

Sistem Monitoring Dan Kontrol Berbasis Internet Of Things Pada *Prototypesmart Portable Biomass Powerplant*

Raihan Faishal Muzhaffar¹, I Wayan Sri Atma Putra², A.A. Ngurah Agung Satria Brahmananda³, Made Sudarma⁴, Ida Bagus Gede Manuaba⁵

Teknik Elektro, Fakultas Teknik, Universitas Udayana^{1,2,3,4,5}

Email : faishalzhaff@gmail.com¹, putratmabarbar@gmail.com², gungwah955@gmail.com³,
msudarma@unud.ac.id⁴, ibgmanuaba@unud.ac.id⁵

Corresponding Author : faishalzhaff@gmail.com

Abstract

The use of Internet of Things technology can be implemented in various aspects, one of which is the field of energy generation. The generation of electrical energy, especially biomass fuel, can be one way to achieve more environmentally friendly energy generation. Design prototype smart portable biomass powerplant includes monitoring and control of the generating system. The monitoring and control system is designed to be able to run automatically integrated with the Internet of Things system. To increase the ease of use of the tool, the system is connected in real-time with the internet. Data acquisition with sensors connected to the controller is carried out to observe the condition of the combustion chamber, turbine and generator components. The results of this data acquisition can then be monitored in real-time on a platform that can be done remotely. The control process on the prototype includes protection measures on the device in case of fault so as to provide further damage prevention measures and can be done wirelessly using the same system. Prototype testing results using Arduino mega2560 controller and ACS712 current sensor, voltage sensor, MQ-2 gas sensor and esp32 cam were found to be able to work well and monitor both the condition of the combustion chamber, the power generated by the generator to biomass combustion levels. Then the test also proved to be able to provide remote process control to protect the tool from overheating, overcurrent protection and excessive incomplete combustion process.

Keywords: *Internet of Things (IoT), Smart Portable Biomass Powerplant, Monitoring, Control.*

I. Pendahuluan

Kebutuhan listrik menjadi salah satu kebutuhan primer pada saat ini. Pembangkit listrik energi alternatif perlu dikembangkan lebih lanjut agar tidak hanya kembali mengandalkan berbahan bakar yang tidak diperbaharui. Prototype Smart Portable Biomass Powerplant merupakan produk inovasi yang ditujukan untuk merubah

komponen sampah biomassa menjadi energi listrik alternatif yang dapat digunakan untuk kehidupan sehari-hari. Melalui proses pengolahan sampah biomassa, prototype ini mampu menghasilkan panas yang dimanfaatkan untuk memanaskan air menghasilkan uap air untuk menggerakkan generator. Konsep pembangkitan listrik yang digunakan hampir mendekati seperti proses

pembangkitan listrik menggunakan tenaga uap, hanya saja bahan bakar yang digunakan menggunakan bahan bakar yang lebih ramah lingkungan yaitu sampah biomassa sekaligus juga memberikan solusi atas permasalahan sampah yang cukup serius. Prototype ini terdiri dari tiga bagian utama yaitu tempat penyimpanan muatan sampah beserta konveyor, ruang pembakaran dan generator yang dikopelkan dengan turbin penggerak.

Proses pembangkitan listrik membutuhkan pengawasan dan kontrol untuk dapat menghasilkan keluaran yang optimal. Proses pengawasan atau monitoring dapat berupa observasi secara langsung untuk mengukur keluaran dari pembangkit listrik pada beberapa komponen seperti tegangan, arus, putaran turbin serta kadar residu pembakaran yang dihasilkan oleh prototype. Proses kontrol dapat berupa pengaturan atau konfigurasi alat seperti swicthing rangkaian generator dan juga kontrol motor pada konveyor muatan sampah. Proses pengawasan dan kontrol tentu tidak dapat selamanya dilakukan secara manual oleh manusia karena keterbatasan waktu dan juga faktor akurasi dalam pengawasan yang memiliki kemungkinan margin of error yang cukup besar. Hal tersebut juga berlaku pada proses kontrol, tindakan yang perlu diambil kepada prototype saat terjadi kesalahan yang cukup fatal seperti short circuit ataupun over voltage perlu dilakukan sesegera mungkin sesaat setelah hasil-hasil dari monitoring mendapatkan informasi variabel pada prototype. Untuk meminimalisir kesalahan dan kerusakan pada prototype maka perlu dilakukan proses monitoring dan controlling secara otomatis yang lebih efisien dan juga praktis.

Konsep Internet of Things menjadi salah satu opsi untuk memudahkan proses pengawasan dan kontrol yang dapat

diintegrasikan dengan perangkat jarak jauh. Perangkat menggunakan mikrokontroler Arduino Mega 2560 sebagai pusat kontrol dan ESP32 Cam sebagai perangkat komunikasi. Proses pembacaan data dilakukan oleh beberapa sensor yang digunakan untuk membaca variabel seperti sensor tegangan untuk membaca tegangan yang dihasilkan oleh generator, sensor arus ACS712 untuk membaca arus yang dihasilkan generator saat rangkaian dihubungkan dengan beban, sensor inframerah untuk membaca putaran turbin saat diberikan laju uap panas hasil pembakaran dan sensor gas MQ-2 untuk membaca kadar residu pembakaran yang dihasilkan pada ruang pembakaran. Seluruh pembacaan data akan dibaca dan diproses pada mikrokontroler Arduino Mega 2560 dan dikomunikasikan menggunakan metode Internet of Things menggunakan ESP32 CAM yang terhubung dengan internet dan akan diintegrasikan dengan platform berbasis web yaitu Thinger.io untuk menampilkan hasil pembacaan data variabel prototype.

II. Landasan Teori

Biomass Power Plant

Biomass Power Plant adalah sistem yang menggunakan biomassa sebagai bahan bakar untuk menghasilkan energi listrik. Biomassa dapat berupa limbah organik seperti serasah, ampas tebu, kayu, atau limbah pertanian. Proses konversi biomassa menjadi energi biasanya melibatkan pembakaran atau fermentasi. Saat biomassa terbakar, panas yang dihasilkan digunakan untuk menghasilkan uap. Uap tersebut kemudian menggerakkan turbin uap, yang memutar generator untuk menghasilkan listrik. (Sartori, 2007). Adapun beberapa komponen penting dalam sistem Biomass Power Plant, yaitu :

1. Boiler digunakan untuk membakar biomassa dengan tujuan menghasilkan panas. Panas yang dihasilkan dari pembakaran biomassa digunakan untuk mengubah air menjadi uap dalam boiler. Komponen penting dalam boiler meliputi tungku pembakaran, pipa-pipa penukar panas, dan sistem pengendalian suhu.
2. Turbin uap yang dihasilkan dari boiler digunakan untuk menggerakkan turbin uap. Turbin uap merupakan komponen yang mengubah energi termal menjadi energi mekanik, dengan cara mengubah tekanan dan laju aliran uap menjadi putaran pada poros turbin.
3. Generator Poros turbin terhubung dengan generator, yang bertugas mengubah energi mekanik menjadi energi listrik. Generator menggunakan prinsip induksi elektromagnetik untuk menghasilkan arus listrik.
4. Sistem Kontrol dalam Biomass PowerPlant digunakan untuk mengawasi dan mengatur berbagai parameter operasional, seperti suhu, tekanan, aliran bahan bakar, dan kecepatan turbin. Sistem kontrol dapat terdiri dari sensor-sensor yang mendeteksi kondisi operasional, aktuator-aktuator yang mengendalikan berbagai komponen, dan perangkat kontrol yang mengatur kerja keseluruhan sistem. (Sartori, 2007).

Internet of Things

Proses komunikasi data sudah mengalami berbagai macam perkembangan. *Internet of things* merupakan sebuah konsep yang bertransformasi menjadi sistem komunikasi yang saling terhubung dari beberapa perangkat. Sistem tersebut memanfaatkan bantuan internet untuk tetap saling terhubung dan dapat berjalan secara otomatis meskipun tanpa ada campur tangan kendali manusia dalam prosesnya. Beberapa perangkat yang terhubung ke dalam sistem diidentifikasi baik sebagai aktuator, sensor ataupun kontroler dengan tugasnya masing-masing.

Sistem *IoT* memanfaatkan proses kecepatan komunikasi data untuk memudahkan persoalan manusia dalam berbagai macam bidang seperti kesehatan, pertanian, peternakan, administrasi hingga energi. Dalam bidang energi, proses sistem kontrol diperlukan untuk dapat memberikan hasil optimal baik pada tingkat pembangkitan, transmisi atau distribusi. Dengan dibantu komponen sensor, sistem ini dapat mengukur beberapa variabel seperti karakteristik tegangan dan arus pada sistem tenaga listrik. Dan juga dengan dibantu komponen aktuator, sistem dapat melakukan tindakan sesuai dengan pemrograman yang ditanamkan pada sistem.

Mikrokontroler

Mikrokontroler merupakan salah satu bentuk arsitektur komputer dalam skala kecil. Mikrokontroler umumnya dikemas dalam bentuk chip *Integrated Circuit* yang memiliki beberapa komponen pendukung untuk menjalankan tugasnya sebagai pusat pengendali atau kontrol. Meskipun bentuknya yang kecil, mikrokontroler mampu menjalankan beberapa tugas sebagai pengolah data maupun proses kendali karena

mikrokontroler dilengkapi dengan I/O atau *input* dan *output* pin yang digunakan untuk membaca masukan dan memberikan keluaran (Chamim, 2012).

Komponen pendukung lainnya pada mikrokontroler adalah *Central Processing Unit*, *Random Access Memory* dan *Read-Only Memory* yang masing-masing berfungsi sebagai pemroses data dan instruksi, menyimpan data dan instruksi yang diprogram kepada sistem serta menyimpan konfigurasi yang bersifat permanen pada sistem. Keseluruhan komponen akan terintegrasi dan menjadikan mikrokontroler mampu menerima data, mengolah data dan memberikan hasil pengolahan data berupa informasi data atau keluaran lainnya sesuai dengan program yang ditanamkan.

Arduino Mega 2560 dan ESP32 adalah contoh dari mikrokontroler yang cukup umum digunakan dalam beberapa penelitian. Dengan kemampuan memproses baca data serta mengolah data, kedua mikrokontroler tersebut dapat dijadikan sebagai pusat pengolahan data yang bersifat murah dan efisien. Terlebih dengan perpaduan penggunaan sensor untuk mengidentifikasi karakteristik suatu objek, mikrokontroler bisa membaca dan mengukur karakteristik suatu objek seperti suhu, ketinggian, dan lainnya dengan mudah dan frekuensi pengukuran yang tinggi.

Sensor

Sensor merupakan perangkat yang mampu membaca besaran nilai fisik sesuatu menjadi sinyal listrik (Siswanto. 2016). Kemampuan sensor dalam membaca besaran nilai fisik dibantu dengan adanya media perespon dari masing-masing sensor seperti perubahan suhu pada sensor suhu dapat dinilai dari besaran resistansi yang terdapat pada sensor pada keadaan tertentu.

Setelah sensor mampu mengubah nilai besaran fisik menjadi sinyal listrik, maka sinyal listrik tersebut akan dibaca pada pin masukan mikrokontroler untuk diproses dan diterjemahkan menjadi informasi yang dapat dipahami manusia seperti besaran suhu, besaran tegangan, besaran tinggi dan besaran lainnya. Pada beberapa kasus, sensor-sensor perlu dilakukan kalibrasi dengan alat pengukur lain untuk mencapai akurasi yang maksimal. Untuk melakukan kalibrasi maka perlu pengujian berkala dengan alat pengukur lain sehingga mencapai konfigurasi yang tepat bagi sensor untuk membaca data sebuah objek dengan akurat.

Algoritma Sistem

Algoritma merupakan bentuk penyelesaian sebuah masalah dengan menggunakan metode yang logis serta terstruktur (Isroqmi. 2019). Meskipun diperlukan banyak faktor dan pertimbangan, penyusunan algoritma yang sesuai dapat memberikan hasil dan efek yang efisien serta optimal. Penyusunan dalam menentukan algoritma yang tepat perlu dimulai secara bertahap dari proses *input* hingga *output* yang akan dilakukan. Pada proses *input* dilakukan inisiasi dan pembacaan data menggunakan sensor-sensor yang terpasang dan diolah oleh mikrokontroler. Lalu pada proses *output*, algoritma akan menentukan langkah mana yang paling efektif untuk diambil sesuai dengan keadaan sesuatu atau objek.

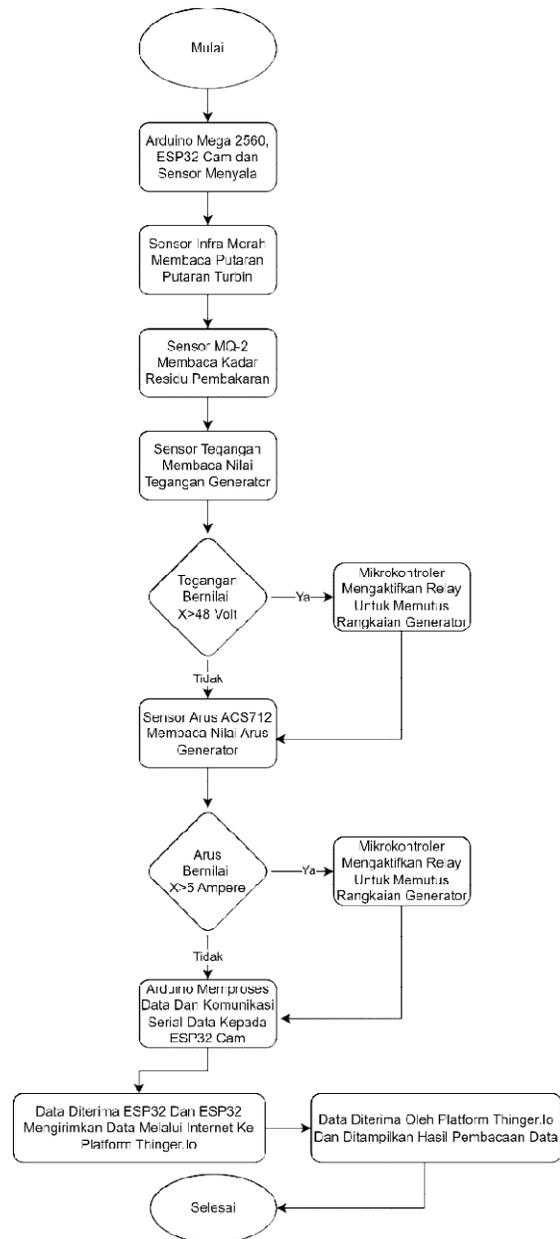
Pada proses penelitian ini diawali dengan inisiasi sistem yaitu memulai menyalakan sistem mikrokontroler, lalu proses penentuan *input* atau masukan yang dibaca oleh sensor terpasang yaitu sensor tegangan, sensor arus ACS712, sensor gas MQ-2 dan sensor infra merah yang masing-masing digunakan untuk membaca data

tegangan, arus, kadar residu pembakaran dan jumlah putaran turbin.

Setelah proses pembacaan masukkan, pemrosesan data akan dilakukan oleh mikrokontroler untuk menentukan apakah data yang dibaca dalam ambang batas yang aman atau dalam keadaan error. Setelahnya baru dilakukan penentuan tindakan yang akan dilakukan bila terjadi keadaan error, dan jika hasil pembacaan data dalam keadaan normal maka dilakukan proses komunikasi atau transfer data ke perangkat mikrokontroler lainnya untuk dihubungkan dengan internet dan mengaplikasikan konsep *Internet of Things*.

Proses transfer data menggunakan protokol internet pada mikrokontroler yang terhubung dengan *Wifi* yaitu ESP32 Cam. Data yang dibaca akan dikomunikasikan dengan platform *IoT* berbasis *Cloud* yaitu *Thingier.io* sehingga data dapat diawasi atau dicek secara jarak jauh dan memudahkan pengguna atau *user*.

Proses pembacaan algoritma dituangkan atau digambarkan dengan sebuah diagram alir untuk memudahkan proses pemrograman yang akan ditanamkan kepada mikrokontroler. Melalui diagram alir, instruksi dari algoritma diatas akan direpresentasi dalam bentuk grafis sehingga lebih mudah dipahami. Proses pemrograman dilakukan pada kedua mikrokontroler Arduino Mega 2560 yang berfungsi sebagai kontroler dan juga pembaca data masukkan dari beberapa sensor yang terpasang. Sedangkan pada ESP32 Cam berfungsi sebagai perangkat komunikasi yang menghubungkan sensor-sensor dan mikrokontroler dengan internet karena memiliki modul *Wifi* untuk terhubung dengan internet. Adapun berikut merupakan gambaran diagram alir pada penelitian dalam melakukan pengawasan dan kontrol.



Gambar 1. Flowchart Sistem Pengawasan dan kontrol pada *Prototype* Pembangkit Listrik Biomassa

III. Metode Penelitian

Metode yang digunakan pada penelitian ini diawali dengan proses pengumpulan data yang dilakukan dengan observasi secara langsung hasil pengukuran

dari *monitoring* dan kontrol sistem berbasis *Internet of Thing* yang dirancang. Selanjutnya tidak hanya berdasarkan pengumpulan data dari observasi, tetapi juga dilakukan proses pengumpulan data bersumber studi kepustakaan. Kedua metode pengumpulan data tersebut dijadikan sebagai acuan sumber informasi yang dapat dipertanggungjawabkan.

Adapun metode selanjutnya yang digunakan untuk pada penelitian terdiri dari beberapa proses sebagai berikut :

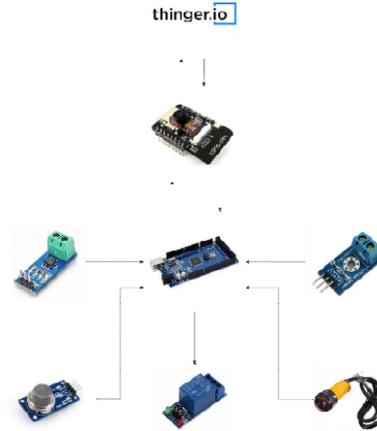


Gambar 2. Tahapan Penelitian

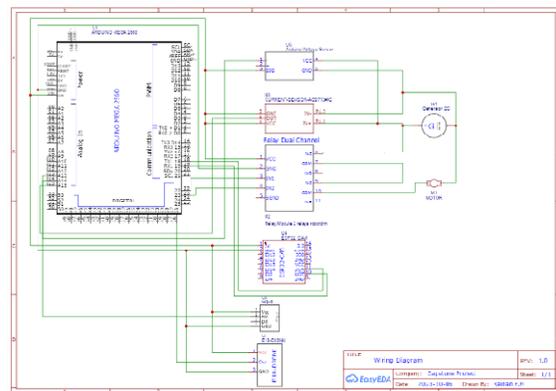
Proses identifikasi kebutuhan dilakukan dengan mengumpulkan perangkat fisik yang dibutuhkan dalam penelitian yaitu Arduino Mega 2560, ESP32 Cam, sensor tegangan, arus ACS712, gas MQ-2, infra merah E18-D80NK dan modul relay. Lalu beberapa komponen pendukung lainnya digunakan seperti kabel dan *power supply* yang digunakan untuk menghubungkan satu perangkat dengan perangkat lainnya dan mencatu daya untuk seluruh komponen yang membutuhkan tenaga listrik.

Lalu tahapan desain perencanaan dilakukan dengan menggambarkan secara garis besar perangkat yang akan dibangun. Perangkat tersebut juga diadaptasikan sesuai dengan spesifikasi dan disinkronisasi. Proses perancangan dilakukan dengan menggambarkan dua kategori yaitu skema alat sistem pengawasan dan kontrol serta rancangan bangun alat sistem pengawasan

dan kontrol yang menjelaskan rangkaian alat yang diteliti secara lebih detail. Adapun gambar tertera sebagai berikut :



Gambar 3. Skema Alat Sistem Pengawasan dan Kontrol Pada Prototype Pembangkit Listrik Biomassa



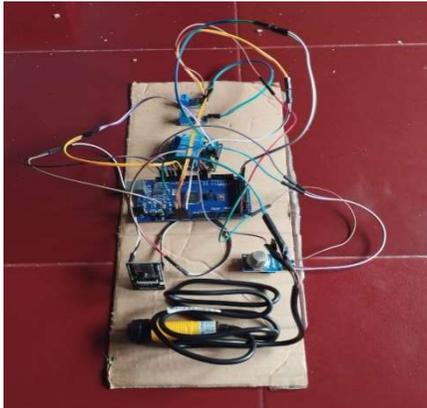
Gambar 4. Rancang Bangun Alat Sistem Pengawasan dan Kontrol pada Prototype Pembangkit Listrik Biomassa

IV. Hasil dan Pembahasan Realisasi penelitian

Realisasi alat sistem pengawasan dan kontrol menggunakan beberapa tambahan perangkat baik fisik dan juga lunak untuk membantu proses berjalannya sistem. Komponen juga digunakan untuk mengimplementasikan sistem *monitoring* dan kontrol secara jarak jauh menggunakan

Internet of Things. Berikut merupakan hasil realisasi dari perancangan yang dibuat

9.	Web browser	Membuka aplikasi web platform
----	-------------	-------------------------------



Gambar 5. Realisasi Alat Sistem Pengawasan dan Kontrol pada *Prototype* Pembangkit Listrik Biomassa

Proses realisasi alat juga menggunakan kebutuhan *hardware* dan *software* seperti pada tabel berikut

Tabel 1. Perangkat Yang Dibutuhkan

	<i>Hardware</i>	Fungsi
1.	Arduino Mega 2560	Pusat kontrol
2.	ESP32 Cam	Penghubung ke internet
3.	Sensor tegangan	Mengukur tegangan generator
3.	Sensor arus ACS712	Mengukur arus generator
4.	Sensor gas MQ-2	Mengukur residu pembakaran
5.	Sensor infra merah E18-D80NK	Mengukur putaran turbin
6.	Modul relay <i>dual channel</i>	Saklar pemutus dan penyambung rangkaian
	<i>Software</i>	Fungsi
7.	Arduino IDE	Program arduino
8.	Thingier.io	Platform unggah data

Hasil Pengujian

Pengujian langsung dilakukan kepada *prototype* pembangkit listrik tenaga biomassa. Pengujian alat berupa pengukuran variabel yang diamati pada penelitian. Variabel yang diukur diantaranya : tegangan dihasilkan pembangkit, arus dihasilkan pembangkit, putaran turbin dan residu gas hasil pembakaran pembangkit. Berikut merupakan hasil pengukuran yang didapatkan pada proses pengujian alat



Gambar 6. Proses Pengukuran Putaran Turbin serta Tegangan dan Arus pada Generator



Gambar 7. Proses Pengukuran Residu Pembakaran Pembangkit

Setelah proses pengukuran dilakukan, peneliti mendapatkan data hasil pengujian berupa hasil tegangan, arus generator, putaran turbin serta residu hasil pembakaran sampah yang dihasilkan oleh pembangkit. Proses pengukuran terlebih dahulu mengutamakan akurasi, sehingga sensor-sensor yang digunakan dikalibrasi menggunakan alat ukur pembanding sesuai dengan alat ukurnya masing-masing.

Proses uji coba juga menggunakan beban resistif yaitu resistor 10 ohm yang disambungkan dengan rangkaian generator. Lalu, pembacaan hasil pengujian dilakukan menggunakan sensor sesuai kebutuhan dan dibantu ditampilkan pada LCD I2C yang sudah diprogram untuk membaca hasil-hasil pengukuran sensor. Berikut merupakan data hasil pengujian.

Tabel 2. Hasil Pengukuran Menggunakan Sensor dan Mikrokontroler

Waktu (s)	Beban (ohm)	Tegangan (V)	Arus (A)	Gas (PPM)
60	10	21.75	2.175	822
90	10	22.89	2.289	846
120	10	22.13	2.213	892
150	10	21.64	2.164	871
180	10	21.82	2.182	835

Berdasarkan dari hasil pengukuran, sensor-sensor yang dihubungkan mampu membaca dengan baik besaran pengukuran sesuai dengan spesifikasi masing-masing sensor. Pembacaan tegangan dan arus bernilai fluktuatif karena pada *prototype* tidak dilengkapi fitur pengatur kecepatan putaran pada turbin. Nilai putaran turbin yang didapatkan cenderung fluktuatif dan tidak stabil, berikut merupakan hasil pengukuran putaran turbin

Tabel 3. Hasil Pengukuran Putaran Turbin dengan Sensor Inframerah

Waktu (s)	Putaran turbin (RPM)
60	1437
90	1479
120	1463
150	1392
180	1384
60	1461

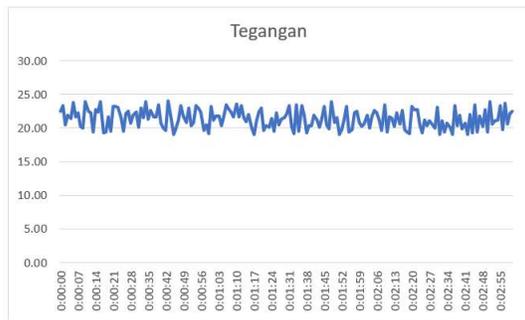
Setelah proses pengukuran dilakukan, data-data hasil baca sensor pada mikrokontroler akan dikirimkan ke platform Thingier.io untuk ditampilkan pada website. Pengukuran dilakukan dengan frekuensi tinggi, sehingga data-data hasil baca bersifat *realtime* dan dapat ditelusuri sesuai rentang waktu pembacaan. Proses komunikasi ini dibantu oleh internet menggunakan modul *Wifi* yang terdapat pada komponen ESP32 Cam yang kemudian dihubungkan dengan platform Thingier.io untuk mengirimkan data.

Sebelum mampu memvisualisasikan data, *dahsboard* pada platform Thingier.io perlu diatur sesuai dengan kebutuhan user dalam membaca data. Berikut merupakan hasil visualisasi pembacaan sensor dari mikrokontroler yang dikirimkan melalui internet

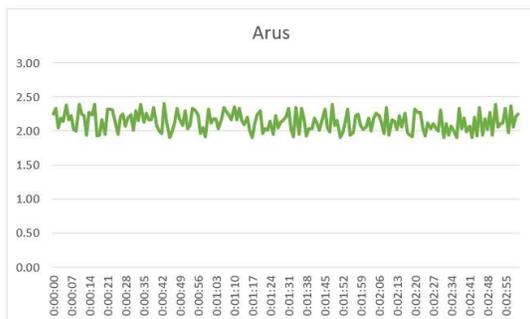


Gambar 8. Hasil Pembacaan Data Sensor Melalui Platform Thingier.io

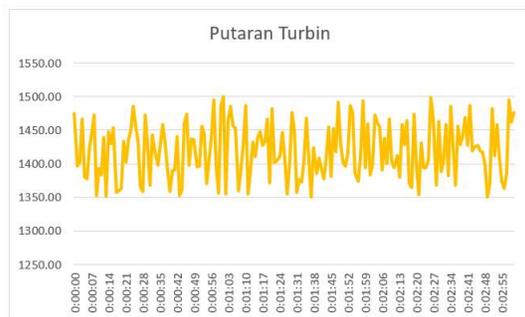
Pembacaan data secara *realtime* juga dapat divisualisasikan melalui data grafik yang diambil dari platform. Adapun data tersebut sesuai variabel yang diukur dan ditampilkan sebagai berikut :



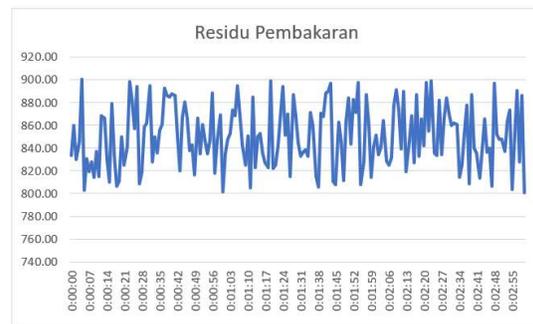
Gambar 9. Data *Realtime* Pengukuran Tegangan Generator



Gambar 10. Data *Realtime* Pengukuran Arus pada Generator



Gambar 11. Data *Realtime* Pengukuran Putaran Turbin



Gambar 12. Data *Realtime* Pengukuran Residu Pembakaran

V. Kesimpulan dan Saran

Kesimpulan yang dapat diambil pada perancangan alat pengawasan dan kontrol otomatis pada *prototype* pembangkit listrik biomassa ini yaitu dapat disimulasikan dengan baik menggunakan beberapa komponen sensor dan mikrokontroler.

Hasil pengukuran menunjukkan bahwa sensor mampu membaca nilai tegangan, arus generator, putaran turbin dan residu pembakaran yang dihasilkan. Proses *monitoring* berjalan dengan baik dan pada proses pengukuran tidak terjadi nilai lebih baik pada tegangan maupun arus, sehingga rangkaian generator tetap tersambung kepada beban yang menunjukkan sistem kontrol pengaman yang diacu pada modul relay berjalan dengan baik. Proses komunikasi data yang dilakukan ESP32 Cam melalui modul *wifi* juga berjalan dengan baik dengan masuknya data kepada platform Thingier.io dan data dapat ditampilkan kepada user dengan jelas dan terstruktur melalui visual grafis yang ditampilkan pada website.

Saran peneliti yang dapat diberikan adalah melakukan pengukuran lebih dalam variabel-variabel yang terdapat pada *prototype* pembangkit listrik biomassa seperti karakteristik suhu pembakaran, tekanan uap dan variabel lainnya yang mempengaruhi output generator agar dapat memberikan

tindakan kontrol yang sesuai serta memberikan output pembangkit lebih optimal.

VI. Daftar Pustaka

- Chamim. 2012. *Mikrokontroler Belajar Code Vision AVR Mulai Dari Nol*. Yogyakarta: Graha Ilmu.
- Isroqmi, A. 2019. "Pengaruh Penerapan Algoritma Terhadap Pembelajaran Pemrograman Komputer". *Jurnal Inovasi Pendidikan Matematika*, 2(2), 126–135.
- Khan, R.2017. "A review on temperature sensors". *International Conference on Communication, Computing and Digital Systems (C- CODE)*, pp. 78 - 83.
- Maulana,M. Dan N. E., 2018. "Implementasi Teknologi IoT pada Monitoring dan Pengendalian Energi Listrik di Industri". *Jurnal Teknik Industri*, 19 (2), pp. 65 - 74.
- S, Siswanto. 2018. "Pengamanan Ruang Dengan Dfduino Uno R3, Sensor Mc-38, Pir, Notifikasi Sms, Twitter," *J. RESTI (Rekayasa Sist. dan Teknol. Informasi)*, 2 (3). 697–707.