

ANALISIS KUALITAS AIR IRIGASI DENGAN METODE STORET DAN METODE INDEKS PENCEMARANAN (IP) PADA MONITORING SYSTEM BERBASIS IOT**BRIGITHA RACO¹, RYAN LAKSMANA SINGGETA²**Fakultas Teknik, Program Studi Teknik Sipil, Universitas Katolik De La Salle¹,Fakultas Teknik, Program Studi Teknik Elektro, Universitas Katolik De La²Email: braco@unikadelasalle.ac.id¹, email: rsinggeta@unikadelasalle.ac.id²DOI: <http://dx.doi.org/10.31869/rtj.v8i1.6151>

Abstrak: Degradasi kualitas air disebabkan oleh berbagai aktivitas manusia yang disertai perubahan iklim. Kondisi ini mengancam produktivitas pertanian serta keamanan pangan. Irigasi yang umumnya menggunakan air permukaan, dalam pengujian kualitas memerlukan tahapan dan prosedur yang kompleks, dengan pengujian Laboratorium. Penelitian ini bertujuan mengetahui kualitas air pada irigasi dengan pengujian berbasis IoT berdasarkan PP No 82 Tahun 2001. Metode Kualitas Air yang digunakan dalam penelitian yaitu Metode Kualitas Air Metode STORET dan Metode Indeks Pencemaran (IP). Penelitian pada kualitas air Kelurahan Tara Tara, Kec. Tomohon Barat Kota Tomohon, Provinsi Sulawesi Utara. Tahapan awal penelitian dilakukan rancang bangun alat monitor dengan 3 sensor sebagai parameter kualitas air yaitu sensor temperatur/ suhu air, TDS dan pH. Ketiga sensor tersebut dihubungkan dan diintegrasikan dengan Mikrokontroler ESP32. Output nilai dapat diakses dengan menggunakan internet pada Aplikasi ThingSpeak. Hasil analisis menggunakan metode kualitas air, Metode STORET menunjukkan bahwa pada kelas II dan kelas III terdapat parameter pH yang tidak memenuhi baku mutu pada minimum nilai sehingga mendapat nilai-1 yang mengklasifikasikan kelas II dan kelas III tercemar ringan, namun untuk kelas IV menunjukkan bahwa tidak tercemar. Hasil Metode IP yang didapat untuk kelas II dan III sebesar 0,430 dan untuk kelas IV sebesar 0,422 dengan kategori memenuhi baku mutu air.

Kata Kunci: IoT, Irigasi, Kualitas Air, Metode Indeks Pencemar, Metode STORET.

Abstract: The degradation of water quality, a result of various human activities and climate change, poses a significant threat to agricultural productivity and food security. The complex process of testing water quality for irrigation, typically surface water, involves multiple stages and laboratory testing. This research, crucial in the current context, aims to determine water quality in irrigation using IoT-based testing, as PP. RI No. 82 tahun 2001. The use of IoT-based testing simplifies the water quality testing process. The water quality methods employed in this study are the STORET Water Quality Method and the Pollution Index Method (IP). The research focuses on the water quality in Tara Tara Village, West Tomohon District, Tomohon City, North Sulawesi. The initial research stage was to design a monitoring device with three sensors determining water quality: water temperature, TDS, and pH. Sensors are connected and integrated with the ESP32 Microcontroller. The value output can be accessed using the internet on the ThingSpeak Application. The results of the STORET method show that in class II and class III, there are pH parameters that do not meet the quality standards at the minimum value, so they get a value of -1, which classifies class II and class III as lightly polluted. However, for class IV, it shows that it is not polluted. The IP method results obtained for class II and III were 0.430, and for class IV were 0.422, with the category of meeting water quality standards.

Keywords: IoT, Irrigation, Pollutant Index Method, STORET Method, Water Quality.

A. Pendahuluan

Ketahanan pangan nasional erat hubungannya dengan sistem irigasi sebagai sistem pengelola air dan kualitas air. Faktanya dalam pengelolaannya masih banyak permasalahan yang dihadapi, khususnya dalam hal kualitas air. Degradasi kualitas air disebabkan oleh berbagai aktivitas pemenuhan kebutuhan manusia dan disertai dengan perubahan iklim sangat mengancam produktivitas

pertanian serta keamanan pangan. Permasalahan ini juga mengakibatkan kuantitas air tidak lagi sesuai dengan peruntukannya. Irigasi sebagai sistem pengelolaan air untuk pertanian, berperan krusial dalam menjamin produktivitas pertanian. Penggunaan air irigasi yang tercemar oleh pestisida, pupuk dan limbah domestik dapat menurunkan kesuburan tanah dan menyebabkan munculnya penyakit tanaman. Penurunan kualitas pada air yang ekstrem dapat menyebabkan ketidakstabilan dalam ekosistem, tingginya kandungan limbah organik yang tinggi akan berpengaruh terhadap kandungan fosfor yang ada di perairan (Soeprbowati dkk., 2020).

Berdasarkan keputusan Menteri Lingkungan Hidup nomor 115 tahun 2003, terdapat beberapa metode penentuan status mutu kualitas air, yaitu dengan menggunakan Metode STORET, Metode Indeks Pencemaran (IP) dan juga Metode Canadian Council of Ministers of the Environment Water Quality Index (CCME WQI). Metode STORET merupakan salah satu metode yang dikembangkan oleh *United State Enviromental Protection Agency* (US-EPA) dalam penentuan status mutu air guna mengetahui kesesuaian kualitas air terhadap acuan kelas yang dipilih (Republik Indonesia, 2003). IP dinyatakan sebagai indeks Pencemaran yang digunakan untuk menentukan tingkat Pencemaran relatif terhadap parameter kualitas yang diizinkan. Indeks ini dinyatakan sebagai Indeks Pencemaran yang digunakan untuk menentukan tingkat Pencemaran relatif terhadap parameter kualitas air yang diizinkan. Indeks ini memiliki konsep yang berlainan dengan Indeks Kualitas Air (WQI). Indeks Pencemaran digunakan untuk satu peruntukan, kemudian dikembangkan untuk beberapa peruntukan bagi seluruh badan air atau dari suatu sungai. Metode ini ditentukan dari resultan nilai maksimum dan nilai rerata rasio konsentrasi dari masing-masing parameter terhadap nilai baku mutunya sehingga hasilnya digunakan sebagai masukan untuk mengambil keputusan agar dapat menilai kualitas badan air untuk suatu peruntukan (Rita & Hartaja, 2015). Di Indonesia, hasil analisis IP dapat dikonversikan menjadi indeks kualitas air berdasarkan pembobotannya.

Permasalahan kualitas air pada irigasi terjadi pada Sungai Mahrut yang teridentifikasi sungai dalam kondisi buruk. Pemantauan kualitas air dilakukan dengan meninjau parameter fisika, kimia dan biologi dengan menggunakan Metode CCME WQI dengan rentang nilai pencemar 43,17 – 45,11. Faktor limbah domestik, limbah industri, limbah pupuk pertanian dan sumber pencemar lain yang masuk pada sungai tanpa melalui pengolahan limbah diyakini sebagai penyebab buruknya kualitas air yang ditinjau (Hameed M. Jawad Al Obaidy dkk., 2015). Sungai di Indonesia juga tak luput dari permasalahan kualitas air. Pengujian kualitas air pada Sungai Gajah Wong DI Yogyakarta dilakukan dengan pendekatan Metode IP, STORET, dan CCME untuk melihat sejauh mana obyektifitas dalam menyimpulkan status mutu air di sungai tropis di Indonesia. Pengkajian dilakukan selama 14 tahun yakni 1997 – 2011 dengan parameter yang digunakan dalam analisis sebanyak 17 parameter dari kelompok parameter fisika, kima dan biologi. Status indeks mutu air IP dan CCME teridentifikasi tercemar berat di hampir semua lokasi pemantauan sedangkan dengan Metode STORET teridentifikasi semua lokasi pemantauan tercemar berat. Semakin banyak parameter kualitas air yang diukur, semakin banyak parameter yang teridentifikasi tidak memenuhi baku mutu (Saraswati Puji dkk., 2014). Permasalahan kualitas air irigasi di Sulawesi Utara, salah satunya terdapat di Sungai Noan, pada Desa Molompar Kabupaten Minahasa Tenggara. Sungai Noan menunjukkan adanya kriteria yang kurang baik untuk parameter Kalium (K). Parameter Kalium diuji pada kondisi sebelum pemupukan yang dilakukan petani setempat dan sesudah pemupukan. Peningkatan nilai parameter pada kedua kondisi uji di saluran tersier sebesar 2,685 mg/L sebelum pemupukan meningkat menjadi 4,24 mg/L pada sesudah pemupukan. Meningkatnya nilai parameter Kalium dipengaruhi oleh keadaan biologi dan kimia tanah sawah mempengaruhi penyediaan hara (Pinkan Naray dkk., 2019).

Pengujian kualitas air pada Laboratorium sering kali memerlukan waktu dan biaya yang mahal dan cukup lama. Irigasi yang umumnya menggunakan air sungai, dalam pengujian kualitas memerlukan tahapan dan prosedur yang kompleks. Kompleksnya permasalahan membutuhkan strategi konservasi yang terintegrasi dengan proses yang pendek. Pemantauan status mutu air bisa menjadi salah satu cara cepat mencegah terjadinya degradasi kualitas air. Status mutu air merupakan kondisi kualitas air yang diukur dan diuji berdasarkan parameter-parameter yang sudah ditentukan

dengan menggunakan metode tertentu yang diatur berdasarkan peraturan perundang-undangan. Hal ini menjelaskan mengenai tingkatan akan kondisi cemar atau kondisi baik pada sumber air dengan membandingkan pada baku mutu yang sudah ditetapkan (Yuwono & Setyobudiarso, 2016). Mutu air adalah kondisi suatu kualitas air yang dilakukan analisis pengujian terhadap parameter-parameter tertentu, serta dengan metode tertentu, yang sesuai dengan peraturan perundang-undangan yang berlaku. Pemantauan kualitas air dengan pemanfaatan teknologi sangat dibutuhkan guna mencapai pengelolaan air yang efisien dan penerapan pertanian modern. Teknologi diterapkan guna mempermudah dan menyederhanakan kebutuhan manusia dengan durasi yang singkat dibandingkan dengan konvensional. Pemanfaatan teknologi pada kualitas air menghasilkan *time series data* yang dapat menggambarkan kondisi lingkungan yang sebenarnya dalam periode tertentu (Romdania dkk., 2018). Koneksi menggunakan *Internet of Thing* (IoT) mencakup 3 elemen utama yaitu benda fisik yang terintegrasi pada modul sensor ultrasonik dan sensor flow meter, koneksi internet dan pusat data pada server untuk menyimpan data atau informasi dari aplikasi (Baco dkk., 2023). Aplikasi atau *platform database ThingSpeak* menampilkan data yang mudah dibaca dan dapat dianalisis khususnya petani dalam menentukan keputusan yang tepat dalam proses manajemen air pada irigasi lahan pertanian (Afnan Habibi dkk., 2021).

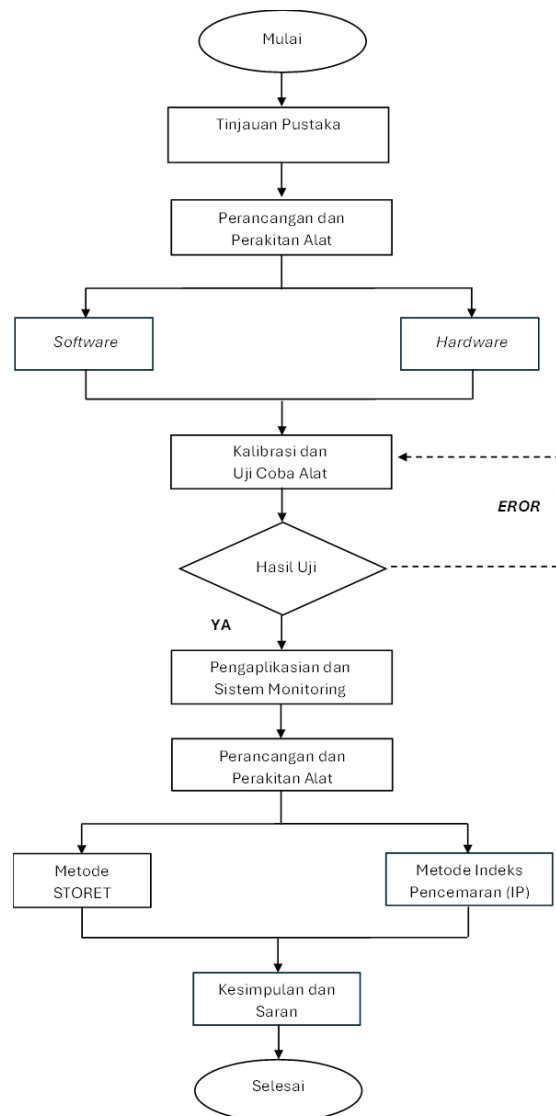
Kota Tomohon merupakan salah satu daerah produksi padi di Provinsi Sulawesi Utara khususnya pada Kelurahan Tara Tara. Sumber air yang digunakan irigasi adalah air permukaan yang merupakan anak Sungai Ranowanko yang melewati beberapa kelurahan di Tomohon. Pada musim hujan, saluran cenderung terdapat sedimen yang ikut terbawa. Saluran irigasi cenderung berdekatan dengan pemukiman, usaha cuci mobil dan juga ternak hewan. Hal ini berpotensi tercemar bahan terlarut yang bersumber dari limbah baik itu padat maupun cair terhadap air irigasi. Berdasarkan kondisi dan permasalahan yang dihadapi, maka perlu dilakukan pengujian kualitas air irigasi. Selain itu belum ada data kondisi lokal kualitas alamiah dari irigasi setempat yang menerapkan pemanfaatan teknologi yang mudah, bersifat portable dengan penerapan *green energy*.

B. Metodologi Penelitian

Luas sawah yang dilayani sebesar 1,31 Ha dengan debit aliran yang terukur dengan Metode Pelampung 0,866 m³/detik. Aliran pada geometri saluran terbuka dengan panjang saluran irigasi 43,3 m. Sistem monitoring dilaksanakan selama 14 (empat belas). Penelitian ini dilakukan beberapa tahapan seperti yang tersaji pada Gambar 1.

Tahapan awal penelitian dilakukan penelusuran literatur terkait dengan perancangan sistem monitoring (*hardware* dan *software*) dan kualitas air yang didalamnya terkait dengan parameter, baku mutu dan analisis yang digunakan. Parameter kualitas air yang digunakan dalam penelitian ini yaitu parameter fisika, yang dapat menggambarkan kondisi air dengan mengamatinya secara langsung dan parameter kimia. Parameter Fisika yang ditinjau yakni temperatur atau suhu air dan *total dissolved solid* (TDS). Temperatur berperan dalam melihat kecenderungan aktivitas kimia dan biologi pada air (Maura dkk., 2023). TDS merupakan padatan terlarut yang biasanya disebabkan oleh bahan anorganik berupa ion yang umumnya terdapat pada perairan. Ukuran bahan terlarut berdiameter 10-6 mm, koloid dengan diameter 10-6 mm sampai 10-3 mm, dan senyawa-senyawa kimia dan bahan-bahan lain yang tidak tersaring pada kertas saring berdiameter 0,45 μ m (Dwi dkk., 2014). Parameter kimia yang ditinjau yaitu pH (derajat kemasaman). Kestabilan pH air untuk pengairan tanaman diperlukan untuk menjaga metabolisme tumbuhan dimana air yang mengandung pH yang terlalu asam mengandung banyak hidrogen, sedangkan pH terlalu basa mengandung banyak hidroksida sehingga dapat mengakibatkan adanya ketidakseimbangan unsur hara yang dapat menyebabkan turunnya daya serap nutrisi tanaman serta mengakibatkan kerusakan sel tanaman (Maura dkk., 2023). Baku mutu untuk parameter kualitas air ditetapkan pada Peraturan Pemerintah Nomor 82 Tahun 2001 berdasarkan kelas air. Untuk air irigasi atau mengairi pertanaman dalam upaya pengelolaan kualitas air dan pengendalian Pencemaranan air masuk dalam kelas II, kelas III dan kelas IV (Republik Indonesia, 2001). Pada Tabel 1. diuraikan nilai dari parameter yang digunakan pada penelitian.

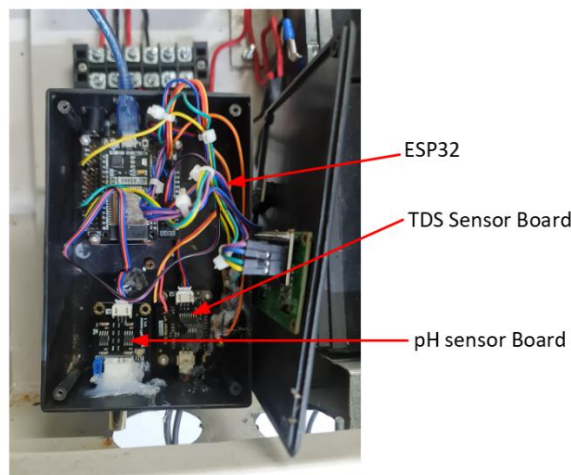
Tahapan selanjutnya dilakukan rancang bangun alat monitoring dengan menggunakan 3 buah sensor yaitu sensor temperatur air, sensor TDS dan sensor pH sebagai bagian parameter kualitas air. Sensor tersebut dihubungkan dan diintegrasikan dengan Mikrokontroler ESP32 sebagai pemroses dan pengolah data sedangkan outputnya adalah LCD Display 16x2 yang ditempatkan dalam satu box seperti pada Gambar 2. Mikrokontroler ESP32 diprogram menggunakan platform Arduino Integrated Development Environment (IDE) sehingga data sensor dapat diolah dan dikonversi ke nilai pH, temperatur, dan TDS. Sensor yang telah terpasang kemudian diprogram dan dikalibrasi dengan larutan penyangga (*buffer*) serta Alat ukur digital seperti pada gambar 3. Data sensor tersebut kemudian ditampilkan pada LCD Display 16x2 sehingga dapat memudahkan tim dalam melihat nilai bacaan sensor serta akurasinya.



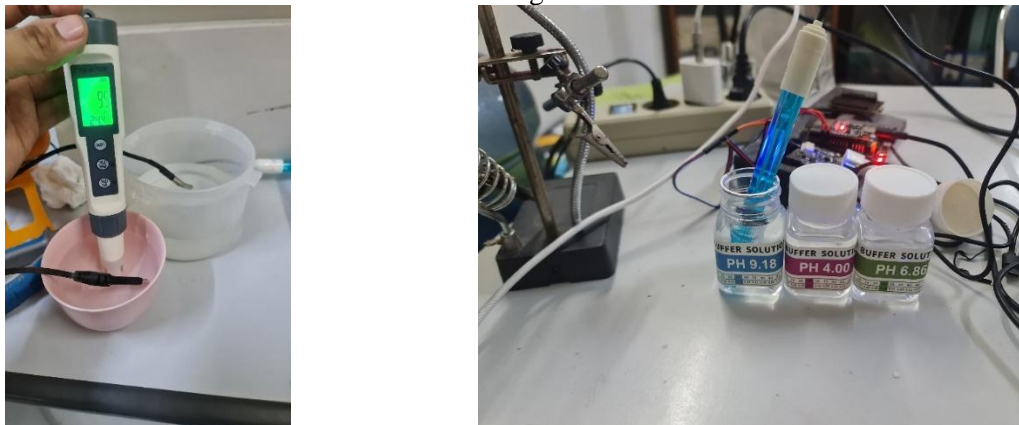
Gambar 10. Bagan Alir Penelitian

Tabel 18. Baku Mutu Air Parameter Fisika Dan Kimia Yang Digunakan Dalam Penelitian Berdasarkan PP No 82 Tahun 2001

No	Parameter	Satuan	Kelas I	Kelas II	Kelas III	Kelas IV	KET
1	Temperatur	°C	Dev.3	Dev.3	Dev.3	Dev.5	Perbedaan dengan suhu udara diatas permukaan air
2	TDS	mg/l	1.000	1.000	1.000	2.000	
3	pH		6 - 9	6 - 9	6 - 9	5 - 9	Apabila secara alamiah di luar rentang tersebut, maka ditentukan berdasarkan kondisi alamiah



Gambar 11. Box Pengontrol



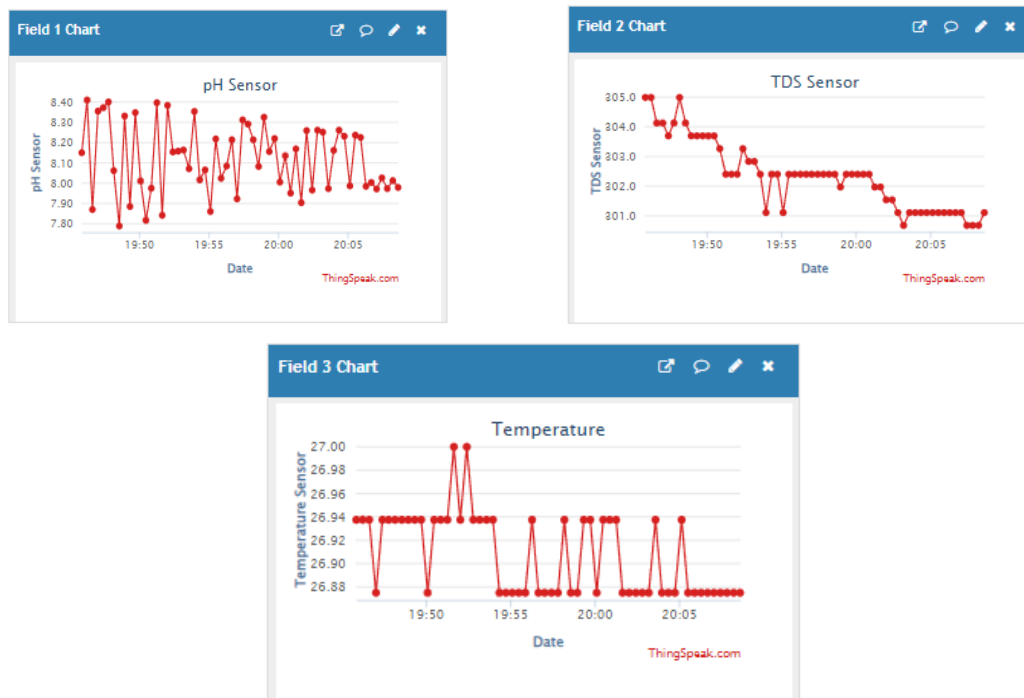
Gambar 12. Proses Kalibrasi Sensor

Tahapan penelitian selanjutnya dilakukan perakitan setiap komponen – komponen baik penempatan box panel, *solar charge controller*, 2 buah *baterry* 12 Volt 7Ah, box pengontrol, MiFi (*Modem WiFi Router*), dan modul solar panel 50 Wp (*Watt-peak*) sampai pada pemasangan alat. Hasil rancangan alat secara keseluruhan dapat dilihat pada Gambar 4, dimana alat tersebut ditempatkan dekat dengan aliran irigasi sungai yang menjadi lokasi penelitian.



Gambar 13. Hasil Perancangan dan Pemasangan Sistem Monitoring

Monitoring terhadap pencatatan data digital dari ketiga sensor ke Mikrokontroler ESP32 secara otomatis. Tahapan ini merupakan tahapan lanjutan sebelum data yang telah diolah kemudian dikirimkan melalui perangkat MiFi (*Modem WiFi Router*) yang terkoneksi Internet ke aplikasi *Thingspeak* yang merupakan platform berbasis cloud. Platform tersebut digunakan untuk monitoring dengan merekam, menyimpan, memvisualisasikan, serta menganalisis data dari sensor. Platform monitoring lainnya yang digunakan pada penelitian [6] adalah *Blynk* dimana nilai 3 input sensor: kekeruhan (*turbidity*), pH, dan TDS dapat direkam secara jarak jauh. Data dari sensor tersebut berhasil diintegrasikan dengan update data setiap 30 detik dengan tingkat error dibawah 10%. Pengambilan data parameter secara realtime melalui platform ThingSpeak dengan tampilan visualisasi pada Gambar 5. yang terkoneksi dengan Internet. Data yang didapat kemudian akan dianalisis lebih lanjut dengan menggunakan metode status atau pengukuran kualitas air dengan Metode STORET dan Metode Indeks Pencemaran.



Gambar 14. Tampilan pencatatan data berbasis IoT

Analisis Metode STORET menggunakan sistem nilai dari US-EPA dengan mengklasifikasikan mutu air dalam empat kelas. Berikut ini tahapan analisis yang dilakukan dalam penentuan status mutu air Metode STORET dijelaskan pada Lampiran I KepMen LH No. 115 Tahun 2003, yaitu :

1. Melakukan pengumpulan data *time series* kualitas dan debit air
2. Bandingkan data hasil pengukuran dari setiap parameter air dengan nilai baku mutu yang sesuai dengan kelas air.
3. Hasil perbandingan diberi nilai sesuai klasifikasi mutu air. Apabila nilai hasil pengukuran < baku mutu, maka diberi nilai 0 dan apabila nilai hasil pengukuran tidak memenuhi baku mutu air (hasil pengukuran > baku mutu) maka nilainya sebagaimana dijelaskan pada Tabel 2.
4. Jumlah skor diperoleh dari jumlah negatif seluruh parameter yang ditinjau dan ditentukan status mutu, menggunakan sistem klasifikasi mutu air US-EPA yang diuraikan pada Tabel 3.

Tabel 19. Penentuan sistem nilai untuk menentukan status mutu air

Jumlah	Nilai	Parameter		
		Fisika	Kimia	Biologi
<10	Maksimum	-1	-2	-3
	Minimum	-1	-2	-3
	Rata-rata	-3	-6	-9
≥ 10	Maksimum	-2	-4	-6
	Minimum	-2	-4	-6
	Rata-rata	-6	-12	-18

Sumber : Canter, 1977, KepMen LH No. 115 Tahun 2003

Tabel 20. Klasifikasi Mutu Air US-EPA (Environmental Protection Agency)

Kelas	Klasifikasi	Nilai	Keterangan
Kelas A	Baik sekali	0	Memenuhi baku mutu
Kelas B	Baik	-1 s/d -10	Cemar ringan
Kelas C	Sedang	-11 s/d -30	Cemar sedang
Kelas D	Buruk	≥ -31	Cemar berat

Metode Indeks Pencemaran (IP)

Dalam penentuan nilai IP_j maka dilakukan tahapan-tahapan sebagaimana yang tercantum dalam KepMen LH No. 115 Tahun 2003, sebagai berikut :

1. Memilih parameter yang jika nilai parameter rendah maka menandakan bahwa kualitas air akan membaik.
2. Pilih konsentrasi parameter baku mutu yang tidak memiliki rentang.
3. Pada setiap lokasi pengambilan sampel, dilakukan perhitungan penentuan nilai C_i/L_{ij} .
4. Apabila nilai konsentrasi parameter menurun menandakan tingkat Pencemaran yang meningkat. Menentukan nilai teoritik atau nilai maksimum C_{im} . Nilai C_i/L_{ij} hasil pengukuran digantikan dengan nilai nilai C_i/L_{ij} hasil perhitungan dengan menggunakan rumus,

$$\left(\frac{C_i}{L_{ij}}\right)_{baru} = \frac{C_{im} - C_i \text{ (hasil pengukuran)}}{C_{im} - L_{ij}} \quad (1)$$

5. Apabila nilai baku memiliki nilai rentang, maka :

Untuk $C_i \leq L_{ij}$ rata-rata

$$\left(C_i/L_{ij}\right)_{rata-rata} = \frac{C_i - L_{ij\text{rata-rata}}}{L_{ij\text{minimum}} - L_{ij\text{rata-rata}}} \quad (2)$$

Untuk $C_i > L_{ij}$ rata-rata

$$\left(\frac{C_i}{L_{ij\text{baru}}} \right) = \frac{C_i - L_{ij\text{rata-rata}}}{L_{ij\text{maksimum}} - L_{ij\text{rata-rata}}} \quad (3)$$

6. Apabila nilai yang didapat berdekatan dengan nilai acuan, misalkan nilai acuan =1; $C_1/L_{1j}=0,9$; $C_2/L_{2j} = 1,1$ atau perbedaan nilai yang besar, maka dilakukan sebuah teknik dalam mengatasi kesulitan yang dihadapi. Penggunaan nilai hasil pengukuran akan tetap apabila nilainya $<1,0$ dan untuk nilai pengukuran lebih dari 1, dilakukan analisis dengan menggunakan rumus 4.

$$\left(\frac{C_i}{L_{ij\text{baru}}} \right) = 1,0 + P. \text{Log} \left(\frac{C_i}{L_{ij\text{hasil pengukuran}}} \right) \quad (4)$$

7. Tahapan selanjutnya dilakukan analisis nilai rata-rata dan nilai maksimum dari keseluruhan parameter yakni $C_i/L_{ij}; (C_i/L_{ij})_A; (C_i/L_{ij})_M$.
8. Nilai Indeks Pencemaran didapat dengan menggunakan rumus 5

$$IP_j = \sqrt{\frac{\left(\frac{C_i}{L_{ij}}\right)^2 M + \left(\frac{C_i}{L_{ij}}\right)^2 A}{2}} \quad (5)$$

Dengan keterangan :

- IP_j = Indeks Pencemaran bagi peruntukan j
 C_i = Kosentrasi parameter i (hasil pengukuran)
 L_{ij} = Baku mutu parameter i bagi peruntukkan j
 M = Maksimum
 A = Average, pada rumus juga biasa ditulis R = Rerata

Tabel 21. Penentuan Status Mutu Air Metode IP

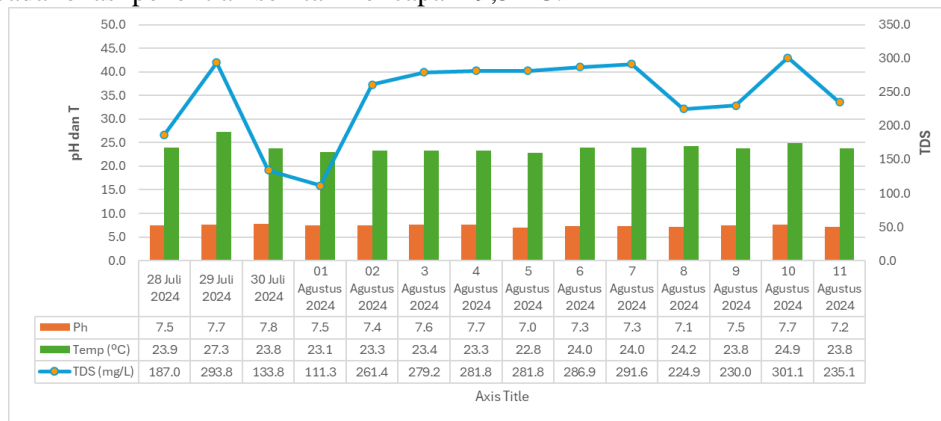
No	Nilai IP	Keterangan
1	0 – 1,0	Kondisi Baik
2	1,1 – 5,0	Cemar Ringan
3	5,1 – 10	Cemar Sedang
4	>10	Cemar Berat

Sumber : KepMen LH No. 115 Tahun 2003

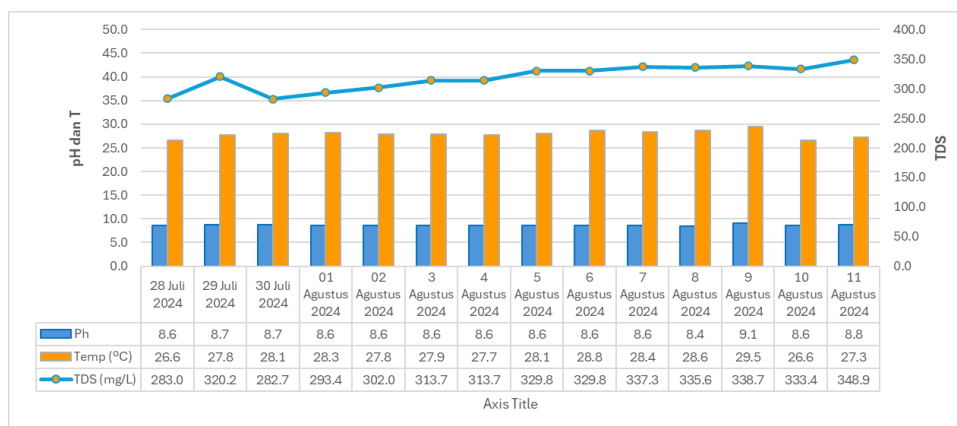
C. Pembahasan dan Analisa

Berdasarkan hasil analisis data *time series* yang didapatkan dari hasil monitoring direkap menjadi data harian yang dibagi menjadi data minimum dan data maksimum untuk setiap parameter. Dalam analisis, dikaji semua kelas air yang diperuntukan sebagai irigasi, yakni kelas II, kelas III dan kelas IV sebagai identifikasi awal klasifikasi mutu air sebelum masuk dalam analisis metode. Data minimum tersaji pada Gambar 6, nilai Temperatur air mencapai 22,8° C. Hal ini dikarenakan lokasi bertempat di dataran tinggi dengan suhu udara normalnya Nilai parameter TDS paling minimum selama waktu pengujian adalah sebesar 111,3 mg/L. Komponen total padatan terlarut biasanya terdiri zat organik, garam anorganik dan gas terlarut. Untuk nilai pH air menunjukkan angka 7.0. atau nilai optimum berkisar antara 6 – 9. Ph sendiri menunjukkan kadar asam atau basa dalam suatu larutan atau perairan. Pada air irigasi sebaiknya bersifat normal agar tidak mengganggu daya resap nutrisi tanaman (Sofia Wantasen & Luntungan, 2017). Angka pH pada nilai minimum ini menunjukkan kondisi air pada lokasi penelitian dalam keadaan normal dengan *range* nilai pengukuran pH dalam skala 0 sampai 14. Angka yang semakin rendah menunjukkan kondisi larutan yang semakin masam, sebaliknya semakin tinggi pH maka larutan semakin alkalin (Dwi dkk., 2014). Pada Gambar 6, tercatat nilai TDS paling

maksimum sebesar 348,9 mg/L. Nilai pH air maksimum mencapai 9,1 dan temperatur air paling maksimum pada lokasi penelitian sekitar mencapai 29,5 °C.



Gambar 15. Rekap Nilai Minimum Parameter Pada Lokasi Penelitian



Gambar 16. Rekap Nilai Maksimum Parameter Pada Lokasi Penelitian

Berdasarkan analisis dengan ketentuan Tabel 1, deviasi 3 (baku mutu) yaitu sebagai ± 3 °C dari suhu normal alamiah. Jika suhu normal air 25 °C maka diambil batas nilai suhu air di kisaran 22 – 28 °C untuk kelas II dan kelas III. Pada kelas IV, standar deviasi ± 5 °C dari suhu normal alamiah yakni di kisaran 20 – 30 °C. Pada kondisi air irigasi jika dilihat dari parameter temperatur rata-rata masih memenuhi baku mutu kelas air yang dianalisis. Suhu sendiri erat kaitannya dengan jumlah oksigen terlarut dan fotosintesis. Perubahan suhu dapat dipengaruhi oleh iklim, perubahan vegetasi, bahan Pencemaran dari limbah atau pestisida, dan aktivitas antropogenik (de Paul Obade & Moore, 2018). TDS mampu mempengaruhi kualitas air irigasi. Hal ini disebabkan permeabilitas serta kesuburan tanah yang dilalui. Berdasarkan hasil rekapitulasi, nilai TDS masih memenuhi standar baku mutu yang ditentukan. Analisis total padatan terlarut digunakan sebagai indikator dalam penentuan kualitas air.

Tabel 22. Tabel Analisis Metode STORET untuk Kelas II - III

Parameter	Baku Mutu	Cij Maksimum	Skor	Cij Minimum	Skor	Cij Rerata	Skor	TOTAL SKOR	
Fisika	Temperatur	Dev.3	29.5	-1	22.813	0	25.955	0	-1
	TDS	1000	348.892	0	111.298	0	280.779	0	0
Kimia	pH	6 - 9	9.06	0	7	0	8	0	0
									-1

Kategori Kelas B: Baik, Skor = -1 s/d -10 —Cemar Ringan

Tabel 23. Tabel Analisis Metode STORET untuk Kelas IV

Parameter	Baku Mutu	Cij Maksimum	Skor	Cij Minimum	Skor	Cij Rerata	Skor	TOTAL SKOR	
Fisika	Temperatur	Dev.5	29.5	0	22.813	0	25.955	0	0
	TDS	2000	348.892	0	111.298	0	280.779	0	0
Kimia	pH	5 - 9	9	0	7	0	8	0	0
									0

Kategori Kelas A: Baik Sekali, Skor 0 —Memenuhi Baku Mutu

Berdasarkan analisis Metode STORET yang didapat pada Tabel 5 dan Tabel 6 menghasilkan dua kondisi yang berbeda. Pada kelas II dan III, kualitas air yang didapat cenderung cemar ringan dibandingkan dengan kelas IV. Pada kelas II dan III, analisis parameter fisika pada nilai temperatur menunjukkan bahwa nilai Cij maksimum melebihi standar nilai Deviasi 3 yang ditentukan. Pemberian nilai -1 ini menandakan adanya indikasi pencemaran melalui parameter temperatur. Sedangkan untuk nilai TDS dan pH, teridentifikasi dalam kategori baik dengan nilai skor 0 untuk nilai maksimum, minimum dan rerata kedua parameter. Sehingga untuk kategori kelas II dan III keseluruhan total skor menyatakan air saluran irigasi pada lokasi penelitian pada kategori kelas B, mengalami tercemar ringan. Sedangkan pada kelas IV, hasil dari Metode STORET menyatakan bahwa air saluran irigasi pada lokasi penelitian pada kategori kelas A yaitu memenuhi baku mutu.

Metode IP dapat langsung menghubungkan tingkat ketercemaran dengan indentifikasi dapat atau tidak sumber air/sungai dipakai pada penggunaannya dengan nilai parameter-parameter tertentu yang kemudian akan diklasifikasikan kelas berdasarkan nilai IP yang didapat. Inputan nilai untuk metode ini adalah nilai rata-rata dari nilai maksimum dan minimum ketiga parameter yang ditinjau. Berdasarkan analisis dengan Metode IP didapat bahwa untuk ketiga kelas air irigasi pada lokasi ini masih dalam keadaan baik. Ketiga kategori kelas masih menunjukkan angka pencemar dibawah 1,0 sebagaimana yang dijelaskan pada hasil analisis pada Tabel 7 dan Tabel 8.

Tabel 24. Analisis IP untuk Kelas II - III

Parameter	Cij (hasil monitoring sistem)	Lij	Ci/Lij	Ci/Lij baru
Temperatur	25.96	Dev.3	0.318	0.318
TDS	280.779	1000	0.2808	0.280779
pH	8.05	6 - 9	0.3649	0.364895
		Maksimum	0.365	
		Rata-rata	0.321	
		IP	0.430	
memenuhi baku mutu				

Tabel 25. Analisis IP untuk Kelas IV

Parameter	Cij (hasil monitoring sistem)	Lij	Ci/Lij	Ci/Lij baru
Temperatur	25.96	Dev.5	0.191	0.191
TDS	280.779	2000	0.1404	0.14039
pH	8.05	5- 9	0.5237	0.523671
		Maksimum	0.524	
		Rata-rata	0.285	
		IP	0.422	
memenuhi baku mutu				

D. Penutup

Tinggi muka air sangat berpengaruh terhadap sensor. Metode STORET menunjukkan bahwa pada kelas II dan kelas III terdapat parameter pH yang tidak memenuhi baku mutu pada minimum nilai sehingga mendapat nilai-1 yang mengklasifikasikan kelas II dan kelas III tercemar ringan, namun untuk kelas IV menunjukkan bahwa tidak tercemar. Metode IP menunjukkan bahwa hasil analisis selama 14 hari untuk kelas II, kelas III dan kelas IV masih memenuhi baku mutu yakni nilainya kurang dari angka 1. Berdasarkan hasil analisis yang didapat, kualitas air irigasi pada lokasi penelitian masih tergolong baik. Dari kedua analisis metode tampak bahwa Metode STORET menggambarkan hasil yang lebih cemar dibandingkan dengan Metode IP yang hanya menggunakan angka atau indeks tunggal dengan nilai yang didapat untuk kelas II dan III sebesar 0,430 dan untuk kelas IV sebesar 0,422 dengan kategori masih memenuhi baku mutu air. Peninjauan dan kelengkapan parameter kualitas air lainnya, dibutuhkan untuk informasi perancangan pada sensor parameter yang lain dan juga dibutuhkan pengujian Laboratorium pada kondisi lokal kualitas alamiah dari irigasi setempat guna mendapatkan kelengkapan data dan validasi ketepatan kalibrasi pada sensor kualitas air yang akan dirancang kedepannya.

Ucapan Terima Kasih

Pada kesempatan ini, penulis menyampaikan terima kasih atas dukungan bantuan dana hibah penelitian dengan skema PDP (Penelitian Dosen Pemula) tahun anggaran 2024 dari Kementerian Pendidikan Kebudayaan, Riset dan Teknologi; Direktorat Riset, Teknologi Dan Pengabdian Kepada

Masyarakat; Direktorat Jenderal Pendidikan Tinggi, Riset Dan Teknologi berdasarkan kontrak perjanjian Nomor: 118/E5/PG.02.00.PL/2024; 1042/LL16/AL/2024, 095/KPDP/A/LPPM/VI/2024.

Daftar Pustaka

- Afnan Habibi, M., Prastyo, B., Zulfikar Asror Zulkarnain, A., Ni, run, & Hidayati, B. (2021, Oktober 21). *Rancang Bangun Sistem Monitoring Air Irigasi Berbasis Internet Of Things Pada Pompa Air Bertenaga Surya*.
- Baco, S., Awalia, N., & Suluwetang, W. (2023). Rancang Bangun Sistem Monitoring Irigasi Sawah Menggunakan ESP8266 Berbasis Android dengan Mode Bot Telegram. *Journal of System and Computer Engineering (JSCE) ISSN*, 4(1), 50.
- de Paul Obade, V., & Moore, R. (2018). Synthesizing water quality indicators from standardized geospatial information to remedy water security challenges: A review. *Environment International*, 119, 220–231. <https://doi.org/10.1016/j.envint.2018.06.026>
- Dwi, A., Penelitian, A. K., Pengembangan, D., & Pati, K. (2014). Kualitas Air Irigasi Ditinjau Dari Parameter DHL, TDS, pH Pada Lahan Sawah Desa Bulumanis Kidul Kecamatan Margoyoso (Irrigation Water Quality Parameters Based On DHL, TDS, pH In Paddy Fields Of Bulumanis Kidul Village Margoyoso) Subdistrict. *Jurnal Litbang*, X(1), 35–42.
- Hariyadi, Hariyadi, Mahyessie Kamil, and Putri Ananda. "Sistem Pengecekan pH Air Otomatis Menggunakan Sensor pH Probe Berbasis Arduino Pada Sumur Bor." *Rang Teknik Journal* 3.2 (2020): 340-346.
- Hameed M. Jawad Al Obaidy, A., S. Awad, E., J. Kadhem, A., & A. Al Mashhady, A. (2015). Evaluating Water Quality of Mahrut River, Diyala, Iraq for Irrigation. *Engineering and Technology Journal*, 33(4), 830–837. <https://doi.org/10.30684/etj.33.4a.6>
- Maura, C. S., Affifah, A. N., Nababan, B. P., Rozak, D. N. L. A., Syah, S. A., Sari, Y., & Putri, A. A. (2023). Analisis Sifat Fisika dan Kimia terhadap Kualitas Air Irigasi Pada Lahan Sawah di Desa Cisarua RT 01 RW 03 Bogor. *Risenologi*, 8(1), 45–49. <https://doi.org/10.47028/j.risenologi.2023.81.455>
- Pinkan Naray, S., Polii, J. V. B., & Rotinsulu, W. (2019). Analisis Kualitas Air Irigasi Persawahan Padi Di Desa Molompar Kecamatan Tombatu Timur Kabupaten Minahasa Tenggara. *COCOS*.
- Saraswati Puji, S., Sunyoto, Agus Kironoto, B., & Suwarno Hadisusanto. (2014). Kajian Bentuk Dan Sensitivitas Rumus Indeks Pi, Storet, Ccme Untuk Penentuan Status Mutu Perairan Sungai Tropis Di Indonesia (Assessment of the Forms and Sensitivity of the Index Formula PI, Storet, CCME for The Determination of Water Quality Status of A Tropical Stream in Indonesia). *Jurnal Manusia Dan Lingkungan*, 21(2), 129–142.
- Republik Indonesia. (2001). *Peraturan Pemerintah No. 82 Tahun 2001 Tentang Pengelolaan Kualitas Air dan Pengendalian Pencemaran Air*.
- Republik Indonesia. (2003). *Peraturan Pemerintah No. 115 Tahun 2003 Tentang Pedoman Penentuan Status Mutu Air*.
- Rita, D., & Hartaja, K. (2015). Analisis Kualitas Air Waduk Rio-Rio dengan Metode Indeks Pencemaran Dan Teknologi Untuk Mengurangi Dampak Pencemaran. *Jurnal Air Indonesia*, 8(2).
- Romdania, Y., Herison, A., Susilo, G. E., & Novilyansa, E. (2018). Kajian Penggunaan Metode IP, STORET, dan CCME WQI Dalam Menentukan Status Kualitas Air. *Spatial Wahana Komunikasi Dan Informasi Geografis*, 18(2).
- Soeprobowati, T. R., Suhry, H. C., Saraswati, T. R., & Jumari, J. (2020). Kualitas Air dan Indeks Pencemaran Danau Galela. *Jurnal Ilmu Lingkungan*, 18(2), 236–241. <https://doi.org/10.14710/jil.18.2.236-241>
- Sofia Wantasen, & Luntungan, J. N. (2017). Studi Kualitas Air Irigasi Dumoga Di Kabupaten Bolaang Mongondow Provinsi Sulawesi Utara. *Jurnal Bumi Lestari*, 2, 126–131.