

SISTEM MONITORING SECARA *REAL-TIME* PENYIMPANAN ENERGI LISTRIK DARI *WIND TURBINE* LENTERA ANGIN NUSANTARA (LAN)

REAL-TIME MONITORING SYSTEM ON ELECTRICAL ENERGY STORAGE FROM WIND TURBINE OF LENTERA ANGIN NUSANTARA (LAN)

MUHAMMAD HANIF ABDILLAH¹ BAYU ERFIANTO² CATUR WIRAWAN WIJIUTOMO³

¹Program Studi S1 Teknik Informatika, School of Computing, Telkom University

^{2,3}School of Computing, Telkom University

^{1,2,3}Gedung E-F, Jalan Telekomunikasi 1, Terusan Buah Batu, Bandung 40257

¹hanif.abdillah93@gmail.com

²bayu.erfianto@gmail.com

³catur.wijiutomo@gmail.com

Abstrak

Sistem monitoring energi listrik yang ada pada *power house* Lentera Angin Nusantara (LAN) menggunakan rangkaian listrik yang disebut *Data logger*. *Data logger* berfungsi merekam arus listrik DC (*direct current*) dan tegangan pada baterai penyimpan energi listrik yang dihasilkan oleh *wind turbine*. Petugas setiap harinya mengambil data arus dan tegangan dari *data logger* yang tersimpan di MMC (*multimedia card*). Pengambilan data hanya pada saat-saat tertentu. Kemudian, petugas mengolahnya menjadi grafik. Sistem monitoring yang ada masih bersifat manual, masih terdapat *human interference*. Masalah yang timbul adalah ketika petugas mengambil MMC untuk diambil datanya maka monitoring terhenti. Selain itu pengambilan data hanya pada waktu-waktu tertentu saja tidak bersifat *real-time*. Format data yang terdapat pada MMC adalah CSV, perlu proses pengolahan data untuk disajikan dalam bentuk grafik arus tegangan dan daya.

Sistem monitoring berbasis komunikasi *machine-to-machine* (M2M) dengan menggunakan protokol MQTT (*Message Queueing Telemetry Transport*) untuk solusi dari permasalahan diatas. Sebagai MQTT *Client Publisher* adalah mikrokontroler Arduino Uno yang tertanam program C++ atau platform perangkat lunak berbasis mikrokontroler dengan menggunakan library *PubSubClient*. Data arus dan tegangan diperoleh dari sensor arus dan tegangan. Kemudian diakuisisi oleh mikrokontroler, setelah itu di-*publish* secara *realtime* ke *broker* dengan nama topik tertentu "sensors/energymonitor". Sebagai MQTT *broker* adalah HiveMQ. Pada *broker* data pesan energi listrik pada topik tertentu yang dikirimkan oleh mikrokontroler dan di simpan dalam log file.

Kata kunci : Monitoring, baterai, *Machine to machine Communication*, MQTT Protocol, MQTT Client Publisher, MQTT Broker, MQTT Client Subscriber

1. Pendahuluan

Sistem Monitoring energi listrik yang ada pada pembangkit Listrik Tenaga Angin Lentera Angin Nusantara (LAN) menggunakan perangkat yang disebut data logger. Data logger berfungsi merekam arus listrik DC (direct current) dan tegangan listrik yang tersimpan dari turbin angin menuju baterai penyimpanan. Energi listrik yang direkam adalah energi yang mengalir dari turbin angin menuju baterai penyimpanan. Arus dan tegangan didapatkan perdetik dan disimpan ke dalam MMC (multimedia card) yang terdapat pada perangkat tersebut. Petugas setiap harinya mengambil data dari MMC pada saat tertentu, dan kemudian mengolahnya menjadi grafik arus, tegangan dan energi listrik yang diperoleh dari alam. Sistem monitoring yang ada masih bersifat manual, masih ada human interference yaitu petugas.

Masalah yang timbul dalam sistem monitoring yang masih manual tersebut adalah ketika petugas mengambil MMC untuk diambil datanya maka monitoring terhenti. Selain itu pengambilan data hanya pada waktu-waktu tertentu saja tidak bersifat real-time. Format data yang terdapat pada MMC adalah CSV, perlu proses pengolahan data lagi untuk penyajiannya yang berupa grafik arus dan tegangan. Untuk mendapatkan grafik arus, tegangan, dan daya listrik diperlukan proses panjang dan di dalamnya melibatkan manusia untuk melakukan masing – masing prosesnya, maka dari itu perlu sistem monitoring yang terotomasi tanpa ada human interference, bisa secara real-time dan berbasiskan Internet of Things(IoT) .

Selain masalah di atas, belum adanya perangkat untuk memantau penggunaan energi listrik menuju beban. Perangkat yang ada sekarang ini hanya dari turbin menuju baterai penyimpanan. Perlu adanya perangkat untuk memantau penggunaan energi listrik menuju beban.

Dalam Tugas Akhir ini adalah eksperimen implementasi perangkat pemantau penggunaan energi listrik, arus, dan tegangan pada baterai penyimpan menuju beban. Perangkat monitoring berbasis komunikasi machine-to-machine (M2M) dan Internet of Things (IoT) dengan menggunakan protokol MQTT (Message Queueing Telemetry Transport). Sebagai MQTT Client Publisher adalah mikrokontroler Arduino Uno yang tertanam program C++ atau platform perangkat lunak berbasis mikrokontroler dengan menggunakan library PubSubClient. Data arus dan tegangan diperoleh dari sensor arus dan tegangan. Kemudian diakuisisi oleh mikrokontroler, setelah

itu di-publish secara realtime ke broker dengan nama topik tertentu "sensors/energymonitor". Sebagai MQTT broker adalah HiveMQ. Pada broker data energi listrik pada topik tertentu yang dikirimkan oleh mikrokontroler dan di simpan dalam log file.

2. Dasar Teori

2.1 Konsep Pembangkit Listrik Tenaga Angin

Pembangkit listrik tenaga angin adalah suatu pembangkit listrik yang menggunakan angin sebagai sumber energi untuk menghasilkan energi listrik. Pembangkit ini dapat mengkonversikan energi angin menjadi energi listrik dengan menggunakan turbin angin atau kincir angin[9]. Sistem pembangkitan listrik menggunakan angin sebagai sumber energi merupakan sistem alternatif yang sangat berkembang pesat, mengingat angin merupakan salah satu energi yang tidak terbatas di alam

2.1.1 Proses Pembangkitan Listrik Tenaga Angin

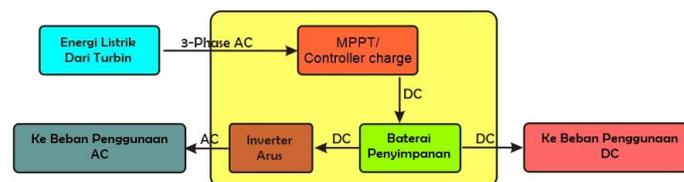
Suatu pembangkit listrik dari energi angin merupakan hasil dari penggabungan dari beberapa turbin angin sehingga akhirnya dapat menghasilkan listrik[9]. Energi angin memutar turbin angin, turbin angin bekerja berkebalikan dengan kipas angin, turbin angin menghasilkan listrik sedangkan kipas menggunakan listrik. Angin akan memutar sudut turbin, lalu diteruskan untuk memutar rotor pada generator di bagian belakang turbin angin.

Generator mengubah energi gerak menjadi energi listrik dengan teori medan elektromagnetik, yaitu poros pada generator dipasang dengan material ferromagnetik permanen. Setelah itu di sekeliling poros terdapat stator yang bentuk fisisnya adalah kumparan-kumparan kawat yang membentuk loop. Ketika poros generator mulai berputar maka akan terjadi perubahan fluks pada stator yang akhirnya karena terjadi perubahan fluks ini akan dihasilkan tegangan dan arus listrik tertentu. Tegangan dan arus listrik yang dihasilkan ini disalurkan melalui kabel jaringan listrik untuk akhirnya digunakan oleh masyarakat.

Tegangan dan arus listrik yang dihasilkan oleh generator ini berupa AC (alternating current) yang memiliki bentuk gelombang kurang lebih sinusoidal maka perlu Rectifier untuk mengkonversinya. Rectifier adalah alat yang digunakan untuk mengubah sumber arus bolak-balik (AC) menjadi sinyal sumber arus searah (DC). Rectifier yang digunakan adalah rectifier 3 fasa. Gelombang AC yang berbentuk gelombang sinus hanya dapat dilihat dengan alatukur CRO. Rangkaian rectifier banyak menggunakan transformator step down yang digunakan untuk menurunkan tegangan sesuai dengan perbandingan transformasi transformator yang digunakan. Setelah menjadi DC Energi listrik ini biasanya akan disimpan kedalam baterai sebelum dapat dimanfaatkan.

2.1.2 Lentera Angin Nusantara (LAN)

Lentera Angin Nusantara (LAN) adalah salah satu social enterprise (socio-preneur) yang bergerak di bidang teknologi yang mengembangkan energi alternatif. Berdiri pada tahun 2012 yang dipimpin ilmuwan Ilmuwan Indonesia lulusan Universitas unggulan di Jepang yaitu Ricky Elson. LAN telah memberikan kontribusi terhadap teknologi terbarukan yang ada di Indonesia, sudah 2 daerah terpencil di daerah Indonesia timur yang tidak terjangkau oleh listrik PLN, telah dibantu oleh LAN dalam mendapatkan listrik yang diproduksi dari turbin angin. Turbin angin yang diteliti oleh Lentera Angin Nusantara adalah The Sky Dancer (penari langit).



Energi listrik berasal dari turbin yang digerakkan oleh kincir angin, arus listrik masih berupa arus bolak balik (Alternating Current) kemudian listrik masuk menuju MPPT (Controller) yang mengubah arus AC menjadi DC dan kemudian disesuaikan dengan kapasitas baterai penyimpanan, sehingga tidak terlalu berbahaya untuk disimpan di baterai. Energi listrik dari baterai bisa langsung digunakan oleh beban DC maupun AC melalui inverter terlebih dahulu

2.2 Konsep Energi Listrik

Pengertian energi listrik sering didefinisikan sebagai perkalian anrta daya dan waktu[20]. Daya adalah perkalian antara tegangan dengan arus listrik, sehingga di dalam mencari rumusan energi besaran besaran yang dilibatkan adalah tegangan, kuat arus, dan waktu

2.2.1 Satuan – satuan pengukur Energi Listrik

Arus listrik

Arus listrik akan mengalir jika ada beban listrik[20], misal lampu yang tertutup dengan sumber listriknya. Arus listrik mengalir dari potensial tinggi ke potensial rendah. Alat-alat tertentu misalnya baterai bisa menyimpan muatan – muatan listrik dan mengalirkannya. Jumlah muatan listrik yang bersimbol Q mengandung pengertian kemampuan alat listrik untuk menyimpan atau membuang arus listrik (I) selama waktu tertentu (t) dan Q ini bisa disebut juga dengan kapasitas muatan/ kapasitas baterai, secara matematis hal itu bisa ditulis:

$$Q=I.t$$

Keterangan :

Q = Muatan Listrik dalam satuan Colomb (C)
 I = Arus listrik dalam satuan Ampere (A)
 t = waktu dalam satuan sekon (s)

Tegangan

Tegangan listrik dapat dimisalkan dengan tekanan air di dalam menara air, semakin tinggi letak air itu maka makin besar pula tekanannya. Jika keran dibuka, air mulai bergerak di dalam pipa dan kecepatan mengalirnya berhubungan dengan tekanan air tersebut. Kecepatan alirnya bisa dikatakan sebagai arus.

Untuk mengetahui pengertian energy listrik, diperlukan pula pengertian mengenai tegangan karena hal itu sangat berhubungan erat dengan arus listriknya. Satuan dari tegangan listrik adalah volt dilambangkan V

$$V = \frac{W}{Q}$$

Keterangan :

V = Tegangan listrik dalam satuan Volt (V)

R = Hambatan listrik dalam satuan Ohm (Ω)

I = Kuat Arus Listrik dalam satuan Ampere (A)

Daya Listrik

Daya listrik[1] didefinisikan sebagai laju hantaran energi listrik dalam rangkaian listrik. Satuan SI (Standard Internasional) adalah Watt. Arus listrik yang mengalir dalam rangkaian dengan hambatan listrik menimbulkan kerja. Listrik dapat diperoleh dari pembangkit listrik atau penyimpanan. Daya listrik, seperti daya mekanik, dilambangkan oleh huruf P dalam persamaan listrik. Pada rangkaian Arus DC, Daya Listrik sesaat dihitung menggunakan hukum Joule, sesuai nama fisikawan Britania James Joule, yang pertama kali menunjukkan bahwa energi listrik dapat berubah menjadi energi mekanik ataupun sebaliknya dimana

$$P = I \cdot V$$

P = Daya satuan W (Watt)

I = Arus satuan A (Ampere)

V = Beda Potensial V (Volt)

Hukum Joule dapat digabungkan dengan hukum Ohm untuk menghasilkan persamaan tambahan di mana:

$$P = I^2 \cdot R$$

R = Hambatan Listrik satuan Ω (ohm)

P = Daya satuan W (Watt)

I = Arus satuan A (Ampere)

2.3 Perangkat Keras

2.3.1 Mikrokontroler

Mikrokontroler adalah sebuah chip yang berfungsi sebagai pengontrol rangkaian elektronik dan umunya dapat menyimpan program didalamnya. Mikrokontroler adalah sebuah chip yang berfungsi sebagai pengontrol rangkaian elektronik dan umunya dapat menyimpan program, umumnya terdiri dari CPU (Central Processing Unit), memori, I/O tertentu dan unit pendukung seperti Analog-to-Digital Converter (ADC) yang sudah terintegrasi di dalamnya. Kelebihan utama dari mikrokontroler ialah tersedianya RAM dan peralatan I/O pendukung sehingga ukuran board mikrokontroler menjadi sangat ringkas.

Arduino Uno adalah board mikrokontroler berbasis ATmega328 (datasheet)[4]. Arduino memiliki 14 digital pin input / output (dimana 6 dapat digunakan sebagai output PWM), 6 input analog, osilator kristal 16 MHz, koneksi USB, jack listrik, header ICSP, dan tombol reset. Papan ini berisi semua yang diperlukan untuk mendukung mikrokontroler, dengan mudah terhubung ke komputer dengan kabel USB atau kabel power dengan adaptor AC-DC atau baterai. Uno berbeda dari semua papan sebelumnya dalam hal itu tidak menggunakan FTDI chip driver USB-to-serial. Sebaliknya, fitur Atmega8U2 diprogram sebagai konverter USB-to-serial

2.3.2 Perangkat Komunikasi

Ethernet Shield

Arduino Ethernet Shield memungkinkan papan Arduino untuk terhubung ke internet. Hal ini berbasiskan pada ethernet chip Wiznet W5100. Wiznet W5100 menyediakan jaringan (IP) mampu ditumpuk baik TCP dan UDP. Chip Ini mendukung hingga empat koneksi socket simultan. Menggunakan Ethernet library untuk menulis program yang terhubung ke internet dengan menggunakan shield. Ethernet Shield terhubung ke papan Arduino menggunakan header wired-wrap yang panjang untuk memperpanjang melalui arduino ethernet shield. Hal ini membuat tata letak pin utuh dan memungkinkan shield lain yang harus ditumpuk di atasnya. Ethernet Shield memiliki standar koneksi RJ-45, dengan transformator garis terpadu dan Power over Ethernet yang diaktifkan.

Wido DFR0321

Wido[4] adalah Arduino WIFI kompatibel IOT-Node papan pengembangan, yang terintegrasi dengan solusi WG1300 WIFI. Mikrokontroler dari Wido adalah ATMEL ATmega32U4. Rentang catu daya: 5v or 7-12v. Kompatibel dengan Arduino Leonardo, terintegrasi dengan chip WG1300 WIFI dan mendukung jaringan 2.4GHz IEEE 802.11 b/g. WIFI dan MicroSD dioperasikan oleh port SPI. Antena On board 2.4G PCB.

2.3.3 Sensor Arus

Allegro™ ACS712 memberikan solusi ekonomis dan tepat untuk sensing AC atau DC saat ini di industri, komersial, dan sistem komunikasi. Paket perangkat memungkinkan untuk mudah di implementasikan oleh

pelanggan. Aplikasi yang umum termasuk kontrol motor, deteksi beban dan manajemen, pasokan listrik mode switch, dan perlindungan kesalahan arus. Perangkat ini tidak dimaksudkan untuk aplikasi otomotif.

Perangkat ini terdiri dari presisi offset rendah, linear Hall sirkuit dengan jalur konduksi tembaga terletak di dekat permukaan mati. Arus diaplikasikan mengalir melalui jalur konduksi tembaga ini menghasilkan medan magnet yang mengubah Hall IC menjadi tegangan yang proporsional. Akurasi perangkat dioptimalkan melalui proximity terdekat dari sinyal magnetik ke Hall transduser. Sebuah ketepatan, tegangan proporsional disediakan oleh offset rendah, chopper-stabilized BiCMOS Hall IC rendah offset, yang diprogram untuk akurasi setelah dikemas.

2.3.4 Voltage Divider

Pembagi tegangan merupakan rangkaian sederhana yang dapat mengubah tegangan yang tinggi menjadi tegangan yang lebih rendah. Dengan hanya menggunakan dua resistor yang dipasang secara seri dan dengan sebuah input tegangan, kita dapat membuat tegangan output yang mana tegangan output ini merupakan hasil perhitungan dari tegangan input.

2.4 Bahasa C Pemrograman Mikrokontroler

Bahasa C[1] adalah bahasa yang sangat lazim dipakai sejak awal-awal komputer diciptakan dan sangat berperan dalam perkembangan software. Bahasa C telah membuat bermacam-macam sistem operasi dan compiler untuk banyak bahasa pemrograman – misalnya sistem operasi Unix, Linux, dsb. Bahasa C juga biasanya diajarkan di akademi dan perguruan tinggi selain bahasa pemrograman Basic atau Pascal.

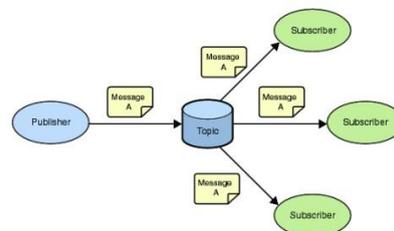
Bahasa C adalah bahasa pemrograman yang sangat ampuh yang kekuatannya mendekati bahasa assembler. Bahasa C menghasilkan file kode objek yang sangat kecil dan dieksekusi dengan sangat cepat. Karena itu Bahasa C sering digunakan pada sistem operasi dan pemrograman mikrokontroler.

Bahasa C adalah multi-platform. Bahasa C bisa diterapkan pada lingkungan Windows, Unix, Linux atau sistem operasi lain tanpa mengalami perubahan source code. (Kalaupun ada perubahan, biasanya sangat minim). Karena Arduino menggunakan Bahasa C yang multi-platform, maka software Arduino pun bisa dijalankan pada semua sistem operasi yang umum, misalnya: Windows, Linux dan MacOS.

2.5 MQTT Protocol

2.5.1 Overview MQTT Protocol

MQTT (Message Queue Telemetry Transport) adalah protokol pesan ringan (lightweight) berbasis publish-subscribe digunakan di atas protokol TCP/IP. MQTT bersifat terbuka, simpel dan didesain agar mudah diimplementasikan. Karakteristik ini membuatnya ideal untuk digunakan dalam banyak situasi, termasuk lingkungan terbatas seperti dalam komunikasi Machine to Machine (M2M) dan konteks Internet of Things (IOT) dimana dibutuhkan kode footprint yang kecil dan/atau jaringan yang terbatas. Pola pesan publish-subscribe membutuhkan broker pesan. Broker bertanggung jawab untuk mendistribusikan pesan ke klien tertarik berdasarkan topik pesan[14].

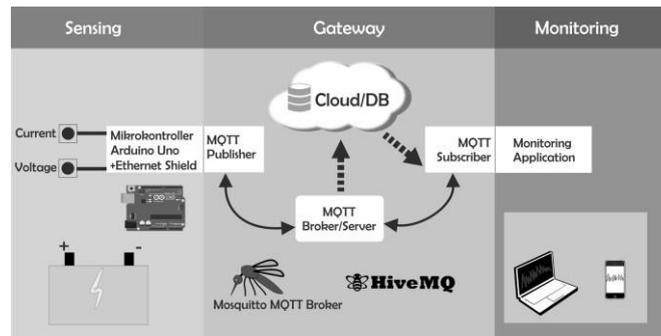


Sebuah Publish – subscribe protokol memungkinkan pesan yang akan diterbitkan sekali dan beberapa konsumen (aplikasi / perangkat) menyediakan decoupling antara produsen dan konsumen untuk menerima pesan. Satu produser mengirimkan pesan (publish) pada topik (subjek). Suatu konsumen mensubscribe pesan pada topik (subjek). Sebuah pesan server / broker sesuai publikasi untuk berlangganan(subscribe)[5]. Jika tidak ada cocok pesan tersebut akan dibuang. Jika satu atau lebih pesan cocok, maka pesan dikirimkan ke setiap pelanggan yang cocok / subscribe. Sistem monitoring didasarkan pada teknologi IOT dan terdiri dari tiga bagian penting: MQTT Client Publisher, Server atau Broker dan MQTT Client Subscriber[15].

2.5.2 MQTT Broker

HiveMQ merupakan open source (berlisensi BSD) broker pesan yang mengimplementasikan MQTT Telemetry Transport protokol versi 3.1 dan 3.1.1. MQTT menyediakan metode lightweight melaksanakan perpesanan menggunakan mempublikasikan / berlangganan model publish / subscribe. Hal ini membuatnya cocok untuk komunikasi "mesin ke mesin" seperti dengan sensor daya rendah atau perangkat mobile seperti ponsel, komputer tertanam atau mikrokontroler seperti Arduino.

3. Perancangan Sistem



Gambar **Error! No text of specified style in document..**1 Desain prototipe monitoring

Arus dan Tegangan yang mengalir adalah dari turbin menuju baterai, sensor arus dan sensor tegangan dihubungkan melalui rangkaian listrik dan kemudian disambungkan ke pin-pin analog pada board Arduino Uno.

Program yang tertanam pada mikrokontroler mengakuisisi data analog yang diperoleh dari sensor arus dan tegangan, yang kemudian diubah menjadi data digital. Selain mengakuisisi data dari sensor-sensor, program juga mengimplementasikan MQTT protokol pada mode publisher. Publisher mampu mengekstrak data sensor dari satu sumber atau lebih dan mempublish melewati topic menuju server/broker sebagai bagian dari public domain, ataupun private domain.

Untuk publisher mampu berkomunikasi dengan server secara efisien, MQTT broker diimplementasikan pada server, dengan port komunikasi yang spesifik untuk publisher defaultnya yaitu 1883 dengan IP address host. Data arus dan tegangan dari Publisher diamati di broker atau server dengan nama topik tertentu[10] yaitu "sensors/energymonitor". Subscriber yang berlangganan dari broker pada topik yang diinginkan untuk mengekstrak data. MQTT Subscriber mengimplementasikan subscribe mode, yang mampu mengakses data. MQTT Subscriber adalah sebuah aplikasi berbasis web untuk ditampilkan dalam bentuk grafik energi listrik yang ada pada baterai penyimpanan.

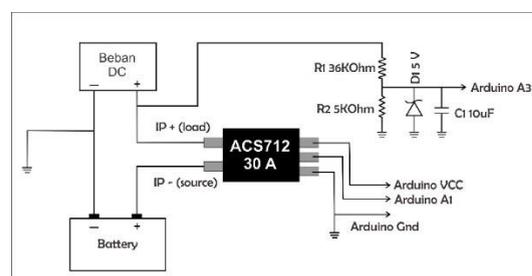
Kebutuhan Perangkat Keras

Dalam sistem monitoring energi listrik tentunya perlu alat ukur untuk mendapatkan data arus, tegangan. Alat ukur yang dibutuhkan di sistem ini adalah sensor tegangan yaitu voltage divider dan sensor arus (ACS712)[7].

Sensor tegangan yang dibutuhkan adalah sensor tegangan yang mampu mengukur tegangan dengan range 0 volt sampai dengan 24 volt kemudian, dengan daya maksimal yang dihasilkan adalah 500 watt, maka sensor arus yang diperlukan adalah sensor arus yang mampu mengukur arus pada range 0 – 30 Ampere. Kedua sensor tersebut menghasilkan data analog, maka perlu adanya pengubah.

Pengubah data dari analog ke digital adalah ADC, ADC sudah ada pada mikrokontroler . Mikrokontroler yang digunakan yaitu Papan Arduino Uno Rev 3 dengan chip Microcontroller ATmega384 dilengkapi dengan ethernet shield untuk pengiriman data sensor menuju broker.

Selain itu kabel jumper dibutuhkan juga untuk menghubungkan pin-pin sensor dengan pin-pin pada Arduino. Kabel juga dibutuhkan untuk menghubungkan baterai yang diamati dengan beban dan menghubungkan ke sensor-sensor yang ada. Untuk komunikasi antara arduino dan laptop dibutuhkan kabel UTP dengan Jack RJ45 dan susunan kabel UTP tipe Cross.



Gambar 3.2 Skematik Voltage Divider dan Sensor Arus

Pada gambar 3.2 sensor arus dipasangkan secara seri dengan rangkaian beban karena untuk mengukur arus yang mengalir di dalam jalur kabel, sedangkan voltage divider dipasangkan secara parallel dengan rangkaian untuk mengetahui beda potensial pada titik – titik polar

Kebutuhan Perangkat Lunak

Perangkat lunak yang dibutuhkan tentunya dalah compiler bahasa pemrograman C untuk embed program di mikrokontroler. Compiler tersebut terdapat dalam sebuah perangkat lunak yaitu Arduino IDE

Untuk menjalankan kebutuhan monitoring yang secara real-time maka dibutuhkan platform komunikasi yang berjalan pada MQTT protokol. 3 bagian penting yaitu publisher, broker, dan subscriber. Pada bagian

publisher perangkat lunak yang dibutuhkan adalah Arduino IDE, Library yang digunakan dalam mikrokontroler adalah PubSubClient Library dan Ethernet Library. Pada broker menggunakan HiveMQ, yang mendukung logging pesan-pesan yang terkirim pada topic tertentu.

Aplikasi untuk monitoring komunikasi paket data yang melalui TCP layer, yaitu menggunakan Aplikasi Wireshark dan aplikasi untuk monitor pesan yang terkirim ke broker melalui protokol MQTT dengan menggunakan aplikasi MQTTfx.

4. Pengujian dan Pembahasan

1. Skenario pengujian arus dan tegangan

Skenario untuk mengamati arus dan tegangan yang mengalir dalam selang waktu selama 20 menit dengan menggunakan protokol MQTT sebagai protokol pengiriman datanya. Skenario ini perlu dilakukan karena untuk melihat keberhasilan protokol MQTT dalam mengirimkan data arus dan tegangan, apakah datanya benar-benar terukur atau tidak, dan bisa diamati atau tidak.

4.1.1. Tujuan pengujian

Tujuan dari skenario ini adalah untuk mengamati data kuat arus dan tegangan yang diperoleh dari prototipe perangkat monitoring yang dikirimkan dari client publisher yaitu mikrokontroler arduino menuju broker dengan menggunakan MQTT Protokol

4.1.2. Hasil pengujian

Hasil monitoring merupakan data tegangan (V) dengan kuat arus (A) yang tersimpan dalam log file HiveMQ, kemudian data hasil perkalian tersebut diolah menjadi grafik tegangan dan kuat Arus pada gambar di bawah ini.



Gambar 4.1 Grafik perubahan tegangan dalam satuan waktu dengan beban lampu 20 watt

Gambar 4.2 menjelaskan perubahan tegangan baterai akibat dari penggunaan beban lampu dengan daya 20 Watt dalam waktu 20 menit. Data ini diambil dari *log* yang ada pada MQTT *Broker*. Tegangan awal baterai adalah 12 volt, yaitu ketika baterai dalam keadaan full dan menurun seiring berjalannya waktu karena penggunaan pada beban. Pada sepertiga waktu awal pengujian terjadi tegangan yang tidak normal ditimbulkan dari baterai yang kondisinya tidak baru lagi, dan pin data yang kurang tepat pemasangannya.



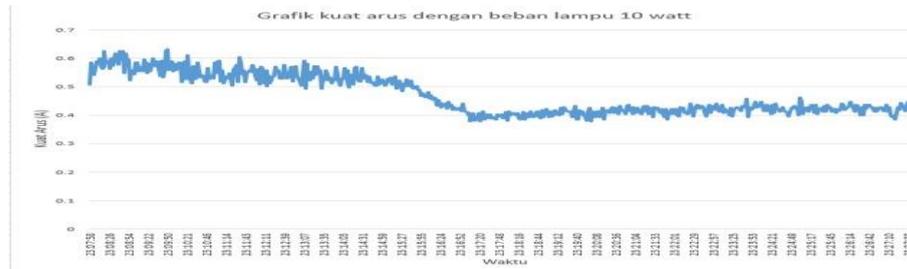
Gambar 4.2 Grafik perubahan tegangan dalam satuan waktu dengan beban lampu 10 watt

Gambar 4.2 menjelaskan perubahan tegangan baterai akibat dari penggunaan beban lampu dengan daya 10 Watt dalam waktu 20 menit. Data ini diambil dari *log* yang ada pada MQTT *Broker*. Tegangan awal baterai bukan lagi 12 Volt karena sudah dipakai pada pengujian pertama pada beban lampu 20 watt. tegangan baterai menurun seiring berjalannya waktu karena penggunaan pada beban.



Gambar 4.3 Grafik arus yang mengalir dalam satuan waktu

Kuat arus yang mengalir selama 20 menit dari baterai menuju beban lampu 20 watt bisa dilihat pada grafik gambar 4.3, dengan rata-rata arus yang mengalir yaitu 0.514612218 A, data ini diperoleh dari log pada MQTT Broker. Naik turunnya arus ditimbulkan dari perangkat keras itu sendiri.



Gambar 4.4 Grafik arus yang mengalir dalam satuan waktu

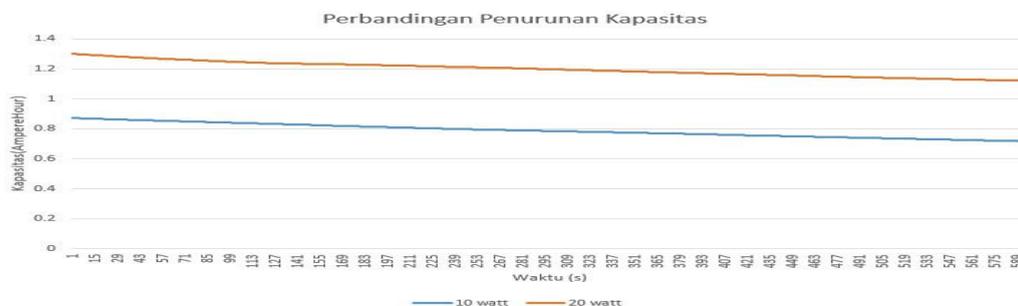
Kuat arus yang mengalir selama 20 menit dari baterai menuju beban lampu 10 watt bisa dilihat pada grafik gambar 4.5, dengan rata-rata arus yang mengalir yaitu 0.469495798 A data ini diperoleh dari log pada MQTT Broker. Naik turunnya arus ditimbulkan dari perangkat keras itu sendiri.

Analisis Arus

Pada gambar 4.4 terlihat rata – rata arus yang mengalir sebesar 0.514612218 A dibandingkan pada grafik 4.5 yaitu sebesar 0.469495798 A. Hal ini menunjukkan bahwa semakin besar daya dari beban maka semakin besar juga arus yang mengalir. Hasil pengamatan ini menunjukkan bahwa MQTT protokol bisa diimplementasikan untuk mengirimkan data arus listrik yang mengalir secara tepat sehingga bisa diamati di dalam aplikasi monitoring. Hasil pengamatan ini menunjukkan bahwa MQTT protokol bisa mengirimkan data arus yang mengalir secara tepat sehingga bisa diamati, serta hal ini membuktikan bahwa prototipe perangkat keras yang dibuat terutama sensor arus bisa mendeteksi perubahan ini.

2. Skenario Pengujian Kapasitas Listrik

Skenario untuk mengamati kapasitas baterai yang tersisa dari penggunaan oleh beban lampu dalam waktu 20 menit. Kapasitas baterai dalam satuan Ampere Hour. Kapasitas total baterai adalah 1.3 AmpereHour. Kapasitas baterai didapat dari rata – rata arus yang mengalir dalam satuan waktu jam yang digunakan oleh beban yang sebelumnya diujikan oleh penulis. Mikrokontroler mengirimkan kapasitas sisa baterai menggunakan protocol MQTT. Skenario ini perlu dilakukan karena untuk melihat keberhasilan protokol MQTT dalam mengirimkan data kapasitas baterai yang tersisa, apakah datanya benar-benar terukur atau tidak, dan bisa diamati atau tidak. Untuk mengamati menggunakan aplikasi monitoring



Gambar 4.6 Grafik penurunan kapasitas baterai dengan beban berbeda

Grafik pada gambar 4.6 merupakan visualisasi penggunaan energi listrik dengan beban lampu dengan daya 10 Watt dibandingkan dengan beban lampu 20 watt selama 20 menit. Yang dibandingkan dari grafik ini adalah penurunan kapasitas dalam rentang waktu yang sama.

Analisis penurunan kapasitas

Pada beban lampu 20 watt penurunannya lebih tajam di awal-awal penggunaan dibandingkan dengan beban lampu 10 watt, hal ini disebabkan oleh arus yang mengalir pada lampu 20 watt lebih besar dibanding 10 watt, namun penurunan kapasitas kedua beban hampir sama sampai waktu terakhir. Bisa dibuktikan dengan melihat gambar 4.4 dan gambar 4.5 yaitu grafik arus yang mengalir pada kedua beban. Serta melihat penjelasan analisis arus. Hasil pengamatan ini menunjukkan bahwa MQTT protokol bisa diimplementasikan untuk mengirimkan data kapasitas baterai tersisa secara tepat sehingga bisa diamati di dalam aplikasi monitoring. Prototipe perangkat monitoring bisa bekerja dengan baik untuk merekam penurunan kapasitas baterai.

5. Kesimpulan

Berdasarkan hasil pengujian dan analisis terhadap monitoring penyimpanan energi listrik yang dihasilkan dari turbin angin dengan menggunakan MQTT Protocol, maka dapat ditarik kesimpulan sebagai berikut :

1. Prototipe perangkat monitoring penggunaan energi listrik pada baterai bisa dibangun, dan hasil dari pengujian monitoring dari perangkat ini bisa dilihat pada aplikasi yang menampilkan grafik.

2. Protokol MQTT bisa diterapkan dan di implementasikan untuk pengiriman secara real-time data-data yang berkaitan dengan monitoring penggunaan energi listrik, data yang dikirimkan melalui protokol ini bisa terlihat dan terukur pada grafik yang ditampilkan oleh aplikasi.

6. Saran

Adapun saran dari penulis untuk pengembangan penelitian lebih lanjut adalah sebagai berikut :

1. Pada Hardware sebaiknya menggunakan sensor yang lebih sensitif agar data yang dihasilkan lebih akurat
2. Menambahkan publisher ataupun subscriber lebih dari satu
3. Ditambahkan penyimpanan data pesan tidak hanya dalam log file , namun ke dalam database
4. Aplikasi yang di buat menggunakan aplikasi berbasis web yang real time

7. Daftar Pustaka

- [1] Allegro MicroSystem, LLC. (2015, 5 1). ACS712-Datasheet. Retrieved from www.allegromicro.com/~media/Files/Datasheets/ACS712-Datasheet.ashx
- [2] Anggraeni, I. (2010). Sistem Monitoring Penggunaan Daya Listrik Menggunakan Sensor Arus Berbasis Mikrokontroler AVR ATMEGA 8535. Bandung: Institut Teknologi Telkom.
- [3] Arduino.cc. (2015, 6 1). Arduino Ethernet Shield. Retrieved from Arduino: <http://www.arduino.cc/en/Main/ArduinoEthernetShield>
- [4] Arduino.cc. (2015, 6 1). Arduino Uno Datasheet. Retrieved from Arduino.cc: <http://www.arduino.cc/en/Main/ArduinoBoardUno>
- [5] Craggs, Ian., Locke, Dave., (2012, September 27). Getting Started with MQTT. Eclipse M2M Webinar #3.Eclipse
- [6] Elektronika Dasar. (2015, 6 1). Pembagi Tegangan (Voltage Divider). Retrieved from <http://elektronika-dasar.web.id>: <http://elektronika-dasar.web.id/teori-elektronika/pembagi-tegangan-voltage-divider/>
- [7] Gorat, R. A., M.Eng, D. E., & Soelami, I. F. (2013). Perancangan Sistem Pemantauan Energi Listrik pada Bangunan Secara Waktu Nyata Berbasis WEB. Bandung: Institut Teknologi Bandung.
- [8] Hekkers, R. (2012, October 13). Realtime data with MQTT, Node.js, MQTTClient.js and Socket.IO. Retrieved November 16, 2014, from Digits Domotica Blog: <http://blog.hekkers.net/2012/10/13/realtime-data-with-mqtt-node-js-mqtt-js-and-socket-io/>
- [9] IBM corporation.(2013).MQ Telemetry Transport (MQTT) in a Nutshell slides. international Business Machines Corp.1-22
- [10] Nugroho, D. N. (2010). ANALISIS PENGISIAN BATERAI PADA RANCANG BANGUN TURBIN ANGIN POROS. Depok: Universitas Indonesia.
- [11] Prihanto, T. A., & Winardi, I. (2013). SISTEM PENYIMPANAN BATERAI DAN PENDISTRIBUSIAN ENERGI LISTRIK PLTH PANDANSIMO BANTUL, D.I.YOGYAKARTA. Semarang: Universitas Diponegoro.
- [12] Robinson, J.M.; Frey, J.G.; Stanford-Clark, A.J.; Reynolds, A.D.; Bedi, B.V., "Sensor networks and grid middleware for laboratory monitoring," e-Science and Grid Computing, 2005. First International Conference on , vol., no., pp.8 pp.,569, 1-1 July 2005
- [13] Romadoni, L. (2013, February 6). Pembangkit Listrik Tenaga Angin. Retrieved 10 29, 2014, from <http://lugiromadoni.blogspot.in/>: <http://lugiromadoni.blogspot.in/>
- [14] Simanjuntak, M. G., & Batubara, F. R. (2013). Perancangan Prototipe Smart Building Berbasis Arduino UNO. Medan: Universitas Sumatera Utara.
- [15] S, U. B., S, A., J, R., & M, G. R. (2014). Machine to Machine Communication for Smart Systems using MQTT. International Journal of Advanced Research in Electrical, Electronics and Instrumentation Engineering, 8242-8248.
- [16] Sunar, S. (2011, September). Strategi Kontrol Turbin Angin. Retrieved Oktober 29, 2014, from <http://mypenelitian.blogspot.in>: <http://mypenelitian.blogspot.in/2011/09/strategi-kontrol-turbin-angin.html>
- [17] Sunusi, I. R. (2014). Sistem Monitoring Data Pasien pada Wireless Sensor Network secara Multipoint. Bandung: Telkom University.
- [18] Togan, P. (2009). Perencanaan Sistem Penyimpanan Energi dengan Menggunakan Battery pada Pembangkit. Surabaya: Institut Teknologi Sepuluh November.
- [19] Wikipedia. (2014, Agustus 2014). MQTT. Retrieved November 16, 2014, from [en.wikipedia.org](http://en.wikipedia.org/wiki/MQTT): <http://en.wikipedia.org/wiki/MQTT>
- [20] Ahira, A. (2015, Juni 27). Pengertian Energi Listrik. Retrieved from Anne Ahira: <http://www.anneahira.com/pengertian-energi-listrik.htm>
- [21] Elektronika Dasar. (2015, Juni 27). Kalibrasi Alat Ukur Listrik Arus Searah (DC). Retrieved from Elektronika Dasar: <http://elektronika-dasar.web.id/instrument/kalibrasi-alat-ukur-listrik-arus-searah-dc/>
- [22] Wikipedia. (2015, July 3). Kalibrasi. Retrieved from Wikipedia: <https://id.wikipedia.org/wiki/Kalibrasi>
- [23] Dunia Listrik. (2015, Juni 27). konsep-energi-dan-daya-listrik. Retrieved from <http://dunia-listrik.blogspot.com>: <http://dunia-listrik.blogspot.com/2009/03/konsep-energi-dan-daya-listrik.html>