

Pemisahan Mangan Dioksida (MnO_2) dari Limbah Pasta Baterai dengan Metode Elektrolisis

Muhammad Iman Hidayat, Suprpto

Departemen Kimia, Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam, Institut Teknologi Sepuluh Nopember (ITS)

e-mail: suprpto@chem.its.ac.id

Abstrak—Penelitian ini bertujuan untuk memisahkan mangan dioksida (MnO_2) dari limbah pasta baterai dengan metode elektrolisis. Limbah pasta baterai didapatkan dari pasta baterai bekas. Pasta dikarakterisasi menggunakan XRF dan didapatkan komposisi terbesar adalah MnO 60%. Pasta dilindih dengan variasi asam sulfat (H_2SO_4) 1 M, 2 M, dan 4 M dan reduktor asam oksalat ($H_2C_2O_4$) 0,8 M pada suhu $70^\circ C$. Variasi waktu pelindihan ini adalah 20, 40, dan 60 menit. Kandungan Mn dalam larutan hasil pelindihan dianalisis menggunakan Atomic Absorption Spectroscopy (AAS). Didapatkan kandungan terbesar Mn pada konsentrasi 4 M selama 60 menit sebesar 29,43%. Pemisahan MnO_2 dengan metode elektrolisis dari larutan hasil pelindihan dilakukan dengan variasi tegangan 1, 3, dan 5 Volt dan variasi waktu 20, 40, dan 60 menit. Endapan yang dihasilkan dikarakterisasi menggunakan XRD. Difraktogram XRD menunjukkan senyawa MnO_2 dalam bentuk groutelit dan manganit. Endapan terbesar dihasilkan pada tegangan 5 Volt selama 60 menit sebesar 0,1559 gram.

Kata Kunci—Limbah Pasta Baterai, Mangan Dioksida (MnO_2), Pelindihan, Elektrolisis, AAS.

I. PENDAHULUAN

BATERAI merupakan benda yang sering digunakan dalam kehidupan. Baterai menjadi salah satu sumber energi di kehidupan manusia. Mulai dari anak-anak, remaja, hingga orang tua sudah pernah menggunakan baterai [1]. Dari berbagai penggunaannya, baterai dapat dibedakan menjadi dua, yaitu baterai primer yang dapat digunakan satu kali pemakaian dan baterai sekunder yang dapat digunakan berulang kali setelah diisi muatannya apabila energinya habis. Salah satu contoh dari baterai primer adalah baterai sel kering [2].

Dalam baterai sel kering, seng digunakan sebagai anoda, karbon sebagai katoda, dan campuran mangan dioksida, seng klorida, dan amonium klorida sebagai elektrolit. Setelah dipakai, terdapat produk lain seperti Mn_2O_3 , $Zn(NH_3)_2Cl_2$, dan $Zn(OH)Cl$. Adanya senyawa-senyawa ini menunjukkan bahwa reaksi dalam baterai tidak sederhana [3].

Setelah baterai sel kering selesai digunakan, kebanyakan orang akan membuangnya ke tempat sampah atau tidak pada tempat semestinya. Diketahui pula bahwa baterai bekas termasuk golongan limbah berbahaya yang sebenarnya tidak boleh dibuang sembarang tempat. Diketahui, unsur terbanyak pada baterai sel kering bekas adalah mangan [4]. Unsur mangan tersebut dapat mencemari lingkungan, contohnya

pencemaran air. Mangan dapat menyebabkan air keruh dan menyebabkan noda pada pakaian jika penyucian menggunakan air yang tercemari oleh mangan [5][6].

Disisi lain, mangan merupakan logam yang banyak dimanfaatkan dalam industri peleburan besi-baja. Mangan digunakan dalam paduan baja untuk meningkatkan karakteristik yang menguntungkan seperti kekuatan, kekerasan, dan ketahanan. Mangan juga dapat digunakan untuk bahan baku baterai, formula *stainless steel*, zat pewarna pada kaca dan paduan logam [7].

Dari permasalahan diatas, maka perlu dilakukan daur ulang baterai kering untuk menghindari pencemaran lingkungan dan meningkatkan nilai ekonomi baterai kering bekas. Salah satu cara yang bisa dilakukan adalah pemisahan mangan dari pasta baterai. Pemisahan dilakukan melalui proses pelindihan. Proses pelindihan merupakan proses agar komponen yang diinginkan terlarut kemudian diambil kembali (*recovery*) [8]. Beberapa penelitian menjelaskan, mangan dalam bentuk mangan dioksida tidak dapat dilarutkan dengan asam. Pelarutan mangan (IV) dalam asam bisa dilakukan dengan mereduksi mangan (IV) ke mangan (II) dengan menambahkan pereduksi. Beberapa agen pereduksi organik dan anorganik sudah banyak digunakan seperti gas alam, asam oksalat, hidrogen, dan lain – lain [9].

Salah satu teknik pengambilan kembali ion logam dalam larutan adalah elektrolisis. Elektrolisis larutan ion mangan dalam asam sulfat dapat digunakan untuk pemisahan mangan dalam bentuk mangan dioksida [10].

Sehingga, pada penelitian ini akan dilakukan pelindihan mangan dari pasta baterai kemudian mangan yang terlarut diendapkan dalam bentuk mangan dioksida (MnO_2) melalui proses elektrolisis.

II. METODOLOGI PENELITIAN

A. Alat dan Bahan

Peralatan yang digunakan dalam penelitian ini antara lain peralatan kaca seperti gelas beker, botol timbang, botol vial, erlenmeyer, corong, kaca arloji, dan labu ukur. Selain itu digunakan peralatan untuk refluks yakni hotplate, penangas air, labu leher tiga, kondensor, penjepit statip, pompa air, pengaduk magnetik, dan termometer. Sedangkan untuk elektrolisis, dibutuhkan alat – alat seperti elektroda grafit, potensiostat, dan penjepit buaya. Serta digunakan pula alat –

alat untuk analisis, diantaranya kertas saring, neraca analitik, X-Ray Fluorescence (XRF) PANalytical Type Munipal 4, Atomic Absorption Spectroscopy (AAS) Shimadzu AA 6800, dan X-Ray Diffractometer (XRD) X'PERT PROPAnalytical. Adapun alat lainnya yang digunakan adalah oven, furnace, dan desikator.

Bahan – bahan yang digunakan dalam penelitian ini antara lain padatan MnSO_4 , pasta baterai sel kering seng-karbon bekas, asam sulfat 1 M, 2 M, dan 4 M, asam oksalat 0,8M, dan aqua DM.

B. Preparasi Pasta Baterai

Pasta baterai sel kering dipanaskan dalam oven 110°C selama 60 menit. Setelah itu, didinginkan dalam desikator hingga berat limbah baterai stabil.

Untuk menghitung kadar abu dalam pasta baterai, diambil pasta baterai sebanyak 1.000 mg dan diletakkan ke krusibel yang telah diketahui berat kosongnya. Krusibel dimasukkan ke dalam furnace selama 60 menit pada suhu 900°C untuk menghitung kadar abu pasta baterai kemudian dimasukkan ke desikator hingga berat stabil dan ditimbang.

C. Preparasi Larutan Standar MnSO_4 Untuk Uji AAS

Pada pembuatan larutan standar AAS, dibuat terlebih dahulu larutan standar MnSO_4 1000 ppm sebagai larutan *stock*. Garam MnSO_4 274,54 mg dimasukkan ke dalam gelas beker untuk dicampurkan dengan aqua DM hingga larut. Setelah dicampur, larutan dituang dan ditambahkan aqua DM ke labu ukur 100 mL hingga tanda batas. Dilarutkan hingga terbentuk larutan standar Mn konsentrasi 1000 ppm. Dari larutan standar MnSO_4 1000 ppm, dilakukan pengenceran bertingkat hingga terbentuk larutan standar MnSO_4 konsentrasi 10, 20, 30, 40, 50, dan 100 ppm.

Pembuatan larutan standar MnSO_4 100 ppm dilakukan dengan pengenceran dari larutan MnSO_4 konsentrasi 1000 ppm. Diambil larutan MnSO_4 1000 ppm dengan pipet ukur sebanyak 10 mL, lalu dimasukkan ke labu ukur 100 mL. Kemudian diencerkan dengan aqua DM hingga tanda batas dan dihomogenkan.

Pembuatan larutan standar MnSO_4 50 ppm dilakukan dengan pengenceran dari larutan standar MnSO_4 konsentrasi 100 ppm. Diambil larutan standar MnSO_4 100 ppm dengan pipet ukur sebanyak 50 mL, lalu dimasukkan ke labu ukur 100 mL. Kemudian diencerkan dengan aqua DM hingga tanda batas dan dihomogenkan.

Pembuatan larutan standar MnSO_4 40 ppm dilakukan dengan pengenceran dari larutan standar MnSO_4 konsentrasi 50 ppm. Diambil larutan standar MnSO_4 50 ppm dengan pipet ukur sebanyak 80 mL, lalu dimasukkan ke labu ukur 100 mL. Kemudian diencerkan dengan aqua DM hingga tanda batas dan dihomogenkan.

Pembuatan larutan standar MnSO_4 30 ppm dilakukan dengan pengenceran dari larutan standar Mn konsentrasi 40 ppm. Diambil larutan standar MnSO_4 40 ppm dengan pipet ukur sebanyak 75 mL, lalu dimasukkan ke labu ukur 100 mL. Kemudian diencerkan dengan aqua DM hingga tanda batas dan dihomogenkan.

Pembuatan larutan standar MnSO_4 20 ppm dilakukan dengan pengenceran dari larutan standar MnSO_4 konsentrasi 30 ppm.

Diambil larutan standar MnSO_4 30 ppm dengan pipet ukur sebanyak 66,7 mL, lalu dimasukkan ke labu ukur 100 mL. Kemudian diencerkan dengan aqua DM hingga tanda batas dan dihomogenkan.

Pembuatan larutan standar MnSO_4 10 ppm dilakukan dengan pengenceran dari larutan standar Mn konsentrasi 20 ppm. Diambil larutan standar MnSO_4 20 ppm dengan pipet ukur sebanyak 50 mL, lalu dimasukkan ke labu ukur 100 mL. Kemudian diencerkan dengan aqua DM hingga tanda batas dan dihomogenkan.

D. Pembuatan Larutan Asam Sulfat (H_2SO_4)

Larutan asam sulfat (H_2SO_4) 1 M, 2 M, dan 4 M digunakan sebagai pelarut dalam proses pelindihan. Larutan H_2SO_4 4 M dibuat dari pengenceran larutan H_2SO_4 98% dengan massa jenis 1,84 gram / mL. Larutan H_2SO_4 98% diambil 106,50 mL lalu dimasukkan ke dalam labu ukur 500 mL yang terisi dengan sedikit aqua DM. Setelah dimasukkan, labu ukur ditambahkan aqua DM hingga tanda batas.

Pembuatan larutan H_2SO_4 2 M dilakukan dengan pengenceran dari larutan H_2SO_4 konsentrasi 4 M. Diambil larutan H_2SO_4 4 M dengan pipet ukur sebanyak 125 mL, lalu dimasukkan ke labu ukur 250 mL. Kemudian diencerkan dengan aqua DM hingga tanda batas dan dihomogenkan.

Pembuatan larutan H_2SO_4 1 M dilakukan dengan pengenceran dari larutan H_2SO_4 konsentrasi 2 M. Diambil larutan H_2SO_4 2 M dengan pipet ukur sebanyak 125 mL, lalu dimasukkan ke labu ukur 250 mL. Kemudian diencerkan dengan aqua DM hingga tanda batas dan dihomogenkan.

E. Pembuatan Larutan Asam Oksalat ($\text{H}_2\text{C}_2\text{O}_4$)

Asam oksalat ($\text{H}_2\text{C}_2\text{O}_4$) 0,8 M dibuat dari padatan asam oksalat. Padatan diambil sebesar 10,08 gram lalu dilarutkan dengan sedikit aqua DM hingga larut. Larutan tersebut dimasukkan ke labu ukur 100 mL dan ditambahkan aqua DM hingga tanda batas.

F. Proses Pelindihan

Pelindihan yang dilakukan pada penelitian ini mempunyai variabel waktu dan konsentrasi. Variabel waktu yang digunakan adalah 20, 40, dan 60 menit. Sedangkan variabel konsentrasi pada penelitian ini adalah larutan asam sulfat 1 M, 2 M, dan 4 M. Adapun variabel tetap pada penelitian ini adalah kecepatan pengadukan 300 rpm, suhu sebesar 70°C dan reduktor asam oksalat sebesar 0,8 M.

Larutan sampel dibuat dengan pencampuran 1.000 mg pasta baterai sel kering, 50 mL asam sulfat 1 M, dan 5 mL asam oksalat 0,8 M. Larutan dimasukkan ke dalam labu leher tiga yang telah siap untuk melakukan proses pelindihan. Variasi pelindihan dilakukan selama 20, 40, dan 60 menit dengan suhu 70°C dan diaduk menggunakan pengaduk magnetik sebesar 300 rpm. Larutan hasil pelindihan disaring menggunakan kertas saring dan ditampung.

Larutan sampel dibuat dengan pencampuran 1.000 mg pasta baterai sel kering, 50 mL asam sulfat 2 M, dan 5 mL asam oksalat 0,8 M. Larutan dimasukkan ke dalam labu leher tiga yang telah siap untuk melakukan proses pelindihan. Variasi pelindihan dilakukan selama 20, 40, dan 60 menit dengan suhu 70°C dan diaduk menggunakan pengaduk magnetik sebesar

300 rpm. Larutan hasil pelindihan disaring menggunakan kertas saring dan ditampung.

Larutan sampel dibuat dengan pencampuran 1.000 mg pasta baterai sel kering, 50 mL asam sulfat 4 M, dan 5 mL asam oksalat 0,8 M. Larutan dimasukkan ke dalam labu leher tiga yang telah siap untuk melakukan proses pelindihan. Variasi pelindihan dilakukan selama 20, 40, dan 60 menit dengan suhu 70°C dan diaduk menggunakan pengaduk magnetik sebesar 300 rpm. Larutan hasil pelindihan disaring menggunakan kertas saring dan ditampung.

Setelah pelindihan dilakukan, filtrat ditampung dan dicatat volumenya. Filtrat diencerkan hingga 10 kali dengan cara mengambil 10 mL filtrat lalu diencerkan menggunakan labu ukur 100 mL. Filtrat pengenceran 10 kali diencerkan kembali dengan cara yang sama untuk membuat larutan filtrat dengan faktor pengenceran (fp) 100 kali. Filtrat dengan fp 100 kali ini akan digunakan dalam analisis AAS sedangkan larutan dengan fp 10 diambil 50 mL untuk proses elektrolisis.

G. Elektrolisis Filtrat Hasil Pelindihan

Elektroda karbon dibersihkan terlebih dahulu menggunakan ampelas secukupnya sebelum digunakan elektrolisis. Filtrat hasil pelindihan yang telah diencerkan 10 kali diambil sebanyak 50 mL dielektrolisis menggunakan elektroda grafit dengan tegangan 1,0 V, 3,0 V, dan 5,0 V dengan variasi waktu 20, 40, dan 60 menit. Elektroda dipanaskan dalam oven pada suhu 110°C selama 60 menit. Kemudian, elektroda dimasukkan ke dalam desikator hingga dingin sehingga dapat digunakan elektrolisis kembali.

Larutan hasil elektrolisis disaring dengan kertas saring, dihasilkan endapan dan filtrat. Endapan akan dilakukan karakterisasi XRD untuk mengetahui senyawa yang ada dalam endapan.

H. Karakterisasi XRD

Endapan pada proses elektrolisis akan diuji XRD untuk mengetahui senyawa yang terbentuk. Endapan yang terbentuk saat elektrolisis ada di dasar larutan.

Untuk menguji endapan dalam larutan hasil elektrolisis, larutan disaring. Kemudian dicuci menggunakan *aqua* DM dan dipanaskan dalam oven dengan suhu 110°C selama 60 menit. Endapan didinginkan lalu dikarakterisasi XRD.

III. HASIL DAN PEMBAHASAN

A. Preparasi Sampel

Pada penelitian ini, dilakukan beberapa perlakuan yang dimulai dari preparasi sampel, pelindihan pasta baterai, elektrolisis, dan analisis AAS. Preparasi sampel ini dilakukan pengujian XRF dan perhitungan kadar abu. Pengujian XRF dilakukan untuk mengetahui senyawa – senyawa dalam pasta baterai dan didapatkan hasil pada Tabel 1.

Tabel 1 menunjukkan bahwa pada pasta baterai mengandung senyawa – senyawa oksida, diantaranya adalah mangan oksida, seng oksida, klorin, nikel oksida, dan senyawa lainnya. Kandungan senyawa oksida terbanyak dalam pasta baterai adalah MnO sebesar 60,82%. Tabel tersebut menunjukkan banyaknya kandungan mangan (Mn) dalam baterai, sehingga

ini dapat diolah kembali mengingat $MnSO_4$ mempunyai aplikasi yang cukup luas.

Tabel 1.
Komposisi Senyawa – Senyawa Dalam Pasta Baterai

Senyawa	Prosentase (%)
MnO	60,82
ZnO	24,20
Cl	11,40
NiO	0,90
Lainnya	2,68

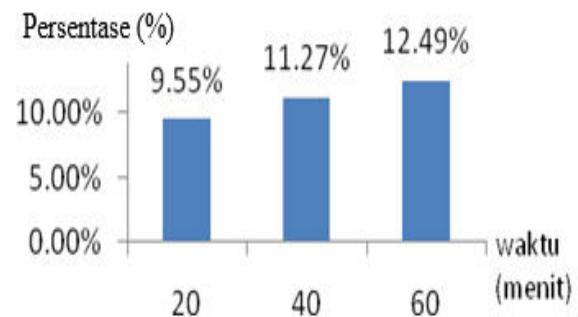
Perlakuan selanjutnya adalah pengujian kadar abu. Pengujian ini dilakukan dengan cara pemanasan langsung di furnace. Suhu pengujian kadar air adalah 900°C selama 60 menit.

Krusibel yang telah diketahui berat kosongnya diisi pasta baterai sebanyak 1 gram. Setelah dipanaskan di furnace, dimasukkan ke desikator dan ditimbang bersama dengan krusibelnya. Didapatkan berat total sampel dan krusibel, lalu dikurangi dengan berat kosong krusibel. Dari pengurangan tersebut didapatkan berat sebesar 0,54 gram. Dengan demikian kadar abu yang diperoleh adalah 54%.

B. Pelindihan

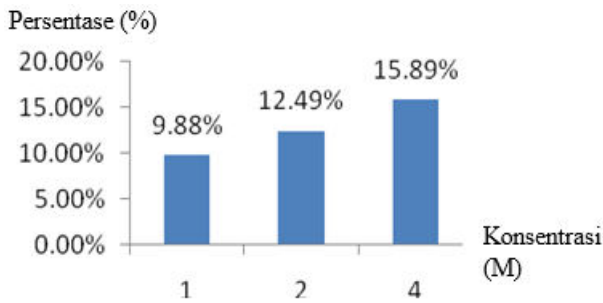
Mangan dioksida (MnO_2) tidak mudah larut dalam asam. Sehingga dibutuhkan reduktor untuk membuatnya larut dalam asam. Maka digunakan asam sulfat sebagai pelarut dan asam oksalat sebagai reduktor.

Pada Gambar 4.1 adalah hasil yang dilakukan dengan cara meninjau pengaruh waktu terhadap satu variabel konsentrasi. Konsentrasi asam sulfat yang digunakan adalah 2 M dengan variasi waktu 20, 40, dan 60 menit didapatkan hasil pelindihan Mn berturut – turut adalah 9,88 %, 12,49% dan 15,89%. Sedangkan pada Gambar 4.2 adalah hasil dari pengaruh perubahan asam sulfat dengan konsentrasi 1 M, 2 M, dan 4 M pada satu variabel waktu. Hasil yang didapatkan secara berturut – turut adalah 9,88 %, 12,49% dan 15,89%. Hal ini disebabkan karena penambahan asam sulfat dapat meningkatkan laju kecepatan reaksi dan laju difusi H^+ [11]. Semakin besar konsentrasi asam sulfat, maka semakin banyak Mn terlindih dalam larutan asam sulfat. Peningkatan nilai persen Mn terlindih juga bertambah sejalan dengan lamanya waktu yang dilakukan.



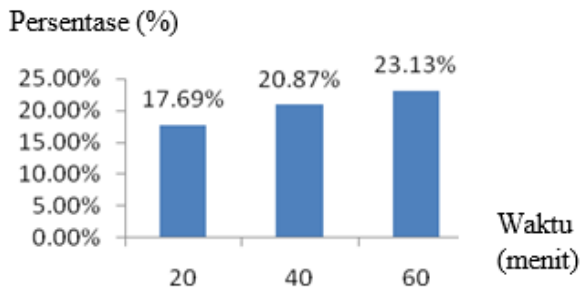
Gambar 1. Grafik Persentase Filtrat Pelindihan Pasta Baterai.

Dengan Variasi Asam Sulfat 2 Dengan Waktu pelindihan 20, 40, dan 60 menit



Gambar 2. Persentase Filtrat Pelindihan Pasta Baterai Dengan Variasi Asam Sulfat 1 M, 2 M, dan 4 M Dengan Waktu pelindihan 60 menit.

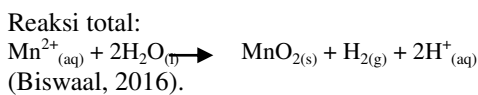
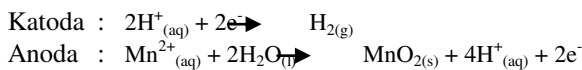
Jika ditinjau lagi dari kadar abu pasta baterai, hasil pelindihan ini dapat meningkat cukup besar. Pada perhitungan kadar abu, jumlah karbon dalam pasta baterai sebesar 46%, maka kandungan logam dalam pasta baterai sebesar 54%. Setelah meninjau kadar abu dari pasta baterai, hasil pelindihan Mn didapatkan seperti pada Gambar 4.3 untuk asam sulfat 2 M dengan variasi waktu 20, 40, dan 60 menit dan Gambar 4.4 untuk variasi konsentrasi asam sulfat dengan waktu 60 menit.



Gambar 3. Grafik Hasil Perhitungan Persentase Pelindihan Ditinjau dari Perubahan Waktu.

C. Elektrolisis

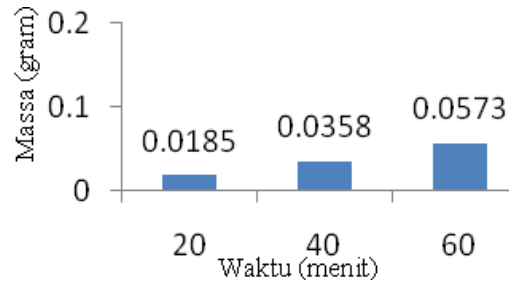
Setelah larutan disaring, hasilnya adalah larutan hasil pelindihan dan endapan. Larutan ini akan dielektrolisis dengan tujuan untuk mendapatkan kembali MnO₂ dalam larutan. Elektrolisis dilakukan menggunakan elektroda karbon pada katoda dan anoda dengan tegangan 1,0 ; 3,0 ; dan 5,0 V dan variasi waktu 20, 40, dan 60 menit. Reaksi pada elektrolisis Mn sebagai berikut



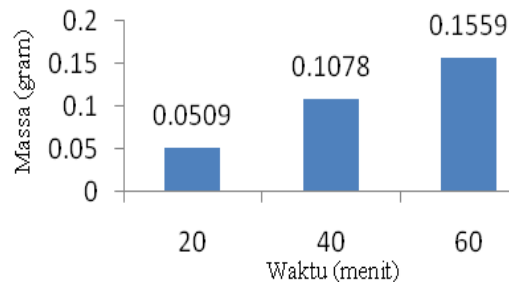
Elektrolisis dilakukan dengan tegangan 1, 3, dan 5 Volt. Pada tegangan 1 Volt, arus listrik yang terukur pada power supply adalah mendekati 0 Ampere. Setelah elektrolisis dilakukan, adanya perubahan pada larutan berupa perubahan warna dari tidak berwarna menjadi merah muda tetapi tidak ada pembentukan endapan, sehingga pada tegangan 1 Volt slime masih belum terbentuk.

Slime didapatkan pada tegangan 3 dan 5 Volt seperti pada Gambar 4.5 dan 4.6. Dapat dilihat dari Gambar 4.5 dan 4.6

ada perbedaan pada tegangan 3 Volt dan 5 Volt. Endapan pada tegangan 5 Volt lebih banyak dihasilkan daripada 3 Volt. Selama elektrolisis berlangsung, tercatat arus listrik pula di power supply. Arus listrik yang dihasilkan pada tegangan 3 Volt adalah 0,3 Ampere. Sedangkan pada tegangan 5 Volt, tercatat arus listrik sebesar 1,5 Ampere. Perbedaan banyaknya slime disebabkan karena faktor arus listrik. Arus listrik mempunyai pengaruh dalam pembentukan endapan saat elektrolisis berlangsung. Dari pengamatan pada power supply, arus listrik yang dihasilkan pada tegangan 5 Volt lebih besar 1,2 Ampere daripada pada tegangan 3 Volt.

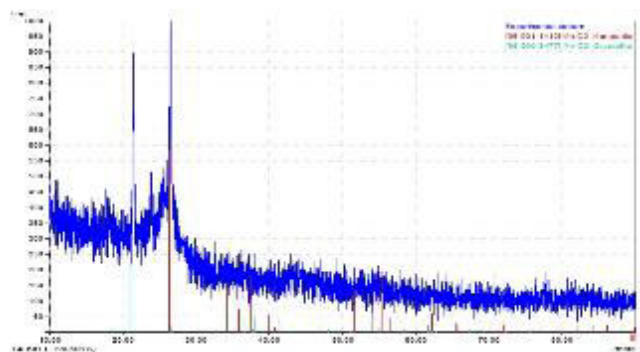


Gambar 4. Diagram Endapan Elektrolisis dengan Tegangan 3 Volt



Gambar 5. Diagram Endapan Elektrolisis dengan Tegangan 5 Volt.

Setelah didapatkan slurry, dilakukan penyaringan dengan kertas saring. Setelah slurry dan larutan terpisah, slurry dicuci dan dimasukkan ke oven untuk dipanaskan dengan suhu 110°C selama 1 jam lalu dimasukkan ke dalam desikator hingga berat stabil. Selanjutnya slurry dikarakterisasi dengan XRD untuk mengetahui hasil senyawanya. Diperoleh difraktogram seperti pada Gambar 4.7. Dari difraktogram tersebut, standar yang berwarna merah dan hijau menunjukkan sampel berada pada fase mineral manganite (MnO₂) dan groutellite (MnO₂).



Gambar 6. Hasil Karakterisasi XRD Anodic Slime.

Difraktogram XRD anodic slime menunjukkan senyawa yang terbentuk adalah MnO₂, maka massa Mn pada MnO₂ dapat dihitung secara stoikiometri. Massa Mn anodic slime

dan massa teori elektrolisis Mn dapat dibandingkan dan didapatkan hasil seperti Tabel 4.2 dan Tabel 4.3.

Tabel 1.
Perbandingan Massa Mn Slurry Dan Massa Teori Elektrolisis Dengan Tegangan 3 Volt

Waktu (menit)	Massa Mn slurry (gram)	Massa teori (gram)
20	0,0124	0,1026
40	0,0240	0,2052
60	0,0384	0,3078

Tabel 2.
Perbandingan Massa Slurry Dan Massa Teori Elektrolisis Dengan Tegangan 5 Volt

Waktu (menit)	Massa Mn slurry (gram)	Massa teori (gram)
20	0,0341	0,5129
40	0,0723	1,0256
60	0,1045	1,5389

Dari Tabel 1 dan Tabel 2 dilihat bahwa adanya perbedaan antara massa teori dan massa *slurry*. Perbedaan ini disebabkan karena beberapa faktor, salah satunya resistensi pada larutan. Pada saat elektrolisis, arus yang dihasilkan pada skala *power supply* adalah 0 Ampere untuk 1 Volt, 0,3 Ampere untuk tegangan 3 Volt, dan 1,5 Ampere untuk tegangan 5 Volt. Pengaruh resistensi sangat tinggi sehingga menyebabkan daya hantar listrik menjadi berkurang. Oleh karena itu, perbedaan massa *slurry* dan massa teori yang didapatkan berbeda.

Semakin besar tegangan dan waktu elektrolisis, maka semakin besar endapan yang dihasilkan. Ini menunjukkan bahwa Mn^{2+} teroksidasi menjadi Mn^{4+} dalam proses elektrolisis, sehingga Mn^{4+} dapat dipisahkan dengan metode elektrolisis dalam bentuk senyawa MnO_2 .

IV. KESIMPULAN/RINGKASAN

Dari penelitian yang telah dilakukan dapat ditarik kesimpulan dalam pemisahan MnO_2 dari limbah baterai dapat dilakukan dengan cara pelindihan (*leaching*) terlebih dahulu. Hasil optimal pelindihan ini diperoleh pada saat konsentrasi asam sulfat 2 M dengan waktu 20, 40, dan 60 menit berturut – turut sebesar 17,69 %, 20,87 %, dan 23,13 % dan dengan waktu 60 menit dengan konsentrasi asam sulfat 1 M, 2 M, dan 4 M berturut – turut sebesar 18,29%, 23,13%, dan 29,43%. Sehingga pada saat pelindihan menggunakan asam sulfat

berkonsentrasi 4 M selama 60 menit merupakan hasil terbesar yang didapatkan pada pelindihan Mn.

Saat proses elektrolisis berlangsung, pada tegangan 3 Volt dan 5 Volt didapatkan endapan sedangkan pada tegangan 1 Volt tidak ada endapan yang dihasilkan. Endapan yang dihasilkan pada tegangan 3 Volt selama 20, 40, dan 60 menit berturut – turut adalah 0,0185; 0,0358; 0,0573 gram. Sedangkan pada tegangan 5 Volt selama 20, 40, dan 60 menit dihasilkan endapan berturut - turut adalah 0,0509; 0,1078; 0,1559 gram.

Saran yang diberikan oleh penulis adalah perlu pencarian konsentrasi, waktu, tegangan dan waktu maksimum pelindihan dan pemisahan MnO_2 . Sehingga didapatkan hasil yang optimal. Selain itu, perlu pengujian konduktivitas larutan (resistensi) untuk mengetahui nilai konduktivitas larutan dan pada saat elektrolisis ditambahkan *supporting electrolyte* untuk mengurangi resistansi pada larutan.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] E. . Lister, *Mesin dan Rangkaian Listrik*. Jakarta: Erlangga, 1993.
- [2] C. . Keenan, *Kimia untuk Universitas*. Jakarta: Erlangga, 1984.
- [3] D. Linden, *Handbook of Batteries*. New York: Mc Graw Hill, 1994.
- [4] A. Sobianowska-Turek, W. Szczepaniak, P. Maciejewski, and M. Gawlik-Kobylinska, "Recovery of Zinc and Manganese, And Other Metals (Fe, Cu, Ni, Co, Cd, Cr, Na, K) From Zn-MnO₂ and Zn-C Waste Batteries: Hydroxyl and Carbonate Co-Precipitation from Solution After Reducing Acidic Leaching with Use Of Oxalic Acid," *J. Power Resour.*, vol. 325, pp. 220–228, 2016.
- [5] W. Oktawan and Krisbiantoro., "Efektivitas Penurunan Fe²⁺Dengan Unit Saringan Pasir Cepat Media Pasir Aktif," Universitas Diponegoro, 2007.
- [6] N. I. Said, *Metode Praktis Penghilangan Zat Besi Dan Mangan Di Dalam Air Minum*. Jakarta: Kelair – BPPT, 2003.
- [7] C. Ansori, "Potensi dan Genesis Mangan Di Kawasan Kars Gembong Selatan Berdasarkan Penelitian Geologi Lapangan, Analisis Data Induksi Polarisasi dan Kimia Mineral," *Bul. Sumber Daya Geol.*, vol. 5, no. 2, 2010.
- [8] M. N. Arsyad, *Kamus Kimia Arti dan Penjelasan Istilah*. Jakarta: Gramedia Pustaka Utama, 1997.
- [9] M. Trifoni, F. Veglio, G. Taglieri, and L. Toro, "Acid Leaching Process by Using Glucose as Reducing Agent: A Comparison Among The Efficiency Of Different Kinds Of Manganiferous Ores," *Miner. Eng.*, vol. 13, pp. 217–221, 2000.
- [10] A. Biswaal, B. C. Tripathy, K. Sanjay, T. Subbaiah, and M. Minakshi, "Electrolytic Manganese Dioxide (EMD): A Perspective On Worldwide Production, Reserves and Its Role in Electrochemistry," *Review*, vol. 5, pp. 58255 – 58283, 2015.
- [11] S. Sumardi, M. Z. Mubarak, and N. Saleh, "Pengolahan Bijih Mangan Menjadi Mangan Sulfat Melalui Pelindihan Reduktif Menggunakan Asam Oksalat Dalam Suasana Asam," in *Prosiding Semirata*, 2013.