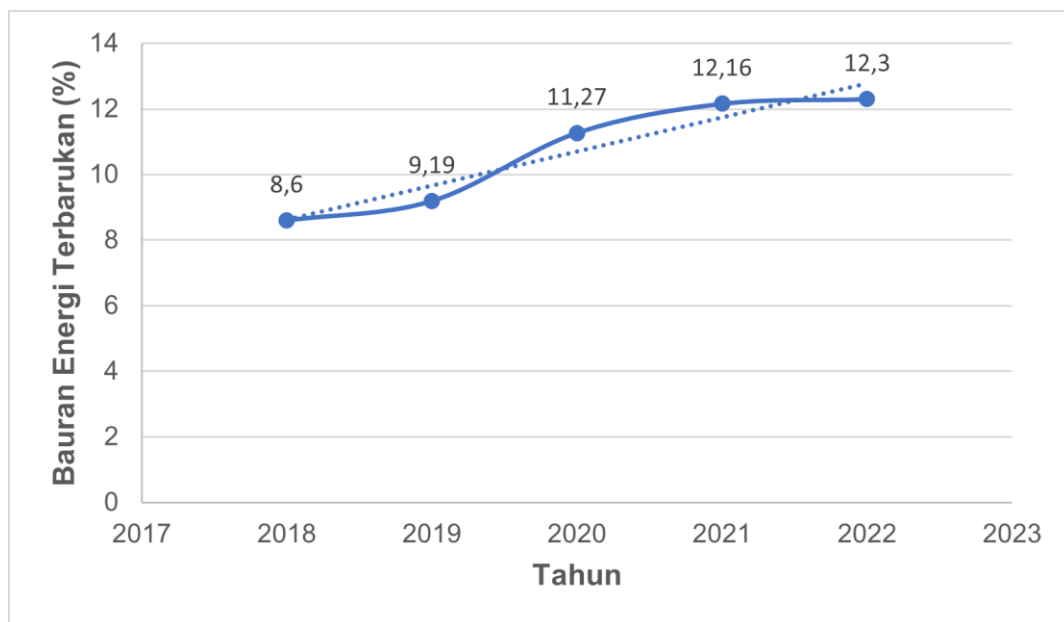


BAB I. PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Kebutuhan energi di Indonesia terus mengalami peningkatan seiring dengan pertumbuhan ekonomi dan bertambahnya jumlah penduduk (Dat *et al.*, 2020). Berdasarkan data Kementerian Energi dan Sumber Daya Mineral (ESDM) Republik Indonesia, sekitar 95% dari kebutuhan energi nasional masih bergantung pada penggunaan bahan bakar fosil. Banyaknya tingkat konsumsi tersebut menunjukkan hampir 50% berasal dari penggunaan bahan bakar minyak (BBM), sehingga wajar apabila kebutuhan energi, khususnya pada sektor transportasi diperkirakan akan terus meningkat dalam beberapa tahun mendatang. Meskipun demikian, kapasitas produksi dan ketersediaan sumber daya di Indonesia tidak diiringi dengan meningkatnya konsumsi bahan bakar fosil (Wiratmaja dan Elisa, 2020).



Sumber: Kementerian ESDM, (2021) dan Badan Pusat Statistik, (2023)

Gambar 1. 1

Grafik Bauran Energi Terbarukan Tahun 2018-2022

Seiring dengan meningkatnya konsumsi energi di sektor transportasi dan semakin terbatasnya cadangan bahan bakar fosil. Hal tersebut menunjukkan bahwa pentingnya upaya untuk mengurangi ketergantungan terhadap energi fosil, terutama bahan bakar minyak yang sumbernya kian menipis dan tidak terbarukan. Salah satu solusi untuk mengatasi hal tersebut yaitu mencari energi alternatif. Hal ini didukung oleh data dari grafik bauran energi terbarukan yang menunjukkan

trend positif, dimana penggunaan energi terbarukan meningkat secara konsisten dari 8,6% pada tahun 2018 menjadi 12,3% pada tahun 2022. Peningkatan sebesar 3,7% dalam kurun waktu 5 tahun terakhir menandakan fokus yang kuat pada pengembangan alternatif energi terbarukan. Upaya yang dapat dilakukan yaitu meningkatkan penggunaan sumber energi lain khususnya pada sektor transportasi, termasuk penggunaan bahan bakar nabati (*biofuel*), terutama bioetanol sebagai sumber energi alternatif yang dapat diperbarui dan ramah lingkungan. Biofuel merupakan sumber energi terbarukan yang potensial dalam industri transportasi karena dapat digunakan dalam infrastruktur saat ini dan membutuhkan lebih sedikit kemajuan teknologi dari pada alternatif terbarukan lainnya, seperti kendaraan listrik dan tenaga nuklir (Khan *et al.*, 2021). Biofuel yaitu bahan bakar yang mudah terbakar terbuat dari bahan organik seperti tanaman dan limbah hewani. Biofuel tersedia dalam bentuk cair, padat, dan gas. Namun banyak penelitian yang berfokus pada biofuel cair karena biofuel jenis ini mempunyai potensi terbesar dalam membantu proses dekarbonisasi sektor transportasi karena ketergantungannya yang rendah pada teknologi yang ada. Biofuel terbagi menjadi beberapa jenis yaitu bioetanol, biodiesel, dan biogas (Guo *et al.*, 2015).

Banyak penelitian terdahulu mengenai pemanfaatan ampas singkong sebagai bahan dasar dalam pembuatan bioetanol (Efeovbokhan *et al.*, 2019). Bioetanol adalah etanol yang dihasilkan dari biomassa yang mengandung gula, pati, dan selulosa seperti limbah singkong, singkong, jagung, tebu dan sebagainya. Etanol biasanya dimanfaatkan dalam berbagai bidang industri sebagai bahan baku dari turunan alkohol, campuran untuk minuman keras seperti sake, bahan baku farmasi atau obat-obatan serta kosmetik. Pengelompokkan kadar etanol berdasarkan kualitas alkoholnya, etanol diklasifikasikan menjadi 3 macam yaitu kadar alkohol 90-94% dengan kualitas skala industri, kadar alkohol 96-99,5% tergolong netral digunakan untuk campuran minuman keras atau bahan baku obat-obatan (farmasi), serta kadar alkohol 99,5-100% digunakan sebagai bahan bakar (Hendrawati *et al.*, 2019). Etanol dengan rumus kimia C_2H_5OH sering disebut etil alkohol dapat dibuat dari proses pengolahan, fermentasi, dan distilasi dari beberapa jenis tanaman yang mengandung karbohidrat tinggi seperti tebu, jagung, singkong (Arwin *et al.*, 2019).

Salah satu sumber utama bahan baku dalam produksi bioetanol tertinggi berasal dari tanaman singkong. Limbah ampas singkong yang dihasilkan selama proses pengolahan belum dimanfaatkan secara optimal, padahal limbah ini kaya

akan karbohidrat yang dapat dikonversikan menjadi etanol. Kandungan singkong itu sendiri terdiri dari 60% air, 2,5% serat kasar, serta 35% pati yang mengandung amyloosa dan amylopektin, kedua kandungan tersebut dapat di konversi menjadi etanol (Hariyadi dan Afriani, 2022). Ampas singkong merupakan limbah padat dari industri pembuatan tepung tapioka yang belum dimanfaatkan secara maksimal. Faktanya limbah ini mengandung karbohidrat yang tinggi dan dapat dijadikan sebagai bahan baku dalam produksi bioetanol. Selain itu, ampas singkong juga mengandung komposisi kimia yang dapat dimanfaatkan seperti serat lignoselulosa yang mengandung selulosa (36,6%), hemiselulosa (21,3%) dan lignin (17,3%) (Safitri dan Amalia, 2023).

Sebagian besar limbah pertanian mengandung $\geq 50\%$ gula yang dapat difermentasi tetapi karena strukturnya yang sulit untuk difermentasi, maka perlu dilakukan perlakuan awal atau *pretreatment* (Shukla *et al.*, 2023). *Pretreatment* yang efektif untuk mengurangi ukuran biomassa, meminimalkan kehilangan gula, dan memaksimalkan proses menghilangkan lignin serta pengurangan pembentukan inhibitor, sehingga membuat proses menjadi ekonomis (Anu *et al.*, 2020). Perlakuan awal bertujuan untuk menghancurkan lignin dan meningkatkan aksesibilitas selulosa sehingga enzim dapat lebih mudah menghidrolisisnya menjadi glukosa. Hal ini juga membantu melarutkan hemiselulosa dan lignin dalam biomassa, sehingga proses konversi biomassa menjadi glukosa lebih efisien (Jamil *et al.*, 2022).

Proses konversi biomassa menjadi glukosa dapat dilakukan dengan menggunakan enzim α -amilase atau melalui perlakuan dengan asam sulfat dengan enzim amyloglukosa. Namun, enzim α -amilase umumnya hanya mampu menghidrolisis sebagian material saja (Numberi *et al.*, 2023). Penggunaan asam sulfat dalam hidrolisis sebagai metode *pretreatment* memiliki kelemahan yaitu bersifat korosif, beracun, berbahaya dan dapat terbentuk senyawa toksik seperti *hidroksimetil furfural* (HMF) yang mengganggu fermentasi khamir. Metode ini termasuk metode *pretreatment* kimia (Susmiati *et al.*, 2011). Selain itu metode lain seperti delignifikasi kimia dengan menggunakan bantuan sinar radiasi mikro (mikrowave) dan pelarut Natrium Hidroksida (NaOH) dapat meningkatkan kadar selulosa dan mengurangi polimerisasi selulosa sehingga proses hidrolisis kinerja pelarut asam dapat meningkat (Nusbah *et al.*, 2025). Kelemahan metode ini yaitu adanya pembentukan senyawa inhibitor seperti furfural dan fenol jika penggunaan suhu tinggi pada microwave dan membutuhkan energi listrik yang

cukup besar sehingga biaya operasional menjadi lebih tinggi. Penggunaan bahan kimia NaOH dalam jumlah besar menghasilkan limbah cair yang dapat menyebabkan pencemaran lingkungan jika tidak diolah dengan benar (Hidayat, 2013).

Oleh karena itu, penelitian ini menggunakan metode *pretreatment* yang lebih ramah lingkungan dan efektif dalam pembuatan bioetanol yaitu iradiasi menggunakan sinar *gamma* (γ) (Sudrajat *et al.*, 2018). *Gamma irradiation pretreatment* adalah metode yang efektif untuk memecah struktur biomassa lignoselulosa menjadi bentuk amorf, sehingga dapat meningkatkan konversi karbohidrat bermassa molekul yang rendah berasal dari selulosa (Xiang *et al.*, 2016). Keunggulan teknologi iradiasi yaitu tidak menimbulkan residu atau limbah, tidak terkontaminasi dan relatif waktu yang digunakan singkat. Teknologi iradiasi dapat dikombinasikan dengan metode lain seperti proses yang memerlukan perlakuan secara fisik, kimia, dan biologi. Efektivitas *gamma irradiation pretreatment* dalam memecah struktur lignoselulosa disebabkan oleh kemampuannya untuk menghasilkan radikal bebas yang dapat memutus ikatan kimia dalam lignin, selulosa, dan hemiselulosa.

1.2 Rumusan Masalah

Rumusan masalah dalam penelitian ini yaitu sebagai berikut:

1. Bagaimana pengaruh variasi dosis *gamma irradiation* (0 kGy, 750 kGy, dan 1000 kGy) sebagai metode *pretreatment* terhadap perubahan profil warna ampas singkong, struktur morfologi, serta kadar glukosa?
2. Apakah *gamma irradiation pretreatment* dapat meningkatkan kadar glukosa dan kadar etanol dalam produksi bioetanol dari ampas singkong?

1.3 Tujuan Penelitian

Tujuan dari dilakukannya penelitian ini yaitu:

1. Menganalisis pengaruh *gamma irradiation pretreatment* terhadap perubahan profil warna, struktur morfologi (SEM), serta kadar glukosa.
2. Mengevaluasi pengaruh *gamma irradiation* dalam meningkatkan kadar glukosa dan etanol hasil fermentasi ampas singkong.

1.4 Manfaat Penelitian

Manfaat dari penelitian ini yaitu:

1. Mengurangi limbah pertanian, khususnya limbah singkong, dengan mengubahnya menjadi bioetanol sebagai sumber energi terbarukan yang bernilai ekonomi tinggi.
2. Memberikan solusi bagi industri bioetanol dalam meningkatkan produksi bioetanol dengan *pretreatment* yang lebih efisien dan ramah terhadap lingkungan.