

Konversi Bagas menjadi Etanol dengan Kombinasi Perlakuan Awal dan Enzim dalam Proses Sakarifikasi dan Fermentasi Serempak (SSF) = Conversion of Bagasse to Ethanol with Combination Pretreatments and Enzymes in Simultaneous Saccharification and Fermentation (SSF)

M. Samsuri, author

Deskripsi Lengkap: <https://lib.ui.ac.id/detail?id=129745&lokasi=lokal>

Abstrak

Salah satu prioritas dalam agenda jangka panjang pengembangan energi baru dan terbarukan yang tertuang dalam Agenda Riset Nasional (ARN) adalah pengembangan bioetanol dari material lignoselulosa. Masalah yang mendasar dalam proses peningkatan produksi etanol dari material lignoselulosa termasuk bagas adalah bagaimana mengkonversi secara menyeluruh polisakarida menjadi monosakarida dengan memanfaatkan enzim-enzim yang spesifik. Untuk material bagas, yang dimaksud konversi menyeluruh adalah konversi selulosa, xylan dan selobiosa. Selain itu, keberadaan lignin dalam bagas dapat menghambat akses enzim dalam memecah polisakarida menjadi monosakarida, sehingga menyebabkan produksi etanol tidak optimal.

Pada penelitian ini, telah dilakukan penelitian dengan teknologi proses baru untuk meningkatkan produksi etanol dari bagas melalui proses sakarifikasi dan fermentasi serempak (SSF). Penelitian yang dilakukan adalah mencakup proses menyeluruh perlakuan awal dengan beberapa jamur pelapuk putih (*Ceriporiopsis subvermispora*, *Lentinus edodes* dan *Pleurotus ostreatus*) dan steaming, hidrolisis menggunakan kombinasi multi enzim selulase, selobiasedan xylanase serta proses fermentasi dengan *Saccharomyces cerevisiae* AM 12 yang dilakukan secara serempak.

Kombinasi enzim selulase-selobiase, selulase-xylanase dan selulase-selobiase-xylanase meningkatkan produksi etanol dari bagas dalam proses SSF. Konsentrasi etanol tertinggi yang dihasilkan dengan kombinasi enzim selulase-selobiase, selulase-xylanase dan selulase-selobiase-xylanase berturut-turut 6,9 g/L, 8,6 g/L dan 9,8 g/L, sedangkan dengan enzim selulase saja sebesar 6,0 g/L. Persentase ethanol yield (berbasis berat bagas) yang dihasilkan dengan kombinasi enzim tersebut berturut-turut sebesar 13,9%, 17,2% dan 19,7%, sedangkan dengan enzim selulase saja sebesar 11,95%. Pencapaian hasil teori (theoretical yield) tertinggi dengan menggunakan kombinasi enzim selulase-selobiase-xylanase sebesar 49,5%, sedangkan dengan enzim selulase saja pencapaian hasil teori sebesar 42,0%.

Peningkatan produksi etanol dengan enzim selulase-selobiase membuktikan bahwa selain glukosa, selobiosa juga terbentuk dalam proses hidrolisis parsial selulosa oleh enzim selulase. Selobiosa yang terbentuk kemudian secara simultan dikonversikan menjadi glukosa oleh enzim selobiase, yang dibuktikan dengan peningkatan glukosa sebesar 16,2% setelah proses dihidrolisis dengan enzim selulase-selobiase. Selanjutnya glukosa yang terbentuk secara simultan dikonversi menjadi etanol oleh *S. cerevisiae*.

Selain itu, peningkatan jumlah etanol yang dihasilkan dengan kombinasi selulase-selobiase-xylanase juga membuktikan bahwa reaksi multi enzim dengan masing-masing substrat yang spesifik dapat terjadi dalam proses SSF. Reaksi multi enzim tersebut yaitu reaksi hidrolisis selulosa dengan selulase menjadi glukosa,

hidrolisis xylan dengan xylanase menjadi xylosa dan hidrolisis selobiosa menjadi glukosa dengan enzim selobiase. Selanjutnya secara simultan glukosa dan xylosa yang terbentuk dikonversi menjadi etanol dengan *S. cerevisiae*. Hal ini dibuktikan dengan menurunnya kadar selulosa dan hemiselulosa setelah proses SSF berlangsung yaitu dari 50% dan 20% menjadi 22% dan 10%.

Peningkatan sangat signifikan pada produksi etanol dari bagas dengan kombinasi enzim selulase-selobiase, selulase-xylanase dan selulase-selobiase-xylanase setelah dilakukan kombinasi perlakuan awal *C. subvermispora* dan steaming 180°C. Konsentrasi etanol yang dihasilkan dengan kombinasi enzim dan perlakuan awal tersebut berturut-turut sebesar 12,9 g/L, 13,5 g/L dan 18,2 g/L. Dengan persentase ethanol yield yang dihasilkan berbasis berat bagas sebesar 25,7%, 26,9% dan 36,4%.

Peningkatan etanol yang dihasilkan setelah perlakuan awal dengan *C. subvermispora* dan steaming disebabkan adanya proses biodegradasi lignin oleh *C. subvermispora* dan pelarutan kristal-kristal selulosa dan hemiselulosa selama proses perlakuan dengan steaming berlangsung. Hal ini dibuktikan dengan adanya penurunan kadar lignin sebesar 26,5%, selulosa sebesar 9,4% dan hemiselulosa 14,1% setelah kombinasi perlakuan awal *C. subvermispora* dan steaming pada suhu 180°C.

Ethanol yield tertinggi 36,4% dengan pencapaian theoretical yield sebesar 91,4%, yaitu dengan enzim selulase-selobiase-xylanase yang dikombinasikan dengan perlakuan awal *C. subvermispora* dan steaming 180°C. Pencapaian hasil teori ini meningkat sangat signifikan dibandingkan dengan etanol yang dihasilkan jika hanya menggunakan enzim selulase saja (42,03%). Peningkatan tersebut membuktikan bahwa kombinasi perlakuan awal *C. subvermispora* dan steaming yang dipadukan dengan hidrolisis multi enzim selulase-selobiase-xylanase sangat efektif dalam mengkonversi bagas menjadi etanol dalam proses SSF. Hal ini dibuktikan dengan menurunnya kadar selulosa dan hemiselulosa pada residu bagas setelah proses SSF berlangsung yaitu dari 50% dan 20% menjadi 4,5% dan 3,5%.

<i>One of priority in the long term National Research Agenda for renewable energy development is bioethanol production from lignocellulosic materials. The problem in increasing ethanol production from lignocellulosic material, including bagasse, is how to convert completely polysaccharide to monosaccharide using specific enzymes. Complete conversion of bagasse includes how to convert cellulose, xylan and cellobiose. Another problem is the existence of lignin in bagasse, which makes it difficult for enzyme to access and, thus to convert polysaccharide to monosaccharide. It causes unoptimal ethanol production.

Novel technology to produce ethanol from bagasse by simultaneous saccharification and fermentation (SSF) was carried out. Experiments included pre-treatments of bagasse with several white rot fungi (*Ceriporiopsis subvermispora*, *Lentinus edodes* and *Pleurotus ostreatus*) and steaming; hydrolysis with combination cellulase, cellobiase and xylanase enzymes; followed by fermentation using *Saccharomyces cerevisiae* AM 12.

Combination of cellulase-cellobiase, cellulase-xylanase and cellulase-cellobiase-xylanase increased the ethanol production from bagasse. The highest ethanol concentration after hydrolysis with those enzymes were 6.9 g/L, 8.6 g/L and 9.8 g/L, respectively, compared to using cellulase only which was 6.0 g/L. The

highest yield of ethanol (based on bagasse) with combination of those enzymes were 13.9%, 17.2% and 19.68%, while using cellulase only was 12.0%. The highest result of ethanol production in theoretical yield with combination of enzymes cellulase-cellobiase-xylanase is 49.5%, while using cellulase only 42.0%.

Beside glucose, the increase of ethanol production from bagasse with cellulase-cellobiase enzymes confirmed that cellobiose was also produced in partial hydrolysis of cellulose with cellulase enzyme. Cellobiose was then converted to glucose simultaneously with cellobiase enzyme, this was revealed by the increase of glucose content about 16.2% after hydrolysis with cellulase-cellobiase enzymes. And then glucose was converted to ethanol simultaneously with *S. cerevisiae*.

The increase of ethanol yields with combination of cellulase-cellobiase-xylanase enzymes confirmed that multi enzymes reaction took place on specific substrates. This multiple reactions includes hydrolysis of cellulose to glucose by cellulase, hydrolysis of xylan to xylose by xylanase enzyme and hydrolysis of cellobiose to glucose by cellobiase enzyme. Then glucose and xylose were converted to ethanol simultaneously by *S. cerevisiae*. This phenomenon was revealed by weight loss of cellulose and hemicellulose of bagasse after SSF process from 50% and 20% to 22% and 10%, respectively.

The significance increase of the ethanol production was achieved after pre-treatment with combination of *C. subvermispora* and steaming 180_C. The highest ethanol production at combination of cellulase-cellobiase, cellulase-xylanase and cellulase-cellobiase-xylanase after pre-treatment *C. subvermispora* and steaming 180_C were 12.9 g/L, 13.5 g/L and 18.2 g/L, respectively. The highest yield of ethanol (based on bagasse) with those combination were 25.7%, 26.9% dan 36.4%, respectively.

The increase of ethanol yield after pre-treatment with *C. subvermispora* and steaming was caused by lignin biodegradation of bagasse with *C. subvermispora* and dissolution of cellulose and hemicellulose crystalline in steaming treatment process. This was revealed by lignin loss about 26.5%, cellulose loss about 9.4% and hemicellulose loss about 14.1% after pre-treatment with combination of *C. subvermispora* and steaming at 180_C.

The highest achievement of ethanol production in theoretical yield with combination cellulase-cellobiase-xylanase after pre-treatment with combination of *C. subvermispora* and steaming at 180_C was 91.4%. This was a very significant increase compared to the ethanol production in theoretical yield when using cellulase only (42.0%). This increase of ethanol yield revealed that combination of pre-treatment and hydrolysis of multi enzymes very effectively converting bagasse to ethanol in SSF. This phenomenon was confirmed by weight loss of cellulose and hemicellulose in bagasse after SSF process from 50% and 20% to 4.5% and 3.5%.