

BAB 6

PENUTUP

A. Kesimpulan

Mengacu pada UU No. 32 Tahun 2009 tentang Perlindungan dan Pengelolaan Lingkungan Hidup yang telah diubah menjadi UU No. 11 tahun 2020 (UU Cipta Kerja) dan PP No. 101 Tahun 2014 tentang Pengelolaan Limbah Bahan Berbahaya dan Beracun yang telah diubah menjadi bagian dari PP No. 22 tahun 2021 tentang Penyelenggaraan Perlindungan dan Pengelolaan Lingkungan Hidup, bahwa bahan berbahaya dan beracun perlu dikelola dengan baik agar tidak membahayakan manusia dan lingkungan. Batu baterai merupakan bahan berbahaya dan beracun yang harus dikelola dengan baik. Salah satu pengendalian limbah baterai adalah dengan memanfaatkan kembali limbah baterai menjadi bahan yang memiliki nilai manfaat dan nilai ekonomi yang lebih baik.

Pada penelitian disertasi ini dilakukan penelitian untuk memanfaatkan limbah baterai sebagai elektroda *carbon nanoparticle* pada sistem *reverse electrodialysis (RED) power generation*. Hasil penelitian menunjukkan bahwa limbah baterai terutama carbon rod dan electrolyte paste dapat dipergunakan sebagai elektroda pada RED untuk membangkitkan listrik. Pemanfaatan limbah baterai sebagai elektroda RED merupakan salah satu upaya pengendalian limbah B3 yang memberikan manfaat yang lebih baik secara teknis dalam upaya menyelamatkan lingkungan dari bahaya akibat pencemaran limbah B3. Hasil penelitian juga menunjukkan bahwa RED dapat dipergunakan sebagai salah satu upaya membangkitkan energi yang ramah

lingkungan. Dengan potensi sumber air bersalinitas tinggi yang tersedia cukup melimpah (air laut), RED memiliki potensi untuk dikembangkan sebagai pembangkit listrik yang ramah lingkungan. Energi listrik yang dihasilkan oleh RED dapat dipergunakan untuk mengganti energi listrik yang dihasilkan oleh pembangkit dengan menggunakan bahan bakar yang bersumber dari fosil sehingga energi listrik yang dihasilkan oleh RED dapat dipergunakan untuk mitigasi emisi CO₂.

Berdasarkan penelitian yang dilakukan, diperoleh informasi bahwa limbah baterai ditemukan di TPA, dikumpulkan oleh pemulung dan diambil *shell covernya* yang terbuat dari logam sedangkan sisanya dibuang ke *landfill*. Komponen utama *carbon rod* adalah unsur *carbon* sedangkan komponen *electrolyte paste* adalah *carbon*, *mangan* dan *zinc*. *Zinc* dan *mangan* merupakan unsur konduktor yang dapat menaikkan *electrical conductivity* elektroda. Selain menambahkan unsur *zinc* dan *mangan*, *electrical conductivity* elektroda dinaikkan dengan membuat ukuran partikel *carbon* menjadi berukuran *nanometer*. Telah dilakukan eksperimen pembuatan elektroda nanopartikel dengan mencampurkan serbuk *carbon rod* yang berukuran *nanoparticle* dan *electrolyte paste* serta menambahkan bahan perekat yaitu *PVdF* dan cairan *NMP* dan diperoleh elektroda *carbon nanoparticle* yang memiliki *electrical conductivity* 2,75 S/cm memiliki luas area permukaan sebesar 15,396 m²/g dan memiliki porositas sebesar 0,019 cm³/g

Hasil karakterisasi 2 *cell* RED dengan elektroda *carbon nanoparticle* dari campuran *carbon rod* dan *electrolyte paste* limbah baterai diperoleh nilai OCV sebesar 0,12-0,14 *volt/cell*, power density sebesar 0,212 *W/m²* dan resistansi internal 2,101 Ω serta efisiensi maksimal sebesar 45,7 %

Sebagai studi kasus dalam pemanfaatan RED dengan elektroda *carbon nanoparticle* adalah dilakukan analisa *recovery* energi dan *recovery* CO₂ pada unit SWD. Unit SWD yang dipakai memproduksi air industri sebanyak 242 m³/jam dengan *intake* air laut sebanyak 3.403 m³/jam yang menghasilkan air *blowdown* sebanyak 3.161 m³/jam dan memerlukan daya listrik 0,164 MW dan daya steam 64,1 MW. Sistem ini menghasilkan emisi CO₂ sebanyak 201.947.457 kgCO₂/tahun. Dengan memanfaatkan *RED power generation*, air limbah atau air *blowdown* sistem SWD sebesar 3.161 ton/jam dapat membangkitkan daya listrik sebesar 0,414 MW. Jika listrik tersebut dipakai sebagai pengganti kebutuhan energi pada *SWD plant* maka daya listrik yang mampu disediakan untuk mengganti kebutuhan unit SWD atau yang dapat direcovery adalah sebesar 0,414 MW atau energi per tahun sebesar 3.626 MWh/tahun dan emisi CO₂ yang mampu dimitigasi adalah sebesar 2.955.915 kgCO₂/tahun

B. Saran

Untuk pengelolaan lingkungan yang lebih baik khususnya pengelolaan limbah baterai, sebaiknya melakukan pengendalian pembuangan limbah baterai sejak dari rumah tangga yaitu dengan memisahkan limbah baterai dengan limbah rumah tangga yang lain dan melakukan pengumpulan limbah baterai pada tempat-tempat tertentu. Selanjutnya petugas sampah mengumpulkan dan menyerahkan ke TPA untuk dikelola lebih lanjut. Jika limbah batu baterai terlanjur sampai di TPA dan dikumpulkan oleh pemulung, maka pemulung perlu diedukasi untuk mengumpulkan sisa material dan sudah tidak dimanfaatkan agar dapat dikelola sesuai pengelolaan limbah B3 yang baik dan benar,

Penelitian lebih lanjut perlu dikembangkan untuk mendapatkan partikel yang lebih kecil dengan memvariasi berat bola bola yang ada di ball milling. Penelitian terkait hubungan densitas elektroda dan nilai electrical conductivity juga perlu dikembangkan. Selain hal tersebut mengingat elektroda yang dibuat terdapat penambahan *electrolyte paste* yang mengandung Mn dan Zn maka disarankan untuk melakukan pembalikan fasa dan pembalikan masukkan larutan pekat dan encer dalam kompartemen RED. Penelitian lebih lanjut terkait pemanfaatan teknologi SWRO pada SWD perlu dilakukan untuk upaya penghematan energi dan mitigasi emisi CO₂ pada industri.



SEKOLAH PASCASARJANA