

Smart Decision System dalam Pemakaian Energi Listrik Rumah Tangga Berdasarkan Respon Beban

Smart Decision System in Household Electricity Consumption Based on Load Response

Syarifatul Izza^{1*}, Nur Shofiyati², Gillang Al Azhar³

¹Teknik Listrik Politeknik Unisma Malang

²Teknik Mesin Politeknik Unisma Malang

Jalan Mayjen Haryono No.193, Dinoyo, Lowokwaru, Malang

³Teknik Elektronika Politeknik Negeri Malang

Jl. Soekarno Hatta No.9, Jatimulyo, Lowokwaru, Malang

syarifatulizza95@gmail.com^{1*}, shofiyati@gmail.com², gillang_al_azhar@polinema.ac.id³

Abstrak – Faktor penyebab kenaikan konsumsi energi listrik adalah karena masyarakat mulai melakukan aktivitas seperti sebelum pandemi Covid-19. Walaupun kenaikan tersebut tergolong tidak signifikan, perlu dilakukan pemantauan dan pengelolaan penggunaan energi listrik yang bijak untuk mencegah terjadinya lonjakan beban listrik yang berlebihan. Upaya penghematan jumlah konsumsi energi listrik sering dijumpai, akan tetapi belum dapat dilakukan pengendalian atau penentuan beban yang harus padam. Pada penelitian ini dibuatlah sistem di-mana upaya penentuan beban akan otomatis padam atau menyala ketika terjadi konsleting listrik atau beban berlebih. Sistem ini dirancang menggunakan ESP32 dan beberapa sensor yang terpasang pada masing-masing beban menggunakan pemrograman python. Pemilihan beban padam dan menyala berdasarkan pada preferensi dan kebutuhan pengguna rumah pada umumnya. Pengujian ini dilakukan menggunakan simulasi program python dan sebuah prototype rumah dengan 4 ruangan. Pada uji coba simulasi didapatkan hasil simulasi dengan daya terpasang ditentukan sebesar 812 Watt, sehingga data yang ditampilkan pada simulator menunjukkan beban non-prioritas otomatis padam ketika melebihi limit daya sebesar 812 Watt. Se-dangkan pada uji coba alat menggunakan prototype rumah dimana terdapat 4 kondisi saklar yang berbeda disetiap ruangan dengan hasil uji coba menunjukkan bahwa lampu pada ruangan non-prioritas otomatis pa-dam dikarenakan limit mencapai 15 Watt. Dari pengujian yang telah dilakukan maka sistem dapat digunakan untuk menentukan beban sesuai dengan prinsip sistem penentuan beban jika terjadi kelebihan daya yang terpakai dibandingkan daya yang terpasang.

Kata Kunci: rumah pintar, manajemen energi, bangunan hijau.

Abstract – The factor causing the increase in electricity consumption is because people are starting to carry out activities like before the Covid-19 pandemic. Although this increase is classified as insignificant, it is necessary to monitor and manage the use of electrical energy wisely to prevent excessive spikes in electrical loads. Efforts to save the amount of electrical energy consumption are often encountered, however, it is not possible to control or determine the load that must be extinguished. In this research, a system is made where the effort to determine the load will automatically turn off or turn on when there is an electrical short or an overload. This system is designed using ESP32 and several sensors are installed on each load using python programming. Selection of the load off and on based on the load consumption

TELKA, Vol.9, No.2, November 2023, pp. 117~129

ISSN (e): 2540-9123

ISSN (p): 2502-1982

database used and the installed power limit. This test was carried out using a python program simulation and a prototype house with 4 rooms. In the simulation test, the simulation results were obtained with the installed power set at 812 watts, so that the data displayed on the simulator shows the non-priority load automatically turns off when it exceeds the power limit of 812 watts. Meanwhile, in testing the tool using a home prototype where there are 4 different switch conditions in each room, depend on the experimental results show that the lights in the non-priority room automatically turn off because the limit reaches 15 watts. From the tests that have been carried out, the system can be used to determine the load by the principle of the decision system if there is excess power used with the installed power.

Keywords: smarthome, energy management, green building

1. Pendahuluan

Menurut data dari PT PLN (Persero), konsumsi energi listrik di Indonesia pada Maret 2022 meningkat sebesar 2,3% dibandingkan dengan bulan sebelumnya. Hal ini menunjukkan adanya peningkatan konsumsi energi listrik seiring dengan pulihnya Covid-19, di mana masyarakat mulai kembali melakukan aktivitas seperti sebelum pandemi. Meskipun angka peningkatan tersebut tidak signifikan, namun perlu untuk tetap memantau dan mengelola penggunaan energi listrik secara bijak agar tidak terjadi lonjakan beban listrik yang berlebihan. Beberapa alat dan upaya penghematan jumlah konsumsi energi listrik banyak ditemukan akhir-akhir ini dan hanya dapat di monitoring penggunaannya saja. Dengan situasi tersebut maka up-aya yang dilakukan adalah membuat suatu sistem monitoring dan kontrolling beban dimana sis-tem ini akan memprioritaskan beban yang harus tetap nyala dan beban yang dapat dipadamkan sementara sehingga penggunaan listrik dapat diatur dan hemat dalam penggunaannya, selain itu juga tidak akan terjadi lonjakan beban yang mengakibatkan konsleting listrik.

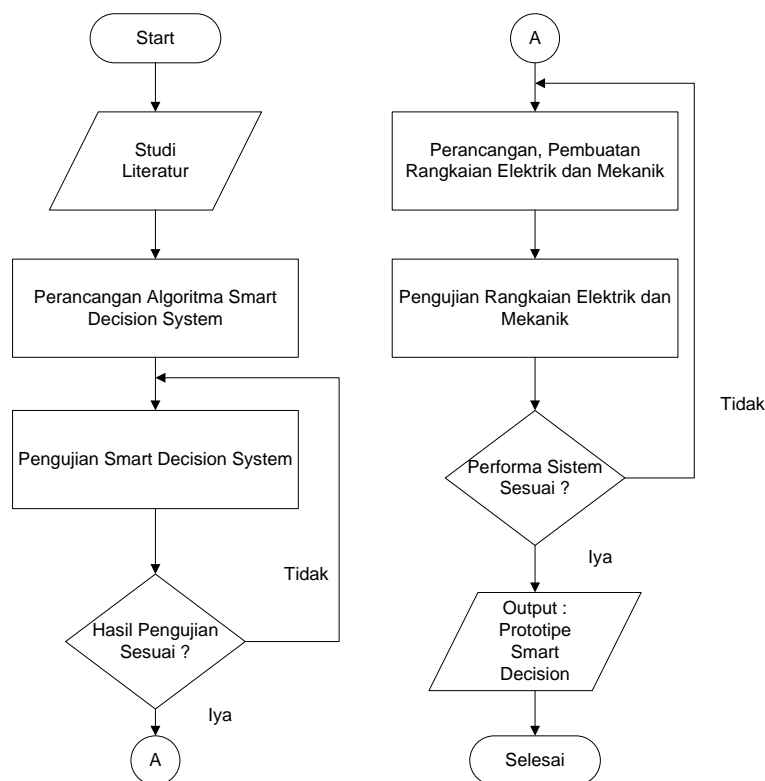
Berdasarkan Instruksi Presiden Republik Indonesia No. 13 Tahun 2011 tentang penghematan energi dan air, serta Rencana Induk Riset Nasional Tahun 2017-2045 berdasarkan Peraturan Presiden No. 38 Tahun 2018 dengan bidang Tema Penelitian Teknologi Konservasi Energi dengan topik penelitian Teknologi Komponen Listrik Hemat Energi [1], maka penelitian ini merupakan upaya untuk lebih meningkatkan penghematan energi dan langkah-langkah dalam memanfaatkan energi tanpa menghilangkan energi yang tersedia. Sistem ini merupakan pengembangan dari model-model monitoring yang sudah pernah ada sebelumnya ditunjukkan pada [2] dimana monitoring yang dilakukan berupa beban lampu yang disimulasikan menggunakan prototipe rumah yang diakses menggunakan *m-platform*. Sama halnya dengan [3], *monitoring* dilakukan pada peralatan lampu, kipas, dan pompa yang dapat dilihat secara *real time*. Dari permasalahan tersebut beberapa alat dan upaya penghematan jumlah konsumsi listrik banyak ditemukan akan tetapi hanya monitoring penggunaannya dan sedikit yang mengaplikasikan langkah-langkah untuk menanggulangi konsumsi listrik yang berlebihan. Oleh karena itu, penulis merancang dan membuat sebuah sistem untuk monitoring dan menentukan konsumsi beban dengan memperhatikan penggunaan prioritas dan non prioritas yang dinamakan dengan *Smart Decision System*.

Teknik pemodelan monitoring listrik ini menggunakan mikrokontroler dimana setiap beban listrik yang ada diperumahan akan langsung terhubung dengan kontroler terlebih dahulu. Pada sistem ini bekerja berdasarkan konsumsi nilai daya dimana umumnya pelanggan listrik rumah tangga memiliki daya kontrak PLN sebesar 450 VA, 900 VA, dan 1300 VA. Sistem ini dibangun menggunakan ESP32, relay dan sensor dengan pemrograman Phyton. Relay digunakan untuk memproteksi ketika terjadi short circuit pada rangkaian sehingga tidak mengganggu rangkaian yang lain sesuai dengan konsep pada penelitian sebelumnya [4]. Sedangkan Ketika saklar beban dinyalakan maka sensor akan memberikan sinyal agar dapat di aktivasi oleh kontroler lalu kontroler akan memilih beban prioritas yang akan tetap nyala dan beban non prioritas yang akan padam [5]. Beban tersebut juga diatur berdasarkan logika elektronika digital dimana ketika beban menyala maka nilai logika 1 dan ketika beban padam maka nilai logika 0 berdasarkan penelitian yang pernah ada [6].

Pemilihan beban yang nyala dan padam berdasarkan database konsumsi beban yang disesuaikan dengan daya terpasang pada masing-masing perumahan. Jika daya terpasang masih melampaui konsumsi listrik maka beban prioritas akan dinyalakan berdasarkan urutan beban akan tetapi jika daya terpasang sudah melampaui konsumsi listrik maka sistem akan mematikan beban yang dianggap non prioritas [7][8]. Dengan adanya Smart Decision System ini, penggunaan energy listrik dapat terkendali sehingga tidak mudah terjadi konsleting listrik, sistem tersebut merupakan pengembangan dari model-model monitoring yang sudah pernah ada sebelumnya dengan mengedepankan penanganan konsumsi listrik dan me-nanggulangi lonjakan tagihan listrik akibat konsumsi energy listrik yang berlebihan.

2. Metode Penelitian

Penelitian ini dibuat berdasarkan diagram alir pada Gambar 1 dengan melakukan studi literatur terkait teori *smart home*, penggunaan konsumsi daya, selain itu melakukan perancangan elektrik, perancangan software, serta perancangan mekanik. *Smart Decision System* berupa prototipe akan diuji coba kinerjanya apakah bekerja sesuai dengan prinsip kerja yang direncanakan yaitu memonitoring konsumsi listrik serta mengontrol penggunaan beban dimana saat beban hampir mendekati *overload*, sistem akan otomatis menentukan beban mana yang padam sementara sehingga tidak akan terjadi konsleting listrik.



Gambar 1. Diagram alir penelitian.

2.1. Studi Literatur

Dalam teknik manajemen energy, banyak ditemukan konsep untuk mengontrol penggunaan energy listrik rumah tangga seperti halnya *smart home*, *green building*, *intelligent building* dan sebagainya [9].

Sistem pengontrolan pada penelitian terdahulu hanya bertujuan untuk memonitoring penggunaan energi listrik secara jarak jauh dengan memperhatikan penghematan pencahayaan listrik di siang hari sehingga konsumsi energy listrik dapat dikontrol [10][11][12]. Dalam aplikasi *smart home*, skenario baru telah dirancang dengan menggabungkan solusi teknologi informasi, komunikasi yang canggih seperti *Internet of Thing* (IoT) sehingga memungkinkan dilakukan

pemantauan atau akses yang lebih jauh lagi sehingga meningkatkan skalabilitas [13][14]. Dari solusi inilah maka penerapan manajemen energi rumah pintar atau manajemen konsumsi energi (*SmartCom*) dapat diaplikasikan dalam konteks *smart home* atau rumah pintar [15][16]. Agar daya yang tersedia daya P_{max} tidak melampaui penggunaan energi listrik dari beberapa komponen listrik maka dibutuhkan daya $P_{jk}^{cons}(t)$ oleh perangkat elektronik j untuk melakukan tugas k dalam selang waktu t , dan $Pr_{jk}(t)$ merupakan peluang bahwa perangkat elektronik j melakukan tugas k pada waktu t , dimana dapat di tentukan bahwa $P_{TOT}(t)$ adalah daya total yang memungkinkan konsumsi pada waktu t oleh semua perangkat elektronik yang dikelola oleh sebuah sistem sesuai dengan persamaan dibawah ini.

$$P^{TOT}(t) = \sum_{j \in \{G1, G2\}} \sum_k P_{jk}^{cons}(t) \times Pr_{jk}(t) + \sum_{j \in G3} \sum_k P_{jk}^{cons}(t) \times x_{jk}(t) \quad (1)$$

Dengan memperhitungkan pembagian konsumsi beban dimana terdapat beberapa grup yaitu grup 1 (G1) dan grup 2 (G2) menyala pada waktu t , dan grup (G3) sudah dijadwalkan menyala. Maka sistem akan menetapkan waktu mulai t start untuk perangkat elektronik yang melakukan tugas k dapat ditulis menggunakan persamaan dibawah ini:

$$P^{TOT} t_{ik}^{start}(t) + P_{ik}^{cons}(t) \leq P_{max} \quad (2)$$

$$\forall t_{ik}^{start} \leq t \leq t_{ik}^{start} + t_{ik}^{exec} \quad (3)$$

$$t_{ik}^{start} \leq t_{ik}^{deadline} - t_{ik}^{exec} \quad (4)$$

dimana $t_{ik}^{deadline}$ adalah batas waktu perangkat elektronik mana yang akan melakukan tugas k dan t_{ik}^{exec} adalah waktu yang dibutuhkan oleh perangkat elektronik untuk melakukan tugas k . Setiap sistem mendeteksi beberapa kelebihan daya $P_{surplus}(t)$ maka daya yang dihasilkan oleh perangkat elektronik pada grup 4 akan terdeteksi langsung oleh sistem sehingga sistem akan mengelola dan mengoptimalkan pemakaian perangkat elektronik. T di setting pada grup 3 dengan menetapkan waktu T start dan ada yang masih menunggu untuk menyala. Maka dari itu sistem akan mengurangi $P_{surplus}(t)$ yang diinginkan. Jika $P_{surplus}$ sudah memenuhi daya konsumsi energi listrik maka sistem akan memerintahkan perangkat menyala, jika tidak maka sistem akan memecahkan masalah penentuan konsumsi listrik secara otomatis [17] sesuai persamaan dibawah ini.

$$\max \sum_{j \in \Gamma} \sum_k b_{jk}(t) + x_{jk}(t) \quad (5)$$

$$\sum_{j \in \Gamma} \sum_k P_{jk}^{cons}(t) \times x_{jk}(t) \leq P_{surplus}(t) - P^{TOT}(t) \quad (6)$$

Disamping itu sistem juga akan menyesuaikan dengan daya terpasang PLN sesuai dengan daya kontraknya (450 VA hingga 2200 VA). Pemakaian daya yang terpasang ini digunakan untuk penentuan limit daya yang akan diinputkan dalam sebuah sistem. Daya yang terpasang harus sesuai dengan daya yang terpakai sehingga tidak menyebabkan kelebihan daya dan kekurangan daya yang mengakibatkan daya terbuang sia-sia.

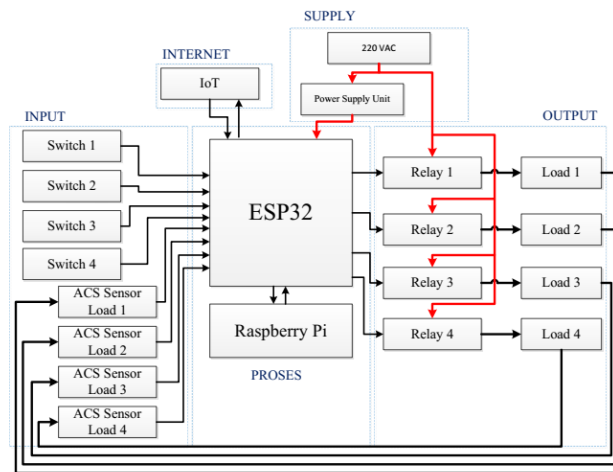
2.2. Perancangan Elektrik

Tahapan ini dilakukan setelah data terkumpul dan dilakukan perancangan struktur *Smart Decision System*. Sistem dirancang menggunakan ESP32 sebagai controller. Untuk input dari ESP32 berupa saklar sebagai *switching* beban berupa lampu LED 5 Watt sebanyak 4 buah. Selain itu terdapat sensor ACS yang berfungsi sebagai sensor arus untuk menentukan beban mana yang padam/menyala sehingga sinyal yang masuk pada sensor tersebut dapat langsung di terima dan diproses oleh ESP32. Output sistem ini berupa *relay* pada masing-masing beban. *Relay* tersebut juga berfungsi sebagai pemutus beban. Saat terjadi kenaikan beban pada sistem, maka *relay* akan menerima perintah untuk menon-aktifkan beban yang dianggap *non-shiftable* atau non prioritas agar tidak terjadi konsleting listrik [18][19][20]. Perancangan controller ditunjukkan pada

Gambar 2 dan blok diagram dari kontroller menuju beban pada prototipe ditunjukkan pada Gambar 3. Perancangan prototipe ini meliputi pembuatan miniature rumah dan instalasi box kontroller dimana peletakkan box kontroller tersebut bergandengan dengan prototipe rumah.



Gambar 2. Kontroller.



Gambar 3. Diagram blok kontroller.

2.3. Perancangan Mekanik

Perancangan mekanik ini merupakan pembuatan prototipe rumah. Prototipe rumah terdiri dari 4 ruangan dimana terdapat 4 buah lampu 5 Watt yang terpasang pada masing-masing ruangan. Prototipe ini di hubungkan langsung pada kontroller setelah dilakukan instalasi lampu seperti yang ditunjukkan pada Gambar 4.



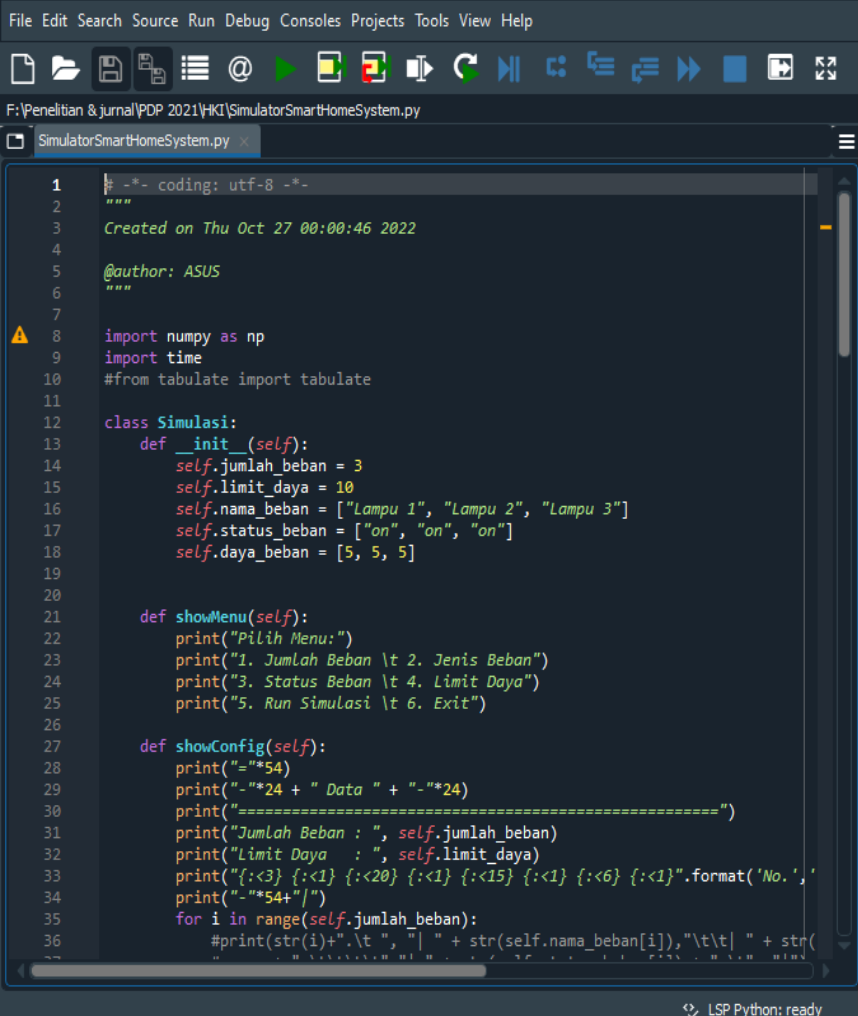
Gambar 4. Prototipe dan denah rumah.

3. Hasil dan Pembahasan

Pada tahapan ini dilakukan beberapa pengujian meliputi pengujian sistem dan pengujian alat. Pada pengujian sistem ini dilakukan menggunakan pemrograman Python dengan editor Spyder sedangkan pada pengujian alat menggunakan prototype rumah yang telah dirancang.

3.1. Uji Coba Simulasi

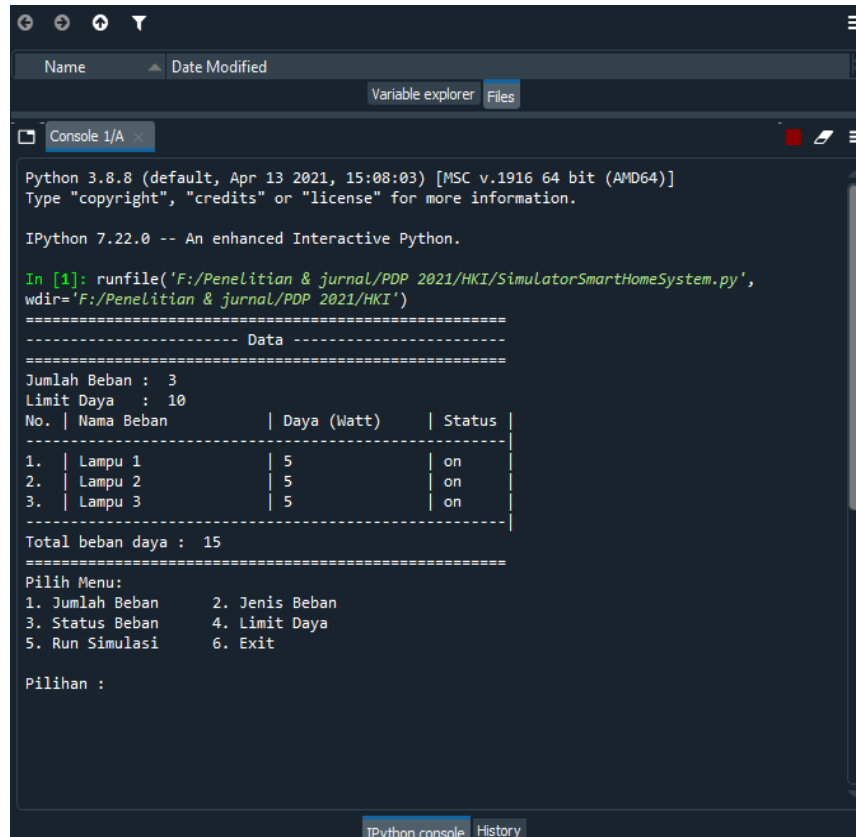
Pada tahap ini dilakukan simulasi sistem berdasarkan respon beban dengan memperhatikan daya yang terpakai dan daya yang terpasang menggunakan simulasi program Python menggunakan editor program bahasa python seperti Spyder.



```
1  -*- coding: utf-8 -*-
2  """
3  Created on Thu Oct 27 00:00:46 2022
4
5  @author: ASUS
6  """
7
8  import numpy as np
9  import time
10 #from tabulate import tabulate
11
12 class Simulasi:
13     def __init__(self):
14         self.jumlah_beban = 3
15         self.limit_daya = 10
16         self.nama_beban = ["Lampu 1", "Lampu 2", "Lampu 3"]
17         self.status_beban = ["on", "on", "on"]
18         self.daya_beban = [5, 5, 5]
19
20
21     def showMenu(self):
22         print("Pilih Menu:")
23         print("1. Jumlah Beban \t 2. Jenis Beban")
24         print("3. Status Beban \t 4. Limit Daya")
25         print("5. Run Simulasi \t 6. Exit")
26
27     def showConfig(self):
28         print("*54")
29         print("-*24 + " Data " + -*24)
30         print("=====")
31         print("Jumlah Beban : ", self.jumlah_beban)
32         print("Limit Daya : ", self.limit_daya)
33         print("{:<3} {:<1} {:<20} {:<1} {:<15} {:<1} {:<6} {:<1}".format('No.',
34         print("-*54+/"")
35         for i in range(self.jumlah_beban):
36             #print(str(i)+"\t ", "| " + str(self.nama_beban[i]),"\t\t" + str(
```

Gambar 5. Tampilan potongan script pada Spyder.

Diperlukan editor pemrograman Python untuk mengubah nilai beberapa parameter pada program, seperti yang terlihat pada Gambar 5. Parameter tersebut meliputi beban, limit daya, dan status beban yang akan disimulasikan. Selanjutnya sistem akan dijalankan secara langsung setelah diubah menggunakan editor pemrograman Python.



```

Python 3.8.8 (default, Apr 13 2021, 15:08:03) [MSC v.1916 64 bit (AMD64)]
Type "copyright", "credits" or "license" for more information.

IPython 7.22.0 -- An enhanced Interactive Python.

In [1]: runfile('F:/Penelitian & jurnal/PDP 2021/HKI/SimulatorSmartHomeSystem.py',
wdir='F:/Penelitian & jurnal/PDP 2021/HKI')
=====
----- Data -----
=====
Jumlah Beban : 3
Limit Daya : 10
No. | Nama Beban | Daya (Watt) | Status |
-----|-----|-----|-----|
1. | Lampu 1 | 5 | on |
2. | Lampu 2 | 5 | on |
3. | Lampu 3 | 5 | on |
-----|-----|-----|-----|
Total beban daya : 15
=====
Pilih Menu:
1. Jumlah Beban      2. Jenis Beban
3. Status Beban     4. Limit Daya
5. Run Simulasi     6. Exit

Pilihan :

```

Gambar 6. Tampilan Hasil Script pada Spyder

Program monitoring ini telah dikembangkan dengan fitur tampilan *default* yang dapat diubah sesuai dengan pilihan menu. Gambar 6 menunjukkan tampilan default hasil *script* pada *spyder*, terdapat tiga beban lampu, yaitu lampu 1, lampu 2, dan lampu 3 dengan limit daya 10 Watt dan total beban 15 Watt. Program ini memiliki enam pilihan pada bagian menu, yaitu jumlah beban, jenis beban, status beban, limit daya, run simulasi, dan *exit*. Sebelum menjalankan simulasi program Python, pengguna harus melakukan beberapa konfigurasi pada program monitoring agar dapat memperlihatkan kondisi sebenarnya pada sebuah perumahan atau rumah tinggal, seperti input jumlah beban, jenis beban, status beban, dan limit daya yang diinginkan. Uji coba simulasi ini menggunakan data pada Tabel 1 dimana data tersebut akan diinputkan dalam pemrograman python yang nantinya dapat ditentukan beban prioritas dan beban non-prioritas sesuai dengan data Tabel 1.

Tabel 1. Data beban untuk pengujian simulasi.

No	Ruangan	Beban	Daya (Watt)
1	Dapur	Lampu	22
		Kulkas	100
		Mesin Cuci	330
		Stop Kontak	100
2	Ruang Keluarga	Lampu	22
		LED TV	70
3	Garasi	Lampu	22
4	Kamar 1	Lampu	22
		Stop Kontak	100
5	Kamar 2	Lampu	22
		Stop Kontak	100
6	Ruang Tamu	Lampu	22
7	Teras	Lampu	22
8	Kamar Mandi	Lampu	22

Tampilan hasil simulasi setelah di-*setting* limit daya sebesar 812 Watt dengan jumlah beban yang berbeda-beda dan daya yang berbeda-beda dapat dilihat pada Gambar 7. Hasil simulasi ini ditampilkan pada editor Spyder menggunakan pemrograman Python.

```
Console 1/A
-----
Jumlah Beban : 15
Limit Daya  : 812
No. | Nama Beban | Daya (Watt) | Status
-----|-----|-----|-----
1. | Mesin Cuci | 330 | on
2. | Kulkas | 100 | on
3. | Stop Kontak Dapur | 100 | on
4. | TV | 70 | on
5. | Stop Kontak Kamar 1 | 100 | on
6. | Stop Kontak Kamar 2 | 100 | on
7. | Lampu Kamar 1 | 22 | on
8. | Lampu Kamar 2 | 22 | on
9. | Lampu Ruang Tamu | 22 | off
10. | Lampu Dapur | 22 | on
11. | Lampu Garasi | 22 | off
12. | Lampu Teras | 22 | off
13. | Lampu Kamar Mandi | 22 | on
14. | Lampu Ruang Keluarga | 22 | off
15. | ---- | 0 | off
-----
Total beban daya : 976
-----
Pilih Menu:
1. Jumlah Beban      2. Jenis Beban
3. Status Beban      4. Limit Daya
5. Run Simulasi      6. Exit

Pilihan : |
```

Gambar 7. Hasil simulasi dengan limit daya 812 Watt.

Setelah itu, dilakukan “Run Simulasi” untuk melihat beban mana yang akan di ON/OFF kan secara otomatis sehingga beban prioritas dan non-prioritas dapat diketahui berdasarkan hasil simulasi pada editor *Spyder*. Untuk tampilan hasil tersebut dapat dilihat pada Gambar 8.

```
Console 1/A
844
7
822
8
800
Hasil Algoritma Smart Home System :
No. | Nama Beban | Sebelum | Sesudah
-----|-----|-----|-----
1. | Mesin Cuci | on | on
2. | Kulkas | on | on
3. | Stop Kontak Dapur | on | on
4. | TV | on | on
5. | Stop Kontak Kamar 1 | on | on
6. | Stop Kontak Kamar 2 | on | on
7. | Lampu Kamar 1 | on | off
8. | Lampu Kamar 2 | on | off
9. | Lampu Ruang Tamu | off | off
10. | Lampu Dapur | on | off
11. | Lampu Garasi | off | off
12. | Lampu Teras | off | off
13. | Lampu Kamar Mandi | on | off
14. | Lampu Ruang Keluarga | off | off
15. | ---- | off | off
-----
Ulangi Simulasi (y/n)?:
```

Gambar 8. Hasil simulasi setelah di “run”.

Berdasarkan hasil simulasi program python pada Gambar 8 dapat disimpulkan bahwa beban non prioritas otomatis OFF. Kriteria beban prioritas meliputi beban yang memiliki tingkat

kepentingan lebih tinggi, sedangkan beban non-prioritas meliputi beban yang memiliki tingkat kepentingan yang lebih rendah atau dapat diabaikan. Beban prioritas seperti kulkas, stop kontak dapur, lampu kamar, dll. Untuk beban non prioritas seperti lampu garasi, televisi, dll, ketika total daya yang terpakai melebihi limit daya yang telah ditentukan sebelumnya, maka akan mati. Pada Gambar 7 tersebut menunjukkan bahwa Lampu Kamar 1 sebelumnya memiliki status ON, setelah simulasi dijalankan maka Lampu Kamar 1 otomatis OFF. Hal ini dikarenakan Lampu Kamar 1 tersebut merupakan beban Non-Prioritas. Urutan beban prioritas ditampilkan berdasarkan urutan nomer beban sesuai dengan Tabel yang ada pada tampilan hasil program simulasi Python pada editor Spyder.

3.2. Uji Coba Alat

Pada tahap ini telah diuji coba kinerja sistem apakah sudah bekerja sesuai dengan prinsip kerja yang direncanakan atau tidak. Prinsip kerja pada sistem ini adalah menontrol penggunaan beban dimana saat beban mengalami kenaikan konsumsinya, maka sistem ini akan otomatis menentukan beban mana yang padam sementara atau beban non-prioritas sehingga tidak terjadi konsleting listrik. Pada Tabel 2 terdapat beberapa skenario pengujian dengan limit 15 Watt sesuai dengan ketersediaan lampu pada prototype dengan masing-masing ruangan.

Tabel 2. Pengujian lampu dengan limit daya 15 Watt.

No	Kondisi Saklar				Kondisi Lampu				Keterangan
	R1	R2	R3	R4	R1	R2	R3	R4	
1	ON	ON	ON	OFF	ON	ON	ON	OFF	-
2	ON	ON	OFF	ON	ON	ON	OFF	ON	-
3	ON	OFF	ON	ON	ON	OFF	ON	ON	-
4	OFF	ON	ON	ON	OFF	ON	ON	ON	-
5	ON	ON	ON	ON	ON	ON	ON	OFF	Saklar Ruang 2,3,4 ON Terlebih dahulu
6	ON	ON	ON	ON	ON	ON	OFF	ON	Saklar Ruang 1,2,4 ON Terlebih dahulu
7	ON	ON	ON	ON	ON	OFF	ON	ON	Saklar Ruang 1,3,4 ON Terlebih dahulu
8	ON	ON	ON	ON	ON	ON	ON	OFF	Saklar Ruang 1,2,3 ON Terlebih dahulu

Ket : R = Ruang

Tabel 2 menunjukkan pengujian limit daya 15 Watt dimana Ruang 1 sebagai prioritas dan ruang 2,3, dan 4 adalah ruangan non-prioritas. Sebagai contoh pengujian pada baris no.5, dimana pengujian tersebut terdapat 4 kondisi saklar yang berbeda-beda sesuai dengan nomor ruangan dan kondisi lampu mati/menyala. Ketika lampu pada ruangan 2, 3 dan 4 menyala, dan pengguna akan menyalakan ruangan 1, maka lampu pada ruangan 4 akan otomatis padam/mati dikarenakan limit sudah mencapai lebih dari 15 Watt sehingga beban non-prioritas akan otomatis padam/mati yaitu beban pada ruang 4 sebagaimana ditunjukkan Tabel 2..

```

Daya Total : 14
=====
Channel  CH1          CH2          CH3          CH4
-----
VRMS   : 222.86      220.03      222.15      0.00
IRMS   : 22.81      22.94      22.71      0.00
Daya   : 5          5           5           0
Status
Saklar : 1          1           1           1
=====
Daya Total : 15
=====
Channel  CH1          CH2          CH3          CH4
-----
VRMS   : 220.03      216.49      220.03      0.00
IRMS   : 22.86      23.03      22.86      0.00
Daya   : 5          4           5           0
Status
Saklar : 1          1           1           1
=====
Daya Total : 14
=====

```

Gambar 9. Data pengujian prototipe dengan limit 15 Watt.

Seperti terlihat pada Gambar 9 dapat ditunjukkan bahwa ketika saklar pada ruang 2, 3, dan 4 ON dan pengguna menyalakan ruang 1 sehingga kondisi saklar menunjukkan nilai logika 1 dimana saklar ON, CH4 atau ruang 4 akan otomatis OFF sebagaimana ditunjukkan dengan angka 0 pada serial monitor. Selain itu pada hasil pengujian tersebut juga ditampilkan *Irms*, *Vrms*, dan Daya. Pada Gambar 9 juga terlihat bahwa terjadi perubahan daya ketika lampu pada ruangan 4 dipadamkan, sedangkan ruangan yang tetap menyala memiliki tegangan kurang lebih 216 V hingga 220 dengan arus sebesar 22 A hingga 22.94 Ampere. Pada pengujian limit daya digunakan untuk mengetahui daya yang terpakai ketika terjadi perpindahan beban non-prioritas dari kondisi ON menjadi kondisi OFF.

Tabel 3. Pengujian Lampu dengan Limit Daya 10 Watt

No	Kondisi Saklar				Kondisi Lampu				Keterangan
	R1	R2	R3	R4	R1	R2	R3	R4	
1	ON	ON	OFF	OFF	ON	ON	OFF	OFF	-
2	OFF	ON	ON	OFF	OFF	ON	ON	OFF	-
3	OFF	OFF	ON	ON	OFF	OFF	ON	ON	-
4	ON	OFF	OFF	ON	ON	OFF	OFF	ON	-
5	ON	ON	ON	OFF	ON	ON	OFF	OFF	Saklar Ruang 2 dan 3 ON Terlebih dahulu
6	ON	ON	OFF	ON	ON	ON	OFF	OFF	Saklar Ruang 1 dan 2 ON Terlebih dahulu
7	ON	ON	ON	OFF	ON	OFF	ON	OFF	Saklar Ruang 1 dan 3 ON Terlebih dahulu
8	ON	ON	ON	OFF	ON	ON	OFF	OFF	Saklar Ruang 2 dan 3 ON Terlebih dahulu

Ket : R = Ruang

Tabel 3 menunjukkan pengujian limit daya sebesar 10 Watt dimana Ruang 1 sebagai prioritas dan ruang 2,3, dan 4 adalah ruangan non-prioritas. Sebagai contoh pengujian pada baris no.8, dimana pengujian tersebut terdapat 4 kondisi saklar yang berbeda-beda sesuai dengan nomor ruangan dan kondisi lampu mati/menyala. Ketika lampu pada ruangan 2 dan 3 menyala, dan pengguna akan menyalakan ruang no.1, maka lampu pada ruangan 3 otomatis padam dikarenakan limit sudah mencapai lebih dari 10 Watt.

Channel	CH1	CH2	CH3	CH4
Daya Total	: 8			
VRMS	: 216.49	: 218.61	: 0.00	: 0.00
IRMS	: 22.76	: 23.00	: 0.00	: 0.00
Daya	: 4	: 5	: 0	: 0
Status				
Saklar	: 1	: 1	: 1	: 0
Daya Total	: 9			
VRMS	: 222.86	: 220.74	: 0.00	: 0.00
IRMS	: 22.90	: 22.78	: 0.00	: 0.00
Daya	: 5	: 5	: 0	: 0
Status				
Saklar	: 1	: 1	: 1	: 0
Daya Total	: 10			

Gambar 10. Data Pengujian Prototipe dengan Limit 10 Watt

Gambar 10 menunjukkan bahwa ketika saklar pada ruang 2 dan 3 ON terlebih dahulu sedangkan ruang 4 tetap padam dan pengguna menyalakan ruang 1 sehingga kondisi saklar menunjukkan nilai logika 1 yang berarti saklar ON, maka CH3 atau ruang 3 akan otomatis OFF sebagaimana ditunjukkan dengan angka 0 pada serial monitor. Hal ini terjadi dikarenakan ruang 1 lebih prioritas dibanding dengan ruang 3. Pada hasil pengujian tersebut juga ditampilkan *Irms*, *Vrms*, dan daya. Gambar 10 menunjukkan bahwa terjadi perubahan daya ketika lampu pada ruangan 3 dipadamkan, sedangkan ruangan yang tetap menyala memiliki tegangan kurang lebih 220 V hingga 222 V dengan arus sebesar 22,78 A hingga 22,90 A. Pengujian limit daya digunakan untuk mengetahui daya yang terpakai ketika terjadi perpindahan beban non-prioritas dari kondisi ON menjadi kondisi OFF. Limit daya dapat disesuaikan dengan kebutuhan perumahan dan otomatis mati sesuai dengan beban prioritas dan non-prioritas. Beban dapat diubah oleh pengguna dan mudah diprogram untuk implementasi nyata.

3.3. Hasil Penghematan Energi

Dengan memantau penggunaan daya, biaya tagihan listrik dapat dikurangi dengan menghindari penggunaan lampu yang berlebihan berdasarkan data beban pada Tabel 1. Dalam menentukan biaya tagihan listrik dalam sehari digunakan data pada Gambar 7, dimana limit daya yang dibatasi sebesar 812 Watt, sedangkan penggunaan sebelum sistem bekerja sebesar 976 Watt. Setelah sistem bekerja, daya berkurang sebesar 800 Watt. Jika lampu dinyalakan selama 12 jam dalam sehari, maka energi yang dibutuhkan dalam sehari sebesar 9.6 kWh per hari atau 288 kWh per bulan. Tarif dasar listrik per *kilowatt hour* untuk kualifikasi R-1M/TR (451-900 VA) telah dikeluarkan secara resmi oleh Kementerian ESDM dan PLN, dengan biaya sebesar Rp. 1352 per kilowatt hour. Dengan demikian, perhitungannya adalah sebagai berikut:

$$R1 = 38 \text{ jam menyala} \times \text{daya tersambung (kVA)} \times \text{biaya pemakaian}$$

$$R1 = 38 \text{ jam menyala} \times 0.9 \text{ kVA} \times \text{Rp. 1352, -}$$

$$R1 = \text{Rp. 46.238, -}$$

Jika diasumsikan bahwa sistem akan bekerja selama satu bulan, maka konsumsi energi selama satu bulan akan mencapai 288 kWh.

Maka biaya bulanan yang harus dibayarkan adalah sebagai berikut :

$$\begin{aligned} \text{Biaya bulanan R1} &= \text{Biaya beban} + (\text{daya yang terpakai (kWh)} \times \text{Rp. 1352,-}) \\ &= \text{Rp. 46.238,-} + (288 \text{ kWh} \times \text{Rp. 1352,-}) \end{aligned}$$

= Rp. 435.614,-

Dengan demikian, selisih antara biaya bulan yang harus dibayar sebesar Rp. 521.276,72 - Rp. 435.614 yaitu Rp. 85.662,72. Berdasarkan hasil tersebut, dapat disimpulkan bahwa telah terjadi penghematan sebesar Rp. 85.662,72 per bulan.

4. Kesimpulan

Pengujian pada sistem penentuan beban (*Decision System*) berdasarkan respon beban dengan memperhatikan daya yang terpakai dan daya yang terpasang menggunakan media prototipe yang dirancang dengan 4 ruangan dengan beban 4 lampu. Pada sistem ini didapatkan bahwa pemilihan beban dimana beban akan nyala dan beban akan padam berdasarkan data yang telah di dapatkan yang disesuaikan dengan daya terpasang dengan pengujian beberapa limit daya sebesar 812 Watt menggunakan program simulasi Python dimana hasil respon beban non prioritas otomatis padam dan beban prioritas tetap nyala berdasarkan urutan beban dalam simulasi program python sedangkan limit daya sebesar 15 Watt menggunakan pengujian prototype rumah dimana hasil respon beban non-prioritas otomatis padam berdasarkan beban yang telah ditentukan dalam kontroller prototype rumah. Selain itu berdasarkan selisih biaya tagihan bulanan sebesar Rp. 85.662,72,-, dapat disimpulkan bahwa perancangan sistem ini berhasil menghemat biaya tagihan listrik dan sistem berhasil diimplementasikan dalam sebuah prototipe.

Ucapan Terima Kasih

Terima kasih disampaikan kepada Direktorat Akademik Pendidikan Tinggi Vokasi sebagai penyandang dana penelitian ini sehingga dapat terlaksana dengan lancar, juga tidak lupa pula kepada Politeknik Unisma Malang sebagai motivator dalam pelaksanaan penelitian ini.

Referensi

- [1] D. . S. B. Yudhoyono, "Intruksi Presiden RI Nomor 13 Tahun 2011 Tentang Penghematan Energi dan Air," no. 1, pp. 1–5, 2011.
- [2] A. Mayub, Fahmizal, M. Shidiq, U. Y. Oktiawati, and N. R. Rosyid, "Implementation smart home using internet of things," *Telkomnika (Telecommunication Comput. Electron. Control.*, vol. 17, no. 6, pp. 3126–3136, Dec. 2019, doi: 10.12928/TELKOMNIKA.v17i6.11722.
- [3] W. Widodo, M. Ruswiensari, A. Qomar, I. Teknologi Adhi Tama Surabaya, and P. Elektronika Negeri Surabaya, "Monitoring Pemakaian Daya Listrik Secara Realtime Berbasis Internet Of Things."
- [4] S. Izza, M. Sulhan, G. Al Azhar, and A. A. Sugiarto, "Pengembangan Miniatur Sistem Proteksi Pada Jaringan Distribusi 20 kV Menggunakan Relay Micom P127 Sebagai Media Pembelajaran," vol. 1, no. 1, pp. 37–44, 2022.
- [5] F. J. Ferrández-Pastor, J. M. García-Chamizo, S. Gomez-Trillo, R. Valdivieso-Sarabia, and M. Nieto-Hidalgo, "Smart management consumption in renewable energy fed ecosystems†," *Sensors (Switzerland)*, vol. 19, no. 13, pp. 1–28, 2019, doi: 10.3390/s19132967.
- [6] S. Izza and G. Al Azhar, "Pengembangan Trainer Elektronika Digital Sebagai Media Pembelajaran Teknik Listrik Politeknik Unisma," *JTEV (Jurnal Tek. Elektro dan Vokasional)*, vol. 08, 2022, doi: 10.24036/jtev.v8i1.114103.
- [7] T. S. Gunawan, I. R. H. Yaldi, M. Kartiwi, and H. Mansor, "Performance evaluation of smart home system using internet of things," *Int. J. Electr. Comput. Eng.*, vol. 8, no. 1, pp. 400–411, Feb. 2018, doi: 10.11591/ijece.v8i1.pp400-411.
- [8] J. A. Pinzon, P. P. Vergara, L. C. P. Da Silva, and M. J. Rider, "Optimal Management of Energy Consumption and Comfort for Smart Buildings Operating in a Microgrid," *IEEE Trans. Smart Grid*, vol. 10, no. 3, pp. 3236–3247, 2019, doi: 10.1109/TSG.2018.2822276.
- [9] K. Maswadi, N. B. A. Ghani, and S. B. Hamid, "Systematic Literature Review of Smart Home Monitoring Technologies Based on IoT for the Elderly," *IEEE Access*, vol. 8, pp.

- 92244–92261, 2020, doi: 10.1109/ACCESS.2020.2992727.
- [10] A. Accetta and M. Pucci, “Energy management system in DC micro-grids of smart ships: Main gen-set fuel consumption minimization and fault compensation,” *IEEE Trans. Ind. Appl.*, vol. 55, no. 3, pp. 3097–3113, 2019, doi: 10.1109/TIA.2019.2896532.
- [11] B. Maharmi, T. Kardova, J. Teknik Elektro, and S. Tinggi Teknologi Pekanbaru, “Analisa Konsumsi Energi Listrik Rumah Dengan Kendali Otomatis,” *J. Sain, Energi, Teknol. Ind.*, vol. 2, no. 2, pp. 37–43, 2018.
- [12] A. A. Gde Satia Utama, N. Malda Janani, T. Nur Afiah Wulandari, and F. Ekonomi dan Bisnis, “Automation Of Electrical Energy Savings System: Hemat Listrik, Hemat Biaya,” vol. 6, no. 2, pp. 79–87, 2018, [Online]. Available: <https://ejournal.undiksha.ac.id/index.php/EKU>
- [13] H. Jiang, C. Cai, X. Ma, Y. Yang, and J. Liu, “Smart Home Based on WiFi Sensing: A Survey,” *IEEE Access*, vol. 6. Institute of Electrical and Electronics Engineers Inc., pp. 13317–13325, Mar. 06, 2018. doi: 10.1109/ACCESS.2018.2812887.
- [14] Z. N. Mohammad, F. Farha, A. O. M. Abuassba, S. Yang, and F. Zhou, “Access control and authorization in smart homes: A survey,” *Tsinghua Sci. Technol.*, vol. 26, no. 6, pp. 906–917, 2021, doi: 10.26599/TST.2021.9010001.
- [15] N. M. Allifah and I. A. Zualkernan, “Ranking Security of IoT-Based Smart Home Consumer Devices,” *IEEE Access*, vol. 10, pp. 18352–18369, 2022, doi: 10.1109/ACCESS.2022.3148140.
- [16] D. Xiao, Q. Wang, M. Cai, Z. Zhu, and W. Zhao, “A3ID: An Automatic and Interpretable Implicit Interference Detection Method for Smart Home via Knowledge Graph,” *IEEE Internet Things J.*, vol. 7, no. 3, pp. 2197–2211, 2020, doi: 10.1109/JIOT.2019.2959063.
- [17] M. Marcos Amoroso, R. Moraes, G. M. De Araujo, and V. S. Rodrigues, “Wireless Network Technologies for Smart Homes: A Technical and Economic Analysis,” *IEEE Lat. Am. Trans.*, vol. 19, no. 5, pp. 717–725, 2021, doi: 10.1109/TLA.2021.9448285.
- [18] R. K. Chauhan and K. Chauhan, “Building automation system for grid-connected home to optimize energy consumption and electricity bill,” *J. Build. Eng.*, vol. 21, pp. 409–420, 2019, doi: 10.1016/j.jobe.2018.10.032.
- [19] M. Khan, J. Seo, and D. Kim, “Real-Time Scheduling of Operational Time for Smart Home Appliances Based on Reinforcement Learning,” *IEEE Access*, vol. 8, pp. 116520–116534, 2020, doi: 10.1109/ACCESS.2020.3004151.
- [20] F. J. Miandashti, M. Izadi, A. A. N. Shirehjini, and S. Shirmohammadi, “An Empirical Approach to Modeling User-System Interaction Conflicts in Smart Homes,” *IEEE Trans. Human-Machine Syst.*, vol. 50, no. 6, pp. 573–583, 2020, doi: 10.1109/THMS.2020.3017784.