

BAB I

PENDAHULUAN

I.1 Latar Belakang

Perkembangan teknologi modern seperti kendaraan listrik dan perangkat elektronik portabel menyebabkan kebutuhan akan pasokan energi listrik semakin meningkat. Untuk mendukung kinerja perangkat-perangkat tersebut, dibutuhkan teknologi yang mampu menyimpan dan menyediakan energi dalam jumlah memadai. Salah satu perangkat penyimpanan energi dengan sifat elektrokimia yang baik adalah superkapasitor. Superkapasitor menawarkan keunggulan berupa kapasitansi spesifik yang tinggi, laju pengisian-pengosongan yang cepat, serta siklus hidup yang panjang (L. Zhang dkk., 2018). Hingga saat ini, penggunaan superkapasitor belum dapat diaplikasikan secara luas di masyarakat karena umumnya menggunakan material dengan biaya tinggi. Hal ini telah mendorong eksplorasi pengembangan material superkapasitor yang lebih ekonomis, seperti pemanfaatan limbah. Salah satu limbah yang berpotensi sebagai material superkapasitor adalah limbah *styrofoam*.

Styrofoam merupakan salah satu jenis plastik yang umum digunakan karena sifatnya yang tahan air, ringan, dan murah. *Styrofoam* bersifat *non-biodegradable* sehingga dapat bertahan di lingkungan selama ratusan tahun, yang menjadikannya sebagai salah satu penyumbang terbesar dalam pencemaran lingkungan (Pramono dkk., 2012). *Styrofoam* merupakan polimer yang tersusun dari polistirena. Polistirena memiliki struktur berupa cincin benzena aromatik yang terikat pada rantai utama karbon, sehingga sangat mudah untuk dilakukan modifikasi. Oleh

karena itu, polistirena dari limbah *styrofoam* dapat diubah menjadi material yang memiliki nilai guna lebih tinggi (Salim dkk., 2021).

Salah satu cara untuk meningkatkan nilai guna polistirena dari limbah *styrofoam* adalah dengan menambahkan gugus sulfonat ($-\text{SO}_3\text{H}$) melalui reaksi sulfonasi (Ngadiwiyana dkk., 2018). Gugus sulfonat yang terikat pada polistirena bersifat asam kuat, sehingga mudah melepaskan ion H^+ dan memungkinkan terjadinya pertukaran proton. Kemampuan ini menyebabkan polistirena tersulfonasi memiliki sifat konduktivitas ionik yang lebih baik, dan berpotensi menjadi bahan konduktif bernilai ekonomis dalam superkapasitor (Mulijani dkk., 2014).

Parameter penting material yang dapat digunakan sebagai bahan superkapasitor selain biaya ekonomis dan konduktivitas ionik adalah kapasitansi spesifik dan konduktivitas listrik. Polistirena tersulfonasi, meskipun memiliki sifat konduktivitas ionik, kemampuannya dalam menyimpan dan menghantarkan listrik masih rendah. Kemampuan polistirena tersulfonasi sebagai bahan dasar material superkapasitor dapat ditingkatkan dengan menambahkan material konduktif seperti polianilin, polipirol, dan politiofena, serta material pseudokapasitif seperti MnO_2 , TiO_2 , dan RuO_2 .

Di antara berbagai material konduktif, polianilin merupakan polimer konduktif yang menarik untuk diteliti karena mudah untuk disintesis, memiliki konduktivitas tinggi ($1,7 \text{ S cm}^{-1}$), dan kapasitansi spesifik teoritis sebesar 1284 F g^{-1} (Snook dkk., 2011). Penambahan polianilin dilakukan dengan harapan dapat meningkatkan konduktivitas listrik melalui penyediaan struktur rantai konjugasi yang menjadi jalur perpindahan elektron (H. Huang dkk., 2018). Di sisi lain,

mangan dioksida (MnO_2) yang merupakan salah satu oksida logam transisi, telah banyak diteliti sebagai elektroda superkapasitor karena memiliki kemampuan menyimpan muatan melalui mekanisme redoks, sehingga penambahannya diharapkan dapat meningkatkan kapasitas penyimpanan (X. Wang dkk., 2022).

Beberapa studi sebelumnya telah melaporkan peningkatan performa elektroda melalui sintesis komposit polistirena tersulfonasi dengan polianilin dan MnO_2 , namun belum ada penelitian yang secara khusus mengintegrasikan ketiganya dalam kesatuan komposit, khususnya yang berbasis limbah *styrofoam* sebagai bahan baku utama. Dalam penelitian yang dilakukan oleh Ngadiwiyana dkk., pada tahun 2018, diperoleh hasil bahwa polistirena tersulfonasi yang disintesis menggunakan H_2SO_4 selama 4 jam meningkatkan sifat konduktivitas ionik polistirena tersulfonasi dengan nilai sebesar $15,924 \times 10^{-6} \text{ S cm}^{-1}$ (Ngadiwiyana dkk., 2018). Penelitian Huang dkk., (2018) mengenai pengompositan polistirena tersulfonasi dengan polianilin menghasilkan peningkatan konduktivitas (H. Huang dkk., 2018). Penelitian Liu dkk., (2016) mengenai pengompositan *carbon nanotubes* (CNT) dengan polianilin dan MnO_2 menghasilkan peningkatan konduktivitas dan kapasitansi spesifik (W. Liu dkk., 2016). Pada penelitian ini, polistirena tersulfonasi dari limbah *styrofoam* dikompositkan dengan polianilin dan MnO_2 untuk meningkatkan kemampuannya sebagai elektroda superkapasitor. Penelitian ini diharapkan dapat memberikan kontribusi dalam pengembangan material superkapasitor yang bernilai ekonomis, serta mendukung remediasi lingkungan melalui pemanfaatan limbah.

I.2 Tujuan Penelitian

Berikut merupakan tujuan dari penelitian yang dilakukan :

1. Melakukan sulfonasi polistirena dari limbah *styrofoam*.
2. Melakukan sintesis polianilin (PANI).
3. Melakukan sintesis mangan dioksida (MnO_2).
4. Melakukan sintesis komposit polistirena tersulfonasi/polianilin/ MnO_2 (PST/PANI/ MnO_2).
5. Menguji potensi komposit polistirena tersulfonasi/polianilin/ MnO_2 sebagai material elektroda superkapasitor meliputi : *cyclic voltammetry* (CV) dan *electrochemical impedance spectroscopy* (EIS).