

## BAB V

### KESIMPULAN DAN SARAN

#### 5.1. Kesimpulan

Berdasarkan penelitian yang telah dilakukan, berikut adalah kesimpulan dari berbagai aspek terkait pembuatan bioetanol dari ampas sagu dengan menggunakan hidrolisis asam sulfat dan enzim:

##### 1. Metode Produksi

- Hidrolisis Asam Sulfat ( $H_2SO_4$ ): Proses ini melibatkan sakarifikasi dan fermentasi terpisah, di mana asam sulfat digunakan untuk menghidrolisis selulosa. Setelah hidrolisis, pH hidrolisat dinetralkan sebelum proses fermentasi dengan sel *S. cerevisiae* yang diimobilisasi.
- Hidrolisis Enzim: Metode ini menggabungkan liquifikasi dan sakarifikasi dengan penggunaan enzim alfa-amilase dan gliko-amilase, serta fermentasi dilakukan dalam satu langkah setelah pH dinetralkan.

##### 2. Yield Etanol:

Yield bioetanol dari ampas sagu menggunakan hidrolisis enzim (56,6%) lebih tinggi dibandingkan dengan hidrolisis asam sulfat (36,6%). Hal ini disebabkan oleh efisiensi konversi gula menjadi etanol yang lebih baik dalam proses enzimatik.

##### 3. Karakteristik Bioetanol :

- Densitas : Bioetanol yang dihasilkan dari hidrolisis asam sulfat memiliki densitas 0,8955 g/mL, sedangkan dari hidrolisis enzim adalah 0,8577 g/mL. Keduanya lebih tinggi dari densitas etanol murni (0,79 g/mL), menunjukkan bahwa kualitas bioetanol masih perlu ditingkatkan.
- Viskositas : Viskositas bioetanol dari hidrolisis enzim (1,09 Cp) lebih tinggi dibandingkan dengan hidrolisis asam sulfat (1,01 Cp), tetapi keduanya belum memenuhi standar SNI (1,17 Cp).
- Kadar Bioetanol: Kadar bioetanol yang dihasilkan dari hidrolisis enzim menunjukkan performa lebih baik dibandingkan hidrolisis asam sulfat, menunjukkan bahwa penggunaan enzim lebih efisien.

- Analisis FT-IR dan UV-Vis: Analisis FT-IR menunjukkan keberadaan gugus fungsi yang mendukung keberadaan bioetanol. Hasil dari analisis UV-Vis menegaskan bahwa kadar bioetanol yang dihasilkan dari hidrolisis enzim lebih tinggi daripada hidrolisis asam sulfat.

Secara keseluruhan, penelitian ini menunjukkan bahwa penggunaan hidrolisis enzim lebih efisien dalam produksi bioetanol dari ampas sagu dibandingkan dengan hidrolisis asam sulfat, baik dari segi yield maupun karakteristik fisik bioetanol yang dihasilkan.

## 5.2. Saran

Berdasarkan hasil penelitian pembuatan bioetanol dari ampas sagu menggunakan hidrolisis asam sulfat dan enzim, berikut ini beberapa saran untuk pengembangan lebih lanjut:

- Optimalisasi Kondisi Proses Enzimatis : Mengingat hidrolisis enzim menghasilkan rendemen bioetanol yang lebih tinggi dan memiliki beberapa keunggulan karakteristik, maka penelitian lebih lanjut dapat difokuskan pada optimasi kondisi seperti konsentrasi enzim, waktu fermentasi, dan temperatur proses untuk lebih meningkatkan efisiensi produksi.
- Peningkatan Kualitas Bioetanol : Karena densitas dan viskositas bioetanol yang dihasilkan masih lebih tinggi dari standar etanol murni, maka penelitian lebih lanjut perlu difokuskan pada peningkatan kualitas produk melalui langkah pemurnian tambahan atau optimasi proses untuk menurunkan nilai densitas dan viskositas agar sesuai dengan standar SNI.
- Penggunaan Enzim yang Lebih Spesifik : Eksplorasi penggunaan enzim yang lebih spesifik dan efisien dalam menghidrolisis komponen lignoselulosa dapat meningkatkan efisiensi konversi gula menjadi etanol. Sebagai contoh, penggunaan enzim selulase untuk memecah komponen selulosa yang lebih sulit didegradasi.

- Skalabilitas Proses : Uji coba skala laboratorium yang berhasil harus diikuti dengan penelitian tentang penerapan proses pada skala industri. Hal ini mencakup evaluasi biaya produksi, ketersediaan enzim, dan pengelolaan limbah yang dihasilkan selama proses produksi.
- Pemanfaatan Limbah Sisa : Penelitian tambahan dapat diarahkan pada pemanfaatan limbah sisa dari proses produksi bioetanol, seperti lignin atau padatan yang tersisa, yang dapat digunakan untuk pembuatan produk bernilai tambah lainnya, seperti bahan bakar padat atau biokomposit.
- Pengembangan Bioreaktor yang Efisien : Untuk meningkatkan efisiensi proses fermentasi, pengembangan atau pemilihan bioreaktor yang sesuai untuk fermentasi enzimatik juga harus dipertimbangkan agar hasil yang diperoleh dapat dimaksimalkan di tingkat industri.

Dengan adanya saran-saran tersebut, diharapkan efisiensi dan kualitas bioetanol yang dihasilkan dari ampas sagu dapat lebih ditingkatkan, serta membuka peluang untuk aplikasi komersial yang lebih luas dan berkelanjutan.