

**PERENCANAAN DRAINASE YANG BERWAWASAN LINGKUNGAN  
PADA JALAN TOL SEMARANG – SOLO**

Andhika Rhama Mahardika, Fahmi Anggriawan Yulianto

[Andhika.rhama@yahoo.com](mailto:Andhika.rhama@yahoo.com), fahmi.a.yulianto@gmail.com

Suripin, Hary Budienny

Jurusan Teknik Sipil, Fakultas Teknik, Universitas Diponegoro

Jl. Prof. Soedarto, SH., Tembalang, Semarang 50239,

Telp.: (024) 7474770, Fax.: (024) 7460060

**ABSTRAK**

Jalan tol Semarang – Solo merupakan akses penghubung tercepat antara Kota Semarang dengan Kota Solo. Jalan tol ini mulai dioperasikan secara bertahap pada tahap I (melewati wilayah Penggaron, Gedawang dan Bergas sepanjang 24,75 km) sejak tahun 2011 yang lalu. Pembangunan jalan tol ini mengakibatkan perubahan tata guna lahan dan bertambahnya luasan permukaan *impermeable* sehingga air hujan tidak dapat diserapkan ke dalam tanah dan berakibat naiknya debit dan volume limpasan.

Kenaikan debit dan volume limpasan yang terjadi apabila tidak segera ditangani dapat mengakibatkan banjir. Untuk menanggulangnya, maka debit limpasan yang terjadi saat ini harus dikembalikan ke kondisi sebelum pembangunan jalan tol Semarang – Solo. Perencanaan drainase yang berwawasan lingkungan digunakan untuk menurunkan debit limpasan yang meningkat akibat dari pembangunan jalan tol.

Perencanaan drainase yang berwawasan lingkungan ini direncanakan sepanjang 8,475 km dari tahap I. Drainase yang berwawasan lingkungan dapat didefinisikan sebagai upaya mengelola kelebihan air dengan cara diresapkan ke dalam tanah secara artifisial atau mengalirkan ke sungai tanpa melampaui kapasitas sungai sebelumnya. Fasilitas yang ditawarkan dalam Tugas Akhir ini adalah dengan membangun sumur resapan pada saluran drainase. Untuk mengembalikan debit dan volume limpasan ke kondisi sebelum pembangunan, maka dibutuhkan sebanyak 5.682 buah.

Dari hasil analisa dan perhitungan, jumlah fasilitas sumur resapan yang bisa dipasang sebanyak 2.581 buah. Yaitu sebesar 45,42 % dari yang dibutuhkan untuk menanggulangi debit limpasan akibat dari pembangunan jalan tol.

Kata kunci : drainase, limpasan, sumur resapan

## **ABSTRACT**

Semarang – Solo Toll Road is the fastest access between Semarang and Solo. This toll road have been operated gradually in phase I (passing through Penggaron, Gedawang, and Bergas region along 24,75 km) since 2011. The construction of this toll road lead to the change of land use and increased impermeable surface area so that rainfall can't be absorbed into the soil and resulting in increased runoff flow and volume.

Increment of the runoff flow and volume if not handled immediately will cause flood. To overcome this, the runoff flow that occurs at this time should be returned to the state before the Semarang – Solo toll road was made. Design of sustainable drainage system is used to decrease runoff flow that increased due to the development of the toll roads.

The design of this sustainable drainage system is planned along the 8,475 km from phase I. Sustainable drainage system can be defined as an effort to manage the excess water by artificially percolate it into the ground or flow it into the river without exceeding the capacity of the river. The facilities that offered in this final task is to build infiltration wells in the drainage channels. To restore the flow and runoff volume to pre-construction conditions, it takes 5.682 pieces of infiltration wells.

From the analysis and calculation result, the number of infiltration wells that can be installed are 2.581 pieces. That is equal to 45,42 % of the overall that required to overcome the effect of runoff flow of Semarang – Solo toll road development.

Keywords: drainage, runoff, infiltration wells

## 1. PENDAHULUAN

Pertumbuhan penduduk dan pembangunan yang begitu cepat telah menyebabkan perubahan tataguna lahan. Banyak lahan yang semula berupa lahan terbuka hijau, persawahan dan taman kini berubah menjadi areal pemukiman, industri dan bahkan pembebasan untuk pembuatan akses jalan baru maupun akses jalan tol baru.

Dalam perspektif hidrologi, dampak dari perubahan tataguna lahan tersebut adalah meningkatnya aliran permukaan langsung sekaligus menurunnya air yang meresap kedalam tanah. Akibat selanjutnya adalah distribusi air yang semakin timpang antara musim penghujan dan musim kemarau, debit banjir meningkat dan ancaman kekeringan semakin nyata. Baik bencana banjir maupun kekeringan telah menimbulkan kerugian yang sangat besar, bahkan tidak hanya kerugian harta benda (material), tetapi juga kerugian jiwa. (Suripin, 2004)

## 2. TINJAUAN PUSTAKA

Setelah menentukan permasalahan yang akan diselesaikan dengan solusi terbaik. Tinjauan pustaka dilakukan dengan mencari sumber-sumber tertulis, baik yang tersaji secara digital atau buku. Untuk analisis curah hujan yang terjadi diperhitungkan dengan analisis distribusi frekuensi, dengan metode Distribusi Normal, Pearson, Log Normal dan Log Pearson III serta disesuaikan dengan syarat masing-masing distribusi yang disajikan pada Tabel berikut :

**Tabel 1 : Tabel Distribusi**

No	Distribusi	Persyaratan
1	Normal	Cs = 0 Ck = 3
2	Log Normal	Cs = $Cv^3 + 3Cv$ Ck = $Cv^8 + 6Cv^6 + 15Cv^4 + 16Cv^2 + 3$
3	Gumbel	Cs = 1,14 Ck = 5,4
4	Log Pearson III	Selain dari nilai di atas

Untuk analisis intensitas hujan digunakan Formula Mononobe,

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

keterangan: I = intensitas hujan (mm/jam)  
t = lama curah hujan (jam)  
R24 = Curah hujan maksimum harian (selama 24 jam) (mm)

Sebelum dilakukan perhitungan analisis debit, dilakukan perhitungan mengenai hujan efektif yang terjadi,

$$P_e = \frac{(P-0,2S)^2}{P+0,8S}$$

keterangan: Pe = kedalaman hujan efektif (mm)  
P = kedalaman hujan (mm)  
S = retensi potensial maksimum air oleh tanah yang sebagian besar dikarenakan infiltrasi (mm).

Untuk analisis debit menggunakan hidrograf banjir hujan yang dihitung menggunakan metode Nakayasu dengan menggunakan formula berikut:

**Tabel 2 : Formula Nakayasu**

Rumus	Keterangan
$Q_a = Q_p \left( \frac{t}{T_p} \right)^{2.4}$	Q <sub>a</sub> = limpasan sebelum mencapai debit puncak (m <sup>3</sup> /detik) t = waktu (jam)
$Q_p = \frac{A \times R_o}{3.6(0.3T_p + T_{0.3})}$	Q <sub>p</sub> = debit puncak (m <sup>3</sup> /detik) R <sub>o</sub> = hujan satuan (mm) T <sub>p</sub> = tenggang waktu dari permulaan hujan sampai puncak banjir (jam) T <sub>0.3</sub> = waktu sampai 30% dari debit puncak (jam)
$T_p = T_g + 0.8 \times t_r$ L < 15 km $T_g = 0.21L^{0.7}$ L > 15 km $T_g = 0.4 + 0.058L$	L = panjang alur sungai (km) T <sub>g</sub> = waktu konsentrasi (jam) t <sub>r</sub> = 0,5 - 1 T <sub>g</sub>
$T_{0.3} = \alpha \times T_g$	daerah pengaliran biasa α = 2 bagian naik lambat, menurun cepat α = 1.5 bagian naik cepat, menurun lambat α = 3

### **3. METODOLOGI PERENCANAAN**

Metodologi pelaksanaan dalam Tugas Akhir ini meliputi:

1. Identifikasi masalah dan survei lapangan
2. Pengumpulan referensi dan literatur
3. Pengumpulan data: data curah hujan, peta topografi lahan, data penurunan tanah data eksisting.
4. Analisis data hidologi:
  - a. Penentuan catchment area.
  - b. Penentuan curah hujan maksimum dalam satu hari.
  - c. Perhitungan penyebaran distribusi hujan berdasarkan periode ulang.
  - d. Uji kecocokkan.
  - e. Perhitungan intensitas hujan.
  - f. Perhitungan banjir debit rencana.
  - g. Pembuatan Hidrograf.
5. Analisis data hidrolika:
  - a. Perhitungan kapasitas saluran.
6. Perencanaan teknis:
  - a. Perhitungan Jumlah Sumur
7. Pembuatan gambar rencana
8. Perhitungan RAB
9. Pembuatan time schedule
10. Pembuatan Rencana Kerja dan Persyaratan Teknis

### **4. ANALISIS DATA HIDROLOGI**

Analisis data hidrologi dibutuhkan sebagai dasar perhitungan untuk menentukan curah hujan yang terjadi di suatu wilayah berdasarkan kala ulang yang diinginkan. Analisis ini didasarkan pada beberapa tahapan, diantaranya: analisis curah hujan, analisis intensitas hujan, dan perhitungan debit rencana dengan memperhitungkan hujan efektif berdasarkan curah hujan dominan yang terjadi.

Langkah analisis hidrologi yang dilakukan adalah sebagai berikut:

**Tabel 3 : Koreksi Data Hujan Tiap – Tiap Stasiun**

Tahun	Hujan Tahunan (mm)			Rerata Stasiun GP & BM	Kumul GP&BM	Kumul KR	Koreksi Kum KR	Koreksi KR
	Gunung Pati	Banyumeneng	Karangroto					
1991	49,81	98,81	83,41	66,61	66,61	98,81	116,1413	98,04
1992	33,52	125,06	59,40	46,46	113,07	132,33	155,5407	69,82
1993	95,37	192,70	126,50	110,94	224,01	227,70	267,6386	148,69
1994	65,62	84,22	47,96	56,79	280,80	293,32	344,7684	56,37
1995	65,21	91,10	87,16	76,19	356,98	358,53	421,4162	102,45
1996	39,07	63,11	50,85	44,96	401,94	397,60	467,3391	59,77
1997	50,89	61,74	78,38	64,64	466,58	448,49	527,1552	92,13
1998	49,76	100,00	59,08	54,42	521,00	498,25	585,6431	69,44
1999	109,71	81,00	87,95	98,83	619,83	607,96	714,5963	103,38
2000	114,72	78,00	118,67	116,70	736,52	722,68	849,4382	139,48
2001	58,91	100,00	80,93	69,92	806,44	781,59	918,681	95,13
2002	57,86	96,00	47,11	52,49	858,93	839,45	839,45	47,11
2003	147,00	94,48	80,00	113,50	972,43	986,45	986,45	80,00
2004	143,35	143,78	142,20	142,78	1115,20	1129,80	1129,80	142,20
2005	85,36	87,93	56,21	70,79	1185,99	1215,16	1215,16	56,21

Perhitungan dispersi curah hujan maksimum secara normal dan logaritmik disajikan

**Tabel 4 : Hasil Distribusi**

No	Distribusi	Persyaratan	Hasil Perhitungan	Kesimpulan
1	Normal	Cs = 0 Ck = 3	Cs = 1,47 Ck = 4,89	Tidak Memenuhi
2	Log Normal	Cs = $Cv^3 + 3Cv$ Ck = $Cv^8 + 6Cv^6 + 15Cv^4 + 16Cv^2 + 3$	Cs = 0,86 Ck = 3,98	Tidak Memenuhi
3	Gumbel	Cs = 1,14 Ck = 5,4	Cs = 0,86 Ck = 3,98	Tidak Memenuhi
4	Log Pearson III	Selain dari nilai di atas		Memenuhi

**Tabel 5 : Metode Log Pearson III dengan Berbagai Kala Ulang**

Periode Ulang	Cs	G	Log X	X (mm)
2	0,865	-0,142	1,842	69,456
5	0,865	0,773	1,973	<b>94,021</b>
10	0,865	1,338	2,054	113,350
20	0,865	1,899	2,135	136,461
25	0,865	2,011	2,151	141,621
50	0,865	2,482	2,219	165,514
100	0,865	2,934	2,284	192,189

**Tabel 6 : Uji Smirnov-Kolmogorof untuk Distribusi Log Pearson III**

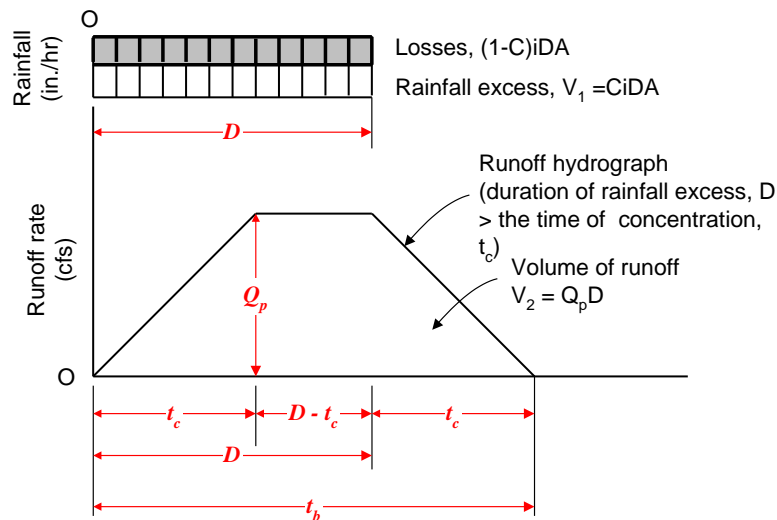
X	Log X	G	m	S <sub>n</sub> (X)	Pr	P <sub>x</sub> (X)	D max
43,75	1,641	-1,539	1,00	0,063	0,972	0,028	0,034
50,27	1,701	-1,119	2,00	0,125	0,896	0,104	0,021
55,78	1,746	-0,805	3,00	0,188	0,779	0,221	-0,033
61,19	1,787	-0,525	4,00	0,250	0,661	0,339	-0,089
61,36	1,788	-0,517	5,00	0,313	0,658	0,342	-0,030
65,66	1,817	-0,3123	6,00	0,375	0,572	0,428	-0,053
67,99	1,832	-0,207	7,00	0,438	0,527	0,473	-0,035
69,81	1,844	-0,127	8,00	0,500	0,495	0,505	-0,005
70,03	1,845	-0,118	9,00	0,563	0,492	0,508	0,054
70,79	1,850	-0,085	10,00	0,625	0,481	0,519	0,106
72,61	1,861	-0,008	11,00	0,688	0,456	0,544	0,144
81,22	1,910	0,331	12,00	0,750	0,345	0,655	0,095
106,07	2,026	1,137	13,00	0,813	0,136	0,864	-0,052
134,30	2,128	1,851	14,00	0,875	0,054	0,946	-0,071
143,21	2,156	2,045	15,00	0,938	0,037	0,963	-0,026
						D Max	<b>0,144</b>

Dari hasil uji konsistensi Smirnov-Kolmogorov dipilih metode Log Pearson III karena memenuhi syarat yaitu  $D_{maks} < D_{Cr} = 0,144 < 0,340$ .

## 5. PERENCANAAN TEKNIS

### 5.1. Volume Banjir Akibat *Rigid Pavement* Jalan Tol

Menghitung volume banjir yang diakibatkan oleh lahan yang telah diubah menjadi akses jalan tol dengan kriteria perkerasan kaku sepanjang 8.475 m. Perhitungan volume banjir yang diakibatkan oleh perkerasan kaku mengacu pada Hidrograf Metode Rasional.



**Gambar 1. Hidrograf Metode Rasional**

Rumus :  $Q_p = 0,278 C I A$

Keterangan : koefisien limpasan : C pasca : 0,95

C pra : 0,42

I : Intensitas hujan (mm/jam)

A : Luas lahan (km<sup>2</sup>)

- Menghitung Intensitas (Metode Mononobe)

$$I = \frac{R}{24} \frac{24^{2/3}}{tc}$$

$$I = \frac{94,02}{24} \frac{24^{2/3}}{4}$$

$$I = 12,94 \text{ mm/jam}$$

- Menghitung Debit Puncak (Qp)



$$Q_p = 0,278 * (C_{pasca} - C_{pra}) * I * A$$

$$Q_p = 0,278 * (0,95 - 0,42) * 12,94 * 0,122$$

$$Q_p = 0,232 \text{ m}^3/\text{dt}$$

- Menghitung Tc ( Metode Kirpich)

$$T_c = 0,0195 * L^{0,77} / S^{0,385}$$

$$T_c = 0,0195 * 8475^{0,77} / 0,0108^{0,385}$$

$$T_c = 117,9 \text{ min} = 1,96 \text{ jam}$$

- Menghitung D – Tc ( karena D > Tc)

$$D - T_c = 4 - 1,96$$

$$= 2,04 \text{ jam}$$

- Menghitung Tb

$$T_b = D + T_c$$

$$= 4 + 1,96$$

$$= 5,96 \text{ jam}$$

- Menghitung Volume Limpasan

$$\text{Volume} = ((Q_p * T_c) + (Q_p * (D - T_c))) * 3600$$

$$\text{Volume} = ((0,232 * 1,96) + (0,232 * 2,04)) * 3600$$

$$\text{Volume} = 3.340,8 \text{ m}^3$$

## 5.2. Volume Sumur Resapan Rencana

Sumur resapan yang direncanakan berdiameter 0,46 m dengan kedalaman lubang 3 m. Menghitung kapasitas sumur resapan menggunakan rumus SNI 03-2453-2002.

$$V_{rsp} = \frac{t_c}{24} * A_{tot} * K$$

Keterangan :

Tc : durasi hujan efektif (jam)

Atot : luas dinding sumur + luas alas sumur (m<sup>2</sup>)

K : koefisien permeabilitas (m/hari)

Menghitung luas total sumur resapan :

Karena di dalam pasaran tidak ada ukuran buis beton  $D = 0,46$  m maka digunakan ukuran  $D = 0,5$  m.

$A_{total} = A_{alas} + A_{dinding}$

$$\begin{aligned} &= \frac{\pi * D^2}{4} + \pi * D * H \\ &= \frac{3,14 * 0,5^2}{4} + 3,14 * 0,5 * 3 \\ &= 4,906 \text{ m}^2 \end{aligned}$$

Waktu pengaliran direncanakan 24 jam dan laju permeabilitas sebesar 4,25 cm/jam atau 1,02 m/hari maka dapat dihitung kapasitas sumur resapan sebagai berikut :

$$\begin{aligned} V_{rsp} &= \frac{tc}{24} * A_{tot} * 1,02 \\ &= \frac{0,981}{24} * 4,906 * 1,02 \\ &= 0,204 \text{ m}^3 \end{aligned}$$

### 5.3 Checking Perbandingan Kapasitas Penampang Desain Dengan Beban

Untuk mengetahui apakah saluran drainase yang sudah terpasang (hidrolis) masih mencukupi untuk dibebani debit dengan hujan rencana (beban) maka perlu dilakukan pengecekan. Saluran drainase dinyatakan masih mencukupi apabila  $Q_{beban} < Q_{hidrolis}$ .

Contoh perhitungan : Sal K1 Ki

- $\Delta H$  =  $|El \text{ awal} - El \text{ akhir}| = |214,412 - 212,06| = 2,355$  m
- $S$  =  $\Delta H / L \text{ saluran} = 2,355 / 148,22 = 0,016$
- $n$  = 0,013 (pasangan batu)
- $A$  =  $h(b + mh) = 0,75(0,75 + (1 * 0,75)) = 1,125$  m<sup>2</sup>
- $P$  =  $b + (2h(1 + m^2)^{0,5}) = 0,75 + (2 * 0,75(1 + 1)^{0,5}) = 2,871$  m

- $R = A/P = 1,125 / 2,871 = 0,392$
- $V_h = 1/n * R^{0,67} * S^{0,5} = 1/0,013 * 0,392^{0,67} * 0,016^{0,5} = 5,176 \text{ m/dt}$   
 = jika  $V_h > V_{max}$ , gunakan  $V_{max} = 3,0 \text{ m/dt}$   
 = jika  $V_h < V_{min}$ , gunakan  $V_{min} = 0,6 \text{ m/dt}$
- $T_c = L \text{ limpasan} / V_h = 169,81 / 5,176 = 32,81 \text{ dt (min. 15 menit)}$   
 = jika  $T_c < T_{c \text{ min}}$ , gunakan  $T_{c \text{ min}} = 15 \text{ menit}$
- $I = \frac{R}{24} \frac{24^{2/3}}{t_c} = \frac{94,02}{24} \frac{24^{2/3}}{0,25} = 83,39 \text{ mm/jam}$
- $Q_h = A \times V_h = 1,125 * 3,0 = 3,375 \text{ m}^3/\text{dt}$
- $Q_b = 0,278 \text{ CIA}$   
 =  $0,278 * (0,95 - 0,42) * 83,39 * 0,00367 = 0,045 \text{ m}^3/\text{dt}$
- $Q_h > Q_b$ , OK.

#### 5.4. Perhitungan Sumur Resapan Yang Terpasang

Data Saluran :

Nama Saluran	= S1 Ki
Panjang Saluran	= 148,22 m
Luas Lahan	= 0,0037 km <sup>2</sup>
Jarak Min antar Sumur	= 4,00 m
R24 periode 5 th	= 94,02 mm

- Perhitungan  $T_c$

$$T_c = (0,9 * R^{0,92}) / 60$$

$$T_c = (0,9 * 94,02^{0,92}) / 60$$

$$T_c = 0,981 \text{ jam}$$

- Perhitungan Volume Sumur Resapan

$$V_{\text{sumur}} = \frac{1}{4} \pi D^2 x H = \frac{1}{4} \pi 0,5^2 x 3 = 0,588 \text{ m}^3$$

$$V_{\text{srp}} = T_c / 24 * \text{Luas Sumur} * K_{\text{rata-rata}}$$

$$V_{srp} = 0,981/24 * 4,906 * 1,02$$

$$V_{srp} = 0,204 \text{ m}^3$$

Karena  $V_{srp} < V_{sumur}$  yaitu  $0,204 < 0,588$  maka digunakan  $V_{sumur} = 0,588 \text{ m}^3$

### **5.5. Jumlah Kebutuhan Sumur Resapan**

Menghitung jumlah kebutuhan sumur resapan yaitu :

$$\begin{aligned} \text{jumlah sumur resapan} &= \frac{V. \text{ banjir}}{V. \text{ sumur}} \\ &= \frac{3.340,8}{0,588} \\ &= 5.682 \text{ buah} \end{aligned}$$

### **5.6. Rekapitulasi Jumlah Kebutuhan Sumur Resapan**

Akibat perubahan tata guna lahan yang telah berubah menjadi jalan tol Semarang – Solo sehingga menimbulkan volume limpasan yang harus ditanggulangi sebesar  $3.340,8 \text{ m}^3$  dengan jumlah akan kebutuhan sumur resapan sebesar 5.682 buah. Lahan yang ada sangat kurang untuk kebutuhan sumur resapan sehingga menurut SNI 03-2453-2002 sumur resapan yang bisa dipasang sebanyak 2.581 buah dengan volume sebesar  $1.517,6 \text{ m}^3$  dari kebutuhan total, yaitu sama dengan 45,42 % dari yang dibutuhkan untuk menanggulangi debit banjir akibat pembangunan jalan tol.

## **6. PENUTUP**

### **Kesimpulan**

Drainase yang berwawasan lingkungan yang dicoba direncanakan pada proyek pembangunan jalan tol Semarang – Solo ini bertujuan untuk menganalisa dampak pembangunan akibat kawasan yang terbangun khususnya pembangunan jalan tol Semarang – Solo.

Drainase yang berwawasan lingkungan ini bertujuan untuk mengembalikan parameter limpasan air seperti sebelum adanya pembangunan tol Semarang – Solo. Untuk mengetahui perubahan tersebut maka perencanaan

wilayah dimodelkan dalam dua kondisi yang berbeda, yaitu kondisi dimana sebelum adanya pembangunan jalan tol Semarang – Solo dan kondisi kedua dimana sesudah adanya pembangunan jalan tol Semarang – Solo tersebut. Hasil analisa pada pembangunan jalan tol Semarang – Solo mengakibatkan bertambahnya volume limpasan sebesar 3.340,8 m<sup>3</sup> dan debit puncak limpasan sebesar 0,232 m<sup>3</sup>/detik.

Metode yang direncanakan adalah dengan pembuatan drainase yang berwawasan lingkungan dengan cara pembuatan sumur resapan yang merupakan fasilitas eko-drainase. Dari hasil analisa, pembangunan sumur resapan sebanyak 2.581 buah dengan volume resapan sebesar 1.517,628 m<sup>3</sup> dapat mengurangi dampak dari pembangunan jalan tol Semarang – Solo sebesar 45,42 % dari yang dibutuhkan untuk menanggulangi debit banjir akibat pembangunan jalan tol.

## **8.2 Saran**

Saran untuk perencanaan drainase yang berwawasan lingkungan antara lain :

1. Dalam teknis pelaksanaannya, sumur resapan direncanakan agar mampu menampung dan meresapkan debit air hujan yang diperhitungkan. Oleh sebab itu, sekeliling dinding sumur dapat diberi pelindung yang berupa plesteran, pasangan batu bata, batu kosong atau tanpa diberi pelindung. Untuk penutup sumur diberi plastik atau plat beton agar aman.
2. Mengingat kondisi muka air tanah yang menurun dari tahun ke tahun, maka penggunaan sumur resapan ini adalah salah satu solusi yang paling memungkinkan untuk konservasi air tanah, sehingga kepada para pemerhati lingkungan, penulis menyarankan untuk mempertimbangkan penggunaan sumur resapan ini pada kawasan terbangun.

## **DAFTAR PUSTAKA**

- Harto, Sri Br. 1993. *Analisis Hidrologi*. Jakarta : PT. Gramedia Pustaka Utama.
- Suripin, 2004. *Sistem Drainase Perkotaan yang Berkelanjutan*. Yogyakarta: Andi
- Triatmojo, Bambang.2008. *Hidrologi Terapan*. Yogyakarta: Beta Offset

Hinman, Curtis. 2005. *Low Impact Development – Technical Guidance Manual for Puget Sound*. Olympia (USA) : PSAT

Montarich, Lily. 2010. *Hidrologi Praktis*. Bandung : Lubuk Agung

SNI 03-2453-2002

Marpaung, Raymond. 2012. *Model Pengelolaan Air Baku Air Minum Berbasis Daerah Aliran Sungai (Studi Kasus : DAS Babon Semarang)*. Bogor: IPB (Bogor Agricultural University)