

INOVASI STARTER DAN MODIFIKASI DESTILATOR UNTUK PRODUKSI BIOETANOL DARI LIMBAH MAKANAN

Agung Astuti dan Totok Suwondo
Universitas Muhammadiyah Yogyakarta

Abstrak

*Tujuan penelitian adalah menentukan konsentrasi asam sulfat optimum pada proses hidrolisa asam, mengisolasi jamur penghasil amylase dan memformulasi inovasi starter dari jamur dan yeast serta menguji prototipe alat destilator yang telah dimodifikasi untuk menghasilkan bioetanol dengan rendemen tinggi. Metode penelitian terdiri dari 4 tahap, yaitu : (1) Hidrolisis asam, (2) isolasi jamur penghasil amylase, (3) optimasi fermentasi menggunakan starter inovatif, (4) Produksi Bioetanol dengan modifikasi desain destilator bersirip tiga dan penambahan regulator untuk control temperature dari motor servo. Inovasi starter diuji daya hidrolisis pati. Hasil Hidrolisis asam dan fermentasi diuji jod, gula reduksi, pH, asam tertitrasi, rendemen alcohol dan kadar etanol. Hasil menunjukkan bahwa Proses hidrolisis asam limbah kantin memerlukan konsentrasi asam sulfat optimum 0,1N sebesar 10 %. Diperoleh jamur *Aspergillus sp* yang terbukti dapat menghidrolisis pati. Fermentasi limbah kantin menggunakan inovasi starter ragi tape dapat menghasilkan rendemen tertinggi (5 ml) dengan kadar alcohol 3%. Inovasi pesangan sirip-sirip di evaporator pada proses destilasi bioetanol terbukti mempercepat pemanasan. Pemasangan regulator dengan kontrol temperature dan motor servo, sudah dapat mencapai suhu 70-80 derajat, namun belum stabil.*

Kata Kunci : destilator, bioetanol, hidrolisa asam,

I. PENDAHULUAN

Keterbatasan Bahan Bakar Minyak (BBM) di dunia terjadi karena bahan baku berasal dari fosil yang sudah mulai habis. Indonesia mengalami krisis energi karena kebutuhan bahan bakar minyak mencapai 215 juta liter per hari, sedangkan produksi minyak Indonesia terus menurun menjadi 968,4 juta barel per hari (Anonim, 2008c). Hal ini membuat pemerintah terus mensubsidi bahan bakar minyak dengan cara mengimpor dari luar negeri. Disamping itu pemerintah juga melakukan penghematan energi dan mencari sumber-sumber energi baru untuk menggantikan minyak bumi. Pemerintah mengeluarkan Perpres No. 5 Tahun 2006 tentang Kebijakan Energi Nasional, dimana pemanfaatan BBN (biofuel) ditargetkan 2% pada tahun 2010 dan 5% pada 2025. Untuk mengurangi konsumsi BBM jenis bensin, dapat dilakukan dengan menambahkan 10% bioetanol 95-99 % atau sering disebut E-10.

Bioetanol dapat diproduksi dari bahan bergula, berpati dan berserat. Salah satu bahan berpati yang potensial untuk pembuatan etanol yaitu ubi kayu, yang pada tahun 2005 Indonesia mampu menghasilkan sebanyak 19.7 juta ton (sumber: BPS, 2006). Pembuatan bioetanol skala industri dengan bahan baku sebanyak 50 kg ubi kayu, cukup hanya dengan amilase sintetik inokulum *Saccharomyces* dapat menghasilkan rendemen 7 liter bioetanol kadar 90 % (Prihandana, 2007). Namun sekarang harga ubi kayu sebagai bahan baku melonjak dua kali lipat yaitu dari Rp 700,- menjadi Rp 1500,- per kg. Mengingat ubi kayu masih dimanfaatkan oleh beberapa daerah di Indonesia sebagai sumber bahan pangan alternatif maka perlu dicari bahan lain yang tidak begitu dimanfaatkan dan memiliki nilai ekonomi yang lebih rendah dibandingkan Ubi Kayu, namun secara fungsional dapat dimanfaatkan sama halnya dengan Ubi Kayu. Akan tetapi ubi minor yang memiliki kandungan karbohidrat seperti umbi Suweg dan Uwi-pun juga belum maksimal. Hasil penelitian Yanuar_Saputro dkk (2009) membuktikan bahwa umbi Suweg dapat menghasilkan 18% etanol dengan kadar alkohol 60%, sedangkan dari umbi Uwi Putih hanya sebesar 3% etanol dengan kadar alkohol 45%.

Salah satu alternatif yang dapat dikembangkan untuk pembuatan bioetanol adalah energi dari bahan organik yang berupa limbah yang berlimpah yaitu sisa makanan dari restoran, sampah rumah tangga bahkan dedaunan atau brangkasan sisa panen. Namun permasalahannya

adalah pada sulitnya proses hidrolisis dan sakarifikasi karena limbah tersebut bukan hanya mengandung pati, tetapi juga mengandung selulosa atau lignin yang sangat sulit dihidrolisis menjadi gula dan difermentasi menjadi etanol.

Limbah sisa makanan dari restoran, sampah rumah tangga bahkan dedaunan atau brangkasan sisa panen merupakan salah satu sumber bioetanol dari bahan berserat selulosa atau lignin. Pembuatan bioetanol dari limbah berselulosa dan berlignin melalui dua tahap yaitu proses hidrolisa asam yang kemudian dilanjutkan dengan proses fermentasi. Proses hidrolisa dilakukan untuk mengubah selulosa menjadi glukosa. Hidrolisa dengan asam akan memutuskan ikatan polisakarida dan sekaligus memasukkan elemen H_2O . Sedang enzim amylase akan merubah menjadi glukosa dan aktivitas yeast (*Saccharomyces cerevisiae*) akan memfermentasi menjadi alkohol. Proses fermentasi etanol ini dilakukan secara anaerob, yaitu mengubah glukosa menjadi alkohol tanpa adanya oksigen tetapi dalam pembuatan starter dibutuhkan suasana aerob dimana oksigen diperlukan untuk pembiakan sel (Hidayat, 2009). Untuk itu perlu dilakukan penelitian yaitu menentukan variabel konsentrasi asam sulfat optimum pada proses hidrolisa serat menjadi glukosa dan penelitian tentang isolasi dari berbagai jamur yang menghasilkan enzim amylase yang akan merubah menjadi glukosa. Mengingat enzim amylase sintetik komersial harganya sangat mahal.

Permasalahan berikutnya adalah, alkohol yang dihasilkan selama fermentasi harus didestilasi sehingga diperoleh kadar 90-95% yang dapat digunakan sebagai campuran bensin. Kenyataan yang terjadi pada proses destilasi adalah suhu yang tidak terkontrol dan proses pemanasan berlangsung lama sehingga diperoleh rendemen alkohol yang kecil. Pada Proses destilasi ini suhu harus konstan dan tidak boleh melebihi 70-80 derajat selsius. Agar efisien maka alat destilator harus dimodifikasi dengan penambahan alat *regulator valve* yang fungsinya mengatur agar suhu pembakaran konstan. Disamping itu perlu ditambah sirip-sirip pada tangki yang berfungsi sebagai penghantar panas agar pembakaran cepat merata sehingga destilasi dapat berjalan lancar dan diperoleh rendemen alkohol yang tinggi. Untuk itu perlu dilakukan penelitian dengan memodifikasi alat destilator, dirancang *regulator valve* dan *desain sirip-siripnya* dan diuji hasil rendemennya.

Untuk memperoleh bioetanol dari limbah sisa makanan dari restoran, sampah rumah tangga bahkan dedaunan atau brangkasan sisa panen maka perlu penelitian interdisiplin yaitu dari bidang pertanian mengenai pengelolaan limbah organik, dari mikrobiologi dan bioteknologi mengenai inovasi starter yaitu mikrobia yang digunakan sebagai hidrolisis serat serta bidang teknik mesin yang memodifikasi alat destilasi sehingga akan dihasilkan bioetanol dari limbah berserat dengan efisien dan rendemen yang tinggi. Teknologi ini diharapkan dapat digunakan sebagai pengetahuan baru yang pada akhirnya dapat dimanfaatkan oleh masyarakat luas.

Tujuan penelitian ini secara umum untuk menghasilkan bioetanol dari limbah sisa makanan dari restoran, sampah rumah tangga bahkan dedaunan atau brangkasan sisa panen melalui proses hidrolisa asam dan enzimatis sebagai bahan bakar terbarukan dan ramah lingkungan. Secara khusus penelitian ini bertujuan untuk : (1) menentukan variabel konsentrasi asam sulfat optimum pada proses hidrolisa serat menjadi glukosa, (2) mengisolasi jamur penghasil amylase, (3) Mencari kondisi optimum fermentasi menggunakan inovasi starter dari jamur dan yeast yang telah diperoleh, (4) Menguji prototipe alat destilator yang telah dimodifikasi untuk menghasilkan bioetanol dengan rendemen tinggi

Kontribusi penelitian pada pengembangan ilmu pengetahuan yaitu berupa hasil penelitian yang nantinya diharapkan dapat dipublikasi dalam bentuk makalah seminar, publikasi karya ilmiah jurnal nasional atau internasional, dipatenkan dalam hal penemuan starter fermentasi bioetanol dari bahan berserat dan metode pembuatannya serta alat destilator yang telah dimodifikasi. Hasil penelitian ini juga akan memberikan sumbangan terhadap pembangunan nasional, terutama pada teknologi pembuatan bioetanol dari limbah berserat yang merupakan suatu alternatif dalam rangka mendukung program pemerintah tentang penyediaan bahan bakar non migas yang terbarukan yaitu BBN (bahan bakar nabati) sebagai pengganti

bensin dari limbah dan ramah lingkungan serta pada akhirnya akan meningkatkan daya saing bangsa.

II. METODE PENELITIAN

Metode penelitian terdiri dari 4 tahap, yaitu: (1) Hidrolisis asam : menentukan variabel konsentrasi asam sulfat optimum pada proses hidrolisa serat menjadi glukosa, (2) isolasi jamur penghasil amylase: Sumber isolat (jamur, ragi tape, yeast dari buah tertentu), dipilih yang mempunyai daya sakarifikasi tinggi, (3) uji laboratorium tentang optimasi fermentasi menggunakan starter inovatif (a. Isolat terpilih diformulasikan sebagai starter proses fermentasi bioetanol, b. Optimasi proses fermentasi menggunakan starter inovatif hasil formulasi), (4) produksi Bioetanol dengan berbagai modifikasi desain destilator khusus untuk berbahan baku limbah berserat (a. mendesain regulator valve untuk penstabil suhu destilator 70 derajat Celsius, b. merancang tangki destilator dengan penambahan sirip-sirip)

Uji laboratorium tentang optimasi fermentasi menggunakan starter inovatif. Hasil pemilahan limbah berpati atau bergula dan hasil hidrolisis asam pada limbah berserat yang menjadi oligosakarida dan limbah disakarifikasi dengan pemanasan ditambah starter yang mengandung *amylase* dari isolate terpilih. Proses selanjutnya adalah fermentasi skala laboratorium pada fermentor 200 ml dengan penambahan starter yang mengandung yeast terpilih hasil isolasi dan diinkubasi. Selama proses fermentasi dioptimasi lama inkubasi, dan suhunya. Setelah dipanen maka akan diuji total karbohidrat dengan metode Jod, kadungan gula dengan metode spektrofotometer, asam tertitrisasi, pH, rendemen alkohol dengan hasil mini destilasi dan kadar alkoholnya dengan alcohol meter.

III. HASIL DAN PEMBAHASAN

Identifikasi Limbah Makanan. Setiap kantin atau rumah makan rata-rata membuang sisa-sisa makanan sebanyak 2,9 kg/hari, sehingga setiap bulannya sekitar 62,5 kg atau lebih dari 0,5 kw. Selama ini, limbah makanan tersebut masih dibuang di tempat sampah, namun ada beberapa yang sudah dipilah dan sisa nasinya dimanfaatkan untuk pakan ternak. Padahal limbah tersebut masih mengandung karbohidrat yang tinggi (78,2%) dan kandungan lemak, protein dan vitamin sekitar 21,8%, seperti tersaji pada gambar 1.

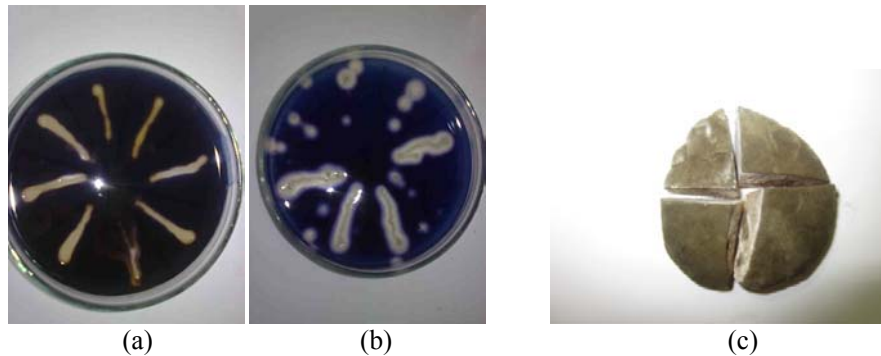


Gambar 1 : Limbah makanan

Kandungan karbohidrat yang tinggi dari limbah tersebut (78,2%), berasal dari sisa nasi, kupat, lontong, mie, bihun, kentang, krupuk, soon, bisa dimanfaatkan untuk bioenergi melalui fermentasi alkohol. Permasalahannya adalah adanya campuran sayur, buah dan lauk pada limbah tersebut, mempersulit proses fermentasi. Sisa sayur beraneka macam yaitu tomat, timun, kubis, kacang panjang, sawi hijau, sawi putih, wortel, bayam, taoge, lombok, kangkung, sledri, loncang, jepang, daun singkong, sayur nangka, jagung, ampas kelapa. Sisa buah meliputi pepaya, kulit melon, mangga, nanas, semangka, jeruk, alpukat, pear, jambu merah, apel, kelapa muda dan sisa makanan yang berprotein : tahu, tempe, telur, ayam, ikan, daging, sosis, tulang. Untuk itu perlu dilakukan hidrolisis asam dan isolasi jamur penghasil *amylase*.

Isolasi jamur penghasil *amylase*. Isolasi dan pemurnian jamur *Aspergillus sp* dan jamur dari ragi tape dengan medium PDA dan diuji aktivitas amilolitiknya dengan cara *plating* yang ditetesi Jod, dan isolat tersebut mampu menghasilkan zona jernih. Hasilnya menunjukkan adanya aktivitas amilolitik cukup tinggi yang ditunjukkan dengan diameter zona lisis rata-rata 1,5 – 1,9 cm. Hal ini sesuai dengan penelitian Hidayat (2009) yang menunjukkan

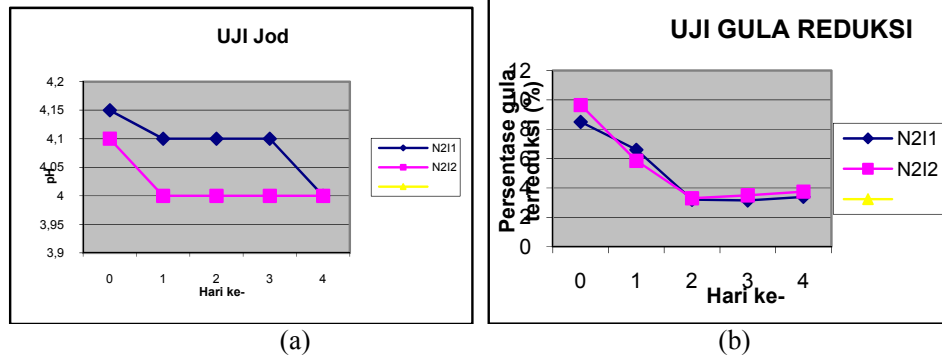
bahwa Ketiga isolat jamur dari genus *Aspergillus* sp mampu menghasilkan zona jernih pada uji aktivitas amilolitiknya dengan cara menumbuhkan pada media PDA + Pati ubi jalar 2 %.



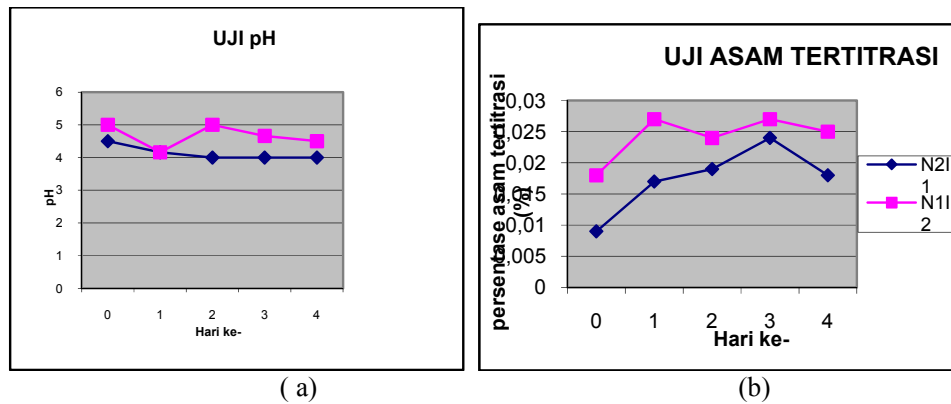
Gambar 2 . Hasil pengujian hidrolisis pati (a) jamur dari ragi tape, (b) jamur *Aspergillus* sp, (c) Hasil Formulasi Inokulum *Aspergillus* sp sebagai starter

Isolat terpilih dimurnikan dan dikarakterisasi serta dikultivasi pada medium PDC dengan menggunakan metode *streak* dan *surface plating*. Formulasi dilakukan dengan perbanyakkan isolat terpilih pada medium yang dioptimasi : *carrier*, sumber gula, sumber N, pH sehingga menjadi *starter*. Pembuatan inokulum jamur *Aspergillus* sp menggunakan variasi bahan *carrier* yaitu formula A (tepung beras + air tebu + rempah), formula B (tepung ketan) dan perlakuan sterilisasi. Hasil menunjukkan perlakuan tanpa sterilisasi terjadi kontaminasi. Sedang penggunaan air tebu dan rempah justru terhambat pertumbuhan jamurnya dan justru pada formula B yang menggunakan tepung ketan dengan sterilisasi maka jamur tumbuh dengan baik. Hal ini didukung hasil penelitian Realita (2006) menunjukkan bahwa inokulum tape yang bagus adalah dari tepung ketan. Sebelum digunakan sebagai *starter* pada fermentasi bioetanol, maka inokulum di kering oven sesuai metode LIPI (Margono dkk, 1993).

Fermentasi dengan Hidrolisis Asam dan Starter inovatif. Limbah makanan yang mengandung karbohidrat, lemak, protein, sisa sayuran dan buah, untuk digunakan sebagai bahan baku fermentasi bioetanol maka perlu dilakukan hidrolisis dengan menggunakan asam yaitu H_2SO_4 . Menurut penelitian Hikmiyati dan Noviea (2009) hidrolisis kulit singkong menggunakan H_2SO_4 0,3M sebesar 600 ml. Hasil penelitian ini menunjukkan bahwa hidrolisis asam dengan menggunakan H_2SO_4 0,1M sebanyak 500 ml ternyata terjadi penurunan pH yang akan menghambat proses fermentasi. Menurut Hikmayati dan Noviea (2009) jika dilakukan penambahan konsentrasi larutan H_2SO_4 terlalu banyak justru glukosa yang dihasilkan semakin menurun. Penambahan konsentrasi larutan H_2SO_4 akan terbentuk lebih banyak gugus radikal bebas serat. Sedang hasil hidrolisis asam dengan H_2SO_4 0,1N sebesar 10 % (sesuai hasil penelitian Prasetyo, 2010) menunjukkan pH awal fermentasi relative stabil pada 5, kemudian selama fermentasi pH turun menjadi 4 karena terbentuk asam organik.

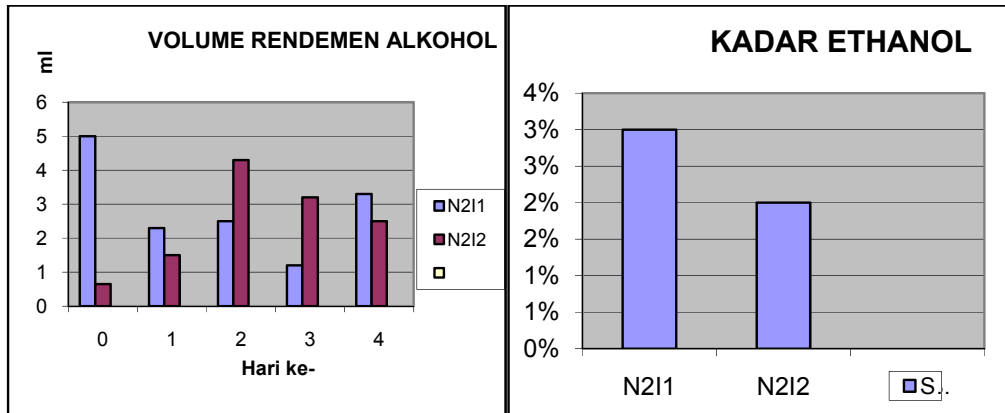


Gambar 3. (a) Hasil uji Jod (b) Hasil uji gula reduksi
 Keterangan : N2I1 adalah nasi+sayur+ ragi tape
 N1I2 adalah Nasi sayur + *Aspergillus* + yeast



Gambar 4. (a) Hasil pegujian pH (b) Hasil Asam tertitrasi
 Keterangan : N2I1 adalah nasi+sayur+ ragi tape
 N1I2 adalah Nasi sayur + *Aspergillus* + yeast

Perlakuan asam pada bahan baku yang mengandung karbohidra kompleks akan menghidrolisis serat menjadi oligo atau monosakarida, sehingga pada proses selanjutnya bisa difermentasi menjadi alkohol. Pada penelitian ini hasil hidrolisis asam ditunjukkan dengan peningkatan uji jod pada awal fermentasi yang kemudian terjadi penurunan (gambar 3a) karena diimbangi dengan terbentuknya gula reduksi (gambar 3b). Diakhir fermentasi, terjadi penurunan gula reduksi, yang diimbangi dengan terbentuknya alkohol dan asam organik (gambar 4b), yang didukung dengan penurunan pH (gambar 4a).



Gambar 5. (a) Hasil Rendemen Alkohol. (b) Hasil Kadar Alkohol
 Keterangan : N211 adalah nasi+sayur+ ragi tape
 N112 adalah Nasi sayur + *Aspergillus* + yeast

Fermentasi bioetanol dari limbah makanan dilaksanakan selama 4 hari. Perkembangan volume rendemen alkohol tampak pada gambar 5. Perlakuan dengan inokulum ragi tape ternyata proses fermentasi berlangsung lebih cepat dan menghasilkan rendemen lebih banyak di awal fermentasi. Sedang Perlakuan dengan inokulum *Aspergillus sp* ternyata proses fermentasi berlangsung lebih lambat dan menghasilkan rendemen lebih banyak mulai hari ke 2 proses fermentasi (gambar 5a). Hal ini dimungkinkan karena inokulum *Aspergillus sp* yang berbentuk kering ternyata mengeras sehingga pada saat fermentasi menjadi pertumbuhannya terhambat sehingga kurang maksimal. Hal ini didukung dengan kadar etanol pada perlakuan inokulum ragi tape sebesar 3%, sedang pada perlakuan inokulum *Aspergillus sp* sebesar 2% (gambar 5b). Hasil masih jauh dari penelitian Prihandana (2007) pada fermentasi ubi kayu dengan inokulum ragi roti sebanyak 65 g dapat menghasilkan rendemen 7 liter bioetanol kadar 90 %. Untuk meningkatkan hasil, perlu dilakukan destilasi secara bertingkat agar konsentrasi semakin tinggi.

Produksi Bioetanol dengan modifikasi desain destilator.

Penambahan sirip. Inovasi pada destilator dilakukan dengan penambahan sirip-sirip di dalam tangki destilator. Pada tangki destilator tanpa sirip, dengan pemanasan dari dasar tangki, panas akan merambat secara konduksi dari dasar tangki ke dalam tangki dan menyebar ke dinding dinding tangki. Dengan demikian luas permukaan sumber panas adalah seluas dasar tangki dan seluas dinding dalam tangki. Untuk tangki pemanas dengan ukuran diameter 14 cm dan tinggi tangki 14 cm maka luas permukaan pemanas adalah : Luas dasar tangki = 153,86 cm², Luas dinding tangki = 615,44 cm², maka luas total bagian pemanas adalah 769,30 cm²



Gambar 6 .(a) Evaporator pada proses detilasi dengan inovasi pemasangan 3 sirip, (b) Hasil Fermentasi Nasi + sayur selama 3-4 hari, (c) Proses destilasi Bioetanol menggunakan inovasi pada evaporator dan regulator

Penambahan sirip dimaksudkan untuk memperluas permukaan pemanas, sehingga pemanasan menjadi lebih efektif dan penguapan menjadi lebih cepat. Sirip yang ditambahkan adalah sebanyak 3 buah dengan ukuran setiap sirip adalah 4cm x 14cm. Sirip ini dipasang dengan pengelasan pada dasar tangki bagian dalam, sehingga kedua permukaan sirip menjadi permukaan pemanas. Dengan penambahan sirip ini, maka luas permukaan pemanas bertambah besar : Luas tanpa sirip = $769,30 \text{ cm}^2$, Luas permukaan sirip = 112 cm^2 , maka luas pemanas dengan sirip adalah 881 cm^2

Hasil fermentasi bioetanol limbah makanan selama 3-4 hari, didestilasi dengan evaporator bersirip dan tidak bersirip. Hasil menunjukkan bahwa ada perbedaan lama pemanasan untuk mencapai suhu 70 derajat C, antara evaporator bersirip (4 menit) dengan yang tidak bersirip (7 menit). Hal ini terbukti bahwa dengan adanya inovasi penambahan sirip maka pemanasan semakin merata sehingga penguapan bias lebih cepat.

Penambahan regulator otomatis. Untuk mengendalikan agar temperatur pemanasan berkisar antara 70 °C hingga 80 °C maka perlu diberikan pengendali regulator pada kompor pemanas. Pengendali ini berupa motor servo yang dikendalikan oleh unit prosesor yang bekerja berdasarkan sensor temperatur uap tangki. Prozessor di seting pada temperature atas 80 °C dan temperatur bawah 70 °C.



(a)



(b)

Gambar 7 . (a) Kontrol temperature dan motor servo
(b) Evarotor dan control regulator pada posisi terpasang

Proses kerja pengendali adalah: jika sensor temperatur menunjuk angka 80 °C maka motor servo akan memutar regular ke arah yang mengurangi suplai bahan bakar sehingga pemanasan berkurang dan temperature destilator akan turun, sebaliknya jika temperature turun hingga mencapai angka 70 °C maka motor servo akan memutar regular ke arah sebaliknya sehingga akan menambah suplai bahan bakar dan pemanasan bertambah.

IV. KESIMPULAN

Limbah kantin memerlukan konsentrasi asam sulfat optimum 0,1N pada proses hidrolisa serat menjadi glukosa, sebesar 10%. Diperoleh jamur *Aspergillus* sp yang terbukti dapat menghidrolisis pati. Fermentasi limbah kantin menggunakan inovasi starter ragi tape dapat menghasilkan rendemen tertinggi (5 ml) dengan kadar alkohol 3%. Inovasi pasangan sirip-sirip di evaporator pada proses destilasi bioetanol terbukti mempercepat pemanasan . Pemasangan regulator dengan Kontrol temperature dan motor servo, sudah dapat mencapai suhu 70-80 derajat, namun belum stabil. Perlu diteliti lebih lanjut tentang penggunaan inovasi starter jamur *Aspergillus* sp yang tanpa pengeringan dan didesain alat kontrol temperature dengan motor servo yang stabil.

V. UCAPAN TERIMA KASIH

Terima kasih kepada Universitas Muhammadiyah Yogyakarta yang telah memberikan dana hibah Penelitian Integrasi, dan kepada Lia Fitriana, Dwiyantores, Poerwanto serta Sumarsih yang telah membantu pelaksanaan penelitian ini.

VI.DAFTAR PUSTAKA

- [1]Anonim. 2007. *Memperkuat Ketahanan Pangan dengan Umbi-umbian*.<http://www.gizi.net/cgi-bin/berita/fullnews.cgi?newsid1060224791,78656>, yang direkam pada 14 Apr 2008
- [2]_____. 2008b. *Amilopektin*. <http://id.wikipedia.org/wiki/Amilopektin>. Direkam pada tanggal 21 Mei 2009
- [3]Asegaf, F. (2009) Prospek Produksi Etanol Bonggol Pisang Menggunakan Hidrolisis Asam dan Enzimatis. Unsoed. Purwokerto.
- [4]Chávez, R.A.P., L. C. Tavares, A. C. S. C. Teixeira, J. C. M. Carvalho, A. Converti, and S. Sato. (2004). Influence of the Nitrogen Source on the Productions of α -Amylase and Glucoamylase by a New Trichoderma sp. from Soluble Starch. Chem. Biochem. Eng. Q. 18 (4) 403–407
- [5]Hidayat, N. 2009. Solasi dan Identifikasi jamur Penghasil Enzim Amilase dari Ubi Jalar. J.Tekno & Industri pangan Th xx no 1 2009
- [6]Hikmiyati, N dan Noviea Sandrie Yanie. 2009. Bioetanol dari kulit singkong. http://74.125.153.132/search?q=cache:HXJU10OMhEJ:eprints.undip.ac.id/3644/1/MAKALAH_BIOETANOL_DARI_KULIT_SINGKONG_Nopita_pdf.pdf+pembuatan+bioetanol+dari+limbah+singkong&cd=1&hl=id&ct=clnk&gl=id&client=firefox-a
- [7]Margono, T., D. Suryati dan S. Hartinah. 1993. Pembuatan ragi Tapai (Starter Tapai). TTG Pengolahan Pangan. <http://www.iptek.net.id/ind/warintex/mnu=6&ug=6&doc=6>
- [8]Prasetyo, A.K. (2010). Pembuatan Etanol Dari Sampah Pasar Melalui Proses Hidrolisis Asam dan Fermentasi Bakteri *Zymomonas mobilis*. ITS. Surabaya.
- [9]Prihandana, R. K Nnoerwijati. P Gamawati, D Setyaningsih, S Setiadi, R Hendroko. 2007. *Bioetanol Ubi Kayu: Bahan BakarMasa Depan*. Agromedia Pustaka. Jakarta.
- [10]Rosida, S. **Agung_Astuti**, N.A.Utama .2005. *Sakarifikasi Pati Berbagai Varietas Ubi Jalar (ipomea batats) dengan Berbagai Macam Inokulum*. Fakultas Pertanian UMY. Skripsi (tidak dipublikasikan)
- [11]Sarining_Setya, **Agung_Astuti**, N.A. Utama. 2006. *Sakarifikasi Pati Ganyong (Canna edulis Ker.) dan Pati Garut (Maranta arundinacea L.) dengan Berbagai Macam Inokulum*. Fakultas Pertanian UMY. Skripsi (tidak dipublikasikan).
- [12]Sumanti, D. 2007. *Materi Teknologi Fermentasi dalam Pelatihan Teknologi Pengolahan Hasil Pertanian*. http://software_komputer.blogspot.com/2007/08/produk-produk-fermentasi-umbi-umbian.html yang direkam pada 13 Apr 2008 21:21:07