

Data Analitik Konsumsi Energi Berbasis IoT

Gabriel Agus^{#1}, Tunggul A. Nugroho^{#2}, Yoyok Gamaliel^{#3}

Program Studi Teknik Komputer, Institut Teknologi Harapan Bangsa
Jln. Dipati Ukur no. 80-84, Bandung, Indonesia

sk-17002@students.ithb.ac.id

tunggul@ithb.ac.id

yoyok@ithb.ac.id

Abstract— Household activities are not apart from the use of electricity. Electrical equipment usage increases the value of electric power and affects the cost of electricity. If this happens continuously without supervision, the increasing electricity costs will affect household expenses and increase the risk of equipment damage to the worst case of fire. Based on it, the solution is to carry out a monitoring system that receives and stores voltage, current, and power in real-time data. A dashboard will be made as a visualization tool which is then continued with data processing and analysis to obtain recommendations for efficient and economical electricity energy use. Data visualization is needed to facilitate monitoring and suggestion so that savings and electrical energy efficiency can be carried out and prevent/reduce losses due to energy efficiency losses.

Keywords— sensor, efficiency, electric power, monitoring, regression.

Abstrak— Kegiatan rumah tangga tentu tidak lepas dari pemakaian listrik. Penggunaan peralatan listrik meningkatkan nilai daya listrik dan biaya listrik yang ikut membesar. Apabila hal ini terjadi terus-menerus tanpa pengawasan, biaya listrik yang membesar akan mempengaruhi pengeluaran rumah tangga yang relatif menjadi boros serta meningkatkan resiko kerusakan alat hingga yang terburuk terjadinya kebakaran. Berdasarkan hal tersebut, solusi yang diberikan adalah melakukan sistem monitoring yang menerima dan menyimpan data-data tegangan, arus, dan daya secara real-time dan akan dibuatkan juga sebuah dashboard sebagai alat visualisasi yang kemudian dilanjutkan dengan pengolahan dan analisis data untuk mendapatkan rekomendasi penggunaan energi listrik yang hemat dan efisien. Visualisasi data dibutuhkan untuk mempermudah monitoring dan rekomendasi agar penghematan dan efisiensi energi listrik dapat dilakukan serta mencegah/mengurangi kerugian akibat dari rugi-rugi efisiensi energi.

Kata Kunci— sensor, efisiensi, energi listrik, monitoring, regresi.

I. PENDAHULUAN

Listrik merupakan hal yang sangat dekat dengan kehidupan manusia. Hal ini menjadikan listrik sebagai kebutuhan utama baik dalam kegiatan industri maupun kehidupan sehari-hari. Kegiatan rumah tangga tentu tidak lepas dari pemakaian listrik. Penggunaan lampu untuk penerangan rumah, mesin cuci, alat masak seperti rice cooker, kompor listrik dan oven, kulkas untuk menyimpan bahan makanan hingga untuk hiburan seperti televisi, telepon genggam, laptop dan peralatan listrik lainnya. Banyaknya peralatan listrik yang digunakan tentu

berbanding lurus dengan penggunaan daya yang akan semakin besar juga.

Penggunaan peralatan listrik meningkatkan nilai daya listrik dan biaya listrik yang ikut membesar [1]. Apabila hal ini terjadi terus-menerus tanpa pengawasan, biaya listrik yang membesar akan mempengaruhi pengeluaran rumah tangga yang relatif menjadi boros. Selain itu, besarnya daya dapat menyebabkan beban arus berlebih dan menghasilkan panas pada isolator, terminal, sambungan atau konduktor disekelilingnya [2]. Panas ini dapat meningkatkan resiko padamnya listrik atau yang lebih buruk terjadi kebakaran.

Perkembangan terakhir dilakukan oleh Benriwati Maharmi, Toriq Kardova, Ermawati dengan Membandingkan konsumsi energi listrik menggunakan on/off manual dengan kendali on/off otomatis lampu penerangan rumah dengan kondisi beban yang bervariasi. Menggunakan RTC (Real Time Clock) untuk mengatur waktu dan sensor arus ACS712 secara otomatis dengan waktu yang telah ditentukan, sehingga memberi dampak hemat biaya energi listrik [3].

Berdasarkan hal tersebut, perlu dilakukan monitor dan analisis data agar penghematan dan efisiensi dalam penggunaan listrik dapat dilakukan. Panas dapat diminimalisir agar kerusakan pada peralatan listrik yang dapat berakibat pada padamnya listrik atau kebakaran dapat dicegah. Visualisasi data juga akan dilakukan untuk mempermudah monitoring serta pengolahan data yang akan digunakan untuk analisis.

Sudah ada penelitian sebelumnya oleh Mario, L. P. Boni, dan Muliadi yaitu perancangan sistem proteksi dan monitoring penggunaan daya listrik pada beban skala rumah tangga berbasis mikrokontroler ATmega328P sebagai pengendali utama. Monitoring penggunaan daya menggunakan modul GSM melalui pesan singkat atau SMS dan juga menggunakan relay untuk memutuskan arus listrik ketika terjadi beban berlebih [4].

Solusi yang diberikan adalah melakukan sistem monitoring yang menerima dan menyimpan data-data tegangan, arus, dan daya secara real-time dan akan dibuatkan juga sebuah dashboard sebagai alat visualisasi yang kemudian dilanjutkan dengan pengolahan dan analisis data untuk mendapatkan rekomendasi penggunaan energi listrik yang hemat dan efisien.

Manfaat dari penelitian yang dilakukan adalah mendapatkan visualisasi data untuk mempermudah monitoring, rekomendasi agar penghematan dan efisiensi energi listrik dapat dilakukan, dan dapat mencegah/mengurangi kerugian akibat dari rugi-rugi efisiensi energi.

II. METODOLOGI

A. Identifikasi Masalah

Penggunaan listrik rumah tangga seringkali mengalami pemborosan akibat dari penggunaan yang tidak efisien dari kelalaian penggunaannya dan mengakibatkan biaya yang juga bertambah besar. Untuk itu perlu dilakukan monitoring terhadap penggunaan listrik di rumah yang hasilnya dapat divisualisasikan untuk mempermudah konsumen melihat penggunaan energi listrik sehari-hari serta analisis dan pengolahan data dari data-data tersebut agar dapat diberikan rekomendasi penggunaan listrik yang lebih hemat dan efisien. Sehingga kerusakan peralatan listrik yang dapat berakibat pada padamnya listrik atau kebakaran dapat dihindari.

B. Pemangku Kepentingan

Pihak yang terkait dengan penggunaan sistem ini adalah pemilik rumah tangga yang ingin mengetahui penggunaan energi listrik sehari-hari di rumahnya. Meminimalisir kerugian akibat dari penggunaan energi yang kurang efisien.

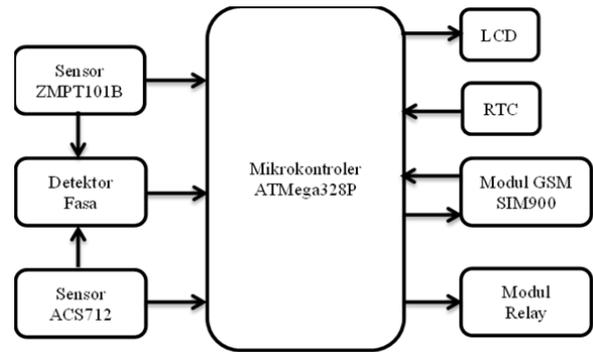
C. Riset/Produk Terkait

Riset yang dilakukan oleh Benriwati Maharmi, Toriq Kardova, Ermawati membandingkan konsumsi energi listrik menggunakan on/off manual dengan kendali on/off otomatis lampu penerangan rumah dengan kondisi beban yang bervariasi. Menggunakan RTC (Real Time Clock) untuk mengatur waktu dan sensor arus ACS712 secara otomatis dengan waktu yang telah ditentukan, sehingga memberi dampak hemat biaya energi listrik. [3]

Mario, L. P. Boni, dan Muliadi melakukan perancangan sistem proteksi dan monitoring penggunaan daya listrik pada beban skala rumah tangga menggunakan sensor arus ACS712 dan sensor ZMPT101B berbasis mikrokontroler ATmega328P sebagai pengendali utama. Hasil yang didapatkan adalah sistem dapat membaca beda fasa antara gelombang arus dan tegangan serta mampu memutuskan arus listrik ketika terjadi beban lebih. [4]

D. Sistem yang Telah Ada

Sensor tegangan (ZMPT101B) mendeteksi besar kecil tegangan dan sensor arus (ACS712) mendeteksi besar kecil arus akan dideteksi beda fasanya pada detektor fasa yang kemudian masuk ke mikrokontroler ATmega328P untuk fungsi kontrol dan pemrosesan data. RTC berfungsi sebagai timer real time. Modul GSM SIM900 untuk mengirim pesan ke jaringan selular dari media lain atau sebaliknya. Hasil data pengukuran dan perhitungan akan ditampilkan melalui LCD. Apabila terjadi beban berlebih maka modul relay akan bekerja untuk memutuskan arus listrik. Gambar 1 menunjukkan arsitektur dari sistem tersebut.



Gambar 1 Arsitektur sistem yang telah ada

E. Sistem Yang Diusulkan

Saat hardware dinyalakan, sensor akan membaca data arus, tegangan, suhu, kelembapan dan intensitas cahaya. Data tersebut kemudian dikirimkan ke mikrokontroler untuk diproses. Hardware terhubung ke internet untuk melakukan data logging yang kemudian disimpan ke dalam Google Sheets. Data mentah diolah dahulu untuk ditampilkan n-baris terakhir saja. Hasil ini kemudian divisualisasikan ke dashboard. Data analisis dilakukan dengan mengamati data-data yang sudah dimiliki beserta tampilan dashboard. Setiap harinya, dilakukan pencadangan data kemudian penghapusan data karena keterbatasan pada Google Sheets. Skema sistem diperlihatkan pada Gambar 2.



Gambar 2 Arsitektur sistem yang diusulkan

F. Analisis Kebutuhan

Analisis kebutuhan ini dibagi menjadi dua bagian, yaitu kebutuhan fungsional dan kebutuhan nonfungsional. Kebutuhan fungsional merupakan kebutuhan yang berisi proses apa saja yang dilakukan oleh sistem, sedangkan kebutuhan nonfungsional yaitu analisis untuk mengetahui spesifikasi kebutuhan sistem itu sendiri.

1) Kebutuhan Fungsional

1. Menerima data real-time dari perangkat.
2. Menyimpan data dalam bentuk tabel di Google Sheets.
3. Menampilkan sejumlah data terakhir (misal : 50 baris terakhir).

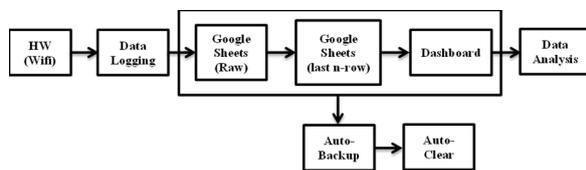
4. Melakukan auto-backup data sesuai waktu yang diinginkan (per minggu, per hari).
5. Melakukan auto-clear karena adanya keterbatasan jumlah data yang dapat disimpan pada sebuah sheets.
6. Menampilkan visualisasi data dalam bentuk dashboard.
7. Menggunakan data dari Google Sheets untuk analisis.

2) Kebutuhan Nonfungsional

1. Data logging dari hardware.
2. *Trigger* pada *Google Sheets* untuk penentuan waktu *backup* dan *clear*.

G. Perancangan Sistem

Perancangan sistem berasal dari arsitektur sistem yang sudah dikembangkan dan dapat dilihat pada Gambar 3.



Gambar 3 Perancangan Sistem

1) Hardware

Hardware yang digunakan menggunakan sensor arus dan tegangan serta sensor suhu, kelembapan, dan intensitas cahaya. Terdapat mikrokontroler untuk mengolah input sesuai program yang diberikan didalamnya.

2) Data Logging

Data logging merupakan proses pengumpulan dan perekaman data secara otomatis dari sensor dengan tujuan tertentu untuk melakukan analisis. Sensor akan melakukan konversi terhadap besaran fisik menjadi sinyal listrik lalu dikirimkan ke mikroprosesor untuk pengolahan.

3) Google Sheets (Raw Data)

Hasil pengumpulan dan perekaman data disimpan ke dalam Google Sheets untuk ditampilkan secara online dan real-time. Tabel terdiri dari 29 kolom dan n-baris sesuai data real-time.

4) Google Sheets (last n-row)

Setelah didapatkan raw data, selanjutnya akan ditentukan n-data terakhir yang akan digunakan dan divisualisasikan. Formula yang digunakan untuk menampilkan n-data terakhir adalah

```
=OFFSET(Log!A2,COUNTA(Log!A:A)-101,0,100,29)
```

Pada kasus ini adalah 100 data terakhir. Berikut keterangan dari formula di atas :

- OFFSET : fungsi ini berfungsi untuk mereferensi range yang akan digunakan
- COUNTA : menghitung setiap sel yang berisi termasuk sel kosong

- “-101” adalah jumlah yang diambil dari COUNTA, karena yang dibutuhkan hanya 100 data terakhir dan dimulai dari cell A2
- 100 dan 29 adalah besarnya cell yang direferensi. Dalam kasus ini adalah -100 baris dan 29 kolom.

5) Dashboard

Google Sheets dapat dimanfaatkan untuk membuat dashboard. Dashboard merupakan visualisasi data atau informasi penting yang disajikan dalam tabel, grafik, diagram, dan lainnya agar mudah dipahami. Visualisasi data membantu memahami signifikansi data dengan menempatkan data dalam konteks visual.

Pada dashboard akan ditampilkan visualisasi dari n-data terakhir untuk menunjukkan perbandingan maupun hubungan antar variabel-variabel dari data real-time yang dimiliki.

6) Auto-Backup

Backup dibutuhkan karena ada kapasitas maksimum yang dapat ditampung oleh Google Sheets. Sedangkan data-data tersebut masih diperlukan untuk pengolahan data, maka akan dibuatkan folder khusus yang akan menampung file-file backup sheets yang dapat diatur waktu untuk melakukan backup.

```
file.makeCopy(name, destination);
```

- makeCopy : perintah untuk menyalin sheets
- file : variabel yang menampung file sheets yang akan disalin
- name : variabel yang menampung penamaan hasil tempel dari sheets yang disalin
- destination : variabel yang menampung folder yang akan dijadikan tempat memindahkan salinan

7) Auto-Clear

Seperti yang sudah dibahas, bahwa ada keterbatasan dalam menampung data di dalam Google Sheets. Maka setelah dilakukan backup perlu dilakukan pembersihan pada sheet yang dapat dilakukan secara otomatis. *Script* untuk *auto-clear* tertera pada Gambar 4.

```
function clear() {
  var ss = SpreadsheetApp.getActiveSpreadsheet().getSheets();
  ss[0].getRange('A2:AC').clear();
}
```

Gambar 4 script untuk melakukan auto-clear

8) Data Analysis

Analisis data bertujuan untuk mengolah data agar berubah menjadi informasi bermanfaat, menarik kesimpulan, dan dapat menyelesaikan suatu permasalahan. Pada tugas akhir ini, analisis data menggunakan data real-time penggunaan listrik rumah tangga dalam rentang waktu tertentu untuk mengetahui pola penggunaan listrik sehari-hari dan menemukan solusi agar penggunaan listrik dapat lebih hemat.

Metode analisis statistik yang digunakan adalah statistik deskriptif sederhana dengan mengamati rata-rata, varian, dan standar deviasi dari data real-time yang ada.

Rata-rata merupakan representasi dari suatu kelompok data yang mewakili data secara keseluruhan.

$$\bar{x} = \frac{\sum xi}{n} \tag{3.1}$$

Varian dan standar deviasi adalah ukuran keragaman suatu data statistik. Varian mengukur sebaran antar angka dalam suatu kumpulan data. Standar deviasi mengetahui ukuran jumlah variasi atau dispersi dari sekumpulan nilai. Standar deviasi rendah menunjukkan data cenderung mendekati rata-rata, sedangkan standar deviasi tinggi menunjukkan data tersebar pada rentang lebih luas.

$$\sigma^2 = \frac{1}{N} \sum_{i=1}^N (Xi - \mu)^2 \tag{3.2}$$

$$\sigma = \sqrt{\sigma^2} = \sqrt{\frac{1}{N} \sum_{i=1}^N (Xi - \mu)^2} \tag{3.3}$$

Analisa korelasi digunakan untuk mencari keeratan hubungan antara beberapa variabel. Output yang dihasilkan berupa rentang dari -1 sampai 1. Terbagi menjadi 3 bagian, yaitu korelasi positif, korelasi negatif dan tidak ada korelasi sama sekali (0).

Korelasi biasanya akan diikuti dengan regresi linear. meskipun variabel saling berhubungan erat, belum tentu saling mempengaruhi. Regresi linear menunjukkan apakah setiap variabel saling mempengaruhi. Untuk mendapatkan korelasi dan regresi linear akan dibantu dengan tools data analitik Orange.

III. HASIL DAN PEMBAHASAN

A. Metode/Teknik Pengujian

Pengujian dilakukan mulai dari tahap *data logging* untuk memastikan data tersimpan secara *real-time* ke dalam *Google Sheets*. Seluruh data yang tersimpan tersebut harus dapat divisualisasikan dalam bentuk dashboard. Data-data tersebut juga akan dicadangkan dan dibersihkan secara otomatis. Analisis data menggunakan *Orange* menunjukkan sebaran data dan pola penggunaan energi listrik agar diperoleh persamaannya.

B. Skenario Pengujian

Analisis kebutuhan sistem:

1. Menerima data real-time dari perangkat
2. Menyimpan data dalam bentuk tabel di Google Sheets
3. Menampilkan sejumlah data terakhir (misalnya: 50 baris terakhir)
4. Melakukan auto-backup data sesuai waktu yang diinginkan (per minggu, per hari)

5. Melakukan auto-clear karena adanya keterbatasan jumlah data yang dapat disimpan pada sebuah sheets
6. Menampilkan visualisasi data dalam bentuk dashboard
7. Menggunakan data dari Google Sheets untuk analisa

Dalam skenario pengujian ini, kebutuhan yang dianggap sejenis akan disatukan dengan ketentuan sebagai berikut:

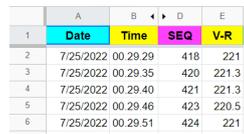
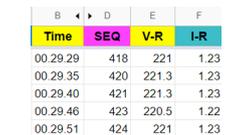
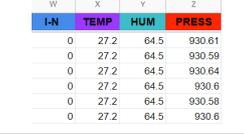
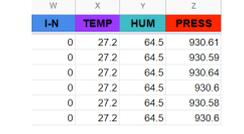
1. Pengujian masukan data real-time dari sensor ke dalam Google Sheets mencakup analisis kebutuhan nomor 1 dan nomor 2 (dapat dilihat pada Tabel I)
2. Pengujian n-data terakhir dan visualisasi mencakup analisis kebutuhan nomor 3 dan nomor 6 (dapat dilihat pada Tabel II)
3. Pengujian auto-backup dan auto-clear mencakup analisis kebutuhan nomor 4 dan nomor 5 (dapat dilihat pada Tabel III)
4. Analisis data menggunakan regresi linear dan analisis data terhadap arus, tegangan dan daya saja untuk menjawab analisis kebutuhan nomor 7

1) Pengujian masukan data real-time dari sensor ke dalam Google Sheets

Pengujian ini dilakukan untuk memastikan seluruh data real-time dari sensor terbaca dan berhasil disimpan secara real-time juga ke dalam Google Sheets.

TABEL I

PENGUJIAN MASUKAN DATA REAL-TIME KE DALAM GOOGLE SHEETS

Keterangan	Yang Diharapkan	Hasil	Status
Pembacaan tegangan pada sensor tegangan	Data pada sensor tegangan terisi ke dalam tabel Google Sheets		Berhasil
Pembacaan arus pada sensor arus	Data pada sensor arus terisi ke dalam tabel Google Sheets		Berhasil
Pembacaan suhu pada sensor suhu	Data pada sensor suhu terisi ke dalam tabel Google Sheets		Berhasil
Pembacaan kelembapan pada sensor kelembapan	Data pada sensor kelembapan terisi ke dalam tabel Google Sheets		Berhasil

Keterangan	Yang Diharapkan	Hasil	Status																												
Pembacaan instensitas cahaya pada sensor intensitas cahaya terisi ke dalam tabel Google Sheets	Data pada sensor intensitas cahaya terisi ke dalam tabel Google Sheets	<table border="1"> <thead> <tr> <th>Y</th> <th>Z</th> <th>AA</th> <th>AB</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>HUM</td> <td>PRESS</td> <td>ALT</td> <td>LUX</td> </tr> <tr> <td>64.5</td> <td>930.61</td> <td>711.93</td> <td>0</td> </tr> <tr> <td>64.5</td> <td>930.59</td> <td>712.27</td> <td>0</td> </tr> <tr> <td>64.5</td> <td>930.64</td> <td>711.73</td> <td>0</td> </tr> <tr> <td>64.5</td> <td>930.6</td> <td>712.02</td> <td>0</td> </tr> <tr> <td>64.5</td> <td>930.58</td> <td>712.07</td> <td>0</td> </tr> </tbody> </table>	Y	Z	AA	AB	HUM	PRESS	ALT	LUX	64.5	930.61	711.93	0	64.5	930.59	712.27	0	64.5	930.64	711.73	0	64.5	930.6	712.02	0	64.5	930.58	712.07	0	Berhasil
Y	Z	AA	AB																												
HUM	PRESS	ALT	LUX																												
64.5	930.61	711.93	0																												
64.5	930.59	712.27	0																												
64.5	930.64	711.73	0																												
64.5	930.6	712.02	0																												
64.5	930.58	712.07	0																												

2) Pengujian n-data terakhir dan visualisasi

Pengujian ini bertujuan untuk melihat apakah n-data terakhir berhasil ditampilkan dan juga apakah diagram-diagram pada dashboard sebagai visualisasi dapat dibuat.

TABEL II

PENGUJIAN N-DATA TERAKHIR DAN VISUALISASI

Keterangan	Yang Diharapkan	Hasil	Status																																				
Pengujian menampilkan 100 data terakhir	Tabel hanya menampilkan 100 data terakhir	<table border="1"> <thead> <tr> <th></th> <th>Date</th> <th>Time</th> <th>SEG</th> <th>V-R</th> <th>I-R</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>97</td> <td>7/25/2022</td> <td>19:38:17</td> <td>225</td> <td>214.8</td> <td>0.41</td> </tr> <tr> <td>98</td> <td>7/25/2022</td> <td>19:38:22</td> <td>226</td> <td>214.8</td> <td>0.41</td> </tr> <tr> <td>99</td> <td>7/25/2022</td> <td>19:38:27</td> <td>227</td> <td>215.2</td> <td>0.41</td> </tr> <tr> <td>100</td> <td>7/25/2022</td> <td>19:38:33</td> <td>229</td> <td>215.7</td> <td>0.41</td> </tr> <tr> <td>101</td> <td>7/25/2022</td> <td>19:38:38</td> <td>230</td> <td>216.8</td> <td>0.41</td> </tr> </tbody> </table>		Date	Time	SEG	V-R	I-R	97	7/25/2022	19:38:17	225	214.8	0.41	98	7/25/2022	19:38:22	226	214.8	0.41	99	7/25/2022	19:38:27	227	215.2	0.41	100	7/25/2022	19:38:33	229	215.7	0.41	101	7/25/2022	19:38:38	230	216.8	0.41	Berhasil
	Date	Time	SEG	V-R	I-R																																		
97	7/25/2022	19:38:17	225	214.8	0.41																																		
98	7/25/2022	19:38:22	226	214.8	0.41																																		
99	7/25/2022	19:38:27	227	215.2	0.41																																		
100	7/25/2022	19:38:33	229	215.7	0.41																																		
101	7/25/2022	19:38:38	230	216.8	0.41																																		
Pengujian visualisasi diagram I terhadap waktu	Diagram I terhadap waktu dapat ditampilkan		Berhasil																																				
Pengujian visualisasi diagram V terhadap waktu	Data pada sensor suhu terisi ke dalam tabel Google Sheets		Berhasil																																				

3) Pengujian auto-backup dan auto-clear

Pengujian ini bertujuan untuk melihat apakah proses auto-cbackup dan auto-clear pada Google Sheets berjalan sesuai dengan waktu yang telah ditetapkan.

TABEL III

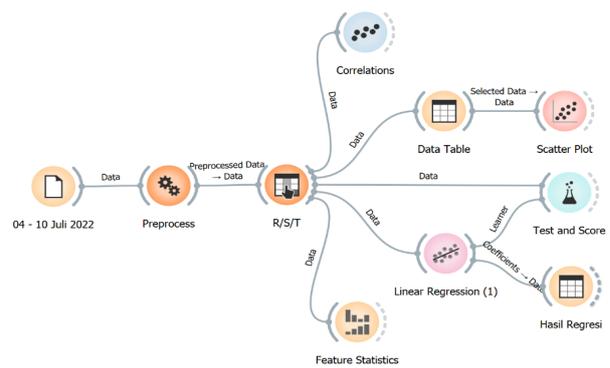
PENGUJIAN AUTO-BACKUP DAN AUTO-CLEAR

Keterangan	Yang Diharapkan	Hasil	Status
Pengujian auto-clear	Seluruh isi sheets terhapus setiap sekitar jam 00.00 setelah back-up selesai		Berhasil
Pengujian auto-backup	Seluruh sheets tersimpan ke dalam folder backup setiap sekitar jam 00.00		Berhasil

4) Data Analisis dengan Regresi Linear

Analisa data dilakukan dengan menggunakan tools Orange Data Mining yang dapat dilihat pada Gambar 5. Data yang akan digunakan merupakan data harian penggunaan energi dari 3 sensor arus dan tegangan R, S, dan T.

Pertama file data akan melalui tahap preprocess untuk membuang baris data yang mengalami missing values. Kemudian analisa dilakukan dengan melihat scatter plot terlebih dahulu. Terdapat masalah dalam scatter plot. Seperti yang terlihat pada Gambar 6 terdapat satu titik sendiri pada pojok kanan atas. Setelah dianalisa, masalah terletak pada kesalahan baca dari hardware. Data seperti ini dapat dihilangkan untuk melanjutkan analisa data.



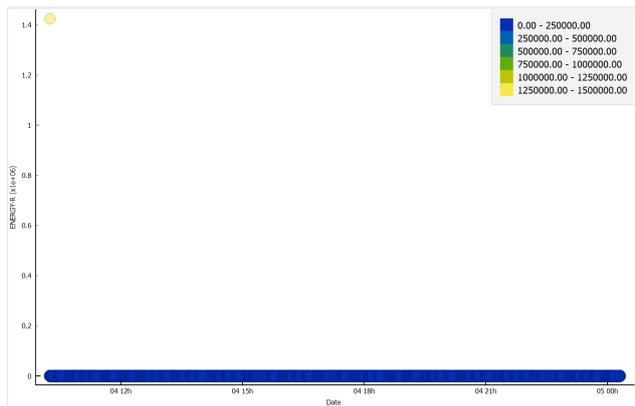
Gambar 5 Tampilan Orange Data Mining

Setelah data error dihilangkan maka didapatkan hasil scatter plot seperti pada Gambar 7. Hasil yang baru ini terlihat lebih masuk akal dan menunjukkan adanya hubungan linear antara 2 data meskipun tidak benar-baenar lurus. Maka cukup aman dikatakan regresi linear dapat dilakukan.

Data yang digunakan untuk scatter plot merupakan data dari sensor arus dan tegangan R. Hal serupa akan dilakukan kepada sensor S dan juga sensor T. Tambahkan dan sambungkan ke widget regresi linear lalu tambahkan dan sambungkan ke widget tabel untuk melihat hasil regresi. Pada R didapatkan hasil regresi linear seperti pada Gambar 8. Berdasarkan feature yang dibutuhkan, didapatkan persamaan sebagai berikut

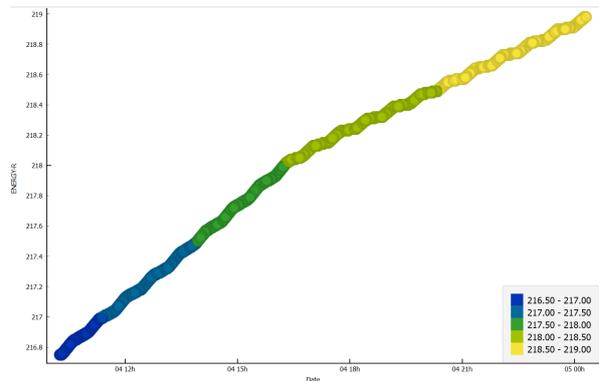
$$\text{Energy } R = 0,115882x_1 + 2,09975x_2 + 15,4061x_3 - 0,0210952x_4 + 182,276 \quad (4.1)$$

$$X_1 = V-R \quad X_2 = I-R \quad X_3 = PF-R \quad X_4 = P-R$$

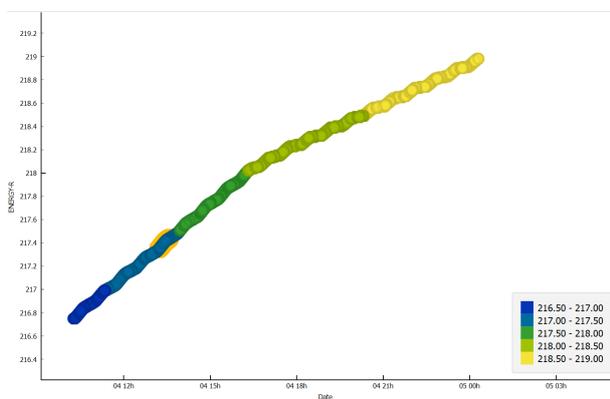


Gambar 6 Error pada scatter plot

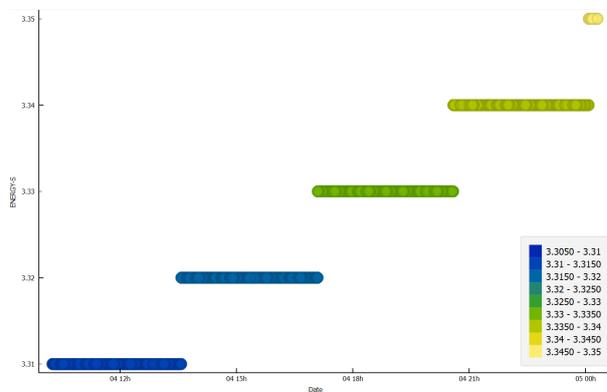
lebih rendah hingga tengah malam. Hal ini dapat dilihat pada kemiringan yang lebih landai sejak jam 4 sore.



Gambar 9 Energi-R



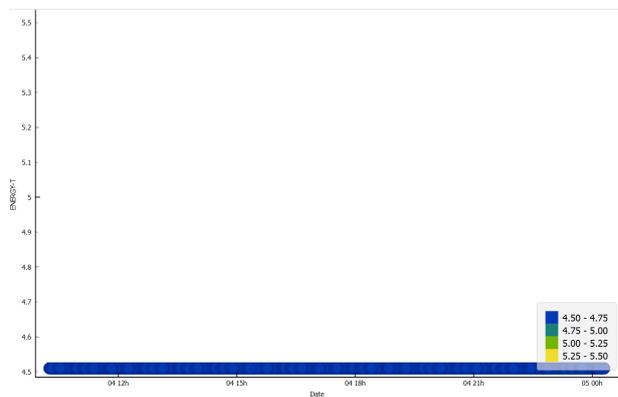
Gambar 7 Scatter plot tanpa outlier



Gambar 10 Energi-S

	name	coef
1	intercept	182.276
2	P-R	-0.0210952
3	PF-R	15.4061
4	I-R	2.09975
5	V-R	0.115882

Gambar 8 Regresi linear R



Gambar 11 Energi-T

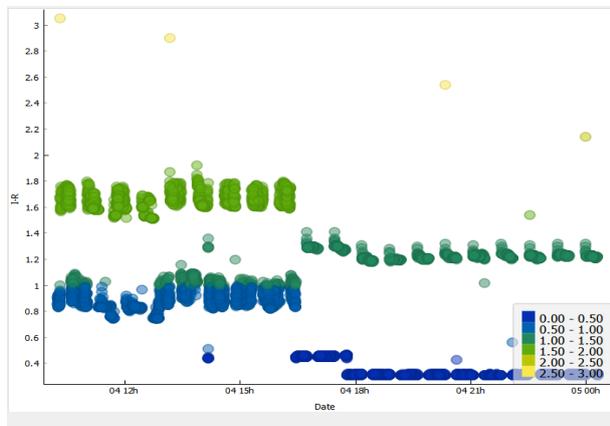
Selanjutnya pola penggunaan energi dapat terlihat pada sensor R, S dan T dengan membandingkan hasil scatter plot dari ketiganya antara Gambar 9, Gambar 10 dan Gambar 11. Pada sensor T, energi yang digunakan sangat kecil dan konstan. Sensor S memiliki pola stabil dalam beberapa waktu kemudian mengalami kenaikan dan stabil kembali dalam beberapa waktu begitu pula seterusnya. Pola yang lebih menarik dapat dilihat pada sensor R, kenaikan energi lebih besar pada pagi hari hingga jam 4 sore, setelah itu kenaikan energi relatif

5) Data Analisis terhadap Tegangan, Arus dan Daya saja

Pada analisis kali ini data yang akan digunakan hanya tegangan, arus dan daya saja. Analisa dilakukan pada sensor R untuk melihat lebih jelas pola penggunaannya. Pada subbab sebelumnya penelitian masih menggabungkan data kumulatif

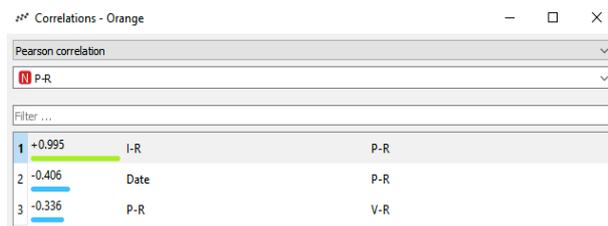
yaitu pada variabel energi. Sekarang akan dilihat pola dari kumpulan data yang hanya pada titik itu saja.

Melanjutkan penelitian pada subbab sebelumnya, akan ditampilkan scatter plot arus terhadap waktu seperti pada Gambar 12.



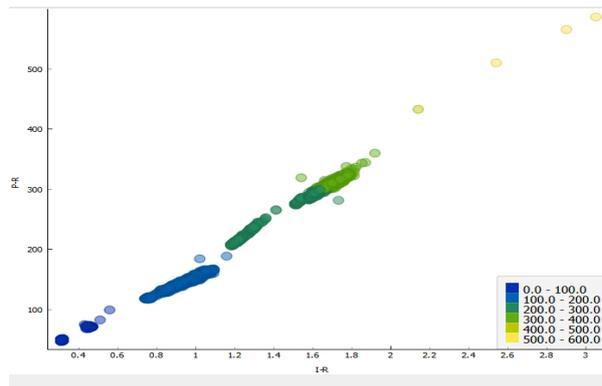
Gambar 12 Arus terhadap Waktu

Terlihat lebih jelas, arus yang digunakan lebih besar pada pagi hingga sore hari jam 4 sore. Arus yang digunakan mencapai hampir 2A. Sedangkan setelah jam 4 sore, penggunaan arus tertinggi hanya 1,5 A saja. Berikutnya akan ditampilkan korelasi antara arus dan daya seperti pada Gambar 13.



Gambar 13 Korelasi P-R dengan *feature* lainnya

Korelasi tertinggi ada pada arus dan daya dengan hasil +0,995 mendekati 1. Korelasi ini bersifat kuat dan positif. Positif yang dimaksud adalah dengan meningkatnya arus maka daya juga akan ikut meningkat. Untuk lebih jelasnya akan ditampilkan scatter plot antara arus dan daya pada Gambar 14. Pada gambar tersebut, dapat dilihat pola linear dimana ketika arus semakin besar maka daya yang dihasilkan juga ikut naik.



Gambar 14 Arus terhadap Daya

C. Analisis Hasil Pengujian

Pada pengujian 1 seluruh data dari sensor yang diharapkan terkirim dan tersimpan di dalam Google Sheets berhasil dijalankan. Pada pengujian 2 data terakhir yang ingin ditampilkan oleh pengguna dapat ditampilkan sesuai keinginan berupa baris data terakhir. Pada pengujian 3 proses auto-backup dan auto-clear bekerja, setiap tengah malam data pada Google Sheets dicadangkan ke dalam folder backup lalu dibersihkan.

Pengujian 4 menunjukkan pada sensor R, kenaikan dalam penggunaan energi listrik lebih tinggi pada pagi hingga sore hari kemudian kenaikan menjadi lebih rendah sejak sore hingga malam hari. Sehingga terlihat pola seperti bengkok pada scatter plot.

Pengujian 5 menguatkan hasil pada pengujian 4 di mana ternyata arus listrik yang digunakan pada pagi hingga sore hari memang lebih besar dibandingkan arus listrik yang digunakan dari sore hingga malam hari. Arus dan daya berkorelasi kuat secara positif, artinya apabila arus yang digunakan besar maka daya listrik yang digunakan juga ikut naik. Hal ini yang perlu diamati agar penggunaan energi listrik dapat dikurangi apabila memungkinkan pada sore hari

IV. SIMPULAN

Pengolahan data jaringan listrik rumah tangga dilakukan dengan pembacaan data sensor dari hardware yang kemudian disimpan dan ditampilkan dalam bentuk tabel di Google Sheets. Data tersebut divisualisasikan dalam bentuk diagram untuk mempermudah dalam memahami data yang didapatkan. Analisa penggunaan energi listrik dilakukan dengan alat bantu Orange.

Tren menunjukkan penggunaan listrik mengalami peningkatan tinggi pada pagi hingga sore hari. Analisa lebih lanjut dilakukan dengan mengamati pola arus terhadap waktu. Ternyata arus listrik memang paling tinggi ditemukan pada saat pagi hari hingga sore hari.

Uji korelasi menunjukkan adanya korelasi positif kuat antara arus dan daya. Maka, dapat disimpulkan tingginya arus akan menyebabkan daya yang juga tinggi. Sehingga perlu diperhatikan untuk penggunaan listrik pada pagi hingga sore hari bila memungkinkan untuk mengurangi peralatan listrik yang digunakan.

Penelitian lebih lanjut dapat dilakukan dengan menganalisa langsung data dalam satu minggu apabila peralatan mendukung atau dapat juga dilakukan dengan menganalisis setiap harinya dalam satu minggu lalu melihat perbedaan pola penggunaan listrik pada weekday dan weekend.

DAFTAR REFERENSI

- [1] F. David, "Monitoring Penggunaan Daya Listrik Satu Fasa." *MSI Transaction on Education*, vol. 1, no. 4, hlm. 176-182, Oktober 2020.
- [2] "Proteksi Arus Lebih," 02 May 2020. [Daring]. Tersedia : <https://autopower15.blogspot.com/2020/05/proteksi-arus-lebih.html> [27 Nov 2021].
- [3] M. Benriwati, K. Toriq, Ermawati, "Analisa Konsumsi Energi Listrik Rumah dengan Kendali Otomatis." *SainETIn (Jurnal Sain, Energi, Teknologi & Industri)*, vol. 2, no. 2, hlm. 37-43, Juni 2018.
- [4] Mario, L. P. Boni, Muliadi, "Rancang Bangun Sistem Proteksi dan Monitoring Penggunaan Daya Listrik Pada Beban Skala Rumah Tangga Berbasis Mikrokontroler ATMega328P." *PRISMA FISIKA*, vol. 6, no. 1, hlm. 26-33, 2018.

Gabriel Agus, kelahiran kota Medan. Mahasiswa tingkat akhir program studi Teknologi Informasi di Institut Teknologi Harapan Bangsa..