



URINE FOR EMERGENCY (URGENCY)

Kartika Devina Putri^{1, a)} dan Ahmad Suharjo Marinda^{2, b)} Nur Padmi Tyastuti^{3, c)}

¹SMA Negeri Sumatera Selatan

²SMA Negeri Sumatera Selatan

³SMA Negeri Sumatera Selatan

a) kartikadevina17@gmail.com

b) ahmadsuharjo932@gmail.com

c) tyastuti@smansumsel.sch.id

Abstrak. Penelitian ini bertujuan untuk mendapatkan potensi terbaik untuk elektroda serta daya dan energi yang dihasilkan oleh urine. Metode ini dikerjakan dengan cara kuantitatif pengukuran tegangan dan kualitatif terhadap performa lampu indikator. Variasi elektroda dilakukan kepada Al || Cu, Zn || Cu, serta Fe || Cu. Hasil potensial paling efektif ditunjukkan oleh pasangan elektroda Fe || Cu dengan nilai 0,7 volt dalam volume ukur urine 150 ml secara eksperimen. Pengambilan kesimpulan elektroda terbaik pada penelitian ini diambil dengan melihat perbedaan antara nilai potensial sel secara teoritis dan eksperimen. Selain itu hasil pengujian lama inap urine dikaji untuk mendapatkan spesifikasi sistem yang akan digunakan. Hasil pengujian lama inap urine menunjukkan nilai voltase dan ampere yang bisa dikalkulasikan untuk mendapatkan daya dan energi listrik dengan acuan waktu pengukuran 6 jam. Adapun energi listrik yang dihasilkan dapat dimanfaatkan untuk menghidupkan 3 buah lampu bohlam LED kecil dengan masing-masing daya 0,5 watt.

Kata kunci: baterai, elektroda, listrik, urine

URINE FOR EMERGENCY (URGENCY)

Abstract. This study aims to obtain the best potential for the electrodes and the power and energy produced by urine as the main factors in implementing a urine portable battery with urine powered toilet. The method is done by measuring the voltage quantitative and qualitative on the performance of the indicator light. Electrode variation was carried out on Al || Cu, Zn || Cu, as well as Fe || Cu. The best potential results are shown by the Fe || electrode pair Cu with a value of 0.7 volts in the urine measuring volume of 150 ml experimentally. The best electrode conclusion in this study was taken by looking at the gap between the theoretical and experimental potential value of the cell. In addition, the results of the length of urine inpatient testing were reviewed to obtain the specifications for the portable battery with urine powered toilet urine system to be used. The results of the time urine inpatient test show the value of voltage and amperage which can be calculated to obtain power and electrical energy with a

reference time of 6 hours. The electrical energy generated can be used to turn on 3 small LED bulbs with 0.5 watts each.

Keywords: *batteries, electricity, electrodes, urine*

Article Info

Received date: 5 March 2021

Revised date: 2 June 2021

Accepted date: 25 June 2021

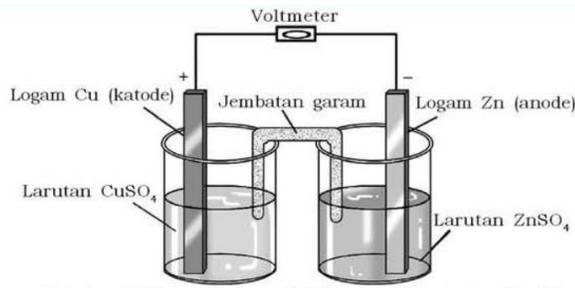
PENDAHULUAN

Indonesia merupakan negara dengan banyak potensi bencana alam. Dalam satu dekade ini, tercatat lebih dari lima macam bentuk bencana alam yang selalu terjadi secara fluktuatif (BNPB, 2020). Kerusakan ekosistem serta dampak yang ditimbulkannya merupakan preseden buruk yang menjadi faktor terjadinya bencana alam tersebut. Di media massa, fenomena bencana alam dibicarakan baik dalam tataran reportase maupun yang lebih bersifat investigasi. Ada banyak berita bencana alam di Kalimantan dan Sulawesi yang terjadi pada awal tahun 2021 ini (Utami, 2021). Bencana tersebut terjadi akibat rusaknya ekosistem atau lingkungan hidup di provinsi yang sangat kaya akan sumber daya alam baik berupa bahan mineral, batu bara, minyak bumi, dan gas alam. Sumber daya alam tersebut merupakan bagian dari sumber bahan penghasil energi listrik yang tidak bisa diperbarui atau bahan energi yang memerlukan waktu yang cukup lama untuk bisa didapatkan kembali. Selain itu, di Indonesia ada banyak limbah urine yang hanya dibuang dengan sia-sia tanpa pengolahan. Limbah urine tersebut berasal dari berbagai sumber seperti toilet perumahan, toilet restoran, toilet perusahaan, dan lainnya. Padahal, urine yang dihasilkan oleh setiap manusia normal pada setiap harinya berkisar pada jumlah 600-1600 ml (Yoshua, 2019). Angka tersebut menunjukkan kuantitas dari urine yang memiliki berbagai zat kimia yang terkandung didalamnya. Kandungan urea dalam kadar tinggi dan senyawa yang berlebih akan membuat urine tergolong dalam limbah berbahaya jika dibuang tanpa diolah. Sehingga, akan menimbulkan efek buruk jika tercampur dengan air konsumsi. Urine yang menjadi masalah dalam kasus di atas dapat diolah untuk menjadi alternatif solusi pendukung kehidupan karena sifat elektrolitnya yang memiliki sejumlah potensi. Potensi ini bergerak ke arah solusi alternatif energi listrik terbarukan yang bisa diperbarui, karena urine diproduksi setiap harinya oleh manusia. Sehingga, urine bisa menjadi alternatif energi listrik yang dapat diperbarui dengan mudah dan juga bisa digunakan sebagai alternatif energi listrik masyarakat sewaktu terjadinya bencana alam yang memiliki keterbatasan dalam ketersediaan energi listrik. Berdasarkan penjelasan diatas maka penelitian ini dilakukan untuk mendapatkan energi listrik dari urin yang nantinya dapat digunakan untuk kepentingan masyarakat luas.

TINJAUAN PUSTAKA

Sel Volta

Dalam Muhammad Ridwan Harahap (2016) sel Volta merupakan sel elektrokimia yang menghasilkan energi listrik diperoleh dari reaksi kimia yang berlangsung spontan. Beberapa literatur menyebutkan juga bahwa sel volta sama dengan sel galvani. Diperoleh oleh gabungan ilmuwan yang bernama Alexander Volta dan Luigi Galvani pada tahun 1786. bermula dari penemuan baterai yang berasal dari cairan garam. Pada sel Volta anoda adalah kutub negatif dan katoda kutub positif. Anoda dan katoda akan dicelupkan kedalam larutan elektrolit yang terhubung oleh jembatan garam. Jembatan garam memiliki fungsi sebagai pemberi suasana netral (grounding) dari kedua larutan yang menghasilkan listrik. Dikarenakan listrik yang dihasilkan harus melalui reaksi kimia yang spontan maka pemilihan dari larutan elektrolit harus mengikuti kaidah deret volta. Deret volta disusun berdasarkan daya oksidasi dan reduksi dari masing-masing logam. Berikut ini gambar rangkaian sel volta yang dapat menghasilkan arus listrik melalui reaksi redoks spontan.



Gambar 1 – Rangkaian sel volta yang dapat menghasilkan arus listrik melalui reaksi redoks spontan

Rangkaian sel volta dapat ditulis dalam bentuk notasi. Dalam menuliskan notasi sel, anoda dituliskan di sebelah kiri dan katoda di sebelah kanan yang dipisahkan oleh jembatan garam (||). Secara umum, notasi sel dapat dituliskan sebagai berikut:



Untuk menunjukkan kecenderungan reduksi, dapat menggunakan potensial reduksi standar atau lebih dikenal dengan sebutan potensial elektroda standar. Berikut gambar tabel potensial elektroda standar:

Reaksi reduksi	E°_{sel}
$\text{Li}^+(\text{aq}) + \text{e}^- \rightleftharpoons \text{Li}(\text{s})$	-3,04
$\text{Na}^+(\text{aq}) + \text{e}^- \rightleftharpoons \text{Na}(\text{s})$	-2,71
$\text{Mg}^{2+}(\text{aq}) + 2\text{e}^- \rightleftharpoons \text{Mg}(\text{s})$	-2,38
$\text{Al}^{3+}(\text{aq}) + 3\text{e}^- \rightleftharpoons \text{Al}(\text{s})$	-1,66
$2\text{H}_2\text{O}(\ell) + 2\text{e}^- \rightleftharpoons \text{H}_2(\text{g}) + 2\text{OH}^-(\text{aq})$	-0,83
$\text{Zn}^{2+}(\text{aq}) + 2\text{e}^- \rightleftharpoons \text{Zn}(\text{s})$	-0,76
$\text{Cr}^{3+}(\text{aq}) + 3\text{e}^- \rightleftharpoons \text{Cr}(\text{s})$	-0,74
$\text{Fe}^{2+}(\text{aq}) + 2\text{e}^- \rightleftharpoons \text{Fe}(\text{s})$	-0,41
$\text{Cd}^{2+}(\text{aq}) + 2\text{e}^- \rightleftharpoons \text{Cd}(\text{s})$	-0,40
$\text{Ni}^{2+}(\text{aq}) + 2\text{e}^- \rightleftharpoons \text{Ni}(\text{s})$	-0,23
$\text{Sn}^{2+}(\text{aq}) + 2\text{e}^- \rightleftharpoons \text{Sn}(\text{s})$	-0,14
$\text{Pb}^{2+}(\text{aq}) + 2\text{e}^- \rightleftharpoons \text{Pb}(\text{s})$	-0,13
$\text{Fe}^{3+}(\text{aq}) + 3\text{e}^- \rightleftharpoons \text{Fe}(\text{s})$	-0,04
$2\text{H}^+(\text{aq}) + 2\text{e}^- \rightleftharpoons \text{H}_2(\text{g})$	0,00
$\text{Sn}^{4+}(\text{aq}) + 2\text{e}^- \rightleftharpoons \text{Sn}^{2+}(\text{aq})$	0,15
$\text{Cu}^{2+}(\text{aq}) + \text{e}^- \rightleftharpoons \text{Cu}^+(\text{aq})$	0,16
$\text{Cu}^{2+}(\text{aq}) + 2\text{e}^- \rightleftharpoons \text{Cu}(\text{s})$	0,34
$\text{Cu}^+(\text{aq}) + \text{e}^- \rightleftharpoons \text{Cu}(\text{s})$	0,52
$\text{I}_2(\text{s}) + 2\text{e}^- \rightleftharpoons 2\text{I}^-(\text{aq})$	0,54
$\text{Fe}^{3+}(\text{aq}) + \text{e}^- \rightleftharpoons \text{Fe}^{2+}(\text{aq})$	0,77
$\text{Ag}^+(\text{aq}) + \text{e}^- \rightleftharpoons \text{Ag}(\text{s})$	0,80
$\text{Hg}_2^{2+}(\text{aq}) + 2\text{e}^- \rightleftharpoons \text{Hg}(\ell)$	0,85
$2\text{Hg}^+(\text{aq}) + 2\text{e}^- \rightleftharpoons \text{Hg}_2(\text{aq})$	0,90
$\text{Br}_2(\ell) + 2\text{e}^- \rightleftharpoons 2\text{Br}^-(\text{aq})$	1,07
$\text{O}_2(\text{g}) + 4\text{H}^+(\text{aq}) + 4\text{e}^- \rightleftharpoons 2\text{H}_2\text{O}(\ell)$	1,23
$\text{Cl}_2(\text{g}) + 2\text{e}^- \rightleftharpoons 2\text{Cl}^-(\text{aq})$	1,36
$\text{H}_2\text{O}_2(\text{aq}) + 2\text{H}^+(\text{aq}) + 2\text{e}^- \rightleftharpoons 2\text{H}_2\text{O}(\ell)$	1,78
$\text{S}_2\text{O}_8^{2-}(\text{aq}) + 2\text{e}^- \rightleftharpoons 2\text{SO}_4^{2-}(\text{aq})$	2,01
$\text{F}_2(\text{g}) + 2\text{e}^- \rightleftharpoons 2\text{F}^-(\text{aq})$	2,87

Gambar 2 – Potensial elektroda standar (Buku Aktif Belajar Kimia Kelas XII)

Dalam Deta, Elisabeth., dkk. (2009), untuk mendapatkan elektroda terbaik, bisa ditentukan dengan melihat E°_{sel} dari 2 reaksi antara sel katode dan sel anode. E° (potensial reduksi standar) semakin positif maka semakin mengalami reduksi. Adapun cara penghitungan E°_{sel} adalah $E^{\circ}_{\text{sel}} = E^{\circ}_{\text{Reduksi}} - E^{\circ}_{\text{Oksidasi}}$.

Baterai

Dalam Faqihatul Ilmi (2010) baterai adalah alat listrik-kimiawi yang menyimpan energi dan mengeluarkan tenaganya dalam bentuk listrik. Sebuah baterai biasanya terdiri dari tiga komponen penting, yaitu: batang karbon sebagai anoda (kutub positif baterai), seng (Zn) sebagai katoda (kutub negatif baterai), pasta sebagai elektrolit (penghantar). Dalam Linden (2007) dan Mezei (2011) pada dasarnya baterai merupakan suatu komponen yang terdiri dari beberapa sel elektrokimia yang dapat menyimpan energi kimia, dan mengubah energi kimia tersebut menjadi energi listrik. Elektrokimia memiliki kutub positif yang juga disebut dengan katoda dan kutub negatif yang juga disebut dengan anoda. Dalam M. Suparlan, et al. pada reaksi 660, kimia ini terjadi proses perpindahan ion yang disimpan dalam baterai, perpindahan ion pada baterai inilah yang akan mengalirkan arus listrik keluar dari baterai.

Urin

Dalam Sugato Hajra dan Debshree Chowdhury (2014) urin manusia adalah salah satu zat hasil metabolisme pada manusia yang diekskresikan keluar tubuh dan mengandung air serta beberapa zat terlarut. Urin terutama terdiri dari air, urea, dan natrium klorida. Orang dewasa yang mengonsumsi sekitar 100 g protein dalam 24 jam, kemungkinan besar terdiri atas komposisi urin sebagai berikut:

- a. Air: dekat sekitar 96%
- b. Padatan: sekitar 4% (urea 2% dan metabolik lainnya produk 2%. Produk metabolisme lainnya meliputi: asam urat, kreatinin, elektrolit atau garam seperti natrium klorida, kalium klorida dan bikarbonat). Urea merupakan salah satu produk akhir dari metabolisme protein. Itu dibuat dari asam amino deaminasi di hati dan mencapai ginjal melalui sirkulasi darah (kadar urea darah normal adalah 20-40 mg / dl). Sekitar 30 gram urea diekskresikan oleh ginjal setiap hari.
- c. Asam Urat: tingkat normal asam urat dalam darah adalah 2 sampai 6 mg / dl dan sekitar 1,5 sampai 2 gram diekskresikan setiap hari air seni.
- d. Kreatinin: kreatinin adalah sisa metabolisme kreatin di otot. Badan purin, oksalat, fosfat, sulfat dan urat adalah produk metabolisme lainnya.

Elektrolit atau garam seperti natrium klorida dan kalium klorida juga diekskresikan dalam urin ke pertahankan tingkat normal dalam darah. Ini garamnya yang merupakan bagian dari makanan sehari-hari kita yang selalu diambil kelebihan dan perlu dikeluarkan agar tetap normal keseimbangan fisiologis. Berikut gambar visualisasi komposisi urin.



Gambar 3 – Komposisi kimiawi urin

Dalam Faqihatul Ilmi (201) secara kimiawi, menurut Kammen dari UC Berkeley, urin mengandung banyak ion (atom-atom bermuatan listrik), yang memungkinkan timbulnya listrik hasil reaksi kimia yang terjadi dalam baterai urin. Hasil Perbandingan Kandungan di dalam urin normal manusia, elemen volta, baterai (elemen kering), akumulator (Accu), dan zat-zat yang termasuk zat elektrolit, dapat dilihat dalam gambar tabel berikut.

Urine Normal Manusia	Elemen Volta	Baterai (elemen kering)	Akumulator (Accu)	Elektrolit
Elektrolit: ion natrium (Na) klor (Cl) kalium (K) sulfat (SO_4^{2-}) amonium (NH_4) fosfat (PO_4^{2-}), kalsium (Ca), magnesium (Mg)	Anode: Cu (lempeng tembaga) Katode: Zn (lempeng seng) Elektrolit: H_2SO_4 (asam sulfat)	Anode: batang karbon (C) Katode: lempeng seng(Zn) Elektrolit: campuran salmiak (NH_4Cl dan MnO_2) serbuk arang batu kawi berbentuk pasta	Anode : PbO_2 (timbal peroksida) warna coklat Katode: Pb (timbal berpori) warna abu-abu Elektrolit: H_2SO_4 (asam sulfat)	tipe ion: NaCl KCl MgSO_4 K_2SO_4 tipe kovalen: HCl CH_3COOH H_2SO_4

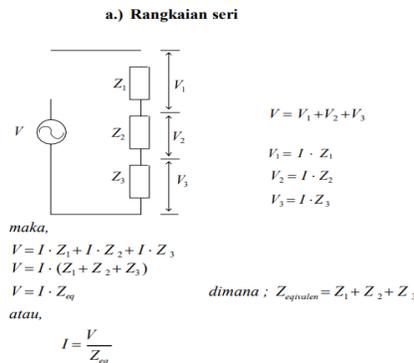
Gambar 4 – Perbandingan urin normal manusia, elemen volta, baterai (elemen kering), akumulator (Accu), dan zat-zat yang termasuk zat elektrolit. (Jurnal Pemanfaatan Urin Manusia Sebagai Sumber Energi Alternatif Pengganti Baterai)

Dari tabel kandungan di dalam urin normal manusia, elemen volta, baterai (elemen kering), akumulator (Accu), dan zat-zat yang termasuk zat elektrolit, menunjukkan bahwa ada beberapa zat atau kandungan yang sama antara kandungan di dalam urin manusia normalnya, elemen volta, baterai (elemen kering), akumulator (Accu), dan zat-zat yang termasuk zat elektrolit. Pada kolom zat elektrolit yang terkandung di dalam urin manusia normalnya adalah ion natrium (Na), klor (Cl), kalium (K), sulfat (SO_4^{2-}), Ammonia (NH_3), magnesium (Mg). Pada kolom zat elektrolit yang terkandung di dalam elemen volta adalah asam sulfat (H_2SO_4). Pada kolom zat elektrolit yang terkandung di dalam baterai (elemen kering) adalah campuran salmiak (NH_4Cl dan MnO_2). Pada kolom zat elektrolit yang terkandung di dalam akumulator (Accu) adalah asam sulfat (H_2SO_4). Zat yang termasuk dalam zat elektrolit pada kolom adalah H_2SO_4 , HCl, NaCl, KCl, MgSO_4 , K_2SO_4 , zat yang mampu menghasilkan energi listrik dan menghantarkan energi listrik.

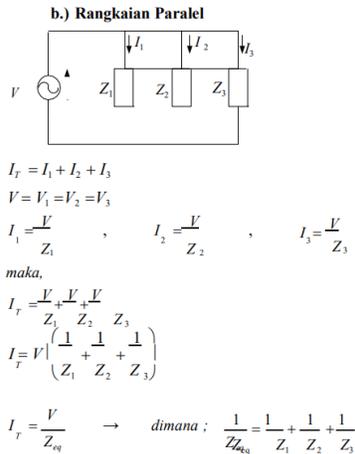
Rangkaian Seri dan Paralel

Rangkaian seri merupakan rangkaian listrik yang tidak memiliki percabangan kabel. Ketiadaan percabangan kabel pada rangkaian listrik seri mengakibatkan aliran listrik akan terputus jika salah satu ujung kabel terputus, sehingga arus tidak ada yang mengalir di dalam rangkaian dan seluruh lampu akan mati. Sedangkan rangkaian paralel merupakan rangkaian listrik yang memiliki percabangan kabel. Jika salah satu ujung kabel terputus, maka arus listrik akan tetap mengalir pada kabel lainnya yang masih terhubung dan beberapa lampu lainnya akan tetap menyala (Kemendikbud, 2015).

Dalam Asran (2014) rangkaian seri dan paralel dapat digambarkan dan dipaparkan sebagai berikut ini.



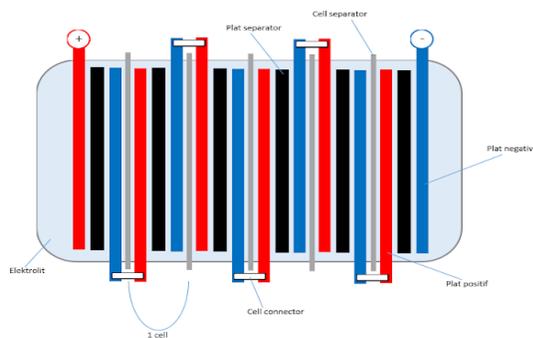
Gambar 5 – Rangkaian seri (Jurnal Rangkaian Listrik 1)



Gambar 6 – Rangkaian paralel (Jurnal Rangkaian Listrik 1)

Prinsip Kerja Aki

Prinsip kerja aki terjadi pada saat aki dipakai. Kedua elektrodanya perlahan-lahan akan menjadi timbal sulfat. Hal itu disebabkan, kedua elektrode bereaksi dengan larutan asam sulfat. Pada reaksi itu, elektrode timbal melepaskan banyak elektron. Akibatnya, terjadi aliran arus listrik dari pelat timbal dioksidanya. Setelah beberapa lama dipakai, akhirnya kedua elektrode tertutup oleh timbal sulfat. Akibatnya, diantara keduanya tidak ada lagi beda potensial. Keadaan tersebut disebut akinya soak / mati. Dalam aki terdapat elemen dan sel untuk menyimpan arus yang mengandung asam sulfat (H_2SO_4). Tiap sel berisikan pelat positif dan pelat negatif. Pada pelat positif terkandung oksida timah coklat (PbO_2), sedangkan pelat negatif mengandung timah (Pb). Pelat-pelat ditempatkan pada batang penghubung. Pemisah (separator) menjadi isolasi diantara pelat itu, dibuat agar baterai acid mudah beredar di sekeliling pelat. Bila ketiga unsur kimia ini berinteraksi, muncullah arus listrik. Berikut gambar komponen aki :



Gambar 7 – Komponen Aki

Listrik, Daya, dan Energi

Listrik adalah kondisi partikel subatomik tertentu seperti proton dan elektron yang mengakibatkan penarikan dan penolakan gaya diantaranya. Listrik merupakan energi yang sangat dibutuhkan di era sekarang. Selain itu, listrik juga memiliki hubungan dengan komponen satuan listrik lainnya.

Di dalam Kemendikbud (2015), daya dapat diartikan sebagai kelajuan melakukan usaha, atau besarnya usaha yang dilakukan persatuan waktu. Bentuk persamaannya adalah:

$$P = \frac{W}{t}$$

Dengan :

W : Usaha listrik (J)
 t : Waktu (s)
 P : Daya listrik ($J/s = \text{watt}$)

Bentuk persamaan daya listrik lainnya adalah :

$$P = V \times I$$
$$P = \frac{V^2}{R}$$
$$P = I^2 \times R$$

Dengan :

Rumus Ohm : $V = I \times R$
 V : Selisih potensial listrik (v)
 I : Kuat arus listrik (A)
 P : Daya listrik ($VA = \text{watt}$)

Sedangkan, Ahmad Wahid, dkk (2013) energi menurut Eugene C. Lister yang diterjemahkan oleh Hanapi Gunawan (1993) bahwa energi merupakan kemampuan untuk melakukan kerja, energi merupakan kerja tersimpan. Pengertian ini tidaklah jauh beda dengan ilmu fisika yaitu sebagai kemampuan melakukan usaha (Kamajaya, 1986). Hukum kekekalan energi menyatakan bahwa energi tidak dapat diciptakan dan tidak dapat pula dimusnahkan. Energi hanya dapat diubah dari suatu bentuk ke bentuk energi yang lain. Demikianlah pula energi listrik yang merupakan hasil perubahan energi mekanik (gerak) menjadi energi listrik. Keberadaan energi listrik ini dapat dimanfaatkan semaksimal mungkin. Adapun kegunaan energi listrik dalam kehidupan sehari-hari merupakan penerangan, pemanas, motor motor listrik dan lain-lain. Energi yang digunakan alat listrik merupakan laju penggunaan energi (daya) dikalikan dengan waktu selama alat tersebut digunakan. Bila daya diukur dalam watt jam, maka:

$$W = P \times t$$

Dengan:

P : Daya (watt)
 t : Waktu (jam/hour)
 W : Energi dalam watt jam (wathour = Wh)

METODOLOGI PENELITIAN

Metodologi Penelitian

Penelitian ini dimulai dari November 2020 sampai Februari 2021 di SMAN Sumatera Selatan. Metodologi penelitian yang digunakan adalah studi pustaka dan metodologi eksperimen seperti yang dilakukan oleh peneliti sebelumnya yakni D.Yulianti, dkk (2015) serta peneliti Koohi (2011) terkait pengujian urine manusia. Metodologi literature review dilakukan dengan mencari sumber referensi dari jurnal, buku, artikel dan penelitian sebelumnya. Pada bagian ini digunakan pengujian elektroda dengan acuan teori konsep sel volta pada elektroda yang digunakan. Sedangkan metodologi eksperimental dilakukan dengan pengujian urine dengan beberapa variabel yang digunakan. Variabel yang digunakan terdiri dari 3 komponen variabel yaitu variabel kontrol, variabel independen, dan variabel dependen. Variabel kontrol dalam penelitian ini adalah waktu efektif dalam produksi urin. Waktu yang digunakan adalah pagi hari, karena konsentrasi elektrolit dalam urin memiliki garam mineral yang lebih pekat. Selain itu, variabel bebasnya yaitu banyaknya volume urin pada saat pengujian. Jumlah volume urine pada waktu pengujian memiliki pengaruh terhadap hasil pengujian, terutama terhadap pengujian elektroda. Penggunaan elektroda meliputi tiga pasangan elektroda yakni Fe || Cu, Zn || Cu, dan Al || Cu. Ketiga pasangan elektroda ini digunakan dengan menyesuaikan kebutuhan pengujian dan penelitian, serta variabel terikatnya adalah potensi hasil yang akan diakumulasikan untuk mendapatkan besaran tahanan elektroda yang diimplementasikan pada baterai portable urine.

Alat dan Bahan Penelitian

Beberapa alat dan bahan yang kami butuhkan antara lain urine, aluminium, tembaga, seng, besi, penjepit buaya, kabel listrik, multimeter, kotak plastik, gunting, gelas *beaker*, korek api, solder besi, lampu (3 buah lampu LED dengan daya masing-masing 0,5 watt), resistor, kain kasa, pipa U, larutan NaCl, dan gunting besi. Semua alat dan bahan digunakan untuk eksperimen pengujian elektroda.

Pengujian Elektroda

Pemilihan elektroda dilakukan untuk mendapatkan tegangan potensial tertinggi dari bahan yang mudah ditemukan. Perhitungan tegangan potensial dapat dilakukan secara teoritis dan eksperimental. Perhitungan teoritis mengikuti persamaan berikut:

$$E^{\circ} \text{ sel} = E^{\circ} \text{ Reduksi} - E^{\circ} \text{ Oksidasi}$$

Dengan informasi:

E° Reduksi adalah sel volta yang disebut katoda (+)

E° Oksidasi adalah sel volta yang disebut anoda (-)

Kami menggunakan tabel potensial elektroda standar untuk mendapatkan nilai dari setiap elektroda yang akan dihitung dengan rumus tersebut. Nilai elektroda dalam penelitian ini adalah:

1. Tembaga (Cu) = (+) 0,34
2. Aluminium (Al) = (-) 1,66
3. Seng (Zn) = (-) 0,76
4. Besi (Fe) = (-) 0,41

Selain itu, dilakukan uji eksperimental dengan elektroda pada urin dilakukan. Pada penelitian ini dilakukan penelitian tentang elektroda dengan mengacu pada konsep sel volta. Tes ini dilakukan pada urine, sehingga urine yang diproduksi pada pagi hari bisa langsung diuji.

Langkah-langkah eksperimental meliputi:

1. Siapkan alat dan bahan percobaan di atas. (Urine ditempatkan dalam botol atau wadah lain yang sesuai). Pastikan untuk menggunakan masker dan sarung tangan
2. Potong sisi atas elektroda (Zn, Fe, Al, Cu) menggunakan pemotong besi sisakan sisi kecil untuk memegang elektroda dengan penjepit buaya
3. Gunakan 2 gelas beaker. Kemudian keadaan urine dengan volume masing-masing 150 ml
4. Buat jembatan garam dengan menggunakan pipa U (Masukkan kain kasa ke dalam larutan NaCl, lalu masukkan kain kasa ke pipa U. Usahakan jangan sampai kasa terlalu padat)
5. Letakkan jembatan garam yang telah dibuat di atas beaker glass
6. Hubungkan elektroda dengan penjepit buaya di ujung sisi elektroda yang telah disiapkan. (Gunakan satu penjepit buaya untuk 2 elektroda - tidak berpasangan)
7. Hubungkan semua penjepit buaya ke elektroda untuk menghasilkan pengukuran pada multimeter. Hubungkan ujung penjepit buaya pada tes ke ujung kabel multimeter
8. Perhatikan angka yang dihasilkan pada multimeter, lalu catat pada kertas tes. Eksperimen tak terkalahkan pada variabel pengukuran yang digunakan adalah:
 - a. 1 sel elektroda, 150 ml urine
 - b. 2 sel elektroda, 150 ml urine
 - c. 3 sel elektroda, 150 ml urine
 - d. 3 sel elektroda, 200 ml urine

HASIL DAN PEMBAHASAN

Pengujian Elektroda Secara Teoritis

Pada penelitian kali ini, untuk dapat menghasilkan daya listrik yang dihasilkan oleh urine, maka dilakukan 2 jenis pengujian elektrode terlebih dahulu sebagai media penghantar energi listrik yang dihasilkan oleh urine. Dua jenis pengujian elektrode yang dilakukan yaitu pengujian elektrode dengan teori, dan juga pengujian elektrode dengan eksperimen. Dalam pemilihan elektrode dilakukan perolehan tegangan potensial tertinggi dari bahan yang

mudah ditemukan dan dapat dijadikan konduktor listrik terbaik dalam media kelistrikan. Elektrode dalam penelitian yang dipilih adalah Fe, Cu, Zn, dan Al. Sebagai tambahan, bahan-bahan tersebut juga tidak menimbulkan reaktif yang berbahaya sewaktu dilakukan pengujian. Dalam pengujian elektrode secara teoritis, digunakan rumus $E^{\circ}sel = E^{\circ}Reduksi - E^{\circ}Oksidasi$ (A. Mujadin dan S.Rahmatia, 2018). Dengan $E^{\circ}Reduksi$ dalam penelitian adalah Cu (tembaga), karena merupakan katode. Sedangkan untuk $E^{\circ}Oksidasi$ adalah Fe (besi), Zn (seng), Al (aluminium) karena merupakan anode. Untuk nilai masing-masing elektrode yang akan dihitung dengan rumus $E^{\circ}sel$ yang dapat dilihat dari data nilai elektroda pada bagian hasil. Setelah itu, didapatkan hasil pengujian elektroda secara teoritis yang dapat dilihat pada tabel 1 Sedangkan, nilai yang berada disamping nilai potensial $E^{\circ}sel$ adalah nilai yang didapatkan dari pengujian satu sel pasangan elektrode dengan volume ukur urine 150 ml. Hasil secara detail dapat di lihat pada tabel 1 sebagai berikut:

Tabel 1 – Uji elektroda sel secara teoritis dan Hasil percobaan 1 pasangan elektroda sel dengan volume urin 150 ml

No	Pasangan Elektroda	Potensi $E^{\circ}sel$	Tegangan Ukur
1	Fe Cu	0,75 Volt	0,7 Volt
2	Zn Cu	1,1 Volt	0,37 Volt
3	Al Cu	2 Volt	0,3 Volt

Eksperimen Pengujian Elektroda

Penelitian ini juga melakukan pengujian elektrode secara eksperimen dengan mengambil konsep sel volta menggunakan jembatan garam dari kasa yang direndam pada larutan NaCl. Dalam Dogra (1990) Urutan pada deret volta, yaitu semakin ke kiri kedudukan suatu logam dalam deret volta, maka logam semakin reaktif atau semakin mudah melepas elektron dan logam merupakan reduktor yang semakin kuat atau semakin mudah mengalami oksidasi. Sebaliknya, semakin ke kanan kedudukan suatu logam dalam deret volta, logam semakin kurang reaktif atau semakin sulit melepas elektron dan logam merupakan oksidator yang semakin kuat atau semakin mudah mengalami reduksi Berdasarkan deret volta tersebut, maka dalam penelitian ini logam Cu memiliki nilai potensial lebih besar dibandingkan logam Zn, Al, dan Fe. Logam Fe memiliki nilai potensial lebih besar dibandingkan logam Zn dan logam Al memiliki nilai potensial lebih besar dibandingkan logam Zn. Logam yang memiliki potensial lebih besar digunakan sebagai elektroda positif (katoda), sedangkan logam yang memiliki potensial lebih kecil digunakan sebagai elektroda negatif (anoda) (Hendri et al., 2015). Oleh karena itu, pasangan elektroda yang terbentuk, yaitu Fe-Cu, Zn-Cu, dan Al-Cu. Pengujian ini dilakukan dengan variasi volume ukur 150 ml dan 200 ml serta variasi sel pasangan elektrode yang digunakan. Variasi dari 2 komponen ini sangat mempengaruhi hasil yang didapatkan. Sehingga disimpulkan semakin banyak sel yang digunakan maka akan semakin tinggi voltase yang dihasilkan. Selain itu juga semakin banyak volume urine yang digunakan maka akan semakin tinggi voltase yang dihasilkan. Hasil secara detail dapat di lihat pada tabel 2 sebagai berikut:

Tabel 2 Percobaan Pengujian Elektroda (Fe || Cu)

No	Pasangan Elektroda	Tegangan Ukur	Jumlah Sel	Volume Urine	Jembatan Garam
1.	Fe Cu	0,7 Volt	1 sel	150 ml	Kasa + NaCl (aq)
2.	Fe Cu	1,1 Volt	2 sel	150 ml	Kasa + NaCl (aq)
3.	Fe Cu	1,3 Volt	3 sel	150 ml	Kasa + NaCl (aq)
4.	Fe Cu	1,5 Volt	3 sel	200 ml	Kasa + NaCl (aq)

Tabel 3 Percobaan Pengujian Elektroda (Zn || Cu)

No.	Pasangan Elektroda	Tegangan Ukur	Jumlah Sel	Volume Urine	Jembatan Garam
1.	Zn Cu	0,22 Volt	1 sel	150 ml	Kasa + NaCl (aq)
2.	Zn Cu	0,35 Volt	2 sel	150 ml	Kasa + NaCl (aq)
3.	Zn Cu	0,50 Volt	3 sel	150 ml	Kasa + NaCl (aq)
4.	Zn Cu	0,56 Volt	3 sel	200 ml	Kasa + NaCl (aq)

Tabel 4 Percobaan Pengujian Elektroda (Al || Cu)

No	Pasangan Elektroda	Tegangan Ukur	Jumlah Sel	Volume Urine	Jembatan Garam
1.	Al Cu	0,13 Volt	1 sel	150 ml	Kasa + NaCl (aq)
2.	Al Cu	0,19 Volt	2 sel	150 ml	Kasa + NaCl (aq)
3.	Al Cu	0,25 Volt	3 sel	150 ml	Kasa + NaCl (aq)
4.	Al Cu	0,59 Volt	3 sel	200 ml	Kasa + NaCl (aq)

Dari pengujian elektrode secara teoritikal dan eksperimen dapat disimpulkan bahwa nilai potensial tertinggi dalam satu sampel dimiliki oleh pasangan elektrode Fe||Cu dengan voltase 0.7 volt. Hal ini menyimpulkan bahwa elektrode yang efektif dalam penelitian kali ini dimiliki oleh pasangan elektrode yang dilihat kesenjangan hasil antara hasil teoritikal perhitungan teoritikal dan pengujian secara eksperimen. Sehingga evaluasi selanjutnya akan mengambil sampel Fe||Cu, 3 sel dengan 200 ml urine dan voltase 1.5 volt.

Pengujian Daya dan Energi Urin

Setelah melakukan pengujian terhadap elektrode, penelitian dilanjutkan dengan melakukan perhitungan terhadap daya dan energi yang dihasilkan oleh urine. Pada bagian ini juga kami melihat lama inap urine untuk sistem yang akan digunakan dalam mengumpulkan urine nantinya. Perhitungan dilakukan dengan menggunakan data berikut:

Volume urine : 1 liter
 Durasi waktu : 6 jam
 Voltase : 7.5 volt
 Kuat arus : 0.04 ampere

Data yang didapatkan kemudian di kalkulasikan untuk mengukur potensi dayadan energi pada urin. Adapun perhitungan potensi daya pada urin dapat dihitung dengan rumus dan data sebagai berikut:

$$P = V \times I$$

$$P = 7,5 \text{ Volt} \times 0,04 \text{ Ampere}$$

$$P = 0,3 \text{ Watt}$$

Dengan potensi kerja urine hingga 6 jam, energi yang dapat dihasilkan dari perhitungan rumusnya adalah sebagai berikut:

$$E = P \times t$$

$$E = 0,3 \text{ Watt} \times 6 \text{ Jam}$$

$$E = 1,8 \text{ Watthour}$$

Sehingga, dengan energi listrik tersebut dapat digunakan untuk menghidupkan 3 buah lampu bohlam dengan masing-masing daya 0.5 Watt yang diimplementasikan dalam bentuk baterai urin.

KESIMPULAN

Pasangan elektroda efektif dimiliki oleh pasangan elektroda Fe || Cu dengan tegangan 1.5 volt per 3 sel dengan volume ukur urine 1 liter, serta kuat arus 0.04 ampere. Voltase ini bekerja dalam kurun waktu 6 jam. Sehingga, daya yang dihasilkan adalah 0.3 watt dan energi yang dihasilkan adalah 1.8 *watthour*. Dengan daya dan energi tersebut, dapat dimanfaatkan untuk menghidupkan 3 buah lampu bohlam LED kecil dengan daya masing-masing 0.5 watt.

DAFTAR PUSTAKA

- Badan Nasional Penanggulangan Bencana. 2020. Rencana Nasional Penanggulangan Bencana 2015-2019. <https://bnpb.go.id/documents/buku-renas-pb.pdf>. Diakses pada : 2 November 2020
- B. Koochi. 2011. Using Urine As A Source Of Energy: Feasibility Analysis. Industrial Engineering Department, University Of Tehran, Iran. Researchgate.
- D. Yulianti, dkk. 2015. Analisis Kelistrikan Sel Volta Memanfaatkan Logam Bekas. Jurusan Fisika FMIPA Universitas Lampung. Bandar Lampung 35145.
- Dogra. 1990. Kimia Fisik dan Soal-Soal. Jakarta. Universitas Indonesia
- Hendri, Yasni, Gusnedi & Ratnawulan. 2015. Pengaruh Jenis Kulit Pisang dan Variasi Waktu Fermentasi Terhadap Kelistrikan dari Sel Accu dengan Menggunakan Laru. Jakarta.
- Utami, Krisma. 2020. VIDEO: Banjir di Kalimantan Selatan, 10 Kecamatan Terendam. <https://www.liputan6.com/regional/read/4457123/video-banjir-di-kalimantan-selatan-10-kecamatan-terendam>. Diakses pada : 1 Februari 2021
- Wahid, Ahmad., dkk. 2013. Analisis Kapasitas dan Kebutuhan Daya Listrik Untuk Menghemat Penggunaan Energi Listrik di Fakultas Teknik Universitas Tanjungpura. Universitas Tanjung Pura.
- Yoshua, Andry. 2019. Jumlah dan Volume Urine yang Normal dalam Sehari. <https://www.sehatq.com/forum/jumlah-dan-volume-urine-yang-normal-dalam-sehari>. Diakses pada : 2 November 2020

PROFIL SINGKAT PENULIS

Kartika Devina Putri merupakan siswi kelahiran Jakarta pada tanggal 17 April 2005. Siswi yang kerap disapa Kartika itu mulai menekuni bidang penelitian saat duduk di bangku SMA, yang mana pada kali ini Kartika melakukan penelitian bersama dua peneliti lainnya yaitu Ahmad Suharjo Marinda, dan Nur Padi Tyastuti, S.Pd, M.T. Layaknya Kartika, Ahmad Suharjo juga merupakan siswa SMAN Sumatera Selatan. Ia lahir di Banyuasin, pada tanggal 19 Oktober 2005. Kini, Kartika dan Ahmad duduk dibangku kelas X SMA. Lain halnya dengan Kartika dan Ahmad, Nur Padi Tyastuti, S.Pd, M.T. merupakan guru di SMAN Sumatera Selatan, dimana Tyas mengajar pada mata pelajaran kimia SMA. Tyas pernah bersekolah Universitas Sriwijaya dengan menempuh pendidikan terakhir magister dengan program studi teknik kimia. Tyas yang kerap disapa Bu Tyas oleh muridnya, lahir di Palembang pada tanggal 19 April 1990. Tyas sendiri telah lama berkecimpung dalam dunia pendidikan, khususnya bidang penelitian.