

PERENCANAAN SISTEM DRAINASE APARTEMEN ROYAL AFATHER WORLD, WARU - SIDOARJO

Safira Nur Afifah, Umboro Lasminto, Edijatno

Departemen Teknik Sipil, Fakultas Teknik Sipil dan Perencanaan, Institut Teknologi Sepuluh
Nopember (ITS) Jl. Arief Rahman Hakim, Surabaya 60111

Email: umboro@ce.its.ac.id, edijatno@ce.its.ac.id

Abstrak - Seiring dengan laju pertumbuhan Kota Surabaya, investasi melalui kepemilikan properti menjadi tren saat ini. Apartemen menjadi properti yang perkembangannya cukup pesat, salah satunya yang terbaru adalah Apartemen Royal Afather World. Lokasi superblok apartemen ini sangat strategis, yaitu dekat dengan akses Tol Waru-Juanda di perbatasan Surabaya-Sidoarjo. Oleh sebab itu, perencanaan drainase apartemen harus dilakukan sebaik mungkin untuk mencegah dampak banjir di kawasan sekitarnya.

Namun, diketahui pembangunan apartemen ini menyebabkan alih fungsi lahan yang besar sehingga koefisien pengaliran (C) lahan berubah menjadi 4 kali lipat. Untuk mencapai prinsip Zero Delta Q, sistem drainase Apartemen Royal Afather World direncanakan dengan cara $\leq 50\%$ debit banjir kawasan (Q) boleh dibuang ke saluran kota, sedangkan $\geq 50\%$ sisanya ditahan di dalam kawasan sampai hujan berhenti.

Berdasarkan analisis dan perhitungan yang telah dilakukan, sistem drainase pada apartemen dibagi menjadi 2 sistem. Q dari sistem drainase jalan langsung dibuang ke saluran Kali Perbatasan, sedangkan Q sistem drainase atas/tower ditahan di kolam tampung. Kolam direncanakan dapat menampung Q dengan durasi hujan (td)=90 menit. Outflow kolam direncanakan menggunakan valve untuk mengatur tinggi muka air kolam (h) $\leq 0,9$ m.

Kata Kunci : Drainase, koefisien pengaliran (C), Zero Delta Q, kolam tampung, valve

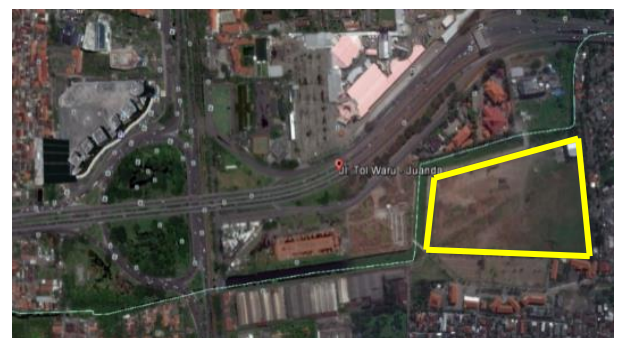
I. PENDAHULUAN

Tempat tinggal merupakan salah satu kebutuhan primer manusia yang kebutuhannya akan terus meningkat di masa depan. Perusahaan-perusahaan pengembang perumahan berlomba-lomba menyediakan alternatif tempat tinggal yang nyaman disaat ketersediaan lahan semakin terbatas, yaitu dengan mengembangkan apartemen (*vertical housing*). Di Kota Surabaya, beberapa tahun terakhir jumlah apartemen meningkat pesat seiring dengan laju pertumbuhan ekonomi. Hal ini terjadi karena kini apartemen tidak hanya diminati untuk dijadikan tempat tinggal, namun juga menjadi properti yang nilai investasinya cukup tinggi saat ini.

Pada Tugas Akhir ini, apartemen yang dijadikan obyek perencanaan adalah Apartemen Royal Afather World yang berada di kawasan Tol Waru-

Juanda, perbatasan Surabaya – Sidoarjo. Pembangunan apartemen ini diharapkan tidak menyebabkan dampak negatif terhadap lingkungan di sekitarnya, karena lokasi apartemen ini sangat strategis, yaitu dekat dengan jalur keluar-masuk Kota Surabaya dan Sidoarjo. Dampak negatif yang utama adalah terjadinya banjir yang dapat mengganggu kelancaran arus lalu lintas keluar dan masuk Kota Surabaya dan Sidoarjo.

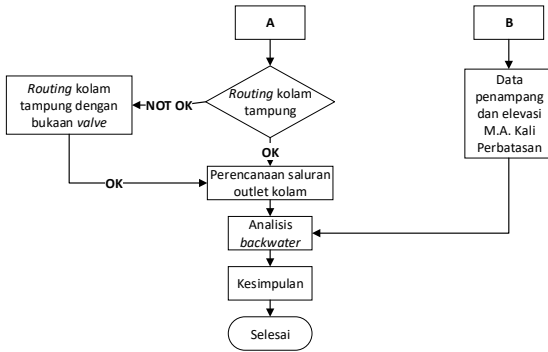
Banjir berpotensi terjadi akibat dari perubahan tata guna lahan, sehingga menyebabkan koefisien pengaliran (C) pada lahan berubah. Pengembangan lahan biasanya diikuti penambahan lapisan kedap air yang berakibat pada peningkatan laju dan volume aliran permukaan. Oleh sebab itu, Apartemen Royal Afather World harus memiliki perencanaan sistem drainase yang sebaik mungkin untuk mencegah terjadinya banjir di kawasan sekitarnya.



Gambar 1. Peta lokasi studi

II. METODE PENELITIAN

Berikut ini adalah diagram alir metodologi yang diterapkan dalam pengerjaan Tugas Akhir ini.



III. HASIL DAN DISKUSI

A. Analisis Hidrologi

Analisis hidrologi dilakukan untuk mengetahui parameter hidrologi dalam kaitannya untuk mendesain saluran drainase. Hasil dari analisis ini adalah curah hujan rencana periode ulang (RT) dan debit banjir rencana kawasan apartemen.

1. Analisis Hujan Wilayah

Data curah hujan diambil dari stasiun/pos penakar hujan yang terdekat dari lokasi studi. Ditinjau dari peta lokasi stasiun hujan Kota Surabaya dan Sidoarjo, ada 3 stasiun hujan yang terdekat dari lokasi studi, yaitu Stasiun Hujan Wonorejo, Ketegan dan Bono.

Dari 3 stasiun hujan tersebut, penentuan stasiun hujan yang paling berpengaruh terhadap lokasi studi dilakukan dengan Poligon Thiessen^[1]. Hasilnya hanya Stasiun Bono yang berpengaruh terhadap lokasi studi. Berikut ini adalah curah hujan harian maksimum per tahun (Rmax) dari Stasiun Bono mulai tahun 2007-2016.

Tabel 1.

Data hujan harian maksimum		
No.	Tahun	Rmax (mm)
1.	2007	60
2.	2008	75
3.	2009	75
4.	2010	170
5.	2011	140
6.	2012	100
7.	2013	155
8.	2014	157
9.	2015	100
10.	2016	105

(Sumber: Dinas PU dan Penataan Ruang Kabupaten Sidoarjo)

2. Analisis Parameter Statistik

Sebelum dilakukan perhitungan distribusi probabilitas dari data hujan yang tersedia, terlebih dahulu dilakukan analisis parameter statistik dari tiap-tiap distribusi^[2].

1) Distribusi Gumbel dan Distribusi Normal

Tabel 2.

Perhitungan data curah hujan maksimum Normal dan Gumbel

No	Th.	Rmax (mm)	(X- \bar{X}) ²	(X- \bar{X}) ³	(X- \bar{X}) ⁴
1	2010	170	3169,69	178453,55	10046934,7
2	2014	157	1874,89	81182,74	3515212,512
3	2013	155	1705,69	70445	2909378,376
4	2011	140	691,69	18191,45	478435,0561
5	2016	105	75,69	-658,5	5728,9761
6	2012	100	187,69	-2571,35	35227,5361
7	2015	100	187,69	-2571,35	35227,5361
8	2008	75	1497,69	-57960,6	2243075,336
9	2009	75	1497,69	-57960,6	2243075,336
10	2007	60	2883,69	-154854,2	8315668,016
JUMLAH		1137	13772,1	71696,16	29827963,38

- Rata-rata curah hujan

$$\bar{R} = \frac{\sum X}{n} = \frac{1}{10} \times 1137 = 113,7 \text{ mm}$$

- Standar deviasi data hujan

$$S = \sqrt{\frac{\sum(X-\bar{X})^2}{n-1}} = \sqrt{\frac{1}{10-1} \times 13772,1} = 39,1182 \text{ mm}$$

- Koefisien variasi

$$C_v = \frac{S}{\bar{X}} = \frac{39,1182}{113,7} = 0,34405$$

- Koefisien kemencengan (skewness)

$$C_s = \frac{\sum(X-\bar{X})^3 \cdot n}{(n-1)(n-2) \cdot S^3} = \frac{10}{(10-1)(10-2) \times 39,1182^3} \times 71696,16 = 0,16635$$

- Koefisien kurtosis

$$C_k = \frac{\sum(X-\bar{X})^4 \cdot n^2}{(n-1)(n-2)(n-3) \cdot S^4} = \frac{10^2}{(10-1)(10-2)(10-3) \times 39,1182^4} \times 29827963,4 = 2,5274$$

2) Distribusi Log-Normal dan Distribusi Log-Pearson III

Tabel 3.

Perhitungan data curah hujan maksimum Log-Normal dan Log-Pearson III

No	Th.	Rmax (mm)	Y=Log X	(Y- \bar{Y})	(Y- \bar{Y}) ²	(Y- \bar{Y}) ³	(Y- \bar{Y}) ⁴
1	2010	170	2,230	0,199	0,03969	0,00791	0,00158
2	2014	157	2,196	0,165	0,02712	0,00447	0,00074
3	2013	155	2,190	0,159	0,02531	0,00403	0,00064
4	2011	140	2,146	0,115	0,01320	0,00152	0,00017
5	2016	105	2,021	-0,010	0,00010	0,00000	0,00000
6	2012	100	2	-0,031	0,00098	-0,00003	0,00000
7	2015	100	2	-0,031	0,00098	-0,00003	0,00000
8	2008	75	1,875	-0,156	0,02439	-0,00381	0,00059
9	2009	75	1,875	-0,156	0,02439	-0,00381	0,00059
10	2007	60	1,778	-0,253	0,06405	-0,01621	0,00410

JUMLAH	1137	20,312	0,000	0,2220	-0,00597	0,008424
--------	------	--------	-------	--------	----------	----------

- Rata-rata curah hujan

$$\bar{Y} = \frac{1}{10} \times 20,312 = 2,0312 \text{ mm}$$

- Standar deviasi

$$S = \sqrt{\frac{1}{10-1} \times 0,2220} = 0,1564 \text{ mm}$$

- Koefisien variasi

$$C_v = \frac{0,1564}{2,0312} = 0,077$$

- Koefisien kemencengan

$$C_s = \frac{10}{(10-1) \times (10-2) \times 0,1564^3} \times (-0,00597) = -0,2167$$

- Koefisien kortusis

$$C_k = \frac{10^2}{(10-1)(10-2)(10-3) \times 0,1564^4} \times 0,00842 = 2,7906$$

Berdasarkan syarat parameter statistik^[3], berikut ini adalah rekap analisis nilai Cs dan Ck untuk pemilihan jenis distribusi.

Tabel 4.
Rekap Analisis Cs dan Ck

Distribusi	Parameter	Syarat	Hasil	Kesimpulan
Normal	Cs	Sama/mendekati = 0	0,1664	OK
	Ck	Sama/mendekati = 3	2,5274	OK
Gumbel	Cs	Sama/mendekati = 1.139	0,1664	NO
	Ck	Sama/mendekati = 5.402	2,5274	NO
Log-Pearson III	Cs	Fleksibel	-0,2167	OK
	Ck	Sama/mendekati = 4.466	2,7906	NO
Log-Normal	Cs	Sama/mendekati = 0.186	-0,2167	NO
	Ck	Sama/mendekati = 3.062	2,7906	OK

Dari Tabel 4, dapat disimpulkan bahwa Distribusi Normal memenuhi persyaratan untuk diuji kecocokan distribusi.

3. Uji Kecocokan Distribusi

Uji kecocokan distribusi diperlukan untuk mengetahui apakah data curah hujan yang ada sesuai dengan distribusi yang dipilih. Ada 2 pengujian parameter yang dilakukan, yaitu Uji Chi-Kuadrat dan Uji Smirnov Kolmogorov^[4]. Berikut ini adalah hasil dari pengujiannya.

Tabel 5.

Hasil Uji Kecocokan terhadap Distribusi Normal

Pengujian	Syarat	Hasil	Kesimpulan
Uji Chi-Kuadrat	$Xh^2 < X^2$	$2 < 5,991$	OK
Uji Smirnov Kolmogorov	$D_{max} < D_0$	$0,133 < 0,41$	OK

Dari tabel di atas diketahui bahwa distribusi normal memenuhi syarat uji kecocokan distribusi, sehingga nilai hujan harian maksimum per tahunnya dapat digunakan untuk menghitung curah hujan rencana.

Perhitungan Curah Hujan Periode Ulang

Periode ulang untuk perencanaan sistem drainase apartemen ditentukan selama 2 tahun. Berikut ini adalah perhitungan curah hujan rencana menggunakan rumus dari Distribusi Normal.

$$R_T = \bar{R} + K_T \times S, K_T = 0$$

$$R_2 = 113,7 + 0 \times 39,1182 = 113,7 \text{ mm}$$

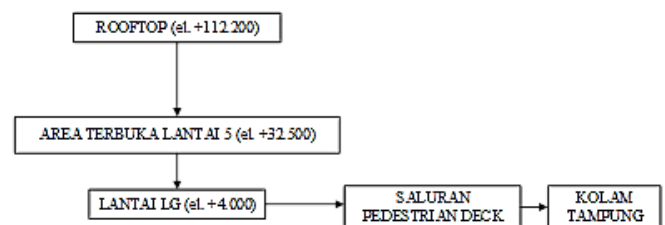
5. Perhitungan Debit Banjir Rencana

Pembangunan apartemen telah mengubah koefisien pengaliran (C) lahan yang semula C=0,2 (lahan kosong berumput dengan kemiringan landai) menjadi C=0,8 (lapisan *impervious*). Perhitungan debit banjir rencana kawasan apartemen direncanakan menggunakan metode rasional, sehingga perubahan nilai C menjadi 4 kali lebih besar secara otomatis juga memperbesar debit banjir. Oleh sebab itu, kelebihan debit yang ada harus ditahan di dalam kawasan supaya prinsip *Zero Delta Q* tetap dapat dicapai.

Hasilnya, direncanakan $\leq 50\%$ debit banjir boleh langsung dibuang ke saluran kota, sedangkan $\geq 50\%$ sisanya ditahan di kolam tampung sampai hujan reda. Hal ini membuat perhitungan debit banjir rencana (Q hidrologi) kawasan apartemen dibagi menjadi 2 sistem, yaitu sistem drainase atas dan sistem drainase bawah.

3) Q hidrologi Sistem Drainase Atas

Catchment area atau daerah tangkapan hujan dari sistem drainase atas adalah rooftop dan area terbuka di lantai 5. Selanjutnya debit dari atas akan dialirkan menuju ke saluran di *pedestrian deck* untuk dimasukkan ke kolam tampung. Supaya lebih jelas, berikut ini adalah diagram pengaliran debit air hujan pada sistem drainase atas.



Gambar 2. Diagram pengaliran pada sistem drainase atas

Saluran di *pedestrian deck* berfungsi untuk menampung *surface run-off* dari area deck, menerima debit dari tower-tower apartemen dan sekaligus menjadi saluran inlet kolam tampung. Terdapat 9 saluran inlet kolam yang direncanakan, dengan rekap hasil perhitungan Q hidrologi di bawah ini.

Tabel 6.
Rekap Q hidrologi saluran inlet kolam

No.	Saluran		Q hidrologi (m ³ /s)
	dari titik	ke titik	
1	DECK.1	DECK.2	0,0438
2	DECK.2	DECK.3	0,1377
3	DECK.3	DECK.4	0,1917
4	DECK.4	DECK.5	0,0268
5	DECK.5	DECK.6	0,0342
6	DECK.6	DECK.7	0,1131
7	DECK.7	DECK.8	0,0954
8	DECK.8	DECK.9	0,1496
9	DECK.9	DECK.10	0,0273

4) Q hidrologi Sistem Drainase Bawah

Sistem drainase bawah yang dimaksud adalah drainase pada akses jalan di dalam kawasan apartemen. Outlet dari sistem ini akan langsung menuju ke saluran Kali Perbatasan karena tidak memungkinkan jika dialirkan menuju kolam tampung terlebih dahulu. Berikut ini adalah rekap hasil perhitungan Q hidrologi sistem drainase bawah.

Tabel 7.
Rekap Q hidrologi saluran di sisi jalan

No.	Saluran		Q hidrologi (m ³ /s)
	dari titik	ke titik	
1	SB.A1	SB.A2	0,017
2	SB.A2	SB.A4	0,013
3	SB.A3	SB.A4	0,024
4	SB.A4	SB.A5	0,033
5	SB.A5	SB.A6	0,046
6	SB.A7	SB.A6	0,104
7	SB.A6	SB.B1	0,106
8	SB.B2	SB.B1	0,017
9	SB.B1	SB.B13	0,107
10	SB.B11	SB.B12	0,006
11	SB.BC	SB.B12	0,050
12	SB.B12	SB.B13	0,025
13	SB.B13	SB.B10	0,115
14	SB.A1	SB.A11	0,024
15	SB.A11	SB.A9	0,022
16	SB.A10	SB.A9	0,017
17	SB.A9	SB.A8	0,039
18	SB.A7	SB.A8	0,025
19	SB.A8	SB.C7	0,065
20	SB.C7	SB.C6	0,069
21	SB.C6	SB.C4	0,063
22	SB.C5	SB.C4	0,025
23	SB.C4	SB.C3	0,073
24	SB.C7	SB.C1	0,013
25	SB.C1	SB.C2	0,019
26	SB.BC	SB.C2	0,050
27	SB.C2	SB.C3	0,032
28	SB.C3	SB.B10	0,099
29	SB.B3	SB.B4	0,021
30	SB.B4	SB.B5	0,019
31	SB.B5	SB.B6	0,023
32	SB.B6	SB.B8	0,020
33	SB.B7	SB.B8	0,013
34	SB.B8	SB.B9	0,028
35	SB.B9	SB.B10	0,030
36	SB.B10	outlet	0,221

B. Analisis Hidrolika

Analisis hidrolika dimaksudkan untuk menentukan dimensi saluran. Perencanaan dimensi penampang saluran didasarkan pada debit banjir yang akan ditampung, dengan ketentuan Q hidrolika $\geq Q$ hidrologi.

6. Q Hidrolika Sistem Drainase Atas

Saluran pada sistem drainase atas menggunakan penampang segiempat^[5], materialnya beton dengan koefisien Manning (n) = 0,02 dan kemiringan (s) = 0,001. Seluruh saluran ditutup pelat beton dengan lubang inlet sebagai jalan masuknya air hujan. Berikut ini adalah rekap dimensi penampang dan Q hidrolika saluran di *pedestrian deck*, karena saluran ini adalah saluran kolektor debit dari tower apartemen sekaligus sebagai inlet kolam.

Tabel 8.
Rekap dimensi penampang saluran inlet

Saluran		b	h	A	V	Q
dari titik	ke titik	m	m	m ²	m/s	(m ³ /s)
DECK.1	DECK.2	0,5	0,45	0,125	0,395	0,049
DECK.2	DECK.3	0,5	0,8	0,3	0,497	0,149
DECK.3	DECK.4	0,5	0,95	0,375	0,518	0,194
DECK.4	DECK.5	0,5	0,4	0,1	0,365	0,037
DECK.5	DECK.6	0,5	0,4	0,1	0,365	0,037
DECK.6	DECK.7	0,5	0,75	0,275	0,489	0,134
DECK.7	DECK.8	0,5	0,7	0,25	0,479	0,120
DECK.8	DECK.9	0,5	0,85	0,325	0,505	0,164
DECK.9	DECK.10	0,5	0,4	0,1	0,365	0,037

7. Q Hidrolika Sistem Drainase Bawah

Penampang saluran pada sistem drainase bawah menggunakan u-ditch berpenutup dari PT. Varia Usaha Beton, dengan koefisien Manning (n) = 0,02 dan kemiringan (s) = 0,0005. Berikut ini adalah rekap dimensi saluran dan Q hidrolika seluruh saluran.

Tabel 9.
Rekap dimensi saluran di sisi jalan

Saluran		b	h	A	V	Q
dari titik	ke titik	m	m	m ²	m/s	(m ³ /s)
SB.A1	SB.A2	0,3	0,4	0,09	0,285	0,026
SB.A2	SB.A4	0,4	0,4	0,08	0,241	0,019
SB.A3	SB.A4	0,5	0,5	0,15	0,296	0,044
SB.A4	SB.A5	0,5	0,5	0,15	0,296	0,044
SB.A5	SB.A6	0,6	0,6	0,24	0,345	0,083
SB.A7	SB.A6	0,7	0,7	0,35	0,390	0,136
SB.A6	SB.B1	0,7	0,7	0,35	0,390	0,136
SB.B2	SB.B1	0,4	0,4	0,08	0,241	0,019
SB.B1	SB.B12	0,7	0,7	0,35	0,390	0,136
SB.B10	SB.B11	0,3	0,4	0,06	0,217	0,013
SB.BC	SB.B11	0,3	0,3	0,03	2,503	0,075
SB.B11	SB.B12	0,5	0,5	0,15	0,296	0,044
SB.B12	SB.B10	0,7	0,7	0,35	0,390	0,136
SB.A1	SB.A11	0,5	0,5	0,15	0,296	0,044
SB.A11	SB.A9	0,5	0,5	0,15	0,296	0,044
SB.A10	SB.A9	0,5	0,5	0,15	0,296	0,044
SB.A9	SB.A8	0,5	0,6	0,2	0,321	0,064
SB.A7	SB.A8	0,5	0,5	0,15	0,296	0,044
SB.A8	SB.C7	0,7	0,7	0,35	0,390	0,136
SB.C7	SB.C6	0,7	0,7	0,35	0,390	0,136
SB.C6	SB.C4	0,7	0,7	0,35	0,390	0,136

Saluran dari titik ke titik	b m	h m	A m ²	V m/s	Q (m ³ /s)
SB.C5 SB.C4	0,5	0,5	0,15	0,296	0,044
SB.C4 SB.C3	0,7	0,7	0,35	0,390	0,136
SB.C7 SB.C1	0,5	0,5	0,15	0,296	0,044
SB.C1 SB.C2	0,5	0,5	0,15	0,296	0,044
SB.BC SB.C2	0,3	0,3	0,03	2,503	0,075
SB.C2 SB.C3	0,5	0,6	0,2	0,321	0,064
SB.C3 SB.B10	0,7	0,7	0,35	0,390	0,136
SB.B3 SB.B4	0,5	0,5	0,15	0,296	0,044
SB.B4 SB.B5	0,5	0,5	0,15	0,296	0,044
SB.B5 SB.B6	0,5	0,5	0,15	0,296	0,044
SB.B6 SB.B8	0,5	0,5	0,15	0,296	0,044
SB.B7 SB.B8	0,4	0,4	0,08	0,241	0,019
SB.B8 SB.B9	0,5	0,5	0,15	0,296	0,044
SB.B9 SB.B10	0,5	0,5	0,15	0,296	0,044
SB.B10 outlet	1	1	0,8	0,510	0,408

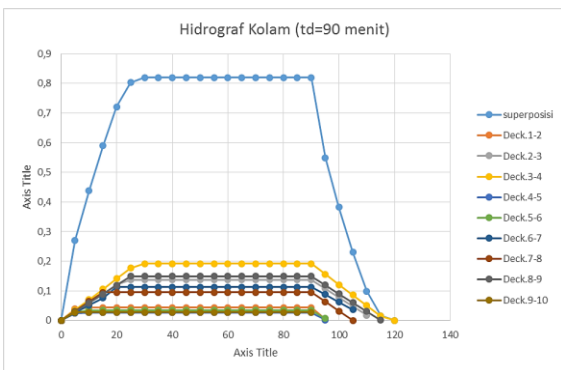
C. Perencanaan Kolam Tampung dan Saluran Outlet

Dimensi kolam tampung di dalam kawasan apartemen yaitu p = 265 m; l = 15 m; h total = 1,5 m (h mati = 0,3 m, h air rencana = 0,9 m; h jagaan = 0,3 m).

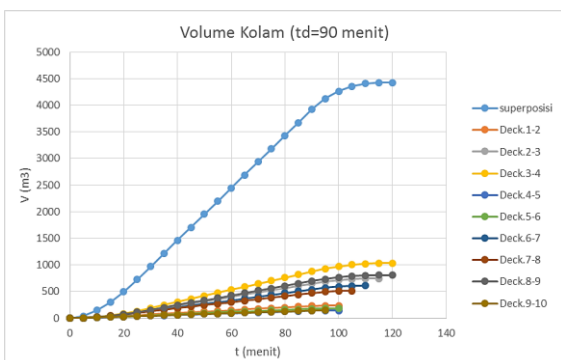
8. Hidrograf Kolam Tampung

Hidrograf kolam tampung dibuat dengan debit inflow dari hasil superposisi terhadap 9 inlet kolam. Setelah dianalisis, direncanakan kolam tampung menggunakan hidrograf dengan durasi hujan (td) = 90 menit.

Hasilnya, diperoleh debit puncak dari superposisi yaitu Qp = 0,82 m³/s pada menit ke-30 hingga ke-90.



Gambar 3. Hidrograf kolam dengan td=90 menit



Gambar 4. Grafik volume kolam td=90 menit

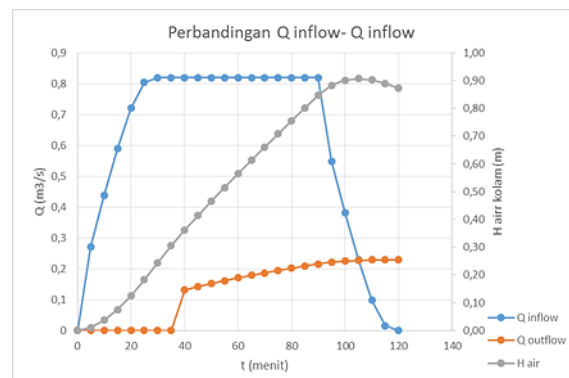
9. Routing untuk Mengatur h Air Kolam

Dari debit superposisi dengan hidrograf td=90 menit, diketahui bahwa volume tampungan maksimum kolam = 4425,89 m³ dengan h air maksimum mencapai **1,11 m**. Tinggi muka air ini melebihi tinggi muka air rencana yaitu **0,9 m**, sehingga harus ada pengeluaran (outflow) untuk menurunkan muka air.

Outflow kolam menggunakan valve karena elevasi muka air kolam tampung apartemen berada di atas elevasi muka air saluran kota, sehingga debit outflow dapat mengalir secara gravitasi. Untuk menjaga h air kolam agar di bawah 0,913 m, valve dibuka pada menit ke-40 hingga menit ke-120. Valve yang digunakan adalah tipe butterfly valve dengan diameter 25 cm (A valve = 0,049 m²).

Tabel 9. Routing kolam dengan valve d=25 cm

t	Inflow				Valve			Kolam		Status
	Q	V	V kum	H air	Q	V	V kum	V kum	H air	
min.	m3/s	m3	m3	m	m3/s	m3	m3	m3	m	
0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	OK
5	0,27	40,6	40,6	0,01	0	0	0	40,60	0,01	OK
10	0,44	106,2	146,8	0,04	0	0	0	146,80	0,04	OK
15	0,59	154,0	300,8	0,08	0	0	0	300,82	0,08	OK
20	0,72	196,6	497,4	0,13	0	0	0	497,41	0,13	OK
25	0,80	228,7	726,1	0,18	0	0	0	726,13	0,18	OK
30	0,82	243,5	969,6	0,24	0	0	0	969,62	0,24	OK
35	0,82	245,9	1215,5	0,31	0	0	0	1215,51	0,31	OK
40	0,82	245,9	1461,4	0,37	0,132	19,77	19,77	1441,62	0,36	OK
45	0,82	245,9	1707,3	0,43	0,142	41,13	60,89	1646,38	0,41	OK
50	0,82	245,9	1953,2	0,49	0,152	44,21	105,11	1848,05	0,46	OK
55	0,82	245,9	2199,0	0,55	0,162	47,10	152,20	2046,83	0,51	OK
60	0,82	245,9	2444,9	0,62	0,170	49,81	202,02	2242,90	0,56	OK
65	0,82	245,9	2690,8	0,68	0,179	52,39	254,40	2436,40	0,61	OK
70	0,82	245,9	2936,7	0,74	0,187	54,84	309,24	2627,44	0,66	OK
75	0,82	245,9	3182,6	0,80	0,194	57,19	366,43	2816,14	0,71	OK
80	0,82	245,9	3428,5	0,86	0,202	59,44	425,87	3002,58	0,76	OK
85	0,82	245,9	3674,3	0,92	0,209	61,61	487,48	3186,85	0,80	OK
90	0,82	245,9	3920,2	0,99	0,216	63,71	551,20	3369,02	0,85	OK
95	0,55	205,3	4125,5	1,04	0,221	65,58	616,78	3508,72	0,88	OK
100	0,38	139,7	4265,2	1,07	0,225	66,98	683,76	3581,42	0,90	OK
105	0,23	91,9	4357,0	1,10	0,228	67,90	751,65	3605,39	0,91	OK
110	0,10	49,3	4406,3	1,11	0,229	68,45	820,10	3586,24	0,90	OK
115	0,02	17,2	4423,5	1,11	0,229	68,71	888,81	3534,69	0,89	OK
120	0	2,39	4425,89	1,11	0,229	68,78	957,60	3468,29	0,87	OK



Gambar 5. Grafik perbandingan Q inflow-Q outflow-H air

10. Waktu Pengosongan Kolam

Setelah hujan reda, valve dibiarkan terbuka untuk mengosongkan kolam tampung supaya dapat kembali menampung debit pada hujan selanjutnya. Berikut ini adalah perhitungan waktu yang dibutuhkan untuk mengosongkan kolam.

A kolam, $A_s = 3975 \text{ m}^2$

A lubang valve, $A = 0,049 \text{ m}^2$

h air kolam = 0,87 m

$$t = \frac{A_s \times 2 \times \sqrt{h}}{A \times \sqrt{2g}}$$

$$= \frac{3975 \times 2 \times \sqrt{0,87}}{0,049 \times \sqrt{2 \cdot 9,81}}$$

= 34171 detik = 9,5 jam

11. Perencanaan Saluran Outlet Kolam

Direncanakan saluran menggunakan *box culvert* dari PT. Varia Usaha Beton karena saluran berada di bawah jalan. Saluran ini menerima debit dari pipa vertikal yang terhubung dengan valve kolam.

b saluran = 1 m

h saluran = 1 m

$A = 1 \times (1-0,2) = 0,8 \text{ m}^2$

$P = 1 + 2(1-0,2) = 2,6 \text{ m}$

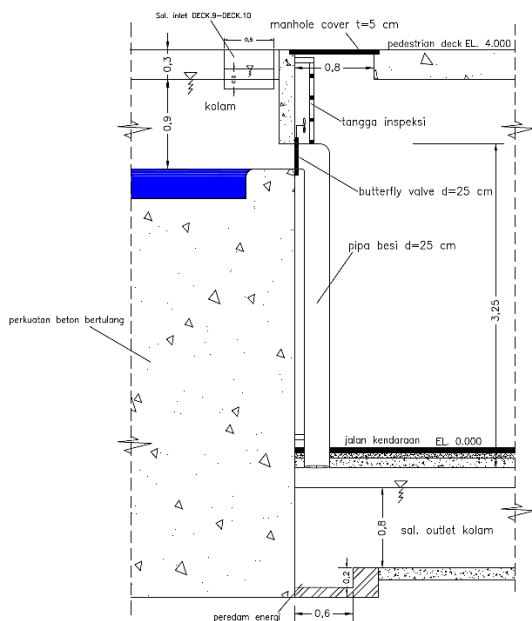
$R = A/P = 0,308 \text{ m}$

s rencana = 0,0005

$V = \frac{1}{0,02} \times 0,308^{2/3} \times 0,0005^{1/2} = 0,51 \text{ m/s}$

$Q \text{ saluran} = A \times V = 0,408 \text{ m}^3/\text{s}$

Sketsa potongan kolam yang memperlihatkan letak saluran inlet, valve yang terhubung dengan pipa verikal, serta saluran outlet kolam dapat dilihat pada Gambar 6.



Gambar 6. Sketsa potongan kolam

D. Analisis Profil Muka Air Balik

Analisis profil muka air balik atau *backwater*^[6] dilakukan untuk mengetahui pengaruh kenaikan muka air saluran kota terhadap muka air di saluran outlet apartemen. Berikut ini adalah perhitungan dan sketsa analisis pada hilir saluran outlet.

12. Outlet Sistem Drainase Bawah

Elv. muka tanah = 0,000

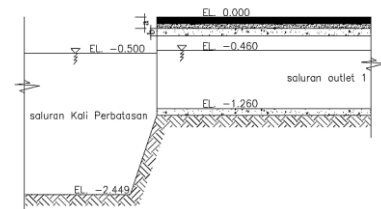
Elv. M.A. tertinggi sungai = -0,500

Tebal perkerasan jalan (a) = 0,16 m

Tebal penutup u-ditch (b) = 0,1 m

Elv. M.A. saluran (hilir) = 0,000 – (a+b) – h_{jagaan}
= -0,460

Dari perhitungan di atas diketahui bahwa elevasi muka air saluran bagian hilir **lebih tinggi** dari elevasi muka air sungai (-0,460 > -0,500), sehingga tidak terjadi *backwater* dan debit dari outlet 1 dapat mengalir ke saluran kota secara gravitasi. Berikut ini adalah sketsa analisis *backwater* pada Outlet 1.



Gambar 7. Sketsa analisis *backwater* saluran kota terhadap saluran Outlet 1

13. Outlet Sistem Drainase Atas

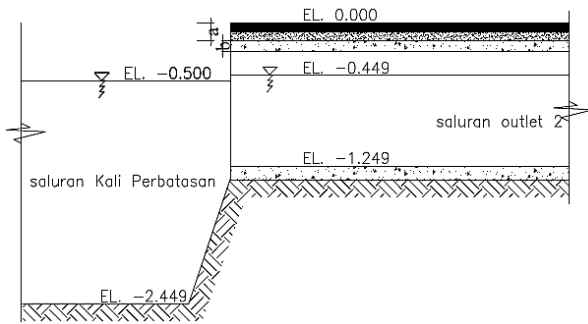
Saluran outlet dari kolam menuju ke saluran kota dibagi menjadi 3 saluran karena disesuaikan dengan *layout* apartemen. Oleh karena itu, perhitungan elevasi dibuat dalam bentuk tabel untuk mengurutkan elevasi saluran dari ujung peredam energi hingga ke outlet, serta untuk mengatur elevasi bagian atas box culvert di bagian hulu saluran supaya tidak lebih tinggi dari -0,100.

Tabel 10.

Perhitungan elevasi saluran-saluran Outlet 2

dari titik	ke titik	L sal. (m)	s saluran	elv. pelat atas box	elv. top saluran	elv. M.A. hulu	elv. M.A. hilir
P1	P2	28,41	0,0005	-0,100	-0,200	-0,400	-0,424
P2	P3	46,27	0,0005	-0,114	-0,214	-0,424	-0,437
P3	Out	23,11	0,0005	-0,137	-0,237	-0,437	-0,449

Dari tabel di atas, diketahui bahwa elevasi muka air saluran bagian hilir **lebih tinggi** dari elevasi muka air sungai (-0,449 > -0,500), sehingga tidak terjadi *backwater*. Debit dari outlet 2 dapat mengalir ke saluran kota secara gravitasi.



Gambar 8. Sketsa analisis *backwater* saluran kota terhadap saluran Outlet 2

*) keterangan :

- a = 10 cm, asumsi tebal lapisan perkerasan jalan
 b = 10 cm, tebal pelat atas box culvert

IV. KESIMPULAN

1. Pembangunan kawasan Apartemen Royal Afather World menyebabkan nilai koefisien pengaliran lahan yang semula $C = 0,2$ (lahan berumput dengan kemiringan landai) berubah menjadi $C = 0,8$ (lahan *impervious*).
2. Perencanaan sistem drainase apartemen dibagi menjadi 2 sistem, yaitu sistem drainase atas dan sistem drainase bawah/jalan. Debit dari sistem drainase atas dibawa menuju kolam tampung sebelum dibuang ke saluran kota, sedangkan sistem drainase bawah/jalan langsung mengalirkan debit menuju saluran kota.
3. Debit banjir rencana untuk saluran-saluran di sistem drainase jalan sebesar $0,006 \text{ m}^3/\text{s}$ sampai $0,22 \text{ m}^3/\text{s}$ dan untuk saluran-saluran sistem drainase atas menuju ke kolam sebesar $0,027 \text{ m}^3/\text{s}$ sampai $0,19 \text{ m}^3/\text{s}$.
4. *Routing* kolam untuk durasi hujan (t_d) = 90 menit menunjukkan h muka air kolam dapat dipertahankan di bawah $0,913 \text{ m}$ dengan membuka valve ($d=25 \text{ cm}$) pada menit ke-40 hingga menit ke-120.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] Triatmodjo, Bambang. 2014. *Hidrologi Terapan*. Yogyakarta : BETA OFFSET
- [2] Soewarno. 1995. *Aplikasi Metode Statistik untuk Analisis Data Jilid 1*. Jakarta : NOVA
- [3] BR, Sri Harto. 1993. *Analisis Hidrologi*. Jakarta : GRAMEDIA PUSTAKA UTAMA
- [4] Suripin. 2004. *Drainase Perkotaan yang Berkelanjutan*. Yogyakarta : ANDI
- [5] Anggrahini. 2005. *Hidrolika Saluran Terbuka*. Surabaya : SRIKANDI
- [6] Sofia, Fifi. 2006. *Modul Ajar Sistem dan Bangunan Drainase*. Surabaya