frekuensi

Perkiraan hujan rencana dilakukan dengan analisis frekuensi terhadap data curah hujan maksimum tahunan (*annual series*). Ada beberapa macam sebaran dalam statistik yang digunakan dalam analisis frekuensi ada 4 (empat) macam yaitu :

1) Distribusi Normal

Distribusi normal memiliki fungsi kerapatan probabilitas yang dirumuskan:

$$X_r = \bar{x} + K_r S \quad \dots\dots\dots (1)$$

Dimana :

X_r = besarnya variable dengan kala ulang T tahun

\bar{x} = besaran rata-rata

S = Standar deviasi

K_r = Faktor Frekuensi

Sifat-sifat dari besaran tipe normal adalah

$C_s \approx 0$ dan $C_k = 3$.

2) Distribusi Log Normal

Sifat dari sebaran ini adalah $C_s > 0$ dan $C_k \approx 3 C_s$

Secara sederhana fungsi kerapatan distribusi Log Normal adalah sebagai berikut:

$$\text{Log } X_r = \overline{\text{log } x} + K_r S \text{ log } x \dots\dots\dots (2)$$

Dimana :

X_r = besarnya variable dengan kala ulang T tahun

\bar{x} = besaran rata-rata

S = standard deviasi

K_r = factor frekuensi

3) Distribusi Gumbel

Sifat sebaran dari distribusi ini adalah $C_s \approx 1,396$ dan $C_k \approx 5,4002$. Apabila koefisien

asimetri (Cs) dan koefisien kurtosis (Ck) dari data hujan mendekati nilai tersebut, sebaran Gumbel dapat digunakan. Penggambaran distribusi teoritisnya pada kertas Gumbel tipe I, mengikuti persamaan berikut:

$$(3) X_r = \bar{x} + \frac{Y_r - Y_n}{S_n} \cdot S$$

Dimana:

X_r = besar variable dengan kala ulang T tahun

\bar{x} = besaran rata-rata

S = Standar deviasi

Y_r = reduced variate

Y_n = harga rata-rata dari reduced variate

4) Distribusi Log Pearson Type III

Sifat dari distribusi ini adalah $C_s=0$ dan $C_k \approx 4-6$. Apabila koefisien asimetris (Cs) dan koefisien Kurtosis (Ck) dari data hujan mendekati nilai tersebut, sebaran Log Perason III dapat dipergunakan. Secara umum, persamaan garis teoritik probabilitas dapat dinyatakan sebagai berikut :

$$(4) \text{Log } X_r = \overline{\log x} + K_r \cdot S \log x$$

Dimana :

X_r = besarnya variable dengan kala ulang T tahun

\bar{x} = besaran rata-rata

S = standard deviasi

K_r = factor frekuensi

b. Pengujian Sebaran

Pemilihan tipe metode distribusi yang akan dipakai, dilakukan dengan memperhatikan besaran statistik data hujan dan sebagai perbandingan semua metoda distribusi diuji kecocokannya dengan metode Smirnov-Kolmogorov. Apabila besaran-besaran statistik data hujan tidak menunjukkan kepada penggunaan tipe metoda distribusi tertentu, dipilih metode distribusi yang memberikan penyimpangan maksimum distribusi empiris terhadap teoritisnya terkecil.

Dalam uji Smirnov Kolmogorov, pengujian yang dilakukan dengan mencari nilai selisih probabilitas tiap variat X menurut distribusi empiris dan teoritis, yaitu Δ_i . Nilai maksimum harus lebih kecil dari Δ kritis. Nilai Δ dapat dilihat pada tabel berikut :

Tabel 1. Nilai Δ kritis

N	Nilai kritis Smirnov-Kolmogorov (a)			
	0,2	0,1	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
n>50	$\frac{1,07}{n^{0,5}}$	$\frac{1,22}{n^{0,5}}$	$\frac{1,36}{n^{0,5}}$	$\frac{1,63}{n^{0,5}}$

Dari uji kecocokan untuk masing-masing sebaran dapat dilihat apakah semua perhitungan tersebut dapat diterima atau ditolak. Metode yang memiliki selisih yang paling kecil dibandingkan dengan hasil dari metode lain adalah metode yang dipakai dalam analisis frekuensi curah hujan.

3.5. Intensitas Hujan dan Waktu Konsentrasi

Dalam penelitian ini data hujan yang digunakan adalah data hujan harian, maka intensitas hujan dihitung dengan Persamaan Mononobe.

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

.....(5)

Dimana :

I = intensitas curah hujan pada durasi t untuk kala ulang T tahun, (mm/jam)

t = durasi curah hujan, (jam)

R_{24} = curah hujan harian maksimum dalam 24 jam (mm)

Untuk perhitungan waktu konsentrasi dapat dihitung menggunakan persamaan yang diberikan oleh Kirpich sebagai berikut.

$$t_c = \frac{0,6628L^{0,77}}{S^{0,385}}$$

.....(6)

Dimana:

t_c = waktu konsentrasi (jam)

L = panjang lintasan air dari titik terjauh sampai titik yang ditinjau (km)

S = kemiringan lahan rata-rata antara elevasi maksimum dan minimum (-)

3.6. Analisis Runoff

Dalam penelitian ini analisis runoff dihitung menggunakan persamaan rasional, yaitu

$Q_p=0,278$
 CIA.....(7)
 Dimana :
 Q_p = laju aliran permukaan (debit) puncak (m³/detik)
 C = koefisien aliran permukaan
 I = Intensitas Hujan dalam (mm/jam)
 A = Luas DAS (km²)

Parameter nilai C dan luas area (A) yang digunakan untuk perhitungan dalam rumus tersebut dalam penelitian ini telah tersimpan dalam suatu peta *raster* tersendiri. Sehingga, yang dimasukkan kedalam rumus adalah nama *file* dari peta raster tersebut.

3.7. Analisis Kapasitas Saluran

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

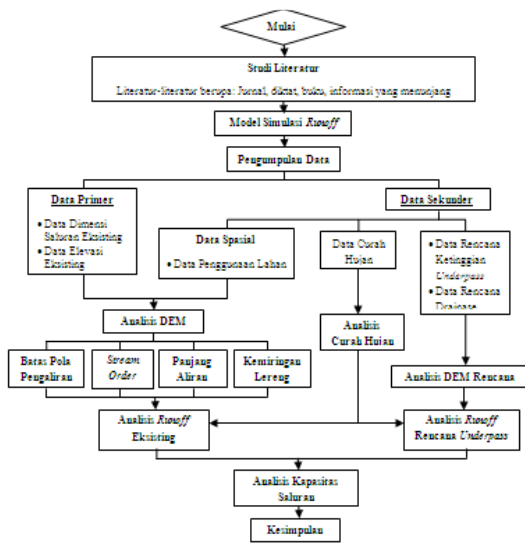
$$Q = A \frac{1}{n} R^{\frac{2}{3}} S^{\frac{1}{2}}$$

.....(8)

Dimana :

- Q = Debit pengaliran
- A = Luas penampang basah (m²)
- n = Koefisien kekasaran Manning
- R = Radius hidrolis
- S = Kemiringan memanjang saluran

Berikut ini adalah diagram alir urutan kerja penelitian :



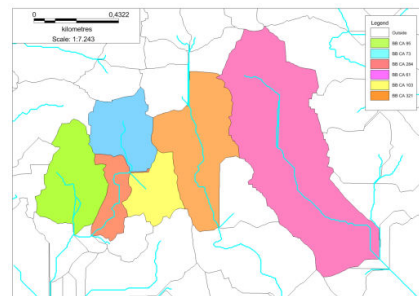
Gambar 1. Diagram Alir Penelitian

4. HASIL DAN PEMBAHASAN

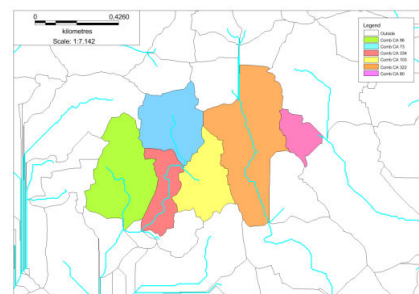
4.1. Perbandingan Analisis DEM untuk Batas Pola Pengaliran Kondisi Sebelum dan Setelah Perubahan Lahan

Hasil analisis DEM menunjukkan adanya perubahan batas pola pengaliran dari kondisi sebelum terjadi perubahan lahan dan setelah terjadi

perubahan lahan pada lokasi pembangunan *Underpass* Simpang Patal. Perubahan batas pola pengaliran ini terjadi karena adanya perubahan elevasi atau ketinggian pada lokasi pembangunan, sehingga mengakibatkan perubahan punggung-punggungan bukit yang menjadi batas pemisah alami dari *catchment area* tersebut. Perbandingan perubahan batas pola pengaliran ini akan ditampilkan dalam peta dan tabel dibawah ini.



(a) Kondisi Sebelum Perubahan Lahan



(b) Kondisi Setelah Perubahan Lahan

Gambar 2. Perubahan Batas Pola Pengaliran Sekitar Pembangunan *Underpass*

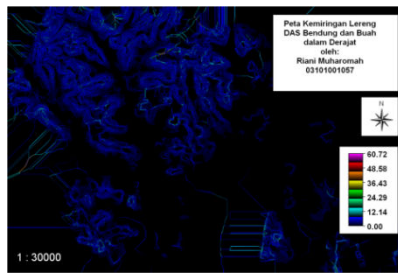
Tabel 2. Perbandingan Perubahan Batas Pola Pengaliran

Nama <i>Catchment Area</i> Sebelum Perubahan Lahan	Luas (m ²)	Nama <i>Catchment Area</i> Setelah Perubahan Lahan	Luas (m ²)	Perubahan Luas (%)
BB CA 95	132325,00	Comb CA 96	132368,75	0,033
BB CA 284	56521,87	Comb CA 334	56771,87	0,442
BB CA 73	100034,37	Comb CA 73	94221,87	5,811
BB CA 102	70900,00	Comb CA 103	81468,75	14,907
BB CA 321	201818,75	Comb CA 322	195981,25	2,892
BB CA 61	482350,00	Comb CA 80	33609,37	93,032

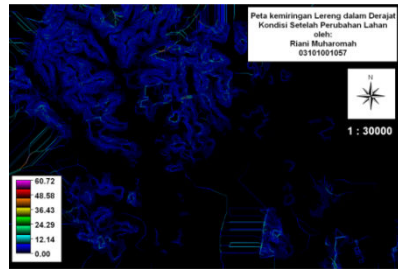
4.2. Perbandingan Analisis DEM untuk Kemiringan Lereng Kondisi Sebelum dan Setelah Perubahan Lahan

Hasil analisis DEM untuk perbandingan kemiringan lereng DAS Bendung dan Buah pada kondisi sebelum dan setelah terjadi perubahan lahan

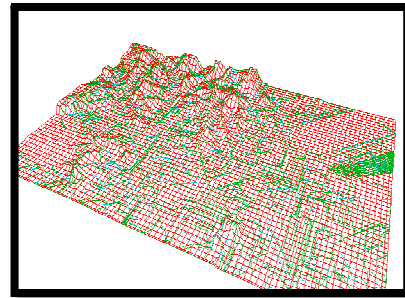
pada lokasi pembangunan *Underpass* Simpang Patal dalam derajat ditampilkan dalam peta dan tabel dibawah ini



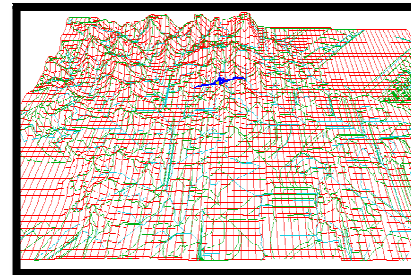
(a) Kondisi Sebelum Perubahan Lahan



(b) Kondisi Setelah Perubahan Lahan



(a) Kondisi Sebelum Perubahan Lahan



(b) Kondisi Setelah Perubahan Lahan

Gambar 4. Perbandingan *View 3D DEM* DAS Bendung Buah

Gambar 3. Peta Perbandingan Kemiringan Lereng DAS Bendung Buah dalam Derajat

Tabel 3. Luas Area Kemiringan Lereng DAS Bendung Buah dalam Derajat

Kelas Lereng	Range Kemiringan Lereng	Luas Area (m ²)		Perubahan Luas (%)
		Kondisi sebelum perubahan lahan	Kondisi setelah perubahan lahan	
Kelas 1	< 12°	40350250	40343725	0,016
Kelas 2	13° – 24°	202375	206500	2,038
Kelas 3	25° – 36°	24075	25750	6,957
Kelas 4	37° – 48°	7150	7850	9,790
Kelas 5	> 48°	950	975	2,632

4.4. Waktu Konsentrasi (Tc)

Hasil perhitungan waktu konsentrasi untuk tiap masing-masing *outlet* selengkapnya ditampilkan dalam tabel dibawah ini.

Tabel 4. Perhitungan Waktu Konsentrasi (Tc)

Outlet	Length (m)	Elevation Difference (m)	Slope (m/m)	Tc (menit)	Tc (Jam)
Outlet CA 6	2632,4	3,5	0,001329585	107,42	1,79
Outlet CA7	1278,9	0,6	0,000469153	92,01	1,53
Outlet CA8	1043,1	0,01	0,000009587	351,72	5,86
Outlet BB CA 95	432,0	3,6	0,008333333	13,18	0,22
Outlet BB CA 284	516,3	1,4	0,002711602	23,29	0,39
Outlet BB CA 102	120,2	0,01	0,000083195	29,00	0,48
Outlet BB CA 73	301,4	0,7	0,002322495	16,33	0,27
Outlet BB CA 321	742,3	0,9	0,001212448	41,99	0,70
Outlet BB CA 61	1402,6	3,6	0,002566662	51,35	0,86
Outlet Comb CA 96	427,1	3,6	0,008428939	13,01	0,22
Outlet Comb CA 334	559,9	1,3	0,002321843	26,32	0,44
Outlet Comb CA 73	315,6	0,8	0,002534854	16,36	0,27
Outlet Comb CA 103	104,9	0,01	0,000095329	24,78	0,41
Outlet Comb CA 322	760,7	0,9	0,001183121	43,20	0,72
Outlet Comb CA 80	61,6	1,1	0,017857143	2,19	0,04

4.3. *View 3D* Untuk Hasil Analisis DEM

Hasil perbandingan dari analisis DEM DAS Bendung dan Buah pada kondisi sebelum perubahan lahan dengan *overlay catchment area* dan *stream order* dan pada kondisi setelah perubahan lahan dengan *overlay catchment area*, *stream order* dan jalan rencana *Underpass* Simpang Patal dalam penelitian ini dapat ditampilkan pada gambar berikut ini.

4.5. Analisis Curah Hujan

Data curah hujan Kota Palembang dalam 10 tahun terakhir dapat dilihat dalam tabel dibawah ini.

Tabel 5. Curah Hujan Harian Maksimum Kota Palembang

Tahun	Curah Hujan Maksimum (mm)
2004	55,2
2005	83,5
2006	114,5
2007	85
2008	75
2009	102,2
2010	107,5
2011	129,9
2012	133
2013	107,7
Jumlah	993,5

4.5.1. Analisis Frekuensi Curah Hujan

Tabel 6. Rekapitulasi Analisis Frekuensi Data Hujan Harian Maksimum

Periode Ulang	Analisa Frekuensi Curah Hujan Rencana (mm)			
	Normal	Log Normal	Log Pearson III	Gumbel
2	99,35	101,93	100,15	96,02
5	120,00	122,73	121,41	125,36
10	130,82	131,67	131,60	144,79
25	139,67	138,37	141,44	169,33
50	149,74	142,31	147,16	187,54
100	156,63	144,10	151,83	205,61

4.5.2. Pengujian Sebaran atau Uji Kecocokan

Tabel 7. Rekapitulasi Uji Kecocokan *Smirnov-Kolmogorof*

No.	Selisih Untuk Nilai Kritis 5 %			
	Normal	Log Normal 3Paramater	Log Pearson III	Gumbell
1	0,01	0,03	0,06	0,05
2	0,07	0,05	0,02	0,06
3	0,00	0,01	0,03	0,06
4	0,00	0,02	0,06	0,05
5	0,09	0,11	0,09	0,03
6	0,09	0,13	0,10	0,00
7	0,04	0,02	0,10	0,03
8	0,04	0,06	0,10	0,06
9	0,17	0,15	0,19	0,08
10	0,14	0,03	0,01	0,06
Selisih Maks	0,17	0,15	0,19	0,08
Uji Kecocokan	Diterima	Diterima	Diterima	Diterima

Setelah dihitung dengan uji tes distribusi dan didapatkan hasil distribusi seperti diatas, dapat disimpulkan bahwa hanya distribusi Gumbel yang dapat diterima karena $D_{maks} < D_o$ yaitu $14,38 <$

41,00. Jadi untuk perhitungan selanjutnya digunakan distribusi Gumbel.

4.6. Intensitas Hujan

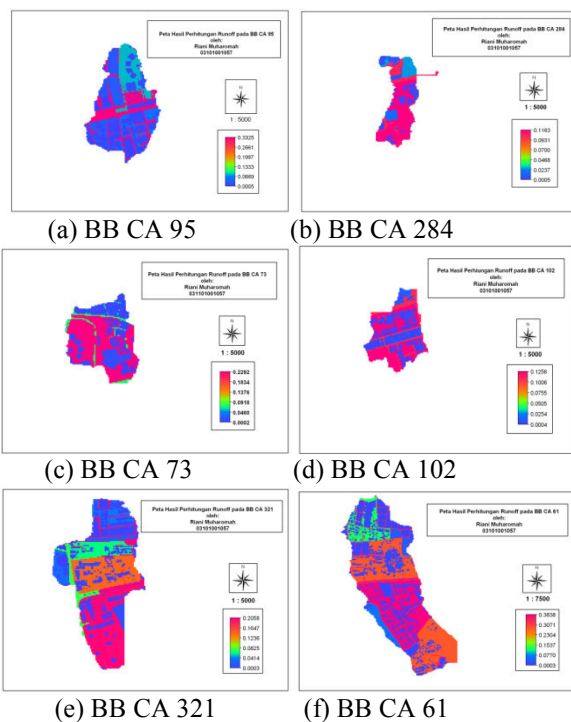
Hasil perhitungan intensitas curah hujan selengkapnya disajikan pada tabel dibawah ini.

Tabel 8. Intensitas Hujan untuk Periode Ulang 5 Tahun

No	t_s (menit)	t (jam)	I_s (mm/jam)
1	5	0,08	227,79
2	10	0,17	143,50
3	15	0,25	109,51
4	30	0,50	68,99
5	45	0,75	52,65
6	60	1,00	43,46
7	120	2,00	27,38

4.7. Analisis *Runoff* untuk Kondisi Sebelum Terjadi Perubahan Lahan pada Lokasi Pembangunan *Underpass*

Hasil keluaran analisis *runoff* menggunakan ILWIS adalah suatu peta *raster* hasil perhitungan dan kemudian ditabulasikan dalam tabel.



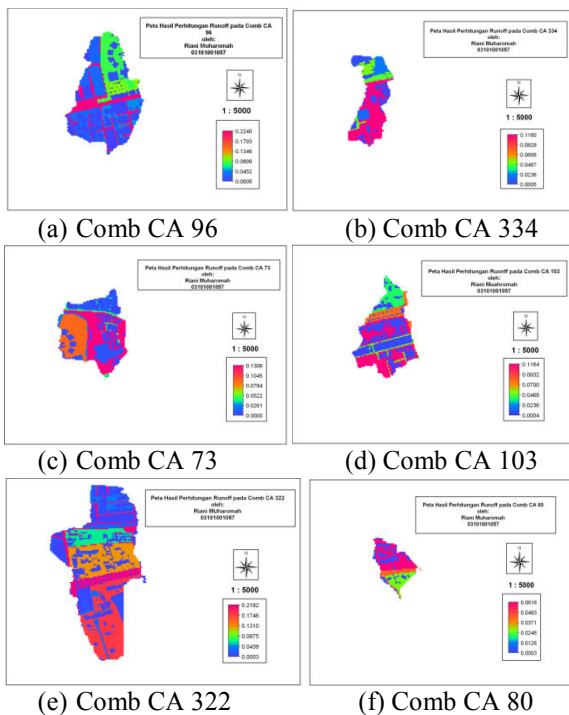
Gambar 5. Peta Hasil Perhitungan *Runoff* pada *Catchment Area* Eksisting

Nama <i>Catchment Area</i>	Luas (km ²)	Q_{runoff} (m ³ /det)
BB CA 95	132325	0,7529
BB CA 284	56521,87	0,3200
BB CA 73	100034,37	0,3274
BB CA 102	70900	0,4209
BB CA 321	201818,75	0,8824
BB CA 61	482350	1,7339

Tabel 9. Hasil Perhitungan *Runoff* pada *Catchment Area* Eksisting

4.8. Analisis *Runoff* untuk Kondisi Setelah Terjadi Perubahan Lahan pada Lokasi Pembangunan *Underpass*

Pada kondisi setelah terjadi perubahan lahan pada lokasi pembangunan *Underpass* Simpang Patal, analisis *runoff* dilakukan untuk daerah batas pola pengaliran yang diperoleh dari metode kedua yaitu *Catchment Area* Comb CA 96, Comb CA 334, Comb CA 73, *Catchment Area* Comb CA 103, *Catchment Area* Comb CA 322, dan *Catchment Area* Comb CA 80. Hasil keluaran dari analisis menggunakan ILWIS adalah suatu peta *raster* hasil perhitungan dan kemudian ditabulasikan dalam tabel.



Gambar 6. Peta Hasil Perhitungan *Runoff* pada *Catchment Area* Rencana

Tabel 10. Hasil Perhitungan *Runoff* pada *Catchment Area* Rencana

Nama <i>Catchment Area</i>	Luas (km ²)	<i>Qrunoff</i> (m ³ /det)
Comb CA 96	132368,75	0,7541
Comb CA 334	56771,87	0,3238
Comb CA 73	94221,87	0,3940
Comb CA 103	81468,75	0,3712
Comb CA 322	195981,25	0,8361
Comb CA 80	33609,37	0,1730

4.9. Perbandingan *Runoff* Kondisi Sebelum dan Setelah Perubahan Lahan

Hasil analisis menunjukkan adanya perubahan *runoff* yang terjadi pada kondisi sebelum terjadi perubahan lahan dan setelah terjadi perubahan

lahan pada *catchment area* lokasi sekitar pembangunan *Underpass* Simpang Patal. Perubahan tersebut terjadi karena terjadi perubahan bentuk untuk batas pola pengaliran. Perubahan *runoff* untuk kondisi sebelum terjadi perubahan lahan dan setelah terjadi perubahan lahan akan ditampilkan dalam tabel dibawah ini.

Tabel 11. Perbandingan Perubahan *Runoff*

Nama <i>Catchment Area</i> Sebelum Perubahan Lahan	<i>Qrunoff</i> (m ³ /det)	Nama <i>Catchment Area</i> Setelah Perubahan Lahan	<i>Qrunoff</i> (m ³ /det)	Perubahan <i>Qrunoff</i> (%)
BB CA 95	0,7529	Comb CA 96	0,7541	0,159
BB CA 284	0,3200	Comb CA 334	0,3238	1,187
BB CA 73	0,3274	Comb CA 73	0,3940	20,342
BB CA 102	0,4209	Comb CA 103	0,3712	11,808
BB CA 321	0,8824	Comb CA 322	0,8361	5,247
BB CA 61	1,7339	Comb CA 80	0,1730	90,022

4.10. Analisis Kapasitas Saluran Rencana *Underpass* Simpang Patal

Hasil iterasi perhitungan kedalaman aliran direkapitulasi dan ditabulasikan seperti pada tabel dibawah ini agar dapat diketahui apakah kapasitas saluran rencana *Underpass* Simpang Patal memadai atau tidak.

Tabel 12. Rekapitulasi Perhitungan Kapasitas Saluran Rencana *Underpass*

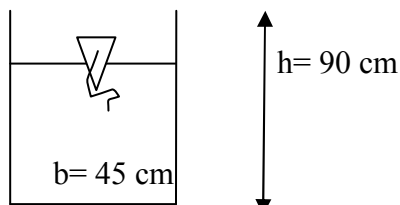
Saluran	STA	Q (m ³ /det)	B (m)	H (m)	H (m)	Kapasitas Saluran
DS 1	0+481,166 – 0+600	0,7541	0,8	1,2	0,4535	Tidak Terlampaui
DS 1	0+600 – 0+750	0,3238	0,8	1,2	0,2219	Tidak Terlampaui
DS 1	0+750 – 1+000	0,7652	0,8	1,2	0,3141	Tidak Terlampaui
DS 1	1+000 – 1+350	0,8361	0,8	1,2	0,3563	Tidak Terlampaui
DS 1	1+350 – 1+508,177	0,1730	0,8	1,2	0,1262	Tidak Terlampaui
DS 2	0+850 – 1+000	0,3712	1,0	1,5	0,1849	Tidak Terlampaui
DS 2	1+000 – 1+150	0,8361	1,0	1,5	0,2880	Tidak Terlampaui

Dari tabel hasil rekapitulasi perhitungan kapasitas saluran rencana *Underpass* Simpang Patal Palembang diatas, dapat dilihat bahwa kapasitas saluran yang direncanakan untuk menampung limpasan (*runoff*) pada *Underpass* tidak ada yang terlampaui atau mampu untuk menahan limpasan pada saat terjadi debit puncak maksimum.

4.11. Rekomendasi Dimensi Saluran Ekonomis untuk Saluran DS2

Dari hasil analisis kapasitas saluran diatas, dapat dilihat bahwa dimensi saluran DS2 yang mengarah ke terowongan *Underpass* Simpang Patal tidak ekonomis. Sehingga hasil perhitungan

rekomendasi dimensi saluran yang ekonomis adalah dengan ukuran seperti berikut ini



5. KESIMPULAN DAN SARAN

5.1. Kesimpulan

Dari hasil analisis dan perhitungan yang telah dilakukan pada analisis *runoff* sebagai dampak perubahan lahan sekitar pembangunan *Underpass* Simpang Patal Palembang dengan memanfaatkan teknik *Geographic Information System* (GIS), maka dapat diambil kesimpulan bahwa:

1. Dari hasil analisis *Digital Elevation Model* (DEM) menggunakan data elevasi pada kondisi sebelum terjadi perubahan lahan (eksisting), didapatkan 6 subsistem sungai atau batas pola pengaliran yang ada di sekitar *Underpass* Simpang Patal, yaitu BB CA 95, BB CA 284, BB CA 73, BB CA 102, BB CA 321, dan BB CA 61 dengan luas area rata-rata 173991,665m².
Dari hasil analisis DEM untuk kondisi setelah terjadi perubahan lahan dengan metode kedua, didapatkan 6 subsistem sungai atau batas pola pengaliran yang ada di sekitar *Underpass* Simpang Patal, yaitu Comb CA 96, Comb CA 334, Comb CA 73, Comb CA 103, Comb CA 322, dan Comb CA 80 dengan luas area rata-rata 99070,31m².
2. Presentase perubahan lahan terhadap besarnya *runoff* yang akan terjadi adalah dari *catchment area* BB CA 95 menjadi *catchment area* Comb CA 96 perubahan *runoff* yang terjadi adalah meningkat 0,159%, dari *catchment area* BB CA 284 menjadi *catchment area* Comb CA 334 perubahan *runoff* yang terjadi adalah meningkat 1,187%, dari *catchment area* BB CA 73 menjadi *catchment area* Comb CA 73 perubahan *runoff* yang terjadi adalah meningkat 20,342%, dari *catchment area* BB CA 102 menjadi *catchment area* Comb CA 103 perubahan *runoff* yang terjadi adalah menurun 11,808%, dari *catchment area* BB CA 321 menjadi *catchment area* Comb CA 322 perubahan *runoff* yang terjadi adalah menurun 5,247%, dan terakhir dari *catchment area* BB CA 61 menjadi *catchment area* Comb CA 80 perubahan *runoff* yang terjadi adalah menurun 90,022%.
3. Dari hasil analisis dan perhitungan kapasitas saluran rencana *Underpass* Simpang Patal Palembang dengan menggunakan debit *runoff* puncak rancangan 5 tahun, tidak ada saluran yang ketinggiannya terlampaui, atau dengan kata lain kapasitas saluran rencana *Underpass*

Simpang Patal Palembang mampu untuk menahan prediksi limpasan yang akan terjadi.

5.2. Saran

Dari hasil analisis besarnya limpasan air yang masuk ke dalam jalan *Underpass* Simpang Patal, maka perlu dikaji lagi besarnya kapasitas pompa yang perlu disediakan dan arah pembuangannya. Karena menurut informasi, bak penampungan limpasan air yang disediakan di *Underpass* Simpang Patal hanya sekitar 1 m x 1 m x 1 m.

DAFTAR PUSTAKA

- Al Amin, M. Baitullah, 2010, *Diktat Kuliah Drainase Perkotaan*, Universitas Sriwijaya, Inderalaya.
- Butler, David., dan John W. Davies, 2004, *Urban Drainage - 2nd ed.*, London: Spon Press.
- Farid, Muhammad., Akira Mano., Keiko Udo, 2011, "Modeling Flood Runoff Response To Land Cover Change With Rainfall Spatial Distribution In Urbanized Catchment", *Journal of Japan Society of Civil Engineers*, Ser. B1 (Hydraulic Engineering).
- Fura, Gezehagn Debebe, 2013, "Analysing and Modelling Urban Land Cover Change for Run-Off Modelling In Kampala, Uganda", thesis, International Institute for Geoinformation Science and Earth Observation Enschede, Urban Planning and Management, Netherlands.
- Pauleit, Stephan., Roland Ennos., Yvonne Golding, 2003, "Modeling the Environmental Impacts of Urban Land Use and Land Cover Change—A Study in Merseyside, UK", *Journal of CURE—Centre for Urban and Regional Ecology*, The University of Manchester, Oxford Road, Manchester M13 9PL, UK.
- Solomon, Harssema, 2005, "GIS-Based Surface Runoff Modelling and Analysis of Contributing Factors; A Case Study of the Nam Chun Watershed, Thailand", thesis, International Institute for Geoinformation Science and Earth Observation Enschede, Urban Planning and Management, Netherlands.
- Sulistioadi, Y. Budi, 2008, *Buku Panduan Pelatihan Free/Open Source GIS: ILWIS 3.4 untuk Pengelolaan Sumberdaya Air dan Daerah Aliran Sungai*, Laboratorium Konservasi Tanah dan Air, Fakultas Kehutanan, Universitas Mulawarman, Samarinda.