

VOLUME 10 | NOMOR 1 | APRIL 2024

p-ISSN 2443-0986

e-ISSN 2685-001X

ELEKTRIKA BORNEO



Diterbitkan oleh

JURUSAN TEKNIK ELEKTRO

UNIVERSITAS BORNEO TARAKAN

p-ISSN 2443-0986
e-ISSN 2685-001X

ELEKTRIKA BORNEO

Volume 10, Nomor 1, April 2024

Ketua Redaksi
(Editor-in-Chief)

Fitriani Said, S.T., M.T.

Dewan Redaksi
(Editorial Board)

Dr. Syahfrizal Tachfulloh, S.T., M.T.

Abdul Muis Prasetya, S.T., M.T.

Abil Huda, S.T., M.T.

Sugeng Riyanto, S.T., M.T.

Asisten Redaksi
(Editorial Assistant)

Hendra, S.T.

Alamat Redaksi
(Address)

**Gedung D Lantai 3 Kampus Universitas Borneo Tarakan
Jalan Amal Lama No. 1, Tarakan, 77123
Kalimantan Utara, Indonesia**



Diterbitkan oleh:
Jurusan Teknik Elektro Universitas Borneo Tarakan

ELEKTRIKA BORNEO

Volume 10, Nomor 1, April 2024

DAFTAR ISI

1. *Economic Dispatch* Menggunakan Metode *Quadratic Programming*
Patria Julianto dan Rasmi..... 1 – 7
2. Rancang Bangun Alat Pengukur Paparan Getaran Mesin Gerinda Yang
Berpengaruh Terhadap HAVS Berbasis Arduino
Muhammad Nurman dan Dedy Harto 8 – 13
3. Implementasi *Mini Server* Berbasis Raspberry PI Untuk Aplikasi Pembelajaran
Elektronik
Rudy 14 – 19
4. Rancang Bangun *Buck-Boost Converter* Sebagai *Charger* Baterai *Controller*
Berbasis PWM dengan Sumber *Photovoltaic*
Wibowo Aldi dan Huda Abil 20 – 27
5. Perancangan dan Implementasi Sensor Kelembapan Untuk Mendeteksi Hujan
Pada Rumah Tangga
Fatimah Az Zahra dan Grace Aurelia Darleen 28 – 33

ECONOMIC DISPATCH MENGGUNAKAN METODE QUADRATIC PROGRAMMING

Patria Julianto¹, Rasmi²

^{1,2} Teknik Elektro, Universitas Borneo Tarakan, Tarakan, Kalimantan Utara, Indonesia

¹patria@borneo.ac.id

²rasmimi46@gmail.com

Abstract— In the power system, the electrical energy needed by consumers must be provided by power plants. These power plants have different characteristics in terms of fuel type, capacity, and operation pattern. To obtain the most minimal generation costs, the operation of power plants must be carried out optimally, which in this research was conducted by means of load sharing (economic dispatch). In economic dispatch, the main problem was how to get the roots of non-linear equations (quadratic equations) which were mathematical modeling of the characteristics of each power plant. In this research, the Quadratic Programming method was employed to solve the economic dispatch problem, while the software used was GAMS software. To test the economic dispatch modeling, the data of IEEE 30 Bus System and Java Bali 500 kV System were used. The simulation result was compared with the Lamda Iteration method and the Flower Pollination Algorithm method with the comparison results indicating that the Quadratic Programming method was superior to other methods.

Keywords— Economic dispatch, Fuel Cost, Quadratic Programming

Intisari— Pada sistem tenaga listrik, energi listrik yang dibutuhkan oleh konsumen harus disediakan oleh pembangkit-pembangkit listrik. Pembangkit-pembangkit tersebut memiliki karakteristik yang berbeda-beda baik dari sisi jenis bahan bakar, kapasitas maupun pola pengoperasiannya. Untuk mendapatkan biaya pembangkitan yang paling minimum, maka pengoperasian pembangkit-pembangkit listrik harus dilakukan secara optimum yang dalam penelitian ini dilakukan dengan cara pembagian pembebanan (economic dispatch). Pada economic dispatch yang menjadi permasalahan utama adalah bagaimana mendapatkan nilai akar-akar persamaan non linier (persamaan kuadrat) yang merupakan pemodelan matematika dari karakteristik pada masing-masing pembangkit listrik. Pada penelitian ini metode Quadratic Programming digunakan untuk menyelesaikan permasalahan economic dispatch, sedangkan software yang digunakan adalah software GAMS. Untuk menguji pemodelan economic dispatch digunakan data Sistem IEEE 30 Bus dan Sistem Jawa Bali 500 kV. Hasil simulasi juga dibandingkan dengan metode Iterasi Lamda dan metode Flower Pollination Algorithm dengan hasil perbandingan menunjukkan bahwa metode Quadratic Programming lebih unggul dibandingkan dengan metode lainnya.

Kata Kunci— Economic dispatch, biaya bahan bakar, Quadratic Programming.

I. PENDAHULUAN

Perkembangan zaman yang begitu pesat membuat

banyak perubahan pada kebutuhan hidup manusia di berbagai bidang. Hal tersebut menyebabkan terjadinya peningkatan penggunaan energi listrik. Peningkatan tersebut harus diimbangi dengan penyediaan listrik oleh perusahaan pembangkitan. Dengan berbagai macam pola beban yang harus ditanggung oleh perusahaan pembangkit listrik maka diperlukan sebuah metode agar dapat mengurangi biaya bahan bakar pembangkit tersebut. Semakin besar biaya yang ditanggung oleh pembangkit sejalan dengan semakin besarnya permintaan maupun pemakaian daya listrik oleh konsumen. Oleh sebab itu dibutuhkan pola pengoperasian yang optimal untuk dapat memenuhi permintaan beban dengan biaya yang paling minimal [1-3].

Pada penelitian ini akan membahas terkait penyelesaian optimasi menggunakan economic dispatch dengan metode Quadratic Programming (QP). Penelitian ini akan menentukan pembagian daya paling optimal pada setiap unit pembangkit dengan biaya bahan bakar yang ekonomis.

Dzikra, T. K. [4] pada penelitiannya yang berjudul “Economic dispatch Dengan Memperhitungkan Integrasi Solar Energi Menggunakan Metode Quadratic Programming”. Pada proses pengoperasiannya tiap unit pembangkit listrik pasti memiliki karakteristik yang berbeda. Karakteristik input-output memperlihatkan hubungan dari masukan biaya bahan bakar (Rp) dan keluaran yang dihasilkan oleh unit pembangkit (MW). Dilakukan optimasi pengoperasian pada unit pembangkitan yaitu dengan memahami perbedaan karakteristik seluruh pembangkit. Besar beban permintaan dari konsumen harus sama dengan total daya yang dibangkitkan oleh seluruh unit pembangkit dengan mempertimbangkan batasan pembangkitan daya minimum dan daya maksimum untuk tiap unit pembangkit tersebut. Dari hasil simulasinya diperoleh tiap daya yang dibangkitkan masing-masing unit pembangkit tidak lebih kecil dari daya minimum dan tidak lebih besar dari daya maksimum yang telah ditentukan dan total biaya yang dianggap ekonomis pada simulasi.

Pranata, D. A. [5] pada penelitiannya yang berjudul “Economic dan Emission Dispatch Pada Sistem Transmisi Jawa Bali 500 kV Berdasarkan RUPTL 2015–2024 Menggunakan Modified Bee Colony Algorithm”. Dalam penelitian ini terdapat dua permasalahan yaitu economic dispatch yang lebih mengutamakan faktor ekonomis dan emission dispatch untuk mengurangi emisi gas buang tiap unit pembangkit. Pada dasarnya fungsi memperhitungkan economic dispatch yaitu untuk menentukan pembagian daya yang optimal dan paling baik dari pembangkit yang

tersedia dalam proses melayani konsumen [6]. Setelah dilakukan simulasi diperoleh bahwa faktor pembobotan sangat mempengaruhi biaya pembangkitan, apabila faktor pembobotan lebih diutamakan pada faktor ekonomis maka biaya pembangkitan akan lebih murah sedangkan emisi gas buang akan lebih tinggi, begitu pula apabila terjadi sebaliknya.

Faulianur, R. [7] pada penelitiannya yang berjudul “Komparasi Metode Iterasi Lamda Dengan *Quadratic Programming* Pada Sistem Pembangkit Termal”. Ada berbagai macam metode yang ditawarkan untuk diterapkan dalam memperhitungkan *economic dispatch* dua diantaranya yaitu dengan menggunakan metode iterasi Lamda tanpa mempertimbangkan batasan dari kemampuan pembangkit dan untuk metode *Quadratic Programming* adanya pertimbangan batasan kemampuan dari pembangkit. Berdasarkan perbandingan antara keduanya metode *Quadratic Programming* menjadi lebih unggul daripada metode iterasi Lamda, dikarenakan dari simulasi yang telah dilakukan metode ini dapat mempertimbangkan batas pembangkitan yang diizinkan.

Pada penelitian ini metode *Quadratic Programming* digunakan untuk menyelesaikan permasalahan *economic dispatch* menggunakan software GAMS. Untuk menguji pemodelan *economic dispatch* digunakan data Sistem IEEE 30 Bus dan Sistem Jawa Bali 500 kV. Hasil dari simulasi akan dibandingkan dengan metode Iterasi Lamda dan metode Flower Pollination Algorithm dengan metode *Quadratic Programming* lebih unggul dibandingkan dengan metode lainnya.

II. ECONOMIC DISPATCH MENGGUNAKAN METODE QP

Economic dispatch adalah pembagian pembebanan daya yang harus dibangkitkan oleh per unit pembangkit untuk dapat memenuhi permintaan/kebutuhan beban sistem. Untuk menentukan pembagian daya yang optimal dan paling baik agar dapat memenuhi kebutuhan beban dengan beberapa pertimbangan batasannya. Dengan tujuan untuk meminimalkan penggunaan konsumtif bahan bakar dari pembangkit dengan memperhitungkan berapa besar pembebanan dari tiap unit pembangkit. Bahan bakar merupakan faktor yang paling mempengaruhi biaya pembangkitan pada sistem tenaga listrik. Fungsi objektif untuk memperoleh biaya bahan bakar dapat dihitung dengan persamaan berikut:

$$\min(FE_T) = \sum_{i=1}^T \left(\sum_{g=1}^n (\alpha_g^t P_g^t + \beta_g^t P_g^t + \gamma_g^t) \right) \quad (1)$$

Pada perhitungan optimasi terdapat batasan yang harus diperhatikan yaitu batasan keseimbangan daya yang merupakan total daya yang dibangkitkan dengan total beban yang akan disuplai harus sama. Berikut merupakan persamaan dari batasan keseimbangan daya aktif.

$$\sum_{i=1}^n P_i - P_D^t = 0 \quad (2)$$

Setiap pembangkit mempunyai kapasitas dan karakteristik yang berbeda, yaitu pembangkit tidak boleh membangkitkan daya di luar kapasitasnya. Selanjutnya batas daya output minimum dan maksimum setiap unit pembangkit, daya yang akan dibangkitkan setiap pembangkit tidak boleh kurang dari batas minimum dan tidak boleh lebih dari batas maksimum yang telah ditentukan, dapat ditulis sebagai berikut:

$$P_{i \min} \leq P_i \leq P_{i \max} \quad (3)$$

Keterangan:

FE_{Total} = Hasil biaya yang dioptimalkan

n : jumlah pembangkit

P_G^t : daya yang dibangkitkan pembangkit G pada periode waktu t (MW)

P_i : daya *output* yang dibangkitkan

α, β, γ : koefisien biaya pembangkit

$P_{i \min}$: batas minimal daya pembangkit

$P_{i \max}$: batas maksimal daya pembangkit

Linier programming adalah sebuah model yang sangat handal dapat digunakan dalam menganalisa berbagai persoalan sains, engineering, industri dan bisnis. Akan tetapi pada model ini terdapat batasan dimana tidak semua permasalahan dalam bentuk linier. Dengan menggunakan model linier hanya memberikan hasil terbaik pada permasalahan orde pertama. Model *Quadratic Programming* adalah model yang terbaik dari model ini. Dengan menggunakan model *Quadratic Programming* dapat menyelesaikan permasalahan non linier, juga dapat memodelkannya ke dalam sebuah persamaan objektif [8-10].

Fungsi objektif dari *Quadratic Programming* dimodelkan dalam sebuah persamaan sebagai berikut:

$$F(x) = \frac{1}{2} x^T H x + f^T x + c \quad (4)$$

Batasan (*constraints*) linier dari *Quadratic Programming* dimodelkan sebagai berikut:

$$Aeq \cdot x = Beq \quad (5)$$

$$LB \leq x \leq UB \quad (6)$$

$$x_{\min} \leq x \leq x_{\max} \quad (7)$$

Keterangan:

f : matriks komponen linier;

H : matriks komponen kuadratik;

UB : batas atas variabel;

LB : batas bawah variabel;

Aeq : matriks persamaan;

Beq : matriks persamaan (konstan);

c : konstanta matriks n-vektor;

x : n-vektor yang nilainya akan dioptimasi.

III. IMPLEMENTASI ECONOMIC DISPATCH MENGGUNAKAN GAMS

Untuk prosedur dan proses optimasi dilakukan pada sistem IEEE 30 Bus menggunakan metode *Quadratic Programming* dengan tetap memperhatikan batasan-batasan equality dan inequality. Berikut merupakan proses penyelesaian masalah *economic dispatch* dengan metode *Quadratic Programming* (QP) pada software GAMS [11-13] menggunakan CONOPT solver. Flowchart *economic*

dispatch terdapat pada gambar 1. Berikut merupakan langkah-langkah optimasi *economic dispatch*, yaitu:

- 1) Data input seperti koefisien biaya, batasan daya minimum dan maksimum tiap unit pembangkit serta jumlah beban yang dapat dibangkitkan oleh pembangkit tersebut.

- (a) Menentukan banyaknya jumlah pembangkit termal dan total beban pembangkitan sebagai berikut.

```
Set
Gen / G1*G6 /;
Scalar load / 283.4 /;
```

- (b) Berikut merupakan inisialisasi parameter input terdiri dari koefisien biaya α , β , γ serta kapasitas minimum dan maksimum pembangkit.

	a	b	c	Pmin	Pmax
G1	0.00375	2.00	0	50	200
G2	0.01750	1.75	0	20	80
G3	0.06250	1.00	0	15	50
G4	0.00834	3.25	0	10	35
G5	0.02500	3.00	0	10	30
G6	0.02500	3.00	0	12	40;

- (c) Berikut ini variabel keluaran daya minimum dan daya maksimum pembangkit.

```
Variable
OBJ
P.lo(gen) = data(gen, 'Pmin');
P.up(gen) = data(gen, 'Pmax');
```

- 2) Memasukkan persamaan matematika yang menjelaskan hubungan antara data dan variabel yaitu, biaya bahan bakar pembangkit, keseimbangan daya, dan lain-lain.

- (a) Memasukkan fungsi objektif Persamaan (2)

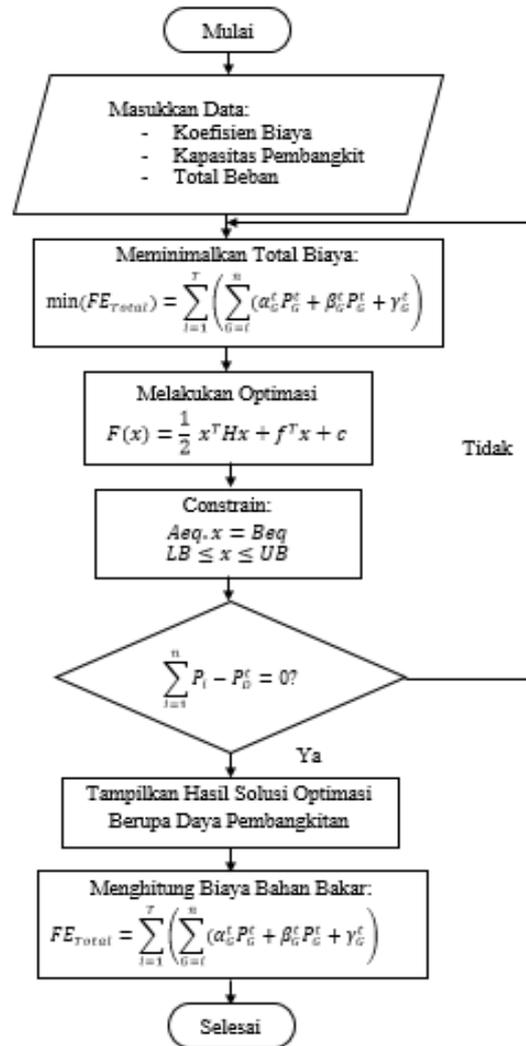
```
OF =e= sum(gen,
data(gen, 'd') * P(gen) * P(gen) +
data(gen, 'e') * P(gen) +
data(gen, 'f'));
```

- (b) Memasukkan kendala keseimbangan daya.

```
sum(gen, P(gen)) =g= load;
```

- (c) Penyelesaian *economic dispatch* untuk meminimalkan biaya bahan bakar pembangkitan menggunakan metode *Quadratic Programming* (QP).

```
Model ED / eq1, eq2 /;
solve ED using qcp minimizing
of;
```



Gambar 1. Flowchart Metode QP

IV. DATA PENGUJIAN

Pengujian dalam penelitian ini menggunakan data sistem IEEE 30 Bus dan sistem Jawa Bali 500 kV. Untuk penyelesaian masalah *economic dispatch* dengan menerapkan metode *Quadratic Programming* (QP) pada software GAMS menggunakan CONOPT solver. Simulasi dilakukan bertujuan untuk memperoleh seberapa besar biaya bahan bakar yang akan digunakan tiap unit pembangkit serta mampu mengoptimasi biaya bahan bakar sehingga dihasilkan biaya yang paling minimum, Untuk menguji pemodelan *economic dispatch* digunakan data Sistem IEEE 30 Bus [14] dan Sistem Jawa Bali 500 kV [15]. Hasil simulasi menggunakan metode *Quadratic Programming* akan dibandingkan dengan metode Iterasi Lamda dan metode Flower Pollination Algorithm.

A. Sistem IEEE 30-Bus

Sistem ini terdiri dari 6 unit pembangkit termal dengan beban sebesar 283,4 MW. Untuk koefisien biaya bahan bakar terdapat pada tabel 1, data kapasitas daya pembangkit terdapat pada tabel 2 dan data beban pada tabel 3.

B. Sistem Jawa Bali 500 kV

Pada sistem ini koefisien biaya bahan bakar terdapat pada tabel 4 dan untuk kapasitas daya minimum dan daya maksimum dapat dibangkitkan terdapat pada tabel 5. Sistem Jawa Bali 500 kV terdiri dari 20 unit pembangkit, dengan 17 unit pembangkit termal dan 3 unit PLTA. Pada penelitian ini dilakukan simulasi pada pukul 20.00 WIB dengan beban sebesar 39578 MW.

Tabel I
Koefisien Biaya Pembangkit Sistem IEEE-30 Bus

Unit	α (\$/MW ²)	β (\$/MW)	γ (\$)
G1	0,00375	2,00	0
G2	0,01750	1,75	0
G3	0,06250	1,00	0
G4	0,00830	3,25	0
G5	0,02500	3,00	0
G6	0,02500	3,00	0

Tabel II
Kapasitas Daya Pembangkit

Unit	p^{min} (MW)	p^{max} (MW)	Rup (MW/h)	RDn (MW/h)
G1	50	200	65	85
G2	20	80	12	22
G3	15	50	12	15
G4	10	35	8	16
G5	10	30	6	9
G6	12	40	8	16

Tabel III
Kapasitas Daya minimum dan maksimum Pembangkit sistem Jawa Bali 500 kV

Unit	p^{min} (MW)	p^{max} (MW)
G1	1610	4200
G2	690	1725
G3	800	2000
G4	800	2000
G5	848	2119
G6	1149	2872
G7	1080	2700
G8	360	900
G9	1886	4714
G10	640	1600
G11	403	1008
G12	696	1740
G13	824	2060
G14	760	1900
G15	1060	2650
G16	1856	4640
G17	1216	3040
G18	1200	3000
G19	546	1365
G20	1436	3589

Tabel IV
Data Beban Sistem IEEE-30 Bus

Bus No.	Beban (MW)	Beban (MVar)
1	0,00	0,00
2	21,7	12,7

Bus No.	Beban (MW)	Beban (MVar)
3	2,40	1,20
4	7,60	1,60
5	94,2	19,0
6	0,00	0,00
7	22,8	10,9
8	30,0	30,0
9	0,00	0,00
10	5,80	2,00
11	0,00	0,00
12	11,2	7,50
13	0,00	0,00
14	6,20	1,60
15	8,20	2,50
16	3,50	1,80
17	9,00	5,80
18	3,20	0,90
19	9,50	3,40
20	2,20	0,70
21	17,5	11,2
22	0,00	0,00
23	3,20	1,60
24	8,70	6,70
25	0,00	0,00
26	3,50	2,30
27	0,00	0,00
28	0,00	0,00
29	2,40	0,90
30	10,60	1,90
Total Beban	283,4	126,20

Tabel V
Koefisien Biaya Pembangkit Pada Sistem Jawa Bali 500 kV

Unit	α (\$/MW ²)	β (\$/MW)	γ (\$)
G1	-400,81	3.332.794,44	57.5743.208,50
G2	123,80	982.201,25	45.915.179,30
G3	-216,78	1.687.044,26	26.078.106,50
G4	-216,78	1.687.044,26	26.078.106,50
G5	203,72	2.707.932,51	66.802.287,30
G6	-51,78	2.707.932,51	175.648.457,90
G7	691,77	3.047.098,70	519.353.767,10
G8	0,00	400,00	0,00
G9	218,29	2.104.640,99	180.205.527,90
G10	-198,13	16.260.663,24	36.865.968,40
G11	0,00	400,00	0,00
G12	0,00	600,00	0,00
G13	-123,97	1.535.364,19	49.030.275,10
G14	-52,12	1.745.451,56	44.057.796,00
G15	551,86	1.577.296,45	138.462.967,60
G16	-80,97	2.828.349,26	133.177.025,60
G17	-73,82	5.877.235,44	112.522.922,10
G18	-108,39	2.530.566,39	39.117.159,80
G19	203,41	2.545.843,46	140.621.312,50
G20	-102,23	2.480.952,82	110.670.582,70

V. HASIL SIMULASI DAN ANALISIS

Pada tahap ini akan menampilkan hasil simulasi *economic dispatch* menggunakan software GAMS

dilakukan untuk memperoleh berapa besar biaya yang dapat dioptimalkan setelah dilakukan optimasi menggunakan metode *Quadratic Programming* (QP). Hasil simulasi berupa total biaya bahan bakar yang dapat dioptimalkan oleh pembangkit serta daya aktif optimum tiap unit pembangkit.

Tabel VI

Hasil Simulasi *Economic dispatch* Pada Sistem IEEE 30-Bus

Unit	Daya Optimum (MW)	Biaya Bahan Bakar (\$)
G1	185,404	499,713
G2	46,872	120,473
G3	19,124	41,982
G4	10,000	33,334
G5	10,000	32,500
G6	12,000	39,600
Total	283,400	767,602

Tabel VII

Hasil Simulasi *Economic dispatch* Pada Sistem Jawa-Bali 500 kV

Unit	Daya Optimum (MW)	Biaya Bahan Bakar (Rp)
G1	4200	6.985.079.656
G2	1725	2.108.603.637
G3	2000	2.533.062.627
G4	2000	2.533.062.627
G5	848	2.509.624.923
G6	2580	7.300.450.915
G7	1080	4.617.098.558
G8	900	360.000
G9	1886	4.926.004.421
G10	1600	2.131.349.232
G11	1008	403.200
G12	1740	1.044.000
G13	2060	2.685.801.415
G14	1900	3.172.248.120
G15	1060	2.430.468.224
G16	4640	11.513.422.820
G17	1216	7.150.089.789
G18	3000	6.655.324.330
G19	546	1.591.284.717
G20	3589	7.697.955.057
Total	39578	78.542.738.268

A. Analisa Perhitungan Pada Sistem IEEE 30-Bus

Setelah hasil simulasi diperoleh maka dilakukan perhitungan manual untuk membuktikan keakuratan data sistem IEEE 30 Bus, dilakukan perhitungan sebagai berikut:

Persamaan biaya:

$$\begin{aligned}
 E_1 &= 0,00375P^2 + 2P + 0 \\
 E_2 &= 0,0175P^2 + 1,75P + 0 \\
 E_3 &= 0,0625P^2 + 1P + 0 \\
 E_4 &= 0,00834P^2 + 3,25P + 0 \\
 E_5 &= 0,025P^2 + 3P + 0 \\
 E_6 &= 0,025P^2 + 3P + 0
 \end{aligned}$$

Batasan:

$$\begin{aligned}
 A_{eq} &= B_{eq} \\
 P_1 + P_2 + P_3 + P_4 + P_5 + P_6 &= P_D \\
 P_1 + P_2 + P_3 + P_4 + P_5 + P_6 &= 283,4 \\
 LB &\leq P \leq UB \\
 50 &\leq P \leq 200 \\
 20 &\leq P \leq 80 \\
 15 &\leq P \leq 50 \\
 10 &\leq P \leq 35 \\
 10 &\leq P \leq 30 \\
 12 &\leq P \leq 40
 \end{aligned}$$

Fungsi objektif:

$$\text{Min } F(x) = \frac{1}{2} x^T H_x + f^T x + c$$

$$H = 2 \times \begin{bmatrix} 0,00375 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0,01750 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0,06250 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0,00834 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0,02500 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0,02500 \end{bmatrix}$$

$$= \begin{bmatrix} 0,0075 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0,035 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0,125 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0,01668 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0,05 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0,05 \end{bmatrix}$$

$$f = \begin{bmatrix} 2 \\ 1,75 \\ 1 \\ 3,25 \\ 3 \\ 3 \end{bmatrix}$$

$$f^T = [2 \quad 1,75 \quad 1 \quad 3,25 \quad 3 \quad 3]$$

$$e = 0$$

Batasan:

$$LB = \begin{bmatrix} 50 \\ 20 \\ 15 \\ 10 \\ 10 \\ 12 \end{bmatrix}$$

$$UB = \begin{bmatrix} 200 \\ 80 \\ 50 \\ 35 \\ 30 \\ 40 \end{bmatrix}$$

$$A_{eq} = [1 \quad 1 \quad 1 \quad 1 \quad 1 \quad 1]$$

$$B_{eq} = 283,4$$

Maka:

$$\begin{aligned}
 \text{Min } F(x) &= \frac{1}{2} x^T H_x + f^T x + c \\
 &= \frac{1}{2} \times [P_1 \quad P_2 \quad P_3 \quad P_4 \quad P_5 \quad P_6]
 \end{aligned}$$

$$\times \begin{bmatrix} 0,0075 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0,035 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0,125 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0,01668 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0,05 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0,05 \end{bmatrix}$$

$$\times \begin{bmatrix} P_1 \\ P_2 \\ P_3 \\ P_4 \\ P_5 \\ P_6 \end{bmatrix} + [2 \quad 1,75 \quad 1 \quad 3,25 \quad 3 \quad 3]$$

$$\times \begin{bmatrix} P_1 \\ P_2 \\ P_3 \\ P_4 \\ P_5 \\ P_6 \end{bmatrix} + 0$$

$$\begin{bmatrix} P_1 \\ P_2 \\ P_3 \\ P_4 \\ P_5 \\ P_6 \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} 185,4036 \\ 46,8722 \\ 19,1242 \\ 10 \\ 10 \\ 12 \end{bmatrix}$$

Berdasarkan hasil perhitungan sistem IEEE 30 Bus diatas dapat diamati untuk menghasilkan biaya bahan bakar yang optimal sebagai berikut:

- $P_1 = 185,4036 \text{ MW}$
- $P_2 = 46,8722 \text{ MW}$
- $P_3 = 19,1242 \text{ MW}$
- $P_4 = 10 \text{ MW}$
- $P_5 = 10 \text{ MW}$
- $P_6 = 12 \text{ MW}$

Total biaya bahan bakar yang dihasilkan oleh sistem IEEE 30 bus adalah $E_{G1} + E_{G2} + E_{G3} + E_{G4} + E_{G5} + E_{G6}$. Adapun hasil perhitungannya dengan menggunakan persamaan berikut ini.

$$\begin{aligned} E_{Gi} &= \alpha_{Gi}P_i^2 + \beta_{Gi}P_i + \gamma_{Gi} \\ E_{G1} &= (0,00375 \times (185,4036)^2) + (2 \times 185,4036) + 0 \\ &= 499,7115558 \text{ MW} \\ E_{G2} &= (0,01750 \times (46,8722)^2) + (1,75 \times 46,8722) + 0 \\ &= 120,4739048 \text{ MW} \\ E_{G3} &= (0,06250 \times (19,1242)^2) + (1 \times 19,1242) + 0 \\ &= 41,9826391 \text{ MW} \\ E_{G4} &= (0,00834 \times (10)^2) + (3,25 \times 10) + 0 \\ &= 33,334 \text{ MW} \\ E_{G5} &= (0,02500 \times (10)^2) + (3 \times 10) + 0 \\ &= 32,5 \text{ MW} \\ E_{G6} &= (0,02500 \times (12)^2) + (3 \times 12) + 0 \\ &= 39,6 \text{ MW} \end{aligned}$$

$$FE_{Total} = \sum_{i=1}^T \left(\sum_{G=i}^n (\alpha_G^t P_G^t + \beta_G^t P_G^t + \gamma_G^t) \right)$$

$$\begin{aligned} FE_{Total} &= E_{G1} + E_{G2} + E_{G3} + E_{G4} + E_{G5} + E_{G6} \\ &= 499,7115558 + 120,47390 + 41,9826391 \\ &\quad + 33,334 + 32,5 + 39,6 \\ &= 767,602 \text{ MW} \end{aligned}$$

B. Perbandingan Perhitungan *Economic Dispatch* Dengan Beberapa Metode

Tabel VIII

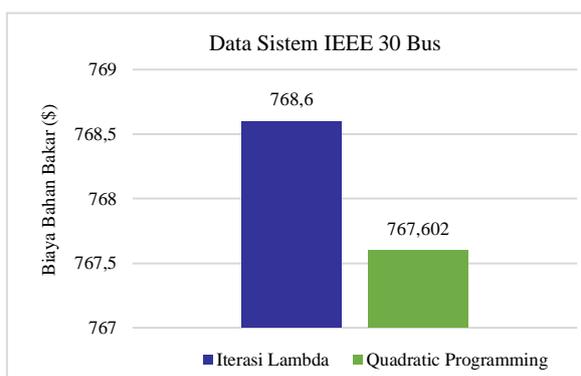
Perbandingan Hasil *Economic dispatch* Dengan Beberapa Metode Pada Sistem IEEE 30-Bus

Metode	Total Biaya (\$)
Iterasi Lamda	768,600
<i>Quadratic Programming</i>	767,602

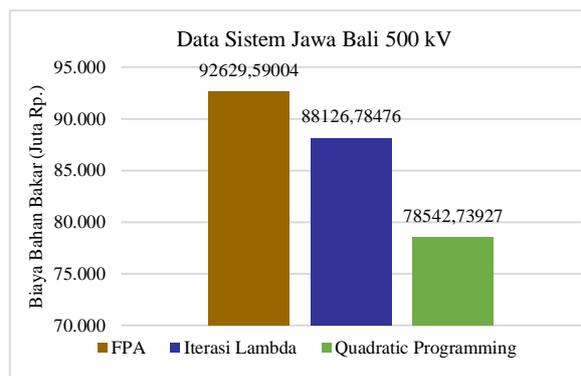
Tabel IX

Perbandingan Hasil *Economic dispatch* Dengan Beberapa Metode Pada Sistem Jawa-Bali 500 kV

Metode	Total Biaya (Rp)
<i>Flower Pollination Algorithm</i>	92.629.590.057
Iterasi Lamda	88.126.784.760
<i>Quadratic Programming</i>	78.542.738.268



Gambar 2. Grafik perbandingan hasil Biaya Bahan Bakar menggunakan metode QP dengan metode lain



Gambar 3. Grafik perbandingan hasil Biaya Bahan Bakar menggunakan metode QP dengan metode lain

VI. KESIMPULAN

Pada penelitian ini telah dilakukan simulasi dan analisis *Economic dispatch* (ED) menggunakan metode *Quadratic Programming* (QP) pada sistem IEEE 30 Bus dan sistem Jawa-Bali 500 kV dengan beberapa kesimpulan sebagai berikut:

1. Pada sistem IEEE 30 Bus dengan total beban sebesar 283,4 MW, perhitungan *economic dispatch* menggunakan metode Iterasi Lamda menghasilkan biaya pembangkitan sebesar \$ 768,600 per jam sedangkan menggunakan metode *Quadratic Programming* menghasilkan biaya pembangkitan sebesar \$ 767,602 per jam.

2. Pada sistem Jawa-Bali 500 kV dengan total beban sebesar 39578 MW, perhitungan *economic dispatch* menggunakan metode Iterasi Lamda menghasilkan biaya pembangkitan sebesar Rp 88.126.784.760 per jam dan pada penelitian yang menggunakan metode *Flower Pollination Algorithm* [15] menghasilkan biaya sebesar Rp 92.629.590.057 per jam sedangkan menggunakan metode *Quadratic Programming* menghasilkan biaya pembangkitan sebesar Rp 78.542.738.268 per jam.
3. Dari hasil perbandingan perhitungan *economic dispatch* menggunakan metode *Quadratic Programming* dengan metode lainnya, dapat dilihat bahwa metode *Quadratic Programming* lebih unggul dibandingkan dengan metode lainnya.

REFERENSI

- [1] Angdrie, S. V., Patras, L. S., Tumaliang, H., & Lisi, F. (2012). Optimalisasi Biaya Bahan Bakar Untuk Penjadwalan Unit-Unit Pada Pembangkit Thermal Sistem Minahasa Dengan Metode Iterasi Lamda. *Jurnal Teknik elektro dan Komputer*, 1(2), 1-6.
- [2] Gama, N., Fielman, L., Maickel, T. & Nelwan, A. F. (2012). Aliran Daya Optimal Pada Sistem Minahasa. *Jurnal Teknik Elektro dan Komputer*, 1(3), 1-10.
- [3] Riswandi, S., Lubis, R. S., & Syukri, M. (2021). Operasi Ekonomis pada Sistem Pembangkit Thermal Sumatera Barat dengan Menggunakan metode Iterasi Lamda. *KITEKTRO : Jurnal Komputer, Informasi Teknologi, dan Elektro*, 6(1), 19-25.
- [4] Dzikra, T. K. (2019). *Economic dispatch Dengan Memperhitungkan Integrasi Solar Energi Menggunakan Metode Quadratic Programming* (Doctoral dissertation, Universitas Islam Indonesia).
- [5] Pertiwi, N. P., Ramdhan, H. S., & Syahrizal. (2018). Analisa *Economic dispatch* Pada Unit Pembangkit Menggunakan Metode Iterasi Lamda Berdasarkan Base Point And Participation Factors. *Jurnal KITEKTRO: Jurnal Komputer, Informasi Teknologi, dan Elektro*, 3(2), 24-29.
- [6] Pratama, D. A. (2016). *Economic and Emission Dispatch pada Sistem Transmisi Jawa Bali 500KV Berdasarkan Ruptil 2015-2024 Menggunakan Modified Artificial Bee Colony Algorithm* (Doctoral dissertation, Institut Teknologi Sepuluh Nopember).
- [7] Faulianur, R., Haikal, M. A., & Hasan, M. N. (2021). Komparasi Metode Iterasi Lamda Dengan *Quadratic Programming* Pada Sistem Pembangkit Termal. *Jurnal Intake: Jurnal Penelitian Ilmu Teknik dan Terapan*, 12(1), 37-44.
- [8] P. Julianto, A. Soeprijanto, Mardlijah, *Dynamic Economic Dispatch with Integration of Compressed Air Energy Storage Considering Large Penetration of Photovoltaic Generation Systems*, *International Review on Modelling and Simulations (IREMOS)*, 14,5:388-398(2021).
- [9] P. Julianto, A. Soeprijanto, Mardlijah, *Confronting the Duck curve Problem using Dynamic Economic Emission Dispatch with CAES*, *International Journal of Intelligent Engineering and Systems*, 15,4:520-532(2022).
- [10] Arifin, K. A. R. (2018). *Dynamic Economic dispatch Mempertimbangkan Rugi-Rugi Transmisi Menggunakan Quadratic Programming* (Doctoral dissertation, Institut Teknologi Sepuluh Nopember).
- [11] Soroudi, A. (2017). *Power System Optimization Modeling in GAMS* (Vol. 78). Switzerland: Springer.
- [12] O.D.M. Giraldo, *Solving a Classical Optimization Problem Using GAMS Optimizer Package: Economic Dispatch Problem Implementation*, *Ingenierfa y Ciencia*, 13,26:39-63(2017).
- [13] P. Julianto, *Unit Commitment dengan Integrasi Pump Storage Hydroelectricity untuk Mengatasi Masalah Duck Curve*, *Jurnal Elekrika Borneo*, 8,2:12-17(2022).
- [14] Appendix A: Data for IEEE-30 Bus Test System. [Online]. Available from: <https://alroomi.org/multimedia/PowerFlow/30BusSystem/IEEE30BusSystemDATA2.pdf>.
- [15] Sugianto, S. P., Mardiyah, N. A., & Suhardi, D. (2021, Januari) *Combined Economic and Emission Dsipatch Menggunakan Flower Pollination Algorithm Pada Transmisi 500 kV Jawa Bali*. In *Prosiding SENTRA (Seminar Teknologi dan Rekayasa)*. (No. 6, pp.8-17).

RANCANG BANGUN ALAT PENGUKUR PAPARAN GETARAN MESIN GERINDA YANG BERPENGARUH TERHADAP HAVS BERBASIS ARDUINO

Muhammad Nurman¹, Dedy Harto²

^{1,2}. Universitas Borneo Tarakan, Tarakan, Kalimantan Utara, Indonesia

¹Nurman.m.978@gmail.com

²dedy@borneo.ac.id

Abstract— The influence of vibration on the grinding machine can negatively affect the health of workers. Therefore, it is important to monitor vibrations in the grinding machine and take appropriate precautions. One way to monitor vibration in a grinding machine is to use ADXL345 sensors. The function of this sensor is to measure the amount of vibration in the grinding machine so that it can be determined the amount of vibration in the form of frequency and find out the effective working time in accordance with the vibration Threshold Value (NAV) when using a grinding machine. This excessive vibration can cause Hand Arm Vibration Syndrome (HAVS) which can hinder the operator in doing his job. This vibration measurement process is carried out directly into the field to measure vibrations in the grinding machine. The ADXL345 accelerometer measurement results can be displayed in the form of graphs and data tables by connecting the sensor to a notebook using software. The measurement data shown that the frequency value obtained on the grinding machine ranged from 0.49Hz to 1.1Hz, the working time using the grinding machine was <14 hours. Based on the results of frequency testing obtained from grinding machines, if connected with vibration NAB, the impact on HAVS is less or less dangerous if used every day.

Keywords— Accelerometer ADXL345, Hand Arm Vibration Syndrome, grinding machine, Threshold Value

Intisari—Pengaruh getaran pada mesin gerinda dapat berdampak negatif pada kesehatan pekerja. Oleh karena itu, penting untuk memantau getaran pada mesin gerinda dan mengambil tindakan pencegahan yang tepat. Salah satu cara untuk memantau getaran pada mesin gerinda adalah dengan menggunakan sensor ADXL345. fungsi dari sensor ini ialah untuk mengukur besarnya getaran pada mesin gerinda sehingga dapat dikeahui besarnya getaran dalam bentuk frekuensi dan mengetahui waktu efektif kerja sesuai dengan Nilai Ambang Batas (NAB) getaran ketika menggunakan mesin gerinda. Getaran berlebihan ini dapat menyebabkan terjadinya Hand Arm Vibration Syndrome (HAVS) yang mana penyakit tersebut dapat menghambat operator dalam melakukan pekerjaannya. Proses pengukuran getaran ini dilakukan terjun langsung kelapangan untuk mengukur getaran yang pada mesin gerinda. Hasil pengukuran accelerometer ADXL345 dapat ditampilkan dalam bentuk grafik dan tabel data dengan menghubungkan sensor dengan notebook menggunakan software. Data hasil pengukuran yang dilakukan menunjukkan bahwa nilai frekuensi yang didapatkan pada mesin gerinda kisaran 0,49Hz sampai 1,1Hz, waktu kerja menggunakan mesin gerinda <14 jam. Berdasarkan hasil pengujian frekuensi yang didapatkan dari mesin gerinda, jika dihubungkan dengan NAB getaran, dampaknya terhadap HAVS kurang atau tidak terlalu berbahaya jika digunakan setiap hari.

Kata Kunci— Accelerometer ADXL345, Hand Arm Vibration Syndrome, Mesin Gerinda, Nilai Ambang Batas Getaran.

I. PENDAHULUAN

Penerapan Keselamatan dan Kesehatan Kerja (K3) bertujuan untuk mencegah terjadinya kecelakaan kerja dan penyakit akibat kerja yang disebabkan oleh risiko di tempat kerja. Risiko tersebut dapat dibagi menjadi dua kategori, yaitu bahaya keselamatan dan bahaya kesehatan. Bahaya keselamatan, seperti bahaya mekanik dan bahaya kebakaran, dapat menyebabkan cedera atau kematian. Bahaya kesehatan, seperti bahaya fisik, kimia, biologi, ergonomi, dan psikososial, dapat menyebabkan penyakit atau gangguan kesehatan.[1]

Pekerja industri informal di Indonesia rentan menderita penyakit akibat kerja (PAK), seperti penyakit pernapasan, penyakit kulit, dan penyakit otot-skeletal. Hal ini disebabkan oleh kurangnya penerapan K3 di industri informal, seperti tidak adanya pelayanan K3, rancangan tempat kerja yang tidak sesuai, dan kurangnya penerapan PPE.[2]. Penyakit *Hand Arm Vibration Syndrome* (HAVS) adalah salah satu penyakit akibat kerja yang sering dialami oleh pekerja industri informal. HAVS disebabkan oleh paparan getaran yang terus menerus dari alat-alat kerja, seperti *jackhammer*, gergaji, mesin gerinda, penggiling, dan lain-lain. Efek dari HAVS dapat berupa gangguan produktivitas, kelelahan, dan gangguan kesehatan. Gejala HAVS dapat berupa nyeri, mati rasa, dan kesemutan pada tangan dan lengan. Untuk mencegah HAVS, pekerja industri informal perlu menggunakan alat kerja yang sesuai dengan standar keselamatan dan kesehatan kerja.

II. LANDASAN TEORI

A. Definisi Getaran

Vibrasi atau getaran adalah perlakuan gerak bolak-balik pada objek dari titik kesetimbangannya terhadap posisi *stationernya*. Vibrasi pada mesin dapat disebabkan oleh tiga faktor, yaitu massa, kekakuan, dan gaya. Gaya ini dapat berasal dari dalam mesin, seperti gaya yang dihasilkan oleh mesin tersebut, atau dari luar mesin. Pada permesinan kapal, vibrasi yang ekstrim dapat disebabkan oleh gaya yang berubah baik besar maupun arahnya. Pengukuran karakteristik vibrasi dapat digunakan untuk menentukan kesehatan mesin dan masalah mekanikal yang terjadi pada mesin berputar.. [3]

Sebuah pergerakan pada kejadian getaran tentu memiliki kecepatan yang berbeda. Frekuensi adalah banyaknya getaran yang dialami oleh suatu benda dalam setiap detik. Satuan frekuensi adalah hertz (Hz). Frekuensi getaran yang berbeda-beda akan menghasilkan gerakan getaran yang berbeda pula.[4]

B. Jenis Getaran

Getaran yang menimpa tubuh manusia ibedakan dalam 2 jenis, Getaran mengenai seluruh anggota tubuh (*whole body vibration*) dan Getaran mengenai sebagian anggota tubuh misalnya tangan/kaki.

1. Getaran seluruh tubuh

Whole Body Vibration dapat menyebabkan berbagai gangguan kesehatan, termasuk:

- Gangguan aliran darah, yang dapat menyebabkan nyeri, mati rasa, dan kesemutan pada tangan dan lengan.
- Gangguan sistem saraf pusat, yang dapat menyebabkan kelemahan, kelumpuhan, dan kerusakan saraf.
- Gangguan metabolisme, yang dapat menyebabkan penurunan berat badan, kelelahan, dan masalah pencernaan.
- Gangguan otot atau persendian, yang dapat menyebabkan nyeri, kaku, dan kesulitan bergerak.

Getaran seluruh tubuh biasanya dialami oleh pengemudi kendaraan; alat berat, mobil, pesawat, atau kapal laut. Efek yang timbul tergantung pada jaringan manusia, seperti:

- 3-6 Hz terdapat pada area thorax (dada dan perut)
- 20-30 Hz terdapat pada area kepala
- 100-150 Hz terdapat pada area rahang

Gerakan pada bagian organ, seperti yang terjadi pada alat berat, dapat menimbulkan ketidaknyamanan. Menurut beberapa penelitian, goyangan organ dapat menyebabkan osteoarthritis tulang belakang dalam jangka panjang.[5]

2. Getaran Tangan Lengan

Gangguan *Hand-Arm Vibration Syndrome* (HAVS), atau *white finger phenomenon*, terjadi pada tangan dan lengan akibat paparan berlebihan terhadap alat getar. Gejalanya berupa jari-jari menjadi putih karena sirkulasi darah yang buruk, yang dapat merusak pembuluh darah dan jaringan. CTS juga dapat menyebabkan rasa geli, mati rasa, dan tangan lemah, yang dapat mengganggu kemampuan bekerja di kondisi dingin atau basah.[6]. Getaran tipe ini umumnya dirasakan oleh para pekerja:

- Pemotong rumput
- Pemotong kayu
- Operator gergaji
- Operator Gerinda
- Penempa palu
- Operator kattang

C. Nilai Ambang Batas Getaran (NAB)

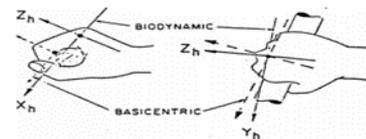
Nilai ambang batas getaran untuk pemaparan lengan dan tangan ini dihitung berdasarkan tingkat getaran dan waktu kerjanya, semakin besar frekuensi getarannya maka semakin sedikit waktu kerja-nya dikarenakan Ketika bekerja tidak sesuai dengan standar yang ditentukan maka ada kemungkinan dapat menyebabkan penurunan efisiensi

dan produktifitas kerja serta dapat meningkatkan angka kecelakaan dan sakit akibat kerja berlebihan[7].

Tabel I
NAB pada getaran bagian lengan dan tangan

Jumlah waktu pemaparan per hari kerja	Nilai kecepatan pada frekuensidominan	
	Meter perdetik kuadrat ($m;dt^2$)	Gravitasi
240 menit dan kurang 480 menit	4	0,40
120 Menit dan kurang 240 Menit	6	0,61
60 Menit dan kurang dari 120 Menit	8	0,81
kurang dari 60 Menit	12	1,22
Catatan : 1 Gravitasi = 9,81 m/dt ²		

Arah gerakan tangan yang bergetar dapat dibagi menjadi dua arah, yaitu gerakan biodinamik dan gerakan biosentrik. Kecepatan getaran atau nilai akselerasi getaran tangan dan lengan dapat diukur dalam tiga arah aksis, yaitu x, y, dan z. seperti terlihat pada gambar 1.



Gambar 1. Sistem Biodinamik dan Biosentrik Tangan [8]

Berikut adalah beberapa hal yang perlu diperhatikan dalam menginterpretasikan nilai ambang batas getaran yang diterima oleh tangan dan lengan:

- Pengukuran getaran dilakukan dengan menggunakan vibrasi meter sesuai metode yang standar.
- Nilai ambang batas adalah nilai rata-rata akselerasi pajanan getaran dalam satuan meter/detik² yang tidak boleh dilewati oleh pekerja dalam durasi pajanan tertentu.
- Durasi pajanan getaran dapat dihitung dengan menggunakan rumus perhitungan durasi.

$$t_{pajanan} = 4 \text{ jam} \left(\frac{4 \text{ meter/detik}^2}{a_{terukur}} \right) \tag{1}$$

Pajanan Keterangan:

t = durasi pajanan dalam jam

a = Akselerasi getaran tangan dan lengan diukur dengan menggunakan accelerometer. Hasil pengukuran dinyatakan dalam satuan meter per detik kuadrat (meter/detik²)

D. LabVIEW 2019

Software dalam artian bahasa pemrograman atau adalah sekumpulan sintaks atau kode yang dapat di pahami oleh mesin komputer[9], *LabVIEW* adalah software yang dirancang untuk menjalankan sistem serta menampilkan data visual instrumentasi, pengendalian, dan mekanisasi

industri dapat dilakukan dengan menggunakan software tertentu, seperti *LabVIEW*. Software ini dirilis pada tahun 1996 oleh perusahaan National Instrument (NI).

E. Hand Arm Vibration Syndrome (HAVS)

HAVS merupakan kelainan genetic yang diakibatkan oleh pengoperasian mesin-mesin yang bergetar secara terus menerus yang dapat mempengaruhi gejala *musculoskeletal*, *vaskuler*, dan *neurologi* [10].

F. Gejala-gejala HAVS

Paparan alat genggam yang bergetar dapat menyebabkan kerusakan saraf dan struktur vaskular di tangan dan lengan pekerja, serta kerusakan saraf dan struktur tulang di daerah yang berdekatan. Gejala HAVS yang ditimbulkan oleh paparan ini meliputi mati rasa, kesemutan, dan nyeri. Gejala yang ditimbulkan terdiri dari:

1. Gejala vaskuler

Gejala vaskuler HAVS ditandai dengan pemucatan jari-jari yang bertambah pada suhu dingin, yang dikenal dengan fenomena Raynaud. Fenomena ini disebabkan oleh spasme pembuluh darah, yang dapat menyebabkan jari-jari menjadi putih, biru, dan merah. Spasme pembuluh darah ini dapat menimbulkan kesemutan, kram, dan nyeri. Gejala tersebut berlangsung beberapa menit hingga beberapa jam.

2. Gejala sensorineural

Gejala sensorineural HAVS dapat berupa ringan hingga berat. Pada kasus ringan, gejalanya hanya berupa mati rasa dan kesemutan pada ujung jari yang hilang timbul. Pada kasus berat, gejalanya dapat berupa mati rasa dan kesemutan yang menyebar ke seluruh jari dan pergelangan tangan, serta kelemahan dan kram otot. Gejala sensorineural HAVS dapat mengganggu aktivitas sehari-hari.[11]. Gejala sensorineural HAVS dapat menyebabkan penurunan sensasi di tangan dan lengan. Penderita HAVS dapat mengalami kesulitan merasakan sentuhan, sehingga tidak dapat merasakan tekanan ketika memegang benda kecil, seperti koin atau mur. Gejala ini dapat ringan hingga berat, dan dapat mempengaruhi aktivitas sehari-hari, seperti memegang benda atau menulis.

G. Mesin Gerinda

Mesin gerinda atau mesin perkakas yang diperuntukan mengasah, memisahkan, dan menggerus benda kerja. Mesin ini dapat digunakan untuk mengerjakan benda kerja kasar maupun halus, tergantung pada jenis batu gerinda yang digunakan. Cara kerja mesin gerinda adalah mata pada gerinda bergerak dan menyentuh dengan benda kerja, sehingga terjadi pengapasan karena adanya gesekan antara dua permukaan yang saling bersentuhan. Mesin gerinda merupakan salah satu jenis mesin perkakas dengan mata potong jamak, atau lebih dari satu, yang dapat digunakan untuk mengasah maupun sebagai alat potong benda kerja.



Gambar 2. Mesin Gerinda

H. Arduino

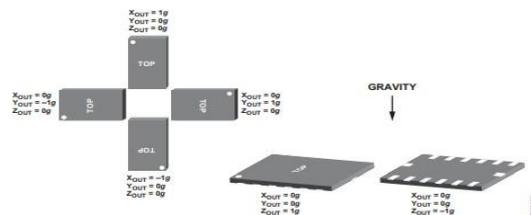
Kit elektronik open source Arduino dibuat untuk membantu para seniman, desainer, dan siapa saja yang tertarik dalam menciptakan objek atau mengembangkan perangkat elektronik yang dapat berinteraksi dengan berbagai sensor dan pengendali. Arduino dirancang untuk menjadi platform yang mudah digunakan dan terjangkau, sehingga dapat digunakan oleh siapa saja, terlepas dari tingkat keahliannya.[12].



Gambar 3. Konfigurasi pin *ATMega 328 Arduino Uno*

I. Accelerometer ADXL345

Accelerometer ADXL345 adalah sensor yang dapat mendeteksi gerakan. Sensor ini memiliki tiga sumbu (triple axis) dan resolusi 13-bit, yang memungkinkannya mendeteksi hingga jangkauan 16g. Pengaplikasiannya mencakup deteksi sudut miring dengan memperhatikan pendekatan gaya statik dan percepatan dinamik. Dengan resolusi tinggi 3,9mg/LSB, sensor ini dapat mengetahui gerakan serta kecenderungan dengan mulus. ADXL345 merupakan sensor accelerometer yang diproduksi oleh Analog Devices, sensor ini memiliki ukuran kecil dan ringan, sehingga cocok untuk berbagai aplikasi dan sensor ini dapat digunakan untuk berbagai aplikasi, seperti deteksi kemiringan, deteksi gerakan, dan deteksi jatuh..



Gambar 4. Sumbu Pada ADXL 345

J. Fast Fourier Transform (FFT)

FFT adalah metode analisa yang berguna untuk mengonversi sinyal dari domain waktu ke domain frekuensi. FFT bekerja dengan membagi sinyal menjadi beberapa gelombang sinusoida dengan frekuensi yang berbeda-beda. Frekuensi adalah jumlah gelombang yang terjadi dalam satu detik. Satuan frekuensi adalah Hertz (Hz), yang setara dengan 1/detik. Sinyal yang dapat dianalisis dengan FFT adalah sinyal yang mengandung komponen sinusoida. Hasil dari FFT adalah sinyal dalam domain frekuensi, yang dapat digunakan untuk menganalisis karakteristik sinyal.[13].

FFT mengkonversi sinyal dari domain waktu ke domain frekuensi. Dengan mengubah sinyal dari domain waktu ke daerah frekuensi, signal dapat dijabarkan dan memantau frekuensi oleh sinyal yang disebarkan. [14]. Rumus *dFast Fourier Transform* (FFT) berikut:

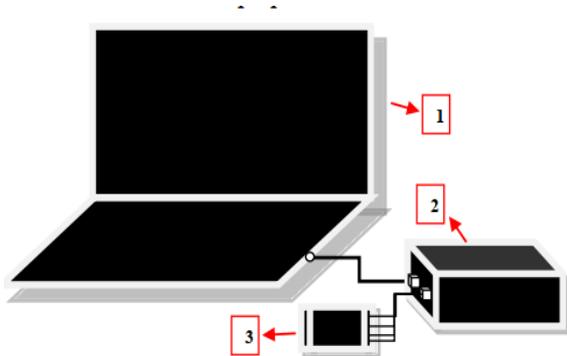
Persamaan transformasi fourier :

$$X(F) = \int_{-\infty}^{\infty} x(t) e^{-j2\pi k F t} dt \quad (2)$$

Transformasi Fourier dari sinyal dalam domain waktu $x(t)$ adalah $X(F)$, yang merupakan rumus bentuk signal eksponen sial lengkap dan koefisien eksponen sial $k = 0, \pm 1, \pm 2, \dots$

III. METODE PENELITIAN

A. Perancangan Perangkat Keras



1. Laptop
2. Arduino
3. Accelerometer ADXL345

Gambar 5. Perancangan Perangkat Keras

Pada gambar diatas terlihat bahwa ADXL345 dan Arduino UNO terhubung dengan beberapa pin dari Arduino UNO dan ADXL345. Prosesnya adalah pada pin yang tersedia harus terhubung antara ADXL345 dan Arduino Uno:

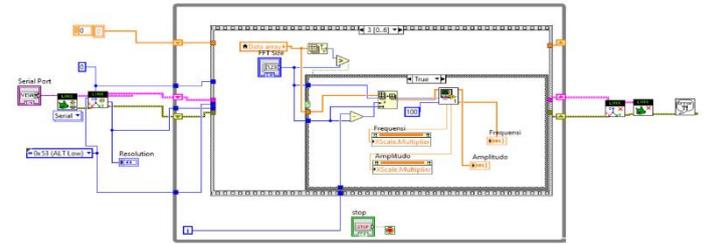
- Pin (VCC) ADXL345 tersambung pada pin 5v Arduino UNO. Fungsi dari pin ini sebagai *power supply*.
- Pin (GND) ADXL345 tersambung pada pin (GND) pada Arduino UNO. Pin ini berfungsi sebagai *ground*.
- Pin (SDA) ADXL345 tersambung pada pin (SDA) pada Arduino UNO. Pin tersebut sebagai serial input pada data komunikasi I2C.
- Pin (SCL) ADXL345 tersambung pada pin (SCL) Arduino UNO. Pin ini sebagai *clock* untuk komunikasi data I2C.
- Setelah kabel USB tersambung ke port USB Arduino UNO dan mikrokontroller kemudian ADXL345 akan beroperasi secara otomatis. Lampu TX dan RX akan menyala sebagai tanda bahwa mikrokontroller dan ADXL345 telah aktif.

B. Perancangan dan Pembuatan Perangkat Lunak

Perancangan pada penelitian ini menggunakan LabVIEW 2019 software pemodelan dan pemrosesan sistem instrumentasi yang digunakan dalam penelitian ini untuk menampilkan data akselerasi pada sumbu z yang dikirim oleh mikrokontroller. Data tersebut kemudian diproses menggunakan metode FFT agar menghasilkan grafik dan nilai frekuensi. Pada saat mendapatkan nilai frekuensi tersebut kemudian diperuntukan menghitung waktu efektif kerja lengan tangan menggunakan rumus NAB.



Gambar 6. Diagram Blok Perancangan



Gambar 7. Perancangan antarmuka dengan LabVIEW

Awal proses dijalankan dengan memilih port COM pada PC/notebook yang ingin dipakai sensor ADXL345 dengan memilih VISA serial port, setelah itu menambahkan block diagram LINX untuk menghubungkan antara arduino dengan LabVIEW, setelah terhubung selanjutnya menambahkan sensor yang ingin digunakan yaitu ADXL345, pada block diagram ADXL345 terdapat 3 block diagram yaitu Open untuk menghubungkan program yang dibuat dengan ADXL345, Read untuk membaca nilai masukan yang diterima, dan Close untuk mengakhiri pembacaan sensor.

IV. HASIL DAN PEMBAHASAN

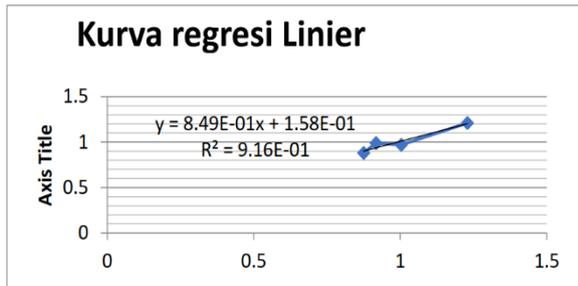
A. Pengujian Kalibrasi Sensor

Pengujian sensor ini di lakukan untuk membandingkan hasil pembacaan sensor dengan hasil pembacaan alat terstandarisasi setelah itu dibuatkan sebuah perhitungan komputasi agar pembacaan nilai sensor accelerometer ADXL345 lebih akurat. Metode kalibrasi yang dilakukan ialah mengukur getaran mesin gerinda dengan menggunakan beban yang berbeda beda. Berikut hasil perhitungan dapat diperhatikan tabel 2.

Tabel 2
Hasil Kalibrasi Sensor

No	Beban	Sensor ADXL345 (Hz)	Sensor Standar (Hz)	Selisih (Hz)	Error
1	Tanpa Beban	0,917	0,99	0,08	0,073
2	Semen	0,875	0,88	0,01	0,005
3	Keramik	1,003	0,97	0,13	0,034
4	Besi	1,229	1,21	0,01	0,015
Rata-rata				0,0575	0,032

Pengujian kalibrasi ini dilakukan dengan membandingkan nilai frekuensi alat yang di buat dengan nilai frekuensi pada aplikasi Smartphone yaitu Seismograf. Berdasarkan hasil pengukuran yang dilakukan didapatkan hasil dari pengukuran frekuensi pada Seismograf dengan pengukuran sensor yang nanti nya akan dibuatkan prerhitungan regresi linier yang akan di masukkan dalam program seperti terlihat dalam Gambar 8.



Gambar 8. Kurva Regresi Linier

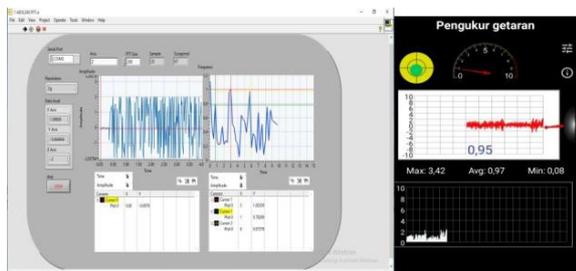
Dari hasil perhitungan regresi linier maka didapatkan persamaan $y = 8.49E-01x + 1.58E-01$ yang dimasukkan kedalam program sensor *ADXL345* dengan nilai x adalah nilai pengukuran dari sensor tersebut, sehingga dapat menghasilkan nilai keluaran yang lebih akurat untuk membaca frekuensi getaran dalam proses pengambilan data.

B. Pengukuran Vibrasi Pada Mesin Gerinda

Pengukuran ini dilakukan dengan mengukur frekuensi getaran pada mesin gerinda. Pengujian ini dilakukan dengan menggunakan dua mesin gerinda dan sample data yaitu: keramik, dan besi yang mana kedua sampel ini lah yang sering digunakan ketika menggunakan mesin gerinda seperti terlihat dalam Gambar 9 dan gambar 10 merupakan hasil pengukuran.



Gambar 9. Pengambilan Data dengan Memotong Kramik



Gambar 10. Hasil Pengukuran Pematongan Kramik

Berdasarkan hasil pengujian dilakukan pengukuran getaran pada mesin gerinda dengan melekatkan sensor yang di buat pada mesin gerinda untuk mengukur objek yang dipotong. Data pengukuran sensor diolah oleh arduino lalu dikirim ke LabVIEW untuk menampilkan keluaran dari sensor. Setelah data diterima akan diolah menggunakan rumus FFT agar dapat ditampilkan dalam bentuk frekuensi.

Pengukuran frekuensi pada pematongan bahan-bahan dengan menggunakan mesin gerinda dengan jenis yang berbeda dapat dilihat pada Tabel 3 dan Tabel 4.

Tabel III

Pengukuran frekuensi getaran mesin gerinda 540Watt

Bahan	Jenis	Ukuran (mm)	Tingkat Getaran Sensor (Hz)	Tingkat Getaran Standar (Hz)	Waktu Efektif Kerja per Hari
Besi	Plat Siku / Plat L	2	1,023	4 Hz/4 jam	>12 Jam
	Plat Besi	2	0,730	4 Hz/4 jam	>12 Jam
	Pipa Besi	25	0,494	4 Hz/4 jam	>12 Jam
Keramik	Standar	2	0,670	4 Hz/4 jam	>12 Jam
	Porselen	2,5	0,958	4 Hz/4 jam	>12 Jam
	Granit	2,5	1,101	4 Hz/4 jam	>12 Jam
	Marmer	5,5	0,901	4 Hz/4 jam	>12 Jam

Tabel IV

Pengukuran frekuensi getaran mesin gerinda 570Watt

Bahan	Jenis	Ukuran (mm)	Tingkat Getaran Sensor (Hz)	Tingkat Getaran Standar (Hz)	Waktu Efektif Kerja per Hari
Besi	Plat Siku / Plat L	2	0,747	4 Hz/4 jam	>12 Jam
	Plat Besi	2	0,659	4 Hz/4 jam	>12 Jam
	Pipa Besi	25	0,559	4 Hz/4 jam	>12 Jam
Keramik	Standar	2	0,637	4 Hz/4 jam	>12 Jam
	Porselen	2,5	0,856	4 Hz/4 jam	>12 Jam
	Granit	2,5	0,671	4 Hz/4 jam	>12 Jam
	Marmer	5,5	0,606	4 Hz/4 jam	>12 Jam

Pengukuran getaran dilakukan pada saat memotong besi dengan menggunakan mesin gerinda 540 watt. Tingkat getaran yang dihasilkan antara 0,49-1,023 Hz yang mana jika dihubungkan dengan nilai ambang batas getaran, maka jam kerja yang di perlukan >12 jam, dan pada saat memotong keramik data yang didapatkan kisaran 0,63-1,1 Hz yang mana jika dihubungkan dengan nilai ambang batas getaran, maka jam kerja yang diperlukan >12 jam.

Dari hasil pengukuran yang dilakukan jika dihubungkan dengan nilai ambang batas getaran, tingkat getaran pada mesin gerinda ini tidak terlalu berbahaya jika digunakan setiap hari dikarenakan tingkat getaran yang diterima pada tangan kisaran 0,49-1,1Hz, yang mana waktu kerja pada tingkat getaran tersebut >12jam.yang mana dampaknya terhadap *Hand Arm Vibration Syndrom* itu kurang atau tidak terlalu berbahaya.

V. KESIMPULAN

Setelah melakukan penelitian dengan menggunakan sensor ALDX 234 sebagai deteksi getaran mesin gerinda dengan tampilan LabVIEW maka kesimpulan alat yang dirancang ini mampu digunakan untuk mendapatkan ambang getaran pada suatu benda, Dari hasil pengukuran yang dilakukan pada mesin gerinda tingkat getaran tingkat

getaran pada mesin gerinda 540Watt kisaran 0,49-1,1Hz dan pada mesin gerinda 570Watt tingkat getaran yang didapatkan kisaran 0,55- 0,85Hz. Jika ini dihubungkan dengan NAB getaran. Maka dapat disimpulkan bahwa tingkat getaran pada mesin gerinda ini tidak berbahaya dan bisa digunakan setiap hari.

UCAPAN TERIMA KASIH

Penulis mengucapkan terimakasih kepada Jurusan Teknik Komputer, Fakultas Teknik, Universitas Borneo Tarakan yang telah memberi dukungan financial melalui RKAKL Tahun anggaran 2023 melalui skema penelitian/karya ilmiah dosen berbasis artikel dan kepada seluruh pihak yang telah membantu.

REFERENSI

- [1] M. Ahmad and S. Susilawati, "Penerapan Budaya Keselamatan Dan Kesehatan Kerja (K3) Di Laboratorium Pendidikan Kimia Madrasah Aliyah Negeri (MAN) Pematang Siantar," *JIKEM J. Ilmu Komputer, Ekon. dan Manaj.*, vol. 3, no. 2, pp. 2708–2715, 2023.
- [2] N. Vembriati and S. Wimbarti, "Pengaruh pemberian informasi dan diskusi terstruktur pada perubahan sikap karyawan terhadap penggunaan alat pelindung diri," *J. Psikol.*, vol. 14, no. 2, pp. 129–147, 2018.
- [3] D. S. HUTAPEA, "ANALISA KARAKTERISTIK GETARAN UNTUK MESIN PEMERAS TEBU DENGAN PENGGERAK MOTOR BENSIN DAN ELEKTROMOTOR BERDASARKAN TIME DOMINE ARAH HORIZONTAL, VERTIKAL, DAN LONGITUDINAL TUGAS AKHIR," 2022.
- [4] N. A. Purba, E. K. Allo, and S. R. U. A. Sompie, "Rancang Bangun Alat Pengayun Bayi Dengan Sensor Suara dan Kelembaban," *J. Tek. Elektro dan Komput.*, vol. 2, no. 1, 2013.
- [5] D. M. Wulandari, L. Lady, and A. Umyati, "Pengaruh Getaran Mekanik Dan Kebisingan Terhadap Tekanan Darah Pada Laki-Laki Dan Perempuan," *J. Tek. Ind. Untirta*, 2017.
- [6] D. U. Wutsqa *et al.*, "NARRATIVE REVIEW: PENGARUH PEMBERIAN LOW LEVEL LASER THERAPY (LLLT) DAN NERVE GLIDING TERHADAP PENINGKATAN KEMAMPUAN FUNGSIONAL PADA CARPAL TUNNEL SYNDROME," 2020.
- [7] L. Verawati, "Hubungan tingkat kelelahan subjektif dengan produktivitas pada tenaga kerja bagian pengemasan di cv sumber barokah," *Indones. J. Occup. Saf. Heal.*, vol. 5, no. 1, pp. 51–60, 2016.
- [8] menteri kesehatan Indonesia, *STANDAR KESEHATAN LINGKUNGAN KERJA INDUSTRI*, vol. 13, no. 3. 2016, pp. 44–50.
- [9] A. Pradana, S. Nugraha, and S. Rater, "Visual Media Development of Wayang Culture Based on 2D Object Motion using Kinect Sensor," *J. Inotera*, vol. 7, no. 2, pp. 74–82, 2022.
- [10] S. Ulandari, "Analisis Postur Kerja dengan Keluhan Low Back Pain pada Pekerja Pencetak Genteng di Kabupaten Blitar (Studi pada Pekerja Pencetak Genteng di Dusun Bendorejo Desa Bendosewu Kecamatan Talun Kabupaten Blitar)," 2017.
- [11] S. Dalimartha and F. Adrian, *Makanan dan herbal untuk penderita diabetes mellitus*. Penebar Swadaya Grup, 2012.
- [12] C. D. Mulyadi, "Perancangan Pengendalian Lampu Menggunakan Berbasis Arduino Uno Dengan Dimmer Lampu," *Techno-Socio Ekon.*, vol. 12, no. 1, pp. 5–13, 2020.
- [13] R. Y. Sipasulta, A. S. M. Lumenta, and S. R. U. A. Sompie, "Simulasi Sistem Pengacak Sinyal Dengan Metode FFT (Fast Fourier Transform)," *J. Tek. Elektro dan Komput.*, vol. 3, no. 2, pp. 1–9, 2014.
- [14] M. Susanti, "RANCANG BANGUN PROTOTYPE GEOPHONE MENGGUNAKAN SENSOR PIEZOELECTRIC BERBASIS ARDUINO UNO." Institut Teknologi Kalimantan, 2020.

IMPLEMENTASI *MINI SERVER* BERBASIS RASPBERRY PI UNTUK APLIKASI PEMBELAJARAN ELEKTRONIK

Rudy¹

Universitas Borneo Tarakan, Tarakan, Kalimantan Utara, Indonesia

rudy232@gmail.com

Abstract— *The main objective of this research is to design and develop a mini server prototype for electronic learning. The result of the research is a mini server named TeknoBox using Raspberry Pi 4 which is used as a mini server and installed the MoodleBox application where the modified Moodle LMS is available and is also equipped with an access point application so that this tool can be used anywhere without having to connect to the internet.*

Keywords—*TechnoBox, Moodle, Electronic Learning, Mini Server..*

Intisari— Tujuan utama dari penelitian ini adalah untuk merancang dan mengembangkan prototipe mini server untuk pembelajaran elektronik. Hasil dari penelitian adalah mini server yang diberi nama TeknoBox menggunakan Raspberry Pi 4 yang digunakan sebagai mini server dan diinstall aplikasi MoodleBox dimana didalamnya tersedia LMS Moodle yang dimodifikasi dan dilengkapi pula aplikasi access point sehingga dengan alat ini dapat digunakan dimana saja tanpa harus terhubung ke internet.

Kata Kunci—*TeknoBox, Moodle, pembelajaran elektronik, mini server.*

I. PENDAHULUAN

Pendidikan merupakan hal yang sangat penting dalam memajukan suatu bangsa. Namun, kenyataannya masih banyak daerah terpencil dan tertinggal di Indonesia yang masih kesulitan dalam mengakses pendidikan yang berkualitas. Salah satu faktor yang menyebabkan kesulitan tersebut adalah kurangnya akses terhadap teknologi dan infrastruktur pendukung yang memadai.

Hal tersebut di atas juga terjadi di Provinsi Kalimantan Utara, seperti yang disampaikan oleh Jarwoko, Kepala Lembaga Penjamin Mutu Pendidikan (LPMP) Kalimantan Utara dalam [1] bahwa hasil pemetaan mutu pendidikan (PMP) tahun 2018 Kalimantan Utara belum memenuhi delapan standar nasional. Demikian pula disampaikan Panja Standar Nasional Pendidikan Dasar dan Menengah (SN Dikdasmen) Komisi X DPR RI dalam [2] yang dalam kunjungannya di Kabupaten Nunukan menemukan kendala-kendala dalam peningkatan mutu pendidikan seperti minimnya koleksi buku bacaan, sarana dan prasarana sekolah, khususnya perangkat komputer, internet maupun listrik. Seperti juga yang diungkapkan Ilham Zain, Kepala Dinas Komunikasi, Informasi, Statistik dan Persandian (DKISP) Kaltara dalam [3] bahwa Tingginya tingkat blank spot (tanpa jaringan) telekomunikasi di Kalimantan Utara (Kaltara) menjadi pekerjaan rumah (PR) berat yang harus dituntaskan karena akses telekomunikasi

yang kurang memadai akan juga ikut mempengaruhi mutu pendidikan.

Dalam penelitiannya, Anugerah [4] mengungkapkan bahwa di masa pandemi COVID-19 yang lalu, pembelajaran dilakukan melalui pembelajaran jarak jauh dengan berbagai metode, salah satunya Learning Management System (LMS). Banyak hal yang perlu diperhatikan dalam pembelajaran jarak jauh (PJJ), antara lain penggunaan teknologi informasi dan model pembelajaran yang diberikan. Dengan menggunakan model pembelajaran LMS ini, pembelajaran jarak jauh dapat berlangsung secara efektif.

Dhika [5] dalam penelitiannya, mengatakan bahwa penerapan sistem manajemen pembelajaran di lingkungan pembelajaran menggunakan Moodle dapat menjadi penting terkait dengan penerapan konsep e-learning yang bertujuan untuk menawarkan kenyamanan dalam berhubungan dengan teknologi, khususnya dalam perkembangan Industri 4.0 saat ini. Revolusi Tujuan dari hasil penelitian ini adalah untuk memberikan pemahaman tentang metode pembelajaran baru yang dapat diterapkan dalam kegiatan pembelajaran yang menitikberatkan pada pembelajaran online berbasis Moodle, mengembangkan metode pembelajaran yang dapat digunakan sekolah Indonesia dengan mengetahui pelaksanaan yang diharapkan. memfasilitasi penggunaan e-learning Moodle berdasarkan sistem pembelajaran saat ini.

Menurut Putra [6] dalam penelitiannya aplikasi yang dikembangkan dengan learning management system berbasis smartphone berhasil mendapatkan respon yang baik siswa maupun dari guru.

Dalam era digital saat ini, teknologi dapat menjadi solusi untuk mengatasi masalah tersebut. Mini server adalah salah satu teknologi yang dapat digunakan untuk memperbaiki akses pendidikan di daerah terpencil dan tertinggal. Mini server adalah perangkat yang dapat menyimpan data dan menjalankan berbagai aplikasi seperti layaknya server pada umumnya, namun dengan ukuran yang lebih kecil sehingga lebih mudah dipindahkan dan dioperasikan.

II. LANDASAN TEORI

A. Moodle

Moodle [7] merupakan Learning Management System (LMS) daring yang digunakan untuk membuat platform e-learning. Moodle berlisensi open source dan memiliki banyak fitur yang dapat dikustomisasi untuk memenuhi kebutuhan pembelajaran. Fitur umum yang dimiliki oleh Moodle adalah sebagai berikut:

1. Antarmuka yang modern dan mudah digunakan.
2. Dasbor yang dipersonalisasi.
3. Alat dan aktifitas kolaboratif.
4. Kalender All-in-one.
5. Manajemen file yang mudah.
6. Editor teks yang simpel dan intuitif.
7. Notifikasi.
8. Lacak progres.

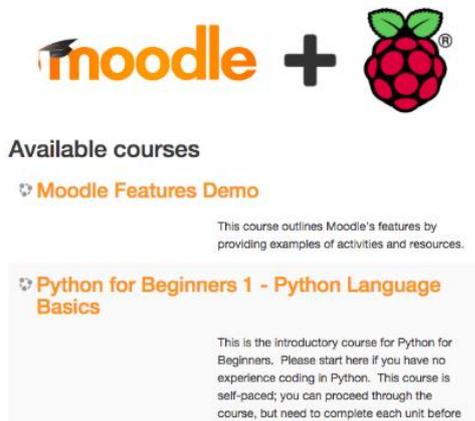
Moodle berjalan pada web server dan diakses melalui browser atau aplikasi Moodle App yang dapat diunduh gratis pada toko aplikasi Android atau iOS

B. MoodleBox

MoodleBox [8] merupakan Moodle server yang dapat bekerja tanpa menggunakan akses internet. MoodleBox menggabungkan *wireless access point* dan fitur lengkap sebuah Moodle server. MoodleBox dipasang pada minikomputer seperti Raspberry Pi. Model Raspberry Pi yang didukung adalah Raspberry Pi 3A+, 3B, 3B+ atau 4 Model B. MoodleBox digunakan sebagai alternatif untuk e-learning ketika sebuah infrastruktur masih belum ada atau belum memadai. Perangkat keras yang dibutuhkan untuk menggunakan MoodleBox adalah sebagai berikut:

1. Raspberry Pi 4 Model B, 3 Model B+, Model B atau 3 Model A+.
2. Power Supply.
3. MicroSD berukuran 32GB atau lebih.
4. Casing Raspberry Pi untuk melindungi komponen (opsional).

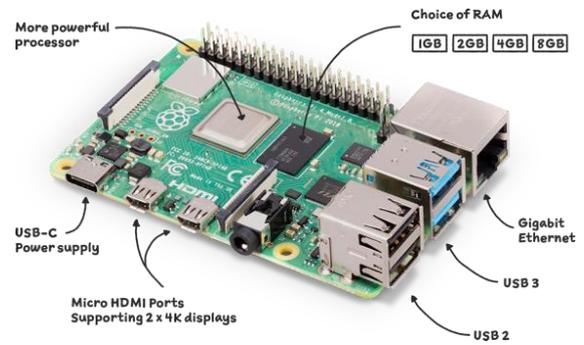
Seperti Moodle, MoodleBox memiliki antarmuka yang dapat diakses melalui web atau aplikasi Moodle App. Halaman web MoodleBox dapat diakses pada alamat <http://moodlebox.home>.



Gambar 1. Halaman depan MoodleBox
Sumber: <https://opensource.com/>

C. Raspberry Pi

Raspberry Pi merupakan komputer berukuran kartu kredit yang harganya terjangkau yang dapat dihubungkan dengan layar monitor, tv, keyboard dan mouse layaknya komputer biasa. Raspberry Pi biasa digunakan untuk melakukan komputasi dan belajar program seperti Scratch dan Phyton. Komputer ini juga dapat digunakan untuk berinteraksi dengan dunia luar dengan menggunakan sensor yang dapat dipasang pada Raspberry Pi [9].



Gambar 2. Raspberry Pi 4
Sumber : <https://www.raspberrypi.com/>

Raspberry Pi 4 merupakan produk Raspberry Pi terbaru yang memiliki peningkatan pada spesifikasi kecepatan processor, kemampuan multimedia, memory, dan konektivitas dibandingkan dengan generasi sebelumnya yaitu Raspberry Pi 3 Model B+. Raspberry Pi 4 mempunyai penggunaan daya mirip dengan versi sebelumnya dan backward compatibility. Berikut spesifikasi Raspberry Pi 4.

- Broadcom BCM2711, Quad core Cortex-A72 (ARM v8) 64-bit SoC @ 1.8GHz
- 1GB, 2GB, 4GB or 8GB LPDDR4-3200 SDRAM (depending on model)
- 2.4 GHz and 5.0 GHz IEEE 802.11ac wireless, Bluetooth 5.0, BLE
- Gigabit Ethernet
- 2 USB 3.0 ports; 2 USB 2.0 ports.
- Raspberry Pi standard 40 pin GPIO header (fully backwards compatible with previous boards)
- 2 × micro-HDMI ports (up to 4kp60 supported)
- 2-lane MIPI DSI display port
- 2-lane MIPI CSI camera port
- 4-pole stereo audio and composite video port
- H.265 (4kp60 decode), H264 (1080p60 decode, 1080p30 encode)
- OpenGL ES 3.1, Vulkan 1.0
- Micro-SD card slot for loading operating system and data storage
- 5V DC via USB-C connector (minimum 3A*)

Penelitian ini bertujuan untuk mengeksplorasi penggunaan mini server sebagai sarana pembelajaran elektronik di daerah terpencil dan tertinggal. Penelitian ini akan membahas tentang keuntungan dan tantangan dalam penggunaan mini server, serta bagaimana mini server dapat digunakan untuk meningkatkan kualitas pendidikan di daerah terpencil dan tertinggal.

Metode yang akan digunakan dalam penelitian ini adalah studi literatur dan wawancara dengan pakar pendidikan dan teknologi. Hasil dari penelitian ini diharapkan dapat memberikan rekomendasi kepada pemerintah dan lembaga pendidikan mengenai penggunaan mini server sebagai sarana pembelajaran elektronik yang efektif di daerah terpencil dan tertinggal.

Dalam penelitian ini, mini server akan dibandingkan dengan metode pembelajaran konvensional seperti buku teks dan guru langsung. Hal ini dilakukan untuk melihat

sejauh mana penggunaan mini server dapat meningkatkan kualitas pembelajaran di daerah terpencil dan tertinggal.

Diharapkan hasil dari penelitian ini dapat memberikan kontribusi positif terhadap pengembangan pendidikan di daerah terpencil dan tertinggal, serta memberikan gambaran tentang penggunaan teknologi dalam memajukan pendidikan di Indonesia.

Beberapa manfaat yang dapat diperoleh dari penggunaan mini server dalam pembelajaran elektronik di daerah terpencil dan tertinggal antara lain:

1. Akses lebih mudah terhadap materi pembelajaran: Dengan mini server, materi pembelajaran dapat diakses secara online oleh siswa dan guru di daerah terpencil dan tertinggal, sehingga mereka tidak lagi terkendala oleh jarak dan infrastruktur yang terbatas.
2. Penghematan biaya: Mini server dapat menghemat biaya pengadaan perangkat keras dan perangkat lunak, sehingga biaya untuk pembelajaran elektronik dapat menjadi lebih terjangkau.
3. Lebih efektif dalam pembelajaran: Mini server dapat digunakan untuk menjalankan berbagai aplikasi pendidikan seperti e-learning, video pembelajaran, dan permainan pendidikan yang dapat membuat pembelajaran menjadi lebih menarik dan interaktif bagi siswa.
4. Namun, terdapat beberapa tantangan yang harus diatasi dalam penggunaan mini server di daerah terpencil dan tertinggal, antara lain:
5. Infrastruktur yang terbatas: Daerah terpencil dan tertinggal seringkali masih memiliki akses internet yang terbatas atau bahkan tidak ada sama sekali, sehingga penggunaan mini server dapat terkendala oleh keterbatasan infrastruktur tersebut.
6. Kurangnya pengetahuan dan keterampilan dalam teknologi: Guru dan siswa di daerah terpencil dan tertinggal mungkin belum terbiasa menggunakan teknologi dan perangkat lunak pendukung yang ada pada mini server, sehingga mereka membutuhkan bantuan dan pelatihan dalam penggunaannya.
7. Biaya operasional: Meskipun biaya pengadaan mini server relatif terjangkau, biaya operasional seperti listrik dan pemeliharaan masih menjadi tantangan terutama di daerah terpencil dan tertinggal yang memiliki keterbatasan sumber daya.

Dalam penelitian ini, akan dibahas tentang bagaimana mengatasi tantangan-tantangan tersebut, sehingga penggunaan mini server dapat menjadi solusi yang efektif dalam meningkatkan kualitas pendidikan di daerah terpencil dan tertinggal.

Diharapkan hasil dari penelitian ini dapat memberikan kontribusi bagi pengembangan pendidikan di Indonesia, terutama di daerah terpencil dan tertinggal yang masih membutuhkan perhatian lebih untuk mendapatkan akses pendidikan yang berkualitas.

Beberapa hasil penelitian terdahulu menunjukkan bahwa penggunaan mini server dapat memberikan dampak positif terhadap pembelajaran di daerah terpencil dan tertinggal. Sebagai contoh, sebuah penelitian yang dilakukan di daerah pedesaan di India menunjukkan bahwa penggunaan mini server dalam pembelajaran elektronik dapat meningkatkan motivasi dan prestasi belajar siswa (Rajan, 2016). Di Indonesia, sebuah

penelitian yang dilakukan di daerah terpencil di Papua menunjukkan bahwa penggunaan mini server dapat membantu guru dalam penyampaian materi pembelajaran dan meningkatkan partisipasi siswa dalam pembelajaran (Rosalina, 2019).

Dari hasil penelitian tersebut, dapat ditarik kesimpulan bahwa penggunaan mini server dapat menjadi solusi yang efektif dalam memperbaiki akses dan kualitas pendidikan di daerah terpencil dan tertinggal. Namun, perlu dilakukan penelitian lebih lanjut untuk mengidentifikasi faktor-faktor apa saja yang mempengaruhi keberhasilan penggunaan mini server dalam pembelajaran di daerah terpencil dan tertinggal.

Dalam penelitian ini, akan dibahas tentang faktor-faktor yang dapat mempengaruhi keberhasilan penggunaan mini server dalam pembelajaran di daerah terpencil dan tertinggal, seperti faktor teknologi, faktor sosial dan budaya, dan faktor kelembagaan. Hasil dari penelitian ini diharapkan dapat memberikan gambaran yang lebih lengkap tentang bagaimana mini server dapat digunakan secara efektif dalam pembelajaran di daerah terpencil dan tertinggal.

Diharapkan penelitian ini dapat memberikan kontribusi yang signifikan bagi pengembangan pendidikan di Indonesia, terutama di daerah-daerah terpencil dan tertinggal yang masih membutuhkan akses dan kualitas pendidikan yang lebih baik. Selain itu, penelitian ini juga dapat menjadi acuan bagi lembaga-lembaga pendidikan dan pemerintah dalam mengembangkan kebijakan dan program-program pendidikan yang berbasis teknologi di daerah terpencil dan tertinggal.

Adapun rumusan masalah pada penelitian ini adalah sebagai berikut:

1. Bagaimana cara merancang mini server untuk pembelajaran elektronik yang efisien dan dapat diakses dari jarak jauh?
2. Apa saja fitur-fitur yang harus ada pada mini server untuk pembelajaran elektronik agar dapat membantu pengguna dalam belajar secara efektif?
3. Bagaimana cara mengoptimalkan penggunaan mini server untuk pembelajaran elektronik agar dapat menghasilkan manfaat yang maksimal bagi pengguna?

III. METODE PENELITIAN

Metode penelitian pada penelitian ini adalah sebagai berikut:

1. Identifikasi Kebutuhan: Langkah pertama adalah mengidentifikasi kebutuhan dan tujuan dari aplikasi pembelajaran elektronik yang akan diimplementasikan menggunakan mini server Raspberry Pi. Hal ini melibatkan penentuan fitur-fitur yang diperlukan, sumber daya yang dibutuhkan, dan tujuan akhir dari aplikasi.
2. Rancangan Sistem: Setelah kebutuhan dan tujuan ditentukan, langkah selanjutnya adalah merancang sistem secara keseluruhan. Ini melibatkan pemilihan komponen perangkat keras (seperti Raspberry Pi, modul WiFi, dan modul kamera) serta perangkat lunak yang diperlukan (seperti sistem operasi, server web, dan aplikasi pembelajaran elektronik).
3. Pengadaan Perangkat: Langkah ini melibatkan pengadaan perangkat keras yang diperlukan, seperti

Raspberry Pi, modul tambahan, dan komponen lainnya sesuai dengan rancangan sistem yang telah dibuat. Pastikan untuk memperhatikan kompatibilitas perangkat keras yang dipilih dengan Raspberry Pi.

4. Instalasi dan Konfigurasi Sistem Operasi: Setelah perangkat keras diperoleh, langkah selanjutnya adalah menginstal dan mengkonfigurasi sistem operasi yang sesuai (misalnya, Raspbian). Pastikan Raspberry Pi telah terhubung ke jaringan dan memiliki akses internet yang stabil.
5. Instalasi dan Konfigurasi Server Web: Setelah sistem operasi terinstal, langkah selanjutnya adalah menginstal dan mengkonfigurasi server web pada Raspberry Pi. Server web seperti Apache atau Nginx dapat digunakan untuk menyajikan konten aplikasi pembelajaran elektronik kepada pengguna.
6. Pengembangan Aplikasi Pembelajaran Elektronik: Setelah server web terkonfigurasi, langkah selanjutnya adalah mengembangkan aplikasi pembelajaran elektronik yang akan dijalankan pada mini server Raspberry Pi. Ini melibatkan pemrograman antarmuka pengguna, fitur pembelajaran, dan integrasi dengan komponen hardware (jika diperlukan).
7. Uji Coba dan Evaluasi: Setelah aplikasi pembelajaran elektronik selesai dikembangkan, langkah selanjutnya adalah menguji coba sistem secara menyeluruh. Evaluasi dapat dilakukan dengan meminta partisipasi pengguna atau peserta didik yang menggunakan aplikasi, dan mengumpulkan umpan balik mereka untuk memperbaiki dan meningkatkan kinerja sistem.
8. Analisis dan Interpretasi Hasil: Setelah uji coba selesai, langkah terakhir adalah menganalisis hasil yang diperoleh dan menginterpretasikan temuan-temuan tersebut. Hal ini meliputi evaluasi keberhasilan implementasi mini server Raspberry Pi dan aplikasi pembelajaran elektronik yang dikembangkan.

IV. HASIL DAN PEMBAHASAN

A. Implementasi Sistem

1. Implementasi Perangkat Keras

Perangkat keras yang digunakan untuk membangun aplikasi ini adalah:

Tabel I
Spesifikasi Perangkat

Spesifikasi	Deskripsi
Computer Mini	Rasberry Pi 4
Memory Card 128 GB	Penyimpan file OS
Kabel USB	Penghubung ke komputer
Kabel LAN	Penghubung ke internet

2. Implementasi Perangkat Lunak

Kebutuhan perangkat lunak merupakan faktor-faktor yang harus dipenuhi untuk merancang sebuah perangkat lunak (aplikasi) sehingga perangkat lunak dapat menunjang penelitian dan perangkat lunak yang disipkan sebagai berikut:

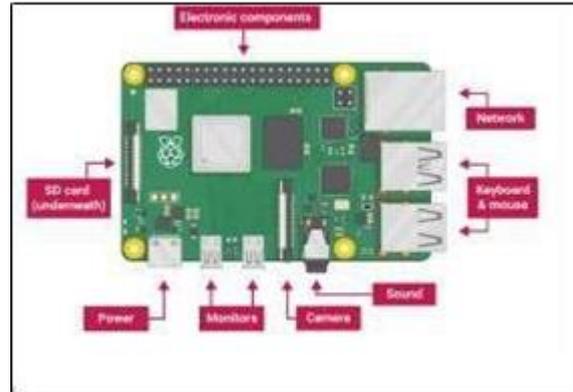
Tabel II
Spesifikasi Perangkat Lunak

Spesifikasi	Deskripsi
Sistem Operasi	MoodleBox
Browser	Google Chrome

B. Perancangan Hardware Server Raspberry Pi

Raspberry Pi yang dijadikan *server portable* harus terlebih dahulu dirancang baik secara *hardware*, *software* maupun *networking*. Khusus untuk *hardware* perlu memperhatikan kapasitas memori yang digunakan. Rekomendasi untuk kapasitas memori adalah 128 MB. Seringkali masalah muncul disebabkan juga karena memori yang kurang berkualitas. Memori yang direkomendasikan untuk digunakan pada Raspberry Pi adalah memori kelas satu yang mempunyai kecepatan transfer sangat baik. Tipe memori yang digunakan oleh raspberry pi adalah microSD.

Server portable Raspberry Pi adalah perangkat yang konsumsi daya relatif sangat kecil jika dibandingkan dengan suatu PC atau Laptop apalagi jika dibandingkan dengan suatu server pada umumnya. Karena konsumsi dayanya yang kecil maka sebagai konsekuensinya beberapa fitur yang umumnya terkait spesifikasi hardware tidak terdapat pada Raspberry Pi. Pada generasi terbaru, Raspberry Pi 4 sudah ditambahkan fitur *WiFi*, sehingga tidak diperlukan perangkat tambahan seperti USB *WiFi*. Daya yang kecil pada Raspberry Pi dapat diperoleh dari *powerbank* atau tetap menggunakan sumber listrik PLN dengan adaptor yang mempunyai konektor *type C*. Untuk keyboard dan mouse dapat menggunakan masing masing jalur USB yang tersedia pada perangkat Raspberry Pi. Begitu juga untuk display output telah disediakan jalurnya microUSB yang terhubung dengan port HDMI atau VGA. Semua bagian yang dijelaskan sebelumnya tersaji pada gambar 3 berikut ini:



Gambar 3. Konfigurasi Hardware Raspberry Pi

C. Instalasi Server MoodleBox

Pada prinsipnya moodlebox adalah suatu perangkat Raspberry pi yang diberi moodle di dalamnya. Moodle yang diinstall akan terlihat sama persis seperti moodle yang terpasang pada server – server utama di instansi, perguruan tinggi atau perusahaan yang mengelola jasa hosting dan domain.

Secara ringkas berikut adalah tahapan instalasi Moodlebox adalah sebagai berikut:

1. Unduh paket Moodlebox dari sumber yang tersedia
2. Ekstrak paket Moodlebox tersebut dalam suatu memori berjenis microSD, disarankan memori dengan kapasitas 128 MB
3. Jika sukses ekstraknya maka pindahkan memori tersebut ke dalam Raspberry Pi

4. Hubungkan juga keyboard, mouse dan monitor sesuai tempatnya.
5. Langkah terakhir, hubungkan perangkat Raspberry Pi dengan sumber listrik melalui adaptor atau menggunakan *powerbank*
6. Raspberry Pi dengan moodlebox yang telah diinstall siap dioperasikan.

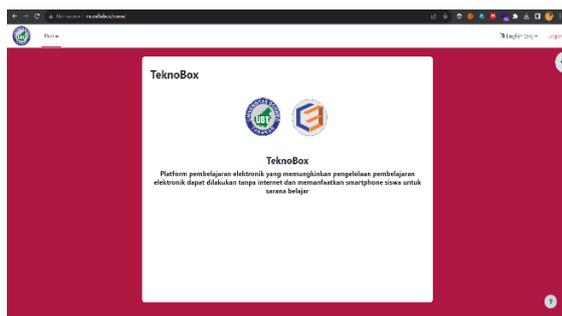
File Moodlebox yang telah diperoleh selanjutnya di install ke dalam memori 128 GB yang tersedia menggunakan tools tertentu yang biasanya disebut sebagai *Raspberry Pi Imager*. Penelitian ini menggunakan aplikasi yang bernama *Ventoy*. Aplikasi alternatif pengganti Ventoy adalah *balenaEtcher* atau *Win32DiskImager*. Aplikasi ini sangat familiar di lingkungan windows. Media memori yang telah diinstall Moodlebox selanjutnya dipindahkan ke perangkat Raspberry Pi. Jika tidak ada eror maka tampilan awal sistem Moodlebox yang berjalan di Raspberry Pi tersaji pada gambar 4.



Gambar 4. Halaman depan MoodleBox

D. Konfigurasi Server MoodleBox

Setelah proses instalasi selesai kemudian server akan dikonfigurasi ulang disesuaikan dengan kebutuhan pengguna. Konfigurasi aplikasi *Learning Management System (LMS)* yang sudah terinstall dapat dilakukan dengan Login dengan username dan password yang secara default sudah disediakan. Setelah login dengan user dan password yang benar, konfigurasi halaman depan tersaji di layar seperti pada gambar 5.



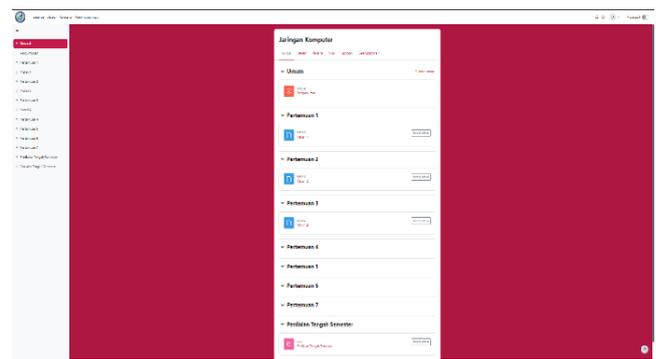
Gambar 5. Halaman depan TeknoBox

Proses penambahan kursus atau mata kuliah dapat dilakukan setelah administrator memberikan username dan password pengajar yang sudah mendaftar di aplikasi. Penambahan kursus atau mata kuliah dapat dilihat di gambar 6.



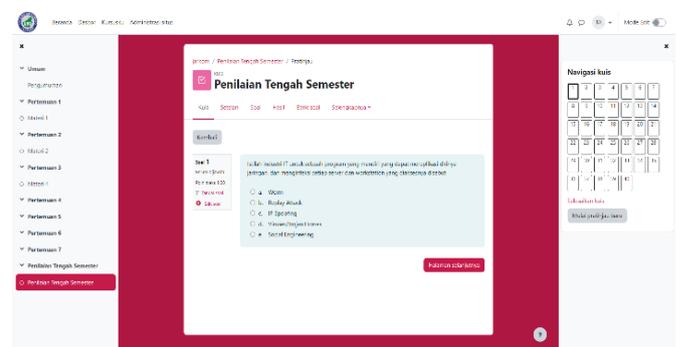
Gambar 6. Penambahan kursus atau mata kuliah

Setelah pengajar melakukan login, pengajar dapat melakukan penambahan materi kuliah pada topik-topik yang sudah dibuat sebelumnya oleh pengajar. Mata kuliah yang sudah diinput materinya oleh pengajar dapat dilihat pada gambar 7.

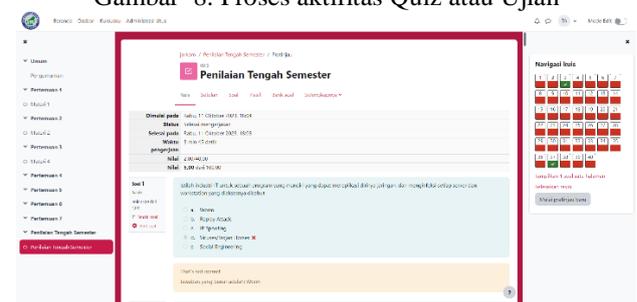


Gambar 7. Tampilan Kursus atau Mata Kuliah

Pengajar juga dapat melakukan penilaian dengan quiz atau ujian dengan metode pilihan ganda dengan memasukkan soal-soal pada aktifitas Quiz pada aplikasi. Aktifitas quiz atau ujian tersaji seperti pada gambar 8.



Gambar 8. Proses aktifitas Quiz atau Ujian



Gambar 9. Proses Penilaian Quiz atau Ujian

Setelah siswa mengikuti quiz atau ujian, pengajar secara otomatis akan segera mendapatkan hasil penilaian masing-masing siswa beserta statistik hasil ujian. Proses penilaian dapat dilihat pada gambar 9.

V. KESIMPULAN

Dari hasil penelitian dapat diambil kesimpulan sebagai berikut:

1. Software MoodleBox dapat diinstall di komputer mini Raspberry Pi 4 dengan memory 128 MB yang berfungsi sebagai mini server Learning Management System Moodle
2. Selain itu Raspberry Pi 4 yang sudah terinstall MoodleBox bertambah fungsi sebagai accesspoint WIFI yang dapat diakses komputer, laptop atau smartphone disekitar alat ini.

REFERENSI

- [1] “Mutu Pendidikan Masih Rendah | Radar Tarakan.” <https://kaltara.prokal.co/read/news/25526-mutu-pendidikan-masih-rendah> (accessed Mar. 03, 2023).
- [2] “Komisi X Temukan Sejumlah Masalah Pendidikan di Nunukan - Medcom.id.” <https://www.medcom.id/nasional/daerah/4KZO8jJN-komisi-x-temukan-sejumlah-masalah-pendidikan-di-nunukan> (accessed Mar. 03, 2023).
- [3] “Blank Spot Masih Jadi ‘PR’ Berat | Radar Tarakan.” <https://radartarakan.jawapos.com/daerah/bulungan/14/10/2022/blank-spot-masih-jadi-pr-berat/> (accessed Mar. 03, 2023).
- [4] R. P. Anugerah and W. A. Kusuma, “Keefektivitasan Penggunaan Platform LMS Dalam Pelaksanaan Pembelajaran Jarak Jauh,” *J. Komput. dan Inform.*, vol. 9, no. 2, pp. 127–132, Sep. 2021, doi: 10.35508/JICON.V9I2.4319.
- [5] H. Dhika, F. Destiwati, M. Jaya, T. Barat, and J.-J. Selatan, “Implementasi Learning Management System Dalam Media Pembelajaran Menggunakan Moodle,” *Pros. Semin. Nas. Ris. Inf. Sci.*, vol. 2, no. 0, pp. 228–234, Jul. 2020, Accessed: Mar. 03, 2023. [Online]. Available: <https://tunasbangsa.ac.id/seminar/index.php/senaris/article/view/166>.
- [6] E. A. Putra, R. Sudiana, A. S. Pamungkas, P. M. Fkip, U. Sultan, and A. Tirtayasa, “Pengembangan Smartphone Learning Management System (S-LMS) Sebagai Media Pembelajaran Matematika di SMA,” *Kreano, J. Mat. Kreat.*, vol. 11, no. 1, pp. 36–45, May 2020, doi: 10.15294/KREANO.V11I1.21014.M. Shell. (2002) IEEEtran homepage on CTAN. [Online]. Available: <http://www.ctan.org/tex-archive/macros/latex/contrib/supported/IEEEtran/>
- [7] “Moodle - Open-source learning platform | Moodle.org.” <https://moodle.org/> (accessed Mar. 18, 2023).
- [8] “MoodleBox.” <https://moodlebox.net/en/> (accessed Mar. 18, 2023).
- [9] “Raspberry Pi.” <https://www.raspberrypi.com/> (accessed Mar. 18, 2023).

RANCANG BANGUN *BUCK-BOOST CONVERTER* SEBAGAI *CHARGER* BATERAI *CONTROLLER* BERBASIS PWM DENGAN SUMBER *PHOTOVOLTAIC*

Wibowo Aldi¹, Huda Abil²

^{1,2}Universitas Borneo Tarakan, Tarakan, Kalimantan Utara, Indonesia

¹aldiwibowo267@gmail.com

²abil@engineer.com

Abstract— Charging the battery by supplying electric current continuously. Charging is stopped when the battery voltage has reached the maximum voltage. If the battery has reached its maximum voltage but charging is still carried out, it will cause losses, namely the waste of electrical energy, to prevent damage to the battery, a controller known as a charger controller is needed. The main function of the charger controller is to maintain the state of the battery by preventing excessive current and voltage distribution. This research produces a system that can increase and decrease the voltage as desired by using a buck-boost converter circuit as a means of stabilizing the output voltage supplied to the battery with a measured voltage of 13.01 V and a current of 3.64 A.

Keywords—Buck-Boost Converter, Pulse Width Modulation (PWM), and Battery.

Intisari— Pengisian baterai dengan cara mengaliri arus listrik secara terus menerus. Pengisian dihentikan ketika tegangan baterai telah sampai pada tegangan maksimal. Jika baterai telah mencapai tegangan maksimumnya tetapi tetap dilakukan pengisian maka akan menimbulkan kerugian yaitu pemborosan energi listrik untuk mencegah kerusakan pada baterai, dibutuhkan sebuah alat pengendali yang dikenal dengan *charger controller*. Fungsi utama dari *charger controller* adalah mempertahankan keadaan baterai dengan mencegah terjadinya distribusi arus dan tegangan yang berlebihan. Penelitian ini menghasilkan sistem yang dapat menaikkan dan menurunkan tegangan sesuai yang diinginkan dengan menggunakan rangkaian *buck-boost converter* sebagai alat untuk menstabilkan tegangan keluaran yang disuplai dengan tegangan yang terukur sebesar 13 V untuk aki dan Arus 3,64 A.

Kata Kunci—Buck-Boost Converter, Pulse Width Modulation (PWM), dan Baterai.

I. PENDAHULUAN

Kebutuhan akan energi listrik di Indonesia pada saat ini semakin meningkat seiring dengan perkembangan perekonomian masyarakat yang sangat pesat, di Indonesia sendiri untuk menghasilkan energi listrik masih menggunakan bahan bakar dari fosil yang sewaktu-waktu akan habis. Ada berbagai macam energi terbarukan yang dapat dimanfaatkan diantaranya adalah energi surya, air, angin dan panas bumi. Diantara semua pilihan energi terbarukan surya adalah energi yang paling bersih dan tidak ada habis-habisnya.

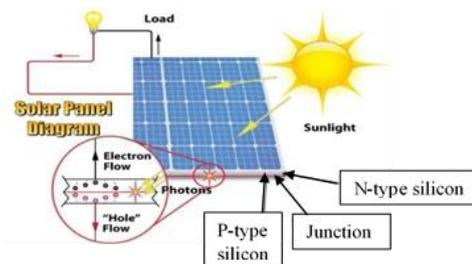
II. LANDASAN TEORI

A. Kajian Pustaka

Photovoltaic atau sel surya adalah perangkat elektronik yang berfungsi mengkonversi sinar matahari menjadi listrik. Melalui *photovoltaic* maka energi matahari dapat diubah secara langsung menjadi energi listrik dalam bentuk tegangan / arus DC (*Direct current*) [19].

DC *chopper* yang digunakan kali ini adalah tipe *buck-boost converter* dimana tegangan keluarannya dapat dinaikkan dan diturunkan. Suplai daya searah yang biasa digunakan adalah suplai daya searah yang tidak teratur, besarnya tidak bisa dinaikkan dan diturunkan sesuai dengan kebutuhan. Dengan memanfaatkan komponen elektronika daya yaitu mosfet maka bisa mengatur besar keluaran dari daya searah (DC) [4].

B. Photovoltaic Cell



Gambar 1. Proses perubahan cahaya menjadi arus listrik (Sumber: Safrizal, 2017)

Photovoltaic cell merupakan sebuah *semiconductor device* yang memiliki permukaan luas, terdiri dari rangkaian dioda tipe P dan N. Sinar matahari (cahaya) yang mengenai sel surya menghasilkan elektron dengan muatan positif dan *hole* yang bermuatan negatif, selanjutnya elektron dan *hole* mengalir membentuk arus listrik searah (DC), elektron akan meninggalkan sel surya dan mengalir pada rangkaian luar, sehingga timbul arus listrik prinsip ini disebut *photoelectric*. Kapasitas arus yang dihasilkan tergantung pada intensitas cahaya maupun panjang gelombang cahaya yang jatuh pada *photovoltaic*. Intensitas cahaya menentukan jumlah foton, makin besar intensitas cahaya yang mengenai permukaan sel surya makin besar pula foton yang dimiliki sehingga makin banyak pasangan elektron dan *hole* yang dihasilkan yang akan mengakibatkan besarnya arus yang mengalir. Makin

pendek gelombang cahaya maka makin tinggi energi foton sehingga makin besar energi elektron yang dihasilkan, dan juga berimplikasi pada makin besarnya arus yang mengalir. Pada Gambar 1. adalah proses perubahan cahaya menjadi arus listrik.

C. PWM (*Pulse Width Modulation*)

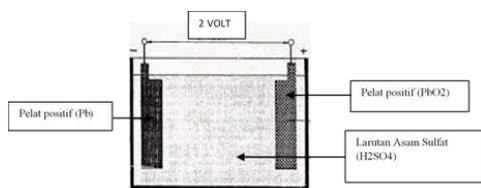
Metode PWM (*Pulse Width Modulation*) adalah salah satu teknik modulasi dengan mengubah lebar pulse (*duty cycle*) dengan nilai *amplitude* yang tetap. Satu siklus *pulse* merupakan kondisi *high* kemudian berada di zona transisi ke kondisi *low*. Lebar *pulse* PWM berbanding lurus dengan *amplitude* sinyal asli yang belum termodulasi. *Duty cycle* merupakan representasi dari kondisi logika *high* dalam suatu periode sinyal dan dinyatakan dalam bentuk (%) dengan *range* 0 %-100 %, sebagai contoh jika sinyal berada dalam kondisi *high* terus menerus artinya memiliki *duty cycle* sebesar 100 %. Jika waktu sinyal keadaan *high* dan keadaan *low* maka sinyal mempunyai *duty cycle* sebesar 50%. [19].

D. PID (*Proportional Integral Derivative*)

PID (*Proportional Integral Derivative*) merupakan *controller* untuk menentukan kepresisian suatu sistem instrumentasi dengan karakteristik umpan balik/*feedback* pada sistem tersebut. Komponen PID terdiri dari 3 jenis, yaitu *proportional*, *integral*, dan *derivative*. Ketiganya dapat dipakai bersamaan maupun secara sendiri, tergantung dari respon yang diinginkan [8].

E. Akumulator

Akumulator atau aki adalah sebuah sumber arus listrik searah yang dapat mengubah energi kimia menjadi energi listrik. Akumulator termasuk elemen elektrokimia yang dapat mempengaruhi zat pereaksinya, sehingga disebut elemen sekunder. Akumulator pertama kali ditemukan oleh ahli fisika Perancis, bernama *Gaston Plante* pada tahun 1859. Gambar 2. adalah gambar konstruksi akumulator

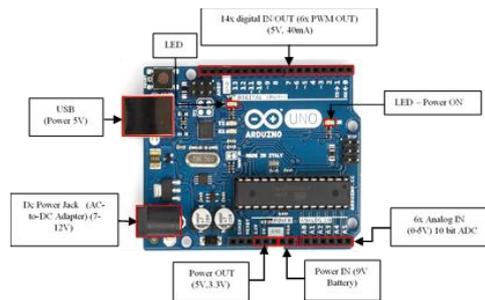


Gambar 2. Kontruksi Akumulator
(Sumber: Setiono, 2015)

Aki bekerja atas dasar pengisian dan pengosongan energi listrik yang terdapat di dalamnya. Pada saat akumulator dipakai, maka terjadi pengosongan, dimana kedua elektrodanya akan menjadi timbal sulfat. Hal ini disebabkan kedua elektroda bereaksi terhadap larutan asam sulfat. Pada reaksi tersebut elektroda timbal melepaskan banyak elektron, akibatnya terjadi aliran listrik dari timbal dioksidanya. Dalam aki terdapat sel untuk menyimpan arus yang mengandung asam sulfat. Tiap sel berisikan plat positif dan pelat negatif. Pada plat positif mengandung oksida timah coklat (PbO2), sedangkan plat negatif mengandung timah (Pb). Plat-plat di tempatkan pada batang penghubung. Pemisah atau separator menjadi

isolasi diantara plat itu, dibuat agar *battery acid* mudah beredar di sekeliling plat.

F. Microcontroller

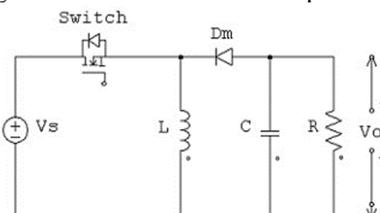


Gambar 3. Arduino uno
(Sumber: Handoko, 2018)

IDE Arduino memungkinkan pemrogram membangun program yang akan ditanamkan ke dalam mikrokontroler ATmega 328 yang tertanam di dalam modul arduino UNO ini yang dinamakan dengan *sketch*. IDE ini memiliki kemampuan selain sebagai editor program, IDE ini pun memiliki kemampuan melakukan *compile* dan memungkinkan pemrogram mengunggah program yang dibuat tanpa harus menggunakan *tool* tambahan [3].

G. Buck-Boost Converter

Buck-boost converter adalah suatu rangkaian elektronika yang dapat menaikkan dan menurunkan nilai tegangan keluaran, nilai tegangan tersebut dapat diatur dengan merubah nilai *duty cycle*. Pada rangkaian *buck-boost converter* terdapat beberapa komponen pendukung yaitu induktor, kapasitor, *driver mosfet*, dan resistor. Komponen utama pada rangkaian ini adalah sebuah induktor yang berfungsi sebagai penyimpan energi listrik yang akan disalurkan ke beban. Tegangan pada beban tersebut adalah hasil dari energi yang tersimpan pada induktor ditambah dengan tegangan *input* metode *buck-boost* tidak lain adalah kombinasi antara *buck* dan *boost*, dimana tegangan keluaran dapat diatur menjadi lebih tinggi atau lebih rendah dari tegangan masukan, yang menarik untuk dicatat dari *buck boost converter* adalah bahwa tegangan keluaran memiliki tanda berlawanan dengan tegangan masukan. Oleh karena itu metoda ini pun ditemui pada aplikasi yang memerlukan pembalikan tegangan (*voltage inversion*) tanpa *transformer* [4]. Dapat dilihat rangkaian *buck-boost converter* pada Gambar 2.4.



Gambar 4. Rangkaian *buck-boost converter*
(Sumber: Komarudin, 2014)

Mendesain *buck-boost* digunakan beberapa persamaan, yaitu:

1. Menghitung *duty cycle*

Nilai *duty cycle* dapat dihitung dengan persamaa dibawah ini (1).

$$D = \left(\frac{V_o}{V_o - V_i} \right) \quad (1)$$

Keterangan: V_o : Tegangan Keluaran (V)
 V_i : Tegangan Masukan (V)
 D : *Duty Cycle* (%)

2. Menentukan nilai resistor

Nilai resistor atau juga tahanan dapat di tentukan dengan persamaan (2).

$$R = \frac{V_o^2}{P} \quad (2)$$

Keterangan: V_o : Tegangan Keluaran (V)
 R : Tahanan (Ω)
 P : *Daya* (Watt)

3. Menentukan nilai induktor

Untuk menentukan nilai induktor yang ideal pada buck-boost converter maka dibutuhkan rumus yang ada sebagai berikut (3), (4), dan (5)

$$iL = \frac{(V_i \cdot D)}{R(1-D)^2} \quad (3)$$

$$\Delta iL = \%iL \times iL \quad (4)$$

$$L = \frac{(V_i \cdot D)}{\Delta iL \cdot f} \quad (5)$$

Keterangan: iL : *Daya* Masukan (Watt)
 V_i : *Tegangan* Masukan (V)
 D : *Duty cycle* (%)
 R : Tahanan (Ω)
 F : Frekuensi (Hz)

4. Menentukan nilai kapasitor

Pada *Buck-boost converter* terdapat satu buah kapasitor, dimana nilainya ditentukan dari Persamaan (6) dan (7).

$$\Delta V_o = \%V_o \cdot V_o \quad (6)$$

$$C = \frac{(V_o \cdot D)}{\Delta V_o \cdot R \cdot F} \quad (7)$$

Keterangan: V_o : Tegangan Keluaran (V)
 C : Kapasitor (Farad)
 D : *Duty cycle* (%)
 R : Tahanan (Ω)
 F : Frekuensi (Hz)

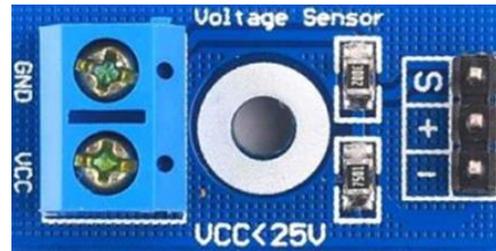
5. Menghitung nilai daya

Setelah didapatkan nilai tegangan dan arus pada pengujian keseluruhan sistem, selanjutnya adalah menghitung nilai daya yang ditentukan dari persamaan (8).

$$P = V \cdot I \quad (8)$$

Keterangan: P : *Daya* (Watt)
 V : Tegangan (V)
 I : Arus (A)

H. Sensor Tegangan



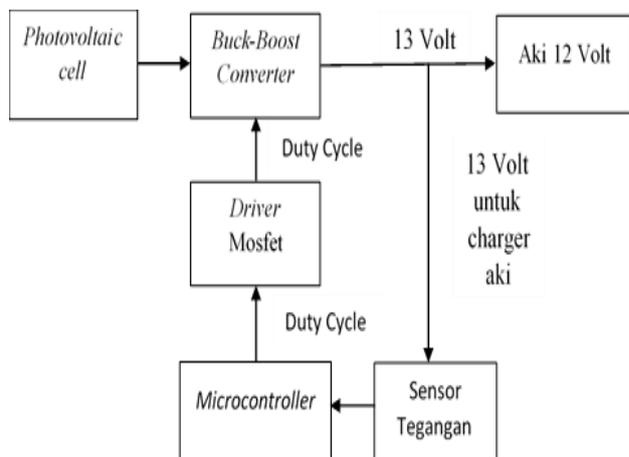
Gambar 5. Sensor tegangan

Sensor tegangan berfungsi membaca nilai tegangan suatu rangkaian. *Arduino* dapat membaca nilai tegangan dengan memanfaatkan pin analog. Jika *range* tegangan yang dibaca antara 0-5V maka bisa langsung menggunakan pin analog, sedangkan jika *range* tegangan yang dibaca lebih dari 5V maka harus menggunakan rangkaian tambahan yakni pembagi tegangan karena pin *Arduino* bekerja pada tegangan maksimal 5V [9]. Bisa dilihat pada Gambar 2.5.

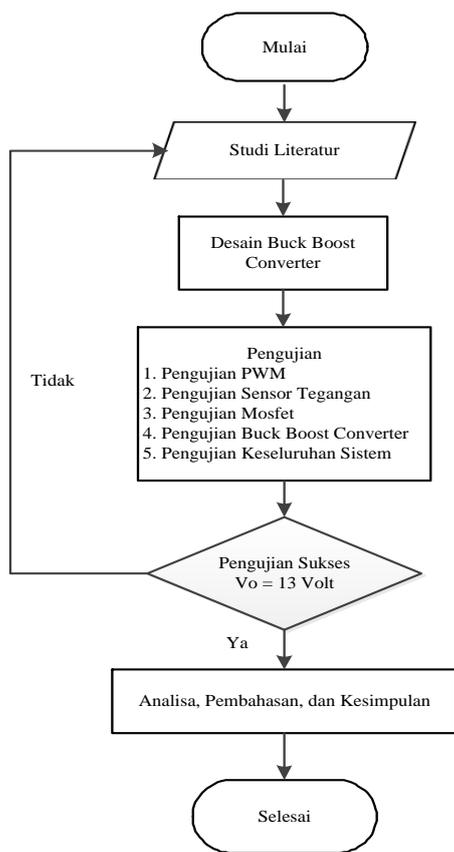
III. METODE PENELITIAN

Penelitian yang dilakukan menggunakan penelitian yang ber jenis penelitian kuantitatif. Penelitian ini lebih fokus terhadap pengukuran, karena hasil pengukuran yang dilakukan akan lebih memudahkan untuk penelitian yang akan dilakukan. Penelitian yang dilakukan dengan judul Perancangan *Buck-Boost Converter* Sebagai *Charger* Baterai *Controller* Berbasis PWM Dengan Sumber *photovoltaic*, dimana akan dilakukan pengukuran pada sumber *photovoltaic* sebagai sumber dari *buck-boost converter* untuk *charger* baterai.

Pada Gambar 6. dibawah adalah blok diagram perancangan sistem *converter* DC-DC tipe *buck-boost converter*. Sumber tegangan yang berasal dari *photovoltaic* yang akan masuk ke *buck-boost converter* sebagai inputnya, jika *output* dari *buck-boost converter* belum sesuai dengan yang sudah ditentukan maka sensor akan membaca tegangan yang keluar dari *buck-boost converter* dan akan menjadi nilai *error* yang akan diolah dengan mengatur nilai *duty cycle* untuk mendapatkan nilai yang diinginkan yaitu 13V untuk melakukan *charging* pada Aki.



Gambar 6. Diagram Blok Sistem

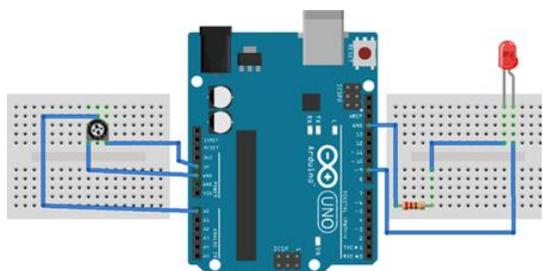


Gambar 7. Flowchart Penelitian

IV. HASIL DAN PEMBAHASAN

A. Pengujian PWM pada *Microcontroller*

Pada tahapan ini dilakukan pengujian PWM dimana pengujian ini bertujuan untuk mendapatkan gelombang *duty cycle* yang diinginkan, dimana frekuensi yang digunakan kali ini adalah 20 KHz, gambar desain untuk pengujian PWM *microcontroller* pada Gambar 8.



Gambar 8. Desain pengujian PWM pada *microcontroller*

Tabel I

Hasil pengukuran PWM pada *microcontroller*

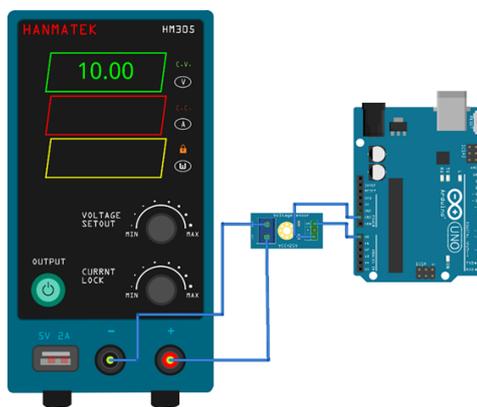
NO	Frekuensi (Hz)	Nilai PWM (%)	Duty cycle (%)
1.	20 KHz	25,5	10,76
2.		51	20,99
3.		76,5	33,5
4.		102	39,77
5.		127,5	49,25

NO	Frekuensi (Hz)	Nilai PWM (%)	Duty cycle (%)
6.	20 KHz	153	60,51
7.		178,5	69,25
8.		204	79,37
9.		229,5	90,92
10.		255	98,46

Dari Tabel I menunjukkan jika nilai PWM diubah maka *duty cycle* akan berubah sesuai dengan nilai yang diinginkan dan bentuk gelombang juga akan mengalami perubahan.

B. Pengujian Sensor Tegangan

Pada tahap ini dilakukan pengujian sensor tegangan untuk mengetahui apakah sensor dapat mengukur tegangan, untuk mendapatkan sumber tegangan yang diinginkan maka sumber tegangan yang digunakan kali ini adalah *power supply*. Gambar 9. desain pengujian sensor tegangan.



Gambar 9. Desain Pengujian Sensor Tegangan

Tabel II

Hasil pengukuran sensor tegangan

NO	Tegangan input (VDC)	Multimeter Nilai (y) (VDC)	Sensor Tegangan Nilai (x) (VDC)	(Output) Error (%)	(Output) Akurasi (%)
1.	1	1	0,95	5	95
2.	1,5	1,5	1,46	2,67	97,33
3.	2	2	2	0	100
4.	2,5	2,5	2,49	0,4	99,6
5.	3	3	3	0	100
6.	3,5	3,5	3,49	0,28	99,72
7.	4	4	4	0	100
8.	4,5	4,5	4,48	0,44	99,56
9.	5	5	4,9	2	98
10.	5,5	5,5	5,49	0,18	99,82
11.	6	6	5,95	0,83	99,17

NO	Tegangan input (VDC)	Multimeter Nilai (y) (VDC)	Sensor Tegangan Nilai (x) (VDC)	(Output) Error (%)	(Output) Akurasi (%)
12.	6,5	6,5	6,49	0,15	99,85
13.	7	7	6,99	0,14	99,86
14.	7,5	7,5	7,45	0,67	99,33
15.	8	8	7,99	0,12	99,88
16.	8,5	8,5	8,47	0,35	99,65
17.	9	9	9	0	100
18.	9,5	9,5	9,48	0,21	99,79
19.	10	10	9,99	0,1	99,9
Rata-rata				0,70	99,29

Berikut adalah perhitungan dari *error* dari data pengukuran nomor 19;

$$\begin{aligned}
 \text{Error} &= \frac{y - x}{y} \times 100 \\
 &= \frac{10 - 9,99}{10} \times 100 \\
 &= 0,1
 \end{aligned}$$

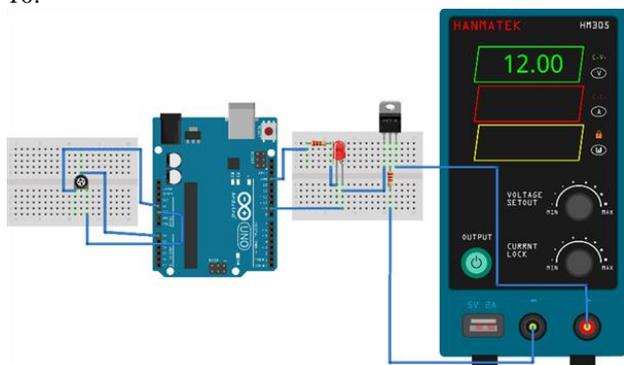
$$\begin{aligned}
 \text{Akurasi} &= 100 - \text{Error} \\
 &= 100 - 0,1 \\
 &= 99,9
 \end{aligned}$$

$$\text{Rata-rata} = \frac{\text{Jumlah data}}{\text{Banyaknya data}}$$

Keterangan : *y* = Tegangan Multimeter (VDC)
x = Sensor Tegangan (VDC)

C. Pengujian Mosfet

Pengujian ini merupakan pengujian mosfet yang digunakan untuk menghubungkan rangkaian kontrol dengan mosfet, sehingga rangkaian kontrol dapat bekerja dengan baik. Fungsi dari mosfet ini adalah untuk mengoperasikan mosfet dari keadaan *OFF* ke *ON* atau bisa juga sebaliknya. Gambar desain mosfet ada pada Gambar 10.



Gambar 10. Desain pengujian mosfet

Setelah dilakukan pengujian pada mosfet didapatkan hasil dari mosfet dengan tegangan yang diberikan adalah 18 Volt, *channel 1* ditunjukkan untuk *output* dari *microcontroller*, sedangkan *channel 2* untuk *output* dari mosfet, ketika dilakukan pengujian didapatkan hasil,

tegangan *channel 2* yang terbaca di *osiloscop* lebih besar dari pada tegangan pada *channel 1*.

Dari Tabel II diatas didapatkan nilai rata-rata keakuratan dari sensor tegangan yaitu 99,29 %, sedangkan nilai *error* 0,70 %. Sehingga dapat dikatakan bahwa sensor dalam keadaan yang dapat digunakan pada sistem perancangan *buck-boost converter*.

D. Mendesain Dan Pengujian *Buck-Boost Converter*

Mendesain *buck-boost converter* ini dilakukan bertujuan untuk menentukan parameter nilai komponen yang akan digunakan. Sedangkan pengujian *buck-boost converter* menggunakan metode PWM untuk mengontrol *switching* pada mosfet dengan mengubah *duty cycle*, yang dimana *duty cycle* disini berguna untuk mengatur tegangan dari *input* ke *output* dari *buck-boost converter*.

1. Mendesain *Buck-Boost Converter*

Spesifikasi *buck-boost converter* yang akan dibuat sebagai berikut:

Tegangan *input* = 17 Volt

Tegangan *output* = -12 Volt

Frekuensi = 20 KHz

1. Menentukan nilai *duty cycle*

$$\begin{aligned}
 D &= \frac{V_o}{(V_o - V_i)} \\
 &= \frac{-12}{(-12 - 17)} \\
 &= \frac{-12}{-29} \\
 D &= 0,41 \%
 \end{aligned}$$

2. Menentukan nilai resistor

$$\begin{aligned}
 R &= \frac{V_o^2}{P} \\
 &= \frac{-12^2}{10} \\
 R &= 14,4 \Omega
 \end{aligned}$$

3. Menentukan nilai induktor

$$\begin{aligned}
 i_L &= \frac{(V_i \cdot D)}{R \cdot (1 - D)^2} \\
 &= \frac{(17 \cdot 0,41)}{14,4 \cdot (1 - 0,41)^2} \\
 &= \frac{6,97}{5,01} \\
 &= 1,3 \text{ A}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 \Delta i_L &= 1\% \times i_L \\
 &= 1\% \times 1,3 \\
 &= 0,013 \text{ A}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 L &= \frac{(V_i \cdot D)}{\Delta i_L \cdot F} \\
 &= \frac{(17 \cdot 0,41)}{0,013 \cdot 20000} \\
 &= \frac{6,97}{260} \\
 &= 0,026 \text{ H}
 \end{aligned}$$

$$= 26 \text{ mH}$$

4. Menentukan nilai kapasitor

$$\Delta V_o = \%V_o \cdot V_o$$

$$\Delta V_o = \%1 \cdot -12$$

$$= 0,12 \text{ V}$$

$$C = \frac{(V_o \cdot D)}{\Delta V_o \cdot R \cdot F}$$

$$= \frac{(-12 \cdot 0,41)}{0,12 \cdot 14,4 \cdot 20000}$$

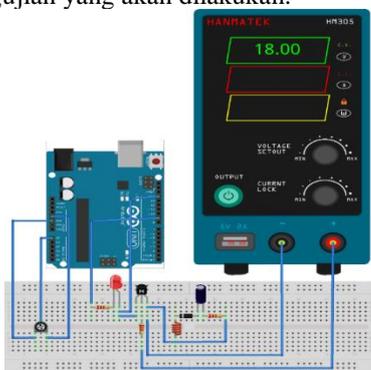
$$= \frac{-4,92}{34560}$$

$$= 0,00014 \text{ F}$$

$$= 140 \mu\text{F}$$

2. Pengujian *Buck-Boost Converter*

Pada pengujian ini dilakukan dengan menggunakan nilai PWM yang nilainya berbeda agar dapat melihat hasil dan perubahan yang terjadi pada nilai *output* dari *buck-boost converter*. Jika diberikan input 12V *duty cycle* nya adalah 50% dan menghasilkan tegangan *output* 12V, maka pengujian dapat dikatakan berhasil. Gambar 11. adalah desain pengujian yang akan dilakukan.



Gambar 11. Desain pengujian *buck-boost converter*

Tabel III

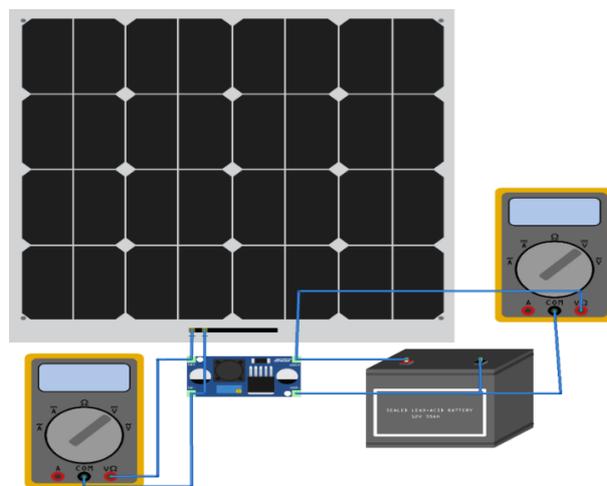
Hasil pengujian *buck-boost converter*

Tegangan Input (V)	Nilai PWM	Duty Cycle (%)	Tegangan Output (V)
12	25.5	15%	0.18V
12	51	22%	0.38V
12	76.5	32%	0.58V
12	102	39%	1.02V
12	127.5	50%	1.88V
12	153	60%	2.26V
12	178.5	70%	3.60V
12	204	81%	5.05V
12	229.5	90%	7.57V
12	225	98%	9.88V

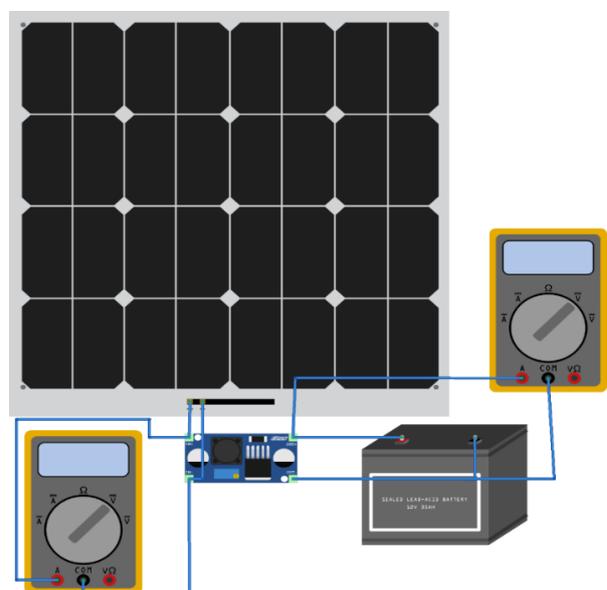
Tabel III adalah hasil dari pengujian *buck-boost converter* yang sudah dilakukan pengujian *buck-boost* dengan PWM Didapatkan hasil yang kurang tepat, dimana alat hanya bisa melakukan *buck* atau penurunan tegangan dan tidak dapat melakukan *boost* atau menaikkan tegangan, kemungkinan yang terjadi adalah induktor tidak bekerja secara maksimal, karena induktor disini sangat berperan penting untuk menaikkan tegangan, sedangkan tegangan yang dihasilkan juga tidak stabil kemungkinan terjadi dari kapasitor, karena kapasitor disini berfungsi sebagai *filter* tegangan keluar. Jadi pada pengujian keseluruhan yang akan dilakukan ditambahkan alat bantu module *buck-boost converter*. Module yang digunakan kali ini adalah module tipe X16009.

E. Pengujian Keseluruhan Sistem

Pengujian ini dilakukan dengan keseluruhan dari system yang telah digabung antara *sel surya*, *buck-boost converter*, dan Aki sebagai bebannya. Desain pengujian Keseluruhan sistem ada pada Gambar 12. dan 13.



Gambar 12. Pengujian sistem untuk pengukuran tegangan.



Gambar 13. Pengujian sistem untuk pengukuran arus

Tabel IV
Hasil pengujian dari keseluruhan *system buck-boost converter*

<i>Intensitas cahaya (W/M2)</i>	<i>Suhu (°C)</i>	<i>Tegangan Input (V)</i>	<i>Arus Input (A)</i>
100.2	34.1	19.70	0,85
301.1	32.6	20.68	1.13
516.4	31	20.78	1.23
700	32	20.57	1.25
1005.2	34.2	20.67	1.30
<i>Daya Input (W)</i>	<i>Tegangan Output (V)</i>	<i>Arus Output (A)</i>	<i>Daya Output (W)</i>
16,74	13.01	3.64	47,35
23.37	13.02	3.86	50.25
25.55	13.01	3.89	50.61
25.71	13.01	3,87	50,34
26.88	13.01	3.91	50.87

Tabel IV Menunjukkan hasil pengujian keseluruhan sistem yang sudah dilakukan, tegangan *output* yang didapatkan dari *buck-boost converter* stabil dikisaran 13,01V, meskipun tegangan *input* berubah-ubah karena adanya perubahan *intensitas* cahaya matahari dan suhu yang mempengaruhi *photovoltaic* yang digunakan. Dan arus yang dihasilkan oleh *buck-boost converter* berbeda, arus *input* lebih kecil dari *arus output*, karena tegangan yang dihasilkan oleh sumber *photovoltaic* yaitu sekitar 20 Volt, kemudian ketika melewati *buck-boost converter* tegangan mengalami penurunan menjadi 13V agar tidak terjadi *overheat* pada aki.

Nilai daya input dan daya output dapat ditentukan dengan rumus dibawah ini:

$$\begin{aligned} \text{Daya input: } P &= V \cdot I \\ &= 20,67 \times 1,30 \\ &= 26,88 \text{ W} \\ \text{Daya output: } P &= V \cdot I \\ &= 13,01 \times 3,91 \\ &= 50,87 \text{ W} \end{aligned}$$

V. KESIMPULAN

1. Kesimpulan

Hasil pengujian dan Analisa data yang sudah dilakukan diatas maka didapatkan beberapa kesimpulan sebagai berikut:

1. Pengujian PWM pada *microcontroller* yang telah dilakukan mendapatkan nilai *duty cycle* dan gelombang PWM yang baik dan stabil sehingga dapat digunakan untuk melakukan pengujian.
2. Penggunaan sensor tegangan DC memiliki keakuratan yang baik, *error* yang didapatkan, yaitu rata rata nilai *error* adalah 0,70%, dapat disimpulkan bahwa sensor tidak melebihi nilai *error* yaitu 5%, sehingga sensor dalam kondisi baik dan mampu kerja sesuai yang diharapkan.
3. Perancangan dan program dari *buck-boost converter* hasilnya hanya didapatkan buck atau penurunan tegangan saja, hasil dari pengujian yang dilakukan sistem dapat bekerja karena ditambahkan module untuk menaikkan tegangan.
4. Buck-boost converter yang telah didesain hanya dapat melakukan *buck* atau penurunan tegangan dan tidak bisa menaikkan tegangan, maka dari itu digunakan module XL6009 yang dapat menaikkan tegangan hingga 35 Volt.
5. Arus yang dihasilkan oleh *buck-boost converter* adalah sekitar 3,52 A hingga 3,92 A, arus yang dihasilkan dari *buck-boost converter* nilainya stabil meskipun intensitas cahaya mengalami perubahan.

2. Saran

Saran penulis setelah meneliti diharapkan adanya perhatian dalam pemilihan komponen induktor dan kapasitor, karena berperan penting untuk meningkatkan tegangan dan juga arus. Guna meningkatkan fungsi dan kesempurnaan dari alat ini maka lebih baiknya menambahkan rangkaian kontrol agar dapat mempermudah pengujian.

UCAPAN TERIMA KASIH

Penulis menyadari bahwa dalam proses penulisan karya ilmiah ini banyak mengalami kendala. Namun berkat doa orang tua saya dan berkah dari Allah SWT, sehingga kendala-kendala tersebut dapat diatasi dengan kemudahan dan kelancaran. Terima kasih disampaikan kepada dewan redaksi jurnal yang telah meluangkan waktu untuk membuat template ini.

REFERENSI

- [1] Arismunandar, Wahyu, Robet., & Hendarto Deni. (2017) Rancang bangun sistem pengisian daya perangkat gadget panel surya sebagai sumber listrik alternatif di fasilitas umum. *JuTEkS*, 46-53.
- [2] Cholis., Sara, Devi, Ira., & Away, Yuwaldi. (2016) Perancangan alat pencatat data kurva karakteristik arus dan tegangan (I-V) MODUL SURYA .C
- [3] Handoko, Prio., Hermawan, Hendi., & Nasucha, Mohammad. (2018). Sistem kendali alat elektronika menggunakan *microcontroller* arduino uno R3 DAN *ethernet shield* dengan antar muka berbasis arduino. *DINAMIKA REKAYASA*, 92-103.
- [4] Juarsah, Arief, Marco., Facta, Mochammad., & Nugroho, Agung. (2015). Perancangan DC *chopper* tipe *Buck-Boost*

- converter* penguatan umpan balik IC TL 494. TRANSIENT, 597-603.
- [5] Komarudin, Achmad. (2014). Desain dan analisis proporsional kontrol *buck-boost converter* pada sistem *photovoltaic*. JURNAL ELTEK, 78-89.
- [6] Mahrub, Irfan., Bintoro, Jusuf., & Djatmiko, Wisnu. (2018). Rancang Bangun Solar *Charger Controller* Menggunakan Synchronous Non-Inverting *Buck-Boost converter* Pada Panel Surya 50 Watt Peak (WP) Berbasis Arduino Nano V3.0. Jurnal Pendidikan Vokasional Teknik Elektronika, 1-4.
- [7] M. Shell. (2002) IEEEtran homepage on CTAN. [Online]. Available: <http://www.ctan.org/tex-archive/macros/latex/contrib/supported/IEEEtran/>
- [8] Nabella, Aulia, Meirena., Prastiwi, Andriani., & Subiyantoro. (2018) Analisis Kinerja Cuk *Converter Charge Controller* dengan Kontrol PID pada *Off-Grid Photovoltaic System*. Jurnal Elkolind, 12-17.
- [9] Rudiantmadja, Iwan. (2018) Rancang bangun dan monitoring *charger* baterai dengan metode *Charging* otomatis menggunakan rangkaian sensor tegangan dan *regulator* arus berbasis arduino mega 2560. Eprint, 11-68.
- [10] Rifan, M., HP, Sholeh., Shidiq, Mahfudz., Yuwono, Rudy., Suryono, Hadi., & Fitriana (2012). Optimasi Pemanfaatan Energi Matahari di Jurusan Teknik Elektro Universitas Brawijaya. Jurnal EECIS, 44-48
- [11] Robiul, Ari, Ichsan., Effendy, Machmud., & Suhardi, Diding. (2017). Studi Analisa Synchronous Rectifier Buck Converter Untuk Meningkatkan Efisiensi Daya Pada Sistem Photovoltaic. KINETIK, 151-164.
- [12] Salim. (2019). Perancangan *buck converter* sebagai *charger battery controller* berbasis PWM dengan sumber photovoltaik. Universitas Borneo Tarakan, 1-45.
- [13] Safrizal. (2017). Rancangan panel surya sebagai sumber energi listrik. Jurnal DISPROTEK, 75-81.
- [14] Siddik, Deddy., & Sidabutar. (2015). Rancang bangun *buck-boost converter* pada panel surya menggunakan metode kontrol PI DAN PID berbasis *microcontroller* ATMEGA 8535. Paper and Presentation, 1-6.
- [15] Setiawan, Eko., Facta, Mochammad., & Nugroho, Agung. (2015). Penggunaan *converter* jenis *buck* dengan pemutus tegangan otomatis untuk pengisi akumulator. TRANSIENT, 51-57.
- [16] Setiono, Iman. (2015). Akumulator, Pemakaian DAN Perawatannya. METANA, 31-36.
- [17] Said, Syafaul, Faesol. (2017) Rancang bangun kontrol kecepatan motor BLDC menggunakan PID *controller* pada *wind tunnel* sebagai *prototype* pengujian turbin angin. UT-Faculty of Engineering, 31-32.
- [18] Teresna, Wayan, I., Sugiarta, Nym, I., & Suparta, Nengah, I. (2014). Pengujian *charger* modul simulasi solar *cell* untuk meyuplai *warning light*. Buletin Fisika, 30-39.
- [19] Yuwono, Sigit., Kurniawan, Ekki, & Viegas, Alvius. (2019) Desain dan implementasi unit kontrol baterai berbasis Pulse Width Modulation (PWM) untuk sistem penerangan menggunakan modul solar cell. E-Proceeding Of Engineering, 2657-2667.

PERANCANGAN DAN IMPLEMENTASI SENSOR KELEMBAPAN UNTUK MENDETEKSI HUJAN PADA RUMAH TANGGA

Fatima Az Zahra¹, Grace Aurelia Darleen²

^{1,2}Universitas Borneo Tarakan, Tarakan, Kalimantan Utara, Indonesia

¹e-mail.fatimaazzahra746@gmail.com

²e-mail.graceaureliadarleen07@gmail.com

Abstract--- Country Indonesia is a country with a tropical climate and has two weather periods, namely the dry season and the rainy season, but these two periods have designed research to have challenges in terms of complex predictions or producing and implementing simple rain detectors, PCB sensors with bells and LEDs. This prototype of a simple rain shower detection device has a PCB sensor board as a rain sensor and buzzer and LED as output. This research adopts a research & development type study method. The development stages of this research include planning, creation and evaluation. This rain detection device consists of electronic elements such as circuit board sensors, buzzers, LEDs, transistors and switches. All equipment is then tested to see whether it functions as it should. The research results show that the devices produced can work as optimally as possible even in rainy conditions. When the rain sensor detects rain, the buzzer will sound and the LED will light up. The test results show that the sound intensity The buzzer changes depending on the humidity level of the board. The conclusion is that if the circuit board gets wet with water, the buzzer sound will be very loud.

Key words--- Rain Sensor (PCB), Buzzer, Led Light, Rain Detection Sensor, Humidity Sensor Design.

Intisari---Negara Indonesia merupakan negara yang beriklim tropis dan mempunyai dua periode cuaca yakni musim kemarau dan musim penghujan, namun dua periode ini merancang penelitian untuk memiliki tantangan dalam hal prediksi yang kompleks atau menghasilkan dan mengimplementasikan Alat pendeteksi hujan sederhana sensor PCB dengan Bel dan LED. prototipe alat pendeteksi Pancuran hujan sederhana ini punya papan sensor sensor pcb sebagai sensor hujan dan buzzer serta LED sebagai keluaran. penelitian ini mengadopsi cara kajian bertipe Research & perkembangan. Tahap pengembangan penelitian ini meliputi perencanaan, pembuatan, Dan evaluasi. Alat pendeteksi hujan ini terdiri dari: dari unsur elektronik seperti Sensor papan sirkuit, buzzer, LED, transistor, dan saklar. Seluruh alat kemudian diuji untuk melihat apakah berfungsi sebagaimana mestinya. hasil penelitian menunjukkan bahwa perangkat yang diproduksi untuk dapat bekerja dengan semaksimal mungkin meskipun dalam kondisi air hujan. Saat sensor hujan mendeteksi hujan maka buzzer akan berbunyi dan LED akan menyala. Hasil pengujian menunjukkan bahwa intensitas suara buzzer berubah tergantung pada tingkat kelembapan papan. kesimpulannya adalah jika papan sirkuit semakin basah terkena air maka bunyi bel akan sangat keras. tetapi jian papan pcb lembab bunyinya kescil sedangkan jika pcb kering maka bel atau sensor akan hening.

Kata Kunci--- Rain Sensor (PCB), Buzzer, Led Light, Sensor Pendeteksi Hujan, Perancangan Sensor Kelembapan.

I. PENDAHULUAN

Negara Indonesia merupakan negara dengan tropis dan mempunyai dua dua periode cuaca yakni musim kemarau dan musim penghujan pemanasan bumi, sehingga semakin sulit untuk memprediksi permulaan kedua musim tersebut [1]. Hal ini berdampak pada kegiatan sehari-hari yang memerlukan sinar matahari. Pada program studi Teknik Elektro mata kuliah mesin DC lewat mata kuliah ini Siswa mengetahui alat elektronik kegunaan dan apa fungsinya [2]. Sebagai contoh adalah alat pendeteksi hujan yang meminimalisir ketakutan masyarakat akan hujan secara tiba-tiba [3].

Bel atau buzzer adalah suatu alat elektronik yang memiliki fungsi untuk mengatur getaran perubahan listrik menjadi suara. Komponen elektronik ini berfungsi mirip dengan speaker. Lighting emitting diode merupakan salah satu komponen pada perangkat elektronik yang mengarahkan status komponen elektrik tersebut. Lighting Emitting Diode berbahan dasar semi konduktor, terdiri dari chip semikonduktor yang diolah, jika dibias maju, membentuk sambungan dan membiaskan sinar monokromatik [3]. Rangkaian pendeteksi ini sangat muda strukturnya dan terdiri dari hujan atau sensor rintik hujan sebagai komponen sensor utamanya. Sensor rintik hujan atau rain sensor merupakan sebuah alat yang dapat mendeteksi jika sedang terjadi hujan di dekat perangkat anda dan mengaktifkan sensor tersebut apabila terkena air hujan. Sensor ini tidak hanya dapat digunakan untuk mendeteksi air hujan, namun juga dapat mendeteksi ketinggian air.

Implementasi dan desain sensor hujan merupakan langkah penting untuk meningkatkan efisiensi pemantauan kondisi cuaca [4]. Sensor hujan berperan penting dalam mendeteksi dan mengukur intensitas hujan, sehingga memungkinkan penggunaan sumber daya secara optimal. Dengan mengembangkan sistem sensor yang efektif, data real-time yang akurat dapat diperoleh untuk mendukung pengambilan keputusan di berbagai bidang seperti pertanian, drainase perkotaan, dan manajemen bencana alam. Jika diterapkan digunakan. Pengolahan Sinyal: Pengolahan sinyal digital atau analog dapat diterapkan pada PCB untuk mengoptimalkan keluaran sensor. Pemahaman tentang teknik pengolahan sinyal mendukung desain yang efisien dan responsif. Dengan menggabungkan prinsip kerja sensor hujan dan elemen desain PCB, perancangan sensor hujan berbasis PCB dapat

menghasilkan perangkat yang handal, efisien, dan mudah diintegrasikan dalam berbagai aplikasi [5]. dengan hati-hati, hal ini dapat meningkatkan pemahaman tentang pola cuaca dan mengambil tindakan yang lebih tepat waktu untuk merespons perubahan kondisi curah hujan.

Nilai yang diberi Masuk ke tingkat elektrolisis air hujan dapat membuat sensor hujan dan sirkuit pendeteksi hujan. dengan papan sirkuit dan dirancang menggapai standar antara dua terminal bila terkena hujan. Sebagai indikator bahwa sensor hujan telah mendeteksi hujan, rangkaian ini memberikan sinyal keluaran berupa suara buzzer dan lampu LED [6]. Prinsip kerja alat ini adalah alat pendeteksi hujan dirakit dan dihubungkan dengan baterai, ketika saklar dalam posisi on, ketika sensor diaktifkan maka buzzer akan berbunyi dan LED akan menyala untuk mendeteksi hujan. Alat pendeteksi hujan yang dilengkapi buzzer dan LED ini diharapkan dapat membantu mendeteksi bila turun hujan dan memudahkan memprediksi kebasahan barang yang dijemur [1].

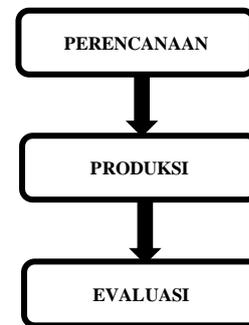
II. LANDASAN TEORI

Penemuan dan penelitian pengembangan adalah jenis penelitian yang berbeda. Penelitian perkembangan adalah proses. pengembangan dan validasi produk akademik. Penelitian dan pengembangan (R&D) terdiri dari tiga tahap: perencanaan, produksi, dan evaluasi. Metode ini digunakan untuk membuat produk baru, menguji kinerja produk yang sudah ada, dan mengembangkan dan membuat produk baru [1]. Fase perencanaan adalah saat Anda merencanakan alat yang akan Anda literatur terkait dipelajari. dalam penelitian Anda. Tahap perencanaan mencakup dua langkah: analisis dan pengimplementasian. merancang dan menerapkan sensor hujan berbasis PCB melibatkan pemahaman mendalam terhadap cara kerja sensor hujan dan teknologi PCB (Printed Circuit Board).

Cara Kerja Sensor Hujan: Sensor hujan umumnya menggunakan dua elektroda yang terpapar air hujan. Saat air menyentuh elektroda, terjadi perubahan resistansi atau kapasitansi yang dapat diukur untuk menentukan intensitas hujan. Sensor hujan berbasis PCB dapat mengandalkan konfigurasi sirkuit untuk mengubah perubahan tersebut menjadi sinyal yang dapat diinterpretasikan [2]. PCB Sebagai Platform Elektronik: PCB adalah platform efisien untuk merancang sirkuit elektronik. Pemilihan bahan, jejak (traces), dan desain layout PCB memiliki peran penting dalam stabilitas dan kinerja sensor. Desain PCB yang baik melibatkan pemilihan lapisan, penempatan komponen, dan jalur sirkuit yang optimal untuk menghindari interferensi dan memastikan kinerja yang konsisten. Komponen Elektronik: Komponen seperti resistor, kapasitor, dan transistor digunakan dalam sirkuit sensor hujan berbasis PCB [3].

Pemahaman tentang karakteristik elektronik dari komponen-komponen ini diperlukan untuk merancang sirkuit dengan sensitivitas yang diinginkan, Kalibrasi dan Akurasi. Proses kalibrasi sangat penting untuk memastikan akurasi pengukuran sensor hujan. Ini melibatkan penyesuaian sensitivitas sensor agar sesuai dengan kondisi lingkungan tempat sensor akan kajian literatur menyeluruh mengenai prinsip kerja sensor hujan, teknologi PCB, dan perkembangan terbaru dalam desain sensor hujan. Analisis

Kebutuhan Sistem adalah proses bidang seperti pertanian, drainase perkotaan, dan manajemen bencana alam [4]. Jika diterapkan digunakan. Pengolahan Sinyal: Pengolahan sinyal digital atau analog dapat diterapkan pada PCB untuk mengoptimalkan keluaran sensor. Pemahaman tentang teknik pengolahan sinyal mendukung desain yang efisien dan responsif. Dengan menggabungkan prinsip kerja sensor hujan dan elemen desain PCB, perancangan sensor hujan berbasis PCB dapat menghasilkan perangkat yang handal, efisien, dan mudah diintegrasikan dalam berbagai aplikasi [5].



Gambar 1. Tahap Penelitian

Untuk mengidentifikasi komponen alat yang diperlukan untuk perancangan, langkah pertama adalah melakukan analisis kebutuhan. Untuk melakukan ini, Komponen alat yang digunakan berdasarkan analisis kebutuhan adalah sensor PCB, buzzer, LED, transistor BC547, saklar, baterai, solder, dan timah. Kita kemudian memasuki tahap produksi. Pada titik ini, produk diproduksi sesuai dengan desain yang dibuat. Alat pendeteksi hujan yang digunakan dalam penelitian Anda. Tahap perencanaan mencakup dua langkah: analisis dan pengimplementasian. merancang dan menerapkan sensor hujan berbasis PCB melibatkan pemahaman mendalam terhadap cara kerja sensor hujan dan teknologi PCB (Printed Circuit Board) [6]. Cara Kerja Sensor mudah dengan sensor dibuat oleh penelitian ini. PCB yang dilengkapi dengan Terakhir, pada tahap evaluasi, produk diuji untuk mengetahui apakah berfungsi dengan baik sesuai tujuan yang ditetapkan. Pada penelitian ini, tahap evaluasi ini dilakukan dengan menguji produk secara menyeluruh. Studi dilakukan di lantai 3 Jurusan Teknik Elektro Fakultas Teknik universitas borneo tarakan pada tanggal 23 November 2023.

III. METODE PENELITIAN

Metodologi penelitian yang digunakan disini yaitu : Riset Literatur yaitu Tinjauan literatur adalah suatu bentuk penelitian yang berfokus pada studi, analisis, dan sintesis literatur dan tulisan yang ada mengenai topik atau isu tertentu. Tujuannya adalah untuk memahami, mengevaluasi, dan mensintesis informasi dari sumber literatur yang relevan seperti artikel ilmiah, buku, makalah konferensi, dan sumber lainnya. Tinjauan literatur membantu peneliti mendapatkan pemahaman yang lebih mendalam tentang kondisi pengetahuan mendalam untuk mengidentifikasi, mendokumentasikan, dan memahami kebutuhan-kebutuhan

yang harus dipenuhi oleh suatu sistem perangkat lunak atau sistem informasi.

Tujuan dari analisis kebutuhan sistem adalah untuk memastikan bahwa pengembang atau pemangku kepentingan memahami secara komprehensif apa yang diinginkan dari sistem yang akan dikembangkan. Langkah - langkah dalam analisis kebutuhan sistem melibatkan pengumpulan informasi dari berbagai pihak yang terlibat, mendefinisikan kebutuhan pengguna dan fungsional, serta mengidentifikasi batasan dan kendala sistem. Hasil dari analisis kebutuhan ini sering berupa dokumen kebutuhan sistem yang akan menjadi panduan bagi pengembang selama tahap desain, pengembangan, dan implementasi sistem.

Desain konseptual adalah tahap awal dalam produk akhir atau sistem dapat memenuhi ekspektasi pengguna pengembangan suatu sistem atau produk, di mana ide-ide dan konsep-konsep awal dirancang dan disusun. Pada level ini, fokusnya lebih pada konsep dan struktur dasar daripada detail implementasi teknis. Desain konseptual melibatkan pemikiran kreatif dan pengembangan ide-ide utama yang akan membentuk dasar dari sistem atau produk yang akan dikembangkan. Proses desain konseptual mencakup pengidentifikasian kebutuhan pengguna, pembuatan konsep-konsep dasar, serta penyusunan struktur dan hubungan antarbagian dari sistem atau produk tersebut. Ini membantu dalam merinci arsitektur dan alur kerja dasar sebelum masuk ke tahapan desain yang lebih terperinci. Desain konseptual sering melibatkan sketsa, diagram, atau model konseptual untuk menggambarkan visi keseluruhan dari apa yang akan dikembangkan.

Simulasi komponen dan sirkuit adalah proses menggunakan perangkat lunak simulasi untuk menganalisis perilaku dan performa dari komponen elektronik atau sirkuit elektronik sebelum mereka dibangun fisik. Dalam konteks ini, simulasi dapat dilakukan dengan menggunakan perangkat lunak seperti SPICE (Simulation Program with Integrated Circuit Emphasis) atau perangkat lunak simulasi yang sesuai dengan jenis komponen atau sirkuit yang sedang diuji. Tujuan dari simulasi komponen dan sirkuit adalah untuk memahami bagaimana suatu komponen atau sirkuit akan berperilaku di bawah kondisi tertentu tanpa harus membuatnya secara fisik. Ini membantu desainer elektronik untuk mengidentifikasi potensi masalah, mengoptimalkan kinerja, dan menghemat waktu dan biaya pengembangan.

Pembuatan Prototipe adalah tahap dalam pengembangan produk atau sistem di mana model atau versi awal dari produk atau sistem tersebut dibuat dengan tujuan untuk diuji, dievaluasi, dan diuji coba. Prototipe dirancang untuk merepresentasikan fitur dan fungsi utama dari produk atau sistem yang akan dikembangkan. Proses pembuatan prototipe memungkinkan tim pengembangan untuk mengidentifikasi potensi masalah, merinci kebutuhan dan penyimpanan informasi tertulis atau grafis yang menjelaskan suatu produk, sistem, atau proses. Dokumentasi dapat mencakup panduan pengguna, spesifikasi teknis, diagram arsitektur, atau instruksi lainnya yang membantu pemahaman, penggunaan, dan pemeliharaan suatu entitas. Publikasi adalah tindakan membuat informasi yang telah didokumentasikan menjadi tersedia untuk audiens yang lebih luas. Ini melibatkan penyebaran atau distribusi terkini dalam bidang tertentu dan mengidentifikasi kesenjangan dalam pengetahuan yang dapat diselidiki lebih lanjut.

Melakukan

pengguna, dan mengumpulkan umpan balik yang dapat digunakan untuk perbaikan desain. Prototipe dapat berupa model fisik, simulasi perangkat lunak, atau kombinasi keduanya, tergantung pada jenis produk atau sistem yang dikembangkan. Pembuatan prototipe membantu meminimalkan risiko pengembangan, meningkatkan pemahaman terhadap kebutuhan, dan memastikan bahwa produk akhir atau sistem dapat memenuhi ekspektasi pengguna.

Kalibrasi Sensor adalah proses penyesuaian atau penentuan ulang nilai keluaran suatu sensor agar sesuai dengan standar atau nilai yang diinginkan. Hal ini dilakukan untuk mengurangi atau menghilangkan kesalahan atau deviasi yang mungkin terjadi pada pembacaan sensor. Dalam konteks ini, kalibrasi memastikan bahwa sensor memberikan respons yang akurat dan konsisten terhadap kondisi atau stimulus yang diukur. Proses kalibrasi melibatkan perbandingan antara keluaran aktual sensor dengan nilai yang diketahui atau diukur secara akurat. Hasil dari kalibrasi sering kali diekspresikan dalam bentuk kurva kalibrasi atau parameter kalibrasi yang dapat digunakan untuk mengoreksi hasil pembacaan sensor dalam situasi pengukuran yang sebenarnya. Kalibrasi sensor penting untuk menjaga akurasi dan keandalan pengukuran dalam berbagai aplikasi, seperti dalam industri, lingkungan, atau penelitian ilmiah.

Implementasi lapangan merujuk pada tahap di mana suatu solusi atau sistem diterapkan atau dijalankan dalam lingkungan operasional atau keadaan nyata. Ini melibatkan penggunaan dan penerapan solusi atau sistem di tempat yang sesungguhnya, di lapangan, yang dapat mencakup berbagai konteks seperti industri, bisnis, atau lingkungan lainnya. Proses implementasi lapangan melibatkan instalasi perangkat keras dan perangkat lunak yang diperlukan, pelatihan pengguna, pengujian di lokasi, dan pemantauan kinerja awal. Langkah-langkah ini bertujuan untuk memastikan bahwa solusi atau sistem berfungsi seperti yang diharapkan dan dapat diintegrasikan dengan baik dalam situasi sehari-hari. Implementasi lapangan juga melibatkan manajemen perubahan, di mana organisasi atau individu harus beradaptasi dengan solusi atau sistem baru. Kesuksesan implementasi lapangan sering tergantung pada persiapan yang matang, koordinasi yang baik, dan dukungan yang adekuat dari pihak terkait.

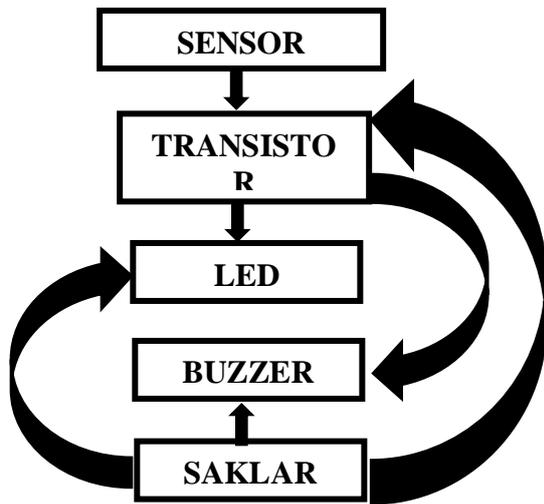
Analisis data adalah proses ekstraksi makna dari data dengan menggunakan berbagai metode untuk mengidentifikasi pola, tren, hubungan, atau informasi berharga. Langkah-langkah analisis data mencakup pengumpulan, pembersihan, transformasi, dan interpretasi data untuk membuat keputusan yang informasional atau mendukung temuan. Analisis data dapat dilakukan menggunakan berbagai teknik, terdeteksi, buzzer akan mengeluarkan bunyi alarm.

IV. HASIL DAN PEMBAHASAN

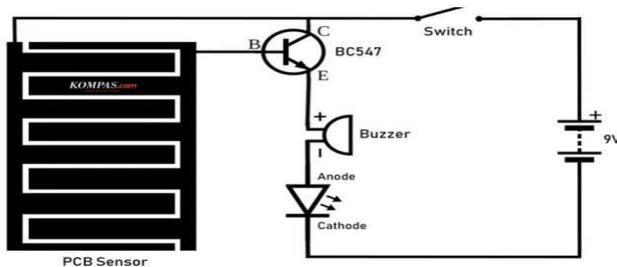
1). Perencanaan (*Planning*)

Tahap ini dimulai dengan analisis kebutuhan dengan meninjau teratur dan mengumpulkan informasi tentang penelitian yang relevan. Pengembangan alat prediksi hujan ini Nurliwati dkk(2019) dengan judul “Rancang Bangun aplikasi andriod pengingat jemuran pakaian berdasarkan

cuaca untuk wilayah Semarang” dan Handaru, Afroni dan Basuki (2019) dalam penelitiannya yang berjudul “Rancang Bangun Alat Pendeteksi Hujan Otomatis Menggunakan Modul GSM Berbasis Mikrokontroler ATmega 328p”, " Rancang Bangun Prototipe Detektor Hujan Sederhana Berbasis Raindrop Sensor Menggunakan Bazer Dan Led , Fauza,Nailaa (2021). didasarkan pada beberapa penelitian terdahulu khususnya studi literatur pada pekerjaan terkait, perancangan komponen yang dibutuhkan dan produk yang akan dikembangkan. Selanjutnya kita akan melanjutkan ke perancangan dimulai dengan membuat diagram blok. Diagram blok perancangan alat pendeteksi hujan ditunjukkan pada Gambar 2.



Gambar 2. Diagram Blok Alat



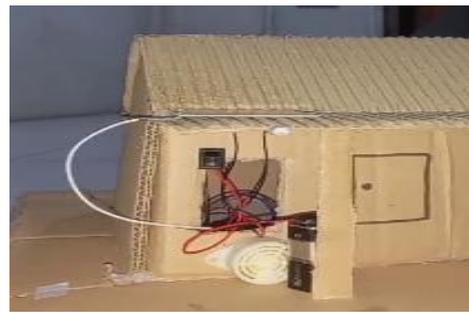
Gambar 3. Perancangan Rangkaian Alat

Gambar 2. menunjukkan rangkaian perangkat biru yang terdiri dari beberapa perangkat elektronik. Gambar 3 menunjukkan bahwa papan sensor adalah bagian utama alat; LED dan buzzer adalah keluarannya, dan jika hujan yang telah dibuat sebelumnya. Alat pendeteksi hujan dibuat melalui kegiatan produksi ini. Sebelum perangkat dibuat, setiap komponen elektronik yang digunakan, seperti Lampu led, bel, transistor, dll., telah diuji. Ini dilakukan untuk memastikan bahwa komponen elektronik yang digunakan dalam keadaan berfungsi dan beroperasi dengan baik.

2). Pembuatan (*Production*)

Dalam hal ini yang di dibuat berdasarkan desain dokumen atau informasi melalui berbagai saluran, seperti situs web, buku, artikel, atau media lainnya. Publikasi memungkinkan informasi tersebut dapat diakses oleh orang-orang yang

mebutuhkannya, mempromosikan transparansi, dan berbagi pengetahuan.



Gambar 4. Rangkaian Pendeteksi Hujan



Gambar 5. Pendeteksi Keseluruhan

Selesai melakukan pengujian disetiap alat elektronika lalu masuk pada tahap merakit atau menyatukan satu sama lain untuk membuat detektor hujan. Pertama dan terpenting, seluruh alat dihubungkan sesuai dengan alur solder dan timah. Hasilnya digambarkan pada Gambar 4. Untuk meningkatkan kedap air dan tampilan, komponen-komponen yang komponen yang telah terhubung lalu dirakit atau disatukan dirumah yang telah dibuat di dalam case Stikeskrima, seperti yang ditunjukkan pada Gambar 5.

3). Evaluasi (*Evaluation*)

Pada tahap evaluasi ini, alat deteksi hujan diuji. bila bel atau buzzer berbunyi dan lampu led menyala, itu menunjukkan bahwa perangkat beroperasi dengan baik. Kami menggunakan botol semprot untuk membuat hujan buatan ketika pengujian alat pendetektor air hujan kami menggunakan spreya untuk meneteskan airnya ini. Tabel 1 menunjukkan data dari alat detektor keseluruhan. Pada tabel 1 dibawah ini juga kami melakukan beberapa percobaan terhadap sensor untuuk mengetahui apakah salah satu dari komponen atau rangkaian atau yang tidak terhubung atau tidak berfungsi sesuai komponennya masing masing berikut adalah tabel percobaan kami.

Tabel I
Data hasil percobaan

Jumlah semprot air	Kondisi Sensor	Penanda Parameter	
		Buzzer	Led
-	Kering	Tdk Bunyi	M
1 x	Basah	Bunyi Pelan	N
2 x	Basah	Bunyi Nyaring	N
3 x	Basah	Bunyi Nyaring	N
4 x	Basah	Bunyi Nyaring	N

Jumlah semprot air	Kondisi Sensor	Penanda Parameter	
		Buzzer	Led
Setengah Kering	Lembab	Bunyi Sangat Pelan	R

Keterangan:

M = MATI

N = NYALA

R = REDUP

Tabel 1 menunjukkan bahwa alat diuji pada $V_s +9$. dites pertama, saat saklar dihidupkan dan tidak ada air yang disemprotkan, Bel hening dan lampu mati. untuk tes kedua bel tidak berbunyi dan lampu mati dalam keadaan switch hidup lalu diberikan air pada sensor pcb ,buzer dpat berbunyi , tetapi tidak ada suara dan indikator lampu juga akan menyala.Selain itu, jika Anda menyemprot papan sensor sebanyak 2, 3, dan 4 kali saat saklar dihidupkan dari yang ke-3 hingga ke-5, bunyi bel secara bertahap akan semakin keras lalu komponen lampu akan tetap hidup.Pada tes sebelumnya, ketika saya membiarkan switch dalam keadaan hidup hingga kering tanpa menyemprotkan air ke papan, bel terus berbunyi, namun lama kelamaan menjadi lebih pelan dan berhenti berdering. Hal ini menandakan bahwa sensor rintik hujan memiliki sensitivitas yang cukup tinggi terhadap air, dibuktikan dengan adanya bunyi bip meskipun sensor dalam keadaan basah. Di bawah ini adalah gambar pengujian alat pendeteksi hujan yang ditunjukkan pada Gambar 6.



Gambar 6. Pengetesan Alat Pendeteksi Hujan

Hasil pengujian menunjukkan bahwa alat detektor hujan berbasis pcb yang menggunakan buzzer dan lampu ini beroperasi dengan baik. Setiap komponen elektronika, termasuk sensor pcb, bel, led, dengan yang terakhir.

V. KESIMPULAN

Setelah merancang, mengamati, dan menguji alat pendeteksi hujan berbasis sensor rintik hujan dengan buzzer dan LED, Anda dapat memverifikasi bahwa alat dan setiap rangkaian berfungsi dengan baik. Hasil pengujian menunjukkan bahwa intensitas suara buzzer berubah tergantung pada tingkat kelembapan papan. Dapat disimpulkan bahwa semakin basah papan sirkuit maka semakin besar intensitas bunyi buzzer. Kesimpulan dari proyek sensor hujan dengan papan LED dan buzzer dapat

diambil dari reaksi perangkat terhadap kelembapan dan keberadaan tetesan air. Papan Sensor LED dan bel memberikan peringatan visual dan suara ketika hujan terdeteksi, menjadikannya alat yang sederhana dan efektif untuk memantau kondisi hujan.

VI. SARAN

Untuk memperdalam studi literatur terkait sensor hujan PCB guna memahami perkembangan teknologi terbaru dan memastikan pemilihan sensor yang optimal dalam perancangan ini.Perlu diperhatikan dengan cermat pemilihan material PCB untuk memastikan kehandalan dan ketahanan sensor terhadap kondisi lingkungan eksternal.untuk memperjelas diagram koneksi sensor hujan PCB dengan mikrokontroler agar proses implementasi dapat diikuti dengan lebih mudah oleh pihak yang akan melakukan pengembangan berikutnya.Perlu dilakukan uji coba sensor hujan PCB dalam berbagai kondisi cuaca untuk memverifikasi kehandalan sensor dalam mendeteksi berbagai tingkat intensitas hujan.menyertakan contoh kode program atau algoritma yang digunakan pada mikrokontroler sebagai bagian dari implementasi sensor hujan PCB, sehingga dapat memberikan gambaran yang lebih lengkap.Penting untuk menggambarkan dengan jelas hasil uji kinerja sensor hujan PCB dan membandingkannya dengan standar atau parameter yang diinginkan dalam perancangan ini.untuk mengevaluasi kemungkinan pengembangan atau peningkatan sensor hujan PCB di masa depan berdasarkan temuan dalam laporan ini.Sebagai tambahan, sarankan untuk merinci sumber referensi yang digunakan guna memberikan dasar ilmiah yang kuat untuk perancangan dan implementasi sensor hujan PCB ini.

UCAPAN TERIMA KASIH

Terima kasih kepada dosen pengampuh mata kuliah mesin DC ibu Dr.Eng. Linda Sartika, S.T.,M.T dan bapak Abdul Muis Prasetya S.T.,M.T yang telah memberikan arahan ,selanjutnya terima kasih kepada semua pihak yang tidak dapat saya sebutkan satu persatu, saya ucapkan terima banyak kepada dosen dan rekan yang telah berkontribusi dalam pembuatan jurnal tentang perancangan dan implementasi sensor hujan menggunakan PCB untuk kebutuhan rumah tangga. Kerja sama dan dukungannya sangat berarti bagi kesuksesan proyek kami. Mohon maaf bila ada kesalahan kata dalam pembuatan jurnal ini.

REFERENSI

- [1] Siswanto D, Winardi S. Jemuran Pakaian Otomatis Menggunakan Sensor Hujan.Narodroid. 2015;1(2):66–73.
- [2] Implementasi Sistem Monitoring Deteksi Hujan dan Suhu Berbasis Sensor Secara Real Time. *Muhamad Yusvin Mustar, Rama Okta Wiyagi* (2017).
- [3] Prasetyo, Usang (2019) *SISTEM PENGENDALI JEMURAN PAKAIAN BERBASIS INTERNET OF THINGS*. Tugas Akhir thesis, University of Technology Yogyakarta.
- [4] Effendi, N., Ramadhani, W., & Farida, F. (2022). Perancangan Sistem Penyiraman Tanaman Otomatis Menggunakan Sensor Kelembapan Tanah Berbasis IoT. *Jurnal CoSciTech (Computer Science and Information*

Technology), 3(2), 91-98.
<https://doi.org/10.37859/coscitech.v3i2.3923v>.

- [5] Rancang Bangun Prototipe Detektor Hujan Sederhana Berbasis Raindrop Sensor Menggunakan Bazer Dan Led, Fauza, Nailaa (2021).
- [6] Implementasi Sistem Monitoring Deteksi Hujan dan Suhu Berbasis Sensor Secara Real Time *Muhamad Yusvin Mustar, Rama Okta Wiyag (2017)*