

**Evaluasi Sistem Drainase *Underpass* Yogyakarta International Airport (YIA)****Yudhi Ardiansyah<sup>1</sup>, Iman Satyarno<sup>2</sup>, Radianta Triatmadja<sup>3</sup>, Intan Supraba<sup>4</sup>**Fakultas Teknik, Universitas Gadjah Mada<sup>1,2,3,4</sup>email: yudhiardiansyah85@mail.ugm.ac.id<sup>1</sup>, imansatyarno@ugm.ac.id<sup>2</sup>, radianta@ugm.ac.id<sup>3</sup>,  
intan.supraba@ugm.ac.id<sup>4</sup>DOI: <http://dx.doi.org/10.31869/rtj.v5i2.3074>

**Abstract :** *Evaluasi terhadap sistem drainase underpass YIA perlu dilakukan untuk mengetahui kemampuan sistem drainase yang terdiri atas saluran samping, bak penampung dan pompa dalam mencegah terjadinya genangan. Evaluasi saluran samping dilakukan dengan membandingkan debit maksimum pada kala ulang 2, 5, 10, 25, 50 dan 100 tahun dengan kapasitas saluran terbangun. Adapun evaluasi bak penampung dan pompa dilakukan dengan melakukan simulasi routing volume akumulasi air yang masuk pada durasi hujan (td) sama dengan waktu konsentrasi (tc), 2tc, 3tc dan durasi hujan lebat dominan. Hasil evaluasi menunjukkan dimensi saluran samping yang terpasang mampu menanggulangi debit maksimum limpasan sampai dengan kala ulang 100 tahun. Evaluasi terhadap bak penampung menunjukkan untuk  $td=tc$ ,  $td=2tc$  dan  $td=3tc$  kondisi sump pit akan aman apabila minimal 2 unit pompa dioperasikan secara bersamaan. Sedangkan untuk durasi lebih ekstrem (durasi hujan lebat dominan) 2 unit pompa hanya mampu mengatasi overcapacity akibat hujan dengan kala ulang 2 sampai dengan 10 tahun. Hasil evaluasi pada kinerja pompa menunjukkan faktor keamanan pompa menunjukkan nilai  $< 1$  apabila yang beroperasi hanya 1 unit pompa sedangkan untuk kondisi 2 unit pompa beroperasi bersamaan nilai faktor keamanan menunjukkan angka di atas 1 (aman) untuk durasi hujan singkat. Pada hujan dengan durasi ekstrem, faktor keamanan menunjukkan angka aman untuk hujan dengan kala ulang rendah.*

**Keywords:** *underpass, drainase, pompa, debit, faktor keamanan*

**PENDAHULUAN**

Lokasi pembangunan Yogyakarta International Airport (YIA) tepat berada di ruas Jalur Jalan Lintas Selatan (JJLS)/ Jalan Deandels sehingga memotong ruas jalan tersebut sepanjang + 1,3 km. JJLS sejatinya merupakan jalur alternatif yang menghubungkan Provinsi DIY dengan Provinsi Jawa tengah. Untuk menjaga agar fungsi JJLS sebagai jalur alternatif tetap berjalan, maka dibangun *underpass* tepat di bawah area YIA.

Berdasarkan penelitian Kelana (2019), kemungkinan akan terdapat peningkatan debit limpasan akibat rencana pengembangan Aerotropolis di sekitar YIA yaitu sebesar 36% di Daerah Tangkapan Air (DTA) Saluran Temon dan 272% pada DTA saluran Sindutan.

Pembangunan *underpass* sendiri tentu juga memiliki kemungkinan peningkatan debit limpasan. Dalam penelitiannya, Muharomah (2014) mengemukakan pada pembangunan *Underpass* Simpang Patal Palembang mengakibatkan perubahan debit limpasan

antara 0,16 % - 90% pada *catchment* area di sekitar *underpass*.

Sebagai bangunan yang berada di bawah permukaan tanah, struktur *underpass* rawan terganggu fungsinya akibat genangan air, untuk itu memerlukan sistem drainase yang baik untuk menanggulangi limpasan air hujan yang masuk dari permukaan sehingga tidak menimbulkan genangan di dalam badan *underpass*. Sistem drainase merupakan salah satu elemen penting dalam suatu bangunan *underpass*. Sistem drainase yang baik diperlukan untuk menyalurkan limpasan air hujan keluar dari *underpass* sehingga operasional *underpass* tidak terganggu.

Secara garis besar, sistem drainase pada *Underpass* YIA terdiri atas tiga bagian utama yaitu Saluran samping, bak penampung (*sump pit*) dan pompa. Ketiga bagian utama tersebut memiliki potensi gangguan yang berujung kejadian banjir atau timbulnya genangan pada badan *underpass*.

Bagian saluran samping dan *sump pit* biasanya terganggu oleh sampah atau padatan

yang masuk terbawa air hujan sehingga kapasitas saluran dan *sump pit* akan berkurang.

Pada bagian pompa gangguan seringkali terjadi akibat daya yang kurang atau perawatan yang buruk sehingga pompa tidak berfungsi optimal. Saat kondisi ekstrim yaitu ketika curah hujan tinggi dengan durasi yang panjang, gangguan terhadap pompa mengakibatkan air yang masuk ke dalam *sump pit* tidak terbuang ke badan air sehingga bisa menimbulkan genangan yang menutup badan *underpass*.

Mencermati potensi gangguan yang mungkin timbul sebagaimana uraian di atas, penelitian ini akan mengevaluasi kapasitas saluran samping, *sump pit* dan pompa dalam menanggulangi kejadian hujan yang terjadi pada kala ulang bervariasi yaitu 2, 5, 10, 25, 50 dan 100 tahun. Selain itu juga dilakukan evaluasi terhadap keamanan pompa dengan menghitung faktor keamanan pompa terhadap debit puncak yang terjadi pada masing-masing kala ulang serta melakukan simulasi berupa skenario kejadian ekstrim timbulnya genangan di dalam *underpass* dan skenario pengosongannya.

## TINJAUAN PUSTAKA

### Metode Rasional

Metode Rasional digunakan untuk memperkirakan debit puncak yang ditimbulkan dari hujan pada daerah tangkapan. Parameter hidrologi yang diperhitungkan antara lain adalah intensitas hujan, durasi hujan, frekuensi hujan, luas daerah tangkapan, abstraksi (kehilangan air akibat evaporasi, intersepsi, infiltrasi, tampungan permukaan) dan konsentrasi aliran (Triatmodjo, 2008).

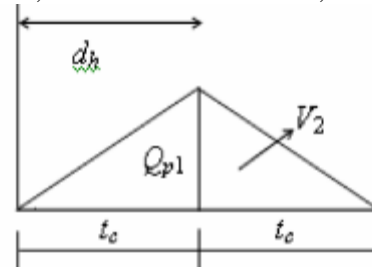
### Hidrograf Rasional

Untuk area dengan hujan merata dan mempunyai intensitas hujan tetap dapat dianalisis hidrografnya dengan metode rasional (Susilowati, 2007).

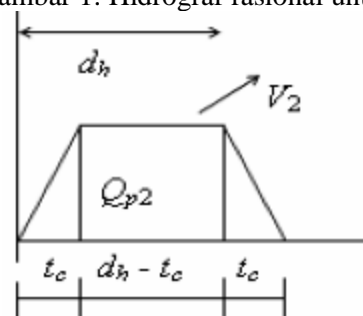
Data hujan yang digunakan pada penelitian ini adalah data hujan harian maksimum yang tidak diketahui distribusi hujan tiap waktunya, untuk itu area penelitian dianggap memiliki hujan merata dan intensitas hujannya tetap.

Hidrograf rasional ini akan berguna untuk analisa kapasitas dan keamanan bak penampung (*sump pit*). Terdapat tiga parameter yang mempengaruhi bentuk hidrograf yaitu waktu konsentrasi ( $t_c$ ), durasi hujan ( $d_h$ ) dan debit puncak ( $Q_p$ ). Tiga jenis

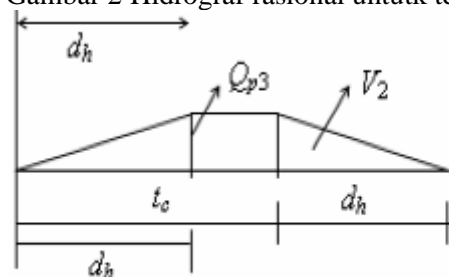
bentuk hidrograf terkait tiga parameter tersebut yakni bentuk hidrograf segitiga yang terjadi apabila  $t_c = d_h$ , bentuk trapesium apabila  $t_c < d_h$  (Wanielista, 1990 dalam Susilowati, 2007) dan bentuk trapesium tetapi debit puncaknya tidak sama dengan debit puncak pada kondisi yang lain untuk  $t_c > d_h$  (Sobriyah dan Purwanti, 1998 dalam Susilowati, 2007).



Gambar 1. Hidrograf rasional untuk  $t_d = t_c$



Gambar 2. Hidrograf rasional untuk  $t_d > t_c$



Gambar 2. Hidrograf rasional untuk  $t_d < t_c$

## METODE PENELITIAN

### Lokasi Penelitian

Penelitian dilakukan di lokasi *Underpass Yogyakarta International Airport* yang beralamat di Desa Galagah, Kec. Temon, Kab. Kulon Progo, Prov D.I.Y. Lokasi penelitian ditunjukkan pada gambar 4

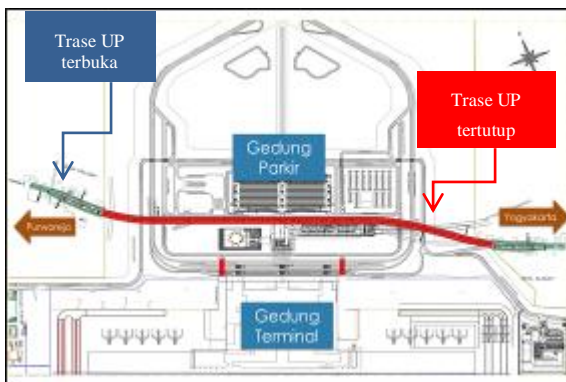
Area tertutup *Underpass YIA* berada tepat di bawah bandara, di antara gedung parkir dan gedung terminal. Adapun bagian inlet (masuk) dan outlet (keluar) yang berupa area terbuka terkoneksi langsung dengan Jalan Jalur Lintas Selatan (JJLS).

Untuk fokus penelitian kali ini evaluasi sistem drainase dilakukan pada sistem drainase

area *underpass* terbuka di sisi timur dan barat. Sistem drainase pada masing-masing sisi terdiri atas saluran samping, bak penampung (*sump pit*) dan pompa.



Gambar 4. Lokasi penelitian



Gambar 3. 1. Denah YIA dan posisi *underpass*

**Daerah Pengaliran**

Untuk fokus penelitian kali ini evaluasi sistem drainase dilakukan pada sistem drainase area *underpass* terbuka di sisi timur dan barat. Sistem drainase pada masing-masing sisi terdiri atas saluran samping, bak penampung (*sump pit*) dan pompa.



Gambar 5. Area pengaliran Underpass YIA sisi timur (arah Yogyakarta)

Gambar 5 menggambarkan area pengaliran pada *inlet/outlet underpass* di sisi timur (arah Yogyakarta). Air hujan yang jatuh pada area dengan arsiran berwarna kuning akan mengalir ke saluran di samping kiri dan kanannya dan grill atas untuk selanjutnya di alirkan ke *sump pit* yang terletak persis di bawah rumah pompa tepat di pintu masuk *underpass*.

Untuk area dengan arsiran merah air akan mengalir ke saluran samping kiri-kanannya dan grill bawah untuk selanjutnya mengalir ke *sump pit* pada lokasi yang sama. Sama halnya dengan sisi barat *underpass*, perhitungan saluran dibagi menjadi saluran samping grill atas dan grill bawah.

**Data Yang digunakan**

**a. Data Curah Hujan**

Data yang digunakan untuk evaluasi sistem drainase *underpass* ini adalah data curah hujan maksimum harian yang dicatat oleh stasiun hujan milik Stasiun Klimatologi BMKG dan stasiun hujan yang dikelola datanya oleh Balai Besar Wilayah Sungai Serayu-Opak (BBWS-SO).

Tabel 1. Curah hujan harian maksimum pos-pos hujan di sekitar YIA

Tahun	Curah Hujan Maksimum (mm)			
	Temon *)	Wates *)	Kokap *)	Beji Ngawen* *)
2009	123	62	94	59,5

Tahun	Curah Hujan Maksimum (mm)			
	Temon*)	Wates*)	Kokap*)	Beji Ngawen*)
2010	167	88	118	0
2011	90	122	144	63,4
2012	149	101	63	79,7
2013	101	114	104	69,2
2014	150	135	41	104,8
2015	158	150	102	69,1
2016	225	280	254	130,1
2017	177	202	163	192,5
2018	105	75	75	81,7

Keterangan : \*) : Sumber data Staklim BMKG DIY

\*\*) : Sumber data BBWS Serayu Opak

### b. Data Durasi Hujan Lebat Dominan

Data durasi hujan lebat dominan digunakan sebagai acuan durasi hujan pada simulasi *routing* pengisian *sump pit*. Data yang digunakan merupakan data durasi hujan dominan pada stasiun-stasiun pemantau hujan di sekitar area Gunung Merapi yang bersumber dari penelitian Sofia (2017). Adapun data yang digunakan adalah sebagai berikut :

Tabel 2. Durasi hujan lebat dominan pada stasiun hujan di sekitar Gunung Merapi (Sofia, 2017)

No	Stasiun Hujan	Durasi (Jam)
1	Plawangan	3
2	Jrakah	4
3	Babadan	8
4	Deles	8
5	Gn. Maron	3
6	Kaliurang	3
7	Ngandong	3
8	Batur	4
9	Argomulyo	2
11	Ngepos	3
12	Talun	4
13	Girikerto	2
14	Plosokerep	2
15	Pucanganom	3
16	Pakem	3
17	Sukorini	2
18	Sorasan	3
19	Sopalan	2
20	Randugunting	3

Stasiun-stasiun hujan sebagaimana pada tabel 2 lebih banyak tersebar di wilayah utara

DIY dekat dengan puncak Gunung Merapi yang jaraknya jauh dari lokasi *Underpass* YIA, oleh karena itu untuk simulasi *routing* pengisian *sump pit* drainase *Underpass* YIA dipilih durasi hujan pada stasiun yang posisinya lebih ke selatan, lebih dekat dengan *Underpass* YIA yaitu Stasiun Sukorini, Sorasan, Sopalan dan Randugunting.

### Penentuan Stasiun Hujan

Untuk menentukan stasiun hujan yang paling berpengaruh terhadap *Underpass* YIA, masing-masing lokasi stasiun hujan akan dihubungkan dan dibuat Polygon Thiessen sebagaimana ditunjukkan Gambar 6



Gambar 6. Penggambaran Polygon Thiessen

### Perhitungan Debit Puncak

Perhitungan debit puncak dilakukan dengan persamaan metode rasional yang ditunjukkan pada persamaan berikut.

$$Q = 0,278 \times C \times I \times A$$

Dimana Q adalah debit limpasan dengan kala ulang T tahun ( $m^3$ ), C koefisien pengaliran ( $0 \leq C \leq 1$ ), I adalah intensitas hujan untuk waktu konsentrasi  $t_c$  dan kala ulang T tahun (mm/jam) dan A adalah luas daerah tangkapan ( $km^2$ ).

Debit puncak akan dihitung pada berbagai kala ulang mulai dari kala ulang 2 tahun, 5 tahun, 10 tahun, 25 tahun, 50 tahun dan 100 tahun. Hasil dari perhitungan debit puncak kemudian dibandingkan dengan kapasitas saluran. dan bak penampung pada sistem drainase yang telah terbangun.

### Perhitungan Kapasitas Saluran

Untuk perhitungan kapasitas saluran digunakan Metode Manning yang memiliki persamaan sebagai berikut :

$$V = \frac{1}{n} R^{2/3} S^{1/2}$$

Dimana V adalah kecepatan aliran, R adalah jari-jari hidrolis, S kemiringan saluran dan n adalah koefisien Manning.



Ukuran dimensi saluran yang terdiri atas lebar dan tinggi saluran diperoleh dari gambar desain *underpass* yang telah dibangun. Besarnya kapasitas saluran akan dibandingkan dengan debit puncak yang terjadi pada masing-masing kala ulang 2, 5, 10, 25, 50 dan 100 tahun untuk mengetahui kemampuan saluran dalam mengantisipasi debit banjir.

### Kapasitas Bak Penampung dan Pompa

Kapasitas *sump pit* dan pompa dievaluasi dengan melakukan simulasi pengisian bak penampung (*routing*). *Routing* dilakukan dengan 3 asumsi durasi kejadian hujan yaitu durasi hujan sama dengan waktu konsentrasi ( $t_d = t_c$ ), durasi hujan 2 kali waktu konsentrasi ( $t_d = 2 t_c$ ) dan durasi hujan 3 kali waktu konsentrasi ( $t_d = 3 t_c$ ). Kemudian dibuat grafik plot antara volume air yang masuk dengan durasi hujan.

Volume air hujan yang akan mengisi *sump pit* dapat dihitung dengan hidrograf rasional. Volume limpasan dapat dinyatakan sebagai luas bidang yang terbentuk dari hidrograf rasional dengan menggunakan persamaan berikut :

$$t_c = d_h \text{ Volume limpasan (V) = } Q_p \times t_c$$

$$t_c < d_h \text{ Volume limpasan (V) = } Q_p \times d_h$$

Dari *routing* ini dapat diketahui waktu saat akumulasi volume air hujan yang masuk ke bak penampung melampaui volume bak penampung. Dari simulasi ini juga dapat diketahui kemampuan pompa yang telah terpasang dalam menanggulangi genangan akibat limpasan air hujan.

## HASIL DAN PEMBAHASAN

### Dimensi dan Kapasitas Saluran

Berdasarkan hasil perhitungan menggunakan persamaan manning, diperoleh hasil kapasitas maksimal saluran sebagaimana pada tabel berikut

Tabel 3. Dimensi dan kapasitas saluran

Area	B (m)	h (m)	P (m)	R (m)	V (m/s)	Q (m <sup>3</sup> /s)
barat-utara	0,7	0,55	1,8	0,21	4,77	1,84
barat-selatan	0,7	0,99	2,7	0,26	5,40	3,73
timur-utara	0,7	0,55	1,8	0,214	4,77	1,84

timur-selatan	0,7	0,99	2,7	0,258	5,40	3,73
---------------	-----	------	-----	-------	------	------

Perhitungan hidrologis menunjukkan hasil debit puncak masing-masing kala ulang sebagaimana pada tabel 3. debit puncak pada kala ulang perencanaan (10 tahun) sebesar 0,12 m<sup>3</sup>/s. Paling besar debit puncak pada kala ulang 100 tahun sebesar 0,15 m<sup>3</sup>/s. Bila dibandingkan dengan kapasitas maksimal saluran, untuk debit puncak paling besar kapasitas saluran masih sangat mampu menampung debit puncak yang masuk.

Perlu menjadi perhatian agar kapasitas saluran tetap aman, untuk dilakukan pengawasan dan perawatan sehingga kapasitas saluran tidak berkurang akibat sampah maupun endapan yang terbawa air limpasan hujan.

Tabel 4. Perbandingan kapasitas saluran dan debit maksimum kala hujan

Area	Q saluran (m <sup>3</sup> /s)	Q max (m <sup>3</sup> /s)					
		2	5	10	25	50	100
barat-utara	1,84	0,07	0,08	0,09	0,10	0,11	0,11
barat-selatan	3,73	0,07	0,08	0,09	0,10	0,11	0,11
timur-utara	1,84	0,09	0,11	0,12	0,13	0,14	0,15
timur-selatan	3,73	0,09	0,11	0,12	0,13	0,14	0,15

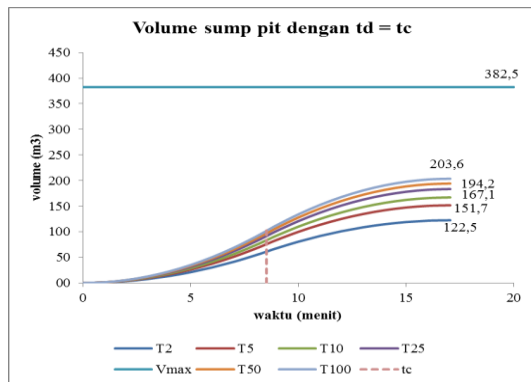
### Kapasitas Bak Penampung

Simulasi pengisian bak penampung dilakukan pada *sump pit* di kedua sisi yaitu *sump pit* timur dan *sump pit* barat. Hasil simulasi pada kedua *sump pit* memberikan pola yang kurang lebih sama, untuk itu pada bagian hasil ini akan ditampilkan hanya hasil simulasi pada *sump pit* timur saja.

Grafik *routing* merupakan grafik hubungan antara waktu dengan akumulasi volume air yang masuk ke bak penampung. Volume bak penampung diplot sama sepanjang waktu menjadi garis batas kritis sebelum air melimpas ke badan *underpass* menimbulkan genangan. Sebagai patokan adalah volume maksimal *sump pit* sebesar 382,5m<sup>3</sup>

Hasil dari plotting durasi hujan dan volume akumulasi yang masuk ke air di *sump pit* timur ditunjukkan pada gambar 7. sampai dengan 8

Pada gambar 5. dapat dilihat, saat durasi hujan sama dengan waktu konsentrasi, volume akumulasi air hujan yang masuk ke dalam *sump pit* masih relatif aman di bawah volume maksimal *sump pit*.



Gambar 7. Grafik volume pada *sump pit* timur dengan  $t_d = t_c$  tanpa pompa

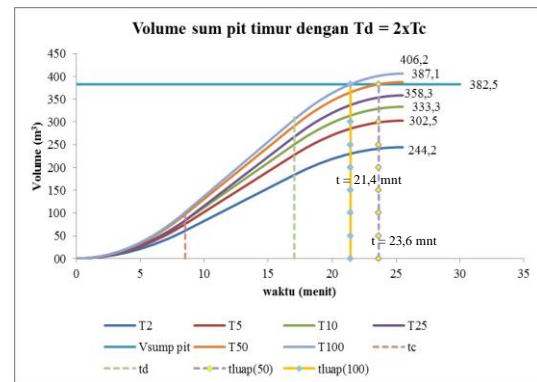
Untuk durasi hujan 2 kali waktu konsentrasi, tanpa beroperasinya pompa, volume maksimal *sump pit* mulai terlampaui saat terjadi hujan dengan debit maksimal kala ulang 50 tahun dan 100 tahun. Pada hujan dengan kala ulang 50 tahun terlampaui mulai menit ke 23,6 sedangkan pada kala ulang 100 tahun terlampaui di menit ke 21,4. Grafik *routing sump pit* untuk drasi hujan 2 kali waktu konsentrasi dapat dilihat pada gambar 6

Gambar 9 menunjukkan grafik durasi hujan 3 kali waktu konsentrasi. Dengan durasi hujan yang lebih panjang, volume maksimal *sump pit* sudah mulai terlampaui oleh debit puncak pada kala ulang 10 tahun. Untuk debit puncak kala ulang 10 tahun, volume maksimal *sump pit* mulai terlampaui pada menit ke 23,8. Sedangkan untuk debit kala ulang 100 tahun volume maksimal *sump pit* terlampaui mula menit 20,27.

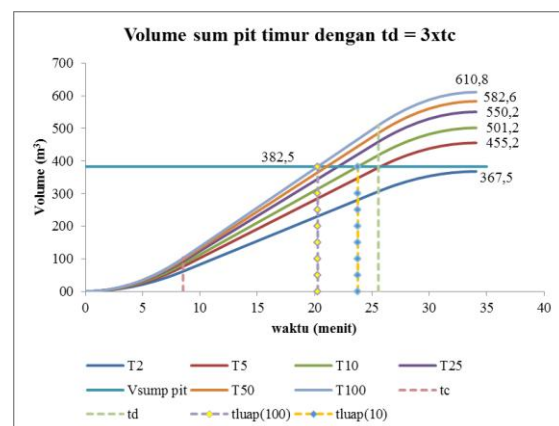
Dengan terlampauinya volume *sump pit* maka perlu dilakukan pengoperasian pompa agar air tidak meluap ke badan *underpass*. Saat ini telah terpasang pompa dengan kapasitas  $0,153 \text{ m}^3/\text{s}$  sebanyak dua buah pada masing-masing *sump pit*. Grafik berikutnya akan menyajikan pengaruh pompa dalam mengantisipasi luapan air hujan yang masuk ke dalam *sump pit*.

Berikutnya dilakukan simulasi dengan pengoperasian pompa kapasitas  $0,153 \text{ m}^3/\text{dtk}$ .

Pompa dipasang otomatis saat ketinggian air di *sump pit* mencapai 2 m.



Gambar 8. Grafik volume pada *sump pit* timur dengan  $t_d = 2t_c$  tanpa pompa

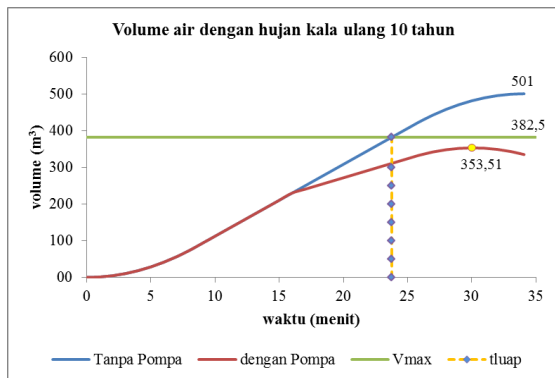


Gambar 9. Grafik volume pada *sump pit* timur dengan  $t_d = 3t_c$  tanpa pompa

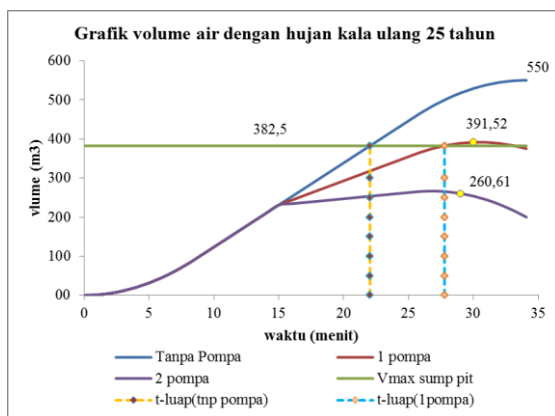
Hasil dari simulasi pengoperasian pompa menunjukkan, untuk kala ulang 5 dan 10 tahun pengoperasian 1 unit pompa sudah cukup untuk menurunkan volume maksimal air di bawah volume maksimal *sump pit* sebagaimana ditunjukkan pada gambar 9.

Untuk kala ulang yang lebih tinggi, 25 tahun sampai dengan 100 tahun, hasil simulasi menunjukkan pengoperasian 1 unit pompa saja tidak cukup sehingga perlu dioperasikan dua unit pompa dengan kapasitas yang sama  $0,153 \text{ m}^3/\text{dtk}$  secara bersamaan.

Dapat dilihat pada gambar 10. untuk kala ulang yang lebih tinggi pengoperasian satu unit pompa saja tidak cukup mengatasi luapan. Pada kala ulang 25 tahun, satu unit pompa menurunkan volume akumulasi yang masuk menjadi  $391,52 \text{ m}^3$ . Angka tersebut masih melampaui volume maksimal *sump pit* sebesar  $382,5 \text{ m}^3$  untuk itu perlu ditambahkan 1 unit pompa lagi untuk menurunkan volume di bawah volume maksimal *sump pit* menjadi  $260,61 \text{ m}^3$ .

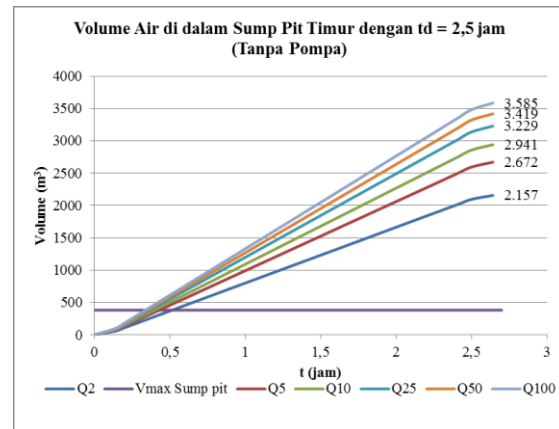


Gambar 10. Volume air hujan kala ulang 10 tahun dengan 1 unit pompa



Gambar 11. Volume air hujan kala ulang 25 tahun dengan 2 unit pompa

Selain dengan durasi hujan sama dengan  $t_c$ ,  $2t_c$  dan  $3t_c$ , simulasi *routing* juga dilakukan dengan menggunakan durasi hujan yang lebih panjang. Durasi hujan yang digunakan adalah rata-rata durasi hujan pada stasiun pemantauan hujan Gunung Merapi yang berada lebih dekat dengan *underpass* YIA yaitu Stasiun Sukorini, Sorasan, Sopalam dan Randugunting. Berdasarkan penelitian Sofia (2017), rata-rata durasi hujan lebat dominan pada pos-pos tersebut adalah 2,5 jam atau 150 menit.



Gambar 12. Volume air pada sump pit timur tanpa pemompaan

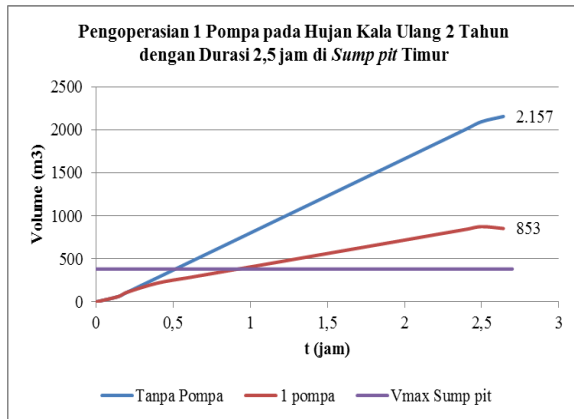
Hasil *routing* pada *sump pit* timur menunjukkan dengan durasi lebih panjang, pada kondisi tanpa pemompaan, semua debit puncak pada kala ulang 2 tahun sampai dengan 100 tahun menyebabkan luapan air hujan akibat volume air hujan yang masuk melebihi kapasitas *sump pit*. Pada gambar 11 dapat dilihat tanpa proses pemompaan, dengan durasi 2,5 jam (150 menit) hujan kala ulang 2 tahunan menghasilkan air hujan dengan volume mencapai 2.157 m<sup>3</sup>. Hujan dengan kala ulang 10 tahun yang menjadi dasar perencanaan menghasilkan volume air hujan mencapai 2.941 m<sup>3</sup>.

Pengoperasian 1 unit pompa ternyata juga tidak cukup untuk mengatasi luapan air hujan dari *sump pit* ke badan *underpass*. Penurunan volume air memang terjadi namun tidak cukup untuk menjaga agar tidak limpasan air hujan sebagaimana diperlihatkan gambar 4.7 dan 4.8.

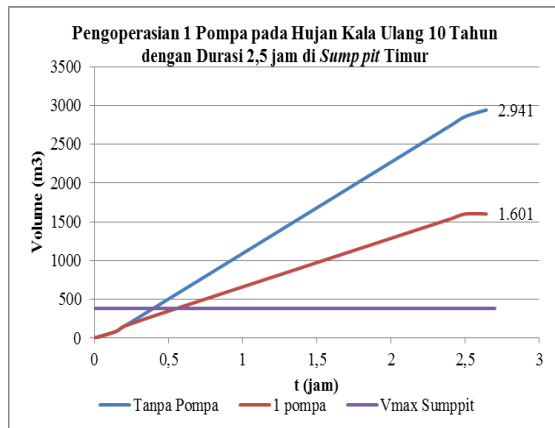
Gambar 12 menunjukkan kondisi penurunan volume air hujan yang masuk ke dalam *sump pit* pada hujan dengan kala ulang 2 tahun. Dapat dilihat dengan beroperasinya 1 unit pompa, volume maksimal yang masuk menurun dari semula 2.157 m<sup>3</sup> menjadi 853 m<sup>3</sup>. Untuk kala ulang 10 tahun bisa dilihat pada gambar 4.9, volume maksimal semula 2.941 m<sup>3</sup> turun menjadi 1.601 m<sup>3</sup>.

Selanjutnya simulasi dengan pengoperasian dua unit pompa yang dinyalakan bersamaan secara otomatis pompa menyala saat ketinggian  $\pm 1,5$  meter. Hasil dari pengoperasian 2 unit pompa ini menunjukkan hasil yang cukup baik pada kala ulang hujan 2 tahun sampai dengan 10 tahun, ditunjukkan dengan menurunnya volume maksimal yang masuk ke dalam *sump pit* sehingga *sump pit* aman dari limpasan air hujan. Sebagai contoh

untuk kala ulang hujan 5 tahun seperti pada gambar 13, volume maksimal air yang masuk turun dari semula 2.672 m<sup>3</sup> menjadi 9,44 m<sup>3</sup>

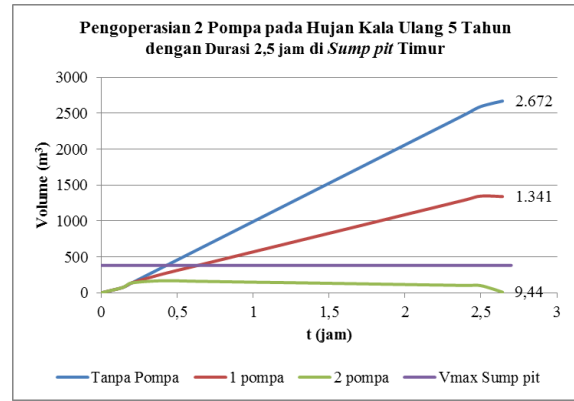


Gambar 13. Pengoperasian 1 unit Pompa pada Hujan Kala Ulang 2 tahun dengan durasi panjang di Sump pit Timur

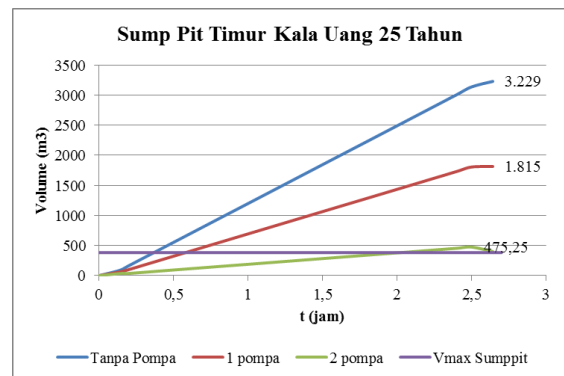


Gambar 14 Pengoperasian 1 Pompa pada Hujan Kala Ulang 10 tahun dengan durasi panjang di Sump pit Timur

Untuk hujan dengan kala ulang di atas 10 tahun yaitu 25 tahun sampai dengan 100 tahun, penggunaan dua unit pompa tidak mampu mengatasi kelebihan kapasitas *sump pit* akibat limpasan air hujan. Meskipun titik mula pengoperasian pompa sudah diturunkan dari semula saat ketinggian 1,5 meter menjadi 0,5 meter kedua pompa secara otomatis menyala bersamaan. Dapat dilihat pada gambar 4.11 dan 14 pengaruh pengoperasian dua unit pompa bersamaan dalam menanggulangi hujan dengan kala ulang 25 tahun dan 100 tahun.

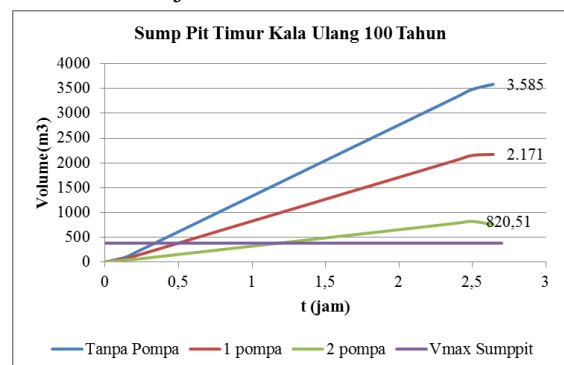


Gambar 15. Pengoperasian 2 Pompa pada Hujan Kala Ulang 5 tahun dengan durasi panjang di Sump pit Timur



Gambar 16 Pengoperasian 2 Pompa pada Hujan Kala Ulang 25 tahun dengan durasi panjang di Sump pit Timur

Untuk kejadian hujan dengan kala ulang 25 tahun, dengan pengoperasian dua unit pompa berhasil menurunkan volume maksimal air yang masuk *sump pit* dari semula 3.299 m<sup>3</sup> menjadi 475 m<sup>3</sup>. Sedangkan untuk kala ulang 100 tahun volume maksimal turun dari semula 3.585 m<sup>3</sup> menjadi 820,51 m<sup>3</sup>



Gambar 17. Pengoperasian 2 Pompa pada Hujan Kala Ulang 100 Tahun dengan durasi panjang di Sump pit Timur



### 4.3. Faktor Keamanan Pompa

Keamanan pompa dalam hal ini merupakan kemampuan pompa dalam menangani debit puncak air hujan yang masuk ke sistem drainase. Faktor keamanan pompa juga dapat ditinjau sebagai kemampuan pompa dalam menanggulangi luapan air dari *sump pit* dengan membandingkan volume maksimal air yang masuk dengan volume maksimal *sump pit*.

Tabel 5 Vmax di *sump pit* timur

Vmax di <i>Sump pit</i> timur (m <sup>3</sup> )			
2tc			
Kala ulang	Tanpa pompa	1 pompa	2 pompa
2thn	244,46		
5thn	302,79		
10thn	333,34		
25thn	358,29		
50 thn	387,50	297,48	
100thn	406,24	315,43	
Vmax di <i>Sump pit</i> timur (m <sup>3</sup> )			
3tc			
Kala ulang	Tanpa pompa	1 pompa	2 pompa
2thn	367,55	272,34	
5thn	455,25	327,69	
10thn	501,18	353,51	
25thn	550,25	391,52	266,60
50 thn	582,61	423,04	295,24
100thn	610,80	441,44	301,92

Tabel 5 di atas menunjukkan volume maksimum akumulasi air yang masuk ke dalam *sump pit* pada berbagai kala ulang dan durasi hujan. Dari tabel dapat dilihat volume akumulasi air hujan yang masuk pada masing-masing kala ulang hujan dengan nilai melampaui volume maksimal *sump pit*. Definisi faktor keamanan pompa yaitu kemampuan pompa dalam menanggulangi terjadinya luapan air dari *sump pit* ke badan *underpass* untuk itu nilai faktor kemanannya diperoleh dari membandingkan volume maksimum air yang masuk dengan volume maksimal *sump pit*. Tabel 6 memberikan hasil nilai faktor keamanan pada masing-masing durasi hujan dan kala ulang hujan.

Faktor keamanan 1 unit pompa dari hasil simulasi yang dilakukan diperoleh angka yang sangat kecil, bahkan untuk hujan dengan kala

ulang tinggi pada durasi hujan yang panjang memberikan angka keamanan di bawah 1. Nilai faktor keamanan semakin bertambah dengan dioperasikannya 2 unit pompa secara bersamaan. Pada kala ulang tinggi memberikan angka di atas satu yang menunjukkan *underpass* aman dari luapan air hujan.

Tabel 6. Faktor keamanan Pompa di *sump pit* timur

Faktor Keamanan Pompa <i>Sump pit</i> timur			
2tc			
Kala ulang	Tanpa pompa	1 pompa	2 pompa
2thn	1,56		
5thn	1,26		
10thn	1,15		
25thn	1,07		
50 thn	0,99	1,29	
100thn	0,94	1,21	
Faktor Keamanan Pompa <i>Sump pit</i> timur			
3tc			
Kala ulang	Tanpa pompa	1 pompa	2 pompa
2thn	1,04	1,40	
5thn	0,84	1,17	
10thn	0,76	1,08	
25thn	0,70	0,98	1,43
50 thn	0,66	0,90	1,30
100thn	0,63	0,87	1,27

### PENUTUP

Berdasarkan hasil perhitungan dan analisis, diperoleh kesimpulan sebagai berikut:

1. Kapasitas saluran drainase *underpass* yang telah dibangun memiliki dimensi yang sangat memadai untuk menanggulangi limpasan air hujan yang masuk ke *underpass*. Kapasitas saluran drainase terpasang saat ini jauh di atas debit puncak kala ulang 100 tahun. Selama tidak ada pendangkalan maka kondisi saluran drainase akan tetap aman, untuk itu perlu dilakukan pengawasan dan maintenance secara berkala.
2. Hasil simulasi *routing* pada 3 variasi durasi hujan menunjukkan kondisi *sump pit* relatif aman pada durasi hujan pendek ( $t_d = t_c$ ). Walaupun kondisi tanpa pompa,

- kemungkinan terjadinya luapan ke badan *underpass* sangat kecil.
3. Untuk durasi hujan menengah ( $td = 2tc$ ), potensi luapan berpeluang terjadi pada kala ulang hujan tinggi. Pada kondisi tanpa pompa volume maksimum *sump pit* mulai terlampaui pada hujan dengan kala ulang 50 tahun dan 100 tahun. Dibutuhkan minimal 1 unit pompa yang beroperasi untuk mencegah *sump pit* mengalami *over capacity*.
  4. Pada durasi hujan tinggi ( $td = 3tc$ ), pada kondisi tanpa pompa, luapan terjadi dari kejadian hujan dengan kala ulang 5 tahun s.d 100 tahun. kondisi *sump pit* akan aman tidak mengalami *over capacity* apabila minimal 2 unit pompa dioperasikan secara bersamaan.
  5. Pada durasi yang lebih panjang, 1 unit pompa tidak cukup mampu mencegah *sump pit* mengalami *over capacity*. Pengoperasian 2 unit pompa hanya mampu mengatasi *over capacity* oleh hujan dengan kala ulang kecil antara 2 tahun sampai dengan 10 tahun. Untuk hujan dengan kala ulang di atas 10 tahun 2 unit pompa tidak cukup mampu mencegah *sump pit* mengalami *over capacity*
  6. Hasil perhitungan faktor keamanan (FK) pompa dengan membandingkan debit pompa dan debit puncak pada masing-masing kala ulang hujan tanpa melalui penampungan (*sump pit*) sebagian besar memberikan hasil nilai FK kurang dari 1 (kondisi tidak aman). Hal tersebut menunjukkan tanpa adanya *sump pit* pompa yang saat ini terpasang tidak mampu menanggulangi debit air yang masuk.
  7. Perhitungan faktor keamanan (FK) dengan membandingkan volume maksimal *sump pit* dan volume maksimal akumulasi air yang masuk ke *sump pit* memberikan nilai FK lebih dari 1 (kondisi aman) saat dilakukan pengoperasian 2 unit pompa secara bersamaan.
3. Kelana, A. (2019) *Kajian Penanganan Dampak Genangan Akibat Mega Proyek Yogyakarta International Airport*. Universitas Gadjah Mada
  4. KSO WIKA-MCM. (2018a). Laporan Perencanaan Pembangunan *Underpass* Bandara New Yogyakarta International Airport. Yogyakarta.
  5. Menteri, PU. (2011). Peraturan Menteri Pekerjaan Umum Nomor 19/PRT/M/2011 Tentang Persyaratan Teknis Jalan dan Kriteria Perencanaan Teknis Jalan. Jakarta: Kementerian Pekerjaan Umum.
  6. Muharomah, R. (2014) 'Analisis Run-Off Sebagai Dampak Perubahan Lahan Sekitar Pembangunan *Underpass* Simpang Patal Palembang Dengan Memanfaatkan Teknik GIS', *Jurnal Teknik Sipil dan Lingkungan*, 2(3), pp. 424–433
  7. Sofia, D. A. (2017) 'Analisis Durasi Hujan Dominan dan Pola Distribusi Curah Hujan Jam-Jaman di Wilayah Gunung Merapi', *Jurnal Teknologi Rekayasa*, 1(1), p. 7. doi: 10.31544/jtera.v1.i1.2016.7-14.
  8. Suripin (2004) *Sistem Drainase Perkotaan Yang Berkelanjutan*. Yogyakarta: Penerbit ANDI
  9. Susilowati, S. (2007) *Analisis Hidrograf Alirang Sungai dengan Adanya Beberapa Bendung Kaitannya dengan Sumberdaya Air*, p. 118. Available at: eprints.uns.ac.id
  10. Triatmodjo, B. (2008) *Hidrologi Terapan*. ke-6. Yogyakarta: Beta Offset

#### DAFTAR PUSTAKA

1. BPS Kabupaten Kulon Progo. (2018). *Kabupaten Kulon Progo Dalam Angka' 2018*. Yogyakarta
2. Ditjen Cipta Karya Kementerian PU (2013). *Tata Cara Perencanaan, Pelaksanaan, Operasi Dan Pemeliharaan Sistem Pompa*. Jakarta.