

BAB I

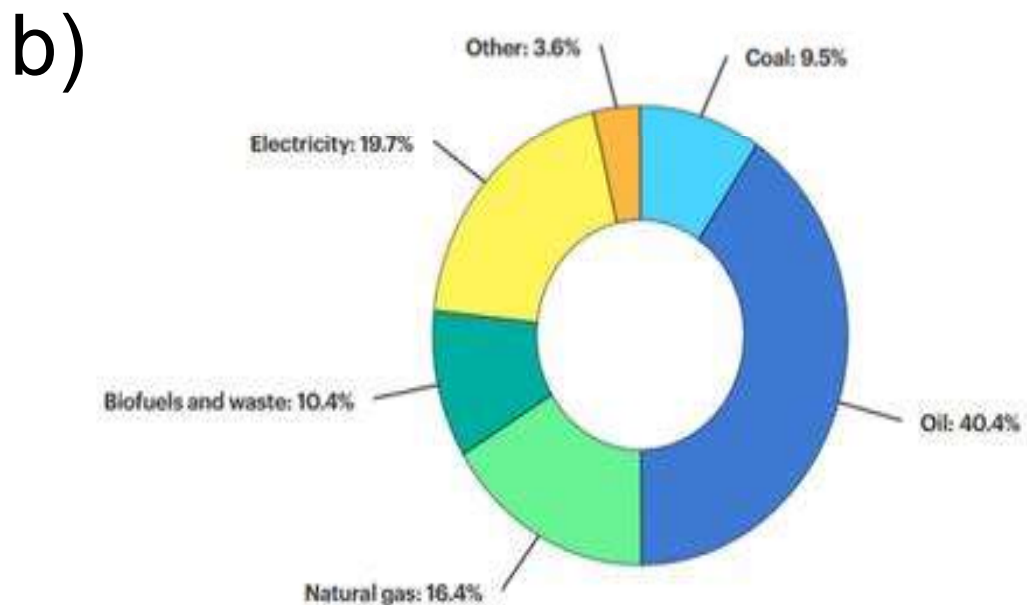
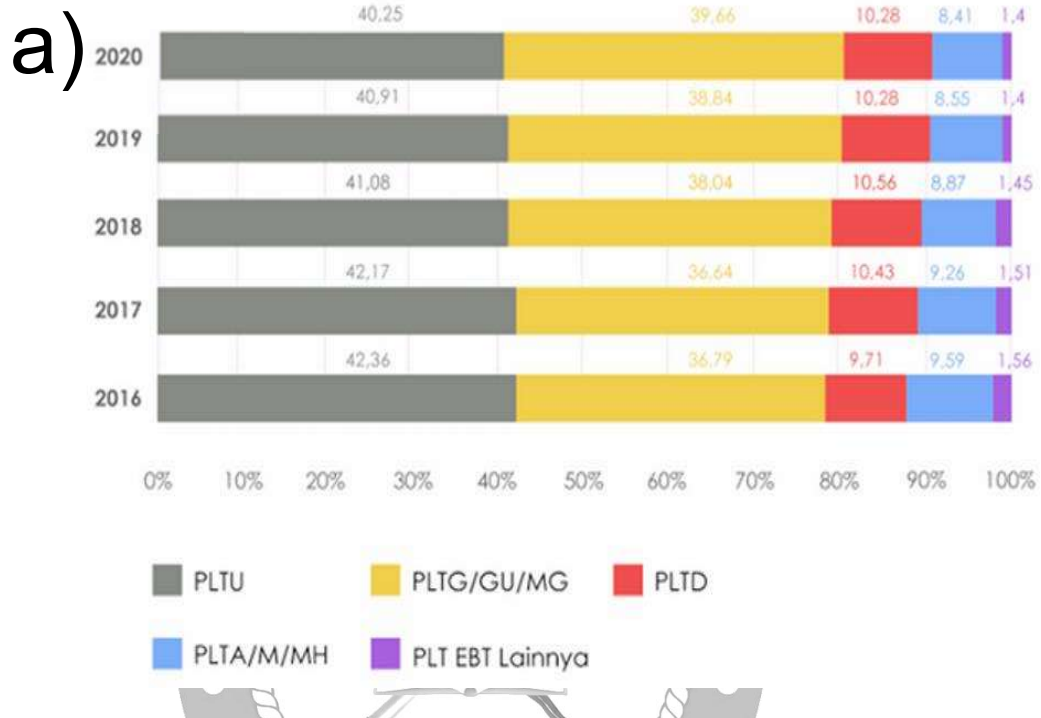
PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Indonesia secara geografis diapit oleh dua benua dan dua samudera yang menjadikannya sebagai negara dengan jumlah pulau terbesar di dunia (Legionosuko dkk., 2019) dan berpengaruh besar akan keadaan alam maupun kehidupan penduduk (Julismin, 2013) dimana letak ini disebut posisi silang yang menjadikan Indonesia memiliki geografis yang sangat strategis (Legionosuko dkk., 2019). Letak strategis tersebut haruslah diperkuat dengan pertahanan yang solid melalui peraturan Undang-Undang (UU) Nomor 30 Tahun 2007 tentang Energi pasal 2 menyatakan bahwa energi dikelola berdasarkan asas kemanfaatan, rasionalitas, efisiensi berkeadilan, peningkatan nilai tambah, keberlanjutan, kesejahteraan masyarakat, pelestarian fungsi lingkungan hidup, ketahanan nasional, dan keterpaduan dengan mengutamakan kemampuan nasional (Pemerintah Indonesia, 2007). Kemudian pada pasal 3 menyatakan bahwa dalam rangka mendukung pembangunan nasional secara berkelanjutan dan meningkatkan ketahanan energi nasional (Pemerintah Indonesia, 2007). Hal ini menyiratkan bahwa pemanfaatan energi haruslah berdasarkan asas ketahanan nasional demi tujuan Pembangunan nasional dan ketahanan pasokan energi (Sidik Boedoyo et al., 2012). Ketahanan energi memiliki peran vital dalam konteks pertahanan, energi yang stabil, dan cukup sangat diperlukan untuk mendukung infrastruktur dan teknologi militer yang membutuhkan pasokan energi yang besar, dimana pertahanan yang solid memerlukan alutsista yang tangguh dan harus didukung dengan ketahanan energi. Selain itu, ketahanan energi juga berperan penting dalam menghindari krisis energi yang dapat memicu konflik, sehingga menjaga kestabilan energi menjadi aspek krusial dalam menciptakan ketahanan

nasional yang lebih kuat dan mencegah potensi ancaman dari krisis energi global (Kementerian Pertahanan Republik Indonesia, 2015).

Pemanfaatan energi di skala global, termasuk di Indonesia, masih didominasi dari sumber energi tak terbarukan dari bahan bakar fosil, berdasarkan data dari International Energy Agency (IEA) pada tahun 2021 pemanfaatan minyak sebagai sumber energi masih menjadi yang tertinggi dengan persentase mencapai 40,4% (International Energy Agency (IEA), 2021) yang dapat dilihat pada gambar 1.1 bagian a. Ketergantungan ini akan memiliki dampak yang sangat buruk bagi lingkungan, seperti peningkatan suhu permukaan bumi yang akan berefek pada kenaikan permukaan air laut (Pertamina Energy Insititute, 2020; Setyono & Kiono, 2021) dan juga mengancam ketahanan energi nasional. Maka dari itu peralihan dari sumber energi fosil menuju sumber energi terbarukan menjadi solusi dalam menjamin ketahanan energi nasional. Energi terbarukan, seperti sinar matahari, air, biogas, dan panas bumi memiliki keunggulan dalam ketersediaannya yang berlimpah sehingga dapat digunakan secara berkelanjutan dibandingkan energi fosil yang masih konvensional (Solikah & Bramastia, 2024). Namun Sayangnya berdasarkan data dari Kementerian ESDM tahun 2021, dalam pemanfaatan sumber energi dalam ketenagalistrikan persentase pemanfaatan energi terbarukan masih menjadi yang terendah sepanjang tahun 2016-2019 yang dapat dilihat pada gambar 1.1 bagian b (Kementerian ESDM, 2021).



Gambar 1.1 (a) Konsumsi Energi Dunia berdasarkan Jenis Energinya dan (b) Persentase Kapasitas Listrik Terpasang Nasional per Jenis Pembangkitnya.

Sumber: (International Energy Agency (IEA), 2021; Kementerian ESDM, 2021).

Indonesia sendiri juga terus berupaya untuk memutus dominasi pemanfaatan energi bersumber energi fosil dengan mengeluarkan kebijakan melalui Peraturan Presiden No. 22 Tahun 2017 tentang Rencana Umum Energi Nasional (RUEN) berkomitmen dalam mengembangkan energi terbarukan dengan target kontribusi energi terbarukan sebesar 23% pada tahun 2025 dan 31% pada tahun 2050 (Republik Indonesia, 2017). Sebagai negara kepulauan yang terletak di jalur khatulistiwa Indonesia memiliki keunggulan geografis untuk memanfaatkan energi surya (Nasution dkk., 2024). Dengan durasi rata-rata penyinaran matahari selama 12 jam per hari dan intensitas radiasi mencapai rata-rata 4,8 kWh/m², Indonesia memiliki potensi besar untuk menjadikan energi surya sebagai sumber energi utama yang mendukung transisi energi dan ketahanan energi nasional (Halim, 2022; Kementerian ESDM, 2023).

Pemanfaatan energi surya menjadi salah satu opsi dalam upaya mendukung ketahanan energi di Indonesia. Salah satu teknologi yang dapat dimanfaatkan adalah penggunaan sel surya. Sel surya kini telah mencapai generasi ke-3, dimana salah satu teknologinya memanfaatkan material berbasis perovskit sebagai bahan penyerapan foton untuk kemudian dikonversi menjadi energi listrik melalui perangkat yang disebut dengan *perovskite solar cell* (PSC). Pada awalnya struktur PSC merupakan perkembangan dari *dye-sensitized solar cell* (DSSC) konvensional yang menggunakan *dye sensitizer* sebagai eksitasi cahaya (Wattthage dkk., 2018). Kemudian (Kojima dkk., 2009) mulai menggantikan *dye* dengan perovskit MAPbI₃ yang merupakan awal revolusioner terciptanya PSC berstruktur mesoskopik atau disebut juga *mesoscopic perovskite solar cells* (MPSCs) yang mendapatkan *power conversion efficiency* (PCE) sebesar 3,2%. Hal ini kemudian menarik perhatian banyak peneliti untuk dapat mengembangkan sel surya yang menggunakan perovskit sebagai absorbansinya dengan mulai mencari struktur yang tepat dengan mengevaluasi dan menentukan material yang tepat untuk mendapat meningkatkan performa sel surya perovskit. Dikarenakan karakteristik

elektriknya yang dapat divariasikan dengan komponen materialnya, sel surya perovskit menjadi topik menarik dan menjadi pemain kunci dalam teknologi sel surya (Nursam, 2024).

Pada penelitian ini akan dilakukan fabrikasi sel surya berstruktur mesoskopik (MPSCs) dengan dua strategi optimasi, yaitu melalui variasi lapisan pemisah, yaitu (i) menggunakan pasta Zr-Nanoxide Z/SP dan Zr-Nanoxide ZT/SP yang diharapkan dapat meningkatkan efisiensi konversi daya dan stabilitas struktur perovskit, serta (ii) variasi elektroda karbon berupa rasio antara *carbon black* (CB) dan grafit (GP) yang diharapkan dapat memberikan gambaran yang lebih jelas mengenai peran struktur elektroda dalam meningkatkan performa sel surya berbasis perovskit. Kemudian akan dilakukan karakterisasi sel dan karakterisasi material. Pada karakterisasi sel dilakukan karakterisasi current-voltage (J-V) dan karakterisasi *incident photon-to-current efficiency* (IPCE). Selanjutnya pada karakterisasi material akan dilakukan pengujian ketebalan, pengujian *four point probe* (FPP), dan pengujian *scanning electron microscope* (SEM). Hasil karakterisasi akan dikumpulkan dan diolah datanya untuk melihat performa dari MPSCs hasil dari fabrikasi. Dengan mengembangkan dan menguasai teknologi ini, Indonesia dapat memanfaatkan potensi energi surya yang sangat besar, meningkatkan ketahanan energi nasional, dan mengurangi ketergantungan pada sumber energi fosil yang semakin terbatas (Kementerian ESDM, 2023).

1.2 Rumusan Masalah

Berikut rumusan masalah yang dikaji pada penelitian ini:

- a. Bagaimana karakteristik dari material variasi lapisan pemisah Zr-Nanoxide Z/SP dan Zr-Nanoxide ZT/SP serta pengaruhnya terhadap performa MPSCs yang dihasilkan?
- b. Bagaimana karakteristik dari elektroda karbon yang dibuat dengan variasi komposisi rasio CB:GP (1:1), CB:GP (1:3), dan CB:GP (1:6) serta pengaruhnya terhadap performa MPSCs yang dihasilkan?

1.3 Tujuan Penelitian

Berikut tujuan yang dapat menjawab rumusan masalah berdasar latar belakang dari penelitian ini:

- a. Menganalisis karakteristik material lapisan pemisah berupa Zr-Nanoxide Z/SP dan Zr-Nanoxide ZT/SP serta pengaruhnya terhadap performa MPSCs.
- b. Menganalisis karakteristik elektroda karbon dengan variasi komposisi rasio CB:GP (1:1), CB:GP (1:3), dan CB:GP (1:6) serta pengaruhnya terhadap pada performa MPSCs.

1.4 Manfaat Penelitian

Dari kegiatan penelitian yang telah dilakukan diharapkan mampu memberikan manfaat kepada berbagai pihak untuk peneliti yang berhubungan dengan MPSCs, BRIN, Universitas Pertahanan, dan bagi penulis sendiri. Penjabaran manfaat penelitian akan dipisahkan menjadi manfaat teoritis dan manfaat praktis sebagai berikut:

- a. Manfaat teoritis penelitian berkontribusi pada pengembangan model baru untuk fabrikasi sel surya yang dapat diadaptasi untuk skala industri. Dengan melakukan eksperimen pada MPSCs menjadi dasar untuk penelitian lanjutan yang lebih terperinci untuk menciptakan solusi energi yang lebih ramah lingkungan dan berkelanjutan. Hasil penelitian diharapkan menjadi referensi penting untuk pengembangan sel surya generasi berikutnya.
- b. Manfaat praktis pada penelitian ini dapat berkontribusi pada pengurangan ketergantungan akan energi fosil dan meningkatkan kemandirian energi. Selain itu, penguasaan teknologi MPSCs dapat memberikan solusi berkelanjutan dalam menghadapi tantangan krisis energi global dan perubahan iklim yang dapat memperkuat posisi Indonesia dalam pemanfaatan energi terbarukan.