

IMPLEMENTASI SISTEM PEMBANGKIT LISTRIK DARI LIMBAH CAIR MESIN CUCI UNTUK MEREDUKSI PENCEMARAN LINGKUNGAN DAN MENINGKATKAN EFISIENSI DI UMKM GD LAUNDRY KEPUTIH SURABAYA

Dr. Ir. Purwadi Agus Darwito, M.Sc., Ir. Tutug Dhanardono, M.T., Ir. Heri Joestiono, M.T.,
Ir. Roekmono, M.T., Dr. Ir. Totok Soehartanto, DEA., Arief Abdurrakhman, S.T., M.T.,
Nur Laila Hamidah, S.T., M.Sc

Abstrak – Banyaknya limbah usaha laundry yang tidak dikelola dengan baik dapat mencemari lingkungan. Salah satu usaha laundry di Surabaya yang juga menjadi mitra dalam Program ini adalah UMKM GC Laundry. UMKM ini berlokasi di Keputih Surabaya. Tiap harinya laundry ini melakukan pencucian pakaian sekitar 25 kg dengan 2 mesin cuci. Berdasarkan observasi, limbah cair yang dikeluarkan sekitar 15 liter/ hari. Hal ini dapat merusak ekosistem di sekitar laundry. Pada sisi yang lain mitra juga masih belum efisien dalam penggunaan listrik yang selama ini dapat menurunkan pendapatan per bulan. Oleh sebab itu dirancang suatu sistem pembangkit listrik dengan prinsip elektrokimia dengan larutan elektrolit dari limbah cair mesin cuci. Proses perancangan dari pembangkit listrik ini sebagian sudah terselesaikan. Proses pemilihan bahan untuk proses elektrokimia adalah menggunakan tembaga dan kawat penghantar untuk menunjukkan besarnya beda potensial. Proses *assembly* dilakukan pada dua wadah yang berisi dua larutan limbah *laundry*, setelah itu dilakukan pengukuran dengan menggunakan multimeter dan diperoleh besarnya energy listrik yang dihasilkan sebesar 0,549 V. Nilai ini masih terlalu kecil. Untuk itu perlu dilakukan susunan seri dengan wadah yang lebih banyak lagi untuk menghasilkan energi listrik yang lebih besar. Pada pengujian yang telah dilakukan, dihasilkan nilai secara berurutan adalah nilai tegangan listrik yang merupakan output dari sistem ini adalah 0,3 volt pada volume 200 ml; 0,5 volt pada volume 400 ml; 0,6 volt pada volume 600 ml, dan 0,7 volt pada volume 800 ml. Publikasi dilakukan Seminar Material, Instrumntasi, Pembelajaran, Dan Aplikasinya (Semipa 2016) yang diadakan oleh Fisika FMIPA ITB, dengan judul “Studi Eksperimental Pengaruh Volume Air Limbah Laundry terhadap Sistem Penghasil Tegangan Listrik Menggunakan Metode Elektrokimia”.

Kata kunci: laundry, limbah cair, pembangkit listrik, elektrokimia

I. Pendahuluan

1.1. Latar Belakang

Saat ini jumlah Usaha Mikro Kecil dan Menengah (UMKM) jasa cuci pakaian / laundry mengalami peningkatan seiring dengan pertumbuhan penduduk di beberapa kota besar, salah satunya di Kota Surabaya. Gaya hidup masyarakat yang serba praktis membuat usaha jasa laundry ini dapat berkembang dan meningkat. Peningkatan jumlah UMKM yang bergerak di bidang jasa laundry ini turut berperan dalam membantu warga urban dan peningkatan mikro ekonomi di masyarakat, namun pada sisi yang lain terdapat sebuah permasalahan lingkungan yang masih perlu penanganan yang komprehensif dan sistematis, yaitu pengolahan limbah cair sisa mesin cuci yang dihasilkan oleh industri jasa laundry, terutama di wilayah penduduk urban seperti daerah industri dan kampus. Limbah cair yang dihasilkan oleh usaha laundry merupakan salah satu sumber

pencemaran sungai di Surabaya yang airnya digunakan sebagai 90% bahan baku oleh PDAM Surabaya (BLH Surabaya, 2016).

Salah satu UMKM laundry yang berada di wilayah kampus adalah GD Laundry di daerah Keputih Surabaya. UMKM GD Laundry menerima order sekitar 25 kg per hari yang dikerjakan dengan 2 mesin cuci berkapasitas masing-masing 7 kg dan 1 mesin pengering pakaian berkapasitas 6 kg. Berdasarkan observasi yang dilakukan, GD Laundry menghasilkan sekitar 15 liter setiap harinya, dan sampai saat ini limbah cair tersebut langsung dibuang di saluran air tanpa diolah terlebih dahulu. Kondisi ini akan mengakibatkan pencemaran lingkungan di sekitar GD Laundry. Air limbah laundry mengandung bahan kimia dengan konsentrasi yang tinggi antara lain fosfat, surfaktan, ammonia dan nitrogen serta kadar padatan terlarut, kekeruhan, BOD dan COD tinggi (Ahmad dan El-Dessouky, 2008). Bahan kimia yang menjadi masalah pencemaran pada badan air tersebut disebabkan pemakaian deterjen sebagai bahan pencuci. Deterjen digunakan karena memiliki daya cuci yang baik dan tidak terpengaruh kesadahan air, akan tetapi memiliki kandungan fosfat yang cukup tinggi karena fosfat

merupakan bahan pembentuk utama dalam deterjen (Rosariawari, 2010). Peningkatan jumlah usaha laundry jelas akan diikuti oleh peningkatan konsentrasi fosfat pada badan air. Peningkatan konsentrasi tersebut juga dapat menimbulkan terjadinya proses eutrofikasi. Eutrofikasi yang merupakan 2 pengayaan air dengan nutrisi/unsur hara yang berupa bahan anorganik yang dibutuhkan oleh tumbuhan, mengakibatkan terjadinya peningkatan produktivitas primer perairan (Effendi, 2003). Kondisi eutrofik dan kandungan COD tinggi ini akan mengakibatkan terganggunya ekosistem air, menurunnya kualitas air dan *self purification* perairan. Akibatnya GD Laundry sering menerima komplain tentang pencemaran lingkungan dari masyarakat sekitarnya. Pada sisi yang lain, GD Laundry menggunakan daya listrik sebesar 1300 watt dari PLN dan pengeluaran operasional untuk biaya listrik sekitar Rp. 700.000,- per bulan untuk operasional 2 mesin cuci, 1 pengering pakaian, dan beberapa lampu penerangan di ruangan. Biaya listrik ini menyumbang porsi yang besar dalam pengeluaran GC Laundry, sehingga pendapatan bersih GC Laundry dinilai tidak optimal.

Berdasarkan pada beberapa tinjauan diatas, maka pada kegiatan Pengabdian Masyarakat ini dirancang suatu sistem pembangkit listrik dengan sistem elektrokimia yang bahan bakunya berasal dari limbah cair mesin cuci. Kegiatan ini diharapkan dapat mengatasi 2 permasalahan sekaligus, yaitu masalah pencemaran lingkungan melalui pemanfaatan limbah cair mesin cuci dan membantu menurunkan biaya listrik melalui sistem pembangkit listrik pada GD Laundry. Konsep teknologi tepat guna yang dirancang adalah sistem elektrokimia yang memanfaatkan limbah cair yang banyak mengandung deterjen. Pada limbah deterjen tersebut terdapat senyawa-senyawa ionik. Senyawa tersebut apabila diberikan batangan logam besi dan tembaga akan menghasilkan tegangan listrik yang bisa dimanfaatkan untuk penerangan lampu ruangan di GD Laundry. Senyawa ionik dapat menghantarkan elektron-elektron menuju elektroda dan mampu menghantarkan listrik.

1.2. Perumusan Konsep dan Strategi Kegiatan

A. Konsep yang diusulkan

Untuk menyelesaikan beberapa permasalahan diatas, konsep yang ditawarkan antara lain : (1). Membuat tangki penampung limbah cair mesin cuci; (2). Membuat sistem elektrokimia dengan elektroda tembaga dan seng, serta larutannya dari limbah cair mesin cuci; (iii). Memanfaatkan tegangan listrik yang dihasilkan untuk lampu penerangan di dalam ruangan mitra.

B. Strategi Kegiatan

Pada kegiatan pengabdian kepada masyarakat ini dipilih perancangan sistem pembangkit listrik menggunakan bahan baku larutan dari limbah cair mesin cuci dengan strategi sebagai berikut:

1. Menjalin komunikasi yang efektif dan intensif kepada GD Laundry agar dihasilkan produk teknologi tepat guna yang dapat memenuhi kriteria kebutuhan UMKM tersebut. Fokus utama strategi ini adalah identifikasi masalah dan *trouble shooting* pada proses produksi dan pengolahan limbah GD Laundry.
2. Melakukan koordinasi yang terarah dan sistematis dengan anggota tim Pengabdian Masyarakat agar program ini dapat berjalan sesuai dengan target dan waktu yang telah ditentukan. Pada strategi ini dilakukan analisis terkait *problem solving* yang bisa diaplikasikan pada GD Laundry.
3. Mempersiapkan fasilitas teknis laboratorium dan workshop agar dapat menunjang pengerjaan produk teknologi tepat guna yang baik dan *compatible* untuk diaplikasikan pada GD Laundry
4. Melakukan uji performansi terhadap alat teknologi tepat guna yang telah dibuat, dan melakukan uji di laboratorium terhadap hasil produk yang dihasilkan.

1.3. Tujuan, Manfaat, dan Dampak Kegiatan yang Diharapkan

A. Tujuan Kegiatan

- Memperoleh rancangan tangki penampung limbah cair mesin cuci.
- Menghasilkan sistem elektrokimia dengan elektroda tembaga dan seng, serta larutannya dari limbah cair mesin cuci.
- Memanfaatkan tegangan listrik yang dihasilkan untuk lampu penerangan di dalam ruangan mitra.

B. Manfaat dan Dampak Kegiatan

Pengolahan limbah secara efektif akan menurunkan potensi pencemaran lingkungan sekitar mitra dan akan meningkatkan efisiensi penggunaan listrik, sehingga dapat meningkatkan daya saing mitra diantara usaha laundry yang lain.

1.4. Target Luaran

Target luaran dari kegiatan pengabdian kepada masyarakat ini adalah sebagai berikut:

1. **Inovasi Teknologi Tepat Guna** berupa aplikasi teknologi pembangkit listrik dengan prinsip elektrokimia.
2. **Makalah ilmiah** yang akan dipresentasikan di Seminar Nasional.
3. **Proposal PKM**

II. Tinjauan Pustaka

II.1. Pengertian Detergen

Detergen berbeda dengan sabun dalam kerjanya pada air sadah. Sabun membentuk senyawa tidak larut dengan ion air sadah (Ca dan Mg) yang menyebabkan endapan dan mengurangi busa dan *cleaning action*-nya. Detergen bereaksi dengan ion air sadah yang hasil produknya larut atau terdispersi secara koloid dalam air. Detergen dibagi dalam 4 kelompok utama, yaitu anionik, kationik, nonionik dan amfoterik. Kelompok terbesarnya adalah anionik yang biasanya adalah garam natrium dari sulfonat (organik sulfat).

Pengotor dapat dihilangkan melalui proses pembasahan, pengemulsian, pendispersian dan atau pelarutan noda oleh *cleaning agent*. Molekul detergen yang berkelompok dalam air dinamakan *micelles*. Bagian hidrokarbon dari molekul detergen berkelompok dengan *micelles* dinamakan hidrofobik (tidak suka air) sedangkan bagian polar berada di luar *micelles* dinamakan hidrofilik (suka air). Senyawa yang tidak dapat larut dalam air kemudian terlarut ke dalam bagian tengah *micelles* yang ditarik oleh grup hidrokarbon. Proses ini dinamakan solubilisasi.

Dewasa ini, komposisi detergen diubah ke komposisi yang lebih ramah lingkungan. Hal ini dikarenakan detergen memiliki fosfat yang menyebabkan eutrofikasi dalam air alam.

II.2. Elektrokimia

Suatu percobaan dilakukan oleh seorang ilmuwan Italia bernama Luigi Galvani. Ia melilit dua logam menjadi satu yaitu kawat besi dan kawat tembaga. Kemudian kedua ujung yang lainnya dikenakan pada kaki kodok. Kaki kodok tersebut bergerak. Peristiwa itu kemudian diberi istilah listrik hewan atau "animal electricity". Percobaan Galvani ini ternyata merupakan asal mula ditemukan sel kering. Sel merkuri, accu dan sumber tenaga listrik sejenis lainnya. Percobaan Galvani ini kemudian diteruskan oleh Alessandro Volta. Sel-sel ini pada prinsipnya mengubah energi kimia menjadi energi listrik. Karena itu, sel listrik yang dihasilkan disebut sel galvanic atau sel Volta. Sel-sel penghasil energi listrik yang sekarang berada dalam tingkat pengembangan ini akan merupakan sumber penghasil tenaga yang sangat penting di kemudian hari untuk dapat menggantikan sumberdaya energi yang tidak dapat diperbaharui.

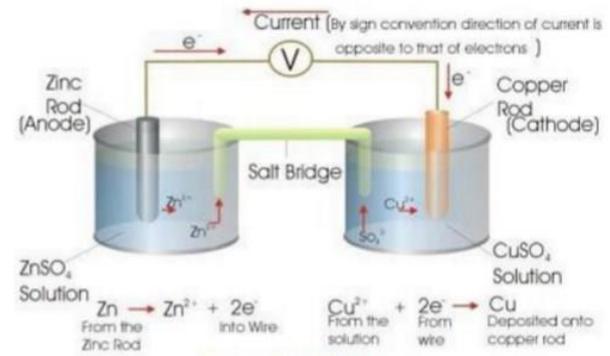
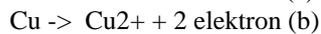
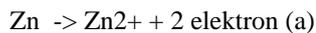


Fig. 1. Sel Elektrokimia

Sel Galvani atau sel Volta merupakan salah satu contoh dari sel yang menggunakan prinsip energi kimia diubah menjadi energi listrik. Dalam sebuah sel Galvani, suatu reaksi Oksidasi-Reduksi terjadi dalam kondisi tertentu sehingga arus listrik dapat dihasilkan dari sel tersebut. Reaktan-reaktan terpisah secara fisik untuk dapat mengontrol kecepatan dan keberadaan reaksi. Reaktan-reaktan itu berada dalam dua kompartemen, masing-masing mengandung sebuah elektroda dan suatu elektrolit. Elektroda-elektroda itu adalah konduktor listrik yang tidak bereaksi dengan larutan elektrolit yang ada dalam setiap kompartemen. Kedua elektroda itu dihubungkan dengan kawat konduktor sehingga elektron dapat mengalir dari elektroda satu ke elektroda lainnya. Ion-ion dapat berpindah dari kompartemen yang satu ke kompartemen lainnya melalui suatu elektrolit, yang mungkin mengandung ion-ion yaitu jembatan garam atau tidak mengandung ion-ion yaitu selaput semipermeabel. Apabila sebuah logam dimasukkan kedalam air, logam tersebut mempunyai kecenderungan untuk melepaskan ionnya dan secara serentak membebaskan elektronnya kepada permukaan logam. Kecenderungan ini menyebabkan perbedaan potensial antara logam dengan larutannya, dan menghasilkan tegangan yang disebut potensial elektroda logam tertentu. Ketika ionion logam itu terbentuk, terjadi pengendapan logam dari ion-ion, dan bersamaan dengan itu kesetimbangan terjadi antara logam dan larutan dan perbedaan potensial lenyap. Bila sebuah logam dimasukkan kedalam larutan yang mengandung ionnya dan kecenderungan ion untuk menjadi logam lebih besar daripada kecenderungan logam masuk kedalam larutan. Maka proses pengendapan logam akan terjadi sampai kesetimbangan antara logam dan ion terjadi. Perbedaan potensial antara logam dan larutannya pada konsentrasi 1 molar disebut potensial elektroda standar dan diberi simbol E° (Malone, 1994).

Dalam reaksi redoks antara Zn dan larutan CuSO₄, sebuah atom Zn melepaskan 2 elektronnya sedangkan ion Cu dalam tembaga sulfat menerima 2 elektron dan membentuk logam tembaga. Bila Zn dan larutan CuSO₄ dicampur, reaksi spontan terjadi dengan menghasilkan kalor. Sementara itu, apabila reaksi yang sama dilaksanakan dalam suatu sel elektrokimia maka energi listrik akan terjadi.

Gambar sel elektrokimia Kompartemen sebelah kiri terdiri dari sebatang logam Zn yang disebut elektroda dimasukkan kedalam cairan yang disebut elektrolit. Elektrolit itu dapat terjadi dari larutan garam sulfat dalam air, misalnya K_2SO_4 . kompartemen sebelah kanan dari sel terdiri dari elektroda logam Cu yang dimasukkan kedalam elektrolit $CuSO_4$. kedua larutan itu dihubungkan dengan dua cara. Elektrolit-elektrolit dihubungkan oleh sebuah jembatan, yang juga mengandung elektrolit (dalam hal ini kalium sulfat) sedangkan kawat konduktor menghubungkan kedua elektroda itu. Cara kerja sel elektrokimia itu adalah sebagai berikut : Dari teori yang telah dinyatakan di atas, Zn bila dimasukkan kedalam suatu larutan berkecenderungan untuk menjadi ionnya. Demikian pula Cu.



Percobaan menunjukkan bahwa bila susunan zat dan alat-alat dipasang seperti gambar di atas ternyata dapat diketahui dari amperemeter bahwa electron bergerak dari logam Zn ke logam Cu melalui kawat konduktor. Ini berarti bahwa Zn yang dimasukkan kedalam elektrolit berkecenderungan untuk memberikan ion Zn^{2+} kedalam larutan dan meninggalkan electronnya pada permukaan Zn. Hal ini mengganggu kesetimbangan (a) kekanan. Voltmeter Jembatan garam Zn Cu Aliran elektron Sedangkan pada kompartemen sebelah kanan, electron dari elektroda Zn tersebut mengganggu kesetimbangan (b) ke kiri sehingga Cu^{2+} menjadi logam Cu. Akibatnya larutan di kompartemen sebelah kiri menjadi bermuatan positif dan larutan di kompartemen sebelah kanan menjadi negatif. Melalui jembatan garam atau pemisah semi permeable ion SO_4^{2-} dapat bermigrasi dari kompartemen kanan ke kiri sehingga menetralkan kembali larutan. Demikian pula Zn^{2+} juga dapat bermigrasi dari kompartemen kiri ke kompartemen kanan sehingga menetralkan kembali larutan. Dengan netralnya larutan-larutan itu maka reaksi kimia dapat berlangsung terus dan listrik dapat dihasilkan secara berkesinambungan.

A. Anoda dan Katoda

Dalam elektrokimia sebagai prinsip yang harus kita pegang adalah bahwa pada anoda selalu terjadi reaksi oksidasi sedang pada katoda selalu terjadi reaksi reduksi. Dalam sel Galvani seperti yang telah diuraikan terdahulu, oksidasi terjadi dalam kompartemen Zn sedangkan reduksi terjadi pada kompartemen Cu. Zn mempunyai kecenderungan yang lebih besar menjadi Zn^{2+} sehingga elektroda Zn bermuatan negatif. Pada katoda Cu, ion Cu^{2+} berkumpul pada elektroda Cu dan tereduksi menjadi Cu. Sehingga elektroda Cu bermuatan positif. Jadi pada sel Galvani, anoda bermuatan negatif dan katoda bermuatan positif

B. Potensial Sel Dalam sel Galvani

Arus listrik terjadi sebagai hasil dari aliran electron dari elektroda negatif ke elektroda positif melalui

kawat konduktor. Gaya dari gerak electron melalui kawat konduktor tersebut disebut Gaya Gerak Listrik atau Gaya Elektromotif yang diukur dengan satuan Volt (V). Apabila Gaya Elektromotif besarnya sama dengan 1 Volt berarti bahwa gerak electron sebesar 1 Coulomb (C) dapat melakukan gaya sebesar 1 Joule (J). $V J C \text{ Volt Joule Coulomb Coulomb Joule Volt } 1 / 1 / 1 / 1 / 1 / 1 = = =$ Dari pengukuran besarnya perbedaan potensial dengan menggunakan Voltmeter pada sel Galvani yang menggunakan elektroda Zn dan Cu di atas yaitu dimana konsentrasi larutan-larutan tersebut = 1 Molar (1M) diperoleh perbedaan potensial elektroda = 1,10 Volt. Perbedaan potensial tersebut disebut potensial sel. Karena dilakukan pada suhu $25^\circ C$ dan dengan konsentrasi larutan 1M maka disebut pula dengan Potensial Sel Standar atau dinyatakan dengan symbol E_0 sel.

C. Diagram Sel Dalam sel Galvani

Reaksi-reaksi dalam dua kompartemen menghasilkan energi listrik. Reaksi yang terjadi pada setiap kompartemen disebut dengan reaksi $\frac{1}{2}$ sel. Untuk memberikan gambaran lengkap mengenai sel Galvani, beberapa informasi perlu diberikan : 1) Logam yang digunakan sebagai elektroda; 2) Keadaan larutan yang berhubungan dengan elektroda (termasuk konsentrasi ion dalam larutan); 3) $\frac{1}{2}$ sel yang mana yang anoda dan $\frac{1}{2}$ sel yang mana yang katoda; 4) Zat mana yang reaktan dan mana yang hasil reaksi. Pada anoda terdapat elektroda Zn yang mengalami oksidasi $Zn \rightarrow Zn^{2+} + 2e$ dan konsentrasi larutan = 1,00 Molar. Diagram $\frac{1}{2}$ sel ini ditulis sebagai berikut : Anoda : Zn/Zn^{2+} (1,00 M) Pada katoda terdapat elektroda Cu yang mengalami reduksi $Cu^{2+} + 2e \rightarrow Cu$ dan konsentrasi larutan = 1,00 Molar. Diagram $\frac{1}{2}$ sel ini ditulis sebagai berikut : Katoda : Cu^{2+} (1,00 M)/Cu Untuk menggambarkan sel Galvani secara lengkap digunakan sel diagram sebagai berikut : Zn/Zn^{2+} (1,00 M) \parallel Cu^{2+} (1,00 M)/Cu Anoda selalu ditulis disebelah kiri dan katoda disebelah kanan. Tanda \parallel menunjukkan jembatan garam atau selaput semi permeable.

III. Strategi dan Perencanaan Kegiatan dan Keberlanjutan

III.1. Strategi Pelaksanaan

Berdasarkan pada kondisi UMKM GD Laundry yang menjadi obyek pengabdian masyarakat, maka dirancang strategi pelaksanaan sebagaimana Gambar 2.1, dimana langkah-langkah disusun sebagai berikut:



Fig. 2. Rencana Pelaksanaan

- Menjalin komunikasi yang efektif dan intensif kepada UMKM GD Laundry agar dihasilkan produk teknologi tepat guna yang dapat memenuhi kriteria kebutuhan UMKM tersebut. Dalam strategi ini, fokus utama yang dilakukan adalah identifikasi masalah dan *trouble shooting* pada mekanisme proses pengolahan limbah cair yang dilakukan oleh UMKM.
- Melakukan koordinasi yang terarah dan sistematis dengan anggota tim Pengabdian Masyarakat agar program ini dapat berjalan sesuai dengan target dan waktu yang telah ditentukan. Pada strategi ini dilakukan analisis terkait *problem solving* yang sesuai untuk bisa diaplikasikan pada UMKM.
- Mempersiapkan fasilitas teknis laboratorium dan workshop dengan sebaik-baiknya agar dapat menunjang pengerjaan produk teknologi tepat guna yang baik dan *compatible* untuk diaplikasikan pada UMKM GD Laundry.
- Melakukan uji performasi terhadap alat teknologi tepat guna yang telah dibuat, dan melakukan uji di laboratorium terhadap hasil produk yang dihasilkan.

III.2. Mekanisme Pelaksanaan Kegiatan Pengabdian

Untuk mewujudkan sistem pengendalian suhu yang dapat menjaga temperatur pemanasan pada harga yang tepat dalam kurun waktu tertentu maka rencana kegiatan secara detail sebagai berikut:

- Persiapan, kajian pustaka, rencana pengabdian, observasi lapangan.
- Perancangan mekanisme kerja dan sistem elektrokimia.
- Perancangan sistem pemanfaatan tegangan listrik yang dihasilkan untuk lampu penerangan di dalam ruangan.
- Pembuatan desain, pemilihan bahan, perancangan *hardware* dan proses manufaktur. Berikut ini gambar desain sistem:

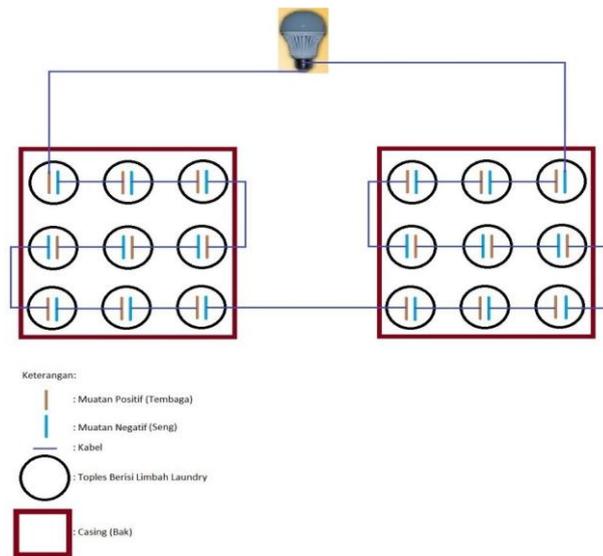


Fig. 3. Skema sistem elektrokimia dan hasil percobaan menggunakan limbah cair

- Assembly* tangki penampung limbah cair, komponen sistem elektrokimia dan lampu penerangan di dalam ruangan
- Pengujian stabilitas tegangan listrik yang dihasilkan
- Penerapan sistem elektrokimia di UMKM.
- Hasil pengabdian ini akan di seminasikan pada pada bulan Nopember 2015.
- Pembuatan, penggandaan dan pengiriman laporan hasil pengabdian masyarakat.

IV. Hasil yang Dicapai dan Keberlanjutannya

IV.1. Hasil Pengabdian dan Luaran yang Telah Diperoleh

IV.1.1. Perancangan Sistem

Pada perancangan sistem pembangkit listrik dari limbah cair *laundry* ini berdasarkan proses elektrokimia (Gambar 2.1). Pada proses elektro kimia yang awalnya berupa larutan $ZnSO_4$ dan $CuSO_4$ dirubah menggunakan larutan detergen. Adapun proses ini mempunyai proses kimia yang sama dengan larutan elektrokimia pada awalnya yaitu hasil dari reaksi kimia ini akan menghasilkan energi listrik. Awalnya dirancang sebuah wadah dengan katodenya (tembaga) dan wadah yang lain dengan anodenya (Zinc) seperti terlihat pada Figure 4.



Fig. 4. Proses pembuatan wadah dan katode (tembaga)

Selanjutnya wadah tadi akan diisi dengan larutan limbah *laundry* sebagai pengganti dari larutan $ZnSO_4$ dan $CuSO_4$ supaya terjadi reaksi elektrokimia. Dari reaksi elektrokimia ini akan dihasilkan energi listrik. Energi listrik ini diukur menggunakan multimeter untuk mengetahui besarnya beda potensial yang mengalir pada kawat penghantar sepetri yang terlihat pada Figure 5.



Fig. 5. Hasil pengukuran beda potensial pada reaksi elektronik

IV.1.2. Desain Pembuatan Penghasil Listrik Laundry

Desain pembuayan penghasil listrik *laundry* ini adalah dengan menyiapkan lagi wadah sebanyak 18 buah yang berisi larutan *laundry* beserta tembaga dan kawat penghantarnya. Wadahwadah ini akan disusun secara seri untuk mengasilkan energi listrik yang lebih besar seperti yang terlihat pada Figure 6.



Fig. 6. Pembangkit listrik dari limbah *laundry* yang akan disusun secara seri.

Figure 6 merupakan pembangkit listrik yang akan disusun secara seri. Tujuan penyusunan secara seri ini dilakukan agar energi listrik yang dihasilkan bisa menyalakan lampu. Cahaya yang dihasilkan lampu ini diharapkan bisa memberikan penerangan pada sekitar ruangan *laundry*. Dengan adanya bantuan penerangan ini, akan menghemat energi listrik dari PLN sekaligus mengurangi biaya penggunaan listrik dari PLN. Adapun mitra yang bekerjasama dalam pengabdian ini adalah GD *laundry* yang berada di daerah sekitar ITS yaitu di Jln. Perintis 1 nomer 34. Gambar 3.4 merupakan tempat dimana mitra menjalankan bisnis jasa Laundry.

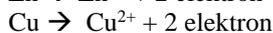
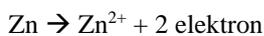
Sebelum wadahnya disusun seri, maka terlebih dahulu dilakukan percobaan dengan 4 variasi volume limbah, yaitu 200 ml, 400 ml, 600 ml dan 800 ml. Limbah laundry dimasukkan ke dalam sebuah tabung dengan 4 variasi ukuran. Pada masing-masing tabung ini dilengkapi dengan tembaga dan seng sebagai media penghantar potensial listrik dengan luas permukaan sebesar 75 cm^2 .

Selanjutnya dihubungkan menggunakan kabel dan diujikan dengan lampu LED.

Pada pengujian yang telah dilakukan, dihasilkan nilai secara berurutan adalah nilai tegangan listrik yang merupakan output dari sistem ini adalah 0,3 volt pada volume 200 ml; 0,5 volt pada volume 400 ml; 0,6 volt pada volume 600 ml, dan 0,7 volt pada volume 800 ml. Adapun rata-rata waktu proses yang dibutuhkan untuk dapat menghasilkan tegangan listrik pada setiap volume adalah sekitar 1 menit.

Adapun pembahasan dalam metode elektrokimia ini dapat dianalisis melalui reaksi redoks. Dalam reaksi redoks antara Zn dan larutan $CuSO_4$, sebuah atom Zn melepaskan 2 elektronnya sedangkan ion Cu dalam tembaga sulfat menerima 2 elektron dan membentuk

logam tembaga. Bila Zn dan larutan CuSO₄ dicampur, reaksi spontan terjadi dengan menghasilkan kalor. Sementara itu, apabila reaksi yang sama dilaksanakan dalam suatu sel elektrokimia maka energi listrik akan terjadi. sel elektrokimia Kompartemen sebelah kanan terdiri dari sebatang logam Zn yang disebut elektroda dimasukkan kedalam cairan yang disebut elektrolit. Elektrolit itu dapat terjadi dari larutan garam sulfat dalam air, misalnya K₂SO₄. kompartemen sebelah kiri dari sel terdiri dari elektroda logam Cu yang dimasukkan kedalam elektrolit CuSO₄. Kedua larutan itu dihubungkan dengan dua cara. Elektrolit-elektrolit dihubungkan oleh sebuah jembatan, yang juga mengandung elektrolit (dalam hal ini kalium sulfat) sedangkan kawat konduktor menghubungkan kedua elektroda itu. Cara kerja sel elektrokimia adalah sebagai berikut : Zn bila dimasukkan kedalam suatu larutan berkecenderungan untuk menjadi ionnya. Demikian pula Cu.



Percobaan menunjukkan bahwa bila susunan zat dan alat-alat dipasang seperti gambar di atas ternyata dapat diketahui dari amperemeter bahwa electron bergerak dari logam Zn ke logam Cu melalui kawat konduktor. Ini berarti bahwa Zn yang dimasukkan kedalam elektrolit berkecenderungan untuk memberikan ion Zn²⁺ kedalam larutan dan meninggalkan electronelektronnya pada permukaan Zn. Akibatnya larutan di kompartemen sebelah kiri menjadi bermuatan positif dan larutan di kompartemen sebelah kanan menjadi negatif. Melalui jembatan garam atau pemisah semi permeable ion SO₄²⁻ dapat bermigrasi dari kompartemen kiri ke kanan sehingga menetralkan kembali larutan. Demikian pula Zn²⁺ juga dapat bermigrasi dari kompartemen kanan ke kompartemen kiri sehingga menetralkan kembali larutan. Dengan netralnya larutan-larutan itu maka reaksi kimia dapat berlangsung terus dan listrik dapat dihasilkan secara berkesinambungan.

Dalam elektrokimia, pada anoda selalu terjadi reaksi oksidasi sedang pada katoda selalu terjadi reaksi reduksi. Oksidasi terjadi dalam kompartemen Zn sedangkan reduksi terjadi pada kompartemen Cu. Zn mempunyai kecenderungan yang lebih besar menjadi Zn²⁺ sehingga elektroda Zn bermuatan negatif. Pada katoda Cu, ion Cu²⁺ berkumpul pada elektroda Cu dan tereduksi menjadi Cu. Sehingga elektroda Cu bermuatan positif. Jadi pada sel Galvani, anoda bermuatan negatif dan katoda bermuatan positif. Arus listrik terjadi sebagai hasil dari aliran electron dari elektroda negatif ke elektroda positif melalui kawat konduktor.

IV.2. Keberlanjutan

Program pengabdian masyarakat ini merupakan salah satu dari sekian skema yang diharapkan membantu UKM GD Laundry. Hasil pengabdian masyarakat ini selanjutnya diterapkan kepada UKM untuk melihat seberapa besar peningkatan besarnya energy listrik yang digunakan untuk penerangan ruangan. Setiap bulan UKM

GD Laundry diminta laporan akan keberhasilan sistem tersebut dengan indicator lama penerangan dan intensitas cahaya lampu. Jika lama penerangan dan intensitas cahaya yang diberikan lampu kurang maksimal, maka dilakukan pengadukan pada limbah cair. Pengadukan ini untuk sementara dilakukan secara manual. Evaluasi juga dilakukan terhadap raw material apakah tercampur dengan elemen lain seperti debu dan lain-lain. Melalui pembinaan dan evaluasi secara terus menerus diharapkan energy listrik yang diperlukan untuk penerangan lampu menjadi lebih efisien.

TABEL 1
DAFTAR KEMAJUAN PELAKSANAAN PENGABDIAN

No	Jenis Kegiatan	Bulan										Progres	
		3	4	5	6	7	8	9	10	11	12		
1	Persiapan, kajian pustaka, rencana pengabdian, obervasi lapangan												100%
2	Perancangan mekanisme kerja dan logika sistem penghasil listrik												100%
3	Permodelan elektrokimia, perancangan software, display system serta pembuatannya												100%
4	Pembuatan desain, pemilihan bahan, perancangan hardware dan proses manufaktur												100%
5	Assembly komponen sistem elektrokimia												100%
6	Pengujian performasi energi listrik dari limbah laundry												100%
7	Penerapan sistem penghasil listrik di UKM												100%
8	Seminar nasional Teknologi Terapan												100%

- [6] Nurajijah, L., Harjunowibowo, D., Radiyono, Y., **Pengaruh Variasi Tegangan pada Pengolahan Limbah Cair Laundry Menggunakan Proses Elektrolisis**, Jurnal Materi dan Pembelajaran Fisika Volume 4 No. 1. Surakarta, 2014.
- [7] Rosariawari, F. 2010. **Efektifitas Multivalen Ions dalam Penurunan Kadar Fosfat Sebagai Bahan Pembentuk Deterjen**. Surabaya : Jurusan Teknik Lingkungan FTSP UPN.
- [8] Veiny, A. N., Damayanti, A., **Potensi Pemanfaatan Limbah Laundry Rumah Tangga dalam Memproduksi Gas Hidrogen Oksigen (HHO) sebagai Bahan Bakar Alternatif**, Scientific Conference of Enviromental Technology IX. Surabaya, 2012

Authors' information

KETUA

Dr. Ir. Purwadi Agus Darwito, M.Sc.

ANGGOTA :

1. Tutug Dhanardono, Ir. MT
2. Ir Heri Justiono, MT
3. Ir. Roekmono, M.T
4. Dr. Ir. Totok Soehartanto, DEA
5. Arief Abdurrahman, S.T., M.T.
6. Nur Laila Hamidah, S.T., M.Sc.