



Prototype Monitoring and Controlling of Wastewater Treatment Plant (WWTP) on IoT-Free Output Channels

Prototype Monitoring dan Controlling Instalasi Pengolahan Air Limbah (IPAL) pada Saluran Output Berbasis IoT

Iswanto Iswanto¹⁾, Fachrudin Hunaini²⁾, Dedi Usman Effendy³⁾

^{1,2,3)} Department of Electrical Engineering, Faculty of Engineering, Widayagama University Malang, Indonesia

⁽¹⁾ nilki.iswanto88@gmail.com

⁽²⁾ fachrudin_h@widayagama.ac.id,

⁽³⁾ dedy@widayagama.ac.id

Abstract The largest water pollution occurs due to the disposal of waste from the industrial sector, while some of it comes from the household sector. In the labor-intensive industrial sector and the household sector, domestic liquid waste is generated. The high level of liquid waste pollution can be overcome by using a wastewater treatment plant (WWTP). Wastewater parameters according to research that has been done, namely pH, Turbidity, and Ammonia are very important parameters and the main priority for the quality of wastewater discharged into the environment. In this study, a prototype monitoring and controlling WWTP on the output channel was designed by measuring wastewater parameters and an Internet of Things (IoT) based pump output control system. This prototype is programmed with 2 mode options, namely auto mode where the controlling system works based on program commands with target limits, namely pH 6 – 9, Turbidity < 300 NTU, and Ammonia < 20 PPM, if the wastewater measurement value is on target, the system activates the outgoing pump. for direct disposal to the environment. Meanwhile, if it does not meet the target, the system activates the treatment pump to return the wastewater back to the WWTP. Then the manual mode, which is the controlling system, works by operating the operator directly to activate the outgoing or treatment pump on a smartphone using the Blynk application. In Auto and Manual mode, wastewater parameters can be monitored on a smartphone using the Blynk application. All sensors used have been calibrated with 2 calibrator solutions. The calibration results show an error value of 0.115 for the pH sensor, an error value of 0.075 for the Turbidity sensor, and an error value of 0.115 for the Ammonia sensor.

Keywords: Domestic Waste; WWTP; Monitoring, Controlling; Internet of Things (IoT).

Abstrak Pencemaran air terbesar terjadi karena pembuangan limbah dari sektor industri, sementara sebagian lainnya berasal dari sektor rumah tangga. Dalam sektor industri padat karya dan sektor rumah tangga menghasilkan limbah cair domestik. Tingginya pencemaran limbah cair dapat diatasi dengan menggunakan instalasi pengolahan air limbah (IPAL). Parameter air limbah menurut penelitian yang sudah dilakukan yaitu pH, Turbidity, dan Amonia merupakan parameter yang sangat penting dan prioritas utama kualitas air limbah yang dibuang ke lingkungan. Pada penelitian ini dirancang *prototype monitoring* dan *controlling* IPAL pada saluran *output* dengan mengukur parameter air limbah dan sistem pengendalian pompa *output* berbasis *Internet of Things (IoT)*. *Prototype* ini diprogram dengan 2 pilihan mode yaitu mode auto dimana sistem *controlling* bekerja berdasarkan perintah program dengan batas target, yaitu pH 6 – 9, Turbidity < 300 NTU, dan Amonia < 20 PPM, apabila nilai pengukuran air limbah sesuai target, sistem mengaktifkan pompa *outgoing* untuk pembuangan langsung ke lingkungan. Sedangkan apabila tidak sesuai target, sistem mengaktifkan pompa *treatment* untuk mengembalikan air limbah kembali ke IPAL. Kemudian Mode manual yaitu sistem *controlling* bekerja dengan pengoprasian operator secara langsung untuk mengaktifkan pompa *outgoing* atau *treatment* pada *smartphone* dengan menggunakan aplikasi *Blynk*. Pada mode Auto dan Manual parameter air limbah, dapat dimonitor pada *smartphone* menggunakan aplikasi *Blynk*. Semua sensor yang digunakan telah dikalibrasi dengan 2 larutan kalibrator. Hasil kalibrasi menunjukkan nilai *error* 0.115 untuk sensor pH, nilai *error* 0.075 untuk sensor *Turbidity*, dan nilai *error* 0.115 untuk sensor Amonia.

Kata Kunci : Limbah Domestik, IPAL, *Monitoring*, *Controlling*, *Internet of Things (IoT)*

I. PENDAHULUAN

Air merupakan komponen penting terhadap keberlangsungan makhluk hidup. Apabila air tercemar maka keberlangsungan makhluk hidup akan terganggu. Pencemaran air terbesar terjadi karena pembuangan limbah dari sektor industri, sementara sebagian lainnya berasal dari sektor rumah tangga. Dalam sektor industri padat karya dan sektor rumah tangga menghasilkan limbah cair domestik. Contoh limbah cair domestik antara lain yaitu air deterjen sisa cucian, air sabun, dan air tinja. Keadaan tersebut menyebabkan terjadinya pencemaran yang banyak menimbulkan kerugian bagi manusia dan lingkungan. Tingginya pencemaran limbah cair dapat diatasi dengan menggunakan instalasi pengolahan air limbah (IPAL) [1].

IPAL merupakan kesatuan sistem peralatan yang dirancang secara khusus untuk memproses atau mengolah cairan sisa proses, sehingga sisa proses tersebut menjadi layak untuk dibuang ke lingkungan, sistem IPAL secara umum melalui 6 proses antara lain, *Screen and Grease Trap*, Ekualisasi, Anaerob, Aerob, Sedimentasi, dan Filtrasi. Sistem pengoperasian tersebut menggunakan sistem otomatis, akan tetapi sebelum limbah cair dibuang ke saluran atau sungai perlu dilakukan proses *sampling* secara manual dengan mengambil *sampling* parameter limbah secara langsung di lokasi IPAL [2]. Parameter Air limbah menurut penelitian yang sebelumnya dilakukan oleh Sandy Tyas Wahyu Apriyanto, parameter *output* IPAL yang perlu diukur yaitu parameter pH air limbah dengan batas nilai parameter yaitu 6 - 9 [1]. Kemudian penelitian selanjutnya oleh Hafiidhudin yaitu pembuatan *prototype* dengan pengambilan data sensor pH dan sensor *turbidity* dapat di *monitoring* secara *realtime*, parameter pH dan *turbidity* juga dianggap penting [3]. Menurut penelitian Trisiani Dewi Hendrawati persyaratan kualitas air yang berhubungan langsung dengan kesehatan diantaranya kadar pH, kekeruhan, dan suhu air. Penelitian tersebut digunakan untuk pemantauan kondisi kualitas air sungai [4]. Sedangkan menurut penelitian yang dilakukan oleh Muhammad Akbar Nugroho berhubungan dengan *monitoring* kualitas pH dan kadar amonia adalah kebutuhan penting untuk makhluk hidup khususnya ikan di sungai [5]. Ketiga parameter utama yaitu pH, kekeruhan air, serta kadar amonia dalam air merupakan parameter yang sangat penting dan prioritas utama kualitas air pada saluran atau sungai dari hasil pengolahan limbah domestik. Penelitian - penelitian diatas secara umum dilakukan sebatas *monitoring*, sedangkan pengendalian secara *realtime* dengan pemberian umpan balik ke sistem masih belum ada. Pencemaran sungai terbesar salah satunya berasal dari limbah cair industri [2]. Pencemaran tersebut dapat dikendalikan dengan meningkatkan kualitas dari *output* IPAL, melalui *monitoring* parameter pH, kekeruhan air, dan kadar amonia secara kontinyu dan sistem sebaiknya mempunyai kendali secara otomatis ketika parameter sudah sesuai standar dan pengembalian limbah untuk diproses ulang ketika parameter tidak standar, serta terdapat pengoperasian kendali secara manual. Sistem kendali manual digunakan apabila terjadi kondisi tidak normal atau *emergency*. Sistem tersebut tentunya akan berjalan apabila

ada operator yang *standby* selama 24 jam dalam *monitoring* kualitas limbah cair. Hal tersebut memungkinkan dikembangkannya teknologi jarak jauh yang dapat membantu operator dalam pemantauan dan pengendalian sistem tanpa harus selalu *standby* di lokasi IPAL [2]. Melalui perkembangan teknologi yang sangat pesat mendukung sistem baru yang dikenal *Internet of Things (IoT)*. Teknologi pendukung seperti komunikasi cahaya dengan fiber optik membuat lingkungan dalam berinternet semakin cepat dan mudah, salah satu perangkat yang bisa dijadikan web server adalah modul wifi NodeMCU ESP8266. Kemudian sistem operasi *Blynk* yang digunakan dalam modul wifi NodeMCU ESP8266 memiliki banyak keuntungan, diantaranya tidak berbayar dan dukungan yang kuat dari komunitas. *Blynk* adalah *platform* untuk aplikasi OS Mobile (iOS dan Android) yang bertujuan untuk kendali modul *Arduino*, *Raspberry Pi*, *ESP8266*, *WEMOS D1*, dan modul sejenisnya melalui internet. Penggunaan aplikasi *Blynk* memiliki keuntungan yaitu menghilangkan kebutuhan berada atau *standby* di lokasi untuk mengaktifkan maupun menonaktifkan perangkat elektronik yang dikendalikan [6].

Dengan permasalahan tersebut maka salah satu penyelesaiannya dengan pembuatan *prototype* sistem *monitoring* parameter pH, *turbidity*, amonia dan *controlling* pembuangan limbah cair secara otomatis maupun manual pada saluran *output* IPAL berbasis *Internet of Things (IoT)* agar proses pemantauan dan pengendalian kualitas air limbah sesuai dengan nilai standar parameter, perancangan sistem ini adalah penyempurnaan dan pengembangan dari penelitian - penelitian terdahulu tentang sistem *monitoring* dan pengendalian pencemaran air limbah.

II. TINJAUAN PUSTAKA

A. Instalasi Pengolahan Air Limbah

IPAL merupakan kesatuan sistem peralatan yang dirancang secara khusus untuk memproses atau mengolah cairan sisa proses, sehingga sisa proses tersebut menjadi layak untuk dibuang ke lingkungan, Sistem IPAL secara umum melalui 6 proses antara lain, *Screen and Grease Trap*, Ekualisasi, Anaerob, Aerob, Sedimentasi, dan Filtrasi. Sistem pengoperasian tersebut menggunakan sistem otomatis akan tetapi sistem tersebut memiliki kekurangan yaitu sebelum limbah cair dibuang ke saluran atau sungai perlu dilakukan proses *sampling* secara manual dengan mengambil *sampling* air limbah secara langsung di lokasi IPAL. Parameter air limbah menurut beberapa penelitian yang sebelumnya yang perlu dilakukan yaitu *monitoring* kadar pH, kekeruhan (*turbidity*), dan kadar amonia dengan nilai standar adalah sebagai prioritas utama kualitas air pada saluran *output* atau sungai [4].

[figure 1 about here.]

B. Sensor pH

[figure 2 about here.]

Untuk menjaga agar kualitas air agar tetap dalam keadaan yang baik, elemen yang harus diperhatikan adalah tingkat keasaman dan kebasaaan air. Karena pH yang baik dalam ekosistem kehidupan makhluk hidup adalah dengan nilai pH 6,5 sampai pH 7,5. Prinsip kerja dari sensor pH terdiri dari elektroda yang digunakan untuk mendeteksi ion H⁺ dari suatu cairan. Pengukuran dilakukan dengan elektroda potensiometrik yang berfungsi untuk memonitor perubahan tegangan yang disebabkan perubahan aktivitas ion Hidrogen (H⁺). Elektroda yang digunakan terdiri dari kombinasi tunggal elektroda referensi dan elektroda sensor. Elektroda kombinasi ini memiliki keluaran yang sudah dikalibrasi menjadi mV. Dengan memonitor perubahan tegangan yang disebabkan oleh perubahan aktivitas ion Hidrogen (H⁺) dalam larutan, maka pH larutan dapat diketahui [1].

C. Sensor Kekeruhan (*Turbidity*)

[figure 3 about here.]

Sensor kekeruhan air bekerja berdasarkan perubahan intensitas cahaya. Hal ini terjadi akibat adanya partikel-partikel yang tercampur dengan air. Perubahan intensitas cahaya yang dipancarkan akan berubah seiring dengan perubahan nilai kekeruhan air yang sedang diukur, selanjutnya akan dikonversikan ke dalam bentuk parameter tegangan listrik sehingga bisa didefinisikan sebagai nilai kekeruhan air dalam satuan NTU. Sensor *turbidity* meter dibangun dengan metode yaitu nephelometer, metode nephelometer adalah metode yang memanfaatkan intensitas cahaya yang dihamburkan oleh sampel di dalam air. Intensitas cahaya yang dihamburkan ini berbanding lurus dengan jumlah zat-zat yang tersuspensi dalam lintasan cahaya tersebut. Metode nephelometer yang dipakai untuk membuat sensor *turbidity* meter ini, membutuhkan sumber cahaya dan detektor cahaya sumber, yang kemudian dirakit dan menjadi sebuah sensor *turbidity* meter metode nephelometer [7].

D. Sensor Gas Amonia

[figure 4 about here.]

Sensor gas merupakan alat elektronik yang dapat menghasilkan sinyal listrik sebagai fungsi terhadap interaksi dengan senyawa kimia, dalam hal ini gas atau uap senyawa organik. Sensor MQ-135 dapat berfungsi untuk mendeteksi keberadaan gas amonia. Pada dasarnya sensor ini terdiri dari tabung aluminium yang dikelilingi oleh silikon dan di pusatnya terdapat elektroda yang terbuat dari aurum dimana terdapat element pemanasnya. Ketika terjadi proses pemanasan, kumparan akan dipanaskan sehingga SnO₂ keramik menjadi semikonduktor atau sebagai penghantar sehingga melepaskan elektron dan ketika amonia dideteksi oleh sensor dan mencapai aurum

elektroda maka *output* sensor MQ-135 akan menghasilkan tegangan analog [5].

E. Modul Wifi ESP8266

Modul Wifi ESP8266 adalah sebuah perangkat pendukung IoT yang bersifat *open source*. Terdiri dari perangkat keras berupa *System On Chip* ESP8266 dari ESP8266 buatan *Espressif System*, juga *firmware* yang digunakan, yang menggunakan bahasa pemrograman *Scripting Lua*. Istilah NodeMCU secara *default* sebenarnya mengacu pada *firmware* yang digunakan daripada perangkat keras *development kit*. NodeMCU dapat dianalogikan sebagai *board* arduino-nya ESP8266. Dalam seri *tutorial* ESP8266 *embeddednesia* pernah membahas bagaimana memprogram ESP8266 sedikit merepotkan karena diperlukan beberapa teknik *wiring* serta tambahan modul USB *to serial* untuk mengunduh program. Namun NodeMCU telah *repackage* ESP8266 ke dalam sebuah *board* yang kompak dengan berbagai fitur layaknya mikrokontroler + kapabilitas akses terhadap Wifi juga *chip* komunikasi USB *to serial* sehingga untuk memprogramnya hanya diperlukan ekstensi kabel data USB persis yang digunakan sebagai kabel data dan kabel *charging smartphone* Android. *Chip* ESP8266 dengan menggunakan kabel USB [9].

[figure 5 about here.]

Modul Wifi NodeMCU ESP8266 berfungsi sebagai penghubung antara dengan server serta menjadi alat yang berfungsi menghubungkan ke server aplikasi salah satunya dengan aplikasi *Blynk*. Fitur pada modul Wifi NodeMCU ESP8266 yang memiliki 13 pin digital dan 1 pin analog yang memiliki fungsi khusus yaitu *Analog to Digital Converter* (ADC) [10].

F. Pompa Air 12 VDC

Pompa adalah peralatan mekanis yang digunakan untuk menaikkan cairan dari dataran rendah ke dataran tinggi atau untuk mengalirkan cairan dari daerah bertekanan rendah ke daerah yang bertekanan tinggi dan juga sebagai penguat laju aliran pada suatu sistem jaringan perpipaan. Dalam operasi, mesin-mesin peralatan berat membutuhkan tekanan *discharge* yang besar dan tekanan isap yang rendah. Akibat tekanan yang rendah pada sisi isap pompa maka *fluida* akan naik dari kedalaman tertentu, sedangkan akibat tekanan yang tinggi pada sisi *discharge* akan memaksa *fluida* untuk naik sampai pada ketinggian yang diinginkan. Pada perancangan *prototype*, pompa DC 12 VDC digunakan untuk pemindahan *fluida* dari satu tempat ke tempat lainnya [11].

[figure 6 about here.]

III. METODE PENELITIAN

Pada penelitian ini terdapat beberapa tahapan penelitian yaitu :

1. Identifikasi masalah, dalam tahap ini dilakukan sebuah identifikasi masalah dengan melakukan pengamatan langsung pada unit IPAL dan melakukan penelitian terhadap permasalahan yang ada dan dijadikan dasar untuk pembuatan *prototype*.
2. Studi literatur, pada tahap ini untuk mencari cara penyelesaian suatu masalah yaitu dengan cara mencari sumber informasi yang dibutuhkan baik dari buku, maupun jurnal.
3. Perancangan *prototype*, setelah permasalahan dan cara penyelesaian telah diketahui langkah selanjutnya adalah membuat perancangan *prototype* sesuai dengan permasalahan yang diangkat dalam skripsi.
4. Implementasi dengan rancangan yang sudah dibuat, langkah selanjutnya adalah proses perakitan alat tersebut baik perangkat keras maupun perangkat lunak secara menyeluruh dan melakukan pengujian pada setiap alat yang digunakan.
5. Pengujian *prototype*, pada tahap ini jika *prototype* dan perangkat sudah selesai dibuat maka dapat dilakukan pengujian secara keseluruhan sesuai dengan permasalahan yang menjadi dasar perancangan dari *prototype*, dan harus dilakukan perbaikan terkait kinerjanya apabila tidak sesuai.
6. Analisa dan laporan, data hasil dari pengujian *prototype* dikumpulkan kemudian akan dilakukan analisa dan pembuatan laporan.

A. Rancangan Sistem Blok Diagram Sistem *Monitoring* dan *Controlling* Menggunakan IoT.

[figure 7 about here.]

Dari Gambar 7. Dapat dilihat bahwa inputan bagi modul ADS yaitu sensor pH, amonia dan *turbidity*. Selanjutnya data tersebut akan dikirimkan oleh modul ADS ke modul Wifi NodeMCU ESP8266. *Router* akan digunakan sebagai pemancar gelombang Wifi yang akan menghubungkan modul Wifi NodeMCU ESP8266 ke *cloud* internet. Data dari *cloud* internet dapat dimonitor dan dikontrol oleh perangkat yang memiliki akses ke *cloud* internet dalam hal ini salah satunya *smartphone* android. *Relay module* dan pompa merupakan *output* yang dikendalikan oleh NodeMCU ESP8266. Apabila hasil pengukuran sesuai dengan target yang ditentukan maka pompa 1 akan bekerja untuk melanjutkan proses pembuangan air limbah. Sedangkan apabila hasil pengukuran tidak sesuai dengan target, maka pompa 2 akan

bekerja dan mengalirkan aliran air limbah ke sistem *existing* IPAL. Sistem tersebut dapat dioperasikan secara manual untuk menjalankan kedua pompa apabila terjadi kondisi tidak normal atau *emergency*.

B. Wiring Diagram Sistem *Monitoring* dan *Controlling* IPAL Menggunakan IoT

[figure 8 about here.]

Dalam perancangan sistem *monitoring* dan *controlling* sistem IPAL pada saluran *output* berbasis IoT menggunakan NodeMCU ESP 8266 sebagai pengolah data sensor, kemudian menggunakan modul ADS untuk mengolah sensor analog, modul ADS dipilih karena memiliki jumlah pin analog yang banyak yaitu 4 pin analog. Selanjutnya penentuan NodeMCU digunakan sebagai modul Wifi yang akan mengirimkan data ke *cloud* internet. Pada perancangan *prototype* ini pin komponen untuk *wiring* instalasi sebagai berikut :

[Tabel 1 about here.]

C. Perancangan Perangkat Lunak

Pada perancangan perangkat lunak berikut bertujuan untuk mengontrol NodeMCU untuk memproses data yang didapatkan dari pembacaan sensor dan menggerakkan motor DC melalui android. Untuk gambaran umum mengenai jalannya program maka dibuatlah diagram alir seperti pada Gambar 9.

[figure 9 about here.]

Langkah awal proses yang dilakukan adalah inialisasi yang merupakan tahap persiapan penggunaan pin yang akan dipakai pada NodeMCU ESP 8266. Langkah selanjutnya yang dilakukan proses pembacaan data *input* berupa pH, kadar amonia, dan *turbidity*. Data tersebut akan dikirimkan ke modul Wifi ESP8266 dan dikirim ke *cloud* internet. Parameter pH, amonia dan *turbidity* apabila melebihi batas standar maka sistem akan menginformasikan operator bahwa air limbah tidak memenuhi target dan air limbah bisa dikembalikan ke proses awal pengolahan IPAL dengan menyalakan pompa 2 (*treatment*) sampai air limbah habis, maka pompa 2 dimatikan. Jika nilai parameter telah memenuhi nilai baku mutu air limbah maka pompa 1 (*outgoing*) akan bekerja sampai air limbah habis, kemudian pompa 1 akan dimatikan secara otomatis. Sistem tersebut dapat bekerja ketika mendapat perintah manual dengan kontrol jarak jauh dengan menggunakan sistem IoT.

D. Rancangan Tampilan *Blynk*

[figure 10 about here.]

Berikut tampilan dari aplikasi *Blynk* yang ada pada *hanphone*. Pada gambar diatas terdapat 4 tombol yang digunakan yaitu mode manual atau auto, pompa *Outgoing*, pompa *Treatment* dan tombol *Run*, dimana tombol *Run* digunakan untuk *start* pembacaan parameter air limbah pada mode auto. Pada mode manual dilakukan dengan menekan tombol *Out* atau *Treatment* yang berfungsi untuk menjalankan *relay* dan pompa. Selain itu juga terdapat beberapa tampilan *widget box* yang digunakan untuk menampilkan nilai ADC dari masing - masing sensor dan juga nilai pembacaan dari sensor pH, *turbidity*, amonia dan juga pembacaan nilai dari sensor pelampung.

$$m = \frac{y_1 - y_2}{x_1 - x_2} = \frac{4 - 7}{10910 - 8519} = \frac{-3}{2391} = -0.00125$$

$$c = y_1 - m \cdot x_1$$

$$= 4 + (0.00125 \times 10910)$$

$$= 4 + 13,6375$$

$$= 17,6375$$

Nilai konstanta m dan c dari hasil perhitungan kemudian dimasukkan kedalam *listing* program Arduino IDE. dan diupload ke board nodeMCU ESP 8266 didapatkan hasil pada serial monitor yang bisa dilihat di *software* Arduino IDE, berikut hasil pengujian sensor pH yang sudah terkalibrasi dapat dilihat pada Gambar 13 dan 14.

[figure 13 about here.]

[figure 14 about here.]

IV. ANALISA

A. Pengujian Sensor pH

Pengujian pH dilakukan untuk membuktikan bahwa sensor pH dapat bekerja dengan baik membaca nilai tingkat keasaman suatu terlarut. Pada pengujian ini menggunakan sensor pH yang dihubungkan dengan NodeMCU, Untuk mengujinya maka hal pertama yang harus dilakukan adalah merangkai rangkaian sensor pH dengan menghubungkan pin 3 pin sensor yaitu pin VCC ke sumber 5 V, pin *ground* ke *ground* NodeMCU dan pin analog ke pin A1 Ke modul ADS. Tampilan hasil sensor pH akan ditampilkan pada *serial monitor*. Keluaran dari rangkaian sensor pH adalah nilai ADC kemudian dikonversi menjadi satuan nilai desimal. Pengujian menggunakan larutan pH 4 dan 7 sebagai kalibrator.

[figure 11 about here.]

Listing program untuk pengujian untuk sensor pH mikrokontroler diketik menggunakan *software* Arduino IDE, kemudian didapatkan nilai ADC pada *serial monitor*.

[figure 12 about here.]

Selanjutnya dari data ADC dikonversi dari nilai analog ke nilai pH dengan menggunakan algoritma perhitungan.

Algoritma perhitungan

$$y = mx + c \quad \dots\dots\dots(1)$$

$$m = \frac{y_1 - y_2}{x_1 - x_2} \quad \dots\dots\dots(2)$$

$$c = y_1 - m \cdot x_1 \quad \dots\dots\dots(3)$$

Contoh penyelesaian

[Tabel 2 about here.]

Hasil Pengujian dapat dilihat seperti pada tabel berikut ini:

[Tabel 3 about here.]

Dari hasil pengujian sensor pH dapat disimpulkan bahwa sensor pH ketika dimasukkan ke dalam larutan pH= 4 memiliki nilai ADC sebesar 10910 dan nilai dari hasil kalibrasi 4.01 hanya memiliki nilai *error* sebesar 0.01 Dan untuk pengujian dengan larutan pH = 7 memiliki nilai ADC sebesar 8519 dan nilai dari hasil dari kalibrasi 7.22 hanya memiliki nilai *error* sebesar 0.22. Kedua *error* ini tidak jauh berbeda dari nilai larutan yang ada.

B. Pengujian Sensor *Turbidity*

Pengujian sensor *Turbidity* dilakukan untuk membuktikan bahwa sensor *Turbidity* dapat bekerja dengan baik membaca nilai total zat padat terlarut. Pada pengujian ini menggunakan sensor *Turbidity* yang dihubungkan dengan NodeMCU, Untuk mengujinya maka hal pertama yang harus dilakukan adalah merangkai rangkaian sensor *Turbidity* dengan menghubungkan pin 3 pin sensor yaitu pin VCC ke sumber 5 V, pin *ground* ke *ground* NodeMCU dan pin analog ke pin A2 Ke modul ADS. Tampilan hasil sensor *Turbidity* akan ditampilkan pada *serial monitor*. Keluaran dari rangkaian sensor *Turbidity* adalah nilai ADC yang kemudian dijadikan perbandingan dengan larutan kalibrator hasil sampling laboratorium. Pada percobaan ini menggunakan larutan sampling dengan menggunakan larutan *sampling* cairan teh atau larutan 1, dengan nilai 14.3 NTU kemudian larutan kalibrator menggunakan cairan kopi atau larutan 2 dengan nilai 27.6 NTU.

[figure 15 about here.]

[figure 16 about here.]

Maka :

Untuk merubah nilai ADC ke nilai NTU digunakan *listing* program kalibrasi seperti pada pengujian pH meter.

Hasil Pengujian dapat dilihat seperti pada tabel berikut ini:

[Tabel 4 about here.]

Dari hasil pengujian sensor *Turbidity* dapat disimpulkan bahwa sensor *Turbidity* ketika menggunakan *sampling* Teh dengan kalibrasi 14.3 NTU menghasilkan nilai pengukuran 14.17 NTU kemudian menggunakan *sampling* Kopi dengan nilai kalibrasi 27.6 NTU menghasilkan nilai pengukuran 27.58 NTU.

C. Pengujian Sensor Amonia

Pengujian sensor amonia dilakukan untuk membuktikan bahwa sensor amonia dapat bekerja dengan baik membaca nilai total zat padat terlarut. Pada pengujian ini menggunakan sensor amonia MQ137 yang dihubungkan dengan NodeMCU, Untuk mengujinya maka hal pertama yang harus dilakukan adalah merangkai rangkaian sensor *turbidity* dengan menghubungkan pin 3 pin sensor yaitu pin VCC ke sumber 5 V, pin *ground* ke *ground* NodeMCU dan pin analog ke pin A3 Ke modul ADS. Tampilan hasil sensor amonia akan ditampilkan pada *serial monitor*. Keluaran dari rangkaian sensor amonia adalah nilai ADC yang kemudian dijadikan perbandingan dengan larutan kalibrator hasil *sampling* laboratorium. Pada percobaan ini menggunakan larutan *sampling* dengan dengan nilai 2.27 ppm dan 0 ppm ketika tidak masukan ke larutan *sampling*.

[figure 17 about here.]

[figure 18 about here.]

Untuk merubah nilai ADC ke nilai ppm digunakan *listing* program kalibrasi persamaan linear seperti persamaan 1 pada pengujian pH meter, dan *Turbidity*

Hasil Pengujian dapat dilihat seperti pada tabel berikut ini:

[Tabel 5 about here.]

Dari hasil pengujian sensor amonia dapat disimpulkan bahwa sensor amonia hanya memiliki nilai error rata-rata 0.115 dibanding dengan cairan kalibrator.

D. Pengujian Keseluruhan

Pengujian keseluruhan merupakan penggabungan keseluruhan komponen yang telah diuji sebelumnya. Sensor yang digunakan terdiri dari sensor pH yang berfungsi sebagai alat pengukur unit keasaman atau basa air limbah, sensor *turbidity* yang berfungsi untuk mengukur tingkat

kekeruhan air limbah, sensor amonia berfungsi mengukur kandungan gas amonia, sensor pelampung untuk mengukur kondisi *level* air dalam suatu tempat penampungan air limbah, dan modul *relay* DC untuk menghidupkan pompa 1 (*outgoing*) dan pompa 2 (*treatment*) secara standar nilai baku mutu yang ditentukan.

Pada pengujian ini dilakukan dengan menggunakan 2 mode yaitu mode auto dan mode manual, mode auto dimana alat membaca secara langsung melalui pembacaan sensor sesuai dengan batasan yang ditentukan, sistem auto akan memutuskan pompa *outgoing* atau pompa *treatment* yang akan bekerja untuk memindahkan air limbah. Pengujian secara auto ditunjukkan pada Tabel 6.

[Tabel 6 about here.]

Berdasarkan pengujian keseluruhan pada Tabel 6. sistem akan mengaktifkan pompa 1 sebagai pompa (*outgoing*) pembuangan secara langsung ke lingkungan jika pH, kekeruhan air (*turbidity*) dan amonia sesuai dengan nilai baku mutu. Adapun nilai baku mutu yang digunakan adalah untuk parameter pH 6 - 9, *turbidity* < 300 NTU / 100 PPM, dan kandungan amonia < 20 PPM. Apabila parameter diluar nilai standar baku mutu maka pompa 2 (*treatment*) akan bekerja memindahkan limbah ke sistem pengolahan IPAL.

[figure 19 about here.]

Pada pengujian kendali manual dilakukan dengan kontrol jarak jauh menggunakan *handphone* dengan aplikasi *Blynk*. Tombol yang dipilih menggunakan mode manual pada aplikasi *Blynk*, kemudian tekan tombol pada *widget* untuk tombol pompa *outgoing* atau pompa *treatment*. Pengujian mode manual ditunjukkan pada Tabel 7.

[Tabel 7 about here.]

Berdasarkan pengujian manual, dari hasil 4 kali percobaan didapatkan pompa 1 dan pompa 2 dapat dikendalikan secara manual dari tombol pada aplikasi *Blynk* melalui IoT. Respon alat pada pengujian manual sesuai dengan perancangan sistem.

[figure 20 about here.]

Pada Gambar 19 dan 20 menunjukkan data - data *realtime* dari alat *monitoring* IPAL yang terdiri dari parameter pengukuran pH, *turbidity*, dan amonia dengan nilai pengukuran yang ditampilkan sesuai dengan hasil kalibrasi. Pada tampilan *Blynk* terdapat pada tampilan *handphone* juga terdapat fitur tambahan berupa mode auto dan manual, dimana mode auto digunakan untuk memulai sistem pengukuran parameter air limbah, sedangkan mode

manual digunakan untuk menjalankan pompa 1 (*outgoing*) dan pompa 2 (*treatment*) secara manual atau dalam kondisi *emergency*.

juga data dapat dikirim melalui Email dengan format *Excel* untuk kebutuhan laporan pengukuran parameter air limbah secara *online*.

E. Sistem Data Logger Prototype Menggunakan Aplikasi Blynk

Sistem *data logger* pada *prototype* ini menggunakan aplikasi *Blynk*, data pengukuran meliputi 3 parameter air limbah yaitu amonia, *turbidity* dan pH. Pengukuran tersebut menunjukkan grafik secara *realtime* atau dapat disesuaikan dengan kebutuhan pembacaan seperti secara langsung atau *live*, 1 hours, 1 day, 1 week.

[figure 21 about here.]

Hasil *monitoring* parameter air limbah dapat dikirim via email melalui aplikasi *Blynk* pada *smartphone* dengan memilih menu *Reports* untuk proses pengiriman *file* dari aplikasi *Blynk* ke alamat email yang sudah diprogram.

[figure 22 about here.]

Setelah *file* diunggah atau *download* pada email, *file* akan menunjukkan format winRAR, *file* perlu dilakukan *extract* terlebih dahulu, selanjutnya format *file* menunjukkan format *file Excel* sehingga mudah digunakan untuk format pelaporan umum.

[figure 23 about here.]

[figure 24 about here.]

[figure 25 about here.]

Spesifikasi *Prototype Monitoring* dan *Controlling* IPAL dapat dilihat pada tabel 4.12 sebagai berikut :

[Tabel 8 about here.]

Pada percobaan alat *monitoring* IPAL yang ditunjukkan pada gambar 4.47, gambar 4.48 dan gambar 4.49 telah bekerja dengan baik dalam mengukur indikator parameter air limbah secara *realtime*, terdapat 2 mode *controlling* yang dapat digunakan untuk menjalankan pompa *outgoing* atau *treatment* yaitu mode auto atau mode manual. Sistem tersebut juga terdapat fitur penyimpanan data atau *data logger* yang digunakan untuk kebutuhan pengambilan data parameter air limbah meliputi parameter pH, *turbidity*, dan amonia secara *realtime*. Data pengukuran dapat dimonitor secara *online* melalui aplikasi *Blynk* pada *smartphone* dan

IV. KESIMPULAN

Dari keseluruhan hasil penelitian perancangan *prototype monitoring* dan *controlling* IPAL pada saluran *output* berbasis IoT, didapatkan beberapa kesimpulan sebagai berikut:

1. *Prototype* menggunakan 3 sensor yaitu pH, *turbidity*, dan amonia untuk membaca kondisi air limbah, selanjutnya digunakan mikrokontroler dengan algoritma pemrograman untuk proses kalibrasi sensor dan pengoprasian sistem dari *input* ke *output* beban. Pada sistem operasional terdapat mode auto dan manual untuk menjalankan pompa *outgoing* atau pompa *treatment*. Nilai aktual pembacaan sensor (pH, *turbidity*, amonia) sebagai *monitoring* air limbah dan mode (auto/manual) sebagai *controlling* sistem yang digunakan, oleh mikrokontroler dikirim ke *smartphone* dengan aplikasi *Blynk*.
2. Pengujian keseluruhan sistem terdapat 2 mode yaitu :
 - Mode auto : Sistem *controlling* bekerja berdasarkan perintah program dengan batas target parameter air limbah, yaitu pH 6 - 9, *turbidity* < 300 NTU atau 100 PPM, dan amonia < 20 PPM, apabila nilai pengukuran *sampling* air limbah sesuai target, sistem mengaktifkan pompa *outgoing* untuk pembuangan langsung ke lingkungan. Sedangkan apabila tidak sesuai target, sistem mengaktifkan pompa *treatment* untuk mengembalikan air limbah kembali ke IPAL.
 - Mode manual : Sistem *controlling* bekerja dengan pengoprasian operator secara langsung untuk mengaktifkan pompa *outgoing* atau *treatment* pada *smartphone* dengan menggunakan aplikasi *Blynk*. Mode manual memiliki kelebihan yaitu sistem dapat dioperasikan secara cepat ketika kondisi *emergency*/darurat untuk menjalankan pompa *outgoing* atau pompa *treatment*. Kelemahan dari mode manual yaitu operator harus selalu *standby* untuk mengoperasikan pompa secara manual. Sedangkan mode auto memiliki kelebihan yaitu sistem bekerja secara otomatis membaca parameter air limbah sesuai target untuk menjalankan pompa *outgoing* atau pompa *treatment* secara otomatis. Kelemahan dari mode auto yaitu operator harus melakukan kalibrasi sensor secara berkala. Pada mode auto dan manual parameter air limbah dapat dimonitor pada *smartphone* menggunakan aplikasi *Blynk*.
3. Proses kalibrasi masing - masing sensor menggunakan 2 larutan kalibrator sebagai dasar kalibrasi, kemudian hasil pengujian dikonversi ke bilangan desimal untuk mendapatkan nilai aktual. Hasil kalibrasi sensor menunjukkan nilai *error* 0.115 untuk sensor pH meter, nilai *error* 0.075 untuk sensor *turbidity*, dan nilai *error* 0.115 untuk sensor amonia. Proses kalibrasi digunakan untuk mode auto sedangkan mode manual pengujian sistem hanya untuk menjalankan fungsi pompa *outgoing*

atau pompa *treatment* dapat bekerja dengan respon waktu yang cepat.

REFERENSI

1. Sandy Tyas Wahyu Apriyanto, "Rancang Bangun Pemantauan Dan Pengendalian pH Limbah Cair Dengan Metode Fuzzy Secara Wireless," Conference on Innovation and Application of Science and Technology (CIASTECH 2019), Universitas Widyagama Malang, Oktober 2019.
2. Hafidhudin, "Prototipe Sistem Otomatisasi Instalasi Pengolahan Air Limbah (IPAL) Dan Monitoring Secara Realtime Berbasis Mikrokontroler," Program Studi Teknik Elektro, Fakultas Teknik-Universitas Pakuan, 2018.
3. Handoko Rusiana Iskandar, Hermadani, Dede Irawan Saputra, Hajjar Yuliana, "Eksperimental Uji Kekeruhan Air Berbasis Internet of Things Menggunakan Sensor DFRobot SEN0189 dan MQTT Cloud Server," *jurnal.umj.ac.id/index.php/semnastek*, vol. 6 No 3, Oktober 2019.
4. Trisiani Dewi Hendrawati, "Sistem Pemantauan Kualitas Air Sungai di Kawasan Industri Berbasis WSN dan IoT," *JTERA (Jurnal Teknologi Rekayasa)*, vol. 4. No. 2, pp. 283–292, Desember 2019.
5. Muhammad Akbar Nugroho dan Muhammad Rivai, "Sistem Kontrol dan Monitoring Kadar Amonia untuk Budidaya Ikan yang Diimplementasi pada Raspberry Pi 3B," *Jurnal Teknik ITS, Departemen Teknik Elektro, Fakultas Teknologi Elektro, Institut Teknologi Sepuluh Nopember*, vol. 7, No 2, 2018.
6. Wahyu Andrianto, "Sistem Pengontrolan Lampu Menggunakan Arduino Berbasis Android," Program studi Teknik Informatika, Fakultas Teknik Universitas Islam Majapahit, 2018.
7. Goib Wiranto, Tri Rahajoeningroem, Al Fatin Fernanda, "Sistem Monitoring Kualitas Air Menggunakan Sensor Turbidity Metode Nephelometri Berbasis Raspberry PI 3," *Jurnal Telekontran, Program Studi Teknik Elektro, Fakultas Teknik dan Ilmu Komputer, Universitas Komputer Indonesia*, vol. 8, No. 1, Apr. 2020.
8. Prio Handoko, "Sistem Kendali Perangkat Elektronika Monolitik Berbasis Arduino Uno R3," *jurnal.umj.ac.id/index.php/semnastek*, Program Studi Teknik Informatika, Fakultas Teknologi dan Desain, Universitas Pembangunan Jaya, Tangerang Selatan, vol. 6, No. 4, Nov. 2017.
9. Fenny Vinola, Abdul Rakhman, "Sistem Monitoring dan Controlling Suhu Ruangan Berbasis Internet of Things," *Jurnal Teknik Elektro dan Komputer, Program Studi Teknik Telekomunikasi, Jurusan Teknik Elektro, Politeknik Negeri Sriwijaya*, 30139, Indonesia, vol. 09 No. 02, pp. 117–126, Agustus 2020.
10. S.Samsugi, Dyan Kastutara, "Sistem Kendali Jarak Jauh Berbasis Arduino Dan Modul Wifi ESP8266," *Jurnal Rekayasa Teknologi Industri dan Informasi – Sekolah Tinggi Teknologi Nasional Yogyakarta*, vol. 3, No 3, p. 110, 2017.
11. D. Pramudita, "Prototype Sistem Buka Tutup Pintu Air Otomatis Pada Persawahan Berbasis Arduino Uno," *Jurusan Teknik Elektro Universitas Muhammadiyah Surakarta*, vol. 2017.
12. Muammarul Imam, Esa Apriaskar, dan Djuniadi, "Pengendalian Suhu Air Menggunakan Sensor Suhu Ds18b20," *Jurnal J-Ensitemc, Jurusan Teknik Elektro, Fakultas Teknik, Universitas Negeri Semarang*, vol. 06 No. 01, Desember 2019.
13. Siti Sulbiyah Kurniasih, Dedi Triyanto, Yulrio Brianorman, "Rancang Bangun Alat Pengisi Air Otomatis Berbasis Mikrokontroler," *Jurnal Coding, Sistem Komputer Utan, Jurusan Sistem Komputer, Fakultas MIPA Universitas Tanjungpura*, vol. 04, No.3, pp. 43–52, 2016.
14. L. Pambudi, K. M. Ismail, and H. Sudjanto, "Rancangan Sistem Otomatis Chlorinator Pada Distribusi Air Bersih Di Bandar Udara International Soekarno-Hatta," *Jurnal Ilmiah Aviasi Langit Biru*, vol. 12, No.3, p. 10, 2019.

*Correspondent e-mail address nilki.iswanto88@gmail.com

Peer reviewed under responsibility of Widyagama University
Malang, Indonesia

© 2023 Universitas Muhammadiyah Sidoarjo, All right reserved,

This is an open access article under the CC BY

[license\(http://creativecommons.org/licenses/by/4.0/\)](http://creativecommons.org/licenses/by/4.0/)

Received: 2022-10-29

Accepted: 2023-03-06

Published: 2023-04-11

DAFTAR TABEL

Tabel 1. Penggunaan Pin Komponen Prototype	49
Tabel 2 Contoh Parameter Data pH.	49
Tabel 3 Tabel Pengujian Sensor pH.	49
Tabel 4 Tabel Pengujian Sensor <i>Turbidity</i>	50
Tabel 5 Tabel Pengujian Sensor Amonia.	50
Tabel 6 Pengujian Mode Auto	50
Tabel 7 Pengujian Mode Manual	51
Tabel 8 Spesifikasi <i>Prototype Monitoring dan Controlling</i> IPAL.....	51

Tabel 1. Penggunaan Pin Komponen *Prototype*.

Komponen	PIN	Koneksi
NodeMCU	D1	Pin SCL modul ADS dan LCD
	D2	Pin SDA modul ADS dan LCD
	D5	<i>Input Relay 1</i>
	D6	<i>Input Relay 2</i>
	VCC	Tegangan 5 VDC
	GND	<i>Ground 0 V</i>
Modul ADS	A0	Pin Analog sensor Pelampung
	A1	Pin Analog sensor pH
	A2	Pin Analog sensor <i>Turbidity</i>
	A3	Pin Analog sensor Amonia
	VCC	Tegangan 5 VDC
	GND	<i>Ground 0 V</i>
LCD	SCL	Pin D1 NodeMCU
	SDA	Pin D2 NodeMCU
	VCC	Tegangan 5 VDC
	GND	<i>Ground 0 V</i>

Tabel 2. Contoh Parameter Data pH.

No	pH (y)	Nilai ADC (x)
1	4	10910
2	7	8519

Tabel 3. Tabel Pengujian Sensor pH.

Larutan	Nilai ADC	pH	Error
Ph = 4	10910	4.01	0.01
Ph = 7	8519	7.22	0.22
Nilai error rata - rata			0.115

Tabel 4. Tabel Pengujian Sensor *Turbidity*.

Sampling Hasil Lab	Nilai ADC	Nilai NTU	Error
Larutan Teh = 14.3	20761	14.17	0.13
Larutan Kopi = 27.6	20555	27.58	0.02
Nilai error rata - rata			0.075

Tabel 5. Tabel Pengujian Sensor Amonia.

Kondisi	Nilai ADC	Nilai PPM	Error
Didekatkan dalam Air Sample = 2.27	3068	2.50	0.23
Tidak Didekatkan Air Sample = 0 ppm	2548	0	0
Nilai error rata - rata			0.115

Tabel 6. Pengujian Mode Auto

pH (sesuai nilai baku mutu)	<i>Turbidity</i> (sesuai nilai baku mutu)	Amonia (sesuai nilai baku mutu)	Respon Alat (sesuai nilai baku mutu)	Kesuksesan
Tidak	Ya	Ya	Pompa 2	Sukses
Ya	Tidak	Ya	Pompa 2	Sukses
Ya	Ya	Tidak	Pompa 2	Sukses
Tidak	Tidak	Tidak	Pompa 2	Sukses
Ya	Ya	Ya	Pompa 1	Sukses

Tabel 7. Pengujian Mode Manual

Tombol Mode	Tombol <i>Outgoing</i>	Tombol <i>Treatment</i>	Respon Alat
Manual	ON	OFF	Pompa 1 (<i>outgoing</i>) ON
Manual	OFF	ON	Pompa 2 (<i>treatment</i>) ON
Manual	ON	ON	Pompa 1 (<i>outgoing</i>) ON dan Pompa 2 (<i>treatment</i>) ON
Manual	OFF	OFF	Pompa 1 (<i>outgoing</i>) OFF dan Pompa 2 (<i>treatment</i>) OFF

Tabel 8. Spesifikasi *Prototype Monitoring dan Controlling IPAL*

Jenis Alat	Spesifikasi Alat
<i>Power Supply 1.2 A</i>	Tegangan <i>Input 220 VAC, Output 12VDC</i>
Modul <i>Regulator Tegangan</i>	Tegangan <i>Input 12 VDC, Output 5 VDC</i>
Sensor pH	Tegangan 5 VDC, <i>Setting 6 - 9</i>
Sensor <i>Turbidity</i>	Tegangan 5 VDC, <i>Setting 100 PPM</i>
Sensor Amonia	Tegangan 5 VDC, <i>Setting 20 PPM</i>
Modul <i>Relay</i>	Tegangan 5 VDC, <i>2 Channel</i>
Pompa DC	Tegangan 9 - 12VDC
NodeMCU	Tegangan 5 VDC
Modul ADS	<i>4 Channel, 16 bit</i>
Tempat Penampungan <i>Sampling</i>	1 liter

DAFTAR GAMBAR

Figure 1 Gambar Umum Instalasi Pengolahan Air Limbah (IPAL) Domestik di Suatu Perusahaan/Pabrik.....	53
Figure 2 Skematik Sensor pH	53
Figure 3 Skematik Sensor Kekeruhan Air (<i>Turbidity</i>)	53
Figure 4 Skematik Sensor Gas Amonia MQ-135	54
Figure 5 Modul Wifi NodeMCU ESP8266	54
Figure 6 Skematik Pompa DC 12 V.....	55
Figure 7 Blok Diagram	55
Figure 8 <i>Wiring</i> Diagram Sistem <i>Monitoring</i> dan <i>Controlling</i> IPAL Menggunakan IoT.	56
Figure 9 <i>Flowchart</i> Program.....	57
Figure 10 Tampilan <i>Blynk</i> Pada <i>Handphone</i>	58
Figure 11 Pengujian Kalibrasi Sensor pH dengan larutan pH = 4 dan 7.....	58
Figure 12 Hasil Nilai ADC Pada <i>Serial Monitor</i> Untuk Kalibrasi Menggunakan Larutan Ph = 4 dan 7.	58
Figure 13 <i>Serial Monitor</i> Hasil <i>Listing</i> Program Kalibrasi Untuk Pengujian Sensor pH Pada Larutan pH = 4	59
Figure 14 <i>Serial Monitor</i> Hasil <i>Listing</i> Program Kalibrasi Untuk Pengujian Sensor pH Pada Larutan pH = 7.	59
Figure 15 Pengujian Sensor <i>Turbidity</i> Dengan <i>Sampling</i> Air Teh.	59
Figure 16 Pengujian Sensor <i>Turbidity</i> Dengan <i>Sampling</i> Air Kopi.....	59
Figure 17 Pengujian Sensor <i>Turbidity</i> Sebagai <i>Input</i> Setelah Didekatkan ke Penampungan Air.	60
Figure 18 Pengujian Sensor Amonia Sebagai <i>Input</i> Sebelum Didekatkan ke Penampungan Air.	60
Figure 19 Hasil Aplikasi <i>Blynk</i> Mode Auto.....	60
Figure 20 Hasil Aplikasi <i>Blynk</i> Mode Manual.....	61
Figure 21 Hasil Pembacaan Parameter Air Limbah Secara Langsung Dengan Model Grafik.....	61
Figure 22 Data <i>Monitoring</i> Parameter Air Limbah Dapat Diterima Email.....	62
Figure 23 Format Data <i>Monitoring</i> Air Limbah Setelah Didownload.....	62
Figure 24 Hasil Akhir Perancangan Alat <i>Monitoring</i> IPAL Pada Saluran <i>Output</i> Berbasis IoT.	62
Figure 25 Hasil Akhir <i>Prototype Monitoring</i> IPAL Dari Sisi <i>Sampling</i>	63

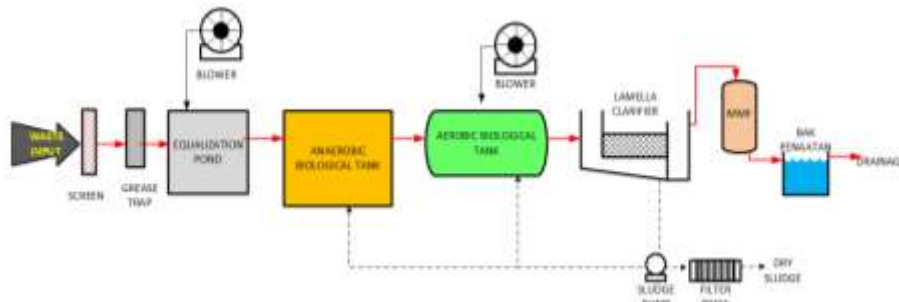


Figure 1. Gambar Umum Instalasi Pengolahan Air Limbah (IPAL) Domestik di Suatu Perusahaan/Pabrik.

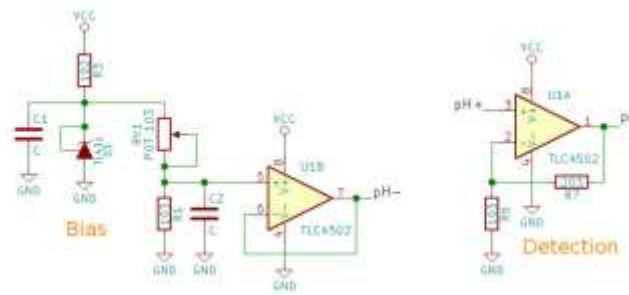


Figure 2. Skematik Sensor pH

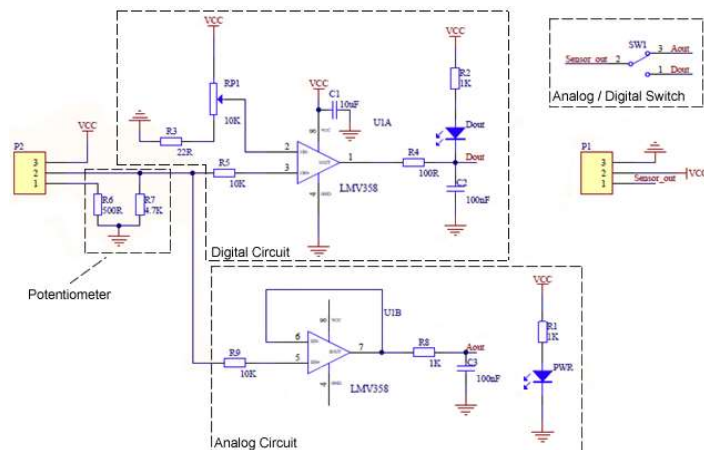


Figure 3. Skematik Sensor Kekeruhan Air (Turbidity)

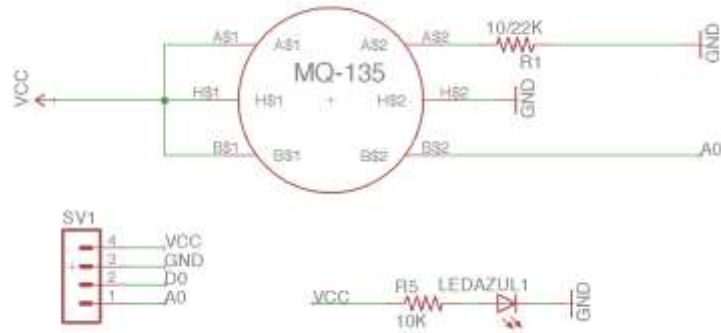


Figure 4. Skematik Sensor Gas Amonia MQ-135

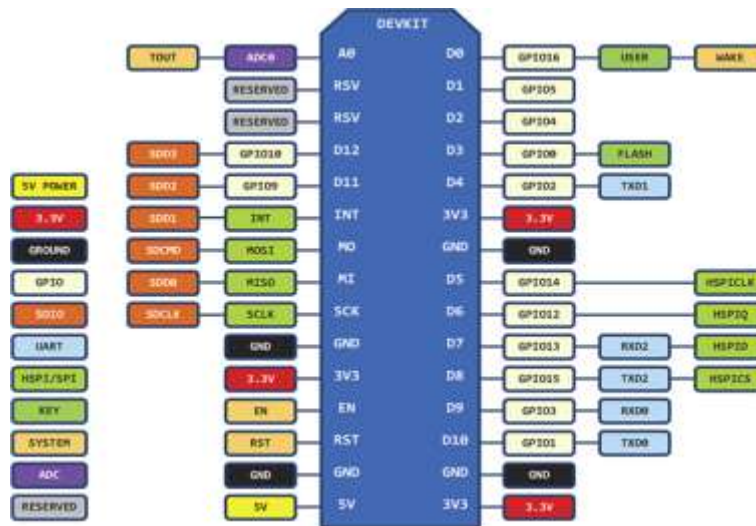


Figure 5. Modul Wifi NodeMCU ESP8266

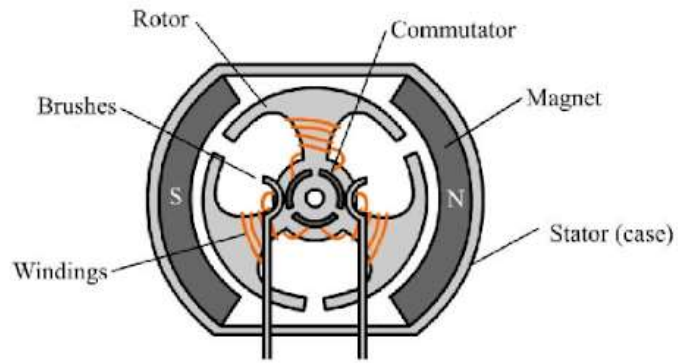


Figure 6. Skematik Pompa DC 12 V

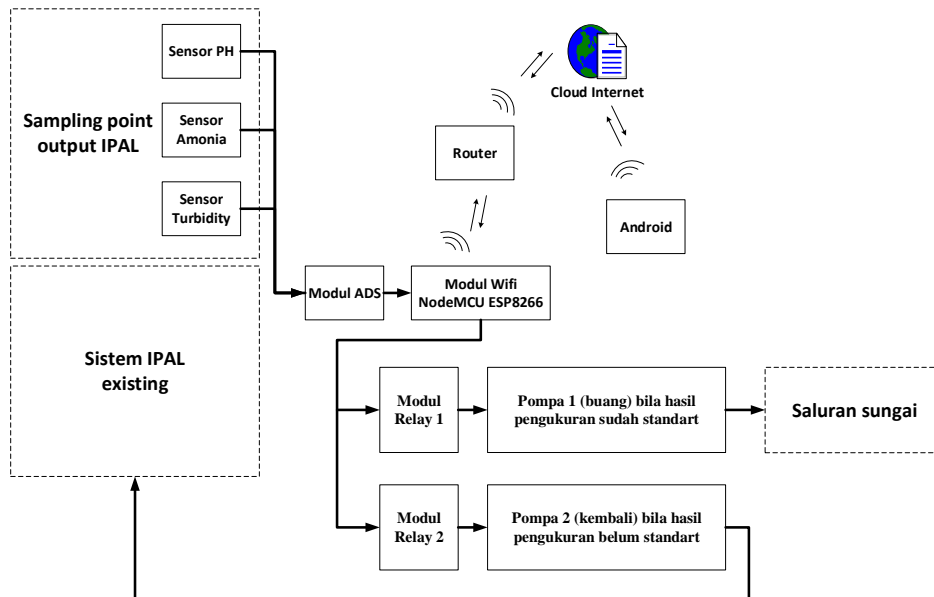


Figure 7. Blok Diagram.

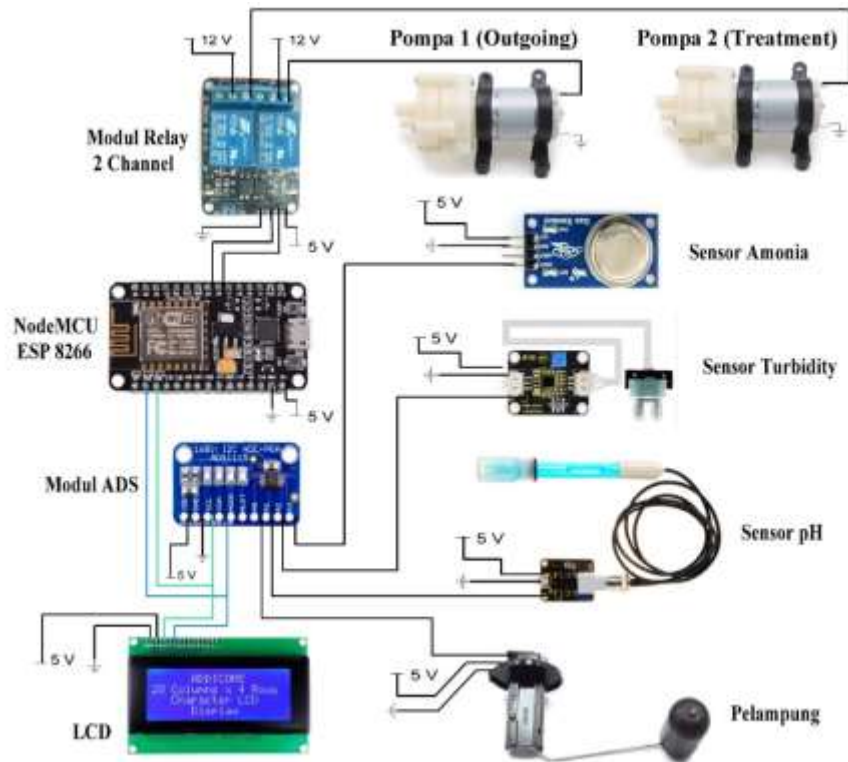


Figure 8. Wiring Diagram Sistem Monitoring dan Controlling IPAL Menggunakan IoT.

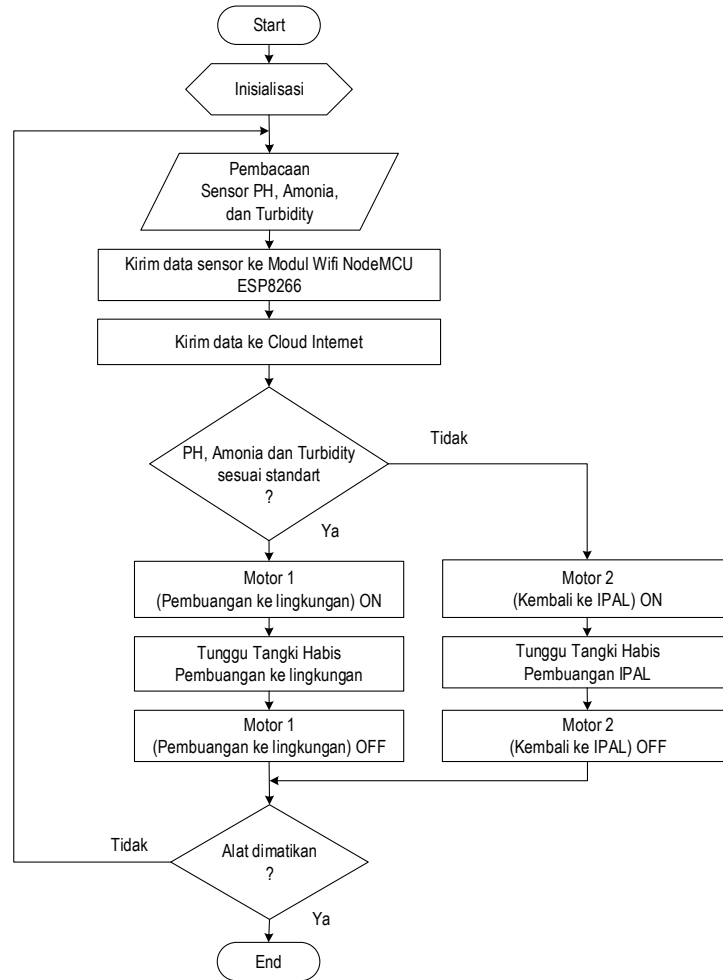


Figure 9. Flowchart Program.



Figure 10. Tampilan Blynk Pada Handphone.



Figure 11. Pengujian Kalibrasi Sensor pH dengan larutan pH = 4 dan 7.

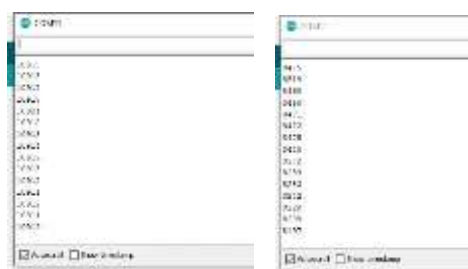


Figure 12. Hasil Nilai ADC Pada Serial Monitor Untuk Kalibrasi Menggunakan Larutan Ph = 4 dan 7.

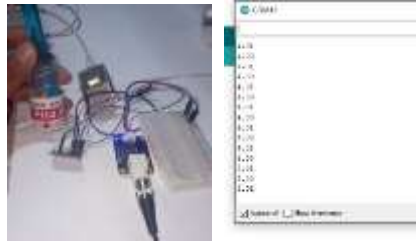


Figure 13. *Serial Monitor* Hasil *Listing* Program Kalibrasi Untuk Pengujian Sensor pH Pada Larutan pH = 4.

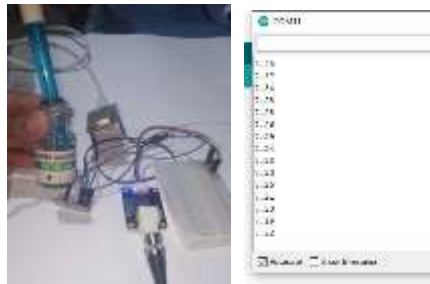


Figure 14. *Serial Monitor* Hasil *Listing* Program Kalibrasi Untuk Pengujian Sensor pH Pada Larutan pH = 7.



Gambar 15. Pengujian Sensor *Turbidity* Dengan *Sampling* Air Teh.



Figure 16. Pengujian Sensor *Turbidity* Dengan *Sampling* Air Kopi.



Figure 17. Pengujian Sensor Amonia Sebagai *Input* Sebelum Didekatkan ke Penampungan Air.



Figure 18. Pengujian Sensor *Turbidity* Sebagai *Input* Setelah Didekatkan ke Penampungan Air.



Figure 19. Hasil Aplikasi *Blynk* Mode Auto.



Figure 20. Hasil Aplikasi *Blynk* Mode Manual.



Figure 21. Hasil Pembacaan Parameter Air Limbah Secara Langsung Dengan Model Grafik.

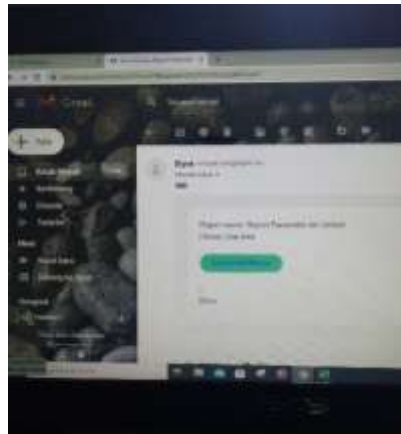


Figure 22. Data *Monitoring* Parameter Air Limbah Dapat Diterima Email.

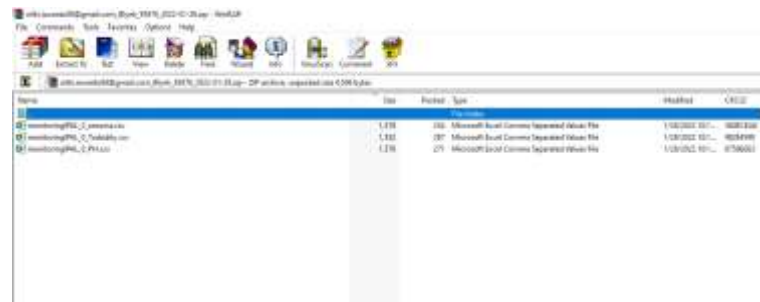


Figure 23. Format Data *Monitoring* Air Limbah Setelah Didownload.

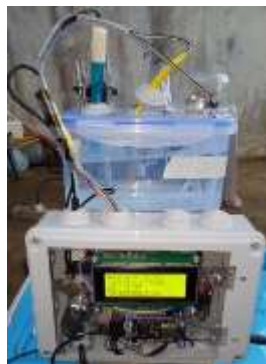


Figure 24. Hasil Akhir Perancangan Alat *Monitoring* IPAL Pada Saluran *Output* Berbasis IoT.



Figure 25. Hasil Akhir *Prototype Monitoring IPAL Dari Sisi Samping*.