



Laporan Hasil Penelitian

“Pemulihan MnO_2 dari Limbah *Dry Cell* melalui Proses Hidrometalurgi: RSM (*Response Surface Methodology*)”

BAB I PENDAHULUAN

I.1 Latar Belakang

Kebutuhan senyawa Mangan(IV) Oksida (MnO_2) dibutuhkan dalam berbagai bidang industri. Pada proses filtrasi senyawa MnO_2 digunakan sebagai media filter karena dapat mengikat ion besi (Fe) dan mangan (Mn) yang terdapat dalam limbah (Hasim, Hermawan, dan Prastyo, 2022). Senyawa MnO_2 dalam industri baja digunakan sebagai lapisan pelindung komposit *magnetic* lunak berbasis besi (FeSMCs) (Zhang dkk., 2020). Senyawa MnO_2 juga digunakan dalam komposisi baterai ion lithium dan baterai zinc-manganese (Hendratna, 2011). Menurut data Badan Pusat Statistik (2025), Indonesia masih mengimpor MnO_2 sebesar 24.531.206 kg per tahun 2024 yang mengalami kenaikan sebesar 32,32 % dari tahun sebelumnya untuk memenuhi kebutuhan industri. Senyawa MnO_2 dapat diperoleh dari suatu tambang dan daur ulang limbah *dry cell*. Pada limbah baterai *dry cell* mengandung MnO_2 yang cukup tinggi, yakni sebesar 60,82 % (Hidayat, 2017). Menurut data Direktorat Jendral Pengolahan Sampah, Limbah dan B3 (2025), sebanyak 55,740 kg limbah elektronik baterai tidak dilakukan proses pengelolaan lanjut. Senyawa MnO_2 dikategorikan sebagai limbah bahan beracun dan berbahaya (B3) (Rahman dkk., 2021). Ambang batas maksimum senyawa Mangan yang terkandung dalam air untuk keperluan *Higiene* dan Sanitasi berdasarkan Menteri Kesehatan RI No.2 /MEN.KES/PER/LXVI/2023 sebesar 0,1 mg/L. Paparan senyawa MnO_2 yang melebihi dari ambang batas dapat menyebabkan potensi efek ekotoksikologis untuk kesehatan manusia. Senyawa MnO_2 dapat terakumulasi secara bioakumulatif dengan aliran air, sehingga menyebabkan gangguan saraf hingga kerusakan organ dalam tubuh manusia (Matveeva dkk., 2022). Pemerintah melalui program *Sustainable Development Goals* (SDGs) berupaya untuk menanggulangi pencemaran tersebut dengan melakukan daur ulang limbah B3, sehingga dapat memenuhi kebutuhan industri, salah satunya senyawa MnO_2 .

Kandungan MnO_2 pada limbah baterai *dry cell* dapat dipisahkan dengan zat impuritisnya menggunakan proses pirometalurgi, biohidrometalurgi, dan



Laporan Hasil Penelitian

“Pemulihan MnO_2 dari Limbah *Dry Cell* melalui Proses Hidrometalurgi: RSM (*Response Surface Methodology*)”

hidrometalurgi. Prinsip dari proses pirometalurgi berdasarkan pada penggunaan energi panas tinggi. Penggunaan suhu yang tinggi dengan konsentrasi yang tinggi dapat membahayakan lingkungan dan biaya operasi yang tinggi. Proses pirometalurgi menghasilkan slag dan residu hasil proses yang mengandung bahan berbahaya, sehingga memerlukan pengolahan lebih lanjut (Sonule dkk., 2023). Biometalurgi melibatkan penggunaan mikroorganisme untuk *Leaching* logam dari limbah, yang mencakup pelarutan dan penyerapan logam. Penambahan mikroorganisme tersebut memerlukan perhatian khusus, seperti kondisi suhu, pH, dan nutrisi yang optimal (Mirahati, 2019). Proses hidrometalurgi termasuk dalam proses *Leaching* yang berdasarkan pada kelarutan suatu zat pelarut yang digunakan. *Leaching* dari kandungan *dry cell* dicampurkan dengan pelarut asam, sehingga pada zat-zat impuritis yang tidak diinginkan akan ikut larut dalam pelarut dan zat yang tidak dapat larut akan terpisah (Joulié, Laucournet dan Billy, 2014). Proses hidrometalurgi merupakan metode pengambilan senyawa MnO_2 yang paling optimal karena tidak memerlukan suhu operasi yang tinggi dan pemanfaatan mikroorganisme yang memerlukan beberapa parameter agar mendapatkan perolehan *recovery* yang optimal.

Metode hidrometalurgi melibatkan pelarutan logam dalam larutan asam yang kuat pemanasan pada suhu tertentu, kemudian diikuti dengan proses pemurnian sehingga mendapatkan logam dengan kadar yang tinggi (Aberasturi dkk., 2011). Pada penelitian yang dilakukan Lin dkk. (2020), pemanasan gelombang mikro menunjukkan bahwa hasil *leaching* MnO_2 sebesar 95,07 %, sekitar 20 % lebih tinggi dari pada pemanasan konvensional sebesar 75,08 %. Penelitian serupa dilakukan Chang dkk. (2020), pemanasan menggunakan gelombang mikro pada hidrometalurgi menghasilkan hasil *leaching* MnO_2 sebesar 90%. Penambahan reduktan seperti H_2O_2 0,8 M pada proses hidrometalurgi dengan pemanasan konvensional dapat meningkatkan hasil *leaching* senyawa MnO_2 sebesar 99,04% (Nayl, Ismail dan Aly, 2011). *Response surface methodology* (RSM) digunakan untuk mencari respon optimum dengan menganalisis suatu respon yang dipengaruhi oleh beberapa variabel bebas atau faktor untuk mengoptimalkan respon tersebut (Anderson dan Whitcomb, 2016).



Laporan Hasil Penelitian

“Pemulihan MnO_2 dari Limbah *Dry Cell* melalui Proses Hidrometalurgi: RSM (*Response Surface Methodology*)”

Proses hidrometalurgi dari limbah *dry cell* dilakukan dengan bantuan pemanas gelombang mikro dan penambahan reduktan. Penambahan reduktan H_2O_2 dapat meningkatkan hasil *leaching* mangan dengan gelombang mikro. Variabel atau faktor yang digunakan dalam penelitian ini, seperti waktu ekstraksi dan jumlah reduktan, akan menentukan hasil ekstraksi mangan atau respon. Oleh karena itu, *Response Surface Methodology* (RSM) dengan menggunakan *Central Composite Design* (CCD) diterapkan untuk menganalisis hubungan antara variabel-variabel tersebut terhadap respon. Respon digunakan sebagai input dalam RSM untuk menentukan kondisi optimum yang menghasilkan respon yang optimum.

I.2 Tujuan

1. Mengetahui pengaruh jumlah reduktan pada proses hidrometalurgi.
2. Mengetahui waktu optimum pada proses hidrometalurgi menggunakan metode *Response Surface Methodology* (RSM).
3. Membandingkan senyawa MnO_2 hasil hidrometalurgi dengan senyawa MnO_2 komersial.

I.3 Manfaat

1. Pemanfaatan limbah elektronik baterai *dry cell* untuk mendapatkan MnO_2 dan mengurangi jumlah limbah B3.