

## Studi Kelistrikan dari Tanah dalam Pot Tanaman sebagai Bahan Elektrolit Sel Galvani

Ulfa Mahfudli Fadli<sup>1</sup>, Ardimas<sup>2</sup>, Abd. Basith<sup>3</sup>, Vira Rahayu<sup>4</sup>, Irasani Rahayu<sup>5</sup>

<sup>1,2,3,4,5</sup> Program Studi S1 Fisika, Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam, Universitas Billfath,  
Kompleks PP Al Fattah, Siman, Sekaran, Lamongan.

Email: ulfa.mfadli@gmail.com

**Abstract:** *The use of conventional batteries can have negative impact on the environment. Galvanic cells as natural batteries are solution by utilizing electrolytes from nature. When two conductors namely Cu and Zn are connected through an electrolyte solution it will form a galvanic cell circuit so that a potential difference arises as a result of chemical reactions from electrodes. This study will examine the performance of soil in plant pots as an electrolyte. Galvanic cell performance is done by measuring voltage and current using voltmeter and ammeter. The independent variables are the humidity and acidity, which are measured with a pH-moisture meter. The tested soil showed an acidity value of around 7. This acidity result could mean that the soil sample containing plants was in normal condition, not acidic and not alkaline. As for the value of soil moisture, which is moist, with a value between 3 to 7. The resulting current and voltage tend to increase with the increase in the value of humidity. the average voltage value is 0.635 Volts and the average current is 0.185 mA, so it can be concluded that the soil containing plants on it can be recommended as an electrolyte in galvanic cell.*

**Keywords:** *Electrolyte, Soil, Galvani, Moisture, Acidity*

**Abstrak:** Pemakaian baterai konvensional dapat berdampak buruk bagi lingkungan. Sel galvani sebagai baterai alami menjadi solusi dengan memanfaatkan elektrolit dari alam. Ketika dua konduktor yakni Cu dan Zn terhubung melalui larutan elektrolit maka akan membentuk rangkaian sel galvani sehingga beda potensial muncul sebagai akibat reaksi kimia di kedua elektrodanya. Penelitian ini akan mengkaji kinerja tanah dalam pot tumbuhan sebagai bahan elektrolit. Kinerja sel galvani dilakukan dengan mengukur tegangan dan arus menggunakan *voltmeter* dan *amperemeter*. Untuk variabel bebasnya adalah nilai kelembapan dan nilai keasaman, yang diukur dengan alat *pH-moisture meter*. Tanah yang diuji menunjukkan nilai keasaman (pH) disekitar 7. Hasil keasaman (pH) ini dapat diartikan bahwa sampel tanah yang terdapat tumbuhannya berada dalam keadaan normal, tidak asam dan tidak basa. Sedangkan untuk nilai kelembapan tanahnya yaitu bersifat lembab, dengan nilai diantara 3 sampai 7. Arus dan tegangan yang dihasilkan cenderung mengalami kenaikan terhadap kenaikan nilai kelembapan. nilai tegangan rata-rata sebesar 0,635 Volt dan arus rata-rata sebesar 0,185 mA, sehingga dapat disimpulkan bahwa tanah yang berisi tumbuhan diatasnya dapat direkomendasikan sebagai elektrolit pada sebuah sel galvani.

**Kata kunci:** Elektrolit, Tanah, Galvani, Kelembaban, Keasaman

### 1. PENDAHULUAN

Komponen penting bagi keberlangsungan hidup manusia adalah energi. Hal ini disebabkan ketersediaan energi yang sangat berpengaruh pada aktifitas manusia. Kebutuhan akan energi semakin bertambah seiring dengan adanya perkembangan teknologi. Kebutuhan energi yang berasal dari bahan bakar fosil tidak bisa diharapkan secara terus-menerus. Pasti tidak dapat bertahan untuk waktu yang lama. Penggunaan energi alternatif selain bahan bakar fosil seperti batu bara diperkirakan akan habis dalam waktu kurang dari 10 tahun, sedangkan gas bumi sekitar 30 tahun, dan batubara akan habis sekitar 50 tahun. Oleh karena itu, sumber energi alternatif baru yang dapat memenuhi kebutuhan atau menghemat penggunaan energi

sangatlah diperlukan untuk terus dikembangkan. Energi alternatif tersebut diharapkan memiliki sifat yang ramah lingkungan dan merupakan energi yang dapat diperbarui. Salah satu hal yang menjadi alasan karena sumber energi listrik yang berasal dari minyak bumi dan batu bara, tidak ramah lingkungan, menimbulkan polusi udara, dan memerlukan waktu yang lama untuk memperbaruinya. Ilmu pengetahuan tentang kelistrikan terus berkembang pesat pada masa abad 19. Alessandro Volta seorang ilmuwan yang menemukan baterai, selanjutnya penemuan bola lampu (*lightbulb*) listrik pertama oleh Thomas Alfa Edison (Agustina dkk, 2018).

Baterai sudah umum digunakan dalam kehidupan sehari-hari seperti halnya pada senter, remot, jam dinding, mainan anak, dan lain-lain. Baterai merupakan sebuah media yang dapat mengubah energi kimia yang terkandung dalam bahan aktif secara langsung menjadi energi listrik. Reaksi yang terjadi melalui reaksi reduksi dan oksidasi elektrokimia pada masing-masing elektroda. Baterai terbuat dari zink sebagai anoda, karbon sebagai katoda dan elektrolit yang berupa pasta campuran  $MnO_2$ , serbuk karbon, dan  $NH_4Cl$ . Jika energi dari baterai tersebut habis maka akan menjadi polusi dan mencemari lingkungan. Baterai termasuk limbah non-organik sehingga tidak bisa diuraikan. Limbah baterai yang ada merupakan limbah B3 (Bahan Beracun dan Berbahaya). Jika limbah tersebut tidak bisa diolah kembali dengan baik maka akan menyebabkan kerusakan lingkungan (Fadilah dkk, 2015).

Penelitian sebelumnya yang dilakukan oleh Gaikwad (2015) melaporkan sensor potensiometri pertama untuk analisis kelembaban tanah dengan membawa konsep sel Galvani di mana energi redoks Al dan konduktor polianilin dimanfaatkan untuk merancang sensor tipe baterai. Mekanisme penginderaan terbukti identik dengan pelepasan jenis baterai reaksi di mana energi redoks polianilin berubah dari konduktor ke nonkonduktor keadaan dengan pergeseran tegangan yang dihasilkan dengan adanya kelembaban tanah. Sehingga dapat memberikan sinyal output yang konsisten (penyimpangan yang kuat) yang sering ditemui dalam analisis kelembaban tanah.

Sel Volta atau Galvani merupakan sel yang dapat menghasilkan arus listrik. Arus listrik mengalir dari katoda menuju anoda. Reaksi kimia yang terjadi pada sel galvani berlangsung secara spontan. Dalam sel volta, oksidasi berarti lepasnya elektron oleh atom, molekul dan ion. Sedangkan reduksi berarti ditariknya elektron oleh partikel-partikel atom, molekul dan ion (Usman dkk, 2017).

Untuk menggerakkan muatan dari satu titik ke titik lain diperlukan beda potensial listrik antara kedua muatan. Beda potensial diukur antara dua elektroda yaitu elektroda pengukur dan elektroda pembanding. Sebagai elektroda pembanding umumnya digunakan elektroda hidrogen ( $H^+ | H_2 | Pt$ ) atau elektroda kalomel ( $Cl^- | Hg_2Cl_2(s) | Hg$ ). Beda potensial inilah yang dinyatakan sebagai daya gerak listrik (DGL). Potensial elektroda hidrogen standar diberi harga = 0 volt ( $E^\circ = 0$  volt) (Usman dkk, 2017). Penggunaan medan listrik pada logam dapat menyebabkan seluruh elektron bebas bergerak dalam metal, sejajar, dan berlawanan arah dengan arah medan listrik (Atina, 2015). Menurut Trocoli *et.al*, 2015, bahwa penelitian yang dilakukan menggunakan kombinasi tembaga dan seng mampu mendapatkan tegangan maksimal 1,73 Volt. Sistem yang diuji menunjukkan *cyclability*, *rate ability*, dan nilai energi.

Jika dua konduktor yaitu Cu dan Zn terhubung melalui larutan dengan konsentrasi pembawa muatan tidak seimbang, maka di kedua ujung konduktor tersebut akan memunculkan beda potensial. Sistem ini dikenal dengan sel volta (*cell voltaic*), yang terjadi pertukaran pembawa muatan dari elektroda ke larutan elektrolit maupun sebaliknya yaitu dari larutan elektrolit ke elektroda, menyebabkan aliran pembawa muatan (arus listrik) pada rangkaian tertutup kedua elektroda. Gaya gerak listrik dari sel merupakan hasil perubahan energi kimia melalui reaksi redoks. Energi listrik yang dihasilkan utamanya bergantung pada

jenis larutan dan elektroda, jenis material penyusunnya, maupun modifikasi dimensi elektrodanya (Fadli dkk, 2012).

Sebuah benda bermuatan positif jika benda tersebut kehilangan elektron dan bermuatan negatif jika benda tersebut kelebihan electron, sehingga menjadi berbeda muatan inilah munculnya tenaga potensial yang berada di antara benda – benda itu (David, 2014). Arus listrik adalah gerakan dari muatan-muatan pada suatu konduktor. Arus listrik dapat diukur dalam satuan *Coulomb/second* ( $Cs^{-1}$ ) atau *Ampere* (*A*), sedangkan muatan listrik diukur dalam satuan *Coulomb*. Arus Listrik juga merupakan aliran elektron-elektron dari atom ke atom yang terjadi pada sebuah penghantar dengan kecepatan dalam waktu tertentu. Penyebab timbulnya arus listrik tersebut dikarenakan adanya beda potensial pada kedua ujung penghantar yang terjadi karena mendapatkan suatu tenaga untuk mendorong elektron - elektron tersebut berpindah - pindah tempat. Kecepatan perpindahan arus listrik ini dapat disebut laju arus yang dapat ditulis dengan *I* dengan satuan ampere (Rifanti dkk, 2019).

Derajat keasaman tanah tidak sekedar menunjukkan suatu tanah asam atau basa atau alkali, tetapi juga memberikan informasi tentang sifat-sifat tanah yang lainnya. Antara lain, ketersediaan fosfor, status kation-kation basa, dan unsur racun. Kebanyakan tanah-tanah pertanian memiliki pH 4 hingga 8. Tanah yang lebih asam biasanya ditemukan pada jenis tanah gambut dan tanah yang tinggi kandungan aluminium atau belerang. Sementara tanah yang basa ditemukan pada tanah yang tinggi kapur dan tanah yang berada didaerah arid dan di kawasan pantai. Keasaman tanah merupakan suatu ukuran intensitas kemasaman, bukan ukuran total asam yang ada di tanah tersebut. Pada tanah-tanah tertentu, seperti tanah liat berat, gambut yang mampu menahan perubahan pH atau kemasaman yang lebih besar dibandingkan dengan tanah yang berpasir (Mukhlis, 2007). Kemasaman merupakan derajat ukuran konsentrasi  $H^+$  dalam suatu bahan atau larutan. Menurut Wahyono (2017) semakin besar konsentrasi suatu larutan pereaksi maka akan semakin besar pula laju reaksinya. Sehingga transfer elektron dapat lebih cepat mengelektrolisis elektrolit. Maka semakin asam suatu bahan atau larutan maka arus yang dihasilkan juga semakin besar.

## 2. METODE PENELITIAN

### 2.1. Desain Penelitian

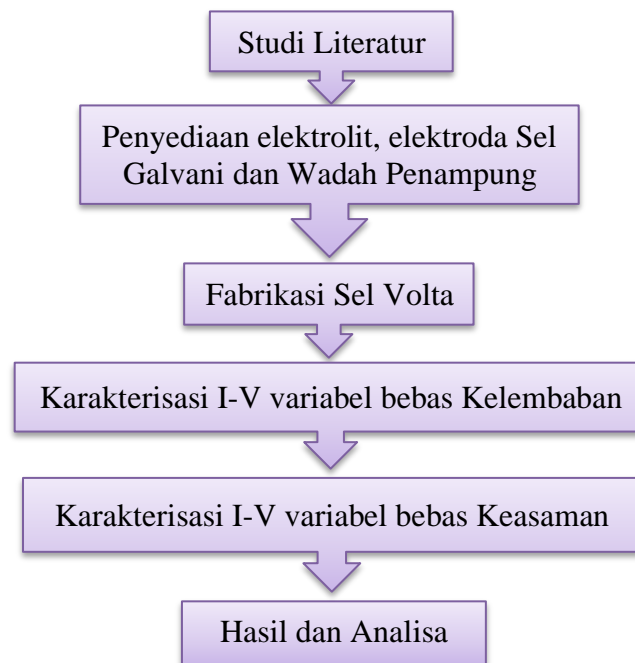
Desain yang digunakan dalam penelitian ini adalah desain sel volta dengan bahan utama menggunakan tanah yang disekitarnya ditumbuhi rumput. Sel volta adalah sejenis sel elektrokimia dimana menggunakan tiga bahan utama yaitu elektrolit, elektroda positif, dan elektroda negatif. Pada penelitian ini elektrolit yang digunakan berasal dari tanah. Elektroda positif memakai lempeng tembaga (Cu) dan elektroda negatif memakai lempeng seng (Zn).

### 2.2. Tempat dan waktu penelitian

Penelitian ini dilakukan pada tahun 2021. Desain dan uji sel volta atau galvanik pada tanah dilaksanakan di laboratorium Fisika, Prodi Fisika, Universitas Billfath, di wilayah kecamatan Sekaran, kabupaten Lamongan dalam jangka waktu 4 bulan.

### 2.3. Tahapan Penelitian

Proses uji sel volta berfokus pada elektroda dan tanah. Elektroda tembaga (Cu) dan seng (Zn) dirancang dan dibuat sesuai dengan ukuran dimensi yang telah ditentukan yaitu memotong dengan ukuran panjang 3 cm dan lebar 2 cm. Elektrolit berasal dari tanah pertanian tanpa tercampur bahan lainnya seperti sampah. Tanah selanjutnya dimasukkan ke wadah.



**Gambar 1.** Diagram Alir Penelitian

Pencucian wadah gelas penampung tanah menggunakan air bersih yang mengalir. Prosedur penyiapan elektroda sel volta dilakukan dengan terlebih dahulu semua elektroda dibersihkan menggunakan alkohol. Elektroda dipastikan sudah dimasukkan ke elektrolit agar dapat menghasilkan arus dan tegangan. Karakterisasi I-V ada dua yaitu, ketika variabel bebasnya kelembaban, dimana terdapat pengulangan pengujian sebanyak 10 kali. Begitu juga ketika variabel bebasnya memaki nilai pH (Keasaman), maka akan diulang sebanyak 10 kali uji coba. Serta evaluasi dan perbaikan untuk mendapatkan hasil yang terbaik.

#### **2.4. Metode Pengambilan Data dan Instrumen**

Data penelitian diambil sebanyak tiga kali pengulangan pada setiap sampel uji atau sel dengan alat Multimeter. Setelah didapat nilai tegangan dan arus per satu sel volta, maka langkah selanjutnya yaitu menguji pada sel galvani yang lain sebanyak 10 buah sel. Lalu dicari nilai tegangan rata-rata dan arus rata-rata. Variabel bebas pada penelitian ini adalah nilai kelembaban dan keasaman. Penelitian sel galvani dengan elektrolit tanah ini memerlukan alat dan bahan seperti pada table 1.

Voltmeter digunakan untuk mengukur nilai tegangan dan Amperemeter digunakan untuk mengukur nilai arus yang mengalir. Kabel dirangkai dengan penjepit buaya untuk dihubungkan ke sel galvani. Wadah gelas digunakan sebagai wadah elektrolit tanah dengan volume sekitar 125 mL. Alat pH-Moisturemeter digunakan untuk mengukur keasaman sekaligus kelembaban dari elektrolit tanah. Gunting kertas untuk memotong kabel, sedangkan gunting besi untuk memotong lempeng seng (Zn) maupun tembaga (Cu) yang akan digunakan sebagai elektroda. Alkohol digunakan untuk membersihkan lempeng dari kotoran yang menempel maupun debu.

**Tabel 1.** Alat dan Bahan

No.	Alat	Bahan
1	Voltmeter 1 buah	Lempeng Cu (30 cm x 30 cm)
2	Amperemeter 1 buah	Lempeng Zn (30 cm x 30 cm)
3	Kabel dan penjepit buaya 5 pasang	Alkohol 100 mL
4	Wadah gelas 5 buah	Tanah
5	pH-Moisturemeter 1 buah	
6	Gunting kertas	
7	Gunting besi	

### 2.5. Analisa Data

Data pertama adalah data pokok sebelum tanah yang diuji dibiarkan kering sekitar seminggu. Data pertama ini yang diambil adalah nilai arus dan tegangan yang dihasilkan oleh sebuah sel volta dengan elektrolit dari tanah yang sama kelembabannya. Sehingga akan didapat tanah yang menghasilkan arus dan tegangan terbesar pada kelembaban tertentu. Data kedua yang diambil adalah nilai arus dan tegangan yang dihasilkan oleh sebuah sel volta dengan elektrolit dari tanah yang berbeda kelembabannya sekaligus nilai keasamannya. Sehingga akan didapat tanah yang menghasilkan arus dan tegangan terbesar pada kelembaban dan keasaman tertentu. Sehingga akan didapat tanah yang menghasilkan arus dan tegangan terbesar pada derajat kelembaban dan keasaman tertentu.

## 3. HASIL DAN PEMBAHASAN

### 3.1. Karakterisasi Awal pada sebuah Sel Galvani

Pada penelitian tahap awal ini, bahan utama yang disediakan adalah elektroda, wadah, dan elektrolit. Elektroda menggunakan tembaga dan seng dengan ukuran  $2 \times 3$  cm, dan wadah berupa gelas kaca berukuran 125 mL. Elektrolit menggunakan tanah yang ditumbuhi tanaman ditaruh di dalam wadah sampai penuh dan elektroda ditancapkan di dalam tanah tersebut. Menurut Fadli di tahun 2012 menyatakan bahwa penggunaan elektroda dengan luasan ( $2 \times 3$ )  $\text{cm}^2$  ini dikarenakan merupakan luasan terkecil yang masih mampu menghasilkan tegangan dan arus terbesar pada sel galvani. Penggunaan luasan elektroda sebesar ini tidak mengurangi reaksi kimia antara elektroda dan elektrolit, sehingga elektron masih banyak yang dialirkan. Sesuai tujuan utama yang akan dicari dari penelitian ini yaitu menentukan nilai arus-tegangan (I-V) terbesar dari semua sampel tanah yang diambil. Pada penelitian awal ini, nilai kelembapan dan pH dianggap sama karena elektrolit tanah langsung diuji serta berasal dari tempat yang sama. Hasil penelitian awal dapat dilihat di tabel 2.

Pengukuran arus dan tegangan menggunakan multimeter manual. Data pada Tabel 2 menunjukkan bahwa tanah dilamongan menghasilkan tegangan terendah yang bernilai 0,55 Volt dan arus terendah yang bernilai 0,05 mA. Dapat dilihat juga sampel tanah lamongan mampu menghasilkan arus dan tegangan terbesar yaitu 0,35 mA dan 0,75 V. Jika semua sampel tanah diatas diasumsikan berupa limbah yang telah dibuang sehingga kemungkinan besar akan tercampur satu sama lain, maka jika diambil nilai rata-ratanya, didapatkan nilai tegangan rata-rata sebesar 0,635 Volt dan arus rata-rata sebesar 0,185 mA. Penelitian terkait tanah yang dapat menghasilkan listrik karena terdapat tumbuhan diatasnya pernah diteliti oleh beberapa orang dan dengan hasil yang berbeda-beda pula. Perbedaan ini dapat terjadi karena perbedaan jenis mineral tanah dan kandungan ion ion didalamnya (Tan, 2020). Hasil nilai arus dan tegangan (I-V) rata-rata diatas menggambarkan bahwa tanah lamongan dapat untuk direkomendasikan sebagai elektrolit pada sebuah sel galvani.

**Tabel 2.** Nilai Arus dan Tegangan Pra Uji

No.	Sampel	V (Volt)	I (mA)
1	Satu	0,55	0,05
2	Dua	0,65	0,20
3	Tiga	0,55	0,10
4	Empat	0,75	0,30
5	Lima	0,65	0,30
6	Enam	0,75	0,35
7	Tujuh	0,55	0,10
8	Delapan	0,60	0,15
9	Sembilan	0,75	0,20
10	Sepuluh	0,55	0,10

### 3.2. Karakterisasi Arus dan Tegangan ( $I$ - $V$ ) dengan variasi Kelembaban dan Keasaman

Pengujian ini bertujuan untuk mengetahui tegangan terbesar dan arus terbesar dengan variabel bebasnya adalah derajat keasaman (pH) dan kelembaban tanah. Sampel menggunakan tanah di lamongan yang cenderung basah karena pengambilan disaat musim penghujan. Tanah di taruh di dalam wadah dan didiamkan beberapa hari untuk mengurangi kelembapan yang berlebihan, namun efeknya tanah menjadi sedikit liat dan keras saat ditancapkan alat uji. Hasil pengujian dapat dilihat pada tabel 3. Pengukuran arus dan tegangan menggunakan multimeter manual, sedangkan pengukuran keasaman dan kelembaban menggunakan pH-moisturemeter.

**Tabel 3.** Nilai Arus dan Tegangan variasi Kelembaban dan Keasaman

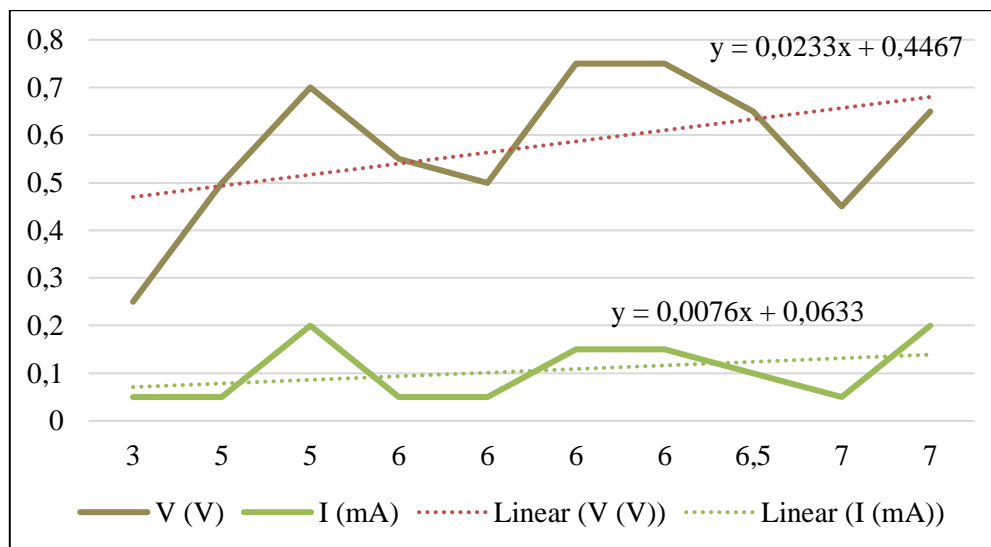
No.	Sampel	Kelembaban	pH	V (Volt)	I (mA)
1	Satu	3	7,5	0,25	0,05
2	Dua	5	7	0,50	0,05
3	Tiga	6	7,5	0,55	0,05
4	Empat	6	7,5	0,50	0,05
5	Lima	6	7,5	0,75	0,15
6	Enam	7	7	0,45	0,05
7	Tujuh	6,5	7,5	0,65	0,10
8	Delapan	5	7,5	0,70	0,20
9	Sembilan	6	7,5	0,75	0,15
10	Sepuluh	7	7	0,65	0,20

Tanah yang diuji berdasarkan tabel di atas menunjukkan bahwa tanah bersifat netral (pH disekitar 7). Hasil keasaman atau pH diatas secara umum dapat diartikan bahwa sampel yang ditumbuhi oleh tumbuhan berada dalam keadaan normal, sesuai dengan yang dikatakan Mukhlis (2007) bahwa Kadar keasaman di tanah pertanian berkisar dari pH 4 sampai pH 8. Data pH ini dapat menjadi acuan untuk menambah kesuburan dan keasaman tanah sehingga dapat meningkat nilai arus maupun tegangan dengan cara pemupukan. Menurut Schubert (2019), jika kandungan ion logam meningkat maka akan meningkatkan pula derajat keasamannya. Begitu juga yang diteliti oleh Nath di tahun 2015, dimana kandungan asam yang tinggi dalam elektrolit akan berbanding lurus kelistrikan yang dihasilkan. Semakin tinggi kandungan ion logam dalam elektrolit akan menghasilkan tegangan yang tinggi juga (Gunawan, 2019).

Sedangkan untuk kelembaban cenderung bernilai normal (lembab), yaitu bernilai diantara 3 sampai 7. Nilai 3 ke bawah menunjukkan bahwa tanah mengalami kekeringan sedangkan



nilai 7 ke atas tanah sudah dalam keadaan basah atau kandungan airnya tinggi. Arus dan tegangan yang dihasilkan cenderung mengalami kenaikan terhadap nilai kelembaban yang dapat dilihat pada gambar 2. Gambar tersebut menunjukkan bahwa untuk tegangan kenaikannya cukup signifikan dibandingkan dengan arus, dapat dilihat di nilai gradiennya, yaitu 0,0233 dan 0,0076. Gaikwad (2015) menyatakan bahwa ada hubungan antara kelembaban dengan tegangan. Keringnya elektrolit menyebabkan kontak antara elektrolit dan elektroda mengecil bahkan hilang, sehingga tidak ada reaksi kimia yang terjadi.



**Gambar 2.** Grafik Arus Tegangan dengan variasi Kelembaban.

Kenaikan nilai tegangan dan arus pada gambar 2 menunjukkan bahwa aliran elektron berjalan lebih lancar karena salah satu sifat air yaitu sebagai konduktor. Air di dalam tanah juga membuat bagian elektroda lebih banyak berinteraksi dengan ion-ion atau mineral yang terkandung dalam tanah (elektrolit) tersebut, sehingga dimungkinkan lebih banyak terjadi perpindahan elektron. Perlu pengembangan lagi dalam mendapatkan hasil tegangan dan arus yang lebih baik. Beberapa hal yang bisa dilakukan seperti memvariasi jenis tanah, memvariasi jenis tumbuhannya, atau dengan menambah pupuk agar tanah menjadi lebih subur sekaligus mempengaruhi asam.

#### 4. KESIMPULAN

Kesimpulan yang dapat diambil dari penelitian ini adalah:

- Tanah yang diuji menunjukkan bahwa tanah bersifat netral (pH disekitar 7). Hasil keasaman atau pH diartikan bahwa sampel yang ditumbuhi oleh tumbuhan berada dalam keadaan normal tidak asam dan tidak basa.
- Nilai kelembaban tanah cenderung bernilai normal (lembab), yaitu bernilai diantara 3 sampai 7. Arus dan tegangan yang dihasilkan cenderung mengalami kenaikan terhadap nilai kelembaban dari angka 3 sampai ke angka 7, yang merupakan batas bawah dan atas tanah bersifat lembab.
- Tanah lamongan dapat untuk direkomendasikan sebagai elektrolit pada sebuah sel galvani dengan nilai tegangan rata-rata sebesar 0,635 Volt dan arus rata-rata sebesar 0,185 mA.

## 5. SARAN

Saran-saran yang dapat penulis berikan antara lain:

- a. Memvariasi jenis tanah dengan mengambil sampel di tempat yang berbeda-beda namun masih dalam wilayah lamongan.
- b. Memvariasi jenis tumbuhan yang dapat di tanam dalam pot uji.
- c. Memvariasi jumlah/kadar pupuk ke tanaman dalam pot uji.

## DAFTAR PUSTAKA

- Agustina, N., Gifron, M., dan Wela, D. (2018). Pengolahan Limbah Kulit Durian dan Baterai Bekas Menjadi Salah Satu Sumber Energi Listrik yang Ramah Lingkungan. *AL-FIZIYA*, 1(1), April 2018, P-ISSN 2621-0215, E-ISSN 2621-489X.
- Atina. (2015). Tegangan Dan Kuat Arus Listrik Dari Sifat Asam Buah. *Sainmatika*, 12(2), ISSN.1829 586X: 28-42.
- David, T. M. (2014). *Miniatur Monitoring dan Pemakaian Daya Listrik Berbasis Atmega 8535 Menggunakan PC*. Universitas Sumatera Utara.
- Fadilah, S., Rahmawati, R., dan M.PKim. (2015). Pembuatan Biomaterial dari Limbah Kulit Pisang(Musa Paradisiaca). *Prosiding Simposium Nasional Inovasi dan Pembelajaran Sains 2015 (SNIPS 2015)*: 45-48.
- Fadli, U. M., Legowo, B., dan Purnama, B. (2012). Demonstrasi Sel Volta Buah Nanas (Ananas Comosus L. Merr). *Indonesian Journal of Applied Physics*, 2(2), ISSN:2089 – 0133:176-183
- Gaikwad, P., Devendrachari, M. C., Thimmappa, R., Paswan, B., Kottaichamy, A. R., Kotresh, H. M. N., Thotiyl, M. O. (2015). Galvanic Cell Type Sensor for Soil Moisture Analysis. *Analytical Chemistry 2015*, 87(7439–7445), doi: 10.1021/acs.analchem.5b01653
- Gunawan, D. S., Widodo, A., Haris, L., Suyati, S. P., Hadi, D. P., Sasongko, T. R., Suprobowati, Hermawan. (2019). Energy storage system from galvanic cell using electrolyte from a plant as an alternative renewable energy. *13th Joint Conference on Chemistry, IOP Conf. Series: Materials Science and Engineering*, 509 (012045), doi:10.1088/1757-899X/509/1/012045
- Mukhlis. (2007). Analisis Tanah Tanaman. *Medan: USU Press*.
- Nath, S., and Nath, T. K. (2015). Preparation Of Bio-Voltaic Cell From Extract Of Different Plant Part. *International Journal of Innovative Research and Review* ISSN: 2347 – 4424. Vol. 3 (1) January-March:88-93
- Rifanti, U. M., Padilah, T. N., dan Widyaningrum, I. (2019). Model Matematika Arus Listrik dengan Persamaan Diferensial Metode Koe\_sien Tak Tentu. *Jurnal Matematika Integratif*, 15(1), p-ISSN:1412-6184, e-ISSN:2549-903:1-8.
- Schubert, J., Radeke, C., Fery, A., Chanana, M. (2019). The role of pH, metal ions and their hydroxides in charge reversal of protein-coated nanoparticles. *Phys. Chem. Chem. Phys.*, 21(11011—11018), doi: 10.1039/c8cp05946b
- Tan, M. X., and Pee, M. G. Y. (2020). Electrochemistry Hands-on Activity on Fruit Battery with Cost and Design Optimization. *Journal of Laboratory Chemical Education*, 8(3): 81-89. doi: 10.5923/j.lce.20200803.02
- Trocoli, R. and Mantia, F. L. (2014). An Aqueous Zinc-Ion Battery Based on Copper



Hexacyanoferrate. *ChemSusChem (Chemistry-Sustainability-Energy-Materials)*, page: 481 – 485, doi: 10.1002/cssc.201403143

Usman, M. A., Hasbi, M., dan Sudia, B. (2017). Studi Eksperimen Penggunaan Air Garam Sebagai Sumber Energi Alternatif. *ENTHALPY-Jurnal Mahasiswa Teknik Mesin*, 2(2), Juni 2017. e-ISSN: 2502-8944: 1-6.

Wahyono, Y., Sutanto, H., dan Hidayanto, E. (2017). Produksi Gas Hydrogen Menggunakan Metode Elektrolisis Dari Elektrolit Air Dan Air Laut Dengan Penambahan Katalis NaOH. *Youngster Physics Journal*. 6(4), ISSN: 2302 – 7371: 353-359.