MENCARI BENTUK TEKNOLOGI UNTUK PRODUKSI ETHANOL SEBAGAI ENERGI CAIR DARI BIOMASA*)

*Oleh : Saraswati***)*

PENDAHULUAN

Salah satu kebijaksanaan Pemerintah dalam bidang energi adalah pengembangan sumber energi yang terbarukan (renewable energy resources).

Di Indonesia energi yang banyak digunakan adalah energi berbentuk cair. Ethanol adalah salah satu dari bentuk energi cair yang terbarukan, karena dapat diproduksi dari biomasa yang merupakan renewable resources melalui proses fermentasi. Biomasa yang dimungkinkan untuk dibuat ethanol dengan proses ini adalah karbohidrat yang antara lain :

- bahan bula (nira tebu, tetes atau molasses dll.)
- bahan pati-patian (ubi kayu, ubi jalar, jagung dll.)
- bahan selulosa (kayu, jerami dll.)

Di Indonesia yang beriklim tropis karbohidrat sangat melimpah dan industri ethanol telah ada sejak awal abad 20, bahkan saat ini telah berjumlah belasan buah yang tersebar di seluruh Jawa serta beberapa di luar Jawa yang ada pabrik gula, karena seluruhnya menggunakan bahan baku tetes, pada saat ini di Indonesia belum ada yang menggunakan bahan baku pati secara komersial.

Sehubungan dengan upaya mengembangkan renewable energy resources tersebut, pada tahun awal 1980 Prof. Dr. Ing. B.J. Habibie Menteri Negara Riset dan Teknologi merangkap Ketua BPP Teknologi

*) Pernah disajikan dalam Seminar Energi Untuk Pertanian di Yogyakarta, 21 — 22 Januari 1985.

**) Ir. Saraswati PdE adalah Direktur Pengkajian dan Penerangan Ilmu Teknik, BPPT, Jakarta.

mempunyai gagasan untuk mengembangkan produksi ethanol dari bahan biomasa. Gagasan tersebut kemudian dikaitkan dengan permasalahan yang dialami di daerah transmigrasi di mana para petani transmigran sulit memasarkan hasil produksi mereka dengan harga yang memadai karena sarana transport yang masih sulit dan jauh lokasinya dengan pasar (konsumen). Maka timbullah gagasan mengembangkan industri ethanol di daerah transmigrasi dengan ubi kayu atau ubi jalar sebagai bahan bakunya. Pemilihan ubi kayu atau ubi-jalar ini atas dasar kenyataan bahwa di daerah transmigrasi telah banyak ditanam secara tradisional oleh para petani transmigran, karena di daerah yang umumnya sarana irigasi tidak tersedia itu ubi-ubian adalah salah satu tanaman yang cocok dan secara tradisional cara penanamannya telah dikuasai oleh para transmigran di tanah asalnya.

Untuk mengkaji gagasan tersebut maka timbulah gagasan untuk membangun suatu Pilot Plant di tengah-tengah daerah transmigrasi, untuk mewujutkan gagasan tersebut dan sekaligus sebagai sarana pengkajiannya.

Adapun yang akan dilakukan pengkajian di Pilot Plant tersebut antara lain :

- bidang produksi; mengkaji bentuk teknologi tepat guna yang cocok untuk kondisi setempat.
- bidang agronomi; mengkaji cara penanaman yang cocok dengan kondisi setempat.
- bidang transmigrasi dan dampak sosial; mengkaji pengaruh terhadap lingkungan dengan adanya pabrik di tengah daerah transmigrasi tersebut.
- bidang pemasaran; mengkaji cara distribusi dan pemasaran dari hasil produksinya.

Dengan demikian Pilot Plant yang dibangun di daerah transmigrasi tersebut merupakan proyek terpadu dari beberapa bidang. Akan tetapi dalam makalah ini akan dibatasi pembahasannya dalam bidang produksi.

TEKNOLOGI PRODUKSI ETHANOL DARI UBI KAYU

Teknologi produksi ethanol dari bahan pati 2-an dengan proses hydrolisa dan proses fermentasi telah lama dikenal dan diterapkan di negara industri, tetapi teknologi pengolahan ubi kayu segar untuk pembuatan ethanol adalah masih dalam taraf pengembangan, antara lain dikerjakan di Pilot Plant Ethanol dan Perkebunan Energi di Sulusuban Lampung Tengah dan di Pilot Plant Ethanol Tulang Bawang Lampung Utara, kedua-duanya proyek dari badan Pengkajian dan Penerapan Teknologi.

Pilot Plant Ethanol dan Perkebunan Energi di Sulusuban, terdiri dari sebuah laboratorium lengkap dengan peralatan mutakhir dan sebuah Pilot Plant lengkap, yang merupakan Grant dari Pemerintah Jepang, proyek ini di disain dan dilaksanakan

oleh Jepang sendiri; sedang proyek di Tulang Bawang di disain oleh BPP Teknologi dan dilaksanakan oleh kontraktor-kontraktor Indonesia.
Teknologi yang diterapkan dalam kedua Pilot Plant ini adalah merupakan teknologi dasar yang akan dikembangkan ke arah bentuk teknologi tepat guna, dari hasil pengkajian baik di Laboratorium maupun di Pilot Plantnya. Pilot Plant Ethanol di Sulusuban dengan kapasitas 8 kl/ hari akan tetap sebagai sarana percobaan pengkajian teknologi, sedang Pilot Plant di Tulang Bawang yang berkapasitas 15 kg/hari akan dikembangkan ke arah komersial plant di masa datang.

PROSES DASAR
Pembuatan Ethanol Dari Bahan Pati

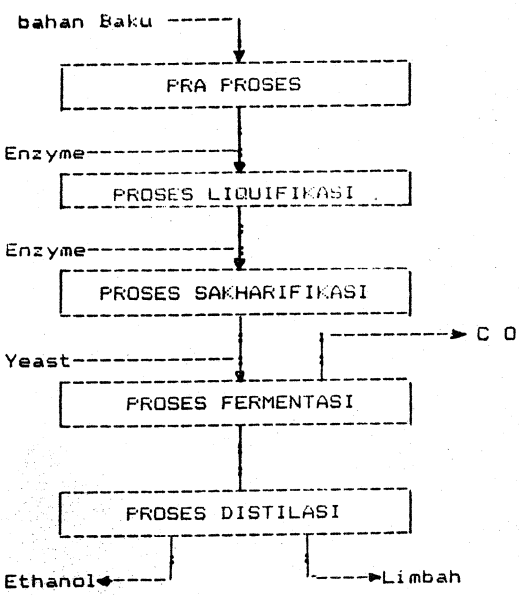

Diagram Proses tersebut dimaksudkan memberi gambaran langkah-langkah proses yang perlu dilakukan di dalam proses pembuatan ethanol dari bahan pati-pati-an mulai pra prosesnya sampai ke proses akhir. Pra proses yang dimaksud di sini adalah langkah-langkah yang dilakukan terhadap bahan baku untuk memudahkan proses selanjutnya (hydrolisa, fermentasi dan distilasi).

Pra Proses pada penggunaan Ubi kayu sebagai bahan baku akan terdiri dari beberapa pekerjaan, yang sama dengan pekerjaan pada pra proses pabrik tapioka sebelum extrasi pati, antara lain :

- PEMBERSIHAN; meliputi pekerjaan mengupas kulit ari (peeling) dan mencuci (washing).
- PELUMATAN; meliputi pekerjaan pemotongan (cutting) dan pemarutan (rasping).

Pada proses hidrolisa, yang bertujuan merubah pati menjadi glukosa agar dapat difermentasikan oleh Ragi menjadi ethanol, dalam hal ini digunakan biokatalisator : Alpha amylase dan Gluco amylase, maka proses akan terdiri dari dua tingkat ialah :

1. Proses Liquifikasi memotong amylose menjadi rantai yang lebih pendek untuk memungkinkan terjadinya hidrolisa oleh Gluco amylase menjadi glukosa, dan menurunkan viskositas menjadi lebih encer, dengan mempergunakan Alpha Amylase.

2. Proses Sakharifikasi menghidrolisa rantai ikatan-ikatan yang sudah lebih pendek menjadi glukosa, dengan menggunakan Gluco Amylase.

Pada proses fermentasi, dengan pertolongan micro organisme dalam hal ini Ragi (Yeast), glukosa hasil hidrolisa tersebut di atas diubah menjadi ethanol dan gas asam arang. Selanjutnya ethanol yang terbentuk ini dimurnikan dengan proses Distilasi. Ada beberapa sistim distilasi untuk memurnikan ethanol, antara lain : sistim dua kolom, empat kolom sampai tujuh kolom. Makin tinggi tingkat kemurnian yang diinginkan makin banyak kolom diperlukan, dan makin besar energi yang digunakan. Ethanol yang bertujuan untuk bahan energi, tidak diperlukan kemurnian yang tinggi sedang kadar ethanolnya adalah 95% atau 99,8%.

PERMASALAHAN ETHANOL, PLANT DENGAN BAHAN BAKU UBI KAYU

Pada pembuatan ethanol dengan bahan baku yang sudah berbentuk gula (tetes, nira dll.), prosesnya hanyalah fermentasi dan distilasi. Sedang untuk yang menggunakan bahan berbentuk pati permasalahannya akan lebih banyak, karena perlu proses hidrolisa dan pra prosesnya yang sangat tergantung pada kondisi dari pada bahan bakunya apakah dalam bentuk ubi segar, gaplek atau sudah berbentuk pati yang murni.

Adapun permasalahan pada pembuatan ethanol dari ubi kayu yang akan timbul antara lain :

1. Pra Proses : Penggunaan energi yang tinggi pada peralatan pelumat bahan terutama pada pemarut (rasper) Transport dan penyimpanan bahan baku dalam proses.
2. Proses Hidrolisa : Harga enzyme yang cukup mahal. Pengaruh serat pada peralatan proses dan pemakaian enzyme.
3. Proses Fermentasi : Temperatur proses dan energi
   Pengaruh serat pada proses
   Aktifitas enzyme pada temperatur proses fermentasi.
   Waktu proses fermentasi.
   Panas yang timbul selama proses.
4. Proses Distilasi : Pengaruh Serat pada peralatan Distilasi.
5. Limbah : Limbah distilasi yang mengandung serat, protein ragi dan sisa fermentasi dapat menimbulkan polusi lingkungan yang serius. Pemanfaatan limbah.
6. Energi : Optimasi dalam penggunaan energi dan upaya penggunaan energi biomasa.

PEMBAHASAN MASALAH

PEMBAHASAN UMUM

Tingkat efisiensi yang tinggi adalah merupakan tujuan peningkatan teknologi, dalam penyelenggaraan

proses efisiensi dapat terjadi antara lain pada :

— efisiensi bahan (bahan baku, bahan penolong dll.)
— efisiensi energi (tenaga listrik, bahan bakar dll).
— dan lain-lain.

Efisiensi bahan biasanya diperhitungkan sebagai hasil yang dapat dicapai dibandingkan terhadap hasil teoritis. Hasil teoritis ethanol dari ubi kayu dapat diperhitungkan sebagai berikut:

Sesuai - perbandingan stoikhiometri dalam reaksi kimia untuk membuat : 1 kg Ethanol murni diperlukan 180/92 Kg Glukosa.

1 Kg Glukosa murni diperlukan 162/180 Kg Pati.

maka : 1 Kg Ethanol murni diperlukan 180/92 X 162 / 180 = 1,76 Kg Pati.

Apabila berat jenis Ethanol = 0,79, maka 1 Kg Ethanol = 1,27 Lt 1 Kg Ethanol murni = 1,27/0,95 Lt = 1,34 Lt Ethanol 95% v/v.

Maka untuk membuat 1 Lt Ethanol 95% diperlukan : 1,76/1,34 = 1,32 Kg Pati.

Apbila diasumsikan : kadar pati dalam ubi kayu = 30%; : efisiensi proses 80%.

Maka untuk 1 Lt Ethanol 95% diperlukan : 1,32/),#) X 1/0,8 = 5,5 Kg Ubi Kayu.

Kebutuhan energi yang diperlukan secara teoretis sulit ditentukan karena banyak faktor yang menentukan dan terutama tingkat teknologi yang diterapkan.

Umumnya efisiensi energi dinyatakan sebagai jumlah energi dalam satuan energi atau satuan bahan bakar, yang digunakan untuk membuat 100 Lt Ethanol 95%, misalnya :

Untuk tenaga listrik : Jumlah Kwh/100 Lt Ethanol 95%

Untuk bahan bakar : Jumlah Lt/ 100 Lt Ethanol 95%.

dll.

PEMBAHASAN PRA PROSES

Tujuan pelumatan bahan baku adalah untuk memudahkan terselenggaranya proses hidrolisa, makin tinggi tingkat pelumatannya makin besar energi yang diperlukan.

Menurut nalar, makin tinggi tingkat pelumatan makin mudah terjadinya penyampuran sehingga relatif proses akan makin sempurna. Tetapi sampai di mana tingkat pelumatan perlu dicapai untuk mencapai kondisi optimal, di mana ada perimbangan yang layak antara pengorbanan energi dan peralatan dengan manfaat ekonomis daripada kesempurnaan proses yang dicapai, adalah merupakan obyek pengkajian yang perlu dilakukan. Teknologi pelumatan bahan baku ubi kayu adalah pengalihan teknologi pelumatan ubi kayu segar pada pabrik tapioka; penggunaan bahan baku ubi kayu segar pada pabrik tapioka memang mutlak karena tujuannya adalah mengextrak pati dalam keadaan yang segar pula; tetapi untuk tujuan dihidrolisa menurut nalar hal tersebut tidak harus demikian. Ubi kayu yang telah masak (dipanaskan dengan uap

atau air panas) akan menjadi lunak dan mudah dilumatkan sehingga tidak memerlukan alat seperti parut (rasper) yang mata parutnya harus sering diganti dan sesuai nalar tentu akan lebih kecil memerlukan energi. Hal inipun akan merupakan objek pengkajian dalam upaya optimasi kebutuhan energi pada pra proses tersebut.

Ubi karyu segar tidak dapat disimpan terlalu lama, karena akan cepat terjadi pembusukan sehingga perlu dilakukan pengkajian kemungkinan penggunaan gaplek sebagai bahan baku, karena gaplek akan lebih fleksible terhadap waktu, dan pelumatannya menjadi tepung tidak memerlukan peralatan yang komplek. Tetapi penggunaan gaplek sebagai bahan baku permasalahannya tidak terbatas pada masalah teknologi tetapi menyangkut masalah sosial ekonomi yang memerlukan pengamatan yang mendalam; sebagai misal; apakah petani setempat berminat membuat gaplek atau lebih suka menjual ubikayu.

PEMBAHASAN PROSES HIDROLISA

Enzyme mempunyai fungsi utama dalam penyelenggaraan proses hidrolisa, tetapi juga menimbulkan masalah utama karena harganya yang mahal dan stabilitas serta aktifitasnya cukup peka terhadap kondisi lingkungannya. (temperatur, pH, ion Ca + + dan Mg + +).

Karena harganya yang mahal tersebut maka perlu diusahakan agar enzyme dapat berfungsi optimal dengan mengatur kondisinya untuk dapat bekerja pada aktifitas yang maximal.

Proses liquifikasi.

Enzym untuk liquifikasi adalah Alpha Amylase yang diperoleh dari Bacillus subtilis atau Bacillus licheniformis. Enzyme ini dapat mencapai aktifitas yang maximum pada kondisi : temperatur 95• C; pH 6,5 dan ion Ca + + tidak kurang dari 50 ppm. Proses liquifikasi relatif berjalan cepat; pada kondisi optimalnya proses dapat selesai dalam waktu 2 - 3 jam. Untuk pemanas biasanya digunakan open steam dilengkapi dengan agitator yang karena medianya sangat kental diameter agitatornya cukup panjang sehingga diperlukan tenaga penggerak yang cukup besar. Oleh karenanya agitator ini merupakan objek pengkajian untuk mencapai penggunaan tenaga yang optimal. Di Brazil ada yang berhasil melakukan liquifikasi tanpa agitator; tetapi apakah ini dilakukan terhadap pati atau kah media mengandung serat belum dapat kepastian.

Serat ubi kayu merupakan suatu hambatan untuk melakukan liquifikasi pada kadar pati tinggi karena medianya menjadi sangat pekat, sehingga upaya liquifikasi pada kadar tinggi untuk tujuan penghematan energi menjadi terbatas.

Pengaruh adanya serat terhadap dosis enzyme menurut nalar seharusnya ada, karena dengan adanya serat

sebagian enzyme akan terikat atau terserap sehingga aktifitasnya akan berkurang; tetapi dalam percobaan gejalanya belum nampak jelas.

Proses Sakharifikasi

Enzyme yang digunakan adalah Gluco Amylase yang dapat diperoleh dari Aspergilus atau Rhisopus; kondisi optimalnya pada temperatur 60• C,pH 4,5 sangat berbeda dengan proses sebelumnya. Pada dosis normal, untuk mencapai sakharifikasi total pada kondisi optimalnya diperlukan waktu sekitar 48 jam. Sedang pada temperatur kamar aktifitasnya akan turun tinggal 25% aktifitas optimalnya.

Sakharifikasi pada kondisi optimal selama dua jam, sakharifikasi telah dapat mencapai 40% - 60% kemudian secara tidak liniair kecepatannya menurun; setelah mencapai 40% - 60% kemudian dilakukan fermentasi pada temperatur 35•C, ternyata total sakharifikasi tercapai setelah 70 - 100 jam (tergantung dosis enzyme). Cara ini kemudian diterapkan pada proses sakharifikasi pembuatan ethanol. Pada taraf pertama sakharifikasi dilakukan pada kondisi optimal dalam waktu 2 - 3 jam, kemudian diteruskan bersama proses fermentasi pada temperatur fermentor. Sehingga waktu proses fermentasi tidak ditentukan oleh kecepatan proses fermentasi sendiri tetapi lebih ditentukan oleh kecepatan sakharifikasinya.

Jadi untuk proses pembuatan Ethanol sakharifikasinya dapat dilakukan dengan dua cara :

1. Sakharifikasi total, kemudian baru dilakukan fermentasi.
2. Sakharifikasi partsial, kemudian bersama fermentasi.

Kedua cara ini merupakan objek pengkajian yang dapat dikaji untuk menemukan cara yang lebih menguntungkan.

PEMBAHASAN PROSES FERMENTASI

Proses Fermentasi adalah proses exotherm yang melepaskan panas sekitar 287 Cal tiap 1 Kg Ethanol yang terbentuknya dalam fermentasi. Jadi untuk pabrik Ethanol yang kapasitasnya 15 KLt per hari akan sekitar 3.500.000 Cal dilepaskan per hari, atau harus dilakukan pendinginan dengan air pendingin sebanyak sekitar 1.000 meter cubic per hari (andai kata tidak ada panas yang ke luar dengan radiasi dinding tangki dan terbawa gas ke luar tanki). Keuntungan pada fermentasi dan sakharifikasi bersama adalah proses lambat sehingga pembentukan panas juga lambat dan dengan demikian lebih mudah diatasi. Sedang kelemahan proses yang lambat adalah diperlukan tank fermentor yang lebih besar volumenya. Serat ubi kayu merupakan masalah yang cukup berat, karena pada awal proses serat akan mengapung di bagian atas media sehingga merintangi gas asam arang yang ke luar sehingga tidak terjadi gerakan media oleh gas yang dapat berfungsi

sebagai pengaduk. Pada akhir fermentasi serat akan mengendap dan dapat menyebabkan tersumbatnya saluran ke luar daripada medianya. Untuk mengatasinya biasanya dipasang agitator untuk membuat serat homogen sehingga tidak menggupal. Tetapi agitator tersebut merupakan penambahan kebutuhan energi. Dari gambaran di atas dapat ditarik kesimpulan bahwa pada proses fermentasi masih ada obyek pengkajian yang perlu diteliti, dalam upaya mengatasi beberapa masalahnya.

PEMBAHASAN PROSES DISTILASI

Selama terjadinya proses fermentasi, di samping Ethanol juga terbentuk bahan-bahan ikutan yang terbentuk antara lain Aldehyde Amylalkohol, Buthylalkohol dan Propilakohol. Untuk mencapai tingkat mutu yang baik senyawa-senyawa ikutan tersebut harus pula dikeluarkan dari Ethanol sampai tinggal beberapa ppm saja.

Pesawat distilasi untuk Ethanol umumnya terdiri dari sebuah kolom yang berfungsi pemisahkan Ethanol dari komponen lain yang lebih berat dalam hal ini air dan sisa fermentasi, kolom ini biasa disebut : Beer Column atau Mash Column atau Beslag colomn. Kemudian uap ethanol dikonsentrasikan lagi sampai titik azeothrop dalam Rectifing Colomn ialah kolom dengan sistim reflux untuk dapat mencapai kadar Ethanol yang tinggi. Untuk produksi Ethanol yang murni masih dilengkapi dengan beberapa kolom lagi yang berfungsi melepaskan zat-zat ikutan lainnya. Sistem distilasi untuk memproduksi Ethanol untuk bahan bakar, umumnya hanya terdiri dari dua kolom saja, sistem kolom ini hemat energi.

Untuk menghemat energi pesawat distilasi harus dioperasikan dengan :

- kadar alkohol feed setinggi-tingginya yang dapat dicapai.
- reflux ratio harus dibuat/ didesain tidak terlalu besar.

Serat yang terikut dari fermentasi dapat menimbulkan masalah yang serius apabila pada sistim saluran-nya ada komponen atau pipa yang sempit, akan tetapi apabila serat tidak diikutkan dalam distilasi akan terjadi kerugian produksi, karena dalam serat tersebut masih mengandung ethanol yang cukup tinggi. Serat ini bersama sisa-sisa fermentasi lain akan dapat membentuk kerak pada Mash Column, oleh karenanya kolom tersebut harus dibuat dengan konstruksi sedemikian rupa untuk mudah dibongkar dan dibersihkan.

PEMBAHASAN LIMBAH

Limbah proses fementasi umumnya merupakan limbah yang mengandung polutan tinggi walaupun mungkin tidak mengandung bahan-bahan yang berbahaya bagi manusia. Polutan tersebut antara lain COD sekitar 50.000 ppm, BOD sekitar 30.000 ppm dan pH 4 - 5. polutan tersebut lebih rendah daripada limbah Ethanol Plant dari bahan baku

tetes, tetapi dapat mengganggu kehidupan binatang air, apabila limbah tersebut dibuang di kali. Di samping itu limbah juga mengandung sisa-sisa Ragi (Yeast) yang banyak mengandung protein, yang apabila membusuk akan menimbulkan polusi lingkungan cukup serius.

Maka limbah harus mendapat perhatian secara sungguh-sungguh dan harus dilakukan pengolahan terlebih dahulu sebelum dibuang. Tetapi untuk dapat mengolah limbah tersebut secara sempurna, menurut pendapat beberapa orang yang berpengalaman mengatakan bahwa "Harga waste water treatment sama dengan harga plant nya sendiri".

PEMBAHASAN ENERGI

Suatu Ethanol plant yang memproduksi suatu bahan energi alternatif, pengembangannya harus diusahakan sejauh mungkin tidak menggunakan BBM. Oleh karenanya perlu dikembangkan penggunaan bahan bakar biomasa antara lain : kayu dan Gas bio.

Limbah yang mengandung COD tinggi dapat dimanfaatkan untuk membuat Gas Bio dengan fermentasi. Kemudian Gas Bio yang terbentuk dapat digunakan untuk subtitusi sebagian dari kebutuhan bahan bakar Boiler. Untuk maksud di atas bloiler di Pilot Plant Tulang Bawang telah disiapkan dengan boiler yang dapat menggunakan bahan bakar kayu, minyak dan gas secara bersama. Demikian juga serat ubi kayu, apabila dipisahkan dari Dextrine setelah proses Liquifikasi dapat dibuat bahan bakar Boiler apa bila dikeringkan dengan sinar mata hari.

Akan tetapi semuanya perlu pengkajian secara menyeluruh; apakah pemisahan serat cukup memberikan manfaat pada proses dan apakah pemanfaat serat sebagai bahan bakar Boiler memberikan imbangan yang layak.

KESIMPULAN

Untuk memperoleh bentuk Teknologi Tepat Guna untuk memproduksi Ethanol dari ubi kayu, masih perlu dilakukan pengkajian yang menyeluruh antara lain :

1. Pra Proses : pengkajian terhadap tingkat kelumatan bahan baku yang optimal sebelum di hidrolisa. pengkajian terhadap cara-cara lain untuk melumat bahan baku yang energinya tidak terlalu besar.
2. Proses Hidrolisasi : pengkajian cara-cara hidrolisa, optimasi kondisi proses, penggunaan enzyme serta energi untuk pemanas, pendingin dan agitator.
3. Proses Fermentasi : pengkajian terhadap kondisi proses fermentasi, waktu fermentasi dan kadar ethanol tinggi.

4. Distilsi : pengkajian terhadap konstruksi peralatan, kondisi operasi untuk mencapai efisiensi yang optimal.
5. Pengkajian dan pengembangan pemakaian bahan bakar Biomasa.
7. Pengkajian terhadap cara-cara pemisahan serat.

PUSTAKA

1. Anonim, 1981, Novo Enzymes for the starch Industry.
2. Casida, E. 1964, Industrial Microbiology. John Wiley & Sons.
3. Knight, J.W., 1969, The Starch Industry. Pergamon Press.
4. Reed, G, 1973, Enzmes in food Processing. 2 nd. edition. Academic Press.
5. Saraswati, 1982, Laporan Penelitian Karbohidrat pada Cassava.
6. Saraswati, 1982, The problems to be solved in starch processing technologies in Indonesia. Makalah disajikan pada simposium Enzymes for starch. Jakarta 28 - April - 1982.