

Analisis Skema Pengendalian Drainase Banjir dan Rob Kawasan Industri Terboyo

Muhammad Taufiq^{1*}, Vyxy Anggreini², Moh Faiqun Niam³

¹Fakultas Teknik Sipil, Universitas Muhadi Setiabudi Brebes, Indonesia

^{2,3}Fakultas Teknik Sipil, Universitas Islam Sultan Agung Semarang, Indonesia

*Korespondensi: muhammادتaufiq905@gmail.com

Abstrak – Penelitian ini analisis penanganan kawasan industri Terboyo dari genangan banjir dan rob, dengan sistem drainase polder, dengan menghitung ketinggian rob dengan analisis hidro-oceanografi dan perhitungan analisa hidrologi. Selanjutnya disimulasikan dengan aplikasi HEC-RAS untuk memperoleh ketinggian muka air banjir dan rob. Penanganan sistem polder drainase dengan simulasi Epa-SWMM untuk mencari debit dan muka air pada tampungan, kapasitas dan oprasional pompa. Dengan analisis hidro-oceanografi dengan nilai HHWL (Highest High Water Level) = 167 cm, SLR (kenaikan muka air laut akibat pemanasan global) = 0.25 cm, Wind Setup = 20 cm, Wave Setup = 20 cm, DWL (Desain Water Level) = 2.33 m. Hasil analisis hidrologi dengan Catment Area 147,2 Ha menggunakan Q10 dapatkan hujan rencana = 124,8 Pearson III dengan Debit keseluruhan 11.02 m³/s. Analisis Hidrolika dengan simulasi banjir pasang surut menggunakan program HEC-RAS didapat elevasi Muka Air Banjir (MAB) +2.35 m. Operasional pompa dengan bantuan aplikasi Epa SWMM dengan debit pada kolam (storage) dengan debit puncak 1.94 m³/detik dengan pompa kapasitas 0.5x2 m³/detik. Dengan elevasi dipertahankan 1,3 meter dengan pompa aktif 30 jam 1 m³/detik dan 0,5 m³/detik 5 jam. Kapasitas pompa 0,5x3 m³/detik pompa aktif 13 jam 1,5 m³/detik, 14 jam 1 m³/detik, dan 8 jam 0,5 m³/detik, total simulasi 35 jam.

Kata kunci: Banjir Rob, Elevasi, Simulasi Pemompaan

I. PENDAHULUAN

Perubahan iklim pada kawasan pesisir terutama pada kawasan industri sebagai basis kawasan perekonomian, didukung akses transportasi yang baik seperti jalan tol, stasiun, bandara udara, dan pelabuhan laut. Akhir-akhir ini menghadapi berbagai masalah dengan adanya banjir rob. Rob banjir di kawasan pesisir biasanya disebabkan adanya hujan yang terus menerus di daerah hulu yang tidak bisa menampung dan dialirkan ke hilir. Hal itu merupakan banjir kiriman, sehingga berdampak akan semakin parah adanya rob lokal daerah pesisir.

Permasalahan banjir rob di kawasan industri Terboyo dapat diatasi dengan pembangunan tanggul laut jalan tol Semarang–Demak dan sistem Polder. Tanggul jalan tol Semarang–Demak merupakan tanggul yang dibangun melintang laut sebagai pengaman garis panatai dan sebagai sarana transportasi untuk mengurangi kemacetan. Sistem polder untuk penanganan banjir rob dengan kelengkapan sarana fisik satu kesatuan pengelolaan tata air tak terpisahkan yang meliputi sistem drainase kawasan, kolam retensi, tanggul keliling kawasan, pompa dan pintu air. Dari solusi di atas

penelitian ini berfokus pada sistem polder drainase kawasan dengan oprasional pompa yang akan di simulasikan menggunakan HEC-RAS untuk elevasi muka air banjir dan rob serta oprasional pompa dengan bantuan aplikasi SWMM.

II. TINJAUAN PUSTAKA

Rob merupakan kejadian dimana air laut masuk ke daratan pada saat permukaan air laut mengalami pasang. Ada dua penyebab terjadinya rob, yaitu naiknya muka air laut (*sea level rise*) dan penurunan permukaan tanah (*land subsidence*) (Nugroho, 2013). Polder didefinisikan sebagai suatu kawasan atau lahan reklamasi, dengan kondisi awal mempunyai muka air tanah tinggi, yang diisolasi secara hidrologis dari daerah di sekitarnya dan kondisi muka air (air permukaan dan air tanah) dapat dikendalikan. Kondisi lahan dibiarkan pada elevasi aslinya atau dapat pula sedikit ditinggikan (Suripin, 2003).

Volume kolam tampungan serta kapasitas pompa ditentukan berdasarkan keseimbangan antara *inflow* (hidrograf banjir) yang masuk ke dalam kolam. Jaringan (sistem) drainase merupakan rangkaian atau jaringan saluran-saluran pembuangan air

(saluran drainase) yang secara sistematis dapat mengalirkan air (pembuangan air) sehingga dampak dari genangan air dapat diminimalkan. Jaringan drainase biasanya terdiri dari rangkaian saluran pembuangan air (saluran drainase) primer, saluran drainase sekunder, saluran drainase tersier (pengumpul), saluran drainase kwarter (saluran lingkungan). Pompa adalah suatu peralatan mekanik fluida yang memiliki fungsi memindahkan atau menaikkan fluida dengan cara mendorong fluida langsung secara mekanik, atau dengan cara mengubah energi mekanik menjadi energi tekan atau energi kinetik fluida yang dapat menghisap fluida dari satu tempat dan memancarkannya ke tempat yang diinginkan.

Curah hujan rencana adalah curah hujan terbesar tahunan dengan suatu kemungkinan periode ulang tertentu. Tujuan dari analisis frekuensi curah hujan ini adalah untuk memperoleh curah hujan dengan beberapa periode ulang. Pada analisis ini digunakan beberapa metoda untuk memperkirakan curah hujan dengan periode ulang tertentu, yaitu: metoda distribusi gumbel, metoda distribusi log pearson type iii, metoda distribusi normal, dan metoda distribusi log normal 2 parameter. Mengacu pada Buku Sistem Drainase Perkotaan dari Kementerian Pekerjaan Umum Direktorat Cipta Karya, Direktorat Pengembangan Penyehatan Lingkungan Permukiman Tahun 2012 yaitu $Q = C.Cs.I.A$, dimana :

Q = debit banjir puncak pada Periode Ulang T tahun (lt/detik), yang terjadi pada muara DAS.

I = intensitas hujan (l/detik.ha)

A = luas DAS (ha)

C = koefisien Pengaliran

Cs = koefisien Retensi

Pasang surut adalah fluktuasi muka air laut karena adanya gaya tarik benda-benda langit, terutama matahari dan bulan terhadap massa air laut di bumi. Elevasi muka air tertinggi (pasang) sangat penting di dalam menentukan elevasi puncak bangunan dan fasilitasnya. (Ongkosongo dkk, 1998). *Strom Water Management Model* (SWMM) dikembangkan oleh EPA (*Environmental Protection Agency* US) pada tahun 1971. *Strom Water Management Model* (SWMM). *Software* ini mampu mensimulasikan pengaruh hujan limpasan dari suatu wilayah pada sistim drainase untuk jangka pendek maupun panjang. Permodelan penelusuran banjir pada penelitian ini menggunakan pendekatan hidraulika. Pendekatan hidraulik menggunakan formula Saint-Venant untuk aliran tetap (*steady flow*) dimana permodelannya menggunakan bantuan perangkat lunak HEC-RAS. HEC-RAS adalah program aplikasi untuk memodelkan aliran di sungai, *River*

Analysis System (RAS), dibuat oleh *Hydrologic Engineering Center* (HEC) yang merupakan satu divisi dalam *Institute for Water Resources* (IWR), di bawah *US Army Corps of Engineers* (USACE).

HEC-RAS merupakan model satu dimensi aliran permanen maupun tidak permanen (*steady and unsteady one dimensional flow model*). HEC-RAS versi terbaru saat ini adalah versi 5.07 dan telah beredar sejak Januari 2010. HEC-RAS memiliki 4 (empat) komponen model satu dimensi antara lain: hitungan profil muka air aliran permanen, simulasi aliran tak permanen, hitungan transpor sedimen, dan hitungan kualitas air. Elemen penting dalam HEC-RAS adalah pada keempat komponen tersebut memakai data geometri yang sama, routine hitungan hidraulika yang sama, dan beberapa fitur desain hidraulik yang dapat diakses setelah hitungan profil muka air berhasil dilakukan

III. METODE PENELITIAN

Secara umum, penelitian dimulai dengan mengumpulkan data. Data yang digunakan terdiri atas data primer dan sekunder. Data primer didapat dengan melakukan survei lapangan sementara data sekunder didapat dari pihak dinas terkait. Tahapan-tahapan dalam penyusunan metodologi penelitian adalah sebagai berikut: 1) Persiapan, 2) Pengumpulan data, dan 3) Analisis. Jenis penelitian yang dilakukan adalah penelitian kuantitatif. Penelitian ini dilakukan dengan pengukuran langsung dilapangan untuk mendapatkan data-data dimensi saluran eksisting. Metode analisis pada penelitian ini menggunakan bantuan software. Data primer dan data sekunder yang ada diolah dengan menggunakan software HEC-RAS versi 5.1.0. dan SWMM versi 5.1. Analisis sistem polder yang dilakukan untuk penelusuran banjir pada alur sungai menggunakan permodelan matematik ini dibagi dalam beberapa skenario. Berikut ini adalah beberapa langkah analisis data yang dilakukan pada aplikasi SWMM :

1. Data hujan di input ke program.
2. Data catment area kawasan industri Terboyo luas serta panjang das/sub das.
3. Skema saluran Input dengan koordinat dan elevasinya untuk mengetahui luas penampang basah saluran, kemiringan dasar saluran serta data hidraulik sungai yang diperlukan lainn.
4. Menginput data kolam seperti kedalaman dan luas.
5. Memasukan data kapasitas pompa dan ke dalaman oprasional.
6. Dari analis tersebut dapat diketahui debit, elevasi air, dan kapasitas pompa.

Berikut ini adalah beberapa langkah analisis data yang dilakukan pada aplikasi Hec RAS :

1. Data primer dari hasil pengukuran saluran Drainase di kawasan Industri Terboyo Semarang di input lengkap dengan koordinat dan elevasinya untuk mengetahui luas penampang basah saluran, kemiringan dasar saluran serta data-data hidraulik sungai yang diperlukan lainnya.
2. Analisis pola aliran dengan menggunakan metode aliran tetap menggunakan perangkat lunak HEC-RAS 5.1.0
3. Alur saluran drainase yang dianalisis adalah drainase sekunder di kanan jalan Sringin, drainase primer sejajar kali Babon, dan drainase primer antara jalan Sringin ke Primer (gang 7 & 8).
4. Dari analisis tersebut, dapat diketahui sejauh mana elevasi muka air pada saluran.

IV. HASIL DAN PEMBAHASAN

Lokasi penelitian dilaksanakan di Kawasan Industri Terboyo Semarang, Jawa Tengah.



Gambar 1. Peta Lokasi Penelitian Kawasan Industri Terboyo

Lokasi drainase kawasan industri Terboyo berbatasan dengan perairan laut dan dipengaruhi pasang surut, menggunakan desain water level dengan komponen fluktuasi muka air laut sebagai berikut:

$$DWL = HHWL + SLR + Wind Setup + Wave Setup$$

$$DWL = 1.67 + 0.25 + 0.21 + 0.20 = +2.33 \text{ meter}$$

Analisis Hidrologi

Analisis curah hujan diperkirakan hujan rencana menggunakan analisis frekuensi terhadap data curah hujan harian maksimum tahunan, dengan lama pengamatan paling sedikit 10 tahun yang berurutan. Dalam analisis tesis ini menggunakan tiga stasiun hujan terdekat dari lokasi penelitian yaitu stasiun hujan pucang gading, stasiun karangroto dan stasiun sumur jurang

Tabel 1. Hujan Rencana

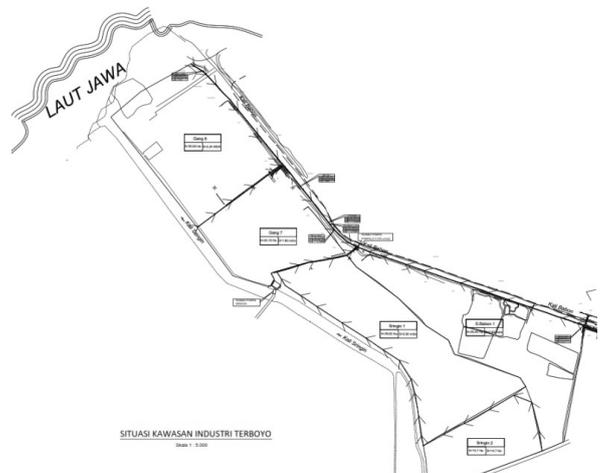
Kala Ulang T (Tahun)	τ	Distribusi Probabilitas					
		Normal	Log Normal 2 Parameter	Log Normal 3 Parameter	Gumbel I	Pearson III	Log Pearson III
2	0.0000	105.6	104.4	106.9	103.3	107.0	106.6
5	0.8416	118.9	118.4	92.9	120.7	119.2	119.5
10	1.2816	125.9	126.4	84.7	132.2	124.8	125.5
20	1.6449	131.7	133.5	77.5	143.3	129.1	130.1
25	1.7507	133.3	135.6	75.3	146.8	130.3	131.3
50	2.0537	138.1	141.9	68.8	157.6	133.6	134.7
100	2.3263	142.4	147.7	62.7	168.3	136.4	137.4
200	2.5758	146.4	153.3	56.8	179.0	138.8	139.8
500	2.8782	151.2	160.4	49.4	193.1	141.5	142.3
1000	3.0902	154.5	165.6	43.9	203.7	143.3	143.9
10000	3.7190	164.5	181.8	-97.2	239.1	148.2	147.9
Penyimpangan Maksimum	1.68	2.12	-2.19	3.51	1.20	1.24	
Delta Kritis (Sig. Level 5%)		32.8	32.8	32.8	32.8	32.8	32.8

Perhitungan Debit Banjir Rencana dengan Metode Rasional

Mengacu pada Buku sistem drainase perkotaan dari Kementrian Pekerjaan Umum dan Direktorat Cipta Karya debit banjir rencana dihitung dengan metode rational atau metode rasional yang telah dimodifikasi dan debit yang telah dimodifikasi dan debit yang dihitung adalah debit kala ulang 10 tahun.

Tabel 2 .Catment, Luas Area dan Debit

No	Catment	Luas (ha)	C	CS	I	Debit m3/dtk
1	Drainase JL Sringin	39	0.75	0.8	124.8	2.92032
2	Drainase JL Sringin2	14.7	0.75	0.8	124.8	1.100736
3	Drainase Gendong Babon	39.4	0.75	0.8	124.8	2.950272
4	Drainase gang 7	24.1	0.75	0.8	124.8	1.804608
5	Drainase gang 8	30	0.75	0.8	124.8	2.2464

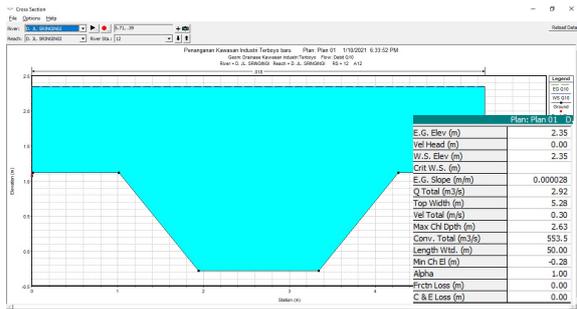


Gambar 2. Skema Debit Kawasan Industri Terboyo

Analisis Hidrolika Saluran Eksisting

Pemodelan Hidraulik menggunakan software HEC RAS 5.0.7, dengan berbagai skenario sebagai berikut :

1. Muka Air Eksisting
Simulasi terhadap dimensi saluran drainase dengan menggunakan Q_{10} dan dengan DWL (Desain Water Level) 2.33 m dengan data pada tabel 4.20 menggunakan pengukuran topografi



Gambar 3. Muka Air Cross Drainase Jalan Sringin

Hasil Perhitungan HEC-RAS Elevasi dasar saluran drainase jalan sringin adalah -0.28 meter. Dari hasil perhitungan dengan menggunakan HEC-RAS dengan periode ulang 10 tahun didapatkan elevasi muka air banjir rencana adalah + 2.35, dengan kecepatan aliran 0.30 m/detik.

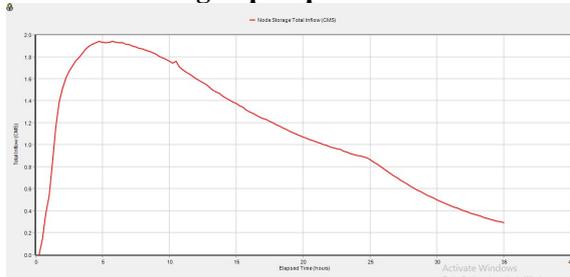
Analisa Oprasioanal Pompa SWM 5.1

DAS yang ditinjau dalam perhitungan debit banjir adalah DAS Kawasan Industri Terboyo yang merupakan daerah tangkapan dari air hujan yang turun. DAS Kawasan Industri Terboyo kemudian dibagi menjadi sub DAS dimana.



Gambar 4. Skema SWMM DAS Kawasan Industri Terboyo

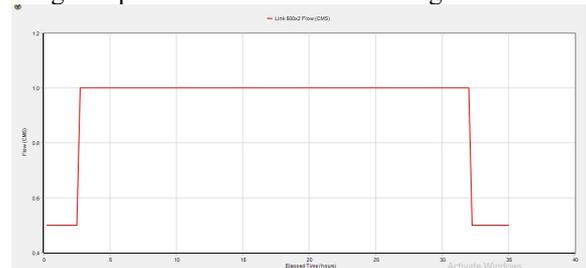
Skenario 1 dengan pompa 0.5 x 2 m³/detik.



Gambar 5. Grafik Hidrograf Debit Banjir Kolam Retensi

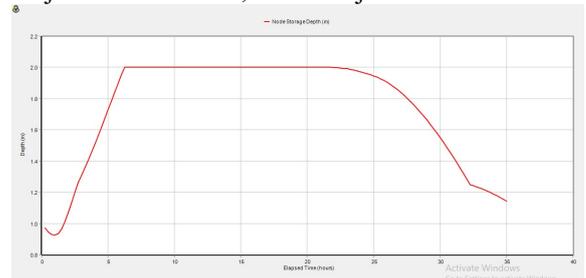
Dari grafik di atas, didapat debit puncak yang masuk ke dalam kolam detensi sebesar 1,94 m³/detik akibat adanya pompa, maka keluaran ke sungai Babon dapat di gambarkan dalam grafik

dengan pemodelan SWMM sebagai berikut.



Gambar 6. Outfall Simulasi Pompa

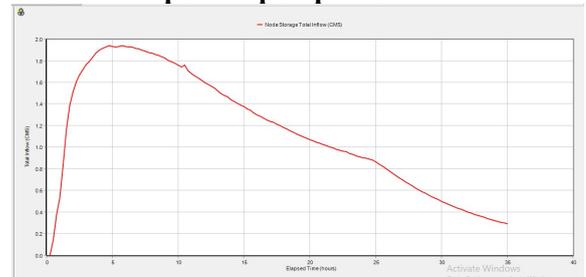
Pada grafik pompa kapasitas 500x2 m³/dt diatas, dapat dilihat waktu oprasional dengan pompa aktif 24 jam 1 m³/dt dan 0,5 m³/dt 6 jam



Gambar 7. Elevasi Maksimal Muka Air

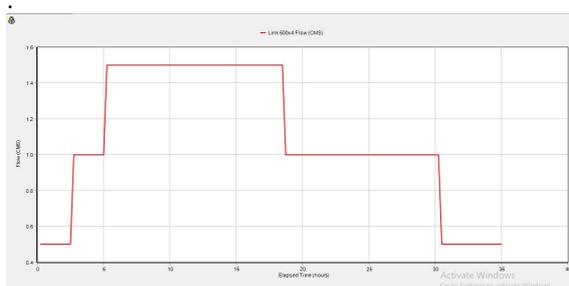
Kolam detensi dengan kedalaman 2.5 meter dengan elevasi dasar -0.7 pada di pertahankan air elevasi 2 meter dengan debit dan pemompaan di dapat elevasi puncak 1.3 meter dengan penurunan pada jam ke 24 jam.

Skenario kapasitas pompa 0.5 x 3 m³/detik.



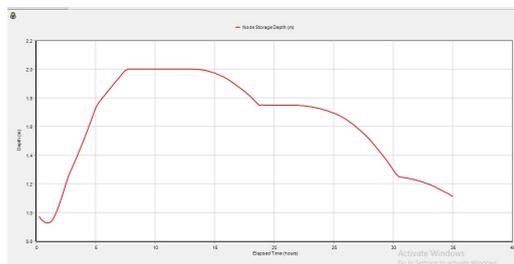
Gambar 6. Grafik Hidrograf Debit Banjir Kolam Retensi

Dari grafik diatas, didapat debit puncak yang masuk ke dalam kolam detensi sebesar 1,94 m³/detik akibat adanya pompa, maka keluaran ke sungai Babon dapat di gambarkan dalam grafik dengan pemodelan SWMM sebagai berikut



Gambar 7. Output Simulasi Pompa

Pada grafik pompa kapasitas 500x3 m³/dt diatas, dapat dilihat waktu oprasional dengan pompa aktif 13 jam 1,5 m³/dt, 13 jam 1 m³/dt, dan 4 jam 0,5 m³/dt.



Gambar 8. Elevasi Maksimal Muka Air

Kolam detensi dengan kedalaman 2.5 meter dengan elevasi dasar -0.7 pada di pertahankan air elevasi 2 meter dengan debit dan pemompaan di dapat elevasi pada simulasi SWMM 2 meter sehingga elevasi puncak 1.3 meter

V. KESIMPULAN DAN SARAN

Kesimpulan

Model konsep sistem drainase polder yang direncanakan memungkinkan untuk menangani banjir maupun rob pada kawasan industri Terboyo, Kota Semarang. Hasil analisis Hidro-Oceanografi dan pasang surut air laut di pesisir kota Semarang termasuk ke dalam tipe pasang surut campuran condong ke harian tunggal (*Mix Tide Prevalling Semidiurnal*), dengan nilai HHWL (Highest High Water Level) = 167 cm, SLR (Kenaikan muka air laut akibat pemanasan global) = 0.25 cm, *Wind Setup* = 20 cm, *Wave Setup* = 20 cm, *DWL (Desain Water Level)* = 2.33 m. Hasil analisis hidrologi dengan Catment Area 147,2 Ha menggunakan Q₁₀ dapatkan hujan rencana =124,8 Pearson III dengan Debit keseluruhan 11.02 m³/s. Analisis hidrolika untuk menentukan muka air banjir menggunakan bantuan aplikasi HEC-RAS Simulasi banjir pasang

surut menggunakan program Hec-Ras didapat elvasi Muka Air Banjir (MAB) +2.35 m. Operasional pompa dengan bantuan aplikasi Epa SWMM dengan debit pada kolam (storage) degan debit puncak 1.94 m³/s dengan pompa kapasitas 0.5x2 m³/detik. Dengan elevasi di pertahankan 1.3 meter dengan pompa aktif 24 jam 1 m³/dt dan 0,5 m³/dt 6jam. Kapasitas pompa 0,5x3 m³/detik dengan pompa aktif 13 jam 1,5 m³/dt, 13 jam 1 m³/dt, dan 4 jam 0,5 m³/dt.

Saran

Dalam pelaksanaan untuk di perhatikan muka air di daerah kajian studi pada desain saluran menggukan material spesifikasi yang telah di syarkan. khusus dalam pembangunan proyek perumahan yang akan mendatang. Operasi dan pemeliharaan pompa di perhatikan di harapkan untuk sosiali sasi ke daerah pemukiman. Pemeliharaan saluran drainase dari sampah diharapkan pada penelitian selanjutnya untuk menambahkan variabel-variabel lain guna menyempurnakan penelitian ini.

REFERENCES

- Bakti, L. M. (2010). Kajian Sebaran Potensi Rob Kota Semarang dan Usulan Penanganannya. *Tesis*. Universitas Diponegoro Semarang.
- Ragil N.A. Kajian Pengaruh Laut terhadap Banjir di Sistem Drain Sungai Tenggang
- Anindya W. Kajian Kenaikan Muka Laut sebagai Landasan Penanggulangan ROB di pesisir Kota Semarang,
- Iwan, S. (2018) Pengamatan Otomatis "Driver" dan Simulasi Pompa Sub Sistem Polder Univeritas Islam Sultan Agung-Terminal Terboyo Semarang.
- Al Falah, (2008). *Bahan Kuliah Drainase Perkotaa*, Jurusan Teknik Sipil Fakultas Teknik
- Evi R. (2017) Pengembangan Drainase Sistem Polder Sungai Sringin Kota Semarang
- Kamiana, I. M. 2011. *Teknik Perhitungan Debit Rencana Bangunan Air* . Garah Ilmu.Yogyakarta
- Undayani, C. S (2014) Perencanaan Rehabilitasi Kolam Detensi Melati Jakarta Pusat
- Permen PU Nomor 12 Tahun 2014 tentang Drainase Perkotaan.