

Perancangan dan Pembuatan Purwarupa Internet of Things (IoT) Pemantauan Kualitas Air Aquarium Multi Parameter

Budi Berlinton Sitorus

Teknik Informatika

Institut Bisnis dan Informatika Kwik Kian Gie

Jakarta, Indonesia

budi.sitorus@kwikkiangie.ac.id

Abstract—This Internet of Things (IoT) is leading path to the smart world with ubiquitous computing and networking to ease different tasks around users and provide other tasks, such as easy monitoring of different phenomenon surrounding us. In this research , a tank water quality monitoring is designed and built, enhanced with computing and communication technologies and join the communication framework, meeting a variety of services based on machine-to-machine interactions using wired and wireless communication.

In this research , monitoring systems involves three parameters , temperature, pH dan Total Dissolved Level of the water in the tank. The sensors detect the current condition of the water and send the data to the microcontroller. It processes data and return the result to the LCD matrix as the output and turn on the buzzer whenever the condition of the water in abnormal.

Results of the research is a tank water quality monitoring as combination of Arduino UNO and three sensors as the input of the system.

Keywords— IoT, Water quality monitoring, Arduino

I. PENDAHULUAN

A. Latar Belakang

Seiringan dengan perkembangan waktu, teknologi The Internet of Things (IoT) menjadi semakin terintegrasi dalam kehidupan keseharian manusia, namun demikian belum banyak orang yang menyadari akan hal tersebut dan perkembangannya. Terdapat beberapa fakta terkait perkembangan IoT , antara lain pada tahun 2018 , populasi perangkat-perangkat yang terkoneksi dalam IoT memiliki jumlah yang melebihi perangkat bergerak.

Fakta menarik lain tentang IoT adalah akan terdapat 25 milyar perangkat yang saling terhubung dalam jaringan internet. Disamping itu, di kota besar seperti Jakarta, Surabaya , program kota pintar yang dicanangkan melalui SC 4.0 Framework "Ekosistem Smart City 4.0 menstimulasi kolaborasi yang harmonis antara masyarakat dan pemerintah. Hal ini memungkinkan Jakarta untuk terus berkembang. Program ini sangat mengandalkan jaringan internet yang disediakan oleh vendor telekomunikasi ,

Selain dari fakta yang telah disampaikan diatas, perkembangan IoT juga sudah merambah ke segala bidang, baik bidang perikanan, pertanian , kesehatan, industri, energi , konstruksi, dan bidang-bidang lain yang membutuhkan IoT dalam aktivitasnya.



Gambar 1. Ilustrasi koneksi IoT

Gambar 1 menunjukkan hubungan antara banyak perangkat yang ada di dalam ekosistem IoT. Dengan adanya IoT, semakin banyak perangkat elektronik yang saat ini saling terhubung satu dan lainnya, dan bukan hanya terhubung namun perangkat-perangkat tersebut saling berkomunikasi. Menurut Atzori [1] , teknologi identifikasi dan penelusuran, sensor kabel maupun nirkabel, jaringan-jaringan actuator , protokol-protokol komunikasi yang telah diperbaharui serta dilengkapi dengan internet generasi selanjutnya, dan juga kecerdasan obyek pintar yang terdistribusi merupakan komponen-komponen utama yang paling terlibat dalam IoT ini.

Menurut Gubbi [2], sensor-sensor yang memiliki teknologi jaringan sensor nirkabel atau *Wireless Sensor Network (WSN)* bersinggungan dengan banyak bidang kehidupan modern. IoT menawarkan kemampuan untuk mengukur , menginformasikan dan memahami petunjuk-petunjuk lingkungan, dari sumber-sumber daya ekologi-ekologi yang baik dan alami ke lingkungan-lingkungan kota. Salah satu bidang yang membutuhkan teknologi IoT ini adalah bidang perikanan atau perairan. Air adalah merupakan salah satu unsur utama dari kehidupan. Air digunakan dalam banyak keperluan, mulai dari

air untuk minum, untuk campuran berbagai proses, untuk lingkungan hidup dari makhluk hidup seperti ikan. Terdapat beragam habitat ikan, mulai dari perairan berupa kolam, danau, sungai hingga juga habitat ikan di lingkungan perkotaan dalam skala yang lebih kecil seperti kolam-kolam kecil maupun akuarium.

Kualitas air akan menentukan keberlangsungan ekosistem perairan tersebut. Pemantauan kualitas air menjadi salah satu faktor penting untuk menentukan hal tersebut. Pemantauan kualitas air termasuk di dalamnya polusi yang mungkin terjadi pada air tersebut yang berasal dari pestisida, bahan metal maupun bahan minyak. Selain itu, kualitas air juga dapat ditentukan oleh unsur-unsur lain dalam air tersebut berupa bakteri, kadar oksigen, tingkat pH, dan substansi-substansi lain yang menentukan kualitas air.

Pemantauan kualitas air memiliki banyak manfaat, antara lain untuk mengidentifikasi apakah air memenuhi kebutuhan dari pengguna sesuai dengan kriteria yang dibutuhkan. Identifikasi ini bertujuan untuk memeriksa apakah konsentrasi dari polusi kimia yang ada di air masih dalam ambang batas toleransi yang dapat diterima. Untuk melakukan pemantauan kualitas air tersebut tahapan awal yang dibutuhkan adalah menentukan parameter apa saja yang perlu dipantau. Penentuan parameter ini didasarkan pada faktor-faktor seperti jenis masalah air, biaya pengadaan perangkat pemantauan, keakuratan dan ketepatan dari perangkat pemantauan yang digunakan serta kemampuan dari individu yang melaksanakan pemantauan. Dengan adanya keterbatasan waktu dari penelitian ini maka parameter air akuarium yang akan diteliti dibatasi menjadi pH, temperatur, Total Dissolved Solids (TDS).

B. Identifikasi Masalah

Kualitas air yang berada dalam akuarium akan menentukan ekosistem yang ada di dalam akuarium tersebut termasuk ikan-ikan dan juga tanaman-tanaman air yang ada. Kualitas air tersebut harus secara rutin dipantau, Untuk melakukan pengukuran terhadap kualitas air akuarium dibutuhkan beberapa perangkat untuk mengukur yaitu pengukur pH, temperature dan Total Dissolved Solids (TDS). Pengukuran ini menjadi tidak sederhana karena pemantauan membutuhkan beberapa perangkat, dan akan lebih baik jika proses pemantauan ini dilakukan dengan lebih sederhana yaitu hanya menggunakan satu perangkat.

C. Tujuan Penelitian

Tujuan penelitian adalah sebagai berikut :

- Merancang Purwarupa Internet of Things (IoT) Pemantauan Kualitas Air Aquarium Multi Parameter.
- Membangun Purwarupa Internet of Things (IoT) Pemantauan Kualitas Air Aquarium Multi Parameter.

D. Manfaat Penelitian

Dari identifikasi masalah yang telah dipaparkan diatas, peneliti akan merancang purwarupa IoT pemantauan kualitas air akuarium dengan multi parameter dan membangun perangkat tersebut untuk mempermudah proses pemantauan kualitas air akuarium. Perangkat yang akan dibuat memanfaatkan Arduino UNO sebagai mikrokontrol utama dan juga sensor-sensor sebagai pintu masuk data untuk diproses pada mikrokontrol tersebut.

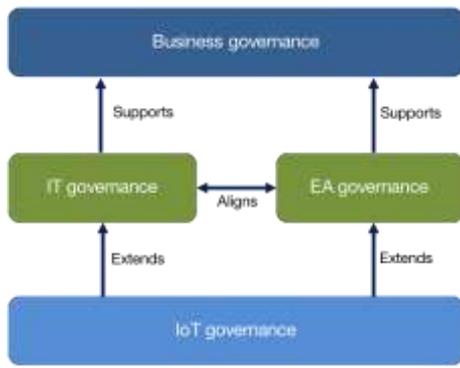
II. KAJIAN PUSTAKA

Internet of Things atau lebih dikenal dengan IoT merupakan jalur menuju dunia pintar dengan koneksi antara berbagai perangkat komputer dan berbagai jaringan untuk menyediakan kemudahan akses dan aktifitas pemantauan untuk kondisi sekeliling. Menurut Chaouchi dan Bourgeau, Dalam IoT, lingkungan dan obyek obyek yang ada di dalamnya di kenal dengan istilah things, obyek atau mesin dilengkapi dengan teknologi komunikasi dan computer yang digabungkan dengan kerangka kerja komunikasi, dipertemukan dengan berbagai layanan berbasis orang ke orang, orang ke mesin dan mesin ke mesin. [5].

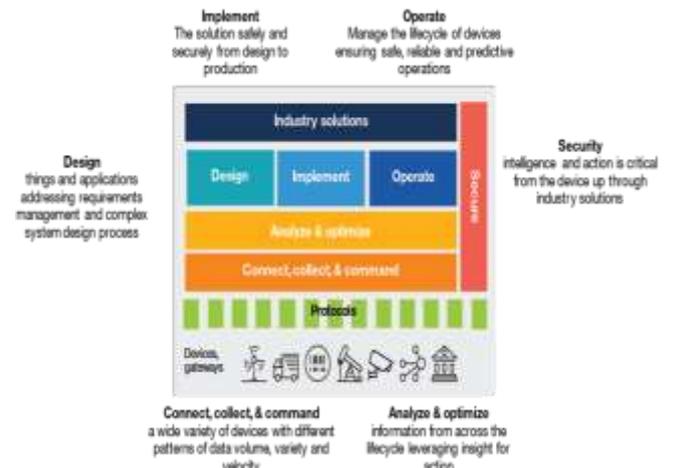
Contoh dari pemanfaatan dari IoT adalah otomasi rumah, dimana semua aktifitas yang ada di dalam rumah dapat dikontrol secara remot seperti biasanya. Untuk menyalakan lampu biasanya orang akan menuju ke saklar lampu tersebut, menyalakan lampu tersebut, namun dengan menggunakan IoT, maka hal tersebut dapat dilakukan melalui smartphone yang terhubung dengan internet. Menurut Gantait, solusi IoT merupakan hal yang kompleks. Integrasi semua perangkat yang terkoneksi dan layanan IT memiliki tantangan utama dalam jaringan, komunikasi, volume data, analisis waktu riil dan keamanan. Solusi IoT melibatkan teknologi-teknologi yang berbeda dan memerlukan siklus pengembangan yang kompleks termasuk pengujian yang signifikan dan pemantauan yang berkesinambungan. Untuk mengatasi hal tersebut organisasi IT harus memperhatikan hal-hal berikut :

- Mengembangkan strategi teknis yang komprehensif untuk mengatasi kompleksitas
- Mendefinisikan arsitektur acuan untuk solusi IoT
- Mengembangkan ketrampilan yang dibutuhkan untuk merancang, mengembangkan dan menyebarkan solusi
- Mendefinisikan kebijakan dan proses-proses pengelolaan IoT

Pengaturan solusi IoT dapat dipandang sebagai pengaturan bisnis aplikasi, pengaturan IT dan arsitektur IoT dapat dilihat pada gambar 2.



Gambar 2. Model pengaturan solusi IoT



Gambar 4. Ekosistem IoT

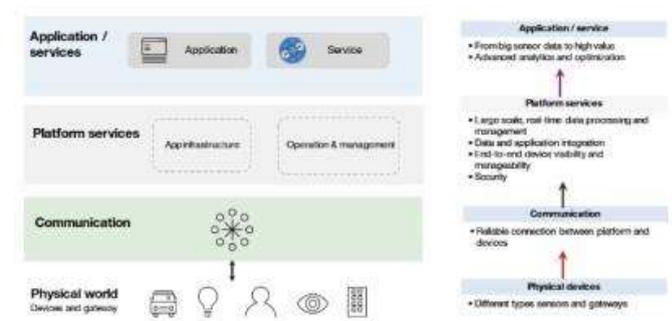
Keterlibatan IoT yang sukses membutuhkan pendefinisian strategi teknis yang melibatkan pengembangan arsitektur referensi, pengambilan keputusan platform teknologi, dan pengembangan proses-proses yang dibutuhkan untuk merancang, mengembangkan dan mengoperasikan solusi IoT. Jika tidak ada strategi teknis IoT yang didefinisikan maka tim yang ada harus mendefinisikan pendekatan masing-masing yang dapat menyebabkan biaya yang lebih besar atau bahkan peluang kegagalan yang juga besar. Gambar 3 menunjukkan strategi teknis yang melibatkan aktivitas-aktivitas dan juga peran, tanggung jawab serta mekanisme penyampaian yang jelas

Gambar 4 menunjukkan sebuah ekosistem IoT. Ekosistem ini memerlukan koneksi ke semua tipe berbagai perangkat-perangkat yang ada dan mengumpulkan serta menyimpan data dengan aman. Solusi IoT yang lengkap termasuk semua komponen-komponen dari ekosistem termasuk perangkat-perangkat, jaringan, piranti lunak, layanan-layanan dan keamanan dari solusi secara keseluruhan. Referensi arsitektur IoT harus mempertimbangkan semua aspek dari ekosistem IoT seperti terlihat pada gambar 3. Data dibangkitkan dari perangkat-perangkat, dan sinyal-sinyal internal digunakan oleh para pengguna atau operasi-operasi otomatis. Data waktu riil dan analisis waktu nyata tersebut memampukan aksiaksi berbasis waktu. Jenis dari industri dan kondisi alamiah data akan mengendalikan keluaran dan pemilihan dari arsitektur referensi. Bagaimanapun juga, pengumpulan dan penyimpanan data dari perangkat-perangkat hanya merupakan langkah awal. Nilai dari solusi-solusi IoT dapat ditingkatkan dengan menambahkan lebih lagi analisis dan kemampuan-kemampuan optimasi. Referensi arsitektur ini harus dapat mengatasi kemampuan-kemampuan yang lebih lanjut. Semua lapisan dari solusi IoT harus dilindungi dari celah-celah dan serangan-serangan yang potensial. Referensi arsitektur ini dapat membantu memastikan bahwa keamanan bukan merupakan fitur tambahan yang baru dipikirkan kemudian.



Gambar 3. Fase-fase, peran, dan penyampaian strategi teknis IoT

Untuk memastikan konsistensi terhadap semua proyek IoT yang terkait, solusi IoT harus mengadopsi kerangka kerja yang dapat diulang, dan mengembangkan referensi arsitektur yang akan dapat digunakan sebagai panduan dalam implementasi IoT secara individu. Setiap proyek tidak mendefinisikan cara masing-masing namun mengacu pada referensi arsitektur tersebut. Sebuah referensi arsitektur IoT menyediakan sekumpulan pola-pola arsitektur, standar-standar dan panduan praktis untuk digunakan dalam pengembangan solusi IoT. Penggunaan arsitektur yang telah disetujui akan mengurangi resiko dan biaya, dengan cara mengurangi jumlah dan rancangan aktivitas-aktivitas dalam proyek.



Gambar 5 Referensi arsitektur IoT sederhana

Gambar 5 menunjukkan sebuah referensi arsitektur IoT sederhana yang dapat menjadi solusi bagi sebuah organisasi. Terdapat empat lapisan layanan yaitu lapisan aplikasi, lapisan platform, lapisan komunikasi dan lapisan perangkat fisik.

solutions. Use of the approved architectural artifacts from the IoT reference architecture will reduce project risk and lower

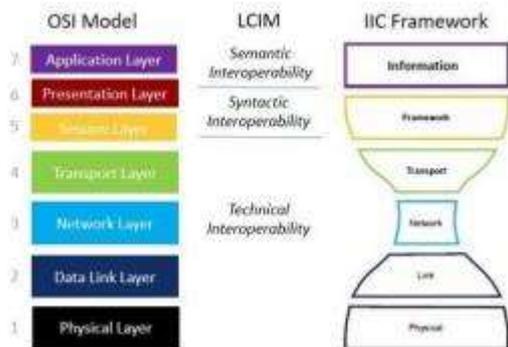
Category	2016	2017	2018	2020
Consumer	3,963.0	5,244.3	7,036.3	12,663.0
Business: Cross-Industry	1,102.1	1,501.0	2,132.6	4,381.4
Business: Vertical-Specific	1,316.6	1,635.4	2,027.7	3,171.0
Grand Total	6,381.8	8,380.6	11,196.6	20,415.4

Source: Gartner (January 2017)

Gambar 6. Jumlah signifikan dari penggunaan IoT

Faktor yang terpenting adalah interoperabilitas atau kemampuan sebuah computer sistem atau piranti lunak sistem untuk menukar atau menggunakan informasi dari semua perangkat yang terlaibat. Sebelumnya, interoperabilitas telah didefinisikan dalam konteks komunikasi-komunikasi jaringan, namun jutaan perangkat yang saling terhubung itu bervariasi mulai dari rumah pintar dan otomasi gedung untuk penghematan energi hingga bidang retail, kesehatan dan transportasi, sehingga definisi yang lebih luar saat ini dibutuhkan yang mempertimbangkan pengaruh silang domain dari interoperabilitas tersebut.

Lapisan 1 hingga 4 dari model OSI menyediakan teknologi infrastruktur , interoperabilitas baik secara sintaktis maupun secara semantic yang bergantung pada format spesifik industry and protocol yang dioptimasi berdasarkan jenis dari sistem dan data yang tersedia. Kenyataan ini bahkan lebih rumit dengan adanya jutaan investasi terhadap jaringan infrastruktur yang sudah ada untuk mendukung komunikasi mesin-ke-mesin atau dikenal dengan M2M. Untuk memfasilitasi hal tersebut, the Industrial Internet Consortium (IIC), mempublikasikan the "Industrial Internet Connectivity Framework," or IICF . IICF ini mendefinisikan ulang model OSI dengan melakukan kombinasi lapisan Presentasi dan Sesi untuk memastikan bagaimana data dikirim dari satu node ke node lainnya seperti ditunjukkan pada gambar 7.



Gambar 7. Kerangka Kerja IIC

Menurut John, tantangan kunci untuk interoperabilitas semantik adalah kemampuan untuk memampukan interoperabilitas terhadap industry yang berbeda, dimana masing-masing memiliki lingkungan sendiri dan usecase interoperabilitas sendiri. Gambar 8 menunjukkan usecase industry yang diuntungkan dari interoperabilitas semantik.



Gambar 8. Usecase industry

Pada tahun 1991 Mark Weiser, then of Xerox PARC, melihat adanya tren ekstrapolasi dari teknologi dan lebih dikenal dengan istilah "ubiquitous computing," dunia dimana semua jenis obyek dapat saling mendeteksi, berkomunikasi , menganalisis dan beraksi maupun bereaksi terhadap manusia. Gambar 10 menunjukkan lingkaran nilai informasi



Gambar 9 The Information Value Loop

Fase dalam lingkaran tersebut dimulai dari CREATE, COMMUNICATE, AGGREGATE, ANALYZE, dan ACT. CREATE artinya penggunaan sensor untuk membangkitkan informasi tentang status atau kejadian fisik. Fase kedua adalah komunikasi yang berarti perpindahan informasi dari satu tempat ke tempat lainnya. Fase ketiga adalah agregasi. Agregasi artinya mengumpulkan semua informasi yang telah dibuat pada waktu yang berbeda atau dari sumber yang berbeda. Fase keempat adalah analisis. Fase ini melibatkan penilaian terhadap pola-pola atau hubungan-hubungan antar fenomena yang mengarah ke deskripsi, prediksi dan preskripsi untuk melakukan Tindakan. Fase terakhir adalah Tindakan, yang berarti melakukan inisiasi, perawatan atau perubahan status atau kejadian fisik.

Technology	Definition	Examples
Sensors	A device that generates an electronic signal from a physical condition or event.	The cost of an accelerometer has fallen to 40 cents from \$2 in 2006. ¹ Similar trends have made other types of sensors small, inexpensive, and robust enough to create information from everything from fetal heartbeats via conductive fabric in the mother's clothing to jet engines roaring at 35,000 feet. ²
Networks	A mechanism for communicating an electronic signal.	Wireless networking technologies can deliver bandwidths of 300 megabits per second (Mbps) to 1 gigabit per second (Gbps) with near-ubiquitous coverage. ³
Standards	Commonly accepted prohibitions or prescriptions for action.	Technical standards enable processing of data and allow for interoperability of aggregated data sets. In the near future, we could see mandates from industry consortia and/or standards bodies related to technical and regulatory IoT standards.
Augmented intelligence	Analytical tools that improve the ability to describe, predict, and exploit relationships among phenomena.	Petabyte-sized (10 ¹⁵ byte, or 1,000 terabyte) databases can now be searched and analyzed, even when populated with unstructured (for example, text or video) data sets. ⁴ Software that learns might substitute for human analysis and judgment in a few situations.
Augmented behavior	Technologies and techniques that improve compliance with prescribed action.	Machine-to-machine interfaces are removing relatively fallible human intervention into otherwise optimized processes. Insights into human cognitive biases are making prescriptions for action based on augmented intelligence more effective and reliable. ⁵

Gambar 10 Teknologi yang mendukung Internet of Things

Setiap tahapan dari lingkaran dihubungkan ke tahapan-tahapan lain yang dihubungkan ke tahapan lain yang lebih spesifik, seperti ditunjukkan pada gambar 10. Signifikansi strategis dari IoT lahir dari adanya kemampuan untuk memecah Batasan-batasan dan untuk membuat informasi tanpa adanya obserasi manusia yang dimana semuanya lebih tidak terlihat sebelumnya, saat ini menjadi lebih jelas. Pembuatan informasi datang dari aksi sensor-sensor, istilah umum yang dimaksudkan untuk menangkap konsep dari sistem pendeteksi dengan sensor-sensor, mikrokontroler, modem, sumber daya, dan perangkat-perangkat lainnya yang terlibat. Sebuah sensor melakukan konversi sinyal non listrik menjadi sinyal listrik yang dapat dikirim ke rangkaian elektronik. The Institute of Electrical and Electronics Engineers (IEEE) menyediakan definisi formal untuk sensor yaitu sebuah perangkat elektronik yang memproduksi data elektrik, optik dan digital yang diturunkan dari kejadian atau kondisi fisik. Data yang diproduksidari sensornya ini kemudian dipindahkan ke perangkat lain menjadi informasi keluaran yang bermanfaat untuk pengambilan keputusan oleh perangkat atau orang yang pintar.

Menurut Fraden, pilihan terkait sensor didasarkan pada adanya keperluan untuk pengukuran sinyal tertentu. Ada beberapa faktor umum yang menentukan kesesuaian sensor dengan aplikasi yang akan bekerja dengan sensor sebagai berikut :

- Akurasi: suatu ukuran bagaimana sebuah sensor melaporkan sinyal. Misalnya saat air mencapai 52%, sebuah sensor yang melaporkan sinyal dengan nilai 52,1 akan lebih akurat dibandingkan dengan sensor yang memberi nilai 51,5.
- Pengulangan: Sebuah sensor akan secara konsisten melaporkan respon yang sama saat berhubungan dengan obyek yang sama.
- Jangkauan: pita dari sinyal masukan yang dapat ditunjukkan oleh sebuah sensor dengan akurat. Sinyal masukan yang melebihi batas dapat mengakibatkan laporan yang tidak akurat.
- Gangguan: Fluktuasi dari sinyal keluaran dapat menyebabkan kesalahan informasi.

III. METODOLOGI

Berdasarkan latar belakang teori, kerangka kerja konseptual yang digunakan pada penelitian ini ditunjukkan pada gambar 6.



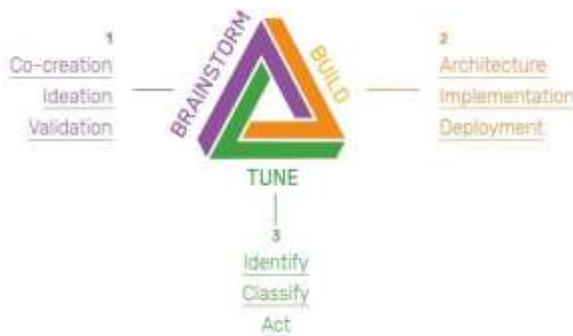
Gambar 6. Kerangka Kerja Konseptual

Fase awal adalah persiapan. Tahap ini termasuk mendefinisikan tujuan bisnis, kriteria keberhasilan dan juga melibatkan arsitek IoT. Langkah utama pada fase ini adalah untuk mendefinisikan tujuan dari penelitian yaitu untuk merancang dan membangun pemantau kualitas air akuarium menggunakan mikrokontroler Arduino. Tahap selanjutnya adalah mendefinisikan kriteria keberhasilan dari penelitian. Riset ini merupakan bagian dari proyek IoT sehingga dalam prosesnya akan mengandalkan arsitektur IoT.

Fase kedua adalah pendefinisian. Fase ini melibatkan penyampaian pendekatan yang digunakan dan juga solusi keamanan kemudian mengembangkan dan mengevaluasi purwarupa yang dibuat, juga dimungkinkan perbaikan arsitektur jika terdapat kekurangan. Pendekatan penyampaian pada perangkat ini merupakan aspek yang penting. Hal ini membutuhkan kolaborasi antar semua komponen yang terlibat. Untuk melengkapi sistem, perangkat ini juga memiliki kemampuan untuk memberikan informasi yang komprehensif terkait dengan keadaan kualitas air yang sedang dipantau dan juga adanya potensi solusi yang dapat diambil.

Fase pengembangan membutuhkan produksi skala besar untuk pembuatan perangkat, lalu dilanjutkan ke fase penyebaran dan dilengkapi dengan fase pengoperasian. Dalam penelitian ini, karena alasan keterbatasan waktu yang ada, tiga fase selanjutnya yaitu pengembangan, penyebaran dan pengoperasian akan ditunda, sehingga hanya dua dari lima fase yang ada dalam kerangka kerja pada gambar 6 diatas.

Penelitian ini menggunakan pendekatan Internet of Things Methodology (IOTM) sebagai metodologinya. Diagram IOTM ditunjukkan pada gambar 7.



Gambar 7. IoTM

Metodologi ini terdiri dari tiga fase 1) *Brainstorm*, 2) *Build* dan 3) *Tune*. Fase *Brainstorm* termasuk *co-creation*, *ideation* dan *validation*. Dalam proses *co-creation* ada identifikasi dari masalah-masalah nyata dan menemukan cara kerja yang baru, Hal ini juga menjadi titik mulai bagaimana sebuah cara untuk dipahami. Selanjutnya adalah proses *ideate*. Dalam pendekatan yang cepat dan sistematis, maket fisik maupun digital diciptakan untuk menunjukkan potensi-potensi dari ide-ide yang ada. Dengan menggunakan sebuah daftar singkat tujuan-tujuan yang dibutuhkan, ide-ide tersebut dilihat dari berbagai sudut pandang, dan disusun kembali menjadi bentuk yang lebih jelas dan realistis. proses terakhir pada *Brainstorm* adalah validasi, Proses ini menyediakan alat bantu untuk mengevaluasi opsi-opsi yang ada, untuk menghindari rute-rute beresiko dan juga untuk memperkuat keyakinan dan arah perjalanan tim.

Fase kedua dari kerangka kerja adalah *Build*. Fase ini terdiri dari tiga proses yaitu 1) *building architecture*, 2) *implementation* dan 3) *deployment*. Penelitian ini menggunakan dua dari tiga proses yang ada sejalan dengan kerangka kerja konseptual yang sudah dibahas sebelumnya. Gagasan ini muncul dengan pengamatan oleh peneliti dari fakta bahwa akuarium merupakan salah satu bagian dari rumah. Ada rumah yang memiliki akuarium, yang biasanya pemilik akuarium tersebut akan memiliki rutinitas penggantian air. Proses penggantian air dapat dilakukan oleh biasanya sekali atau dua kali dalam seminggu. Tahapan selanjutnya dalam fase pertama siklus ini adalah *ideation*. Kebiasaan yang umum terjadi selama ini adalah pemilik akuarium akan mengganti Sebagian atau menambah air, namun jarang sekali dilakukan pengecekan kondisi air yaitu pH, temperatur dan kadar TDs, padahal keberlangsung habitat dari akuarium itu ditentukan dari kualitas air akuarium tersebut..

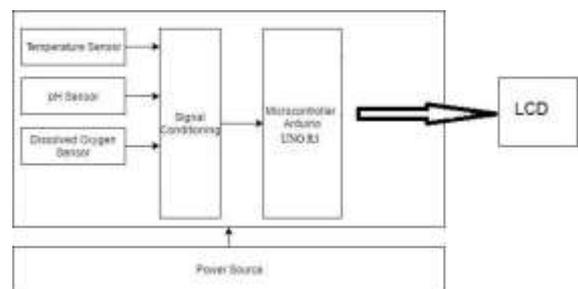
Untuk menentukan kualitas air yang lebih akurat maka perlu adanya parameter yang dapat diukur dengan jelas. Parameter yang cukup penting untuk menentukan kualitas air adalah pH, temperatur dan nilai TDSnya.

Berdasarkan kajian literatur, perlu dilakukan pendekatan pemantauan kualitas air dalam rangka memastikan kualitas air yang tepat untuk keberlanjutan ekosistem yang ada di akuarium tersebut. Berdasarkan pemaparan diatas maka gagasan yang diperoleh peneliti adalah bagaimana memanfaatkan teknologi IoT sebagai sistem yang dapat mendeteksi kualitas air yang ada di akuarium secara waktu riil. Sistem akan menampilkan nilai dari parameter kualitas air berdasarkan data yang dikirim oleh sensor ke mikrokontroler berdasarkan nilai yang saat itu dideteksi oleh sensor-sensor tersebut, dan juga memberikan peringatan kepada pemilik akuarium agar dapat mengambil tindakan yang tepat untuk memperbaiki kualitas air akuarium. Fase kedua adalah membangun, yang meliputi aktivitas pembangunan arsitektur, implementasi dan penyebaran. Pembangunan arsitektur ini melibatkan perangkat mikrokontroler yang menjadi kendali dari seluruh sistem pemantauan kualitas air ini. Kemudian fase ini dilanjutkan dengan implementasi. Implementasi yang dimaksud dalam penelitian ini adalah pembangunan purwarupa dari sistem pemantauan kualitas air dengan multi parameter.

IV. HASIL PENELITIAN

A. Desain Arsitektur

Gambar 8 dibawah adalah merupakan desain arsitektur dari purwarupa pemantauan kualitas air akuarium. Merujuk pada metodologi IoT (IOTM), hal ini merupakan bagian dari fase kedua yaitu, *Building*. Fase ini terdiri dari tiga bagian yaitu arsitektur, implementasi dan penyebaran. Arsitektur adalah merupakan kelanjutan dari Langkah sebelumnya, *ideation*.



Gambar 8. Diagram Blok

Gambar 8 menunjukkan diagram blok dari desain perangkat pemantauan kualitas air akuarium multi parameter. Perangkat dibangun dengan menggunakan mikrokontrol Arduino UNO yang berfungsi sebagai pusat pemrosesan dari seluruh data yang diperoleh melalui sensor-sensor yang ada, sekaligus memberikan keluaran berupa tampilan dari kondisi parameter

air akuarium yang diukur. Parameter yang diukur adalah temperature, pH dan Dissolved oxygen. Data yang diterima oleh ketiga sensor tersebut akan dikelompokkan sebagai sinyal kondisi air akuarium. Data dari ketiga sensor tersebut akan dikirim ke pusat pemrosesan Arduino UNO untuk kemudian hasilnya akan ditampilkan pada layar LCD.

Selanjutnya akan dibahas masing-masing sensor yang digunakan pada purwarupa ini, dimulai dari sensor temperatur. Sensor temperatur yang digunakan adalah menggunakan sensor temperatur DS1820. Sensor ini terbuat dari bahan baja stainless yang memiliki baja dengan kualitas terbaik dan tahan kelembaban, juga tahan karat. Ujung sensor berukuran 6 x 50mm, dan terdapat kabel dengan Panjang 100cm. Sensor ini beroperasi pada sumber daya dengan tegangan antara 3V hingga 5,5V. Memiliki antara 9 hingga 12 posisi rotasi serta dapat mendeteksi suhu antara -55°C hingga +125°C.

Sensor temperatur ini memiliki 3 koneksi seperti terlihat pada gambar 9 yaitu tegangan (kabel merah), data (kabel kuning) dan ground (kabel hitam).



Gambar 9. Data pada sensor temperatur

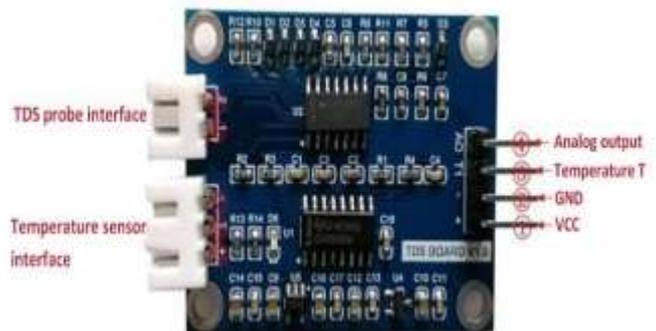
Sensor selanjutnya adalah sensor pH. Gambar 10 merupakan gambar dari sensor pH yang digunakan. Sensor ini terdiri dari dua bagian yaitu perangkat pengukur pH dan juga sebuah modul antarmuka BNC. Tegangan yang dibutuhkan adalah 5V dengan toleransi lebih kurang 0,2V. Arus yang dibutuhkan untuk mengoperasikan alat ini adalah berkisar antara 5 hingga 10mA. Sensor ini dapat mendeteksi pH antara 0 hingga 14, dengan waktu respon kurang dari atau maksimal 5 detik. Untuk dapat beroperasi, sensor butuh waktu sekitar 60 detik. Sensor ini dapat beroperasi pada temperatur antara -10°C hingga +50°C, temperatur normal adalah 20°C. Modul BNC berukuran 42mm x 32mm x 20mm. Keluaran dari sensor ini adalah berupa sinyal tegangan analog.



Gambar 10. Sensor pH

Sensor ketiga yang digunakan adalah sensor Dissolved Oxygen. Total Dissolved Solids (TDS) akan mengukur berapa milligram dalam 1 liter air. Semakin tinggi nilai dari TDS, maka semakin muatan airnya. Semakin banyak material dissolved, semakin sedikit jumlah air bersihnya. Perangkat yang umum digunakan untuk mengukur kadar Ds ini adalah pen TDS. Sekalipun harganya murah namun pen ini tidak dapat digunakan untuk penggunaan jangka panjang.

Sensor ini diatur oleh sebuah modul seperti dapat dilihat pada gambar 11. Modul ini beroperasi pada tegangan antara 3.3V hingga 5.5V. Sinyal keluaran dari modul ini adalah berupa sinyal analog antara 0 hingga 5.5V. Ujung dari sensor ini dapat digunakan untuk penggunaan jangka panjang, bahkan untuk kondisi dicelupkan ke dalam air.



Gambar 11. Modul sensor TDS

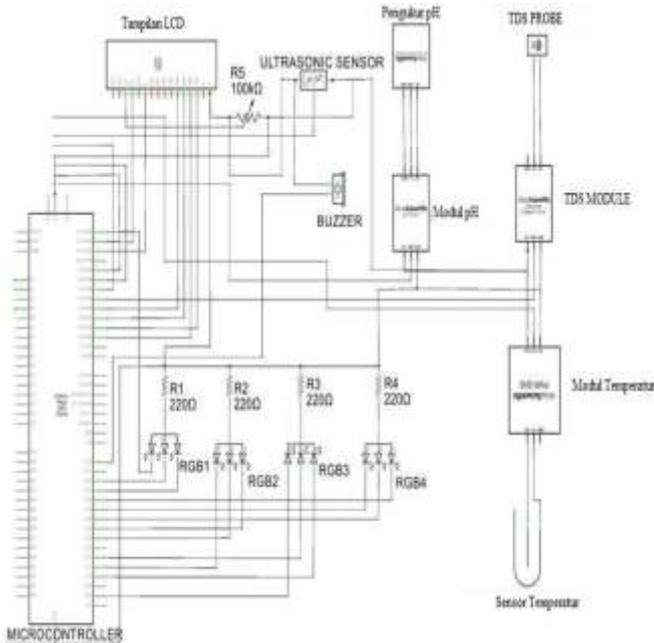
Sensor TDS ini dapat dilihat pada gambar 12. Sensor ini akan terhubung dengan modul sensor yang ada pada gambar 11, bagian kiri atas.



Gambar 12. Sensor TDs

Sensor ini beroperasi pada tegangan antara 3,3 hingga 5V. Arus yang digunakan untuk perangkat adalah antara 3mA hingga 6mA. Jangkauan pengukuran hingga 1000ppm. Keakuratan pengukuran dengan toleransi lebih kurang 5% pada suhu operasi 25°C. Sensor ini menggunakan 2 koneksi. Ketiga sensor tersebut merupakan perangkat input dari sistem pemantauan kualitas air akuarium.

Data yang diterima oleh ketiga sensor tersebut akan dikirimkan ke mikrokontroler Arduino UNO untuk diproses. Gambar 13 dibawah menunjukkan arsitektur perangkat pemantauan kualitas air akuarium. Mikrokontrol akan memproses data yang diterima dari sensor-sensor yang ada dan selanjutnya memproses data tersebut dan kemudian menampilkan data pada LCD matrix yang ada. Jika kondisi kualitas air masuk dalam kategori yang mengkhawatirkan maka Arduino akan mengirimkan sinyal ke buzzer sehingga buzzer akan berbunyi sebagai peringatan



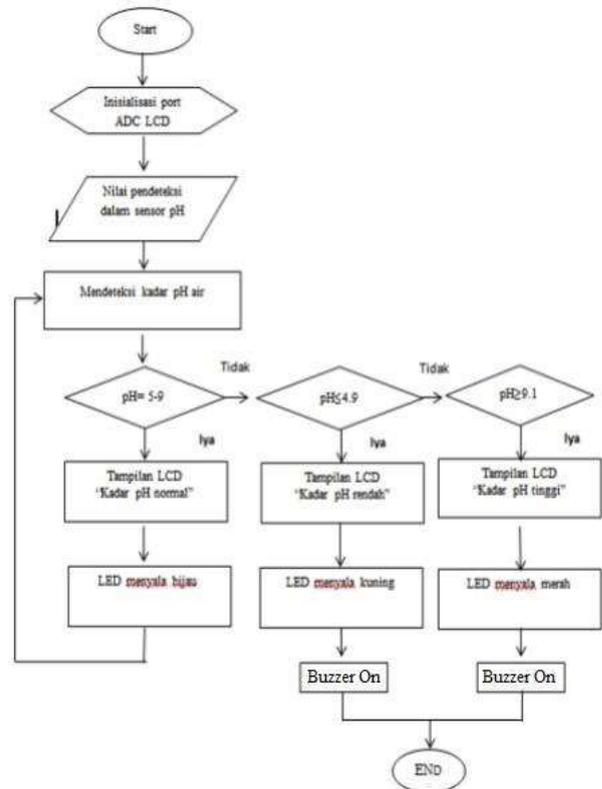
Gambar 13 Desain Arsitektur Keseluruhan

B.

Pr
Da *Implementasi*
Be

proses selanjutnya dalam fase kedua adalah implementation. Dalam proses ini, dilakukan pembuatan purwarupa sistem ini berdasarkan desain arsitektur keseluruhan pada gambar 13, maka dilakukan pembuatan purwarupa dari arsitektur tersebut. Mikrokontroler yang digunakan dalam penelitian ini adalah mikrokontroler Arduino UNO R3.

Flowchart pendeteksian kadar pH ditunjukkan pada gambar 14.



Gambar 14. Diagram alur pendeteksian pH

Dari gambar 14 diatas dapat dijelaskan proses kerja dari alat di tahap awal saat alat bekerja akan dilakukan inisialisasi. Sensor pH akan mengirimkan data ke mikrokontroler, kemudian mikrokontroler akan mengirim instruksi ke LCD matrix untuk menampilkan nilai yang dikirim oleh sensor. Proses ini dilakukan untuk mengukur kandungan pH. Jika kadar pH terdeteksi adalah diantara 5 hingga 9 maka mikrokontroler akan mengirimkan sinyal ke LCD untuk menampilkan "kadar pH normal". Selanjutnya jika sensor mendeteksi kadar pH adalah kurang dari ≤ 4.9 maka mikrokontroler akan mengirimkan sinyal ke LCD untuk menampilkan "kadar pH rendah" dan buzzer akan menyala.

Rancangan koding perlu dikirim ke Arduino UNO dibagi menjadi beberapa bagian. Untuk pendeteksi PH maka psedocodenya adalah sebagai berikut:

```

void PH(){
  Serial.println(" ");
  lcd.clear( );
  digitalWrite(blueled, LOW);
  digitalWrite(greenled, LOW);
  digitalWrite(redled, LOW);
  digitalWrite(buzzer, LOW);
  lcd.setCursor(0,0);
  lcd.print("MENDETEKSI");
  lcd.setCursor(1,1);
  lcd.print("DARI SENSOR PH");
  Serial.println("Pembacaan Sensor PH");
  PHblink();
  int buf[10];          //buffer for read analog
  for(int i=0;i<10;i++)
  {
    buf[i]=analogRead(SensorPin);
    delay(10);
  }
  for(int i=0;i<9;i++)  //sort the analog from small to large
  {  for(int j=i+1;j<10;j++)
    {  if(buf[i]>buf[j])
      {  int temp=buf[i];
        buf[i]=buf[j];
        buf[j]=temp;
      }  } }
  avgValue=0;
  for(int i=2;i<8;i++)
    avgValue+=buf[i];
  float pHValue=(float)avgValue*3.8/1030/6;
  pHValue=3.3*pHValue+Offset;
  Serial.print("pH:");
  Serial.print(pHValue,2);
  Serial.println(" ");

  if(pHValue >= 7.30){
    lcd.clear();
    digitalWrite(blueled, LOW);
    digitalWrite(greenled, LOW);
    digitalWrite(redled, HIGH);
    digitalWrite(buzzer, HIGH);
    lcd.setCursor(1,0);
    lcd.print("Nilai PH:");
    lcd.setCursor(10,0);
    lcd.print(pHValue);
    lcd.setCursor(0,1);
    Serial.print("Nilai PH: ");
    Serial.println(pHValue);
    lcd.setCursor(0,1);
    lcd.print("NILAI ALKALI TINGGI");
    Serial.println("Air Akuarium Bersifat Basa");
    delay(3000);
  }

  if(pHValue >= 6.90 && pHValue <= 7.19){
    digitalWrite(blueled, HIGH);
    digitalWrite(greenled,LOW);
    digitalWrite(redled, LOW);
    digitalWrite(buzzer, LOW);
    lcd.clear();
    lcd.setCursor(1,0);
    lcd.print("PH VALUE:");
    lcd.setCursor(10,0);
    lcd.print(pHValue);
    lcd.setCursor(0,1);
    Serial.print("Nilai PH: ");
    Serial.println(pHValue);
    lcd.setCursor(1,1);//set cursor (colum by row) indexing
    from 0
    lcd.print(" Air Akuarium dalam Kondisi Normal");
    Serial.println("Kualitas Air OK")
  }
  if(pHValue < 6.89){
    lcd.clear();
    digitalWrite(blueled, LOW);

```

```

digitalWrite(greenled, LOW);
digitalWrite(redled, HIGH);
digitalWrite(buzzer, HIGH);
lcd.setCursor(1,0);
lcd.print("Nilai PH:");
lcd.setCursor(10,0);
lcd.print(phValue);
lcd.setCursor(0,1);
Serial.print("Nilai PH: ");
Serial.println(phValue);
lcd.setCursor(2,1);
lcd.print("Tingkat Asam Tinggi");
Serial.println("Air Akuarium Bersifat Asam");
delay(3000);
} delay(8000); }

```

Bagian selanjutnya adalah coding untuk bagian temperatur.

```

void temperature (){
  Serial.println(" ");
  lcd.clear( );
  lcd.setCursor(0,0);/
  lcd.print("Pembacaan Sensor");
  lcd.setCursor(0,1);
  lcd.print("Data dari Sensor Temperatur");
  Serial.println("Membaca sensor temperatur");
  TEMPblink();
  temp_check_surr(); delay(4000);
  temp_check_water();
}
void temp_check_surr(){
  digitalWrite(tempblueled, LOW);
  digitalWrite(tempgreenled, LOW);
  digitalWrite(tempredled, LOW);
  digitalWrite(buzzer, LOW);
  int reading = analogRead(sensorPin);
  float voltage = reading * 5.0;
  voltage /= 1024.0;

```

```

float temperatureC = (voltage - 0.5) * 100 ;
lcd.clear();
Serial.print("Temperatur: ");
Serial.println(temperatureC);

if(temperatureC > 50){
  digitalWrite(tempblueled, LOW);
  digitalWrite(tempgreenled, LOW);
  digitalWrite(tempredled, HIGH);
  digitalWrite(buzzer, HIGH);
  lcd.setCursor(0,0);
  lcd.print("SUR TEMP:");
  lcd.setCursor(9,0);
  lcd.print(temperatureC);
  lcd.setCursor(14,0);
  lcd.print("*C");
  lcd.setCursor(0,1);
  Serial.print("Temperatur Sekitar: ");
  Serial.print(temperatureC);
  Serial.println(" degree C");
  lcd.setCursor(0,1);
  lcd.print("Temperatur Sekitar TINGGI");
  Serial.println("Temperatur Sekitar Tinggi");
  delay(3000);
}
if(temperatureC >= 10 && temperatureC <= 50){
  digitalWrite(tempblueled, HIGH);
  digitalWrite(tempgreenled, LOW);
  digitalWrite(tempredled, LOW);
  digitalWrite(buzzer, LOW);
  lcd.setCursor(0,0);
  lcd.print("Temperatur Air:");
  lcd.setCursor(9,0);
  lcd.print(temperatureC);
  lcd.setCursor(14,0);
  lcd.print("*C");
  lcd.setCursor(0,1);
  Serial.print("Temperatur Sekitar: ");

```

```

Serial.print(temperatureC);
Serial.println(" degree C");
lcd.setCursor(0,1);
lcd.print("Temperatur Sekitar Normal");
Serial.println("Temperatur Sekitar Normal");
}

if(temperatureC < 10){
digitalWrite(tempblueled, LOW);
digitalWrite(tempgreenled, LOW);
digitalWrite(tempredled, HIGH);
digitalWrite(buzzer, HIGH);
lcd.setCursor(0,0);
lcd.print("SUR TEMP:");
lcd.setCursor(9,0);
lcd.print(temperatureC);
lcd.setCursor(14,0);
lcd.print("*C");
lcd.setCursor(0,1);
Serial.print("Temperatur Sekitar ");
Serial.print(temperatureC);
Serial.println(" degree C");
lcd.setCursor(0,1);
lcd.print("Temperatur Sekitar Rendah");
Serial.println("Temperatur Sekitar Rendah");
delay(3000);
}
delay(8000);
}

```

```

void temp_check_water(){
lcd.clear();
digitalWrite(tempblueled, LOW);
digitalWrite(tempgreenled, LOW);
digitalWrite(tempredled, LOW);
digitalWrite(buzzer, LOW);
sensors.requestTemperatures();
Serial.print("Temperatur Air: ");

```

```

Serial.println(sensors.getTempCByIndex(0));

if(sensors.getTempCByIndex(0) > 40){
digitalWrite(tempblueled, LOW);
digitalWrite(tempgreenled, LOW);
digitalWrite(tempredled, HIGH);
digitalWrite(buzzer, HIGH);
lcd.setCursor(0,0);
lcd.print("Temperatur Air:");
lcd.setCursor(9,0);
lcd.print(sensors.getTempCByIndex(0));
lcd.setCursor(14,0);
lcd.print("*C");
lcd.setCursor(0,1);
Serial.print("Temperatur Air: ");
Serial.print(sensors.getTempCByIndex(0));
Serial.println(" degree C");
lcd.setCursor(0,1);
lcd.print("Temperatur Air TINGGI");
Serial.println("Temperatur Air Tinggi");
delay(3000);
}

if(sensors.getTempCByIndex(0) >= 15 &&
sensors.getTempCByIndex(0) <= 40){
digitalWrite(tempblueled, HIGH);
digitalWrite(tempgreenled, LOW);
digitalWrite(tempredled, LOW);
digitalWrite(buzzer, LOW);
lcd.setCursor(0,0);
lcd.print("Temperatur Air:");
lcd.setCursor(9,0);
lcd.print(sensors.getTempCByIndex(0));
lcd.setCursor(14,0);
lcd.print("*C");
lcd.setCursor(0,1);
Serial.print("Temperatur Air: ");
Serial.print(sensors.getTempCByIndex(0));
Serial.println(" degree C");
lcd.setCursor(0,1);

```

```

    lcd.print("WATER TEMP NORMAL");
    Serial.println("Water Temperature normal");
}
if(sensors.getTempCByIndex(0) < 15){
    digitalWrite(tempblueled, LOW);
    digitalWrite(tempgreenled, LOW);
    digitalWrite(tempredled, HIGH);
    digitalWrite(buzzer, HIGH);
    lcd.setCursor(0,0);
    lcd.print("WAT TEMP:");
    lcd.setCursor(9,0);
    lcd.print(sensors.getTempCByIndex(0));
    lcd.setCursor(14,0);
    lcd.print("*C");
    lcd.setCursor(0,1);
    Serial.print("Temperatur Air: ");
    Serial.print(sensors.getTempCByIndex(0));
    Serial.println(" degree C");
    lcd.setCursor(0,1);
    lcd.print("Temperatur Air Rendah");
    Serial.println("Temperatur Air Rendah");
    delay(3000);
}
delay(8000);
}

    datapH += analogRead(pinPH);
    dataDO += analogRead(pinDO);
    dataTDS += analogRead(pinTDS);
}
datatemperature = datatemperature/Navg;
datapH = datapH/Navg;
dataDO = dataDO/Navg;
datatds = datatds/Navg;

if( datatds >= 703) {
    datatds = 703;
}

ata->pH = (datapH*(5.0/1023.0)-0.88)/3.52*14.00;
if (data->pH <0) data->pH = 0;

//TDS value
data->TDS =(datatds*(5.0/1023.0)-0.88)/3.52*100.00;
if (data->DO <0) data->DO = 0;

    data->temperature = ((datatemperature*(5.0/1023.0)-
0.88)-1.76)/1.76*50;

    data->tds = (datatuds*-5.69) + 4000;
if (data->tds <0) data->tds = 0;
}
}

```

Berikut adalah kode pada bagian utama :

```

void getData(Data* data){
    Serial.println(("Hello I am getting your DATA!!! :));
    int Navg =20 ;
    uint16_t datatemperature = 0;
    uint16_t datapH = 0;
    uint16_t dataDO = 0;
    int dataturbidity = 0;

    for(int i=0; i<Navg; i++){
        datatemperature += analogRead(pinTemperature);
        void printData(Data* data){
            Serial.print(F("Temperature is: "));
            Serial.println(data->temperature);
            Serial.print(F("pH is: "));
            Serial.println(data->pH);
            Serial.print(F("DO is: "));
            Serial.println(data->DO);
            Serial.print(F("Turbidity is: "));
            Serial.println(data->turbidity);
        }
    }
}

```

Hasil Pengujian Keseluruhan Alat. Uji Sensor pH Air.

Pengujian sensor pH air dilakukan dengan menggunakan air akuarium, dimana sensor pemantau kualitas air dicelupkan ke dalam air aquarium. Masukan dari sensor pH air akan dikirimkan ke mikrokontroler arduino kemudian hasil akan ditampilkan pada layar LCD matrix. Hasil pengujian yang dilakukan menunjukkan bahwa perangkat yang dirancang mampu bekerja dengan baik terlihat seperti penjelasan diatas dimana sensor pH dapat mendeteksi kadar pH air secara tepat dan juga dapat menampilkan pesan pada layar LCD keadaan pH air jika keadaan yang normal atau pH dalam keadaan yang baik bagi kelangsungan hidup ikan tambakan, LED akan menyala hijau dan buzzer tidak berunyi, sedangkan saat pH rendah atau pH tinggi, maka buzzer akan berbunyi.

V. KESIMPULAN

Hasil pengujian dari alat menunjukkan bahwa semua modul input dan modul output yang digunakan mampu bekerja sesuai dengan rancangan menggunakan mikrokontroler, sensor pH, temperature dan TDS akan mengirimkan sinyal ke mikrokontroler dan Arduino akan memproses untuk menampilkan hasil di layar LCD matrix dan melalui bunyi dari buzzer jika kondisi air tidak normal.

REFERENCES

- [1] Atzori L. et.al, The Internet of Things: A survey, Computer Network, Volume 54, Issue 15, 28 October 2010, Pages 2787-2805, Elsevier, 2010
- [2] Gubbi J. et al., Internet of Things (IoT): A vision, architectural elements, and future directions, Future Generation Computer Systems Volume 29, Issue 7, September 2013, Pages 1645-1660, Elsevier, 2013
- [3] Lee, The Internet of Things (IoT): Applications, investments, and challenges for enterprises, Business Horizons, Volume 58, Issue 4, July–August 2015, Pages 431-440, Elsevier, 2015
- [4] Smith A.G, 2011, Introduction to Arduino : a piece of cake, SmithPress, 2011
- [5] Chaouchi, H.; Bourgeau, T., Internet of Things: Building the New Digital Society. IoT 2018, 1, 1-4., 2018
- [6] Gantait A., et. al., Defining your IoT governance practices: How to manage enterprise-wide IoT initiatives, IBM, 2018
- [7] John P. "Describing the Meaning of Data—An Introduction to Data Semantics and Tagging", Project Haystack Connections, Issue 1, Spring., 2016
- [8] Holdowsky J. et.al, Inside the Internet of Things (IoT) : A primer on the technologies building the IoT. Deloitte University Press, 2015
- [9] IEEE, "IEEE P1451.6 terms and definitions," <http://grouper.ieee.org/groups/1451/6/TermsDefinitions.htm#Sensor>, accessed July 19, 2018.
- [10] Fraden J., Handbook of Modern Sensors: Physics, Designs, and Applications, Fourth Edition (Springer, April 2010), p. 13, 2010
- [11] Kalantarzadeh et. al., "Sensor characteristics and physical effects," Nanotechnology-Enabled Sensors (Springer,.) p. 13., 2008
- [12] [1] C. Vanmathi, R. Mangayarkarasi and J. Subalakshmi R., "Real Time Weather Monitoring using Internet of Things," 2020 International Conference on Emerging Trends in Information Technology and Engineering (ic-ETITE), Vellore, India, 2020, pp. 1-6, doi: 10.1109/ic-ETITE47903.2020.348.
- [13] N. R. Moparathi, C. Mukesh and P. Vidya Sagar, "Water Quality Monitoring System Using IOT," 2018 Fourth International Conference on Advances in Electrical, Electronics, Information, Communication and Bio-Informatics (AEEICB), Chennai, 2018, pp. 1-5, doi: 10.1109/AEEICB.2018.8480963.
- [14] Y. Wang et al., "Integrating Open-Source Technologies to Build a School Indoor Air Quality Monitoring Box (SKOMOBO)," 2017 4th Asia-Pacific World Congress on Computer Science and Engineering (APWC on CSE), Nadi, 2017, pp. 216-223, doi:10.1109/APWCConCSE.2017.00046.
- [15] S. S. Raghavan, V. Loganathan, V. Rathod and G. S. Sharvani, "Cloud Enabled Water Contamination Detection System," 2017 2nd International Conference on Computational Systems and Information Technology for Sustainable Solution (CSITSS), Bangalore, 2017, pp.1-4, doi: 10.1109/CSITSS.2017.8447569.
- [16] A. Arvind, R. Paul and P. Bhulania, "Implementation of Water Quality Sensing System using Internet of Things," 2020 7th International Conference on Signal Processing and Integrated Networks (SPIN), Noida, India, 2020, pp. 1025-1028, doi:10.1109/SPIN48934.2020.9070832.
- [17] D. Pant, A. Bhatt, M. Khan, O. P. Nautiyal and P. Adhikari, "Automated IoT based Smart Water Quality Assessment System," 2019 8th International Conference System Modeling and Advancement in Research Trends (SMART), Moradabad, India, 2019, pp. 98-104, doi: 10.1109/SMART46866.2019.9117271.
- [18] M. Lavanaya and R. Parameswari, "Soil Nutrients Monitoring For Greenhouse Yield Enhancement Using Ph Value with Iot and Wireless Sensor Network," 2018 Second International Conference on Green Computing and Internet of Things (ICGCIoT), Bangalore, India, 2018, pp. 547-552, doi: 10.1109/ICGCIoT.2018.8753083.
- [19] Irawan, Y., Fernando, Y., & Wahyuni, R. Detecting Heart Rate Using Pulse Sensor As Alternative Knowing Heart Condition. Journal of Applied Engineering and Technological Science (JAETS), 2019, 1(1), pp 30-42.
- [20] G. A. Defe and A. Z. C. Antonio, "Multi-parameter Water Quality Monitoring Device for Grouper Aquaculture," 2018 IEEE 10th International Conference on Humanoid, Nanotechnology, Information Technology, Communication and Control, Environment and Management (HNICEM), Baguio City, Philippines, 2018, pp. 1-5, doi: 10.1109/HNICEM.2018.8666414.
- [21] A. Faricha et al., "Water Monitoring Prototype Using Internet of Things Technology," 2019 International Conference on Advanced Mechatronics, Intelligent Manufacture and Industrial Automation (ICAMIMIA), Batu, Malang, Indonesia, 2019, pp. 141-144, doi:10.1109/ICAMIMIA47173.2019.9223380.
- [22] K. M. Ng, M. A. Haziq Mohd Suhaimi, A. Ahmad and N. A. Razak, "Remote Air Quality Monitoring System by Using MyRIOLabVIEW," 2018 9th IEEE Control and System Graduate Research Colloquium (ICSGRC), Shah Alam, Malaysia, 2018, pp. 105-109, doi: 10.1109/ICSGRC.2018.8657501.
- [23] P. Singh and S. Saikia, "Arduino-based smart irrigation using water flow sensor, soil moisture sensor, temperature sensor and ESP8266 WiFi module," 2016 IEEE Region 10 Humanitarian Technology