

MONITORING ENERGI SECARA *REAL-TIME* PADA MESIN BERBASIS IoT

MONITORING OF ENERGY IN REAL-TIME ON IoT-BASE MACHINE

Irvando A.V. Damanik *, Suratmadji dan Agus Juniawan K

Balai Besar Logam dan Mesin
Jl. Sangkuriang No.12, Bandung

Diterima: 31 Januari 2020

Direvisi: 26 Maret 2020

Disetujui: 10 Juni 2020

ABSTRAK

Monitoring energi merupakan salah satu metode yang digunakan untuk meningkatkan efisiensi penggunaan suatu peralatan listrik. Mesin dengan kapasitas besar perlu dimonitor untuk mengetahui *availability* nya sehingga tidak terjadi rugi-rugi daya, kondisi *idle* dan performanya dapat maksimal sesuai dengan kapasitas optimum yang memungkinkan, sehingga selain parameter utama yang dimonitor (kWh), dilakukan juga monitoring pada parameter frekuensi, arus, faktor daya. Metode pengumpulan data dilakukan dengan perancangan sistem elektronik dan sensor, instalasi perangkat, uji coba pembacaan data, penyiapan *server*, uji konektivitas, integrasi *hardware* ke *web-service*, pengukuran dan analisa. Data penelitian diperoleh dengan menggunakan komponen CT yang dikomunikasikan dengan *controller* menggunakan RS-485 dan data dikumpulkan pada data base di *server* sebagai perwujudan dari *Internet of Things* (IoT). Data yang diperoleh diolah dengan menggunakan pemrograman, dan ditampilkan pada *dashboard* berbasis *online*, sehingga data hasil pembacaan dimonitor secara *online* di *web-service* dan data tersimpan di *server* sebagai *Big data*.

Kata kunci: monitoring energi, IoT, *big data*.

ABSTRACT

Energy monitoring is one method used to improve the efficiency of the use of an electrical equipment. A machine with a large capacity needs to be monitored to find out its availability so that there are no power losses, idle conditions and its performance can be maximized in accordance with the maximum capacity. In addition to the main parameters that are monitored (kWh), monitoring is also carried out on the frequency, current, voltage, power factor parameters. Methods of data collection were carried out by designing electronic and sensor systems, device installation, testing data readings, server setup, connectivity testing, hardware integration to web-service, measurement and analysis. The research data was obtained using the CT component which was communicated with the Controller using RS-485 and data was collected in a data base on the server as an embodiment of the Internet of Things (IoT). Observation data was processed using programming, and displayed on an online-based dashboard, so reading data was monitored online on the web-service and data was stored on the server as Big Data.

Keyword : energy monitoring, IoT, *big data*.

PENDAHULUAN

Monitoring energi merupakan suatu system yang berisi informasi tentang pemakaian energi listrik di suatu peralatan listrik. Dalam pemanfaatan energi listrik kadang kala tidak diketahui berapa banyak energi yang telah terpakai sehingga cenderung menyebabkan pemborosan energi listrik [1]. Untuk memperoleh status penggunaan energi secara akurat dan efektif, aplikasi monitoring energi merupakan hal

yang saat ini banyak dikembangkan [2]. Pentingnya sistem monitoring ini adalah untuk mengetahui besarnya pemakaian energi pada pengoperasian mesin atau peralatan pada workshop dalam setiap proses pemesinan yang dilakukan, agar supervisor dan operator mendapatkan informasi pemakaian energi listriknya secara *real time*. Selain energi listrik dalam kWh, parameter penting lainnya yang sering diabaikan tapi sangat penting diketahui

*Corresponding author :

Email: irvandodmk@yahoo.com

DOI: <http://dx.doi.org/10.37209/jtbbt.v10i1.160>

khususnya bagi pada teknisi adalah parameter Arus (I), Frekuensi (F), Faktor Daya (PF). Parameter-parameter tersebut perlu diketahui sebagai representasi kinerja suatu peralatan listrik ketika beroperasi. Meter listrik saat ini sudah dilengkapi dengan sistem evaluasi yang menyajikan banyak informasi [3]. Satuan kWh adalah kilo Watt hour yang merupakan besaran yang digunakan untuk mengetahui besarnya Watt dikali waktu jam untuk suatu peralatan listrik. Nilai kWh akan dikalikan dengan jumlah Rupiah/jam yang menjadi besaran yang harus dibayar oleh konsumen sebagai nilai konsumsi dari suatu peralatan listrik. Alat kWh meter merupakan komponen yang umumnya terpasang di sisi konsumen sebagai informasi penggunaan jumlah energi listrik [4].

Tegangan (V): adalah perbedaan potensial listrik antara dua titik dalam rangkaian listrik, dan dinyatakan dalam satuan volt. Setiap mesin mempunyai rentang tegangan yang berbeda-beda, sehingga dengan mengetahui tegangan yang dibaca dapat diketahui apakah mesin tersebut bekerja pada *voltage rate* operasional peralatan atau tidak. Frekuensi (F): diasosiasikan dengan frekuensi tegangan dan arus listrik. Frekuensi ini diperoleh dari kombinasi jumlah putaran dan jumlah kutub listrik pada generator di pembangkit listrik. Umumnya di Indonesia frekuensi yang digunakan peralatan listrik adalah 50 Hz. Faktor Daya (PF): merupakan besaran yang menunjukkan seberapa efisien jaringan dalam menyalurkan daya yang dimanfaatkan, dengan batas dari 0 hingga 1. Untuk meningkatkan produktivitas dari suatu peralatan/mesin maka dilakukan pemantauan/monitoring pada mesin-mesin agar didapatkan kondisi secara *real-time* informasi tentang status mesin.

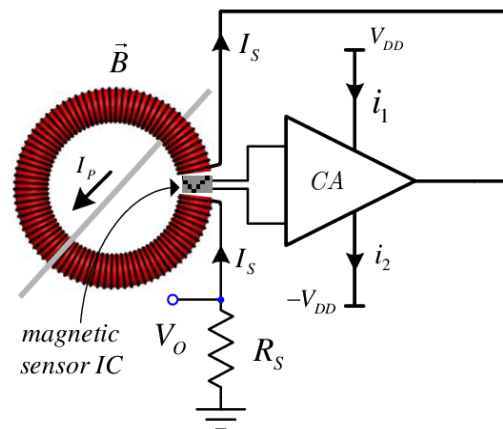
Tujuan dari penelitian ini adalah untuk mendapatkan suatu sistem monitoring energi secara *real-time* yang dapat dipantau pada *web-service* dan keseluruhan data dapat tersimpan pada *Big Data* di *server*. Dengan adanya *Big Data*, maka dapat dilakukan analisis dari data-data yang telah dikumpulkan pada suatu rentang waktu dan hasil analisis dapat digunakan untuk melakukan tindakan terhadap mesin seperti pemeliharaan atau tindakan lainnya sehingga produktivitas mesin dapat terjaga serta efektif dalam operasionalnya.

BAHAN DAN METODE

Komponen dan peralatan yang digunakan dalam membangun suatu sistem monitoring energi secara *online* adalah komponen standar yang dapat ditemukan di pasaran secara luas sesuai dengan spesifikasi yang dibutuhkan.

1. Sensor Arus (*Current Transformer*)

Sensor arus adalah komponen yang digunakan untuk mendapatkan nilai arus yang mengalir pada mesin melalui kabel-kabel yang terpasang. CT yang digunakan dalam kegiatan ini mempunyai rasio 100/5 yang artinya setiap arus yang terukur sebesar 100 A maka diwakili/dikonversi menjadi 5 A, untuk *three phase*. Pemasangan rangkaian CT terlihat pada Gambar 1 dengan menyesuaikan posisi CT yang dipasang tidak bisa terbalik sesuai dengan arah arus.



Gambar 1. Sensor Arus (CT) 100/5 A

2. Power meter

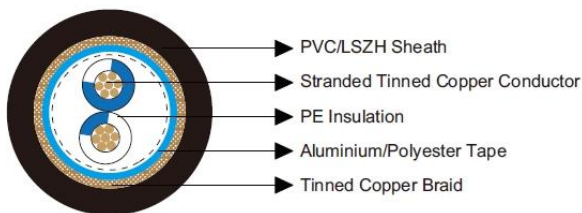
Power meter digunakan untuk mengkonversi nilai-nilai pembacaan CT kedalam kWh, arus, frekuensi, faktor daya, dan parameter lainnya. Power meter yang digunakan dalam penelitian ini jenis SPM90 seperti yang terlihat pada Gambar 2. Jenis power meter yang digunakan sesuai dengan kebutuhan untuk pengambilan data karena setiap tipe mempunyai perbedaan dalam hal jumlah data yang mampu dikeluarkan dan jenis *port* komunikasinya.



Gambar 2. Power Meter SPM93

3. Kabel Data

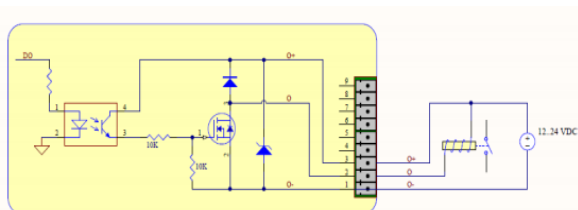
Kabel data yang digunakan untuk mengkomunikasikan power meter dengan *controller* adalah kabel RS-485 (9841) seperti yang terlihat pada Gambar 3. Pemilihan kabel didasarkan pada *port* komunikasi dan data pada power meter dan *controller*.



Gambar 3. Belden RS-485 (Struktur)

4. Controller

PLC/*Controller* pada Gambar 4, umumnya digunakan sebagai perangkat untuk kendali yang mampu untuk menyimpan, mengatur dan memproses data secara aritmatika, dan menghasilkan data sesuai kebutuhan pengguna. Dalam penelitian ini digunakan *controller* yang bisa terhubung dengan *server* baik secara serial dan LAN- connection.



Gambar 4. External Wiring Controller

5. Server

Bagian penting dalam membangun database adalah menyiapkan *server* yang dapat dilihat pada Gambar 5, untuk tempat penyimpanan data hasil keluaran dari *controller* yang selanjutnya digunakan dalam analisa data dan dapat diakses secara *online*.

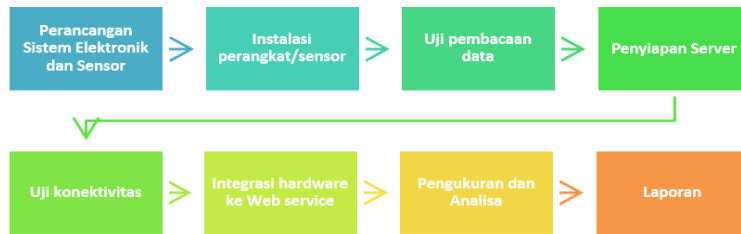


Gambar 5. Server HPE ProLiant DL20

6. Internet

Internet merupakan bagian yang digunakan untuk komunikasi data dari sensor hingga ke *server*.

Metode dalam penelitian dilakukan dengan beberapa tahapan sesuai pada Gambar 6. Awalnya adalah tahap Perancangan Sistem Elektronik dan Sensor hingga menghasilkan suatu konseptual desain, kemudian dilanjutkan dengan proses instalasi perangkat/sensor pada bagian yang akan diambil datanya dan semua terinstal dengan baik. Untuk mengetahui keberfungsian perangkat/sensor yang diinstal maka dilakukan pengujian fungsi hingga dapat membaca data. Setelah dipastikan seluruh peralatan berfungsi maka disiapkan *server* yang merupakan tempat penyimpanan database dan seluruh data pembacaan sistem yang dibangun. Langkah berikutnya adalah uji konektivitas hingga diketahui sistem sudah tersambung dari *sensor*, *controller*, *server* hingga *web-service*; kemudian dilakukan integrasi *hardware* ke *web-service* untuk memastikan seluruh peralatan/*hardware* dapat terhubung dengan *server* dan data yang diterima dapat dikontrol (*sent/receive*). Tahap akhir adalah uji coba keberfungsian sistem yang dibangun hingga didapatkan data dan kemudian dianalisa dengan membandingkan hasil pembacaan di alat dengan hasil di aplikasi yang dibangun.



Gambar 6. Diagram Alir Penelitian

Sistem monitoring energi listrik selama ini sudah banyak dikembangkan oleh para peneliti [5]-[8], yaitu sistem yang dibangun dengan menggunakan perangkat yang berbasis android dan raspberry. Namun penggunaan *mini PC* jenis ini hanya untuk monitoring peralatan listrik yang mengkonsumsi listrik rendah (tidak lebih dari 10 Amp). Pada umumnya untuk monitoring energi dan aktivitas peralatan skala besar menggunakan PLC dan SCADA. Oleh sebab itu *mini PC* kurang tepat untuk memonitor mesin-mesin yang mempunyai kapasitas besar > 10 Ampere. Mesin-mesin CNC juga umumnya menggunakan jaringan listrik dengan 3 kabel fasa. Penelitian ini merancang sistem monitoring energi listrik menggunakan sensor arus (CT) [9] sebagai alat untuk mendeteksi jumlah arus yang mengalir pada masing-masing kabel fasa. Penggunaan CT disebabkan karena arus besar tidak akan dapat dibaca langsung menggunakan power meter atau energi meter. Power meter yang digunakan adalah spm91 berbasis *protocol modbus* dan serial komunikasi RS485 [10]. Masing-masing power meter tersebut akan dihubungkan ke satu *controller* yang setiap power meternya disambungkan secara seri dengan lainnya. Komunikasi *controller* ke jaringan internet menggunakan wifi dan kabel LAN. Ethernet shield sebagai alat pengirim nilai-nilai yang terukur ke database *server*.

Data yang dikirimkan melalui *controller* dalam bentuk data analog yang diolah dan dianalisa sesuai dengan kebutuhan pada *dashboard*. *Dashboard* diakses secara *online* melalui *web-browser* yang tersambung ke internet dengan menggunakan *smart phone*, PC, laptop yang terkoneksi dengan internet.

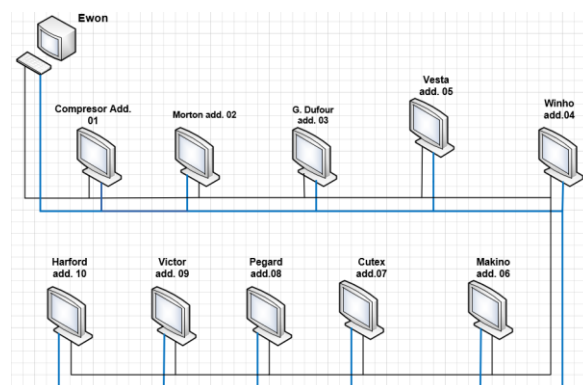
HASIL DAN PEMBAHASAN

Monitoring Energi

Arsitektur antara mesin-mesin yang dimonitor, dirancang untuk mempermudah proses pengkabelan, sehingga data dapat terkumpul dan

dikirim dengan baik ke *server* yang dibangun. Mesin yang dimonitor terdiri dari mesin *milling*, *turning* dan bubut. Posisi kontrol diletakkan di tengah keseluruhan mesin untuk mempermudah proses penarikan data melalui kabel dan dekat dengan koneksi ke internet.

Data pembacaan Sensor Arus (CT) yang dipasang pada masing-masing kabel fasa dikirimkan ke power meter yang terdapat pada masing-masing mesin, dikonversikan kedalam parameter-parameter Arus (I), Frekuensi (F), dan Faktor Daya (PF). Data yang telah diolah, kemudian ditampilkan pada *dashboard* sistem monitoring energi untuk semua mesin sesuai dengan arsitektur yang dibangun sesuai dengan Gambar 7. Topologi menunjukkan ada 11 mesin yang dimonitor dan disambungkan secara seri.

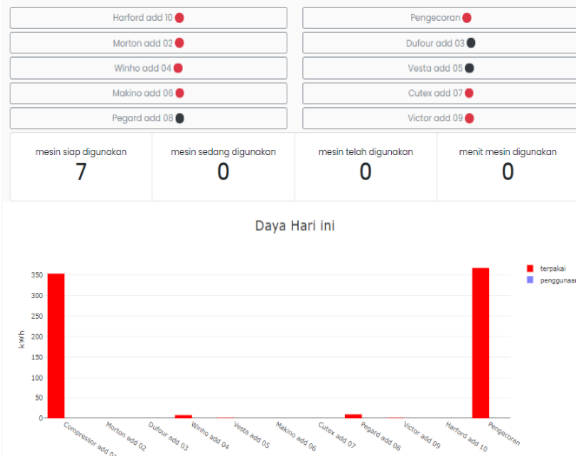


Gambar 7. Wiring Kabel RJ 485 Power Meter ke Panel Flexy Ewon

Data dapat dipantau secara *online* dari mana saja selama peralatan elektronika yang digunakan (PC, laptop, smartpone), terhubung ke internet. User yang dapat mengakses *dashboard* sistem monitoring energi adalah *user* yang sudah didaftarkan sebelumnya pada aplikasi.

Informasi pada Gambar 8 menunjukkan *dashboard* utama sistem monitoring energi saat user melakukan login. Grafik bagian atas adalah status mesin yang dimonitor (merah=berfungsi, biru=rusak dan hijau=dipakai), sedangkan grafik

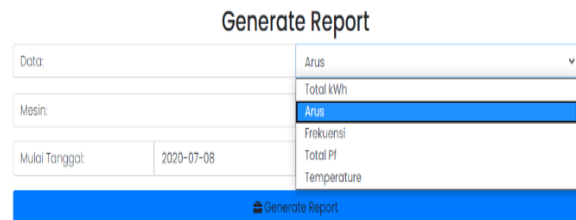
bawah menunjukkan total pemakaian energi per-harinya dari semua mesin yang dimonitor dalam kWh. Melalui halaman utama secara umum dapat dipantau penggunaan energi total pada masing-masing mesin yang dipasang alat monitoring. Jika *user* hendak melihat data yang lebih detail beserta semua parameter kelistrikan dari mesin yang dimonitor untuk masing-masing mesin, maka perlu mengakses menu *report* yang ada pada halaman utama.



Gambar 8. Dashboard Utama Sistem Monitoring Energi

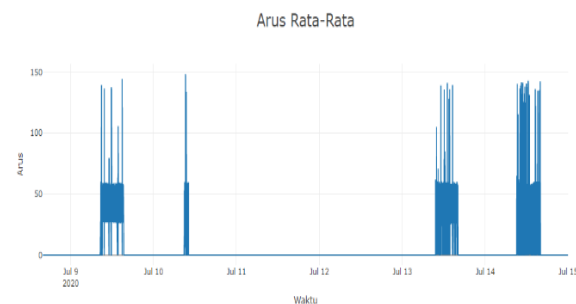
Parameter monitoring data seperti pada Gambar 9, user bisa memilih parameter : Total kWh, F, arus, dts. Misal pada mesin *compressor* maka hal yang dilakukan adalah memilih di bagian kolom datanya = arus, di bagian mesin = *compressor* kemudian diatur rentang waktu yang diinginkan (misal 1 tahun, 1 bulan atau 1 minggu). Setelah tahapan itu diklik generate datanya dan didapatkan hasil seperti yang ditampilkan pada Gambar 10.

Sistem monitoring energi akan menampilkan grafik arus yang mengalir pada mesin *compressor* selama 1 minggu (sesuai dengan pemilihan rentang data) pengamatan dengan frekuensi pengiriman data setiap 5 detik. Informasi menunjukkan besarnya arus yang mengalir untuk setiap waktunya, dan dari grafik dapat juga diketahui kapan mesin tersebut dialiri arus paling tinggi, yang artinya mesin tersebut sedang dioperasikan, yang ditunjukkan oleh grafik pada Gambar 10. Melalui kondisi ini juga diperoleh informasi bahwa mesin sedang tidak digunakan (*idle*), rusak dan status lainnya. sehingga *user* dapat mengambil suatu tindakan selanjutnya.



Gambar 9. Parameter Monitoring per Mesin

Perbesaran data menjadi suatu opsi yang dapat dilakukan untuk melihat lebih detail grafik arus yang dikonsumsi oleh mesin *compressor* secara visual yang disediakan di menu *dashboard*. Dengan perbesaran data yang dilakukan, dapat dilihat data lebih detail hingga per 5 detik.



Gambar 10. Data Arus Mesin *Compressor* Selama 1 Minggu

Informasi yang diberikan oleh grafik juga dapat mendeteksi apakah ada kebocoran arus atau tidak pada mesin yang dimonitor. Contoh yang bisa dilihat yaitu jumlah arus yang mengalir pada suatu mesin tetap bernilai besar sekalipun mesin sedang tidak dinyalakan atau sedang mengerjakan sesuatu.

Secara umum untuk mendeteksi rugi-rugi daya pada suatu sistem dapat di cari dengan menggunakan persamaan:

Saluran pendek:

$$P_L = 3I^2RL \dots \dots \dots (1)$$

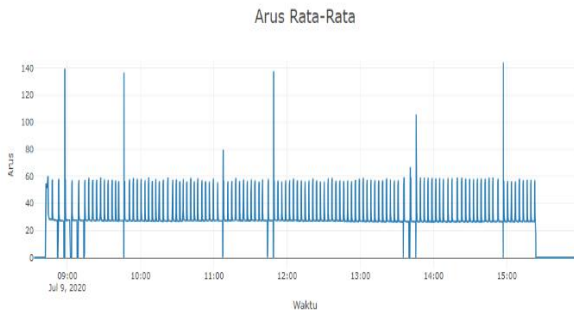
Saluran Panjang:

$$P_L = 3RLx(I^2 - I_c \sin Q_r + I_c^2) \dots \dots \dots (2)$$

Dimana:

- PL = hilang daya (watt)
- R = tahanan kawat per fasa (Ω / km)
- L = panjang saluran (Km)
- Cos Qr = faktor – daya beban / ujung penerima
- I = arus beban (A)
- IC = arus pemuat pada titik pengiriman (A)

Dengan menggunakan persamaan (1) dan (2) dapat ditentukan berapa besar rugi-rugi yang terjadi pada masing-masing mesin, sehingga jika ada nilai-nilai yang dianggap tidak wajar, maka dapat dibandingkan dengan pembacaan pada sistem monitoring dengan perhitungan menggunakan rumus secara matematika sehingga diketahui apakah terjadi kebocoran arus apa tidak sepanjang instalasi pada masing-masing mesin yang dimonitor.



Gambar 11. Perubahan Setiap Waktu Sliran Arus

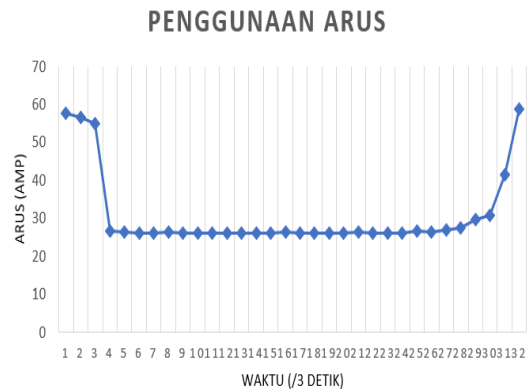
Secara visual grafik pada Gambar 11 menunjukkan bagaimana perubahan aliran arus pada mesin yang dimonitoring. Bila membutuhkan data yang lebih detail dapat dilakukan dengan cara membaca data yang lebih spesifik karena pengiriman data dilakukan per 5 detik. Jika ingin melihat detail data arus lebih detail dan dalam angka, klik tombol *save* untuk mendapatkan data dan dapat disimpan dalam format csv. Data yang disimpan dalam format ini memberikan informasi kepada pengguna berapa angka pasti dari nilai arus per satuan detik yang diinginkan. Informasi akan menjadi lebih jelas seperti yang ditampilkan pada grafik Gambar 12.

Data pada grafik memberikan gambaran akurat arus yang dikonsumsi mesin dan data ini disimpan pada database di *storage server* sesuai dengan rentang waktu yang diinginkan. Format tampilan data (tanggal, jam, menit, detik, mesin, nilai arus) dapat diatur sesuai kebutuhan pengguna. Grafik memperlihatkan data konsumsi arus pada setiap waktu (detik).

Perekaman dalam satuan detik diperlukan karena mesin *compressor* bisa hanya menyala dalam beberapa detik saja karena dipasang dalam mode otomatis menyala.

Informasi grafik menunjukkan rentang waktu pada data 1,2,3 adalah *compressor* mulai akan pada posisi menyala setengah yang menandakan mesin *compressor* hanya menyala sebagian dan pada perekaman ke 29 mesin

Compressor mulai menyala penuh lagi begitu juga hingga pada pada titik ke 32 kondisi full



Gambar 12. Nilai Arus Pembacaan Mesin *Compressor*

Untuk melihat parameter total energi yang dikonsumsi pada mesin *vesta* selama rentang waktu 1 minggu, maka pada bagian data bisa dipilih item kWh, mesin *vesta* dan rentang waktu.

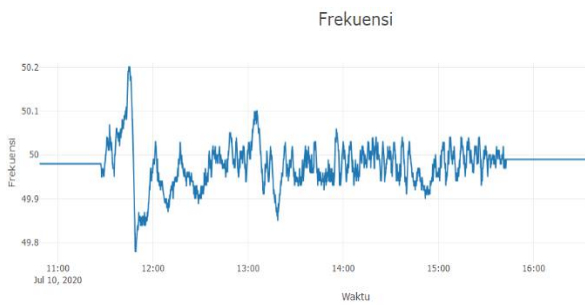
Grafik pada gambar 13 memberikan nilai total penggunaan energi (kWh) mesin kompreor selama satu minggu yaitu sekitar 70.000 kWh. Total energi yang ditampilkan pada grafik juga dapat menunjukkan nilai Rupiah yang harus dibayarkan selama satu minggu dengan berpedoman pada besaran nominal yang harus dibayarkan /kWh sesuai dengan daya listrik yang digunakan, sehingga angka tersebut juga bisa digunakan sebagai dasar untuk perhitungan biaya/tarif yang harus dikenakan jika ada suatu pekerjaan *machining* yang menggunakan mesin Kompresor.



Gambar 13. Penggunaan Energi Selama 1 Minggu pada Mesin *Compressor*

Informasi grafik juga menggambarkan jam operasi suatu mesin. Apabila mesin tidak sedang dioperasikan namun terdeteksi penggunaan energi (kWh), maka operator/*user* dapat menduga adanya kebocoran arus pada sistem pengkabelan mesin. Parameter frekuensi dapat dilihat pada Gambar 14. Grafik menunjukkan kondisi frekuensi sistem saat mesin dinyalakan.

Umumnya di Indonesia, mesin akan optimal pada frekuensi 50 Hz.



Gambar 14. Frekuensi Mesin CNC Cutex

Dengan informasi yang ditampilkan dapat diamati apakah frekuensi sistem bervariasi yang mana idealnya adalah 50 Hz pada saat mesin dinyalakan. Jika frekuensi semakin jauh dari 50 Hz itu artinya akan terjadi rugi-rugi daya akibat panas yang dihasilkan dikarenakan mesin tidak bekerja pada range frekuensi yang sudah ditetapkan.

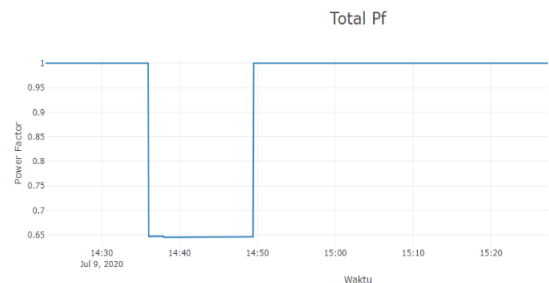
Untuk menjamin tingkat akurasi data, dilakukan validasi antara data yang ada pada *controller* dengan aktual yang ada pada alat ukur (kWh meter) yang terpasang pada tiap mesin. Gambar 15 menunjukkan proses validasi parameter menggunakan daya listrik pada mesin antara data yang akan dikirim ke *server* dan nilai yang terdapat pada kWh meter yang difungsikan sebagai alat ukur sudah sesuai.



Gambar 15. Validasi Parameter Daya Pemakaian

Grafik frekuensi menunjukkan monitoring yang dilakukan pada saat mesin belum digunakan dan saat mesin sedang menjalankan proses pemesinan.

Selain beberapa parameter yang sudah disebutkan, aplikasi juga bisa digunakan untuk fungsi monitoring terhadap faktor daya yang terlihat pada gambar 16. Aplikasi menampilkan data secara *online* dan *real-time* sekaligus data yang sudah lalu juga dapat dimunculkan kembali karena disimpan di dalam *server*.



Gambar 16. Grafik Faktor Daya Mesin Makino

Big Data dibangun dengan mempertimbangkan besarnya kapasitas penyimpanan data yang dibutuhkan dan berapa lama data akan disimpan sebelum data baru menimpa yang sudah ada. Selain itu bukan hanya data yang besar, volume data yang masuk secara *real-time* dengan jumlah yang besar sehingga membutuhkan software pemrosesan data yang *real-time* juga. Data pembacaan disimpan pada *storage* di *server* dan disiapkan juga aplikasi *programming* untuk mengambil, menganalisa hingga mengirim data tersebut.

Storage disiapkan untuk menyimpan data sistem monitoring kurang lebih 3 tahun. *Server* disiapkan dengan spesifikasi sesuai dengan kebutuhan agar mampu bertahan dalam hal pengiriman data maupun jumlah data yang di kirim dan diterima. Untuk mengakomodir kebutuhan yang diharapkan sesuai dengan aplikasi monitoring energi yang dibangun maka disiapkan *Server* dengan spesifikasi seperti pada Tabel 1.

Tabel 1. Spesifikasi *Server* Monitoring Energi

Nama <i>Hardware</i>	Spesifikasi
PC <i>Server</i>	HPE ProLiant DL20 Gen9; Intel Xeon E3-1220v6 Quad Core; 16GB
HDD - Add on <i>Server</i>	Harddisk HPE 1.2TB SAS 10K
RAM - Add on <i>Server</i>	HPE DL20 8GB (1x8GB) Dual Rank x8 DDR4
<i>Routerboard</i> CCR1036-12G-4S	1U rackmount, 12x Gigabit Ethernet, 4xSFP cages, LCD 36 cores x 1.2GHz CPU, 4GB RAM
<i>Module Transceiver Fiber Optic</i> SFP	Konverter fiber (optic-RJ45) untuk Mikrobits SFP Transceiver (RJ45)

KESIMPULAN

Suatu sistem yang dapat memonitor *real-time* penggunaan energi pada mesin-mesin yang sedang beroperasi telah diteliti, dengan memanfaatkan sensor, *control*, internet dan *server* sebagai komunikasi pengambilan data hingga menampilkan data. *Big Data* merupakan aspek penting untuk mendapatkan seluruh data, sehingga sistem monitoring energi yang dibangun tidak hanya mendapatkan data secara *real-time* tetapi menyimpan seluruh data sebelumnya.

UCAPAN TERIMA KASIH

Kepada seluruh anggota Tim Penelitian Smart Office BBLM 2019: Anugrah Erick, Nana Juhana, Robby Debrian, Agus Sutisna, Sony Harbintoro, Ali

DAFTAR PUSTAKA

- [1] I. Dinata and W. Sunanda., "Implementasi Wireless Monitoring"., *Nas. Tek. Elektro*, no. 1, pp. 83–88, 2015.
- [2] Y. Sun and Z. Wang., "The Energy Consumption Monitoring Platform Design for Large-Scale Industry Users Based on the GPRS"., 2011 2nd Int. *Conf. Mech. Autom. Control Eng.* MACE 2011 - Proc., pp. 7827–7830, 2011.
- [3] A. Van Den Bossche, B. Meersman, and L. Vandeveldel., "Fundamental Tarification of Electricity Keywords Single phase tarification"., *Power Qual.*, pp. 1–7, 2009.
- [4] M. Artiyasa, S. N. Hanifah, and A. Felani.,

"Analysis Deviation of Direct Measurement kWh Meter in PLN P2TL Rayon Sukaraja Kab. Sukabumi"., *3rd Int. Conf. Comput. Eng. Des.* ICCED 2017, vol. 2018-March, pp. 1–6, 2018.

- [5] R. R. A. Siregar, N. Wardana, and Luqman, "Sistem Monitoring Kinerja Panel Listrik Tenaga Surya Menggunakan Arduino Uno.", *JETri J. Ilm. Tek. Elektro*, vol. 14, no. 2, pp. 81–100, 2017.
- [6] A. A. Ilham and A. A. S. Ramschie., "Sistem Monitoring dan Kendali Kerja Air Conditioning Berbasis Mikrokontroler ATmega 8535"., *J. Ristek*, vol. 2, no. 1, 2013.
- [7] R. Sulistyowat and D. D. Febriantoro, "Perancangan Prototype Sistem Kontrol dan Monitoring Pembatas Daya Listrik Berbasis Mikrokontroler"., *J. IPTEK.*, Vol 16 No.1 Mei 2012, vol. 16, no. 1, pp. 10–21, 2012.
- [8] N. AMARO., "Sistem Monitoring Besaran Listrik dengan Teknologi IoT (*Internet of Things*)"., *Skripsi.*, Fakultas Teknik Univ. Bandar Lampung, pp. 1–52, 2017.
- [9] N. McNeill, H. Dymond, and P. H. Mellor., "High-fidelity Low-Cost Electronic Current Sensor for Utility Power Metering"., *IEEE Trans. Power Deliv.*, vol. 26, no. 4, pp. 2309–2317, 2011.
- [10] Z. Pilot and T. Co, "DIN Rail Single Phase Energy Meter Installation & Operation Manual V1. 0 ZHUHAI PILOT TECHNOLOGY CO ., LTD "., pp. 0–13.