

BAB I

PENDAHULUAN

I.1 Latar Belakang

Teknologi semakin modern sehingga kebutuhan akan sumber energi yang efisien dan berkapasitas tinggi semakin mendesak. Baterai *lithium-ion* telah muncul sebagai solusi unggulan untuk memenuhi kebutuhan yang dapat digunakan secara luas pada perangkat elektronik portabel, alat kesehatan, sistem penyimpanan energi, hingga kendaraan listrik. Salah satu komponen utama yang mendukung perkembangan ini adalah baterai yang memiliki kinerja tinggi, ringan, serta efisien dalam penyimpanan energi (Adeoye dkk., 2024). Baterai *Lithium-Ion* (LIB) menjadi pilihan utama karena memiliki berbagai keunggulan dibandingkan jenis baterai lainnya. Baterai lithium-ion mampu menyimpan energi listrik dalam waktu yang lama, mampu mempertahankan kapasitas penyimpanan setelah berulang kali diisi ulang, mampu menyimpan energi dalam jumlah besar sehingga dapat dirancang dengan bobot yang lebih ringan dan ukuran yang kecil. Selain itu, teknologi pengisian baterai lithium ion dirancang agar proses pengisian daya berlangsung lebih cepat dan efisien (Perdana, 2021).

Baterai *lithium-ion* tersusun atas empat komponen utama, yaitu anoda sebagai elektroda negatif, katoda sebagai elektroda positif, elektrolit, dan separator (Perdana, 2021). Salah satu komponen kunci yang mempengaruhi kinerja baterai dan keamanannya adalah separator. Separator adalah membran tipis yang berfungsi sebagai penghalang fisik antara elektroda positif (katoda) dan elektroda negatif (anoda),

mencegah terjadinya kontak langsung yang dapat menyebabkan korsleting atau arus pendek (Costa & Lanceros-Mendez, 2021). Oleh karena itu, separator baterai yang ideal harus memiliki struktur pori yang optimal (Li & Duan, 2023), stabilitas kimia dan termal yang tinggi dan ketahanan mekanis yang baik (Ding dkk., 2024).

Material separator baterai *litium-ion* yang sering digunakan sebagai membran separator adalah PVDF karena memiliki ketahanan panas yang baik, meningkatkan sifat mekanik, penyerapan elektrolit yang baik dan mampu dimodifikasi untuk menghasilkan separator berbasis komposit (Liu dkk., 2021). Namun, material ini juga memiliki beberapa kelemahan, seperti kristalinitas yang tinggi serta kestabilan termal yang rendah dibandingkan separator berbasis keramik dan konduktivitas ion rendah, sehingga diperlukan modifikasi untuk meningkatkan kinerjanya (Sugumaran dkk., 2020). Upaya modifikasi dapat dilakukan melalui penambahan polimer lain, bahan aditif, maupun *filler* sebagai bahan pengisi. Penambahan polimer lain berfungsi menurunkan kristalinitas PVDF, sedangkan *filler* berperan dalam memperbaiki stabilitas mekanik dan meningkatkan konduktivitas ion pada baterai lithium-ion (Barbosa dkk., 2018).

Polimer berbasis eugenol dilaporkan dapat ditambahkan untuk memperbaiki sifat PVDF (Ummah, 2024). Eugenol merupakan senyawa fenolik yang banyak ditemukan pada minyak atsiri dari cengkeh (*Syzygium aromaticum*). Eugenol memiliki gugus hidroksil ($-OH$) dan vinil yang dapat disintesis menjadi polimer seperti polieugenol maupun berbagai turunannya (Prasetya dkk., 2023). Untuk memperkuat sifat polimer turunan eugenol yang dihasilkan dapat dilakukan modifikasi dengan agen penaut silang

(*cross-linker*), yaitu *N,N*-metilen bisakrilamida (MBA). MBA menyumbang gugus amida dan gugus vinil yang dapat membentuk ikatan silang (*crosslink*). Selain itu, gugus-amida dan gugus vinil dari MBA juga mampu membentuk ikatan hidrogen dengan molekul lain di dalam matriks polimer. Efek gabungan dari crosslinking dan interaksi hidrogen ini meningkatkan jumlah sisi aktif dalam struktur polimer selama proses polimerisasi, yang berpotensi menghasilkan polimer yang memiliki konduktivitas tinggi dan stabilitas kimia yang unggul (Zhang dkk., 2024). Eugenol juga memiliki cincin aromatik yang dapat dimodifikasi, salah satunya melalui reaksi sulfonasi yang menambahkan gugus sulfonat ($-\text{SO}_3\text{H}$) ke dalam strukturnya (Djunaidi dkk., 2020). Proses ini menghasilkan polimer turunan eugenol tersulfonasi yang memiliki sifat lebih unggul dibandingkan eugenol murni. Kehadiran gugus sulfonat memberikan beberapa manfaat antara lain meningkatkan sifat hidrofilisitas membran sehingga mampu menyerap elektrolit dengan lebih baik, memperbesar konduktivitas ion yang mendukung transportasi ion litium jaringan pori yang lebih teratur, sehingga memperlancar difusi ion (Wu dkk., 2019). Oleh karena itu, eugenol dapat dimodifikasi dengan MBA yang kemudian disulfonasi menjadi PE-MBAS. Kehadiran PE-MBAS diharapkan mampu meningkatkan sifat hidrofilisitas membran, meminimalisir kebocoran elektrolit, serta memperbaiki konduktivitas ion.

Modifikasi lain yang dapat digunakan untuk memperbaiki kekurangan PVDF yaitu penambahan *filler*. *Filler* merupakan bahan tambahan yang dicampurkan ke dalam matriks polimer untuk memperbaiki sifat mekanik, fisik, maupun kimia dari suatu material. GO dapat berperan sebagai filler karena mengandung gugus fungsional

hidrofilik ($-\text{OH}$, $-\text{COOH}$, $-\text{C}=\text{O}$) yang meningkatkan kemampuan penyerapan elektrolit (Ahmadi dkk., 2017), memiliki luas permukaan besar karena strukturnya berupa lembaran tipis dua dimensi sehingga menyediakan banyak titik aktif untuk berinteraksi dengan polimer dan elektrolit (Emon dkk., 2025), serta memiliki sifat mekanik dan termal yang baik (Bashirpour-Bonab, 2022). Namun, ketika konsentrasi GO melebihi batas optimum dapat mengalami aglomerasi karena jarak antarlembaran menjadi semakin dekat, sehingga interaksi antarpartikel (melalui gaya van der Waals dan ikatan hidrogen) lebih dominan dibandingkan interaksi GO dengan polimer (Kausar & Bocchetta, 2022). Berdasarkan penelitian yang telah dilakukan (Ummah, 2024) modifikasi campuran antara PPG menunjukkan bahwa penambahan GO meningkatkan stabilitas elektrokimia membran separator, dengan nilai stabilitas mencapai 5,14 V. Selain itu, interaksi antara bahan-bahan tersebut menciptakan ikatan hidrogen yang memperbaiki kemampuan transfer ion dan sifat mekanis membran, sehingga dapat mendukung performa dalam aplikasi baterai *lithium-ion*.

Membran separator baterai lithium-ion dapat disintesis melalui berbagai metode, seperti *solvent-casting*, *phase inversion*, *electrospinning*, maupun *coating*. Di antara metode tersebut, *solvent-casting* dianggap paling efisien karena relatif mudah dilakukan, tidak memerlukan peralatan yang kompleks, serta mampu menghasilkan membran dengan ketebalan yang terkontrol. Metode ini dilakukan dengan cara melarutkan polimer dalam pelarut organik hingga homogen, kemudian menuangkannya pada permukaan datar dan menguapkan pelarut sehingga terbentuk lapisan membran tipis (Marshall dkk., 2021).

Berdasarkan uraian tersebut, penelitian ini dilakukan pembuatan membran separator baterai dengan bahan dasar PVDF yang dimodifikasi dengan PE-MBAS dan variasi massa GO menggunakan metode *solvent-casting* sehingga dapat menentukan massa GO yang optimum dalam menghasilkan membran serta dengan kombinasi ini dapat memanfaatkan keunggulan sifat masing-masing material untuk menghasilkan separator yang lebih efektif dan efisien.

I.2 Tujuan Penelitian

Berdasarkan latar belakang diatas, penelitian ini memiliki tujuan sebagai berikut :

1. Mensintesis kopolimer eugenol -N,N' metilen bisakrilamida (PE-MBA), kopolimer eugenol -N,N' metilen bisakrilamida sulfonat (PE-MBAS), dan grafena oksida (GO).
2. Mensintesis membran PVDF/PE-MBAS dengan penambahan grafena oksida (GO) dalam berbagai variasi massa.
3. Mengetahui pengaruh variasi massa GO terhadap sifat dan karakter membran PPG sebagai potensi membran separator baterai ion litium.