

PERBAIKAN KUALITAS AIR IRIGASI TERKONTAMINASI DENGAN TEKNOLOGI FITOREMEDIASI BERBASIS IOT (INTERNET OF THINGS)

Anita Rahmawati¹, Bambang Suprpto²

¹Dosen Teknik Sipil Fakultas Teknik Universitas Islam Malang, e-mail:

anita.rahmawati@unisma.ac.id

²Dosen Teknik Sipil Fakultas Teknik Universitas Islam Malang, e-mail:

bambang.suprpto@unisma.ac.id

ABSTRAK

Limbah cair merupakan permasalahan lingkungan yang sering kali terjadi yang berasal dari kegiatan rumah tangga dan industri. Pengolahan limbah cair dapat meminimalisir pencemaran yang terjadi akibat dari limbah tersebut, serta dapat menurunkan kadar bahan pencemar yang ada. Kriteria air yang dapat digunakan untuk memenuhi kegiatan sehari-hari adalah air yang tidak memiliki rasa, tidak berbau, dan tidak berwarna. Dalam penelitian ini parameter yang digunakan adalah keasaman (pH). Untuk mengatasi pencemaran ini akan dilakukan proses fitoremediasi dan aerasi. Dalam proses fitoremediasi digunakan tiga tanaman diantaranya, Eceng gondok (*Eichornia Crassipes*), Apu-apu (*Pistia Stratiotes*), dan Teratai (*Nymphaea sp.*). Penelitian ini menggunakan teknologi *Internet of Things* (IoT) dan menggunakan aplikasi *Blynk* yang digunakan untuk memonitor air limbah selama proses fitoremediasi dan aerasi berlangsung. Hasil dari penelitian ini diantaranya, penurunan kadar pH sebesar 7-8.

Kata kunci: Keasaman; Turbidity; Limbah Cair Irigasi; *Internet of Things* (IoT).

ABSTRACT

Liquid waste is an environmental problem often arising from household and industrial activities. Processing liquid waste can minimize pollution that occurs as a result of this waste, and can reduce the levels of existing pollutants. The criteria for water that can be used to fulfill daily activities is tasteless, odorless and colorless water. In this research, the parameter used is acidity (pH). To overcome this pollution, phytoremediation and aeration processes will be carried out. In the phytoremediation process, three plants are used, including water hyacinth (Eichornia Crassipes), Apu-apu (Pistia Stratiotes), and lotus (Nymphaea sp.). This research uses Internet of Things (IoT) technology and uses the Blynk application to monitor wastewater during the phytoremediation and aeration processes. The results of this research include a decrease in pH levels by 7-8.

Keywords: Acidity; Turbidity; Irrigation Liquid Waste; *Internet of Things* (IoT).

PENDAHULUAN

Latar Belakang

Air merupakan bagian penting bagi semua makhluk hidup. Manusia memerlukan air untuk hidup, begitu pula hewan dan tumbuhan. Namun, dengan meningkatnya pertumbuhan penduduk, populasi hewan dan tumbuhan, akibatnya sumber daya air semakin habis (Noerhayati, Rahmawati & Wahyudi 2020). Pencemaran air ditandai dengan adanya perubahan fisik, kandungan kimia, dan biologis yang ada diperairan. Limbah-limbah yang ada akan menimbulkan kerusakan lingkungan dan berbahaya bagi lingkungan ataupun makhluk hidup (Siswandari 2016).

Limbah cair merupakan permasalahan lingkungan yang sering terjadi dan berasal dari kegiatan rumah tangga dan industri. (Ni'am et al. 2021). Limbah yang dihasilkan dari setiap aktivitas manusia tidak terkecuali limbah cair irigasi, apabila limbah terakumulasi dalam jumlah yang besar akan menimbulkan dampak yang serius terhadap lingkungan. Kualitas air menggambarkan kondisi umum dari kondisi air yang terdiri dari bahan kimia, fisika, biologi dari air dengan acuan tertentu. Parameter yang digunakan dalam pengukuran kualitas air pada penelitian ini diantaranya adalah pH, suhu, kekeruhan air, BOD, COD, Nitrat, dan Fosfat.

Untuk mengatasi pencemaran yang diakibatkan oleh limbah cair adalah salah satunya dengan proses fitoremediasi dan aerasi. Fitoremediasi merupakan suatu sistem dimana tanaman tertentu yang bekerjasama dengan mikroorganisme dalam media (tanah, koral, dan air) dapat mengubah zat kontaminan menjadi kurang atau tidak berbahaya bahkan dapat berguna secara ekonomi (Anam, Kurniati & Suharto 2013). Sedangkan, aerasi merupakan proses penambahan oksigen ke dalam air sehingga oksigen terlarut dalam air semakin tinggi. Dengan meningkatkan oksigen zat-zat mudah menguap seperti hidrogen sulfide dan metana yang mempengaruhi rasa dan bau dapat dihilangkan (Komala & Aziz 2019).

Penelitian ini dilakukan dengan menggunakan beberapa tanaman air diantaranya, Eceng gondok (*Eichornia Crassipes*), Apu-apu (*Pistia Stratiotes*), dan Teratai (*Nympaea sp.*). Tanaman air ini digunakan untuk meminimalisir pencemaran yang terjadi akibat air limbah irigasi sebelum dibuang ke badan air.

Pengolahan limbah ini menggunakan sistem monitoring menggunakan alat berbasis Internet of Things (IoT) yang akan dipantau melalui *handphone* dengan parameter pengukuran keasaman (pH), suhu, dan turbidity (kekeruhan) melalui jaringan internet. Internet of Things (IoT) merupakan media pengiriman data nirkabel melalui jaringan interne. Konsep IoT berguna dalam memonitoring jarak jauh melauai web server (Nehru 2018).

Rumusan Masalah

1. Berapa nilai reduksi penurunan BOD, COD, Fosfat, Nitrat, pH, kekeruhan dan suhu dalam pengolahan air limbah irigasi menggunakan tanaman air Eceng Gondok (*Eichornia Crassipes*), Apu-apu (*Pistia Stratiotes*), dan Teratai (*Nymphaea sp.*)?
2. Apakah kinerja sensor *Internet of Things* (IoT) dapat mengukur suhu, keasaman, dan *turbidity* (kekeruhan) pada air limbah irigasi?

Tujuan

1. Mengetahui berapa reduksi penurunan kadar pH, turbidity, suhu, BOD, COD, Nitrat, dan Fosfat menggunakan tanaman air Eceng Gondok (*Eichornia Crassipes*), Apu-apu (*Pistia Stratiotes*), dan Teratai (*Nymphaea sp.*) dalam pengolahan limbah irigasi.
2. Mengetahui nilai penurunan kadar suhu, keasaman, dan *turbidity* (kekeruhan) pada air limbah irigasi berbasis *Internet of Things* (IoT).

TINJAUAN PUSTAKA

Limbah Irigasi

Limbah irigasi merupakan limbah dari limpasan permukaan yang terkontaminasi oleh bahan kimia yang pada pupuk, pestisida, pupuk kandang, residu tanaman atau air irigasi. Limpasan pertanian merupakan sumber utama penyebab terjadinya polusi. Dalam beberapa kasus yang terjadi di daerah aliran sungai, limpasan pertanian merupakan satu-satunya sumber penyebab terjadinya pencemaran limbah (Suyarto 2016).

Berdasarkan hasil pengamatan, pupuk fosfat yang langsung dapat diserap oleh tanaman hanya 15% dari yang diaplikasikan, sisanya akan terikat oleh tanah dan larut terbawa bersama dengan partikel tanah pada saat hujan.

Fitoremediasi

Fitoremediasi berasal dari kata *phyto/phyton* yang berarti tanaman (*plant*), dan *remediation* yang berarti memperbaiki/menyembuhkan atau membersihkan sesuatu. Jadi fitoremediasi dapat diartikan sebagai suatu sistem dimana tanaman tertentu yang bekerja sama dengan mikroorganisme dalam media (tanah, koral, dan air) dapat mengubah zat kontaminan (pencemar/polutan) menjadi kurang atau bahkan tidak berbahaya dan dapat menjadi bahan yang berguna secara ekonomi (Anam et al. 2013).

Aerasi

Aerasi merupakan proses pengolahan dimana air dibuat mengalami kontak erat dengan udara dengan tujuan meningkatkan kandungan oksigen dalam air tersebut. Dengan meningkatkan oksigen zat-zat mudah menguap seperti hidrogen sulfide dan metana yang mempengaruhi rasa dan bau dapat dihilangkan. Kandungan karbondioksida dalam air akan berkurang. Mineral yang larut seperti besi dan mangan akan teroksidasi menentukan endapan yang dapat dihilangkan dengan sedimentasi dan filtrasi (Komala & Aziz 2019). Efektifitas dari proses aerasi tergantung pada luasnya dari permukaan air yang bersinggungan langsung dengan udara (Hartini 2012).

Baku Mutu Air Limbah Irigasi

Tabel 1. Baku Mutu Air Limbah Irigasi

Baku Mutu Air Limbah Volume Limbah Cair Maksimum			
No	Parameter	Sat.	Kadar Maks.
1	Temperatur	°C	38
2	Kekeruhan	NTU	25
3	pH	mg/L	6,5-8,5
4	BOD	mg/L	75
5	COD	mg/L	150
6	Nitrat	mg/L	10
7	Fosfat	mg/L	< 2

Sumber: Peraturan Menteri Lingkungan Hidup Republik Indonesia Nomor 5 Tahun 2014 Tentang Baku Mutu Air Limbah dan Peraturan Menteri Kesehatan Republik Indonesia Nomor 32 Tahun 2017 Tentang Standar Baku Mutu Kesehatan Lingkungan dan Persyaratan Kesehatan Air Untuk Keperluan Higiene Sanitasi, Kolam Renang, Solus Per Aqua, dan Pemandian Umum

Baku mutu air limbah irigasi pada **Tabel 1.** digunakan untuk mengetahui kadar awal air limbah sesuai dengan Peraturan Menteri Lingkungan Hidup Republik Indonesia Nomor 5 Tahun 2014 Tentang Baku Mutu Air Limbah dan Peraturan Menteri Kesehatan Republik Indonesia Nomor 32 Tahun 2017 Tentang Standar Baku Mutu Kesehatan Lingkungan dan Persyaratan Kesehatan Air Untuk

Keperluan Higiene Sanitasi, Kolam Renang, *Solus Per Aqua*, dan Pemandian Umum.

Internet of Things (IoT)

IoT atau *Internet of Things* merupakan sebuah media pengiriman data nirkabel melalui jaringan internet tanpa adanya interkoneksi antara manusia, atau manusia dengan komputer. Konsep *IoT* sangat membantu dalam proses monitoring jarak jauh melalui sebuah web server. Penerapan sistem *IoT* tidak hanya diperuntukan pada komputer tetapi juga di aplikasikan pada monitoring berbasis *smartphone*. *IoT* banyak digunakan sebagai media transfer data pembacaan sensor jarak jauh, sangat membantu dalam proses monitoring (Nehru 2018).

IoT mengacu pada milyaran perangkat yang saling terhubung atau bisa disebut dengan “Objek Cerdas” atau “*Smart Things*”(Cirani et al. 2014). Dengan adanya *IoT* segala kagiatan dan aktivitas dimudahkan melalui online dan lebih efisien (Sulaiman & Widarma 2017). *IoT* adalah inti dari industri teknologi informasi generasi baru.

Beberapa sensor yang digunakan pada penelitian menggunakan *IoT* sebagai berikut:

- a. Sensor Keasaman (pH) Tipe SEN0161-V2
- b. Sensor Suhu Tipe DS18B20
- c. Aplikasi *Blynk*

METODE PENELITIAN

Waktu dan Lokasi Penelitian



Gambar 1. Lokasi Penelitian

Lokasi pengambilan sampel dilakukan di saluran irigasi Desa Sukoanyar, Kecamatan Tumpang, Kabupaten Malang. Secara geografis lokasi pengambilan sampel air limbah irigasi ini terletak pada 7°59'13" LS dan 112°44'52" BT. Sedangkan, lokasi penelitian dilaksanakan di Laboratorium Enviro Hydro, Kelurahan Tasikmadu, Kecamatan Lowokwaru, Kota Malang, pada bulan Januari hingga bulan Februari 2021.

Tahapan Penelitian

Tahapan pengambilan data yang dilakukan sebagai berikut:

1. Pengambilan air limbah dilakukan pada daerah saluran irigasi Desa Sukoanyar, Kecamatan Tumpang, Kabupaten Malang.
2. Air Limbah dimasukkan kedalam bak akrilik untuk dilakukan proses fitoremediasi dan aerasi menggunakan tanaman Eceng Gondok (*Eichhornia Crassipes*), Apu-apu (*Pistia Stratiotes*), dan Teratai (*Nymphaea sp.*). proses ini berlangsung selama 14 hari dan di cek menggunakan alat sensor.

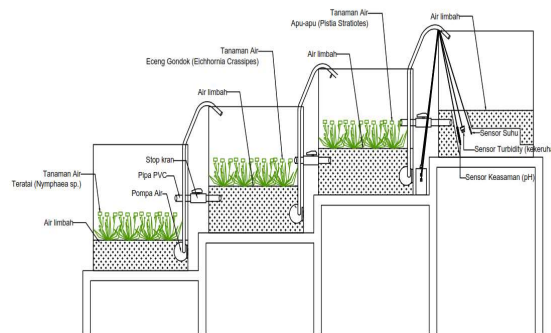
Variabel dan Parameter

Variabel yang digunakan dalam penelitian ini merupakan variabel kontrol yang dapat dikendalikan. Parameter dalam penelitian ini diantaranya keasaman (pH) dan temperatur (suhu)

HASIL DAN PEMBAHASAN

Desain Alat

Desain Alat menggunakan Aplikasi



Gambar 2. Pemodelan Alat Menggunakan Aplikasi
Sumber: Autocad, 2021

Desain Alat di Lapangan



Gambar 3. Pemodelan Alat Menggunakan Aplikasi
Sumber: Dokumentasi Pribadi, 2021

Pengujian Alat dan Kalibrasi

1. Pengujian Sensor Keasaman (pH)

Pengujian sensor pH menggunakan sensor SEN0161 dan kertas lakmus untuk mengetahui tingkat akurasi dan error dari data yang dihasilkan oleh pengukuran sensor.

Tabel 1. Pengujian sensor pH

No	Waktu	Pembacaan Kertas Lakmus	Pembacaan sensor	Selisih	Error (%)
1	Sebelum dilakukan sirkulasi	7	5,96	1,04	17,45
2		7	6,2	0,8	12,90
3		7	6,23	0,77	12,36
4		7	6,29	0,71	11,29
5		7	6,31	0,69	10,94
6	Setelah dilakukan sirkulasi selama 1 jam	7	6,97	0,03	0,43
7		7	7,04	0,04	0,57
8		7	7,05	0,05	0,71
9		7	6,99	0,01	0,14
10		7	7,02	0,02	0,28
11	Setelah dilakukan sirkulasi selama 2 jam	7	7,77	0,77	9,91
12		7	7,68	0,68	8,85
13		7	7,59	0,59	7,77
14		7	7,62	0,62	8,14
15		7	7,53	0,53	7,04
Jumlah					108,78
Error rata-rata					7,25
Akurasi Data					92,75

Dari **Tabel 1.** dapat diketahui nilai error rata-rata pada pengujian sensor pH dibandingkan dengan kertas lakmus sebesar 7,25%. Dari hasil pengukuran dan pengujian sensor didapatkan akurasi data pengujian yaitu sebesar 92,75%.

2. Pengujian Sensor Temperatur (suhu)

Pengujian sensor suhu menggunakan sensor DS18B20 dan termometer air raksa untuk mengetahui tingkat akurasi dan error dari data yang dihasilkan oleh pengukuran sensor.

Tabel 2. Pengujian Sensor Suhu

No	Pembacaan Termometer (°C)	Pembacaan sensor (°C)	Selisih	Error (%)
1	24	23,5	0,5	2,13
2	23,5	23	0,5	2,17
3	23,5	23	0,5	2,17
4	24	23,5	0,5	2,13
5	24	23,5	0,5	2,13
6	25	24	1	4,17
7	25	24	1	4,17
8	25	24	1	4,17
9	25	24	1	4,17
10	25	24	1	4,17
11	25,5	25	0,5	2
12	25,5	25	0,5	2
13	25,5	25	0,5	2
14	25,5	25	0,5	2
15	25,5	25	0,5	2
Jumlah				41,58
Error rata-rata				2,77
Akurasi data				97,23

Dari **Tabel 2.** dapat diketahui nilai error rata-rata pada pengujian sensor suhu dibandingkan dengan termometer sebesar 2,77%. Dari hasil pengukuran dan pengujian sensor didapatkan akurasi data pengujian yaitu sebesar 97,23%.

Tahap Propagasi Tumbuhan

Tahap propagasi merupakan tahap perbanyak tumbuhan guna menyediakan stock tumbuhan pada saat penelitian berlangsung. Selama tahap propagasi tumbuhan akan dilakukan pengamatan pertumbuhan hingga muncul tunas tumbuhan baru. Pada pengamatan ini dilakukan menggunakan tanaman air Eceng Gondok (*Eichhornia Crassipes*), Apu-apu (*Pistia Stratiotes*), Teratai (*Nymphaea* sp.).

Tahap Aklimatisasi Tumbuhan

Tahap aklimatisasi merupakan tahap penyesuaian tumbuhan yang dilakukan agar tanaman dapat menyesuaikan dengan kondisi yang akan digunakan untuk tahap *range finding test*. Proses ini dilakukan selama 7 hari, tanaman yang tidak layu akan digunakan untuk tahap *range finding test*.

Range Finding Test

Penentuan jumlah tumbuhan yang akan digunakan pada tahap *range finding test* berdasarkan perhitungan berikut.

➤ Eceng Gondok

$$\begin{aligned}\text{Massa Eceng gondok} &= \text{densitas eceng gondok} \times \text{volume air} \\ &= 0,08 \text{ gr/cm}^3 \times 15.000 \text{ cm}^3 \\ &= 1200 \text{ gr} \\ \text{Jumlah eceng gondok} &= \frac{\text{massa eceng gondok}}{\text{berat basah}} \\ &= \frac{1200 \text{ gr}}{690 \text{ gr}}\end{aligned}$$

$$\text{Jumlah Eceng Gondok} = 1,74 = 2 \text{ tanaman}$$

Tabel 3. Hasil *Range Finding Test* Tanaman Eceng Gondok

Konsentrasi air limbah irigasi (%)	Jumlah Eceng Gondok	Hidup	Mati	Efek kematian Eceng Gondok
0	2	2	0	0
10	2	2	0	0
20	2	2	0	0
40	2	2	0	0
60	2	2	0	0
80	2	2	0	0

Dari **Tabel 3.** diatas, hasil percobaan *range finding test* pada tanaman Eceng Gondok, tanaman tidak mengalami layu dan juga tidak mati.

➤ Apu-apu

$$\begin{aligned}\text{Massa Apu-apu} &= \text{densitas apu-apu} \times \text{volume air} \\ &= 0,04 \text{ gr/cm}^3 \times 12.500 \\ &= 500 \text{ gr} \\ \text{Jumlah apu – apu} &= \frac{\text{massa apu – apu}}{\text{berat basah}} \\ &= \frac{500 \text{ gr}}{230 \text{ gr}}\end{aligned}$$

$$\text{Jumlah Apu-apu} = 2,2 = 2 \text{ tanaman}$$

Tabel 4. Hasil *Range Finding Test* Tanaman Apu-apu

Konsentrasi air limbah irigasi (%)	Jumlah Apu-apu	Hidup	Mati	Efek kematian Apu-apu
0	2	2	0	0

10	2	2	0	0
20	2	2	0	0
40	2	2	0	0
60	2	2	0	0
80	2	2	0	0

Dari **Tabel 4.** diatas, hasil percobaan *range finding test* pada tanaman Apu-apu, tanaman tidak mengalami layu dan juga tidak mati.

➤ Teratai

Massa Teratai = densitas apu-apu x volume air

$$= 0,08 \text{ gr/cm}^3 \times 12.000$$

$$= 960 \text{ gr}$$

$$\text{Jumlah teratai} = \frac{\text{massa teratai}}{\text{berat basah}} = \frac{960 \text{ gr}}{607 \text{ gr}}$$

$$\text{Jumlah Teratai} = 1,6 = 2 \text{ tanaman}$$

Tabel 5. Hasil *Range Finding Test* Tanaman Teratai

Konsentrasi air limbah irigasi (%)	Jumlah Teratai	Hidup	Mati	Efek kematian Teratai
0	2	2	0	0
10	2	2	0	0
20	2	2	0	0
40	2	2	0	0
60	2	2	0	0
80	2	2	0	0

Dari **Tabel 5.** diatas, hasil percobaan *range finding test* pada tanaman Teratai, tanaman tidak mengalami layu dan juga tidak mati.

Analisa pH dan Suhu

Derajat keasaman (pH) cenderung menurun lalu meningkat. Hasil analisa pH menunjukkan bahwa pH pada air limbah berfluktuasi pada kisaran 6,5-9. Semakin lama pemaparan, pH masing-masing reaktor menuju ke arah netral. Sedangkan, pada pengukuran suhu air limbah setiap reaktor, suhu pada setiap reaktor berkisar antara 22°-26°C. Penurunan dan peningkatan suhu yang terjadi pada air limbah terjadi karena pengaruh faktor suhu pada lingkungan.

Analisa Morfologi Tumbuhan

Analisa morfologi tumbuhan bertujuan untuk mengetahui pengaruh air limbah pada perkembangan tumbuhan dengan membandingkan dengan tumbuhan yang tumbuh pada air PDAM.

Uji Ukur dan Uji Coba

➤ Pengujian Sensor Keasaman (pH) dan Temperatur

Pengujian sensor pH dan temperatur dengan beberapa kondisi yang akan diuji. Pengujian dilakukan saat nilai pH dan temperatur berada dibawah atau diatas rata-rata kondisi yang diinginkan dan pengujian kedua dilakukan sebaliknya.

Tabel 12. Pengujian Sensor pH (keasaman) dan Temperatur

No.	pH Awal	pH Akhir	Temperatur Awal (°C)	Temperatur Akhir (°C)	Status Pompa
-----	---------	----------	----------------------	-----------------------	--------------

1	4,23	3,4	25,44	26,13	Nyala
2	4,64	3,8	25,19	26,06	Nyala
3	4,33	3,8	25,06	26,06	Nyala
4	4,75	4,33	25,06	26,06	Nyala
5	3,63	4,68	25,06	26,06	Nyala
6	6,67	7,55	25,75	26,31	Nyala
7	6,69	7,38	25,75	26,25	Nyala
8	6,53	7,65	25,69	26,19	Nyala
9	6,99	7,89	25,69	26,25	Nyala
10	7	7,86	25,69	26,25	Nyala

➤ Pengujian Sirkulasi Air

Pengujian sistem sirkulasi air dengan ketentuan nilai pH berada pada 6,5-8,5 serta nilai temperatur berada diantara 25°-30°C. dari berbagai kondisi yang tidak diinginkan, maka dibutuhkan beberapa waktu pompa sirkulasi untuk membuat kondisi menjadi diinginkan.

Tabel 6. Pengujian Sirkulasi Air

No.	pH Awal	Temperatur Awal (°C)	pH Akhir	Temperatur Akhir (°C)	Status Pompa	Lama waktu Pompa (menit)
1	6,58	23,5	7,25	24	Nyala	± 30 menit
2	6,72	23,5	7,27	24	Nyala	± 30 menit
3	6,68	23,5	7,24	24	Nyala	± 30 menit
4	6,7	23,5	7,2	24	Nyala	± 30 menit
5	6,6	23,5	7,24	24	Nyala	± 30 menit
6	7,86	24	7,99	24,5	Nyala	± 60 meint
7	7,78	23,5	8,04	24,5	Nyala	± 60 menit
8	7,75	23,5	8,02	24,5	Nyala	± 60 menit
9	7,85	24	8,1	24,5	Nyala	± 60 menit
10	7,8	23,5	8,03	25	Nyala	± 60 menit

KESIMPULAN DAN SARAN

Kesimpulan

1. Karakteristik limbah irigasi sebelum diolah yaitu, pH = 6. Setelah diolah dengan uji fitoremediasi menggunakan tanaman air Eceng Gondok, Apu-apu, dan Teratai, lalu dilanjutkan dengan aerasi pada air limbah. Maka, didapatkan peningkatan pH = 7-8. Dari ketiga tanaman yang digunakan, tanaman Eceng gondok mampu mereduksi zat yang terkandung pada air limbah dengan persentasi paling tinggi. Dari hasil diatas, air limbah setelah pengolahan dapat digunakan lagi untuk air irigasi.
2. Pada penelitian ini sensor dapat bekerja dengan baik, Hasil pengukuran dan pengujian pH sensor didapat akurasi data = 92,75%. Hasil pengukuran dan pengujian sensor suhu didapat akurasi data = 97,23%.

Saran

1. Untuk penelitian selanjutnya pada reaktor agar ditambahkan menggunakan media filter, agar air hasil pengolahan lebih jernih.
2. Untuk penelitian selanjutnya agar menggunakan metode pengujian lain pada parameter Fosfat, karena pada metode uji SNI 06-6989.31-2005 angka terendah yang tertera pada pengujian hanya 0,0272.

DAFTAR PUSTAKA

- Anam, M.M., Kurniati, E. & Suharto, B., 2013, 'Penurunan Kandungan Logam Pb Dan Cr Leachate Melalui Fitoremediasi Bambu Air (*Equisetum hyemale*) dan Zeolit (In Press, JKPTB Vol 1 No 2)', *Jurnal Keteknikan Pertanian Tropis dan Biosistem*, 1(2).
- Cirani, S., Picone, M., Gonizzi, P., Veltri, L. & Ferrari, G., 2014, 'Iot-oas: An oauth-based authorization service architecture for secure services in iot scenarios', *IEEE sensors journal*, 15(2), 1224–1234.
- Hartini, E., 2012, 'Cascade Aerator dan Bubble Aerator dalam Menurunkan Kadar Mangan Air Sumur Gali', *KEMAS: Jurnal Kesehatan Masyarakat*, 8(1), 41–50.
- Komala, R. & Aziz, S., 2019, 'Pengaruh Proses Aerasi terhadap Pengolahan Limbah Cair Pabrik Kelapa Sawit di PTPN VII Secara Aerobik', *Jurnal Redoks*, 4(2), 7–16.
- Nehru, F., 2018, 'Penerapan IoT (Internet of Things) Pada Pengecekan Level Ketinggian Air Sungai Berbasis Arduino'.
- Ni'am, M.K., Noerhayati, E., Suprpto, B. & Rahmawati, A., 2021, 'Pengolahan Limbah Cair Domestik untuk Pemenuhan Air Bersih dengan Metode Filter serta Penetralkan dengan Eceng Gondok', 9.
- Noerhayati, E., Rahmawati, A. & Wahyudi, S.Y., 2020, 'Water Spread Test On IoT (Internet Of Things) Based Automatic Irrigation System', *JICE Journal Innovation of Civil Engineering*, 1(1), 1–6.
- Siswandari, A.M., 2016, 'Fitoremediasi Phospat Limbah Cair Laundry Menggunakan Tanaman Melati Air (*Echinodorus Paleaefolius*) Dan Bambu Air (*Equisetum Hyemale*) Sebagai Sumber Belajar Air'.
- Sulaiman, O.K. & Widarma, A., 2017, 'Sistem Internet of Things (IoT) Berbasis Cloud Computing Dalam Campus Area Network'.
- Suyarto, R., 2016, *Kajian Air Irigasi Di Subak Sembung, Kel. Peguyangan, Kec. Denpasar, Kota Denpasar*.