PEMBUATAN PURWARUPA DAN ANALISIS PENGGUNAAN ELEKTROLIT PADA BATERAI ALUMINIUM UDARA

(PROTOTYPE MAKING AND ANALYSIS OF ELECTROLYTE USE IN AIR ALUMINUM BATTERIES)

Muhammad Faishal Giri Mahendra
Teknik Elektro
Telkom University
Bandung, Indonesia
faishalgiri@student.telkomuniversity.ac.id

Dr. Ir. Ekki Kurniawan,M.T.
Teknik Elektro
Telkom University
Bandung, Indonesia
ekkikurniawan@telkomuniversity.ac.id

Dr. Iswahyudi Hidayat S.T, M.T.
Teknik Elektro
Telkom University
Bandung, Indonesia
iswahyudihidayat@telkomuniiversty.ac.id

Penggunaan teknologi tidak akan pernah terlepas dari kehidupan manusia, apalagi dizaman yang modern ini kemajuan teknologi terus berkembang pesat seiring berjalannya waktu. Dengan berkembangnya teknologi maka ikut berkembang pula kebutuh energinya.

Salah satu sumber energi adalah baterai, penggunaan baterai berbanding lurus dengan perkembangan teknologi, dimana semakin berkembangnya teknologi semakin besar pula penggunaan baterai. Namun baterai yang banyak digunakan saat ini masih akan menjadi limbah berbahaya dan sulit untuk didaur ulang.

Pada tugas akhir ini dibuat purwarupa baterai aluminium udara yang dapat menjadi solusi dari penggunaan baterai yang semakin masif, baterai aluminium udara dinilai lebih ramah lingkungan daripada baterai yang marak digunakan sekarang.

Kata Kunci: ***Energi, Baterai aluminium udara, Baterai.Elektrolit***

I. PENDAHULUAN

Penelitian tentang baterai menggunakan logam lain selain Lithium mulai menjadi fokus. Baterai aluminium-udara menjadi hal yang potensial sebagai sumber energi terbarukan. Baterai aluminium-udara sebagai pengganti untuk pengembangan pembangkit dan penyimpan energi listrik karena pemanfaatan udara sekitar yang dapat mengukurangi massa dan memiliki kapasitas teoritis yang tinggi.[1]

Aluminium termasuk bahan yang murah, melimpah dan logam yang ramah lingkungan karena dapat didaur ulang. Baterai aluminium-udara menghasilkan energi listrik dari proseselektrokimia. Elektroda positif (katoda) dibuat sebagai media penyalur oksigen di udara, elektroda positif (katoda) ini dinamakan katoda udara. Baterai aluminium-udara terdiri dari aluminium sebagai anoda, material karbon sebagai lapisan katoda udara (katoda) dan larutan elektrolit. Katoda udara tersusun atas material karbon berpori, *current collector* dan katalis. [1]

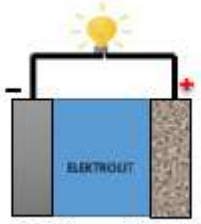
Baterai berbasis aluminium menawarkan penghematan biaya dan peningkatan keamanan yang signifikan dibandingkan baterai Li-ion.

Melihat dari potensi aluminium yang dapat digunakan sebagai bahan dasar pembuatan baterai, maka akan dibuat purwarupa dan menganalisis penggunaan elektrolit pada baterai Aluminium udara.

II. KAJIAN TEORI

Tugas akhir ini bertujuan untuk membuat purwarupa baterai aluminium udara dan menganalisis cairan elektrolit NaCl dan KOH yang lebih efektif digunakan untuk mengetahui besar arus dan tegangan yang dihasilkan dari penggunaan elektrolit tersebut. Purwarupa baterai yang dibuat dapat menghasilkan daya yang mampu difungsikan sebagai sumber energi listrik. Baterai yang akan dibuat menggunakan bahan logam aluminium (*Al*)sebagai anoda dan karbon (*C*) sebagai katoda udara. Dibuat pula suatu modul pembaca arus dan tegangan untuk mengetahui arus dan tegangan pada baterai yang dibuat.

A. Elektrokimia



Gambar 2. 1 Konsep Struktur Baterai

Elektrokimia adalah ilmu yang memiliki fokus ilmu pada perpindahan elektron yang terjadi pada penghantar listrik. Elektroda terdiri atas elektroda positif dan elektroda negatif. Dikarenakan elektroda tersebut akan dialiri oleh arus listrik sebagai sumber energi dalam proses pertukaran elektron. elektrokimia memiliki dua reaksi yaitu reduksi-oksidasi dan dipengharuhi pula oleh larutan elektrolit.[4]

Tabel 2.2 merupakan energi potensial dari reaksi reduksi dan pada **Tabel 2.2** diketahui bahwa aluminium mempunyai energi potensial sebesar –1,66V [5].

Tabel 2.2 Energi Potensial Logam[5]

Reaksi Reduksi Logam					E° (Volt)
K^+	+	e^-	→	K	− 2,92
Ba^{2+}	+	$2e^-$	→	Ba	− 2,90
Ca^{2+}	+	$2e^-$	→	Ca	− 2,87
Na^+	+	e^-	→	Na	− 2,71
Mg^{2+}	+	$2e^-$	→	Mg	− 2,37
Al^{3+}	+	$3e^-$	→	Al	− 1,66
Mn^{2+}	+	$2e^-$	→	Mn	− 1,18
$2H_2O$	+	$2e^-$	→	$H_2 + OH^-$	− 0,83
Zn^{2+}	+	$2e^-$	→	Zn	− 0,76
Cr^{3+}	+	$3e^-$	→	Cr	− 0,71
Fe^{2+}	+	$2e^-$	→	Fe	− 0,44
Cd^{2+}	+	$2e^-$	→	Cd	− 0,40
Co^{2+}	+	$2e^-$	→	Co	− 0,28
Ni^{2+}	+	$2e^-$	→	Ni	− 0,25
Sn^{2+}	+	$2e^-$	→	Sn	− 0,14

B. Sel Volta

Sel Volta merupakan sel elektrokimia yang menghasilkan energi listrik diperoleh dari reaksi secara langsung tanpa membutuhkan energi listrik.

Pada sel volta jika suatu larutan tidak dalam kondisi standar, maka hubungan antara potensial sel dengan potensial sel standar dapat dinyatakan dengan persamaan Nernst berikut ini

$$Esel = E°sel - (RT/nF)\ ln\ Q \quad (1)$$

Pada suhu 298°K (25°C), persamaan Nernst berubah sebagai berikut :

$$E\ sel = E°sel - (0{,}0257/n)\ \ln Q \quad (2)$$

$$E\ sel = E°sel - (0{,}0592/n)\ \log Q \quad (3)$$

dengan,
Esel = potensial sel keadaan tidak standar
E°sel = potensial sel keadaan standar
R = konstanta gas ideal = 8,314 J/mol.K
T = suhu mutlak (K) [dalam hal ini, kita menggunakan temperatur kamar, 25°C atau 298 K]
n = jumlah mol elektron yang terlibat dalam redoks F = konstanta Faraday = 96500 C/F
Q = rasio konsentrasi ion produk terhadap konsentrasi ion reaktan

Pada saat proses reaksi reduksi dan oksidasi berlangsung, elektron akan bergerak dari anode menuju katode, yang mengakibatkan konsentrasi ion reaktan berkurang, kebalikan dengan konsentrasi ion produk akan bertambah. Nilai Q akan meningkat, yang menandakan nilai Esel akan menurun. Pada saat reaksi mencapai kesetimbangan, aliran elektron akan terhenti. Akibatnya, Esel = 0 dan Q = K (K= konstanta kesetimbangan kimia)[6].

C. Elektrolit

Elektrolit merupakan suatu senyawa yang apabila dilarutkan dalam pelarut akan menghasilkan larutan yang dapat menghantarkan listrik. Larutan yang dapat menghantarkan arus listrik disebut senyawa elektrolit . Elektrolit dapat menghantarkan listrik disebabkan oleh adanya partikel yang bermuatan listrik yang diberi nama ion, yang dihasilkan oleh larutan elektrolit.

Kepekatan dari larutan elektrolit memiliki pengaruh pada proses penghantaran listrik pada elektrolit, jika larutan terlalu pekat ion pada larutan terlalu padat sehingga ion tidak dapat bergerak dalam larutan, sedangkan bila terlalu encer jumlah ion pada larutan sedikit sehingga tidak dapat menghantarkan listrik[7].

D. Baterai Aluminium Udara

Baterai aluminium-udara terdiri dari logam aluminium sebagai anoda, katoda udara, separator dan larutan elektrolit. Baterai alumunium- udara menghasilkan energi listrik dari reaksi elektrokimia yaitu reaksi reduksi dan oksidasi. Berikut merupakan reaksi yang terjadi pada baterai aluminium udara :

Anoda:

$$Al + 4OH^- \rightarrow Al(OH)_4 + 3e\ (-2{,}31\ V)$$

Katoda:

$$O_2 + 2H_2O + 4e^- \rightarrow 4OH^-\ (0{,}40V)$$

Reaksi Keseluruhan:

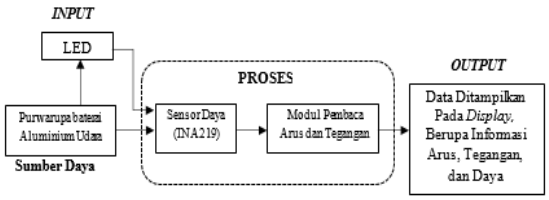
$$Al + 3O_2 + 6H_2O + 4OH^- \rightarrow 4(OH)^-\ (2{,}71\ V)$$

Oksigen dari udara dan air yang diperoleh dari elektrolit tereduksi menghasilkan produk ion OH di katoda. Ion OH^- berpindah menuju aluminium dan bereaksi menghasilkan produk reaksi $(OH)_4^-$. Saat elektron dialirkan pada penghantar terhubung beban merupakan fase pengosongan. Setelah pengosongan terjadi reaksi:

$$4(OH)_4^- \rightarrow Al(OH)_3 + OH^-$$

Produk $Al(OH)_3$ (aluminium hidroksida) merupakan endapan oksida atau korosi yang terakumulasi pada permukaan aluminium[1].

III. METODE



Gambar 3. 1 Diagram Blok Konsep Kerja Alat

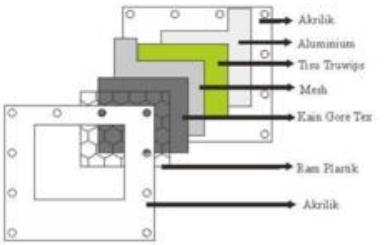
Purwarupa baterai aluminium udara dengan aluminium sebagai anoda dan karbon sebagai katoda udara sekaligus menganalisis elektrolit yang digunakan pada baterai aluminium udara. Untuk membuktikan kegunaan dari purwarupa baterai, dibuat sebuah modul pembaca arus dan tegangan

yang mampu membaca arus dan tegangan yang digunakan pada saat purwarupa baterai digunakan.

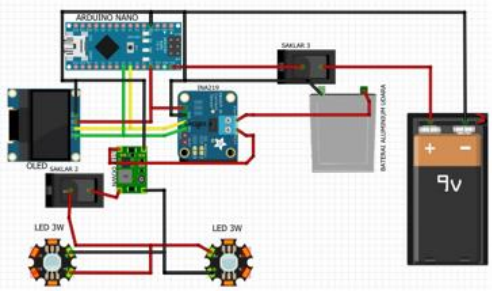
Modul pembaca arus dan tegangan dibuat menggunakan *micro processor* arduino nano dan hasil pembacaan ditampilkan melalui *Display* yang menampilkan besaran tegangan, arus, dan daya.

Gambar 3.1 merupakan diagram blok alat yang dibuat, purwarupa baterai difungsikan sebagai sumber energi bagi LED. Sensor yang sudah terintegrasi dengan arduino sebagai *micro proccessor* akan mendeteksi.

A. Desain Perangkat Keras



Gambar 3. 2 Konsep Desain Baterai[3]



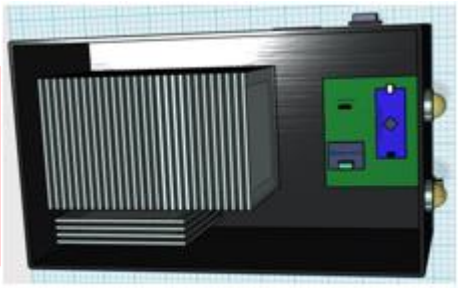
Gambar 3. 3 ***Wiring Diagram***

Gambar 3.3 merupakan *wiring diagram* dari alat yang dibuat, purwarupa baterai difungsikan sebagai sumber tegangan untuk menghidupkan lampu LED 1 watt. Baterai 9 volt difungsikan untuk mengoperasikan arduino nano, sensor INA219 sebagai pengukur arus dan tegangan, dan *OLED display* sebagai output data dari sensor yang digunakan, untuk mengoperasikan *micro processor* baterai 9 volt dihubungkan dengan pin GND dan VIN pada Arduino. supaya sensor dan *OLED* dapat bekerja pin SDA disambungkan pada pin A4 pada Arduino dan pin SCL disambungkan pada pin A5 Arduino, untuk pin

B. Bahan Pembuatan Baterai Aluminium Udara

1. Plat Aluminium 0.5 mm
2. Karbon Aktif
3. Tisu
4. Aseton
5. *Wire mess stailess steel*
6. Akrilik
7. *Styrofoam*

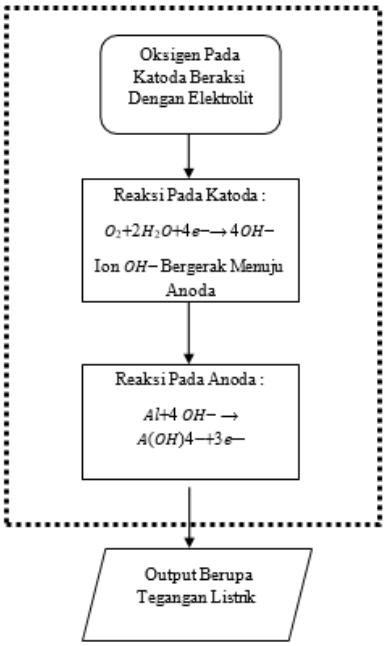
Aseton dan *Styrofoam* difungsikan sebagai bahan perekat



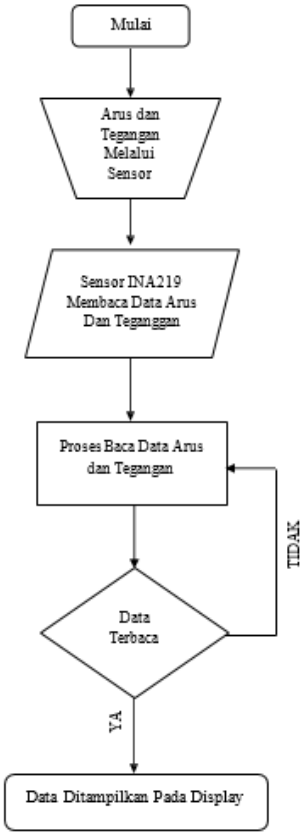
Gambar 3. 4 Desain Alat

antara karbon aktif dengan *Wire mess stailess steel*

C. *Flow chart*



Gambar 3. 15 Flow Chart Baterai Aluminium Udara



Gambar 3. 16 *Flow Chart* Alat

Gambar 3.14 merupakan *flow chart* baterai aluminium udara yang dibuat, baterai akan menghasilkan tegangan ketika terjadi reaksi reduksi dan oksidasi, oksigen yang berada pada katoda akan beraksi dengan elektrolit dan akan menghasilkan reaksi :

$$O_2+2H_2O+4e^- \rightarrow 4OH^-$$

ion $OH-$ akan bergerak menuju anoda dan akan bereaksi dengan aluminium dan menghasilkan reaksi:

$$Al+4OH^- \rightarrow (OH)4^- +3e^-$$

Tegangan yang dihasilkan digunakan untuk mengoperasikan alat yang dibuat. **Gambar 3.15** merupakan *flow chart* alat yang dibuat, sensor INA219 yang telah terintegrasi akan membaca arus dan tegangan yang digunakan. *Output* dari sensor akan ditampilkan pada display berupa informasi arus, tegangan, dan daya yang digunakan pada alat tersebut.

IV. HASIL DAN PEMBAHASAN

Hasil pengujian dari purwarupa baterai aluminium udara yang dibuat dan akan menganalisis bahan elektrolit yang digunakan. Pengujian dilakukan dengan menggunakan dua jenis bahan elektrolit yang berbeda yaitu NaCl dan KOH dan dihitung tegangan yang dihasilkan dari dua jenis bahan elektrolit terebut. Untuk mengukur arus digunakan bahan elektrolit KOH dengan beban lampu LED 20 mA . Pengujian dilakukan untuk melihat kemampuan dari jenis bahan elektrolit pada purwarupa baterai aluminium udara dalam menghasilkan tegangan dan melihat kemampuan keluaran arus purwarupa baterai Aluminium udara yang dibuat.

A. Data Tegangan Hasil Percobaan Tanpa Elektrolit

Data yang diambil menggunakan purwa rupa baterai tanpa diberikan elektrolit yang dirangkai secara seri sebanyak 1 sampai dengan 4 sel.

Tabel 1 Data Tegangan Hasil Percobaan Tanpa Elektrolit

B. Data Tegangan Hasil Percobaan Menggunakan Bahan Elektrolit NaCl

Massa Bahan Elektrolit (gr)	BESAR TEGANGAN(V)								
	3mL			5mL			7mL		
	1 sel	2 sel	3 sel	1 sel	2 sel	3 sel	1 sel	2 sel	3 sel
5	0,75	1,47	2,30	0,79	1,48	2,26	0,78	1,48	2,27
10	0,78	1,35	2,26	0,78	1,54	2,27	0,78	1,54	2,28
15	0,75	1,4	2,26	0,78	1,53	2,27	0,77	1,53	2,27
Rata-Rata	**0,76**	**1,4**	**2,27**	**0,78**	**1,51**	**2,26**	**0,77**	**1,51**	**2,27**

Data yang diambil menggunakan NaCl dengan massa yang berbeda dan dilarutkan pada 100 mL air, kemudian purwarupa baterai disambungkan secara seri sebanyak dua dan tiga sel.

Tabel 2 Data Hasil Percobaan Elektrolit NaCl

Jumlah Sel	Voltase(V)
1	0,29
2	0,42
3	0,63
4	0,8

Rata- rata tegangan(V) 1 sel dengan elektrolit 3 mL, 5 mL, 7 mL : 0.77

Rata- rata tegangan(V) 2 sel dengan elektrolit 3 mL, 5 mL, 7 mL : 1.47

Rata- rata tegangan(V) 3 sel dengan elektrolit 3 mL, 5 mL, 7 mL : 2.26

C. Data Arus Hasil Percobaan Purwarupa Baterai Aluminium Udara

Data arus yang diambil menggunakan purwarupa baterai yang dihubungkan secara seri sebanyak dua, tiga, empat, lima, dan enam sel dan secara seri paralel dua, tiga, dan empat sel. Dengan elektrolit KOH dan diberi beban lampu LED 20 mA.

Tabel 3 Data Arus Purwarupa Baterai

Rangkaian Baterai Seri(Sel)	Voltase Baterai(V)	Arus yang Didapat(mA)	Nyala LED
2	2,9	0,204	Redup
3	4,31	0,668	Terang
4	5,38	1,28	Terang
5	7	1,67	Terang
6	8,08	2,29	Terang
Rangkaian Baterai Seri Paralel (Sel)	Voltase Baterai(V)	Arus yang Didapat(mA)	Nyala LED
2	2,51	0,616	Terang
3	4,11	2,25	Terang
4	5,38	3,42	Terang

D. Data hasil pengujian Purwarupa Baterai Aluminium Udara

Data percobaan yang diambil menggunakan baterai lima sel yang disusun secara seri paralel menggunakan elektrolit KOH dan dihitung secara kontinu selama tujuh hari.

Tabel 4 Data Pengujian Purwarupa Baterai Aluminium Udara

Hari Ke-	Voltase (V)
1	6,46
2	6,34
3	5,74
4	4,6
5	2,88
6	2,54
7	2,5

E. Pengujian Sensor Arus Ina219

Untuk mendapat nilai akurasi dengan nilai dari sensor yang digunakan, penulis menggunakan persamaan :$Akurasi = 100\ \% - \%\ error$ (4)

Tabel 4 Data Pengujian Sensor

Tegangan Sensor (V)	Tegangan *Multimeter* (V)	Akurasi
3,91	4	97,75 %
4,74	4,84	97,94 %
4,91	5	98,82 %
5,40	5,5	98,82 %
5.90	6	98,34 %
6,81	7	97,29 %
7,37	7,5	98,27 %
7,90	8	98,7 %
	Rata-rata akurasi	98,24 %

Dari hasil pengujian yang dilakukan didapatkan rata-rata akurasi sebesar 98,24 %. Dengan besarnya akurasi yang didapat saat pengujian maka sensor layak digunakan.

F. Pengaruh Pemasangan modul Surya Terhadap Baterai Aluminium udara

Modul surya yang dihubungkan pada purwarupa baterai aluminium udara dihubungkan seri 3 sel dengan elektrolit NaCl, memiliki pengaruh pada volatase yang dihasil dari tegangan awal 1.02 V menjadi 4.21 V. ketika panel surya dilepas dari purwarupa baterai tegangan menjadi 3.87 V dengan lama hubung dua hari namun ketahanan tegangan hanya selama tiga hari.

4 KESIMPULAN

Berdasarkan data yang didapat, maka hasil percobaan dapat disimpulkan sebagai berikut :

1. Purwarupa baterai tanpa elektrolit menghasilkan tegangan sebesar 0,29 V untuk satu sel baterai, 0,42 V untuk dua sel, 0,63 untuk tiga sel, dan 0,8 untuk 4 sel baterai.
2. Purwarupa baterai aluminium udara menghasilkan arus 0,204 mA untuk dua sel, 0,668 mA untuk tiga sel, 1,28 mA untuk empat sel, 1,67 mA untuk lima sel, dan 2,29 mA untuk enam sel baterai yang dirangkai secara seri. Ketika dirangkai secara seri paralel didapatkan data arus sebesar 0,616 mA untuk dua sel, 2,25 mA untuk tiga sel, dan 3,42 mA untuk empat sel baterai.
3. Bahan elektrolit NaCl pada purwarupa baterai aluminium udara mampu menghasilkan tegangan rata-rata 0,77 V untuk satu sel, 1,47 V untuk dua sel, dan 2,26 V untuk tiga sel. Bahan elektrolit KOH mampu menghasilkan tegangan rata-rata 1,56 V untuk satu sel, 3,23 V untuk dua sel, dan 4,23 V untuk tiga sel.
4. Melihat dari data, perbedaan massa bahan elektrolit dan volume elektrolit yang digunakan tidak berpengaruh secara signifikan, maka bisa disimpulkan bahwa perbedaan massa bahan elektrolit tidak berpengaruh terhadap perubahan tegangan yang dihasilkan.
5. Melihat dari data, purwarupa baterai yang dibuat terus mengalami penurunan tegangan pada setiap harinya.
6. Purwarupa baterai yang dibuat tidak dapat diisi ulang atau Purwarupa baterai yang dibuat

merupakan baterai primer.

REFERENSI

[1] I. Maulana and A. Chobir, "STUDI ELEKTROKIMIA BATERAI ALUMINIUM-UDARA DENGAN SILIKA XEROGEL SEBAGAI BAHAN ELEKTRODA," 2019.

[2] P. Katsoufis, V. Mylona, C. Politis, G. Avgouropoulos, and P. Lianos, "Study of some basic operation conditions of an Al-air battery using technical grade commercial aluminum," *J Power Sources*, vol. 450, Feb. 2020, doi: 10.1016/j.jpowsour.2019.227624.

[3] L. Faridah and E. Nur, "MENINGKATKAN SUPLAY DAYA BATERAI ALUMUNIUM UDARA MENGGUNAKAN BAHAN KONDUKTIF TEROPTIMASI CAMPURAN SILIKA XEROGEL DAN TiO2 PADA KATODA UDARA."

[4] M. Ridwan *et al.*, "Sel Elektrokimia: Karakteristik dan Aplikasi," 2016.

[5] *Chemistry : the molecular nature of matter and change / Martin S. Silberberg, Patricia Amateis, Virginia Polytechnic. Silberberg, Martin S.; (McGraw-Hill, 2000).*

[6] S. Zaenab, N. Haq, E. Kurniawan, and M. Ramdhani, "ANALISIS PEMBANGKIT ELEKTRIK MENGGUNAKAN MEDIA AIR GARAM SEBAGAI LARUTAN ELEKTROLIT ANALYSIS OF POWER PLANT USING SALT WATER AS ELECTROLYTE."

[7] "H. Nuroso, S. Patonah, Pratjoyo, and S. Wiryoatmojo, Kimia Dasar. Semarang: IKIP PGRI Semarang Press, 2010.".

[8] "U. Manual, 'Arduino Nano V2.3 User Manual,' Arduino, pp. 1–5, 2008, [Online]. Available: https://www.arduino.cc/en/Main/ArduinoBoardUno."

[9] "Guide for I2C OLED Display with Arduino Random Nerd Tutorials https://randomnerdtutorials.com › guide-for-oled-display."

[10] "INA219 Zerø-Drift, Bidirectional Current/Power Monitor With I 2C Interface," 2008. [Online]. Available: www.ti.com