

BAB I

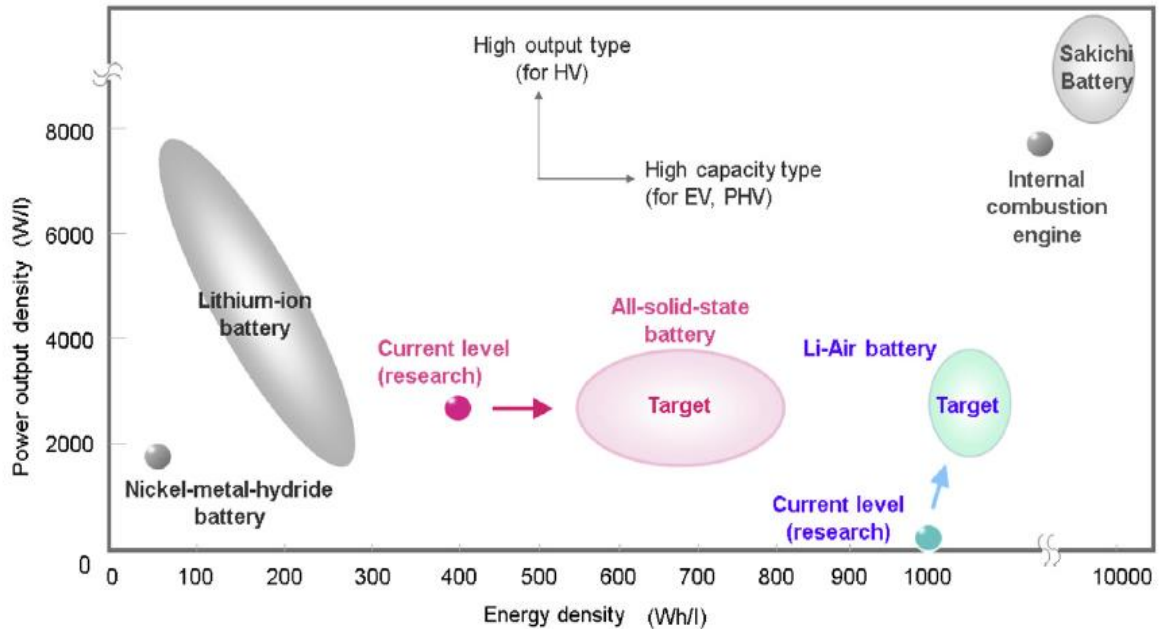
PENDAHULUAN

1.1. Latar Belakang

Tingginya jumlah kendaraan yang meningkat setiap tahunnya dapat menjadi sumber masalah pencemaran udara di Indonesia. Badan Pusat Statistik menyatakan bahwa hingga tahun 2014 jumlah kendaraan bermotor mencapai lebih dari 100 juta unit (BPS, 2014). Salah satu masalah yang akan ditimbulkan adalah meningkatnya emisi karbon dioksida (CO₂) yang dihasilkan oleh pembakaran bahan bakar fosil. Pencemaran tersebut dapat menimbulkan berbagai jenis penyakit bagi manusia diantaranya; infeksi saluran pernafasan atas, paru-paru menjadi rusak, hipertensi, jantung, kanker dan lain sebagainya (Sugiarti, 2009). Untuk mengurangi pencemaran tersebut, beberapa negara mencoba merubah bentuk transportasinya menjadi transportasi yang ramah terhadap lingkungan, seperti *Hybrid Electric Vehicles* (HEVs), *Plug Hybrid Electric Vehicle* (PHEVs) dan *Electric Vehicles* (EV) (Notter, 2010). Jenis transportasi ini tidak akan menghasilkan CO₂, karena sumber energi utamanya adalah energi listrik yang disimpan dalam sebuah baterai.

Lithium-Ion Batteries (LIB) yang merupakan salah satu baterai isi ulang (*rechargeable batteries*) cocok untuk diterapkan pada kendaraan ramah lingkungan. Baterai ini memiliki banyak keunggulan dibandingkan dengan baterai isi ulang yang lainya seperti densitas energi (150 Wh/kg, 400 Wh/L) dan tegangan sel (4 V per *cell*) yang lebih tinggi serta dapat menyimpan energi listrik dalam jangka waktu yang cukup lama , 5 – 10 tahun (Linden dan Reddy, 2002). Untuk memenuhi kebutuhan transportasi, baterai Ion-Lithium harus memiliki densitas energi dan densitas daya yang cukup tinggi, serta stabilitas siklus yang baik. LIB yang sudah diproduksi secara komersial menggunakan elektrolit cair (LiPF₆), dimana fase elektrolit tersebut memiliki nilai konduktivitas yang sangat baik (orde ~ 10⁻² S/cm) (Arya dan Sharma, 2017). Namun LIB berbasis *liquid electrolyte* masih memiliki kekurangan, seperti kebocoran pada kemasan baterai. Ini dapat menyebabkan baterai terbakar saat sedang dioperasikan. Sehingga LIB harus terus

dikembangkan agar dapat memiliki performa baterai yang lebih baik dan dapat diaplikasikan pada transportasi tersebut, khususnya pada bagian elektrolit.



Gambar 1. 1 Pengembangan Baterai Lithium (Arya dan Sharma, 2017)

Pengembangan baterai yang sedang dilakukan sekarang ini mengarah pada baterai dengan sistem *All-Solid-State Battery*, seperti yang ditunjukkan pada **Gambar 1.1**. *All-Solid-State Battery* dianggap sebagai salah satu sistem baterai yang sangat menjanjikan, lebih aman, dan ramah terhadap lingkungan. Baterai dengan sistem ini dapat meningkatkan kapabilitas desain sel karena memungkinkan untuk disusun secara seri, memiliki struktur bipolar dan meningkatkan nilai efisiensi *packaging* dari sebuah baterai secara significant (Mizuno, dkk., 2014). Jenis baterai ini memiliki komponen-komponen dalam bentuk padat (*solid*). *All-solid-state battery* berbasis *solid polymer electrolyte* (SPE) menjadi salah satu sorotan para peneliti dalam mengembngkan LIB, karena beberapa kelebihanya seperti, fleksibilitas yang baik, mudah untuk didisain, serta siklus hidup yang lebih baik (Li, dkk., 2017). Kelebihan lain dari sistem baterai tersebut diantaranya adalah stabilitas termal yang tinggi, tidak mudah terbakar, dan lebih aman karena mengurangi resiko kebocoran pada kemasan baterai. Namun, konduktivitas ionik pada sistem tersebut khususnya pada SPE masih perlu dikembangkan untuk dapat dibandingkan dengan konduktivitas ionik pada *liquid electrolyte*.

Solid polymer electrolyte telah dikembangkan sejak tahun 1970an dan menjadi kandidat bahan material penghantar ion yang sangat menjanjikan untuk LIB (Arya dan Sharma, 2017). Komponen ini memiliki peran penting dalam sistem elektrokimia dalam baterai. Selain bertindak sebagai penghantar ion Li^+ , SPE juga bertindak sebagai separator yang memisahkan anoda dan katoda agar tidak terjadi arus pendek (*short circuit*). Karakteristik material dari komponen penyusun SPEs seperti polimer dan garam litium sangat mempengaruhi performa baterai. Garam litium berperan dalam sifat konduktivitas SPEs, sedangkan polimer akan mengambil peran pada sifat fisis SPEs seperti, kekuatan mekanik. Namun pengembangan SPE masih harus terus dilakukan, karena SPE masih memiliki konduktivitas ionik cukup rendah, 100 – 1000 kali lebih rendah dari pada *liquid electrolyte* (Sequere dan Santos, 2010). Konduktivitas ionik ini akan mempengaruhi performa SPE dalam baterai, khususnya pada proses transfer muatan. Berbagai kombinasi polimer dan garam litium telah banyak dilakukan guna untuk meningkatkan performa SPE, khususnya konduktivitas ionik. Seperti *thermoplastic polyurethane* (TPU) dan garam elektrolit LiClO_4 dengan menggunakan metode *blade casting* (Yu, dkk., 2017). Selain itu, SPE dengan garam LiPF_6 dan PAN berhasil dibuat dengan pelarut DMF, namun konduktivitas ioniknya dan stabilitas kapasitansinya masih rendah (Sharma 2010). Kombinasi lainnya adalah PVA-PVDF dengan garam LiCF_3SO_3 yang dilarutkan dalam DMF (Zhang, dkk., 2014). Maka dari itu, kombinasi garam litium dan polimer masih terus dilakukan untuk memperoleh kombinasi dengan konduktivitas ionik dan performa yang optimal.

Lithium Bis(Oxalato) Borate atau yang lebih sering dikenal dengan LiBOB dan sedang diteliti akhir-akhir ini merupakan material yang digunakan sebagai elektrolit yang berpotensi untuk menggantikan elektrolit komersil sekarang ini, yaitu LiPF_6 . Garam lithium ini sangat menjanjikan untuk pengembangan LIB karena stabilitas suhu dan kapasitansinya yang tinggi (Fadhel dan Azeez, 2009), kemampuannya dalam membentuk *solid electrolyte interface* (SEI) yang stabil, tipis, dan halus pada anoda (Huang, dkk., 2018). Selain itu, LiBOB juga memiliki *capacity stability* yang lebih baik dibandingkan dengan garam LiPF_6 (Huang, dkk., 2009). Kombinasi polimer seperti poly(vinyl alcohol) atau PPA dan garam LiBOB

berhasil dibuat dengan konduktivitas ionik dengan orde berkisar 10^{-4} S/cm (Noor, dkk., 2013). SPE berbasis LiBOB dan PVDF-polyethylen oxide (PEO)/polyethylene glycol (PEG) juga dikombinasikan dengan *additive* seperti, Titanium Oxide (TiO_2), dan Alumunium Oxide (Al_2O_3) berhasil dipreparasi, namun konduktivitas ioniknya masih seribu kali lebih rendah dibandingkan dengan yang dilakukan oleh Chowdhury (Ratri, dkk., 2016).

Salah satu polimer yang berpotensi menjadi bahan SPEs yang sangat baik adalah PVDF HFP. Karakteristik PVDF HFP memiliki karakteristik yang hampir sama dengan karakteristik PVDF murni, namun kedua bahan tersebut masih memiliki perbedaan, diantaranya adalah kandungan fluoride yang lebih banyak. Kandungan unsur inilah yang dapat membantu proses kelarutan garam litium dalam pelarut. Selain itu, tingkat kristalinitas yang dimiliki PVDF HFP lebih kecil dari pada PVDF murni. Ketika struktur kristalinitas polimer pada SPE rendah, ini akan memberikan ruang untuk ion litium bergerak secara bebas (Nayak, dkk., 2014). Salah satu penelitian SPE berbasis PVDF HFP berhasil dilakukan oleh Liu, dkk. Tipe Gel electrolyte yang dibuatnya dipreparasi dari PVDF HFP dan LiClO_4 dengan metode *solution casting* (W. Liu, dkk., 2017). Hasil penelitiannya menunjukkan konduktivitas ioniknya berorde 10^{-3} S/cm dan ukuran pori 6.8 μm .

Oxide cramics berukuran nano seperti TiO_2 , SiO_2 , Al_2O_3 , dan BaTiO_3 dijadikan sebagai *additive* pada SPEs untuk meningkatkan karakteristik SPEs seperti konduktivitas ioniknya (Arya dan Sharma, 2017). Dam, dkk, mencoba menambahkan SiO_2 pada SPE berbasis Polyethylene Oxide (PEO) - LiClO_4 . Hasil dari penelitiannya menyatakan bahwa, konduktivitas ionik SPE yang optimumnya mencapai orde 10^{-3} S/cm (Dam, dkk., 2015). Kemudian TiO_2 juga ditambahkan pada SPE berbasis PEO - PMMA dengan garam LiClO_4 . Hasil konduktivitas ionik yang diperoleh berkisar 10^{-4} S/cm dan performa baterainya masih bersifat *irreversible* (S, Farheen. dkk., 2016). Selain nano kramik, *plastisizer* seperti polyethylene glycol (PEG) juga ditambahkan pada koposisi SPE guna meningkatkan kekuatan mekaniknya dan menurunkan kristalinitasnya. Pada penelitian lain, PEG dijadikan *additive* pada SPE berbasis Chitosan dan LiClO_4

dengan hasil konduktivitas ionik optimum berkisar pada orde 10^{-4} S/cm (Sudhakar, dkk., 2013).

SPEs juga dikembangkan berbasis *Polyvinylidene Fluoride* (PVDF) – LiBOB dengan metode *solvet casting* (Chowdhury, dkk., 2017). Namun sejauh ini, ceramic oxide belum ditambahkan pada SPE berbasis PVDF-LiBOB tersebut. Dengan penambahan *additive* ini akan memungkinkan SPE memiliki performa pada baterai yang lebih baik. Pada penelitian tugas akhir ini, akan dilakukan penelitian tentang pengaruh penambahan *additive* pada SPEs berbasis PVDF - LiBOB terhadap karakteristik dan performanya dalam baterai. Metode *solution casting* menggunakan *doctor blade* digunakan untuk memperoleh lembaran SPE yang merata. *Additive* yang akan ditambahkan adalah TiO_2 , SiO_2 , dan PEG. Pelarut yang digunakan adalah N,N-Dimethyl Acetamide (DMAC). Setelah dipreparasi, SPEs akan dikarakterisasi *Scanning Electron Microscope* (SEM) untuk melihat morfologi SPEs. Selain itu, karakterisasi sel baterai seperti *Cyclic Voltammetry* dilakukan untuk melihat performa sel baterai dengan sistem *a half cell*, $\text{LiFePO}_4|\text{SPE}|\text{Li}$.

1.2. Tujuan

Tujuan dari penelitian ini adalah:

1. Mempreparasi *solid polymer electrolyte* (SPE) berbasis LiBOB dengan berbagai *additive* (TiO_2 , SiO_2 , PEG) dengan metode *solution casting* menggunakan *doctor blade*.
2. Mengetahui performa baterai *lithium ion* berbasis SPEs LiBOB dengan *additive* (TiO_2 , SiO_2 , PEG) dengan karakterisasi *cyclic voltammetry*.
3. Mengetahui pengaruh *additive* (TiO_2 , SiO_2 , PEG) pada morfologi SPEs dengan karakterisasi SEM.

1.3. Rumusan Masalah

Berdasarkan latar belakang yang telah dijelaskan sebelumnya, perumusan masalah pada penelitian ini adalah bagaimana pengaruh *additive* (TiO_2 , SiO_2 , PEG) terhadap karakteristik performa *solid polymer electrolytes* (SPEs) berbasis PVDF-LiBOB dalam aplikasi baterai *lithium ion*.

1.4. Batasan Masalah

Batasan masalah pada penelitian tugas akhir ini adalah sebagai berikut:

1. Pembuatan lembar elektrolit polimer dibuat dari LiBOB dengan rasio tetap dan dilarutkan dalam 8 mL *N,N-Dimethyl Acetamide* (DMAC) dengan variasi 10% *additive* (TiO₂, SiO₂, PEG).
2. Metode pembuatan SPE yang akan dilakukan dengan metode *doctor blade* dengan ketebalan kurang lebih 100 um.
3. Proses pengeringan SPE dilakukan dalam ruangan dengan suhu 27°C.
4. Elektrolit polimer berbasis LiBOB dianalisis menggunakan *Scanning Electron Microscope* (SEM) dan *Cyclic Voltammetry* untuk mengetahui karakteristik performa baterai tipe *coin cell*.

1.5. Manfaat Penelitian

Dengan dilakukannya penelitian ini diharapkan dapat memberikan kontribusi pengembangan ilmu dan wawasan mengenai bagaimana pengaruh proses penambahan *additive* terhadap karakteristik SPEs yang diaplikasikan pada sel baterai. Selain itu, hasil dari penelitian ini nantinya dapat dijadikan sebagai acuan dalam penelitian komponen baterai yang lebih lanjut, khususnya *solid polymer electrolyte*. Penelitian ini juga dijadikan sebagai syarat untuk memperoleh gelar strata satu (S1) pada Jurusan Fisika Fakultas Sains dan Teknologi Universitas Islam Negeri Sunan Gunung Djati Bandung.

1.6. Sistematika Penulisan

Adapun sistematika penulisan tugas akhir ini diuraikang sebagai berikut:

BAB I PENDAHULUAN

Bab ini berisi latar belakang penelitian, tujuan penelitian, rumusan masalah penelitian, batasan masalah penelitian, manfaat penelitian, serta sistematika penulisan.

BAB II TINJAUAN PUSTAKA

Bab ini membahas tentang studi literatur dan teori-teori yang berkaitan dan menjadi dasar teori pada penelitian, seperti konsep LIB, SPE, metode preparasi, dan metode karakterisasi yang digunakan dalam penelitian ini.

BAB III METODE PENELITIAN

Bab ini menguraikan tentang waktu dan tempat, alat dan bahan, metode, proses penelitian dan karakterisasi yang akan dilakukan dalam penelitian.

BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN

Bab ini menguraikan tentang hasil preparasi dan pengujian yang diperoleh dalam penelitian dan disertai dengan uraian pembahasan dan analisisnya.

BAB V PENUTUP

Bab ini merupakan bab terakhir pada tugas akhir ini. Adapun isi dari bab ini adalah kesimpulan dari hasil penelitian yang telah dilakukan dan saran-saran yang diharapkan untuk memperbaiki penelitian ini untuk kedepannya.

