

Model Hidrologi Terdistribusi untuk Analisis Debit Terserap pada Sumur Resapan, Lubang Biopori dan Kolam Retensi

Distributed Hydrological Model for Analysis of Absorbed Discharge on Infiltration Wells, Biopori Holes and Retention Ponds

¹Elvi Roza Syofyan, ²Bambang Istijono, ³Amrizal Saidi, ¹Revalin Herdianto

¹Jurusan Teknik Sipil Politeknik Negeri Padang Kampus Limau Manis Padang 25163
Telp. 0751-72590 Fax. 0751-72576 Email: syofyan_er@yahoo.co.id & revalin.herdianto@gmail.com

²Jurusan Teknik Sipil Fakultas Teknik Universitas Andalas Padang 25163
Kampus Limau Manis Padang Email : bistijono1452@yahoo.co.id

³Jurusan Tanah/Prodi Agroekoteknologi Fakultas Pertanian Universitas Andalas Padang 25163
Kampus Limau Manis Padang Email : amrizal.saidi@gmail.com

ABSTRACT

Infiltration wells, biopore holes, retention ponds serve to collect surface water from rain and then seep into the ground to become ground water reserves. This study aims to look at the application of a distributed hydrological model for the analysis of absorbed discharges in infiltration wells, biopore holes and retention ponds in the Batang Kuranji watershed. Research methods the study was conducted using a survey method that is secondary data collection and primary data. In this study the techniques of rainfall data analysis, Batang Kuranji watershed land use, Runoff analysis using distributed hydrological models and absorbed discharges in infiltration wells, biopore holes, retention ponds in the Batang Kuranji watershed. By applying model 4 using 1 infiltration wells, 2 biopore holes and 4 retention ponds can reduce the runoff rate in the sub-watershed by 7.514% - 27.545%, for the watershed level can reduce the discharge of 15.297%, the more the number of absorption wells, biopori holes and retention ponds more effective in reducing runoff in the Batang Kuranji watershed.

Keywords: Distributed Hydrological, Hec-HMS, Infiltration wells, Biopori holes, Retention ponds

PENDAHULUAN

DAS Batang Kuranji merupakan salah satu DAS pada Wilayah Sungai Indragiri – Akuaman dengan total luas DAS 224,7 km² terdiri dari Sub DAS Batang Sungai Sapiah, Sub DAS Batang Danau Limau Manih, Sub DAS Batang Sungkai, Sub DAS Batang Bukik Tindawan dan Sub DAS Batang Padang Janiah. Batang Kuranji mengalir dari hulu bukit barisan dengan elevasi tertinggi + 1.605 mdpl pada puncak Bukit Tinjau Laut dan bermuara ke pantai padang dengan panjang sungai utama ± 32,41 (Junaidi et al. 2012).

Perkembangan teknik pemodelan hidrologi DAS tersebut didukung oleh

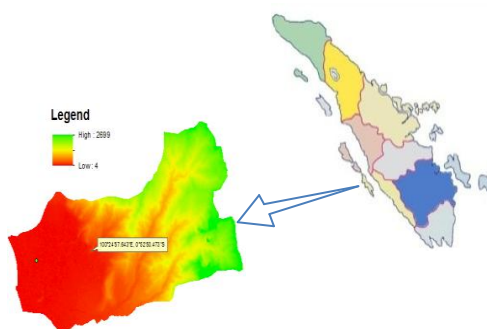
kemajuan teknologi instrumentasi, komunikasi, seperti instrumentasi pengukuran, komputasi digital, manajemen data geografis, pengindraan jauh, komunikasi audio dan visual. Dengan melakukan kajian terhadap pemodelan hidrologi DAS, diharapkan dapat menyusun model hidrologi yang rasional, efektif, efisien yang mampu mengevaluasi dengan cepat serta mampu menduga dampak hidrologi dari perubahan-perubahan yang terjadi, baik alami maupun buatan manusia (Syofyan *et al*, 2018).

Penyajian variabel terkait seperti curah hujan, perubahan penggunaan lahan, topografi, dan aktivitas manusia di daerah tangkapan yang diteliti sangat diperlukan. Data pengindraan jauh menawarkan

keuntungan tak tertandingi karena cakupan spasial dan temporal dengan akses mudah ke situs web. Di beberapa daerah dan kumpulan data, ketersediaan data terbatas, dan ukuran piksel membatasi keakuratan untuk model presisi tinggi, terutama pada tangkapan kecil (Herdianto *et al*, 2018).

Sering digunakan bahwa kita dapat memahami proses hidrologi dengan lebih baik melalui proses pendiskretisasian (pembagian luas DAS menjadi satuan yang lebih kecil), ini berdasarkan pada pemikiran bahwa karakteristik fisik suatu DAS dapat ditangkap dengan cara yang lebih homogen pada skala yang tepat. Pembagian seperti ini dilakukan dengan anggapan bahwa siklus hidrologi pada hakekanya terdiri dari subproses (penguapan, infiltrasi, aliran permukaan, evapotranspirasi) dan subproses tersebut bervariasi sebagai fungsi ruang dan waktu. Tujuan dari penelitian ini adalah melihat efek penerapan model hidrologi terdistribusi terhadap debit terserap pada sumur resapan, lubang biopori dan kolom retensi pada DAS Batang Kuranji.

METODOLOGI



Gambar 1. Peta DAS Batang Kuranji

Penelitian dilakukan dengan menggunakan metode survei yaitu pengumpulan data sekunder dan data primer.

a. Pengumpulan Data Sekunder

Pengumpulan data sekunder antara lain :

- Peta penggunaan lahan 2017 dari USGS Landsat.
- DEM 8m dari DEMNAS.
- Peta tanah dari BAPPEDA Kota Padang
- Data curah hujan harian Stasiun Koto Tuo, Stasiun Gunung Nago dan Stasiun Batu Busuk dari tahun 1992 - 2017 dari BWS V Sumatera /PSDA

b. Pengumpulan Data Primer

Pengumpulan data sekunder antara lain :

- Pengujian Permeabilitas tanah di laboratorium Politeknik Negeri Padang.
- Pengujian kadar air tanah, berat jenis tanah dan berat isi tanah di laboratorium Politeknik Negeri Padang.

Dalam penelitian ini teknik analisis data yang dijelaskan seperti : a) Analisis data curah hujan. b) Tata guna lahan DAS Batang Kuranji. c) Analisis debit (Runoff). d) debit terserap pada Sumur Resapan, Lubang Biopori dan Kolom Retensi pada DAS Batang Kuranji.

Analisis data curah hujan

Tahapan yang dilakukan adalah :

- a. Cara mendapatkan curah hujan maksimum dengan 3 stasiun dilihat pertanggal kejadian di masing-masing stasiun, dan dikalikan dengan jumlah luas berpengaruh terhadap DAS Batang Kuranji. Sehingga didapatkan nilai hujan maksimum yang terjadi pada kawasan DAS Batang Kuranji.
- b. Analisis Frekuensi Curah Hujan curah hujan rencana dengan menggunakan metode Gumbel, metode Normal, metode Log Normal, dan metode Log Person Type III.
- c. Uji kecocokan distribusi frekuensi dilakukan dengan metode Metode Chi-Kuadrat (X^2).
- d. Menghitung intensitas hujan rencana jam-jaman, metode Mononobe.

Tata guna lahan DAS Batang Kuranji.

Tahapan yang dilakukan adalah :

- a. Download data landsat dari link USGS peta landsat 8 OLI terbaru, tahun 2017.
- b. Input data landsat 8 OLI dengan jumlah band sebanyak 7 buah.
- c. Mengabungkan data band landsat menggunakan tools Windows , Image Analysis.
- d. Setelah digabungkan langkah selanjutnya adalah melihat warna tutupan lahan.
- e. Dengan warna yang tampil dapat diklasifikasikan jenis tutupan lahan.
- f. Mengklasifikasikan warna di atas dilakukan pengambilan sampel data menggunakan tools Training Sampel Manager.
- g. Setelah pengambilan sampel warna dengan menggunakan software QGIS dikelompokkan data dengan klasifikasi format raster.
- h. Data raster yang didapat kita akan konversikan menjadi data SHP.

Hasil Q 10 Hidrologi terdistribusi 7 Sub DAS digunakan untuk pembanding debit terserap pada sumur resapan, lubang biopori dan kolom retensi.

- i. Setelah mengkonversi ke polygon digabungkan data-data polygon dengan jenis tutupan lahan yang sama.
- j. Dengan data polygon yang sudah dikelompokkan maka didapat luasan masing-masing tutupan lahan.

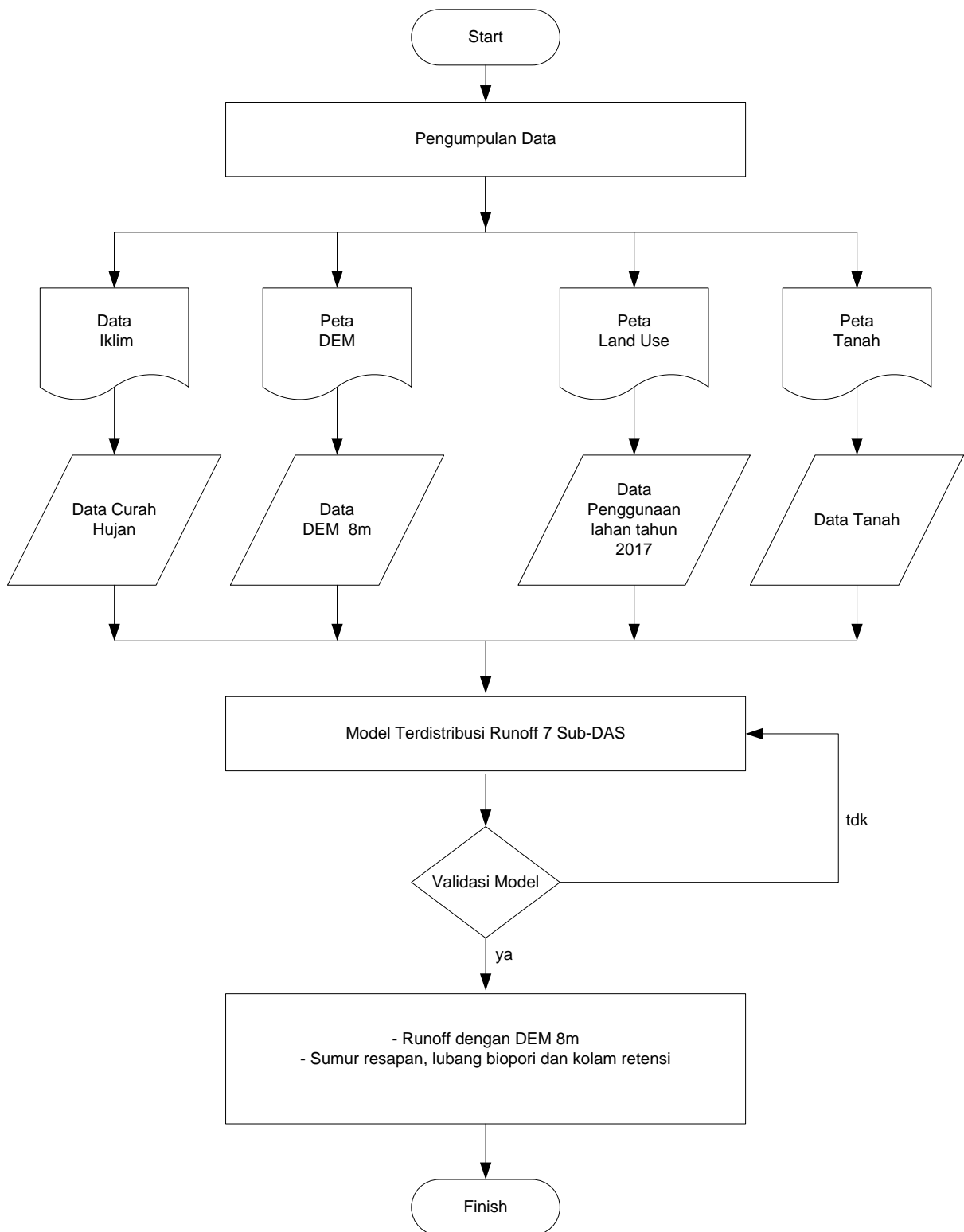
Analisis debit (Runoff)

Perhitungan debit puncak memanfaatkan Model Hidrologi terdistribusi 7 Sub DAS, menggunakan metode SCS Cruve Number dengan software HEC-HMS.

- Data-data masukan : intensitas hujan jam-jaman, luas sub-DAS, nilai CN, Inprovius, jenis tanah, panjang sungai, kemiringan sungai, nilai koefisien manning sungai.
- Menghitung debit Q10 Outlet Ulak Karang dengan periode ulang 10 tahun. Data kemiringan sungai menggunakan DEM 8m.

Debit terserap pada sumur resapan, lubang biopori dan kolam retensi pada DAS Batang Kuranji menggunakan persamaan sunjoto (Sunjoto, S. 1988).

Diagram Alir Penelitian



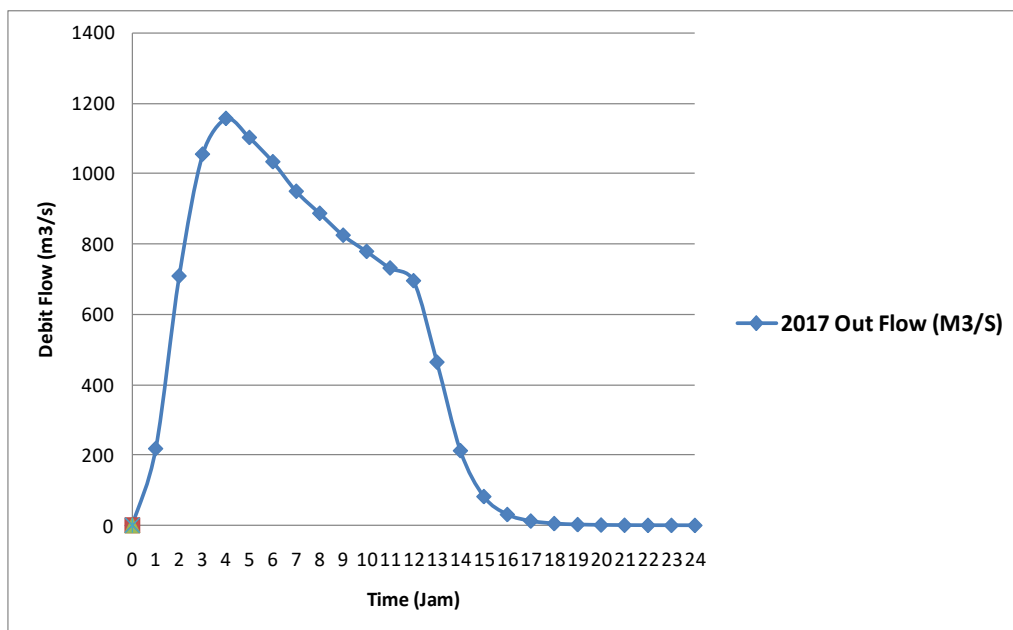
Gambar 2. Diagram Alir Penelitian

HASIL DAN PEMBAHASAN

Analisis debit (Runoff)

Tabel 1. Hasil perhitungan 7 Sub-DAS Metode SCS CN Hec-HMS DEM 8m

7 Sub DAS	
Return Periode 10	
DEM 8m	
Time	2017
	Out Flow (M3/S)
0	0
1	218.4
2	709.1
3	1055.5
4	1157.1
5	1102.9
6	1034
7	950
8	887.4
9	825.1
10	779
11	731.9
12	695.7
13	464.3
14	212.5
15	82.1
16	31.1
17	12.5
18	5.3
19	2.4
20	1.2
21	0.6
22	0.3
23	0.2
24	0.1



Gambar 3. Hidrograf 7 Sub-DAS PUH 10 dengan Metode SCS CN Hec-HMS DEM 8m

Sumur Resapan

Pengaruh Sumur Resapan pada DAS Kuranji menggunakan data DEM 8m dan tutupan lahan 2017 debit kala ulang Q10.

Contoh perhitungan untuk 795 Sumur Resapan Sub

DAS 1

Diameter sumur resapan = 0,70 m

Kedalaman sumur resapan = 2,00 m

Koefisien permiabilitas tanah = 0.00000035 m/dt

$$H = \frac{Q \text{ masuk}}{FK} \left(1 - e^{-\frac{FKT}{\pi R^2}}\right)$$

$$2 = \frac{Q \text{ masuk}}{3,496.0,00000035} \left(1 - e^{-\frac{4,396.0,00000035 .3600}{\pi.0,7^2}}\right)$$

$$Q_{\text{masuk}} = 0,000856 \text{ m}^3/\text{dt}$$

$$F = 2. \pi. R$$

$$= 2. 3,14 . 0,70 = 4,396 \text{ m}$$

$$Q_{\text{resapan}} = F.K.H$$

$$= 4.396 \times 0.00000035 \times 2$$

$$= 0.0000031 \text{ m}^3/\text{detik}$$

$$Q_{\text{tertampung}} = (Q_{\text{masuk}} - Q_{\text{resapan}}). \text{Jml}$$

$$= (0,000856 - 0.0000031) .795$$

$$= 0,67840 \text{ m}^3/\text{detik}$$

Debit Terserap

$$= (0,67840 / 157,8) \times 100 \%$$

$$= 0,430 \%$$

Tabel 2. Satu unit sumur resapan per satu unit rumah

Sub DAS	Jml Rumah unit	Jmh S. Resapan unit	F m	Q puncak m3/detik	Q masuk m3/detik	Q resapan m3/detik	Q tertampung m3/detik	Q terserap %
1	795	795	4.396	157.8	0.000856	0.0000031	0.67840	0.430
2	20	20	4.396	101.5	0.000856	0.0000031	0.01707	0.017
3	58	58	4.396	222.5	0.000856	0.0000031	0.04949	0.022
4	1465	1465	4.396	99.6	0.000856	0.0000031	1.25013	1.255
5	15033	15033	4.396	119.3	0.000856	0.0000031	12.82809	10.753
6	30928	30928	4.396	492.8	0.000856	0.0000031	26.39175	5.355
7	19324	19324	4.396	123.1	0.000856	0.0000031	16.48972	13.395

Lubang Biopori

Pengaruh lubang biopori pada DAS Kuranji menggunakan data DEM 8m dan tutupan lahan 2017 debit kala ulang Q10.

Contoh perhitungan untuk 1590 Unit Lubang Biopori Sub DAS 1

Diameter sumur resapan = 0,15 m

Kedalaman sumur resapan = 1,00 m

Koefisien permiabilitas tanah = 0.00000035 m/dt

$$H = \frac{Q \text{ masuk}}{FK} \left(1 - e^{-\frac{FKT}{\pi R^2}}\right)$$

$$1 = \frac{Q \text{ masuk}}{3,496.0,00000035} \left(1 - e^{-\frac{0,942.0,00000035 .3600}{\pi.0,15^2}}\right)$$

$$Q_{\text{masuk}} = 0,0000198 \text{ m}^3/\text{dt}$$

$$F = 2. \pi. R$$

$$= 2. 3,14 . 0,15 = 0,942 \text{ m}$$

$$Q_{\text{Biopori}} = F.K.H$$

$$= 0.942 \times 0.00000035 \times 1$$

$$= 0.0000003 \text{ m}^3/\text{detik}$$

$$Q_{\text{tertampung}} = (Q_{\text{masuk}} - Q_{\text{resapan}}). \text{Jml}$$

$$= (0,0000198 - 0.0000003) .1590$$

$$= 0,03095 \text{ m}^3/\text{detik}$$

Debit Terserap

$$= (0,03095 / 157,8) \times 100 \%$$

$$= 0,01961 \%$$

Tabel 3. Dua Unit Lubang Biopori per satu Unit Rumah

Sub DAS	Jml Rumah unit	Lbg Biopori unit	F m	Q puncak m3/detik	Q masuk m3/detik	Q biopori m3/detik	Q tertampung m3/detik	Q terserap %
1	795	1590	0.942	157.8	0.0000198	0.0000003	0.03095	0.01961
2	20	40	0.942	101.5	0.0000198	0.0000003	0.00078	0.00077
3	58	116	0.942	222.5	0.0000198	0.0000003	0.00226	0.00101
4	1465	2930	0.942	99.6	0.0000198	0.0000003	0.05703	0.05725
5	15033	30066	0.942	119.3	0.0000198	0.0000003	0.58516	0.49050
6	30928	61856	0.942	492.8	0.0000198	0.0000003	1.20388	0.24429
7	19324	38648	0.942	123.1	0.0000198	0.0000003	0.75219	0.61104

Kolam Retensi

Dalam perencanaan volume kolam retensi diperlukan luas lahan 1 ha dengan kedalaman rata-rata 1,5 meter. Pengaruh kolam retensi pada DAS Kuranji menggunakan data DEM 8m dan tutupan lahan 2017 debit kala ulang Q10.

$$F = 2 \cdot L + 2 \cdot P$$

$$= 2 \cdot 100 + 2 \cdot 100 = 400 \text{ m}$$

$$Q_{\text{retensi}} = F \cdot K \cdot H$$

$$= 400 \times 0.00000035 \times 1,5$$

$$= 0.00021 \text{ m}^3/\text{detik}$$

$$Q_{\text{tertampung}} = (Q_{\text{masuk}} - Q_{\text{retensi}}) \cdot J_{\text{ml}}$$

$$= (4,167 - 0.00021) \cdot 1$$

$$= 4,16646 \text{ m}^3/\text{detik}$$

Contoh perhitungan untuk Sub DAS 1 dengan jumlah 1 kolam retensi luas 1 ha :

Debit Terserap

$$= (4,16646 / 157,8) \times 100 \%$$

$$= 2,64034 \%$$

$$Q_n = V / T$$

$$= 1500 / 60.60 = 4,167 \text{ m}^3/\text{dt}$$

Tabel 4. Satu unit kolam retensi per satu Sub DAS

Sub DAS	Q puncak m3/detik	Kolam Retensi			Q masuk m3/detik	Q retensi %	Q tertampung m3/detik	Q terserap (%)
		A (m2)	t (m)	V (m3)				
1	157.8	10000	1.5	15000	4.167	0.00021	4.16646	2.64034
2	101.5	10000	1.5	15000	4.167	0.00021	4.16646	4.10488
3	222.5	10000	1.5	15000	4.167	0.00021	4.16646	1.87256
4	99.6	10000	1.5	15000	4.167	0.00021	4.16646	4.18319
5	119.3	10000	1.5	15000	4.167	0.00021	4.16646	3.49242
6	492.8	10000	1.5	15000	4.167	0.00021	4.16646	0.84547
7	123.1	10000	1.5	15000	4.167	0.00021	4.16646	3.38461

Untuk analisis sumur resapan, lubang biopori, dan kolam retensi dapat dilihat Tabel 5. Sebagai berikut.

Tabel 5. Model 1 dengan 1 Sumur Resapan, 2 Lubang Biopori dan 1 Kolam Retensi

Sub DAS	Debit Puncak m3/dt	Sumur Resapan m3/dt	Lubang Biopori m3/dt	Kolam Retensi m3/dt	Jumlah Total m3/dt	Jumlah Total (%)
1	157.80	0.678	0.031	4.166	4.876	3.090
2	101.50	0.017	0.001	4.166	4.184	4.122
3	222.50	0.049	0.002	4.166	4.218	1.896
4	99.60	1.250	0.057	4.166	5.474	5.496
5	119.30	12.828	0.585	4.166	17.580	14.736
6	492.80	26.392	1.204	4.166	31.762	6.445
7	123.10	16.490	0.752	4.166	21.408	17.391
Q10 DAS	1157.10	57.705	2.632	29.165	89.502	7.735

Dari Tabel 5 terlihat dengan kombinasi 1 sumur resapan, 2 lubang biopori dan 1 kolam retensi jumlah debit terserap pada Sub DAS Batang Kuranji antara 1,896 % - 17,391 %. Dari Sub DAS 1 sampai Sub DAS 7 sebagai berikut 3,090 %, 4,122 %, 1,896 %, 5,496 %, 14,736 %, 6,445 % , 17,391 %. Untuk level DAS dapat mereduksi debit 7,735 %,

Terlihat pada Sub DAS 3 yang paling minimum diakibatkan daerah sub DAS ini masih hutan, tidak ada pemukiman didaerah ini. Sedangkan pada Sub DAS 7 yang paling maximum karena daerah pemukiman yang dominan sehingga pengaruh sumur resapan dan lubang biopori sangat dominan.

Tabel 6. Model 2 dengan 1 Sumur Resapan, 2 Lubang Biopori dan 2 Kolam Retensi

Sub DAS	Debit Puncak m3/dt	Sumur Resapan m3/dt	Lubang Biopori m3/dt	Kolam Retensi m3/dt	Jumlah Total m3/dt	Jumlah Total (%)
1	157.80	0.678	0.031	8.333	9.042	5.730
2	101.50	0.017	0.001	8.333	8.351	8.227
3	222.50	0.049	0.002	8.333	8.385	3.768
4	99.60	1.250	0.057	8.333	9.640	9.679
5	119.30	12.828	0.585	8.333	21.746	18.228
6	492.80	26.392	1.204	8.333	35.929	7.291
7	123.10	16.490	0.752	8.333	25.575	20.776
Q10 DAS	1157.10	57.705	2.632	58.330	118.667	10.256

Dari Tabel 6 terlihat kombinasi 1 sumur resapan, 2 lubang biopori dan 2 kolam retensi Jumlah debit terserap pada Sub DAS Batang Kuranji antara 3,768 % - 20,776 %. Dari Sub DAS 1 sampai Sub DAS 7 sebagai berikut 5,730 %, 8,227 %, 3,768 %, 9,679 %, 18,228 %, 7,291 % , 20,776 %. Untuk level DAS dapat mereduksi debit 10,256 %, Terlihat

pada Sub DAS 3 yang paling minimum diakibatkan daerah sub DAS ini masih hutan, tidak ada pemukiman didaerah ini. Sedangkan pada sub 7 yang paling maximum karena daerah pemukiman yang dominan sehingga pengaruh sumur resapan dan lubang biopori tetap, pengaruh kolam retensi sudah kelihatan mereduksi debit.

Tabel 7. Model 3 dengan 1 Sumur Resapan, 2 Lubang Biopori dan 3 Kolam Retensi

Sub DAS	Debit Puncak m3/dt	Sumur Resapan m3/dt	Lubang Biopori m3/dt	Kolam Retensi m3/dt	Jumlah Total m3/dt	Jumlah Total (%)
1	157.80	0.678	0.031	12.499	13.209	8.371
2	101.50	0.017	0.001	12.499	12.517	12.332
3	222.50	0.049	0.002	12.499	12.551	5.641
4	99.60	1.250	0.057	12.499	13.807	13.862
5	119.30	12.828	0.585	12.499	25.913	21.721
6	492.80	26.392	1.204	12.499	40.095	8.136
7	123.10	16.490	0.752	12.499	29.741	24.160
Q10 DAS	1157.10	57.705	2.632	87.496	147.832	12.776

Dari Tabel 7 terlihat kombinasi 1 sumur resapan, 2 lubang biopori dan 3 kolam retensi Jumlah debit terserap pada

Sub DAS Batang Kuranji antara 5,641 % - 24,160 %. Dari Sub DAS 1 sampai Sub DAS 7 sebagai berikut 8,371 %, 12,332

%, 5,641 %, 13,862 %, 21,721 %, 8,136 % , 24,160 %. Untuk level DAS dapat mereduksi debit 12,776 %, Terlihat pada Sub DAS 3 yang paling minimum diakibatkan daerah sub DAS ini masih hutan, tidak ada pemukiman didaerah ini.

Sedangkan pada Sub DAS 7 yang paling maximum karena daerah pemukiman yang dominan sehingga pengaruh sumur resapan dan lubang biopori tetap, pengaruh kolam retensi besar sekali mereduksi debit.

Tabel 8. Model 3 dengan 1 Sumur Resapan, 2 Lubang Biopori dan 4 Kolam Retensi

Sub DAS	Debit Puncak m3/dt	Sumur Resapan m3/dt	Lubang Biopori m3/dt	Kolam Retensi m3/dt	Jumlah Total m3/dt	Jumlah Total (%)
1	157.80	0.678	0.031	16.666	17.375	11.011
2	101.50	0.017	0.001	16.666	16.684	16.437
3	222.50	0.049	0.002	16.666	16.718	7.514
4	99.60	1.250	0.057	16.666	17.973	18.045
5	119.30	12.828	0.585	16.666	30.079	25.213
6	492.80	26.392	1.204	16.666	44.261	8.982
7	123.10	16.490	0.752	16.666	33.908	27.545
Q10 DAS	1157.10	57.705	2.632	116.661	176.998	15.297

Dari Tabel 8 terlihat kombinasi 1 sumur resapan, 2 lubang biopori dan 4 kolam retensi Jumlah debit terserap pada Sub DAS Batang Kuranji antara 7,514 % - 27,545 %. Dari Sub DAS 1 sampai Sub DAS 7 sebagai berikut 11,011 %, 16,437 %, 7,514 %, 18,045 %, 25,213 %, 8,982 % , 27,545 %. Untuk level DAS dapat mereduksi debit 15,297 %, Terlihat pada Sub DAS 3 yang paling minimum diakibatkan daerah sub DAS ini masih hutan, tidak ada pemukiman didaerah ini. Sedangkan pada Sub DAS 7 yang paling maximum karena daerah pemukiman yang dominan sehingga pengaruh sumur resapan dan lubang biopori tetap, pengaruh kolam retensi besar sekali mereduksi debit.

berkembangnya perumahan didaerah tersebut.

Dengan menerapkan model 4 menggunakan 1 sumur resapan, 2 lubang biopori dan 4 kolam retensi dapat mengurangi laju runoff pada Sub DAS sebesar 7,514 % - 27,545 %, Untuk level DAS dapat mereduksi debit 15,297 %, semakin banyak jumlah sumur resapan, lobang biopori dan kolam retensi makin efektif menurunkan runoff pada DAS Batang Kuranji.

SIMPULAN

Dari pembahasan diatas terlihat Sub DAS bagian hulu yaitu Sub DAS 1, Sub DAS 2, Sub DAS 3 dan Sub DAS 4 agar penurunan runoff optimal dapat dilakukan penambahan kolam retensi. Sedangkan Sub DAS 6 bagian tengah dimana daerah ini merupakan kawasan perumahan maka penambahan sumur resapan, lubang biopori dan kolam kolam retensi bisa dilakukan sejalan dengan

DAFTAR PUSTAKA

- [1] Syofyan. E. R. (2020). Kajian Model Hidrologi Terdistribusi untuk Estimasi Runoff dan Erosi dalam Hubungannya dengan Tata Guna Lahan (Studi Kasus pada DAS Batang Kuranji Kota Padang). Tidak dipublikasikan, Desertasi.
- [2] Syofyan. E. R, Saidi, A., Istijono, B., & Herdianto, R. (2017). Model Hidrograf Akibat Perubahan Tataguna Lahan DAS Batang Kuranji (Studi Kasus Sub DAS Danau Limau Manis). POLI REKAYASA Volume 13, Nomor 1, Oktober 2017.
- [3] Syofyan. E. R, Saidi, A., Istijono, B., & Herdianto, R. (2016). Kajian Model Hidrograf Akibat Perubahan Tataguna Lahan dengan Menggunakan Data Lapangan DAS Batang Air Dingin . POLI REKAYASA Volume 12, Nomor 1, Oktober 2016.
- [4] Herdianto, R., Syofyan, E. R., & Aguskar. (2013). Pemanfaatan Informasi Topografi dan Indeks Vegetasi untuk Studi Dinamika Proses Hidrologi Daerah Aliran. Jurnal Ilmiah. POLI REKAYASA. Volume 8 Nomor 2, April 2013. ISSN : 1858-3709.
- [5] Herdianto, R., Istijono, B., Syofyan, E. R., & Dalrino.(2018). Investigation of Pangkalan Floods: Possible Reasons and Future Directions. International Journal on Advanced Science, Engineering and Information Technology, Vol.8 (2018) No. 6 , pp. 2510- 2515.
- [6] Herdianto, R., Syofyan, E. R., Hanwar, S., Istijono, B., & Dalrino. (2017). The Investigation of 1997 and 2015 El Nino Events in West Sumatera, Indonesia. International Journal on Advanced Science, Engineering and Information Technology, Vol. 7 (2017) No. 2, pp. 418-423.
- [7] Herdianto, R., Paik, K., Smettem, K., dan Coles., N. 2010. Coupling vegetation index and terrain information for better representation of spatial and temporal dynamics of hydrological processes. Proceedings of 8 th International Symposium on Ecohydraulics. Seoul, September 2010. In CDROM.
- [8] Junaidi., Rasyid, Y., Ferdinand, A. (2012).” Pemodelan Erosi Serta Prediksi Angkutan Sedimen dan Hara pada Sub DAS Bukit Tindawan DAS Kuranji Kota Padang”. J. Solum. Vol. IX. No. 1. pp. 1-14.
- [9] Mehcrum, Siti. (2011). Prediksi Limpasan Permukaan, Erosi, dan Sedimentasi Menggunakan Model AVSWAT2000 (Studi Kasus Di Sub DAS Bengawan SoloHulu). Tesis. Program Studi Teknik Pertanian Fakultas Teknologi PertanianUGM. Yogyakarta.
- [10] Ghaffari, G. (2011). The Impact of DEM Resolution on Runoff and Sediment Modelling Results. Research Journal of Environmental Sciences 5 (8): 691-702,ISSN 1819-3412 / DOI: 10.3923/rjes.2011.691.702.
- [11] Song, X., Qi, Z., Du, L. & Kou, C. (2012). The Influence of DEM Resolution on Hydrological Simulation in the Huangshui River Basin. Trans Tech Publications, Switzerland doi:10.4028/www.scientific.net /AMR.518-523.4299
- [12] Asdak, C. (2002). Hidrologi dan Pengelolaan Daerah Aliran Sungai. Yogyakarta (ID): Gadjah Mada University Pr.

- [13] Kironoto, BA dan Yulistiyanto, B., 2000. Konservasi Lahan. Yogyakarta: Universitas Gadjah Mada.
- [14] Sunjoto, S. 1988. Optimasi Sumur Resapan Air Hujan Sebagai Salah Satu Usaha Pencegahan Intrusi Air Laut. Yogyakarta : Fakultas Teknik Universitas Gadjah Mada
- [15] Sunjoto, S. 2011. Teknik Drainase ProAir. Yogyakarta : Fakultas Teknik Universitas Gadjah Mada
- [16] Suripin. 2003. Sistem Drainase Perkotaan Yang Berkelanjutan. Yogyakarta : Penerbit Andi
- [17] Sutanto. 1992. Desain Sumur Peresapan Air Hujan. Laporan Penelitian. Yogyakarta : Fakultas Geografi Universitas Gadjah Mada
- [18] Triatmodjo, B. 2010. Hidrologi Terapan. Yogyakarta : Beta Offset