

**No. 095 A / UN7.F3.6.8.TL/DL/XI/2022**

**No. 096 A / UN7.F3.6.8.TL/DL/XI/2022**

**No. 097 A / UN7.F3.6.8.TL/DL/XI/2022**

**Laporan Tugas Akhir**

**PERANCANGAN MODEL ALAT PEMANTAU KUALITAS AIR *REAL TIME* BERBASIS *INTERNET OF THINGS* (IOT) DI DAS GARANG**



**Disusun oleh**

**Kurnia Muliawati                      21080119120018**

**Desty Anggraini                        21080119120024**

**Ira Wahyuni                              21080119120037**

**DEPARTEMEN TEKNIK LINGKUNGAN**

**FAKULTAS TEKNIK**

**UNIVERSITAS DIPONEGORO**

**SEMARANG**

**2023**

**HALAMAN PENGESAHAN**

Menyatakan bahwa Laporan Tugas Akhir yang berjudul :

**PERANCANGAN MODEL ALAT PEMANTAU KUALITAS AIR REAL  
TIME BERBASIS INTERNET OF THINGS (IOT) DI DAS GARANG**

Disusun oleh :


Desty Anggraini                      21080119120024  
Ira Wahyuni                         21080119120037

Telah disetujui dan disahkan pada :

Hari                                        :  
Tanggal                                    :

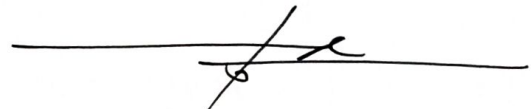
Menyetujui,

Pembimbing I



Dr. Ir. Anik Sarminingsih, M.T., IPM., ASEAN Eng.  
NIP. 196704011999032001

Pembimbing II



Prof. Dr. Ir. Syafrudin, CES., M.T., IPM  
NIP. 195811071988031001

Penguji I



Ir. Pertiwi Andarani S.T., M.T., M.Eng., Ph.D., IPP  
NIP. 198704202014012001

Penguji II



Ir. Ganjar Samudro S.T., M.T., Ph.D  
NIP. 198201202008011005

Mengetahui,  
Ketua Departemen Teknik Lingkungan





## ABSTRAK

DAS Garang merupakan salah satu Daerah Aliran Sungai di Jawa Tengah yang terdiri dari empat Sub DAS yaitu Sub DAS Garang Hulu, Sub DAS Kripik, Sub DAS Kreo, dan Sub DAS Garang Hilir yang mencakup Kabupaten Semarang, Kabupaten Kendal dan Kota Semarang. DAS Garang memiliki peranan yang penting namun juga memiliki permasalahan yang sangat bervariasi. Tujuan dari perencanaan ini adalah untuk menganalisis kondisi kualitas air dan tata guna lahan, hubungan tata guna lahan dan kualitas air dengan pemodelan SWMM, menganalisis status kualitas air dengan menggunakan metode IKA-NSF dan merencanakan model alat pemantau kualitas air *real time* berbasis IoT serta menganalisis kalibrasi dari alat pemantau kualitas air di DAS Garang. Perencanaan ini mengambil sampel pada 10 titik dengan 5 kali pengambilan di setiap titik. Hasil analisis menunjukkan bahwa penggunaan lahan pada setiap *subcatchment* dan perubahan tata guna lahan sangat berpengaruh terhadap perubahan kualitas air yang masuk ke DAS Garang. Jenis penggunaan lahan terbesar di DAS Garang meliputi pemukiman sebesar 32,31% dan pertanian lahan kering campur sebesar 25,25% dari luas total daerah tangkapan air pada DAS Garang. Hal ini yang menyebabkan tingginya konsentrasi parameter seperti BOD dan COD karena adanya bahan organik yang masuk ke aliran sungai melalui aliran permukaan. Range nilai EMC di DAS Garang yaitu parameter DO (3,66 mg/l – 6,23 mg/l), BOD (1,88 mg/l – 8,52 mg/l), COD (44,75 mg/l – 99,13 mg/l), TSS (0,54 mg/l – 1844,84 mg/l), TDS (40,41 mg/l – 279,04 mg/l), TP (0,0067 mg/l – 1,195 mg/l), Nitrat (0,015 mg/l – 2,918 mg/l), dan total coliform (329,51 MPN/100 ml – 4266,99 MPN/100 ml). Hasil pemodelan SWMM untuk analisis hubungan tata guna lahan dengan kualitas air di DAS Garang pada masing-masing titik pengamatan menunjukkan nilai model yang dapat diterima (NOF antara 0 – 1). Namun, ada beberapa parameter di titik 3, titik 4, titik 5, titik 6, titik 7, titik 8, titik 9, dan titik 10 yang belum valid (NOF>1). Status kualitas air di DAS Garang terkategori “sedang” hampir seluruh titik pengambilan sampel pada 23 Maret 2023. Namun pada pengambilan sampel 14 April 2023 di titik 1 kondisi status mutu air di DAS Garang tergolong kategori “baik” pada waktu pengambilan sampel jam 08.00 dan jam 14.00. Selain itu, pada titik pengambilan sampel 5 pada 14 April 2023 jam 14.00 tergolong kategori “buruk”. Pembuatan alat sensor kualitas air *real time* telah berhasil mengirimkan data kualitas air secara *online* dan kontinu. Parameter yang digunakan dalam pemantauan kualitas air yaitu suhu, pH, kekeruhan, TDS, dan DO yang kemudian data akan dikirim ke database dengan bantuan mikrokontroler Arduino Leonardo *with* lattependav1. Pengguna dapat mengakses data kualitas air secara *real time* menggunakan komputer ataupun *handphone* air melalui website [https://waterquality.my.id/TL\\_UNDIP/](https://waterquality.my.id/TL_UNDIP/). Alat pemantau kualitas air *real time* ini memiliki nilai presentase eror yang bervariasi, yaitu sensor pH berkisar antara 0,16% - 9,86% sedangkan untuk parameter TDS memiliki nilai presentasi eror sebesar <20%.

Kata Kunci: Kualitas air, *Storm Water Management Model*, IKA-NSF, DAS Garang

## ABSTRACT

The Garang Watershed is one of the watersheds in Central Java that consists of four sub-watersheds, namely the Upper Garang Sub-watershed, Kripik Sub-watershed, Kreo Sub-watershed, and Lower Garang Sub-watershed which covers Semarang Regency, Kendal Regency and Semarang City. The Garang watershed has an important role but also has very varied problems. The purpose of this planning is to analyze the condition of water quality and land use, the relationship between land use and water quality with SWMM modeling, analyze the status of water quality using the NSF-WQI method and plan a model of IoT-based real-time water quality monitoring devices and analyze the calibration of water quality monitoring devices in the Garang watershed. This planning took samples at 10 points with 5 times taking at each point. The results of the analysis show that land use in each sub-catchment and land use changes greatly affect changes in the quality of water entering the Garang watershed. The largest land use types in the Garang watershed include settlements at 32,31% and mixed dryland agriculture at 25,25% of the total catchment area in the Garang watershed. This causes high concentrations of parameters such as BOD and COD due to the presence of organic matter entering the river through surface flow. The range of EMC values in the Garang watershed are parameters DO (3,66 mg/l – 6,23 mg/l), BOD (1,88 mg/l – 8,52 mg/l), COD (44,75 mg/l – 99,13 mg/l), TSS (0,54 mg/l – 1844,84 mg/l), TDS (40,41 mg/l – 279,04 mg/l), TP (0,0067 mg/l – 1,195 mg/l), Nitrate (0,015 mg/l – 2,918 mg/l), and total coliform (329,51 MPN/100 ml – 4266,99 MPN/100 ml). SWMM modeling results for the analysis of the relationship between land use and water quality in the Garang watershed at each observation point show acceptable model values (NOF between 0 - 1). However, there are some parameters at point 3, point 4, point 5, point 6, point 7, point 8, point 9, and point 10 that are not yet valid (NOF>1). The water quality status in the Garang watershed was categorized as "moderate" at almost all sampling points on March 23, 2023. However, on April 14, 2023 sampling at point 1, the water quality status in the Garang watershed was classified as "good" at the sampling time of 08.00 and 14.00. In addition, sampling point 5 on April 14, 2023, at 14.00 is classified as a "bad" category. The manufacture of real-time water quality sensor devices has successfully sent water quality data online and continuously. The parameters used in monitoring water quality are temperature, pH, turbidity, TDS, and DO which then the data will be sent to the database with the help of Arduino Leonardo microcontroller with lattepandav1. Users can access water quality data in real-time using a computer or water cellphone through the website [https://waterquality.my.id/TL\\_UNDIP/](https://waterquality.my.id/TL_UNDIP/). This real-time water quality monitoring tool has a varied percentage error value, namely the pH sensor ranging from 0,16% - 9,86% while the TDS parameter has an error presentation value of <20%.

*Key Words: Water quality, Storm Water Management Model, NSF-WQI, Garang Watershed*

# **BAB I**

## **PENDAHULUAN**

### **1.1 Latar Belakang**

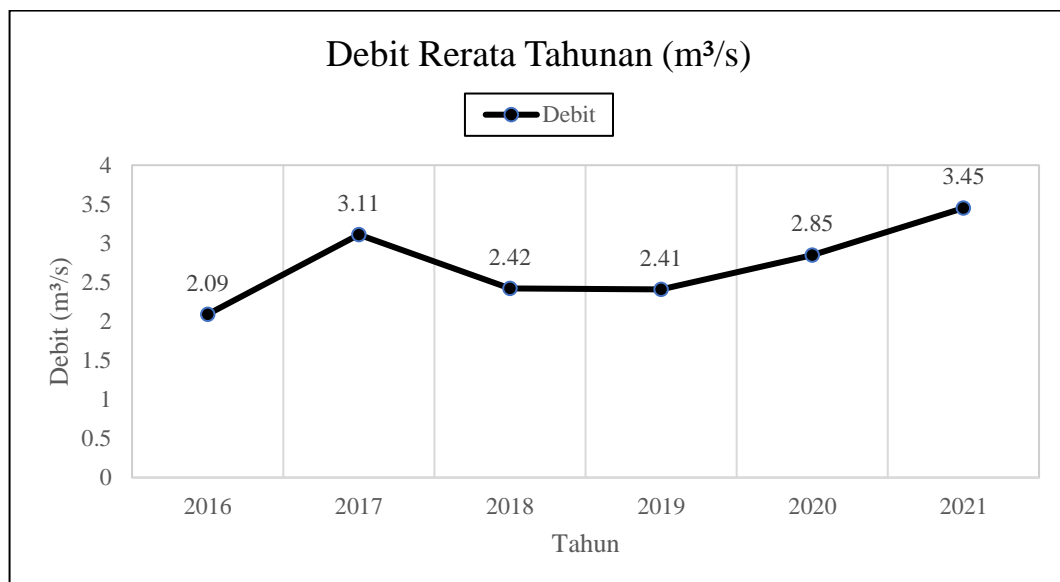
Sumber daya air merupakan salah satu komponen penting untuk mendukung keberlangsungan hidup baik manusia, hewan, maupun tumbuhan. Tidak ada makhluk hidup yang tidak membutuhkan air. Menurut UU No. 17 Tahun 2019 Tentang Sumber daya air adalah air, sumber air, dan daya air yang terkandung di dalamnya. Sumber air dapat berasal dari air permukaan, air tanah, maupun dari pemanenan air hujan. Salah satu contoh sumber air permukaan yaitu air sungai. Sungai dapat menjadi penyedia air utama bagi manusia, namun kualitas air sungai yang berubah-ubah sehingga perlu adanya pemantauan kualitas air.

Kota Semarang merupakan ibu kota Jawa Tengah dengan jumlah penduduk tahun 2022 sebanyak 1.659.975 jiwa dengan laju pertumbuhan penduduk sebesar 0,22% dari tahun 2020 hingga 2022 (BPS, 2022). Jumlah penduduk yang tinggi dapat mempengaruhi peningkatan penggunaan lahan untuk permukiman maupun industri. Dengan meningkatnya permukiman dan industri maka meningkat pula limbah domestik maupun limbah non domestik yang dihasilkan. Adanya perubahan tata guna lahan dapat mempengaruhi kualitas air yang masuk ke dalam daerah aliran sungai (DAS).

Daerah Aliran Sungai (DAS) Garang merupakan salah satu DAS yang terletak di Provinsi Jawa Tengah yang secara administratif mencakup Kabupaten Semarang di bagian hulu, Kabupaten Kendal di bagian hulu dan tengah, serta Kota Semarang di bagian tengah dan hilir. DAS Garang terdiri dari empat Sub DAS yaitu Sub DAS Garang Hulu, Sub DAS Kripik, Sub DAS Kreo, dan Sub DAS Garang Hilir. DAS Garang berhulu di Kecamatan Ungaran Kabupaten Semarang dan bermuara di Laut Jawa (Kota Semarang). DAS Garang memiliki peranan yang amat penting baik dari hulu maupun hilir. DAS Garang Bagian Hulu berperan penting dalam menampung limpasan, sedangkan DAS Garang Hilir dimanfaatkan sebagai

sumber air baku PDAM Kota Semarang dan kanal pengendali banjir atau disebut dengan Banjir Kanal Barat (Ujianti et al., 2018).

Di samping itu, keberadaan Waduk Jatibarang di sub DAS Kreo juga berperan sebagai pengendali banjir di DAS Garang dengan volume tampungan 20.400.400 m<sup>3</sup> dan pengurangan debit banjir sebesar 170 m<sup>3</sup>/detik (Alam et al., 2016). Air yang masuk ke Waduk Jatibarang berasal dari Sungai Kreo dan Sungai Garang yang mengandung berbagai zat organik dan anorganik, sehingga dapat mempengaruhi kualitas air (Putrisia et al., 2022). Berdasarkan data debit rerata tahunan di DAS Garang pada rentang tahun 2016-2021 menunjukkan potensi ketersediaan air di DAS Garang dengan trend perubahan debit sungai.



**Gambar 1. 1 Trend Debit Air Sungai Garang Pos Patemon 2016-2021**

*Sumber: PUSDATARU, 2023*

Permasalahan yang timbul di DAS Garang juga sangat bervariasi. Dari segi kuantitas, DAS Garang memiliki potensi banjir pada Bulan Januari hingga Februari di bagian utara yang disebabkan oleh kiriman limpasan air dari bagian selatan (Arrofi, 2018), sedangkan pada musim kemarau juga berpotensi kekeringan. Pada segi kualitas, DAS Garang memiliki status mutu air tercemar pada bagian hulu, tengah, dan hilir yaitu pada aliran Sungai Kreo, Sungai Kripik, dan Sungai Garang. Sungai Kreo menunjukkan konsentrasi BOD dan COD yang tinggi serta konsentrasi

DO yang rendah akibat masuknya lindi ke aliran sungai dari aktivitas TPA Jatibarang (Adi Saputra et al., 2020).

Berdasarkan data PDAM Tirta Moedal Semarang untuk kualitas air Sungai Garang tahun 2020-2022 terjadi perubahan kualitas air untuk parameter kekeruhan, DO, BOD, dan COD. Data bulan Januari tahun 2020-2021 terjadi kenaikan nilai kekeruhan yaitu 23,60 NTU menjadi 40 NTU, penurunan nilai DO dari 7,8 mg/L menjadi 7,1 mg/L, serta penurunan nilai BOD dan COD yaitu nilai BOD dari 1,9 mg/L menjadi 1,1 mg/L dan nilai COD dari 13 mg/L menjadi 3 mg/L. Sedangkan, pada bulan Januari tahun 2022 terjadi penurunan nilai kekeruhan yaitu 32,10 NTU, nilai DO yang hampir sama yaitu 7,2 mg/L, serta kenaikan nilai BOD dan COD masing-masing menjadi 1,3 mg/L dan 16 mg/L.

Di samping itu, perubahan tata guna lahan di daerah hulu DAS juga turut mempengaruhi kualitas air, yaitu alih fungsi kawasan lindung menjadi permukiman dan kawasan pertanian tanaman musiman (Ujianti et al., 2018). Di hulu DAS, dihasilkan limbah dari perkebunan kopi, pertanian, limbah domestik dari permukiman, industri kemasan makanan dan minuman, hotel, industri baja, sedangkan di Sungai Kreo sebagai anak sungai dari Sungai Garang terdapat masukan limbah domestik permukiman dan pertanian. Bagian pertemuan antara Sungai Garang dan Sungai Kreo, terdapat industri pelapisan baja, tekstil, industri farmasi dan PDAM, serta pembuangan limbah domestik di muara DAS (Trilaksono et al., 2001).

Selain itu, berdasarkan PERDA No. 5 Tahun 2021 tentang Perubahan PERDA No. 14 Tahun 2011 tentang Rencana Tata Ruang Wilayah Kota Semarang Tahun 2011-2033 terdapat program pembangunan dan peningkatan transportasi wisata yaitu pengembangan transportasi wisata sungai Kaligarang, Banjir Kanal Barat, Banjir Kanal Timur, dan Kali Semarang, sehingga sebagai salah satu daerah wisata, sudah seharusnya dilakukan pengelolaan DAS Garang lebih lanjut. Alih fungsi lahan juga terjadi khususnya di daerah yang seharusnya berfungsi sebagai daerah tangkapan air yang masuk sungai menyebabkan tingginya erosi sehingga sedimentasi seperti di Sungai Garang terus meningkat setiap tahunnya (Hermin Poedjiastoeti, Sudarmadji, 2017).



Berdasarkan kondisi tersebut, diperlukan analisis status kualitas air dengan perhitungan indeks kualitas air dan pemodelan kualitas air menggunakan *Software Storm Water Management Model* (SWMM). Selain itu juga dilakukan upaya pemantauan kualitas air melalui perancangan desain alat pemantau kualitas air *realtime* berbasis *internet of things* (IoT). SWMM adalah model simulasi curah hujan dan limpasan dinamis untuk kejadian tunggal atau simulasi jangka panjang untuk kuantitas dan kualitas limpasan (Rossman, 2015). Pemodelan kualitas air menggunakan SWMM dilakukan untuk mengetahui hubungan perubahan tata guna lahan dengan kualitas air di DAS Garang. Kemudian, dari model SWMM tersebut akan dilakukan proses validasi model yang dapat digunakan sebagai dasar perancangan alat pemantau kualitas air *real time* berbasis *Internet of Things* di DAS Garang. Selanjutnya, output data dari alat tersebut dikalibrasi dengan data kualitas air hasil observasi. Sehingga, dapat menjadi rekomendasi titik pantau kualitas air di DAS Garang secara *real time* agar sewaktu-waktu dapat mengetahui apabila terjadi perubahan kualitas air secara signifikan di DAS Garang.

## **1.2 Identifikasi Masalah**

Berdasarkan latar belakang yang telah dijelaskan, dapat ditentukan identifikasi masalah dari kualitas air sungai di DAS Garang. Beberapa permasalahan tersebut adalah sebagai berikut:

1. Peningkatan aktivitas penduduk seiring dengan peningkatan jumlah penduduk sehingga menyebabkan perubahan tata guna lahan untuk menunjang kehidupan manusia.
2. Terjadinya perubahan kualitas air DAS Garang yang disebabkan perubahan oleh tata guna lahan yang terjadi tanpa adanya pengelolaan sumber daya air terlebih dahulu.
3. Belum adanya pemantauan untuk mengetahui kondisi terbaru (*real time*) kualitas air DAS Garang.

## **1.3 Pembatasan Masalah**

Penelitian ini dibatasi pada permasalahan mengenai:

1. Wilayah studi penelitian adalah DAS (Daerah Aliran Sungai) Garang.

2. Objek penelitian adalah perancangan model alat pemantau kualitas air *real time* yang berbasis IoT.
3. Waktu penelitian dilakukan pada musim penghujan.
4. Penelitian dilakukan sesuai dengan kondisi lapangan tanpa ada perlakuan dan pengolahan terlebih dahulu.
5. Pemodelan DAS dilakukan dengan mempertimbangkan sumber pencemar yang masuk ke DAS Garang.
6. Analisis beban pencemaran dilakukan untuk lahan pertanian dan domestik.
7. Analisis pengaruh tata guna lahan terhadap kualitas air DAS Garang dilakukan dengan menggunakan software SWMM.
8. Analisis status kualitas air dilakukan dengan perhitungan indeks kualitas air dengan metode IKA-NSF.
9. Parameter kualitas air yang diamati di laboratorium disesuaikan dengan kandungan pada limbah domestik yang berhubungan dengan perubahan tata guna lahan yaitu parameter suhu, kekeruhan, pH, DO, BOD, COD, TSS, TDS, Total Fosfat, Nitrat dan Total Coliform.
10. Perancangan alat terdiri dari gambar model alat, operasional penggunaan dan perawatan, serta RAB pembuatan alat.
11. Pengujian dan kalibrasi dilakukan pada alat pemantau kualitas air *real time* yang menggunakan sensor pH, suhu, dan TDS.

#### **1.4 Rumusan Masalah**

Rumusan masalah dari permasalahan yang diangkat dari penelitian ini dapat diuraikan dengan pertanyaan-pertanyaan sebagai berikut:

1. Bagaimana kondisi kualitas air dan tata guna lahan di DAS Garang?
2. Bagaimana hubungan tata guna lahan dengan kualitas air di DAS Garang dengan menggunakan pemodelan SWMM?
3. Bagaimana status kualitas air di DAS Garang dengan menggunakan metode IKA-NSF?
4. Bagaimana perencanaan model alat pemantau kualitas air *real time* berbasis IoT di DAS Garang?
5. Bagaimana nilai kalibrasi dari alat pemantau kualitas air di DAS Garang?

## 1.5 Rumusan Tujuan

Tujuan dari penelitian ini adalah:

1. Menganalisis kondisi kualitas air dan tata guna lahan di DAS Garang.
2. Menganalisis hubungan tata guna lahan dengan kualitas air di DAS Garang dengan menggunakan pemodelan SWMM.
3. Menganalisis status kualitas air di DAS Garang dengan menggunakan metode IKA-NSF.
4. Merencanakan model alat pemantau kualitas air *real time* berbasis IoT di DAS Garang.
5. Menganalisis kalibrasi dari alat pemantau kualitas air di DAS Garang.

## 1.6 Manfaat Penelitian

1. Bagi Penulis

Manfaat penelitian bagi penulis adalah menambah wawasan dan pengetahuan mengenai hubungan tata guna lahan dengan kualitas air di DAS Garang melalui pemodelan menggunakan software SWMM dan perancangan model alat kualitas air secara *real time* berbasis *Internet of Things* (IoT).

2. Ilmu Pengetahuan

Hasil penelitian ini dapat menjadi pengembangan ilmu teknologi pemodelan tata guna lahan dan kualitas air dengan SWMM sebagai dasar perancangan model alat pemantau kualitas air secara *real time* berbasis *Internet of Things* (IoT) di DAS Garang.

3. Instansi Pemerintah

Hasil penelitian ini dapat menjadi pertimbangan pemerintah dalam pengaturan penataan ruang atau tata guna lahan dan pengaruhnya terhadap kualitas air sungai, terutama DAS Garang. Selain itu, sebagai bahan pertimbangan titik pantau kualitas air berdasarkan tata guna lahan di daerah tersebut.

## DAFTAR PUSTAKA

- Abidin, F., Millang, S., & Arsyad, U. (2019). Kualitas Air Sungai pada Berbagai Tipe Penutupan Lahan pada Sub-sub DAS di DAS Latuppa. *Jurnal Hutan Dan Masyarakat*, 11(1), 59–72.
- Adi Saputra, W., Setiani, O., & Rahardjo, M. (2020). Water Quality and Pollution Index of Kreo and Garang River from Jatibarang Landfill in Semarang City. *E3S Web of Conferences*, 202, 1–12. <https://doi.org/10.1051/e3sconf/202020205018>.
- Alam, O. T. Y., Sarminingsih, A., & Nugraha, W. D. (2016). Pengaruh Waduk Jatibarang Terhadap Kualitas Air Sungai Garang di Intake PDAM Semarang. *Jurnal Teknik Lingkungan*, 5(2), 1–9. <http://ejournal-s1.undip.ac.id/index.php/tlingkungan>.
- Arrofi, D. dkk. (2018). Kualitatif dan Kuantitatif Analisis Multivariaate Karakteristik Daerah Aliran Sungai (DAS) Garang terhadap Potensi Banjir Semarang, Jawa Tengah. *Angewandte Chemie International Edition*, 6(11), 951–952., September.
- Bariyus, A. R. (2019). *ESTIMASI NILAI EVENT MEAN CONCENTRATION (EMC) DARI TATA GUNA LAHAN TERHADAP KUALITAS AIR DAS GARANG Studi Kasus : Sungai Kripik dan Sungai Kanal Barat, Kota Semarang, Jawa Tengah*.
- BPS. (2022). *Kota Semarang dalam Angka 2022*.
- Brontowiyono, W., Asmara, A. A., Jana, R., Yulianto, A., & Rahmawati, S. (2022). Land-Use Impact on Water Quality of the Opak Sub-Watershed, Yogyakarta, Indonesia. *Sustainability (Switzerland)*, 14(7). <https://doi.org/10.3390/su14074346>
- Cassandra, S. M. (2019). *Kajian Status Mutu Air Sungai Menggunakan Metode Canadian Council of Ministers of the Environment–Water Quality Index (Ccme ...* <http://eprints.undip.ac.id/76096/>
- Chen, H., Teng, Y., & Wang, J. (2013). Load estimation and source apportionment of nonpoint source nitrogen and phosphorus based on integrated application of SLURP model, ECM, and RUSLE: A case study in the Jinjiang River, China.

- Environmental Monitoring and Assessment*, 185(2), 2009–2021.  
<https://doi.org/10.1007/s10661-012-2684-z>
- Deekshath, R., Dharanya, P., Kabadia, K. R. D., Dinakaran, G. D., & Shanthini, S. (2018). IoT Based Environmental Monitoring System using Arduino UNO and Thingspeak. *IJSTE-International Journal of Science Technology & Engineering*, 4(9), 68–75. [www.ijste.org](http://www.ijste.org)
- Efendi, Y. (2018). Internet Of Things (Iot) Sistem Pengendalian Lampu Menggunakan Raspberry Pi Berbasis Mobile. *Jurnal Ilmiah Ilmu Komputer*, 4(2), 21–27.  
<https://doi.org/10.35329/jiik.v4i2.41>
- Effendi, H. (2003). *Telaah Kualitas Air Bagi Pengelolaan Sumber Daya dan Lingkungan Perairan*. Kanisius.
- Effendi, H. (2015). Simulasi Penentuan Indeks Pencemaran dan Indeks Kualitas Air (NSF-WQI). *Puslitbang Kualitas Dan Laboratorium Lingkungan Kementerian Lingkungan Hidup Dan Kehutanan*, 8.
- Ennisa Dzisofi Amelia, Sri Wahyuni, D. H. (2021). Evaluasi Kesesuaian Data Satelit sebagai Alternatif Ketersediaan Data Evaporasi di Waduk Wonorejo. *Jurnal Teknik Pengairan*, 12(2), 127–138.  
<https://doi.org/10.21776/ub.pengairan.2021.012.02.05>
- Firmansyah, A. Y. (2013). Tata Guna Lahan Dalam Tinjauan Penyusunan Kebijakan Dan Pengelolaannya Secara Islami. *ULUL ALBAB Jurnal Studi Islam*, 11(1), 50–63. <https://doi.org/10.18860/ua.v0i0.2411>
- Hermin Poedjiastoeti, Sudarmadji, S. dan S. S. (2017). STATUS MUTU KUALITAS AIR SUNGAI GARANG HILIR KAITANNYA DENGAN PERUBAHAN PENGGUNAAN LAHAN DI SUB DAS GARANG HILIR SEMARANG (Quality Status of Garang Hilir Water Quality Related with Changes of Land Use in Garang Hilir Subwatershed Semarang). *SPATIAL Wahana Komunikasi Dan Informasi Geografi Vol. 17 No.2 September 2017* 14, 17.
- Huda, A. S. H., Nugraha, A. L., & Bashit, N. (2020). Analisis Perubahan Laju Erosi Periode Tahun 2013 dan Tahun 2018 Berbasis Data Penginderaan Jauh dan Sistem

- Informasi Geografis (Studi Kasus : DAS Garang). *Jurnal Geodesi Undip Januari*, 9.
- Kipyego, S., & Ouma, Y. (2018). Analysis of Nonpoint Source Pollution Loading on Water Quality in an Urban- Rural River Catchment Using GIS-PLOAD Model : Case Study of Sosiani River. *Civil and Environmental Research*, 10(3), 70–84. [www.iiste.org](http://www.iiste.org)
- Kudubun, R., Kisworo, & Rahardjo, D. (2020). Pengaruh Tata Guna Lahan, Tipe Vegetasi Riparian, dan Sumber Pencemar terhadap Kualitas Air Sungai Winongo di Daerah Istimewa Yogyakarta. *Prosiding Seminar Nasional Biologi Di Era Pandemi COVID-19, September*, 392–400. <http://journal.uin-alauddin.ac.id/index.php/psb/>
- Kurnia Utama, Y. A. (2016). Perbandingan Kualitas Antar Sensor Suhu dengan Menggunakan Arduino Pro Mini. *E-NARODROID*, 2(2). <https://doi.org/10.31090/narodroid.v2i2.210>
- Lestari, E. P. (2019). *RESPON MATA AIR KARST GOA GREMENG TERHADAP KEJADIAN HUJAN PADA AREA TANGKAPANNYA DI KECAMATAN PONJONG KABUPATEN GUNUNGKIDUL*. 1–5.
- Li, D., Wan, J., Ma, Y., Wang, Y., Huang, M., & Chen, Y. (2015). Stormwater runoff pollutant loading distributions and their correlation with rainfall and catchment characteristics in a rapidly industrialized city. *PLoS ONE*, 10(3), 1–17. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0118776>
- Ling, T. Y., Soo, C. L., Sivalingam, J. R., Nyanti, L., Sim, S. F., & Grinang, J. (2016). Assessment of the Water and Sediment Quality of Tropical Forest Streams in Upper Reaches of the Baleh River, Sarawak, Malaysia, Subjected to Logging Activities. *Journal of Chemistry*, 2016. <https://doi.org/10.1155/2016/8503931>
- Mardhia, D., & Abdullah, V. (2018). Studi Analisis Kualitas Air Sungai Brangbiji Sumbawa Besar. *Jurnal Biologi Tropis*, 18(2), 182–189. <https://doi.org/10.29303/jbt.v18i2.860>
- Munoz, H., Orozco, S., Vera, A., Suarez, J., Garcia, E., Neria, M., & Jimenez, J. (2015).

*Hubungan antara oksigen tanah, curah hujan, dan suhu: Sungai Zahuapan, Tlaxcala. VI.*

- Napieralska, A., & Gołdyn, R. (2012). Sanitary analyses of runoff water a river. *Polish Journal of Environmental Studies*, 22(2), 481–486.
- PCA, M. (2023). *Stormwater pollutant concentrations and event mean concentrations*. 009(I).
- Pemulasari, L., Kurniawan, B., & Maryani, Y. (2021). The study on the linkage between pollution load and water quality index of the Cidurian river - a case study of Serang District segments. *IOP Conference Series: Earth and Environmental Science*, 623(1). <https://doi.org/10.1088/1755-1315/623/1/012028>
- Pratiwi, A. D., Widyorini, N., & Rahman, A. (2019). Analisis Kualitas Perairan Berdasarkan Total Bakteri Coliform di Sungai Plumbon, Semarang. *Journal of Maquares*, 8(3), 211–220.
- Puspitasari, N. N. A., & Hadi, M. P. (2020). Effects of Land Use on the Number of Coliform Bacteria in Boyong river, Sleman. *IOP Conference Series: Earth and Environmental Science*, 1089(1). <https://doi.org/10.1088/1755-1315/1089/1/012075>
- Putri, A. K. (2019). *ESTIMASI NILAI EVENT MEAN CONCENTRATION (EMC) DARI TATA GUNA LAHAN TERHADAP KUALITAS AIR SUNGAI GARANG, DAS GARANG*.
- Putri, W. A. E., Purwiyanto, A. I. S., Fauziyah, Agustriani, F., & Suteja, Y. (2019). Kondisi Nitrat, Nitrit, Amonia, Fosfat dan BOD di Muara Sungai Banyuasin, Sumatera Selatan. *Jurnal Ilmu Dan Teknologi Kelautan Tropis*, 11(1), 65–74. <https://doi.org/10.29244/jitkt.v11i1.18861>
- Putrisia, A. V., Ain, C., & Rahman, A. (2022). Analisa Produktivitas Primer Sebagai Upaya Pengelolaan Kualitas Air Di Waduk Jatibarang, Semarang. *TRITON: Jurnal Manajemen Sumberdaya Perairan*, 18(1), 1–9. <https://doi.org/10.30598/tritonvol18issue1page1-9>
- Rahayu, D. M., Yoga, G. P., Effendi, H., & Wardiatno, Y. (2015). Penggunaan

- Makrozoobentos Sebagai Indikator Status Perairan Hulu Sungai Cisadane, Bogor (The Use of Macrozoobenthos as Indicator of Up-Stream Segment of Cisadane River, Bogor). *Jurnal Ilmu Pertanian Indonesia (JIPI)*, 20(1), 1–8. [journal.ipb.ac.id/index.php/JIPI](http://journal.ipb.ac.id/index.php/JIPI)
- Rahmadani, A. Y. (2019). *Estimasi Nilai Event Mean Concentration (EMC) Dari Tata Guna Lahan Terhadap Kualitas Air DAS Garang. Studi Kasus: Sungai Kripik dan Sungai Kanal Barat, Kota Semarang, Jawa Tengah.*
- Rahmawati, D. (2011). Pengaruh Kegiatan Industri terhadap Kualitas Air Sungai Diwak di Bergas Kabupaten Semarang dan Upaya Pengendalian Pencemaran Air Sungai. *Universitas Diponegoro*, 103.
- Romdania, Y., Herison, A., Susilo, G. E., & Novilyansa, E. (2018). KAJIAN PENGGUNAAN METODE IP, STORET, dan CCME WQI DALAM MENENTUKAN STATUS KUALITAS AIR. *Materials Research Innovations*, 19, S9268–S9272. <https://doi.org/10.1179/1432891715Z.00000000001983>
- Rossmann, L. A. (2015). Storm Water Management Model User's Manual Version 5.1. In *U.S. Environmental Protection Agency (Issues 670 /2-75–017)*.
- Rossmann, L. A. (2017). Storm Water Management Model Reference Manual - Hydraulics. *United States Environment Protection Agency, II(May)*, 37–46.
- Rossmann, L. A., & Huber, W. C. (2016a). Storm Water Management Model Reference Manual. *U.S. Environmental Protection Agency, I(January)*, 231. [www2.epa.gov/water-research](http://www2.epa.gov/water-research)
- Rossmann, L. A., & Huber, W. C. (2016b). Storm Water Management Model Reference Manual Volume III – Water Quality. *The United States Evinronmental Protection Agency Office of Research and Development Evinronmental Protection Agency Office of Research and Development, III(January)*, 231. [www2.epa.gov/water-research](http://www2.epa.gov/water-research)
- Rozaq, I. A., & Setyaningsih, Y. N. D. (2018). Karakterisasi dan kalibrasi sensor ph menggunakan arduino uno 12,. *Prosiding SENDI\_U*, 244–247.
- Sara, P. S., Astono, W., & Hendrawan, D. I. (2018). Kajian Kualitas Air Di Sungai



- Ciliwung dengan Parameter BOD dan COD. *Seminar Nasional Cendekiawan Ke 4, 0(0)*, 591–597. <https://trijurnal.lemlit.trisakti.ac.id/semnas/article/view/3478>
- Setyowati, R. D. N. (2016). Studi Literatur Pengaruh Penggunaan Lahan Terhadap Kualitas Air. *Jurnal Ilmu-Ilmu Teknik*, 12(1), 7–15.
- Sheftiana, U. S., Sarminingsih, A., & Nugraha, W. D. (2017). Penentuan Status Mutu Air Sungai Berdasarkan Metode Indeks Pencemaran Sebagai Pengendalian. *Jurnal Teknik Lingkungan*, 6(1), 1–10.
- Sholehah, F. D. (2019). *EVALUASI KUALITAS AIR SALURAN GARANG MENGGUNAKAN SOFTWARE SWMM STUDI KASUS: KECAMATAN GAJAHMUNGKUR, KOTA SEMARANG*.
- Sulistyo, M. T. (2019). Sistem Pengukuran Kadar Ph , Suhu , Dan Sensor Turbidity Pada Limbah Rumah Sakit Berbasis Arduino UNO Waterproof Temperature Sensor DS18B20. *Jurnal Elektro SI ITN Malang*, 1–10.
- Syahputra, B. (2021). *Penentuan Faktor Jam Puncak dan Harian Maksimum terhadap Pola Pemakaian Air Domestik di Kecamatan Kalasan, Sleman, Yogyakarta*. 1–15.
- Syed, A. U., & Jodoin, R. S. (2006). Estimation of Nonpoint-Source Loads of Total Nitrogen, Total Phosphorous, and Total Suspended Solids in the Black, Belle, and Pine River Basins, Michigan, by Use of the PLOAD Model. *Scientific Investigations Report*, 47.
- Triatmodjo, B. (2008). *Hidrologi Terapan*. Beta Offset Yogyakarta.
- Trilaksono, G., Sudarno, I., Dwi, I., & Handayani, S. (2001). *QUAL2E DAN METODE NERACA MASSA ( Studi Kasus : Sungai Garang , Jawa Tengah )*. 82.
- Ujianti, R. M. D., Anggoro, S., Bambang, A. N., & Purwanti, F. (2018). Water quality of the Garang River, Semarang, Central Java, Indonesia based on the government regulation standard. *Journal of Physics: Conference Series*, 1025(1). <https://doi.org/10.1088/1742-6596/1025/1/012037>
- Wiwoho Mudjanarko, S., Winardi, S., & Daniel Limantara, A. (2017). Pemanfaatan Internet of Things (Iot) Sebagai Solusi Manajemen Transportasi Kendaraan

Sepeda Motor. *Seminar Nasional Aplikasi Teknologi Prasarana Wilayah X (ATPW)*, August, 1–16.

Yogafanny, E. (2015). Pengaruh Aktifitas Warga di Sempadan Sungai terhadap Kualitas Air Sungai Winongo. *Jurnal Sains & Teknologi Lingkungan*, 7(1), 41–50. <https://doi.org/10.20885/jstl.vol7.iss1.art3>

Yuliantari, R. V., Novianto, D., Hartono, M. A., & Widodo, T. R. (2021). Pengukuran Kejenuhan Oksigen Terlarut pada Air menggunakan Dissolved Oxygen Sensor. *Jurnal Fisika Flux: Jurnal Ilmiah Fisika FMIPA Universitas Lambung Mangkurat*, 18(2), 101. <https://doi.org/10.20527/flux.v18i2.9997>

Yuniarti, & Biyatmoko, D. (2019). Analisis Kualitas Air Dengan Penentuan Status Mutu Air Sungai Jaing Kabupaten Tabalong. *Jukung (Jurnal Teknik Lingkungan)*, 5(2), 52–69. <https://doi.org/10.20527/jukung.v5i2.7319>

Zuhdi, R. M. T. (2021). *PEMBUATAN ALAT REALTIME WATER MONITORING DENGAN PARAMETER pH, TDS, DAN SUHU*. 6–7.