



**STUDI ANALISA PENGENDALIAN BANJIR
SUNGAI TAMBAN DI KABUPATEN MALANG
MENGUNAKAN APLIKASI HEC-RAS**

SKRIPSI

*Diajukan Sebagai Salah Satu Prasyarat untuk Memperoleh Gelar Sarjana Strata
Satu (S1) Teknik Sipil*



Disusun oleh:
AFINA FAJAR HIDAYATI
NPM. 21601051054

**PROGRAM STUDI TEKNIK SIPIL
FAKULTAS TEKNIK
UNIVERSITAS ISLAM MALANG
2022**

RINGKASAN

Afina Fajar Hidayati, 21601051054. *Studi Analisa Pengendalian Banjir Sungai Tamban Di Kabupaten Malang Menggunakan Aplikasi HEC-RAS.* Program Studi Teknik Sipil. Universitas Islam Malang. Pembimbing I: Dr. Ir. Hj. Eko Noerhayati, M.T. Pembimbing II: Dr. Azizah Rokhmawati, S.T., M.T.

Salah satu sumber air yang sering meluap di Indonesia adalah sungai. Debit air yang melebihi kapasitas tampung sungai menyebabkan air meluap sehingga menyebabkan banjir. Salah satu sungai yang sering terjadi bencana banjir adalah Sungai Tamban yang berada di Dusun Tamban, Desa Tambakrejo, Kecamatan Sumbermanjing Wetan, Kabupaten Malang. Kondisi sungai yang berada di daerah pegunungan serta berdekatan dengan muara sungai menyebabkan resiko banjir lebih besar.

Dari analisis permasalahan yang ada pada Sungai Tamban saat ini, maka salah satu upaya pengendalian banjir adalah dengan perencanaan stabilitas tanggul. Cara ini merupakan salah satu bagian yang sangat penting dalam upaya pencegahan banjir. Di dalam perhitungan debit banjir rancangan menggunakan metode HSS *Nakayasu* serta perhitungan stabilitas lereng menggunakan metode Bishop. Dalam penelitian ini akan membahas mengenai upaya pengendalian banjir di Sungai Tamban, selain merencanakan galian dan timbunan juga menggunakan aplikasi HEC-RAS. Penggunaan aplikasi ini dilakukan dengan menganalisa curah hujan merata, menghitung curah hujan rencana, menghitung kapasitas sungai, dan memasukkan data-data terkait aplikasi HEC-RAS. Diharapkan dengan peningkatan efisiensi galian dan timbunan dapat memberikan solusi atas permasalahan banjir di Sungai Tamban agar tidak terjadi luapan.

Perhitungan debit banjir rancangan dalam kala ulang 10 tahun adalah sebesar 157,763 m³/detik. Berdasarkan perolehan dari debit banjir, maka Sungai Tamban perlu dilakukan perencanaan tanggul dengan kemiringan 1:2 serta sudut geser dalam sebesar 25° dengan nilai faktor keamanan 3,81. Dan perhitungan volume galian dan timbunan dengan total hasil galian sebesar 100.217,912 m³ dan timbunan sebesar 238.083,245 m³.

Kata Kunci: Galian dan Timbunan, *HEC-RAS*, Normalisasi, Pengendalian Banjir, Stabilitas Lereng

SUMMARY

Afina Fajar Hidayati, 21601051054. *Flood Control Analysis Study of Tamban River in Malang Regency Using HEC-RAS Application. Civil Engineering Study Program. University of Islam Malang. Advisor I: Dr. Ir. Hj. Eko Noerhayati, M.T. Advisor II: Dr. Azizah Rokhmawati, S.T., M.T.*

One source of water that often overflows in Indonesia is the river. The water discharge that exceeds the river's carrying capacity causes the water to overflow, causing flooding. One of the rivers that often occurs in floods is the Tamban River which is located in Tamban Hamlet, Tambakrejo Village, Sumbermanjing Wetan District, Malang Regency. The condition of rivers located in mountainous areas and adjacent to river mouths causes a greater risk of flooding.

From the analysis of the problems that exist in the Tamban River at this time, one of the flood control efforts is by planning the stability of the embankment. This method is a very important part of flood prevention efforts. In calculating the design flood discharge using the HSS Nakayasu method and calculating slope stability using the Bishop method. In this study, we will discuss flood control efforts in the Tamban River, in addition to planning excavations and embankments using the HEC-RAS application. The use of this application is carried out by analyzing the average rainfall, calculating the planned rainfall, calculating river capacity, and entering data related to the HEC-RAS application. It is hoped that by increasing the efficiency of excavation and embankment, it can provide a solution to the problem of flooding in the Tamban River so that overflow does not occur.

The calculation of the design flood discharge in the 10 year return period is $157.763 \text{ m}^3/\text{second}$. Based on the results of the flood discharge, it is necessary to design the embankment with a slope of 1:2 and an internal shear angle of 25° with a safety factor of 3,81. And the calculation of the volume of excavation and embankment with a total excavation of $100.217,912 \text{ m}^3$ and embankment of $238.083,245 \text{ m}^3$.

Keywords: *Excavation and Embankment, Flood Control, HEC-RAS, Normalization, Slope Stability*

BAB I PENDAHULUAN

1.1. Latar Belakang

Indonesia merupakan negara maritim yang wilayah perairannya lebih luas dibandingkan daratan, sehingga Indonesia mempunyai sumber air yang melimpah. Air merupakan unsur yang sangat penting untuk memenuhi kebutuhan hidup manusia, baik individu maupun industri. Wilayah perairan terdiri dari sungai, danau, laut, dan teluk. Sungai terbentuk dari peristiwa erosi secara terus-menerus oleh air hujan yang jatuh ke permukaan tanah sehingga terbentuk saluran air. Air hujan tersebut mengalir dari tempat yang lebih tinggi (hulu) menuju ke tempat yang lebih rendah (hilir). Tujuan akhir dari aliran permukaan biasanya disebut dengan muara sungai. Selain air hujan, sungai juga mengangkut material lain hasil erosi baik yang berasal dari daerah hulu maupun yang berasal dari permukaan tanah saat terjadinya aliran permukaan. Asdak (2002) mendefinisikan Daerah aliran sungai (DAS) adalah suatu wilayah daratan yang secara topografik dibatasi oleh punggung-punggung gunung yang menampung dan menyimpan air hujan untuk kemudian menyalurkankannya ke laut melalui sungai utama. Wilayah daratan tersebut dinamakan daerah tangkapan air (DTA) / *catchment area* yang merupakan suatu ekosistem dengan unsur utamanya terdiri atas sumberdaya alam (tanah, air dan vegetasi) dan sumberdaya manusia sebagai pemanfaatan sumberdaya alam (Rachmawati and Hima, 2015). Sungai merupakan bagian penting dalam kehidupan manusia tetapi ketika curah hujan yang tinggi dapat menyebabkan peningkatan debit air sehingga air melebihi kapasitas sungai dan dapat menggenangi daerah di sekitarnya dan dapat mengakibatkan kerugian bagi masyarakat seperti banjir.

Banjir dapat dikategorikan berdasarkan mekanisme terjadinya dan berdasarkan posisi dari sumber banjir terhadap daerah yang digenangnya. Berdasarkan mekanisme terjadinya dapat dibedakan menjadi banjir biasa (*regular*) dan banjir tidak biasa (*irregular*). Banjir *regular* terjadi akibat jumlah limpasan yang sangat banyak sehingga melampaui kapasitas dari pembuangan air. Banjir *irregular* terjadi akibat tsunami, gelombang pasang, luapan air sungai atau keruntuhan dam. Berdasarkan posisi sumber banjir terhadap daerah yang digenangnya, banjir dapat dibedakan menjadi banjir lokal dan banjir bandang.

1. Banjir Lokal

Banjir ini terjadi akibat hujan lokal yang terjadi secara terus-menerus dengan jangka waktu yang lama, sehingga peristiwa ini menyebabkan aliran air yang berlebihan merendam daratan.

2. Banjir Bandang

Banjir bandang adalah banjir di daerah permukaan hujan yang turun terus menerus dan muncul secara tiba-tiba. Banjir bandang terjadi saat penjuhan air terhadap tanah di wilayah tersebut berlangsung dengan cepat sehingga tidak dapat diserap lagi (Niode et al., 2016).

Banjir dapat disebabkan oleh beberapa faktor. Faktor penyebab utama banjir adalah adanya intensitas curah hujan yang tinggi, sehingga kapasitas sungai tidak mampu menampung limpasan permukaan. Akibatnya limpasan permukaan menggenangi daerah sekitarnya. Sehingga banjir mengakibatkan berbagai macam kerugian baik materi ataupun finansial (Nugroho, 2002).

Pembuatan peta untuk daerah banjir bisa dilakukan dengan berbagai cara, seperti dengan metode *scoring* dari beberapa peta dasar seperti curah hujan, kelempungan, dll. Tetapi cara seperti itu kurang bisa mencerminkan kenyataan di lapangan, sebab genangan di daratan berasal dari air yang meluap dari badan sungai. Salah satu cara yang bisa digunakan untuk membuat peta genangan berdasarkan data dasar berupa luapan air dari badan sungai adalah menggunakan *software* HEC-RAS 4.1. Istiarto (1987) mendefinisikan HEC-RAS adalah sistem *software* terintegrasi yang didesain untuk digunakan secara interaktif untuk menganalisa hidraulika aliran pada saluran terbuka atau sungai (Khusnah et al., 2021).

Sungai Tamban merupakan sungai yang berada di dsn. Tamban, desa Tambakrejo, kecamatan Sumbermanjing Wetan, kabupaten Malang, Jawa Timur yang sering meluap ke perkampungan warga. Sering terjadi banjir akibat meluapnya Sungai Tamban yang tidak dapat menampung volume air saat intensitas hujan tinggi. Kondisi morfologi Sungai Tamban yang berada di muara sungai yang berdekatan langsung dengan laut, dan wilayah Desa Kedungbanteng serta Desa Tambakasri yang merupakan wilayah penyuplai air Sungai Tamban, saat terjadi hujan yang deras debit aliran Sungai Tamban juga semakin tinggi. Menurut berita yang dilansir oleh rri.co.id pada tanggal 30 Mei 2020, telah terjadi peristiwa banjir yang berasal dari Sungai Tamban akibat curah hujan tinggi. Luapan sungai ini mengakibatkan permukiman warga dusun Tamban desa Tambakrejo tergenang air setinggi kurang lebih (satu) meter dan mengakibatkan sekitar 40 (empat puluh) KK (kepala keluarga) di 7 (tujuh) RT tergenang air.

Berdasarkan uraian di atas, penulis ingin menganalisa genangan yang terjadi beserta usaha pengendaliannya agar saat terjadi hujan deras, air tidak masuk ke

permukiman warga. Dalam penyelesaiannya, penulis memerlukan bantuan aplikasi perangkat lunak (*software*) agar menunjukkan hasil yang lebih akurat. Program HEC-RAS merupakan alternatif yang akan sangat membantu. Manfaat dari studi ini adalah memberikan informasi mengenai banjir yang terjadi pada sekitar Sungai Tamban. Setelah itu, dapat diambil sikap antisipasi terhadap kemungkinan bencana banjir. Untuk menanggulangi banjir perlu dilakukan normalisasi sungai sebagai upaya agar air sungai tidak meluap ke permukiman. Pada intinya normalisasi sungai itu menciptakan kondisi sungai dengan lebar dan kedalaman tertentu. Sungai mampu mengalirkan air sehingga tidak terjadi luapan dari sungai tersebut. Salah satu upaya normalisasi sungai adalah dengan membersihkan sungai dari endapan lumpur dan memperdalamnya agar kapasitas sungai dalam menampung air semakin meningkat. Hal ini dilakukan dengan cara mengeruk sungai tersebut di titik-titik rawan tersembunyi aliran air. Upaya pemulihan lebar sungai merupakan bagian penting dari program normalisasi sungai karena meningkatkan kapasitas sungai dalam menampung dan mengalirkan ke laut. Selain itu dari studi ini penulis bisa menambah ilmu pengetahuan tentang *software-software* yang digunakan.

1.2. Identifikasi Masalah

Berdasarkan latar belakang di atas, dapat disimpulkan identifikasi masalah yang akan dibahas pada penelitian ini adalah sebagai berikut:

1. Meluapnya air sungai ke permukiman saat musim hujan.
2. Kapasitas Sungai Tamban yang tidak mampu menampung air saat volume air naik.

3. Kondisi Sungai Tamban yaitu muara yang berada di bagian hilir sungai dan berdekatan dengan laut menyebabkan debit air tinggi apalagi saat terjadi hujan, sungai tidak dapat menampung air sehingga meluap ke permukiman.
4. Penanggulangan banjir dengan normalisasi sungai.

1.3. Batasan Masalah

Dalam identifikasi ruang akan diperoleh gambaran permasalahan yang luas. Akan tetapi dikarenakan adanya keterbatasan waktu dan kemampuan, maka perlu adanya pembatasan masalah sebagai berikut:

1. Tidak menghitung sedimentasi sungai serta analisa mengenai dampak lingkungan.
2. Tidak menghitung Rencana Anggaran Biaya (RAB) dan manajemen konstruksi dalam penelitian.
3. Tidak dipengaruhi oleh pasang surut air laut sehingga debit cenderung sama.

1.4. Rumusan Masalah

Berdasarkan latar belakang penelitian, maka penulis dapat mengajukan rumusan masalah sebagai berikut:

1. Berapa besar debit banjir rancangan dengan kala ulang 10 tahun pada Sungai Tamban?
2. Berapa luas penampang Sungai Tamban yang tidak dapat menampung air saat terjadi hujan?
3. Bagaimana profil aliran Sungai Tamban setelah dilakukan normalisasi?
4. Bagaimana langkah pengendalian banjir setelah dilakukan perhitungan dan pemodelan menggunakan aplikasi HEC-RAS?

1.5. Tujuan dan Manfaat

1.5.1. Tujuan Penelitian

Tujuan penelitian merupakan jawaban atau sasaran yang ingin dicapai penulis dalam sebuah penelitian. Oleh sebab itu, tujuan penelitian ini adalah:

1. Untuk mengetahui berapa besar debit banjir rancangan Sungai Tamban dengan kala ulang 10 tahun (Q10).
2. Untuk mengetahui luas penampang Sungai Tamban.
3. Untuk mengetahui kapasitas tampung Sungai Tamban.
4. Untuk mengetahui langkah-langkah pengendalian banjir setelah dilakukan perhitungan dan pemodelan menggunakan aplikasi HEC-RAS.

1.5.2. Manfaat Penelitian

Penelitian yang penulis lakukan diharapkan memberikan manfaat secara teoritis maupun praktis. Manfaat tersebut antara lain:

a. Manfaat teoritis

Manfaat secara teoritis adalah diharapkan mampu memperkaya teori-teori berkaitan dengan banjir, *software* HEC-RAS, dan cara pengendalian banjir di Sungai Tamban.

b. Manfaat Praktis

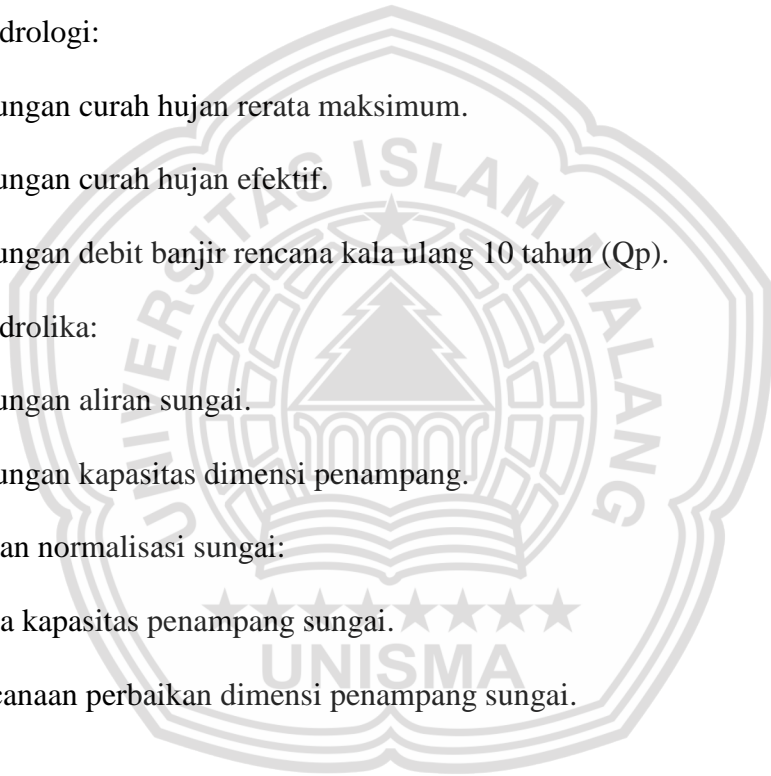
1. Mengetahui jumlah debit banjir pada Sungai Tamban.
2. Membuat pemodelan genangan banjir luapan Sungai Tamban menggunakan *software* HEC-RAS.
3. Mengetahui berapa dimensi penampang Sungai Tamban agar air tidak meluap ke permukiman.

4. Menemukan langkah perbaikan Sungai Tamban yang didapat dari pengolahan data menggunakan aplikasi HEC-RAS.

1.6. Lingkup Pembahasan

Adapun lingkup pembahasan yang sesuai dengan latar belakang dan identifikasi masalah sebagai berikut:

1. Penelitian dilakukan di Sungai Tamban yang terletak di Dusun Tamban, Desa Tambakrejo, Kecamatan Sumbermanjing Wetan, Kabupaten Malang.
2. Analisa hidrologi:
 - a. Perhitungan curah hujan rerata maksimum.
 - b. Perhitungan curah hujan efektif.
 - c. Perhitungan debit banjir rencana kala ulang 10 tahun (Q_p).
3. Analisa hidrolika:
 - a. Perhitungan aliran sungai.
 - b. Perhitungan kapasitas dimensi penampang.
4. Perencanaan normalisasi sungai:
 - a. Analisa kapasitas penampang sungai.
 - b. Perencanaan perbaikan dimensi penampang sungai.



BAB V PENUTUP

5.1. Kesimpulan

Berdasarkan dari hasil perhitungan yang digunakan dalam penyelesaian “Studi Analisa Pengendalian Banjir Sungai Tamban Di Kabupaten Malang Menggunakan Aplikasi HEC-RAS”, maka dapat diambil beberapa kesimpulan sebagai berikut:

1. Besar debit banjir rancangan pada Sungai Tamban dengan kala ulang 10 tahun adalah $157,763 \text{ m}^3/\text{detik}$.
2. Luas penampang Sungai Tamban yang tidak dapat menampung air adalah sebagai berikut:
 - Penampang P20-Hulu = $152,210 \text{ m}^2$
 - Penampang P11-Tengah = $173,216 \text{ m}^2$
 - Penampang P1-Hilir = $61,809 \text{ m}^2$
3. Hasil perencanaan profil aliran Sungai Tamban setelah dilakukan normalisasi dengan aplikasi HEC-RAS maka dibuat dimensi sungai berbentuk trapesium, sebagai contoh penampang P20 diperoleh hasil sebagai berikut:
 - Luas penampang / *Flow Area* (A) = $137,998 \text{ m}^2$
 - Keliling basah / *W.P. Channel* (P) = $34,834 \text{ m}$
 - Jari-jari hidraulik (R) = $A / P = 3,962 \text{ m}$
 - Kecepatan aliran / *Vel. Channel* (V) = $1,290 \text{ m/detik}$
 - Debit (Q) = $157,763 \text{ m}^3/\text{detik}$

Sehingga penampang yang direncanakan dapat menampung debit sebesar $157,763 \text{ m}^3/\text{detik}$, sedangkan debit maksimum yang akan direncanakan untuk periode ulang 10 tahun adalah $157,763 \text{ m}^3/\text{detik}$.

- Langkah pengendalian banjir setelah dilakukan perhitungan dan pemodelan menggunakan aplikasi HEC-RAS adalah dengan dilakukannya perhitungan stabilitas lereng untuk dibangun tanggul. Dengan kemiringan lereng 1:2 serta menggunakan sudut geser dalam sebesar 25° maka diperoleh hasil nilai faktor keamanan 3,81. Hal ini menunjukkan bahwa nilai faktor keamanan untuk perancangan tanggul adalah aman dikarenakan hasil lebih dari 1,5 yang merupakan batas kritis suatu perencanaan stabilitas lereng. Serta dari perhitungan volume galian dan urugan diperoleh hasil total volume galian yaitu sebesar $100.217,912 \text{ m}^3$ dan total volume timbunan sebesar $238.083,245 \text{ m}^3$.

4.2. Saran

Dengan melihat nilai daya tampung Sungai Tamban dan mengetahui strategi untuk penanggulangan banjir di Sungai Tamban, dapat disarankan bagi peneliti selanjutnya, yaitu sebagai berikut:

- Dalam penelitian ini menggunakan aplikasi HEC-RAS, diharapkan untuk penelitian selanjutnya dapat menggunakan aplikasi untuk analisa genangan dan pengendalian banjir lainnya seperti aplikasi HEC-GeoRAS.
- Pada Sungai Tamban untuk pengendalian banjir dapat juga menggunakan alternatif lain yaitu dengan membuat jalur sudetan (*shortcut*), pembuatan embung (*small dam*) di bagian hulu sungai untuk menampung air sementara, dan membuat pintu air sungai guna menahan air pasang.
- Perlunya langkah untuk penataan kawasan sungai untuk menghindari banjir dapat juga dengan melakukan penataan tata ruang dan tata wilayah daerah sungai.

DAFTAR PUSTAKA

- Amri, N., Dharmawansyah, D., 2021. Perbandingan Metode Bishop Dan Janbu Dalam Analisis Stabilitas Lereng Pada Oprit Jembatan Labu Sawo Sumbawa 2, 14.
- Asdak, C., 2010. Hidrologi dan Pengelolaan Daerah Aliran Sungai: Edisi Revisi Kelima. Gajah Mada University Press Yogyakarta, Yogyakarta.
- Dibyosaputro, S., 1984. Flood Susceptibility and Hazard Survey of The Kudus-Prawata-Welahan Area, Central Java, Indonesia. Tesis. ITC, Enschede. The Netherherlands.
- Direktorat Jenderal Pengairan, 1999. Panduan Perencanaan Bendungan Urugan Volume II (Analisis Hidrologi).
- Doelhomid, S., 1977. Sungai. Diktat Kuliah (Tidak Dipublikasikan). IMS FTUI. Jakarta.
- Ginting, S.H., n.d. Analisis Profil Muka Air Sungai Dengan HEC-RAS 70.
- Girsang, F., 2009. Departemen Teknologi Pertanian 69.
- Hadisusanto, N., 2011. Aplikasi Hidrologi. Jogja Media Utama, Malang.
- Harto Br, S., 2000. Hidrologi: Teori, Masalah, Penyelesaian. Nafiri Offset, Yogyakarta.
- Harto Br, S., 1993. Analisis Hidrologi. Gramedia Pustaka Utama, Jakarta.
- Harto Br, S., 1991. Hidrologi Terapan. Biro Penerbit Keluarga Mahasiswa Teknik Universitas Gajah Mada, Yogyakarta.
- Hewlett, J.D., 1982. Forests and Floods in Light of Recent Investigations. Proceedings of the Canadian Hydrology Symposium. Associate Committee on Hydrology, National Research Council of Canada, pp. 543-59. Associate Committee on Hydrology of Canada, Fredericton, New Brunswick.
- Hutomo, F.P., Firmansyah, R., 2016. Analisis Hidrologi dan Kapasitas Sistem Drainase Kota Surakarta.
- Istiarito, 2014. Modul Pelatihan Simulasi Aliran 1-Dimensi Dengan Bantuan Paket Program Hidrodinamika HEC-RAS Jenjang Dasar: Simple Geometry River.
- Kamiana, I.M., 2019. Hidraulika; Teknik Perhitungan Pada Aliran Terbuka Dan Tertutup (Bab IV Aliran Seragam). Teknosain, Yogyakarta, pp. 69–113.
- Khusnah, N., Noerhayati, E., Rachmawati, A., 2021. Kajian Karakter Fisik Dan Hidrologi Di Kali Welang Kecamatan Kraton Pasuruan Vol. 10 No. 2.

- Kodoatie, R.J., Sugiyanto, 2002. Banjir Beberapa Penyebab dan Metoda Pengendaliannya Dalam Perspektif Lingkungan. Pustaka Pelajar, Yogyakarta.
- Loebis, J., 1992. Banjir Rencana Untuk Bangunan Air. Yayasan Badan Penerbit PU, Jakarta.
- Niode, D.F., Rindengan, Y.D.Y., Karouw, S.D.S., 2016. Geographical Information System (GIS) untuk Mitigasi Bencana Alam Banjir di Kota Manado 5, 7.
- Nugroho, S.P., 2002. Evaluasi Dan Analisis Curah Hujan Sebagai Faktor Penyebab Bencana Banjir Jakarta 3, 7.
- Pujiastuti, H., 2011. Analisis Stabilitas Lereng Sepanjang Tepi Sungai Di Kawasan Kampus Universitas Muhammadiyah Mataram. Majalah Ilmiah Ulul Albab Vol. 15 No. 2.
- Putra, A.S., 2014. Analisis Distribusi Kecepatan Aliran Sungai Musi (Ruas Sungai: Pulau Kemaro Sampai Dengan Muara Sungai Komering) 2, 7.
- Putri, R.A., Rachmawati, A., 2016. Studi Perencanaan Perkuatan Tebing Sungai Konto Di Desa Ngroto Kecamatan Pujon Kabupaten Malang 10.
- Rachmawati, A., Hima, P., 2015. Analisa Erosi Dan Fungsi Kawasan Berdasarkan Arlkt (Arahan Rehabilitasi Lahan Dan Konservasi Tanah) Pada Sub Das Roban Bangun Kabupaten Mojokerto. Jurnal Rekayasa Sipil 3, 12.
- Sadad, I., 2018. Evaluasi Koef Kekasaran Dinding Saluran Pada Saluran Kaca Menggunakan Metode Manning.
- Schwab, G.O., Frevert, R.K., Edminster, T.W., K.K., B., 1981. Soil and Water Conservation Engineering, Third Edition. ed. John Wiley & Sons, New York.
- Setyowati, D.L., Suharini, E., 2011. DAS Garang Hulu (Tata Air, Erosi, dan Konservasi). Widya Karya, Semarang.
- Sianipar, 1989. Hidrolika Saluran Terbuka Ven Te Chow; alih bahasa E.V. Nensi Rosalina. Erlangga, Jakarta.
- Sianipar, Y. (Ed.), 1989. Hidrolika Saluran Terbuka Ven Te Chow ; alih bahasa E.V. Nensialia. Penerbit Erlangga, Jakarta.
- Soemarto, C.D., 1987. Hidrologi Teknik. Usaha Nasional, Surabaya.
- Soewarno, 1995a. Hidrologi: Analisa Metode Statistik Untuk Analisa Data Jilid 2. Nova, Bandung.
- Soewarno, 1995b. Hidrologi: Analisa Metode Statistik Untuk Analisa Data Jilid 1. Nova, Bandung.

- Soewarno, 1995c. Hidrologi: Analisa Metode Statistik Untuk Analisa Data Jilid 1. Nova, Bandung.
- Somantri, L., 2016. Pemanfaatan Teknik Penginderaan Jauh Untuk Mengidentifikasi Kerentanan Dan Risiko Banjir. *Jurnal Pendidikan Geografi* 8. <https://doi.org/10.17509/gea.v8i2.1697>
- Sosrodarsono, S. (Ed.), 2003. Hidrologi Untuk Pengairan. PT Pradnya Paramita, Jakarta.
- Sosrodarsono, S. (Ed.), 1980. Hidrologi Untuk Pengairan. PT Pradnya Paramita, Jakarta.
- Sudjarwadi, 1987. Teknik Sumberdaya Air. Diktat, PAU Il,mu Teknik, UGM, Yogyakarta.
- Suripin, 2004a. Sistem Drainase Perkotaan yang Berkelanjutan. Andi, Yogyakarta.
- Suripin, 2004b. Sistem Drainase Perkotaan Yang Berkelanjutan. Andi, Yogyakarta.
- Tintia, L., n.d. Perencanaan Sistem Normalisasi Sungai Bubode Di Kecamatan Tomilito Kabupaten Gorontalo Utara 6, 8.
- Triatmodjo, B., 2010a. Perencanaan Pelabuhan. Beta Offset, Yogyakarta.
- Triatmodjo, B., 2010b. Hidrologie terapan, Cetakan kedua. ed. Beta Offset, Yogyakarta.
- Triatmodjo, B., 2008. Hidrologi Terapan. Beta Offset, Yogyakarta.
- Utomo, D.R., Noerhayati, E., Rachmawati, A., 2020. Studi Evaluasi Kapasitas Penampang Sungai Kening Kabupaten Bojonegoro Dengan Menggunakan Metode HEC-RAS 10.
- Wangkar, I.M., 2008. Estimasi Curah Hujan Maksimum Boleh Jadi di Daerah Aliran Sungai Brantas Dengan Menggunakan Metode Hersfield.