



Pengaruh Konsentrasi Fosfor terhadap Biokonversi Reject Nanas menjadi Bioetanol

Adrianto Ahmad¹, Khairat¹ dan Sarifah Aini²

¹Staf Pengajar Jurusan Teknik Kimia Universitas Riau

²Mahasiswa Jurusan Teknik Kimia Universitas Riau

Jl. HR Subrantas Km 12,5Kampus Bina Widya Panam Pekanbaru 28293

Abstract

Needs of bioethanol in Indonesia in 2011 reached 1.4 million kilo liters / year, while national production of bioethanol at present about 240 million liters / year. This suggests that ethanol demand in Indonesia is still not being met. Therefore, it is important to do research to produce bioethanol from renewable raw material or non-fossil material. Bioethanol can be made by fermentation using microorganisms help. The purpose of this study was to determine the effect of phosphorus concentration on bioconversion reject pineapple into bioethanol with a maximum ethanol content. The substrate used was obtained from the pineapple and pineapple reject microorganism used was *Saccharomyces cerevisiae*. Bioethanol production process consists of several stages, namely preparation of raw materials, fermentation, and purification products. The independent variable in this study is the variation of the concentration of phosphorus concentration 0.04%, 0.05%, 0.06%, 0.07%, 0.08% and the fermentation time 12, 24, 36, 48, 60, 72, 84, 96, 108, 120 hours, while variable fixed at 0.3% of yeast concentration, glucose concentration of 16%, and urea concentration of 0.5%. The results showed that the optimum phosphorus concentration of 0.08% is obtained which is capable of producing ethanol by 10%, ethanol yield 6.67% and 5.12 g cell dry weight / L within 36 hours of fermentation.

Keywords: ethanol, phosphorus, reject pineapple, *Saccharomyces cerevisiae*

Pendahuluan

Kebutuhan masyarakat Indonesia akan bahan bakar minyak (BBM) sangat tinggi. Indonesia mengimpor minyak mentah 277.000 barel per hari serta BBM sebesar 407.000 barel per hari pada tahun 2010. Dengan kondisi yang demikian sangat dibutuhkan upaya penggunaan dan pengembalian bahan bakar alternatif pengganti bahan bakar minyak yang *renewable* dan ramah lingkungan. Salah satu alternatif pengganti bahan bakar minyak adalah bioetanol (Ari., 2011).

Bioetanol dapat dibuat melalui proses fermentasi dengan menggunakan mikroorganisme. Bioetanol dapat dibuat dari tiga kelompok bahan baku yaitu bahan yang mengandung gula seperti tebu dan nira aren, bahan berpati seperti jagung dan ubi – ubian, serta bahan berserat berupa limbah pertanian yang saat ini sedang dikembangkan di negara-negara maju (Humasristek., 2006). Salah satu bahan baku yang mengandung gula adalah *reject* nanas.

Buah nanas (*Ananas comosus*) berbentuk bulat panjang semu, berdaging dan dagingnya berwarna jingga dan kuning muda. Nanas (*Ananas comosus*) merupakan salah satu jenis tanaman yang banyak mengandung gula yaitu sekitar 15 hingga 20%. Hingga saat ini luas areal perkebunan nanas di kabupaten

Kampar mencapai 800 hektar dengan produksi sekitar 9000 ton/ tahun. Jumlah produksi ini sebagian besarnya akan menghasilkan limbah nanas berupa *reject* nanas. Selama ini *reject* nanas dibuang begitu saja sehingga dapat menambah jumlah limbah yang ada. Oleh karena itu, pembuatan bioetanol dari *reject* nanas penting dikembangkan untuk meningkatkan nilai tambah dan menjadi produk yang bernilai ekonomi tinggi (Tausyan, 2011).

Pada saat ini telah banyak dilakukan penelitian mengenai pembuatan etanol dari berbagai sumber nabati seperti aren, gandum, singkong, tebu, dan ubi jalar. Antara lain Estie (2008) membuat alkohol dari bekatul beras varietas C4 dengan konsentrasi nutrisi nitrogen dan fosfor yang dinyatakan dalam persen (% b/v) dengan variasi 5% N; 10% N; 1% P; 5% N + 1% P; 5% N + 2% P; 10% P dan variasi lama fermentasi yaitu 0, 12, 24, 48, dan 72 jam menghasilkan kadar alkohol optimum sebesar 2,663% penambahan 5% N dan lama fermentasi 72 jam, sedangkan pada penambahan 1% P dan lama fermentasi 48 jam diperoleh bioetanol sebesar 1,864%. Pada penambahan 5% N + 1% P dan lama fermentasi 72 jam sebesar 2,996%.

Ramadhan (2010), melakukan fermentasi sari buah nanas menjadi bioetanol dengan variasi konsentrasi

ragi *starter* pada rentang level antara 5 hingga 10% g/v, konsentrasi pupuk pada rentang 1 hingga 2% v/v dan waktu fermentasi antara 20 hingga 30 jam menghasilkan bioetanol yang optimum sebesar 7,07%. Hasil tersebut diperoleh pada konsentrasi ragi *starter* 7,29% dan waktu fermentasi 30,88 jam.

Berdasarkan uraian tersebut di atas, penting dilakukan terobosan untuk mendapatkan konsentrasi bioetanol yang tinggi dalam waktu fermentasi yang singkat. Pembuatan bioetanol secara fermentasi dipengaruhi oleh beberapa faktor yaitu kondisi operasi selama fermentasi, sumber bahan baku, dan pemilihan strain mikroorganismenya. Mikroorganismenya yang sering digunakan adalah golongan *Saccharomyces*. Faktor pertumbuhan mikroorganismenya sangat dipengaruhi oleh kebutuhan nutrisi terutama senyawa fosfor. Fosfor dibutuhkan oleh semua mikroorganismenya terutama untuk menjaga integritas dari membran sel dan dinding sel, komponen dari asam nukleat dan bagian dari molekul berenergi tinggi seperti ATP, ADP, dll (Nurhaita dkk, 2008).

Adapun manfaat dari penelitian ini untuk membantu masyarakat dalam memaksimalkan limbah nanas berupa *reject* nanas sehingga memiliki nilai ekonomi tinggi. Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui pengaruh konsentrasi fosfor terhadap biokonversi *reject* nanas menjadi bioetanol untuk menghasilkan kadar bioetanol yang optimum.

Landasan Teori

Landasan teori yang diuraikan dalam makalah ini yaitu mengenai nanas, bioetanol, fermentasi, dan *Saccharomyces cerevisiae*.

Nanas

Nanas merupakan buah yang kaya dengan karbohidrat, yang terdiri dari beberapa gula sederhana seperti sukrosa, fruktosa, dan glukosa, serta enzim gromelin yang dapat merombak protein menjadi asam amino agar mudah diserap tubuh. Nanas merupakan buah yang terdiri dari sebagian besar daging buah yang banyak mengandung gula, Vitamin A, vitamin C dan mengandung mineral yang diperlukan tubuh (Kwartiningsih dan Mulyati., 2005). Pada Tabel 1 dan Table 2 menunjukkan komposisi sari nanas dalam 100 g bahan dan kandungan zat gizi dalam 100 g buah nanas masak.

Tabel 1. Komposisi sari nanas dalam 100 g bahan

Komponen	Banyaknya
Air	85,00 %
Protein	0,40 %
Lemak	0,20 %
Abu	0,40 %
Gula	12,00 %
Asam	1,00 %
Vitamin A	130,00 IU

Vitamin B	0,08 mg
Vitamin C	24,00 mg

Sumber:Kwartiningsih dan Mulyati, (2005)

Sedangkan Kandungan zat gizi dalam 100 g buah nanas masak dapat dilihat pada Tabel 2 berikut:

Tabel 2. Kandungan zat gizi dalam 100 g buah nanas masak

Komponen zat gizi	Banyaknya
Kalori	50 kal
Protein	0,40 g
Lemak	0,20 g
Karbohidrat	13,0 g
Kalsium	19,0 mg
Posfor	9,0 mg
Serat	0,40 g
Besi	0,20 g
Vitamin A	20,00 RE
Vitamin B ₁	0,08 mg
Vitamin B ₂	0,04 mg
Vitamin C	20,00 mg

Sumber:Kwartiningsih dan Mulyati, (2005)

Bioetanol

Bioetanol dapat dibuat dari tiga kelompok bahan baku yaitu bahan yang mengandung gula seperti tebu dan nira aren, bahan berpati seperti jagung dan ubi – ubian, serta bahan berserat berupa limbah pertanian yang saat ini sedang dikembangkan di negara-negara maju (Humasristek, 2006). Salah satu bahan baku yang mengandung gula adalah *reject* nanas.

Fermentasi

Fermentasi dapat didefinisikan sebagai perubahan gradual oleh enzim, beberapa bakteri, khamir dan jamur. Proses fermentasi terjadi karena adanya aktivitas mikroba penyebab fermentasi pada substrat organik yang sesuai. Aktivitas ini akan terus berlangsung jika semua variabel pada proses ini terus terpenuhi. Variabel – variabel tersebut adalah nutrisi (zat gizi), keasaman (pH), suhu dan udara. Fermentasi ini dapat menyebabkan perubahan sifat bahan pangan, sebagai akibat dari pemecahan kandungan-kandungan bahan tersebut misalnya buah atau sari buah dapat menghasilkan rasa dan bau alkohol, ketela pohon dan ketan dapat berbau alkohol atau asam, susu menjadi asam dan lain-lainnya (Hidayat dkk ,2006).

Saccharomyces cerevisiae

Saccharomyces cerevisiae merupakan genus khamir atau ragi atau *yeast* yang memiliki kemampuan mengubah glukosa menjadi alkohol dan CO₂. Tumbuh baik pada suhu 30°C dan pH 4,8. Beberapa kelebihan *Saccharomyces* dalam proses fermentasi yaitu mikroorganismenya ini cepat berkembang biak, tahan terhadap kadar alkohol yang tinggi, tahan terhadap suhu yang tinggi, mempunyai sifat stabil dan cepat mengadakan adaptasi. Pertumbuhan *Saccharomyces* dipengaruhi oleh adanya penambahan nutrisi yaitu

unsur C sebagai sumber karbon, unsur N yang diperoleh dari penambahan urea, ZA, amonium dan pepton, mineral dan vitamin. Suhu optimum untuk fermentasi antara 28 – 30 °C (Buckle dkk, 1987).

Metodologi

Bahan yang digunakan pada penelitian ini antara lain *reject* nanas yang terdiri dari kulit, daging dan bonggol buah, urea sebagai sumber nitrogen dan superphospat sebagai sumber fosfor. Ragi yang digunakan adalah *Saccharomyces cerevisiae*. Langkah-langkah penelitian meliputi persiapan bahan baku, sterilisasi, persiapan medium fermentasi persiapan *starter*, fermentasi dan pemurnian produk.

Persiapan Bahan Baku

Reject nanas yang digunakan pada penelitian ini diperoleh dari perkebunan nanas rakyat di Kabupaten Kampar. *Reject* nanas yang ada di potong – potong agar mudah untuk diblender sehingga didapat sari nanas yang bebas dari ampasnya. Lalu sari nanas yang didapat dikumpulkan dan dilakukan analisa glukosa awal.

Sterilisasi

Semua peralatan dan bahan, yaitu sari nanas, urea dan fosfor disterilkan di dalam autoklav pada suhu 121 °C selama 15 menit.

Persiapan Medium Fermentasi

Medium fermentasi dibuat dengan cara mencampurkan substrat berupa sari nanas dengan konsentrasi substrat 16%, urea 0.5% dan fosfor dengan variasi konsentrasi 0.04%, 0.05%, 0.06%, 0.07%, dan 0.08% dari volume medium, kemudian dimasukkan ke dalam erlenmeyer yang berukuran 250 ml.

Persiapan Starter

Larutan sebanyak 10% dari volume medium fermentasi yang telah disterilisasi, dimasukkan ke dalam erlenmeyer. Kemudian ditambahkan ragi sebanyak 0,75 gr ke dalam larutan, *shaker* selama 2 jam.

Fermentasi

Larutan medium fermentasi dengan larutan *starter* kemudian diatur pH hingga mencapai pH 4,5 dengan penambahan NaOH 0.1 N. Setelah itu, biofermentor ditutup dengan kapas dan kain kassa. Dan selanjutnya

shaker campuran selama 5 hari pada suhu ruang. Analisa dilakukan setiap 12, 24, 36, 48, 60, 72, 84, 96, 108, dan 120 jam.

Pemurnian produk

150 ml hasil fermentasi dimasukkan ke dalam labu destilasi 250 ml. Pasang peralatan destilasi dengan menyambungkan labu ke kondensor dan labu takar 100 ml sebagai penampung destilat. Lalu air pendingin di alirkan melalui kondensor dan periksa sambungan labu dengan kondensor untuk mencegah terjadi kebocoran. Panaskan labu dan lakukan destilasi perlahan-lahan pada suhu 80-90°C sampai volume destilat yang tertampung di dalam labu takar hingga 100 ml. Tutup labu takar dengan rapat. Pindahkan destilat yang didapat ke dalam gelas ukur 100 ml. Lakukan analisa kadar bioetanol dengan alkoholmeter, sedangkan analisa kadar glukosa dengan metode Anthron dan analisa berat kering sel dengan metoda gravimetri.

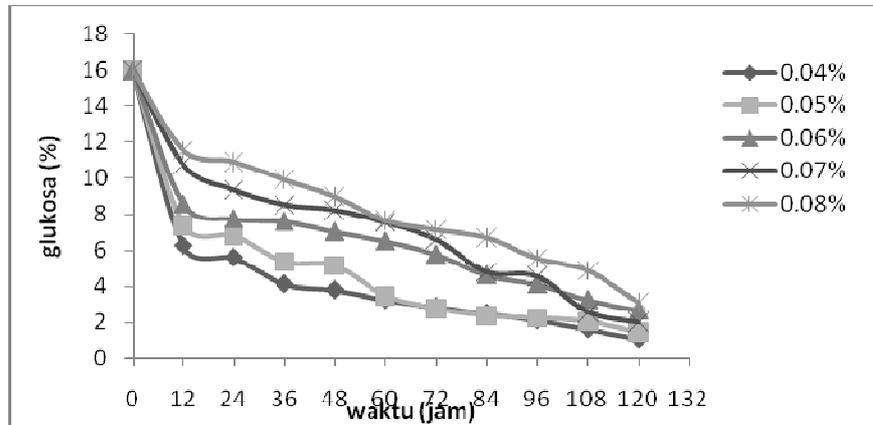
Hasil dan Pembahasan

Adapun hasil dan pembahasan yang diuraikan meliputi pengaruh konsentrasi fosfor terhadap perolehan etanol, pengaruh konsentrasi fosfor terhadap konsentrasi sel, dan parameter kinetika pertumbuhan.

Pengaruh Konsentrasi Fosfor Terhadap Perolehan Etanol

Pada penelitian ini médium yang digunakan adalah glukosa yang terdapat dalam *reject* nanas, kemudian difermentasi dengan menggunakan bantuan *Saccharomyces Cerevisiae*. Fermentasi bioetanol dilakukan untuk menentukan konsentrasi fosfor optimum pada kondisi lingkungan optimum bakteri *Saccharomyces Cerevisiae* sehingga dihasilkan *yield* bioetanol yang paling besar. Data yang diperoleh ditampilkan dalam bentuk grafik, yaitu dengan mengalurkan perolehan etanol, konsentrasi glukosa, dan berat kering sel terhadap waktu fermentasi. Konsentrasi fosfor optimum dalam produksi etanol dapat dilihat dari perolehan etanolnya.

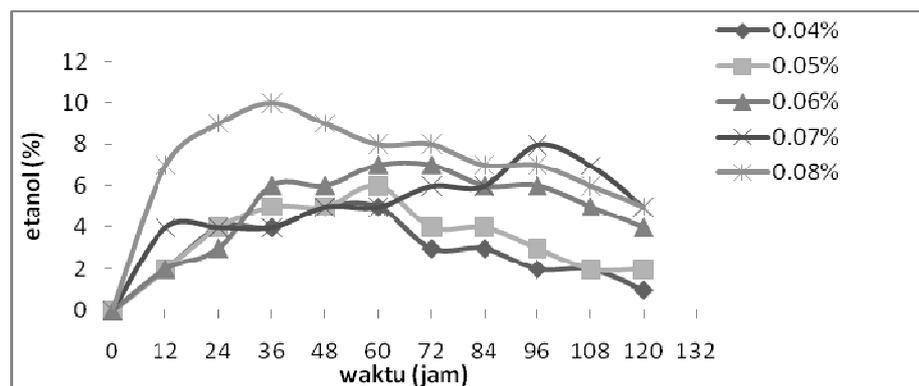
Secara umum, hubungan antara waktu terhadap konsentrasi glukosa dapat ditunjukkan pada Gambar 1.



Gambar 1. Hubungan Antara Waktu Terhadap Konsentrasi Glukosa

Pada penelitian ini, proses fermentasi berlangsung selama 120 jam. Pada Gambar 1 terlihat bahwa semakin lama waktu fermentasi, konsentrasi glukosa yang tersedia di dalam sustrat semakin berkurang. Hal ini menunjukkan bahwa glukosa digunakan oleh mikroorganismenya untuk memperbanyak sel dan

bertahan hidup. Selain itu, glukosa juga digunakan untuk proses metabolisme sel sehingga menghasilkan bioetanol sebagai metabolit primer. Produktivitas etanol untuk penelitian ini ditunjukkan pada Gambar 2.



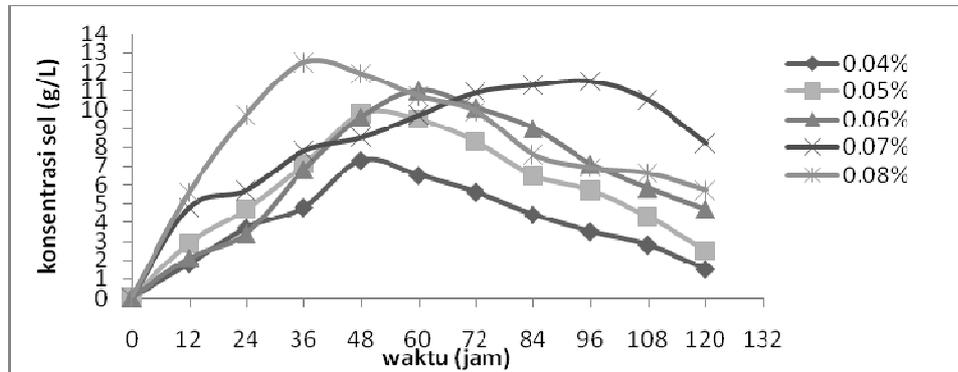
Gambar 2. Hubungan Antara Waktu Terhadap Konsentrasi Etanol

Pada Gambar 2 dapat dilihat bahwa waktu fermentasi mempengaruhi terhadap perolehan kadar bioetanol, akan tetapi semakin lama waktu fermentasi, glukosa tersebut terkonversi menjadi asam laktat dan gas CO₂ (Sebayang., 2006). Hasil yang diperoleh menunjukkan konsentrasi fosfor optimum adalah 0,08% dengan kadar bioetanol sebesar 10% dan waktu fermentasi 36 jam. Pada Gambar 3 dapat dilihat semakin besar konsentrasi fosfor yang ditambahkan semakin besar pula bioetanol yang dihasilkan. Hal ini disebabkan karena fosfor sangat dibutuhkan dalam pertumbuhan mikroorganismenya. Fosfor dibutuhkan oleh

semua mikroorganismenya terutama untuk menjaga integritas dari membran sel dan dinding sel, komponen dari asam nukleat dan bagian dari molekul berenergi tinggi seperti ATP, ADP, dll (Nurhaita dkk., 2008).

Pengaruh Konsentrasi Fosfor Terhadap Konsentrasi Sel

Pada penelitian ini, konsentrasi fosfor yang dipilih adalah 0.04%, 0.05%, 0.06%, 0.07%, dan 0.08% berat/volum. Hubungan antara waktu terhadap konsentrasi sel dapat ditunjukkan pada Gambar 4.



Gambar 4. Hubungan Antara Waktu Terhadap Konsentrasi Sel

Pada Gambar 4 terlihat bahwa tinggi konsentrasi fosfor yang ditambahkan maka semakin besar konsentrasi sel yang dihasilkan. Hal ini disebabkan karena semakin banyak nutrisi yang tersedia maka akan semakin meningkatnya pertumbuhan mikroorganisme (Puspitasari dan Siddik, 2009). Konsentrasi sel terbesar diperoleh pada konsentrasi fosfor 0,08% sebesar 12,5%.

Yeast yang digunakan beradaptasi dengan substrat ketika pada pembuatan starter, sehingga fase adaptasi sel terjadi saat yeast dikembangkan dalam starter. Oleh karena itu pada Gambar 4 dapat dilihat bahwa pada konsentrasi fosfor 0.08% dengan waktu 0 jam sampai 36 jam mikroorganisme mengalami fase eksponensial. Fasa eksponensial merupakan pertumbuhan mikroorganisme yang maksimum menghasilkan penimbunan sel yang terbesar dengan regenerasi relatif cepat (Ahmad., 1993). Sementara itu, pada waktu fermentasi 48 jam mikroorganisme mencapai fasa stationer dimana pertumbuhan mikroorganisme mencapai keadaan maksimum dan mikroorganisme yang aktif akan mati relatif setimbang karena makanan (nutrisi) yang semakin berkurang (Ahmad, 1993).

Parameter Kinetika Pertumbuhan

Pada sistem batch, selama fermentasi berlangsung maka posisi substrat akan berubah setiap waktu dan produk metabolit terus terbentuk. Akibatnya, lingkungan mikroorganisme tidak dalam keadaan tunak. Sebagian besar fermentasi batch berlangsung pada laju pertumbuhan spesifik yang konstan dan tidak tergantung pada perubahan konsentrasi nutrisi. Tetapi laju pertumbuhan merupakan fungsi konsentrasi substrat.

Bentuk persamaan yang menggambarkan hubungan antara laju pertumbuhan dan konsentrasi substrat yaitu:

$$\mu = \mu_{maks} \frac{S}{K_s + S} \dots\dots\dots (1)$$

Dengan

- μ = laju pertumbuhan spesifik (jam⁻¹)
- μ_{maks} = laju pertumbuhan spesifik maksimum (jam⁻¹)
- S = konsentrasi substrat (g/L)
- K_s = konstanta kejenuhan substrat (g/L)

Parameter kinetika pertumbuhan ditentukan dengan metoda regresi linier. Hasil yang diperoleh dapat dilihat pada Tabel 1

Tabel 1. Parameter Kinetika Pertumbuhan

S	Ks	μ_{maks}
0,04%	2045,26	0,18
0,05%	5665,07	0,28
0,06%	2803,42	0,06
0,07%	2636,04	0,08
0,08%	5912,02	0,09

Pada Tabel 1, konstanta kejenuhan substrat (Ks) yang diperoleh termasuk kriteria $S < 10 K_s$ (Ahmad, 1990), berarti laju spesifik pertumbuhan merupakan fungsi dari konsentrasi substrat. Harga Ks besar menyatakan bahwa afinitas antara sel dengan substrat kecil, hal ini disebabkan karena substrat yang digunakan mempunyai komposisi yang kompleks sehingga diperlukan perlakuan awal yang dapat menghilangkan inhibitor organik dan anorganik sedangkan pada penelitian ini tidak dilakukan penghilangan inhibitor. *Saccharomyces cerevisiae* dalam substrat reject nanas perlu dilakukan adaptasi untuk memperpendek fasa lag dalam fermentasi dan bertujuan untuk mengkondisikan *Saccharomyces cerevisiae*

Kesimpulan

Kesimpulan yang dapat diambil dari hasil penelitian ini adalah:

1. Dengan pH awal 4,5 dan suhu ruang, konsentrasi optimum fosfor untuk proses fermentasi dengan menggunakan *Saccharomyces Cerevisiae* adalah 0,08% b/v dan waktu fermentasi 36 jam. Konsentrasi etanol yang diperoleh adalah sebesar

10% dan yield etanol 6,67% dengan berat kering sel sebesar 12,5 gr/L.

2. *Saccharomyces Cerevisiae* memiliki kemampuan untuk memproduksi etanol dengan menggunakan glukosa *reject* nanas sebagai substrat.
3. Semakin tinggi konsentrasi fosfor yang diberikan akan menghasilkan produktivitas etanol yang makin tinggi.

Ucapan Terima Kasih

Peneliti mengucapkan terima kasih kepada UR yang telah membiayai penelitian ini dalam skema berbasis laboratorium.

Daftar Pustaka

- Ahmad, A., 1990, Kajian Fermentasi Asam Sitrat Dalam Fermentasi Bawah-Permukaan Substrat Molase, *Thesis*, ITB
- Ahmad, A., 1993, *Teknologi Fermentasi*, Fakultas Non Gelar Teknologi, Universitas Riau, Pekanbaru
- Ari., 2011, Impor BBM mencapai 407 ribu barel perhari, http://berita.liputan6.com/ekbis/201106/3-38430/impor_bbm_mencapai_407_ribu_barel_per_hari, 10 Juni 2011
- Buckle K.A., R.A. Edwards., G.H. Fise, dan M. Wooton, 1985, *Ilmu Pangan*, Universitas Indonesia, Jakarta
- Hidayat, N., M.C. Padaga, dan S. Suhartini, 2006, *Mikrobiologi Industri*, ANDI, Yogyakarta
- Humasristek, 2006, *Paparan Mengenai Bioetanol*, http://www.ristek.go.id/index.php?mod=news_&conf=v&id=1210, 23 April 2011
- Kwartiningsih, E dan N.S. Mulyati, 2005, *Fermentasi Sari Buah Nanas Menjadi Vinegar*, UNS
- Nurhaita, N., Jamarun, R., Saladin, L., Warly dan Z., Mardiaty, 2008, *The Effect of Sulphur and Phosphorus Supplementation at Ammoniation of Palm Oil Leaves on In Vitro Digestibility and Rumens Liquid Characteristics*, *J.Indon.Trop.Anim.Agric*,33[1], 51-58
- Puspitasari, N., dan Siddik, M, 2009, *Pengaruh Jenis Vitamin B dan Sumber Nitrogen Dalam Peningkatan Kandungan Protein Kulit Ubi Kayu Melalui Proses Fermentasi*, Universitas Diponegoro, Semarang
- Sebayang, F., 2006, *Pembuatan Etanol dari Molase Secara Fermentasi Menggunakan Sel yang Teramobilisasi pada Kalsium Alginat*, *Jurnal Teknologi Proses USU*, vol.5 no.2, hal. 75-80
- Thausyan., 2011, Potensi nenas riau, <http://bappeda.pekanbaru.go.id/web/search.php?keyword=Potensi+Nenas+Riau&imageField.x=0&imageField.y=0>, 4 Oktober 2011