

PENGHAMBATAN DEGRADASI SUKROSA NIRA TEBU MENGGUNAKAN GELEMBUNG GAS NITROGEN DALAM REAKTOR VENTURI BERSIRKULASI

THE INHIBITION PROCESS ON SUCROSE DEGRADATION IN SUGAR CANE JUICE USING NITROGEN GAS BUBBLING ON LOOP-VENTURI REACTOR

T. Ikhsan Azmi¹, Sapta Raharja², Prayoga Suryadarma², Ani Suryani²

¹Badan Perencanaan Daerah Propinsi Nanggroe Aceh Darussalam

²Departemen Teknologi Industri Pertanian, Fakultas Teknologi Pertanian, Institut Pertanian Bogor
Kampus IPB Darmaga P.O.Box 220, Bogor 16002

Email : saptaraharja@ipb.ac.id

ABSTRACT

The degradation of sucrose in sugar cane juice in process caused by inversion enzyme reaction and microorganism activity. The inversion sucrose caused by damage or maintenance of process equipment (downtime). The inhibition process on sucrose degradation obtained by inert gas bubbling using loop venturi reactor. The research finding inhibition of sucrose degradation technology process in sugar cane juice by Nitrogen gas bubbling using loop-venturi reactor. The research was carry out by variation of flow rate of sugar cane juice. There where 25 l/min, 20 l/min and 15 l/min. Loop-venturi reactor operated at gas velocity ranging 0.02 – 0.6 m/s and nozzle diameters was 5, 6, and 8 mm. The result was found that the gas holdup could be successfully inhibited the sucrose degradation. The result showed, there are linear correlation between inhibition process and gas hold-up. Inhibition rate of sucrose degradation at flow rate sugar cane juice 25 l/min and gas velocity 0.6 m/s using nozzle diameter 6 mm and reactor temperature 70 °C, can be inhibit sucrose 4.2 %.

Keywords: sugarcane juice, sucrose, loop-venturi reactor, gas hold-up, flow rate.

PENDAHULUAN

Industri gula yang ada sekarang tidak mungkin lagi dapat memenuhi kebutuhan gula nasional yang terus meningkat dari tahun ke tahun. Keadaan ini disebabkan oleh penurunan areal tanaman tebu yang terus terjadi. Pada tahun 1995 luas areal tebu nasional sekitar 420 ribu hektar, kemudian menurun menjadi 345 ribu hektar pada tahun 2004 (DGI, 2004). Kemunduran produksi gula nasional juga disebabkan oleh kondisi pabrik gula yang telah tua. Sekitar 68% jumlah pabrik gula yang ada telah berumur 75 tahun lebih, serta kurang mendapat perawatan yang memadai.

Rendahnya produktivitas dan rendemen gula yang dihasilkan oleh pabrik gula dalam negeri merupakan akibat dari teknologi produksi yang belum baik, efisiensi mesin terus menurun dan produktivitas lahan yang menurun. Faktor proses yang menyebabkan degradasi sukrosa adalah adanya kerusakan gula pada saat alat-alat pengolahan gula mengalami perhentian proses produksi (*down time*), yang disebabkan oleh kerusakan mesin atau pemeliharaan mesin, seperti pencucian evaporator dari endapan-endapan gula yang dapat menyebabkan inversi sukrosa. Pada saat tersebut, nira gula menunggu untuk dilakukan pengolahan selanjutnya. Lamanya waktu menunggu tersebut menyebabkan degradasi gula (sukrosa) menjadi gula-gula sederhana (invert), seperti glukosa dan fruktosa atau senyawa turunan lanjut lainnya.

Penghambatan degradasi sukrosa dalam nira dapat dilakukan dengan cara kimia dan fisika. Secara kimia penghambatan dengan penambahan bahan pengawet atau inhibitor dalam nira tebu telah banyak dilakukan. Reaksi inversi sukrosa dengan katalis

invertase dapat dihambat oleh substrat (sukrosa) dan produk (fruktosa dan glukosa) dan termasuk reaksi inhibisi model non-kompetitif (Filho dan Ribero 1999). Beberapa jenis garam terutama $HgCl_2$, $FeCl_2$, $CuCl_2$ dan $CdCl_2$ dapat menurunkan aktivitas enzim invertase (Rahman *et al.*, 2004). Secara fisik penghambatan aktivitas enzim dapat dilakukan dengan menggunakan gelembung gas inert (nitrogen), (Caussete *et al.*, 1998). Penghambatan dilakukan dengan memberikan gelembung-gelembung gas nitrogen ke dalam enzim sehingga terbentuk *fase gas-liquid interfaces*. Penghambatan dipengaruhi oleh laju aliran gas, waktu dan luas antarmuka kontak gas-cairan. Perlakuan tekanan dan temperatur tinggi juga dapat menghambat aktivitas reaksi enzimatik (Dominique *et al.*, 1998).

Berdasarkan hal diatas perlu dilakukan suatu teknologi penghambatan sukrosa dalam nira tebu dengan gelembung gas inert (nitrogen). Penelitian ini dilakukan dengan menggunakan reaktor venturi bersirkulasi sebagai media untuk mendispersi fasa gas ke dalam cairan. Reaktor venturi bersirkulasi ini mampu menghasilkan luas antarmuka gas-cair yang besar. Geometri reaktor venturi menghasilkan laju geser (*shear rate*) yang tinggi sehingga dapat menghasilkan gelembung gas berukuran kecil. Pembentukan gelembung gas ini dipengaruhi oleh laju alir cairan dan kecepatan gas serta ukuran geometri venturi yang digunakan. Tujuan penelitian ini adalah : (1) mendapatkan hubungan pengaruh laju alir nira dan laju alir gas nitrogen, terhadap gas *hold-up* dalam reaktor venturi bersirkulasi, (2) mendapatkan hubungan pengaruh gas *hold-up* dan pola aliran yang terbentuk dalam sistem reaktor venturi bersirkulasi terhadap konsentrasi sukrosa dalam nira tebu dan (3) mendapatkan karakteristik

laju penghambatan degradasi sukrosa dalam nira tebu menggunakan reaktor venturi bersirkulasi

METODE PENELITIAN

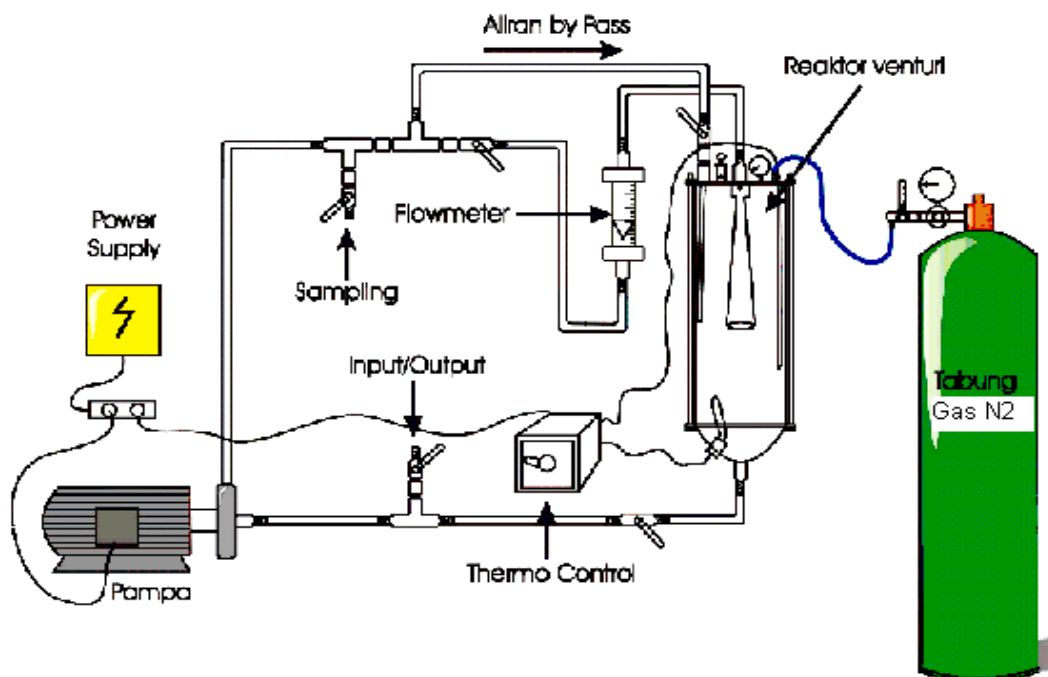
Pada tahapan karakterisasi nira dilakukan identifikasi terhadap nira tebu, yang meliputi pengukuran kandungan sukrosa, gula invert (glukosa dan fruktosa), total asam organik, pH dan warna nira. Pengaruh laju alir cairan nira dan laju alir gas terhadap pembentukan gas *hold-up* dilakukan dengan inkubasi larutan nira dalam reaktor venturi bersirkulasi. Pengujian faktor yang berpengaruh meliputi : laju alir cairan nira, laju alir gas, dan ukuran nosel. Laju alir cairan nira yang digunakan adalah 25 l/min, 20 l/min dan 15 l/min. Sedangkan laju alir gas nitrogen antara 0,02 m/det, sampai 0,06 m/det. Tiap perlakuan percobaan digunakan reaktor venturi bersirkulasi dengan distributor cairan menggunakan nosel dengan ukuran 5 mm, 6 mm dan 8 mm. Rangkaian reaktor venturi bersirkulasi yang digunakan dalam penelitian ini disajikan pada Gambar 1.

Dari setiap perlakuan tersebut dilakukan pengukuran terhadap pembentukan gas *hold-up* berdasarkan atas perubahan tinggi cairan nira dalam reaktor. Tinggi cairan bersih (h_l) merupakan tinggi larutan nira tebu mula-mula sebelum perlakuan, tinggi cairan nira dalam campuran gas Nitrogen (h_m) adalah tinggi larutan nira tebu pada saat proses berlangsung, maka fraksi gas (α_g) dalam cairan nira dapat ditentukan dalam rumus :

$$\alpha_g = \frac{h_m - h_l}{h_m}$$

Pengaruh gas *hold-up* dan pola aliran dalam reaktor venturi bersirkulasi terhadap degradasi sukrosa dilakukan dengan inkubasi larutan nira dalam reaktor venturi bersirkulasi. Laju alir cairan nira yang digunakan adalah 25 l/min, 20 l/min dan 15 l/min. Sedangkan laju alir gas nitrogen adalah 0,02 m/det, 0,1 m/det dan 0,6 m/det. Tiap perlakuan percobaan digunakan reaktor venturi bersirkulasi dengan distributor cairan menggunakan nosel dengan ukuran 5 mm, 6 mm dan 8 mm dan waktu kontak gas dengan cairan selama 90 menit. Pola aliran dalam reaktor venturi ditentukan dengan grafik hubungan nisbah antara kecepatan aliran gas dan cairan terhadap bilangan Weber. Setiap perlakuan dianalisa konsentrasi sukrosa yang tersisa. Konsentrasi sukrosa ini dikelompokkan berdasarkan pola aliran yang terjadi dan dibuat grafik hubungan konsentrasi sukrosa sisa terhadap gas *hold-up* untuk setiap pola aliran. Selain kadar sukrosa sisa dari setiap perlakuan juga dilakukan analisa terhadap gula invert, warna dan total asam yang terbentuk.

Penghambatan sukrosa nira tebu menggunakan reaktor venturi bersirkulasi dilakukan pada laju alir cairan nira 25 l/min dan laju alir gas 0,6 m/det. Reaktor dioperasikan pada tekanan 0,5 kg/cm² dan suhu 70 °C dengan ukuran nosel yang digunakan 6 mm. Inkubasi nira tebu dilakukan selama 240 menit. Untuk nira tebu tanpa penghambatan dengan gelembung gas nitrogen dilakukan inkubasi dalam reaktor tangki berpengaduk pada kondisi yang sama.



Gambar 1. Rangkaian reaktor venturi bersirkulasi

HASIL DAN PEMBAHASAN

Karakterisasi Nira Tebu

Hasil karakterisasi nira tebu yang digunakan pada percobaan ini mendekati karakteristik nira tebu yang biasa digunakan dalam industri gula nasional seperti disajikan pada Tabel 1.

Tabel 1. Karakteristik nira mentah yang digunakan

Parameter	Komposisi Nira mentah	
	Percobaan	Industri gula(pustaka)*)
Nilai pH	5,4	5,5 – 6,0
Kandungan Sukrosa (%)	14,6	11 – 14
Kandungan Gula Pereduksi (%)	1,6	0,5 – 2,0

*) Moedokusumo (1993).

Nira yang baru digiling masih mengandung sejumlah pengotor (klorofil, tanah, ampas, lilin dll), hasil pengamatan terhadap nira yang baru digiling adalah; nira terasa manis, berwarna coklat dan kuning kehijauan, dan memiliki aroma yang khas tebu. Berdasarkan data pada tabel diatas kadar sukrosa yang tinggi sangat dipengaruhi oleh umur panen dan penanganan setelah panen (Moerdokusumo (1993). Sedangkan kadar gula pereduksinya masih dalam wilayah normal, tetapi kadar gula pereduksi yang tinggi akan mempermudah pertumbuhan mikroorganismenya dan akan mendegradasi sukrosa menjadi asam-asam organik yang akan menyulitkan proses kristalisasinya.

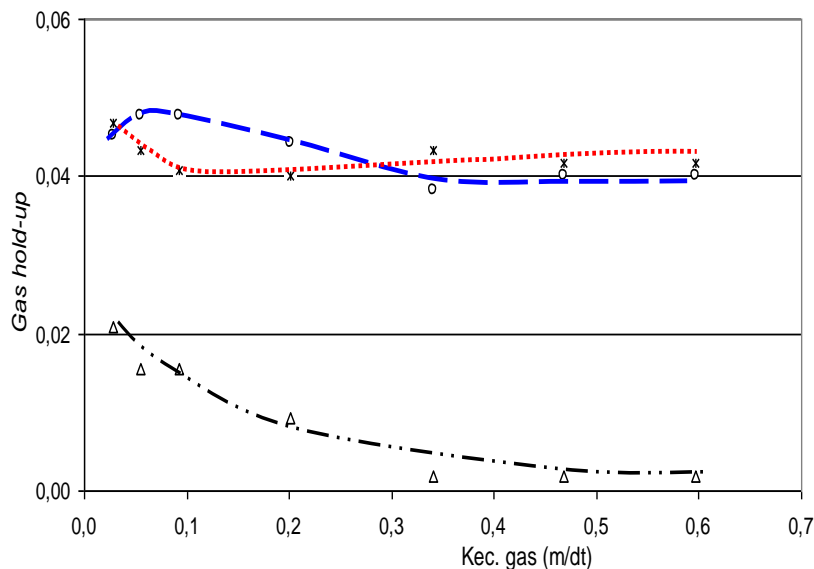
Hubungan Gas Hold-up Terhadap Laju Alir Gas, Cairan dan Diameter Nosel

Gambar 2 dibawah ini menunjukkan bahwa pada laju alir 15 l/min, gas hold-up yang terbentuk

menurun seiring dengan peningkatan laju alir gas yaitu dari 0,02 m/det sampai 0,6 m/det. Penurunan gas hold-up tersebut menunjukkan fraksi gas dalam cairan berkurang dengan bertambahnya kecepatan aliran gas. Pada laju alir cairan nira rendah, energi kinetik yang dibangkitkan tidak mampu mendispersikan gas nitrogen dengan baik dalam cairan nira. Energi tekanan cairan yang rendah menghasilkan perbedaan tekanan yang kecil sehingga gas nitrogen tidak terhisap sempurna ke dalam leher reaktor venturi.

Pada laju alir cairan nira 20 l/min terjadi peningkatan gas hold-up pada kecepatan aliran gas dari 0,02 m/det sampai 0,1 m/det. Peningkatan laju alir gas dari 0,1 m/det sampai 0,3 m/det menyebabkan terjadinya penurunan gas hold-up, selanjutnya peningkatan laju alir gas sampai 0,6 m/det menghasilkan gas hold-up relatif stabil. Peningkatan laju alir gas antara 0,3 m/det - 0,6 m/det, membuat fraksi gas yang terbentuk dalam cairan tidak berubah. Peningkatan gas hold-up pada laju alir gas rendah (dibawah 0,1 m/det) pada laju alir cairan 20 l/min disebabkan oleh massa jet cairan menghisap gas nitrogen lebih banyak sehingga membentuk jet cairan yang diselimuti oleh gas, yang pada akhirnya akan pecah membentuk gelembung-gelembung gas.

Pada laju alir cairan nira 25 l/min, peningkatan laju alir gas dari 0,02 m/det sampai 0,1 m/det menyebabkan gas hold-up yang terbentuk menurun, pada laju alir gas dari 0,1 m/det sampai 0,2 gas hold-up yang terbentuk relatif stabil, kemudian meningkat sampai laju alir gas 0,6 m/det. Pada laju alir cairan tinggi (25 l/min dan 20 l/min) untuk nozel ukuran 5 mm, fase cairan didorong sedemikian kuat melewati ruang pencampur sehingga dispersi massa gas ke dalam massa cairan terjadi pada bagian difuser atau draft tube.



Gambar 2. Hubungan antara pembentukan gas hold-up terhadap variasi laju alir gas dan nira (15 – 25 l/min) pada diameter nosel 5 mm

Massa cairan dengan kecepatan tinggi melewati venturi pada bagian poros leher venturi. Dispersi massa gas pada bagian difuser ini tidak membentuk selimut jet pada dinding venturi, sehingga menyebabkan pembentukan gelembungnya rendah. Menurut Shirsat *et al.*, (2003), pada laju alir cairan tetap peningkatan laju alir gas memperkecil gas *hold-up* untuk ukuran nozel kecil (4 mm) dan peningkatan perbandingan laju alir gas dan laju alir cairan tidak meningkatkan gas *hold-up*.

Gas *hold-up* pada ukuran nozel 5 mm relatif lebih rendah disebabkan pada ukuran ini energi kinetik cairan sewaktu keluar nozel terlalu besar sehingga cairan terdorong keluar melewati leher venturi. Gambar 2 menyajikan, peningkatan kecepatan aliran gas pada laju alir cairan tetap tidak mempengaruhi gas *hold-up*. Nozel ukuran 5 mm menyebabkan dispersi fase cairan-gas dan pembentukan gelembung gas efektif terjadi pada laju cairan nira 20 l/min dengan kecepatan aliran gas nitrogen dibawah 0,1 m/det.

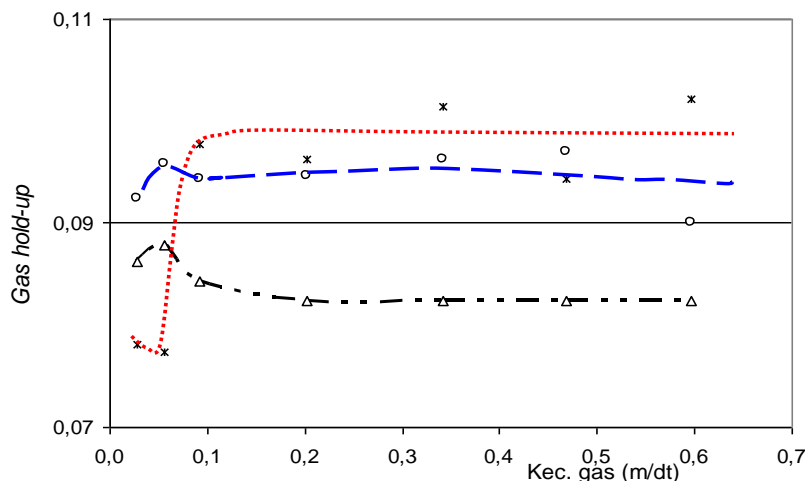
Pembentukan gas *hold-up* pada laju cairan nira 25 l/min, 20 l/min dan 15 l/min dengan ukuran nosel 6 mm ditunjukkan pada Gambar 3. Pada laju alir cairan nira 25 l/min dengan laju alir gas 0,05 m/dt, pembentukan gas *hold-up* tidak menunjukkan peningkatan. Pada kecepatan gas ini volume gas yang terisap terlalu kecil sehingga gelembung gas yang terbentuk sedikit. Peningkatan kecepatan gas hingga 0,1 m/dt, pembentukan gas *hold-up* menunjukkan peningkatan yang tajam, dan keadaan ini berlangsung sampai laju alir gas sampai 0,6 m/dt. Pada laju alir ini, energi tekanan cairan pada waktu melewati nosel bertambah, yang menyebabkan beda tekanan yang besar pada bagian leher venturi. Beda tekanan ini menyebabkan fasa gas yang terhisap ke dalam difuser akan bercampur dengan cairan nira dan membentuk gelembung-gelembung gas. Hubungan antara kecepatan aliran gas dan gas *hold-up* pada reaktor venturi bersirkulasi dengan ukuran nozel 6 mm. Pada laju alir cairan nira 15 l/min dan 20 l/min peningkatan kecepatan aliran gas dari 0,02

m/det sampai 0,05 m/det gas *hold-up* yang terbentuk meningkat. Peningkatan gas *hold-up* menunjukkan fraksi gas dalam cairan bertambah. Pada laju alir 15 l/min peningkatan kecepatan aliran gas selanjutnya dari 0,05 m/det sampai 0,6 m/det, pembentukan gas *hold-up* -nya relatif stabil, tetapi pada laju alir cairan nira 20 l/min gas *hold-up* meningkat secara perlahan sampai kecepatan aliran gas 0,6 m/det

Pada saat laju alir cairan 15 l/min dengan ukuran nozel 6 mm, energi tekanan cairan pada saat melewati nozel rendah, sehingga tidak mampu meningkatkan beda tekanan yang besar sehingga massa gas yang terhisap ke dalam venturi jumlahnya rendah. Pada laju alir cairan tersebut fraksi gas yang terperangkap dalam selimut jet cairan sangat kecil dan gas *hold-up* yang terbentuk sedikit.

Pada laju alir cairan 20 l/min dan 25 l/min untuk ukuran nozel 6 mm, energi tekanan cairan yang melewati nozel tinggi. Cairan mengalami percepatan sewaktu keluar nozel dan energi kinetiknya bertambah. Ekspansi cairan ke dalam leher venturi menyebabkan tekanan bagian leher venturi berkurang, sehingga gas terhisap ke dalam venturi. Massa gas yang terhisap akan terperangkap dalam selimut jet cairan yang terbentuk sepanjang dinding venturi. Selimut jet cairan dan gas ini semakin besar dan pecah menghasilkan gelembung-gelembung gas yang bergerombolan dan meninggalkan venturi menuju tangki reaktor. Pada laju cairan tinggi menyebabkan gas terhisap ke dalam venturi, hal ini sesuai dengan penelitian yang dilakukan oleh Liu dan Evan (1990).

Nozel ukuran 6 mm menghasilkan gas *hold-up* yang besar pada laju alir cairan nira 25 l/min. Pada laju cairan ini energi kinetik cairan mampu menghasilkan gelembung-gelembung gas yang banyak. Menurut Shirsat *et al.*, (2003), nozel dengan diameter 6 mm memberikan kinerja yang lebih baik untuk menghasilkan gas *hold-up* pada reaktor *bubble column*.



Gambar 3. Hubungan antara pembentukan gas *hold-up* terhadap variasi laju alir gas dan nira pada diameter nosel 6 mm

Penggunaan nosel dengan ukuran 8 mm seperti terlihat pada Gambar 4, peningkatan kecepatan gas pada laju alir cairan 25 l/min dan 20 l/min menurunkan pembentukan gas *hold-up*. Penurunan gas *hold-up* ini kemungkinan disebabkan fasa cairan dengan ukuran nosel 8 mm tidak mampu meningkatkan tekanan dalam nosel sehingga pada waktu keluar nosel energi kinetik cairan yang terbentuk rendah dan tidak dapat menghisap gelembung gas yang ada. Gas tidak terhisap secara efektif dalam venturi, akibatnya fase gas tidak dapat bercampur sempurna dengan fase cairan. Pada kecepatan gas rendah (dibawah 0,1 m/dt) gas *hold-up* yang terbentuk relatif meningkat pada laju alir cairan nira 15 l/min. Peningkatan kecepatan gas lebih tinggi tidak menunjukkan peningkatan gas *hold-up*. Pada laju cairan ini energi tekanan cairan yang dibawa cairan yang terbentuk rendah akibat ukuran nosel yang besar, sehingga fase gas tidak dapat terisap sempurna dalam leher venturi. Pada laju alir cairan nira 20 l/min dan 25 l/min energi kinetik cairan keluar nosel rendah dan beda tekanan cairan dalam nosel dan dalam leher venturi rendah sehingga gas tidak terhisap ke dalam leher venturi. Pada laju alir cairan ini massa gas yang membentuk selimut jet sangat kecil dan gas tidak bercampur sempurna dengan fase cairan. Energi tekanan nosel yang rendah disebabkan oleh ukuran dari nosel relatif lebih besar, sehingga cairan tidak mengalami percepatan waktu keluar nosel. Pada ukuran nosel 8 mm menghasilkan gas *hold-up* yang besar pada laju alir cairan nira 15 l/min. Pada laju alir ini gelembung yang terbentuk lebih besar dari pada nosel ukuran 6 mm.

Hubungan laju alir cairan dan kecepatan aliran gas (Gambar 2 sampai Gambar 4) menggambarkan bahwa gas *hold-up* dipengaruhi oleh laju alir cairan, laju alir gas dan ukuran nosel. Menurut Otake *et al.*, (1981) gas *hold-up* dipengaruhi oleh laju alir cairan, laju alir gas dan perbandingan diameter nosel terhadap diameter leher

venturi. Pada nosel 6 mm peningkatan laju alir cairan dan peningkatan laju alir gas akan memperbesar gas *hold-up*. Nosel 6 mm dengan laju alir nira 25 l/min memberikan energi kinetik cairan yang cukup untuk membentuk selimut jet cairan dan menghasilkan gas entrapment yang besar sehingga massa cairan bercampur efektif dengan fase gas pada bagian leher venturi.

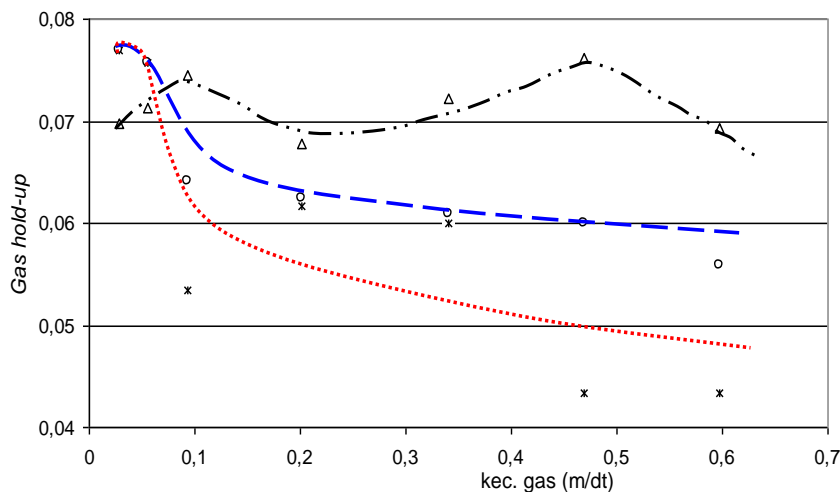
Sifat fisik cairan dan gas seperti densitas dan viskositas juga mempengaruhi pembentukan gas *hold-up*. Menurut Shirshat *et al.*, (2003) pembentukan gas *hold-up* pada reaktor venturi bersirkulasi dapat dinyatakan sebagai fungsi dari laju alir cairan (Q_l), laju alir gas (Q_g), sifat fisik cairan (ρ_b, μ_l) dan gas (ρ_g, μ_g) serta bentuk geometri dari venturi (d_c, d_n, h_c). Secara matematis dapat ditulis:

$$\alpha_g = f(Q_l, \rho_b, \mu_l, Q_g, \rho_g, \mu_g, d_c, d_n, h_c, g)$$

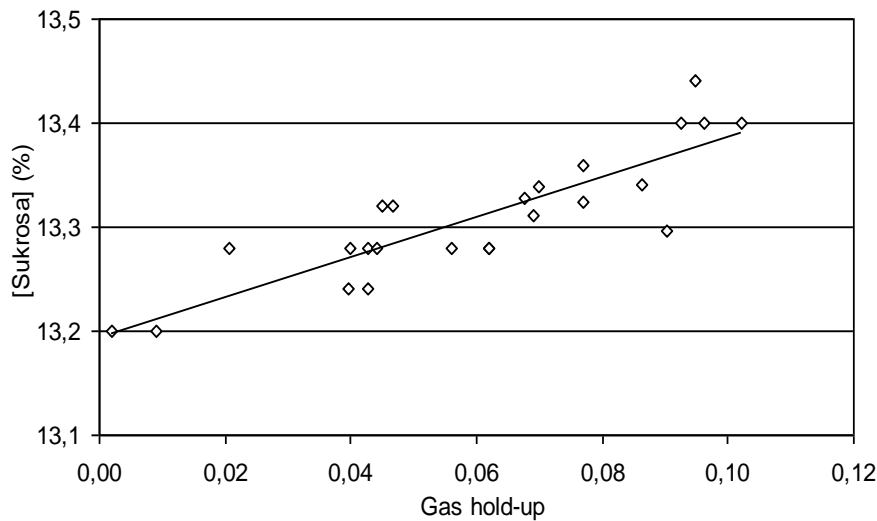
Bentuk geometri dari venturi menentukan perubahan tekanan dalam venturi. Beda tekanan yang terjadi sepanjang venturi menunjukkan kemampuan isap gas dan muatan jet cairan yang dihasilkan oleh nosel. Muatan jet cairan yang dihasilkan nosel dan peningkatan tekanan gas dalam venturi mempengaruhi pembentukan gelembung gas.

Hubungan Gas *Hold-up* Terhadap Laju Degradasi Sukrosa dalam Nira Tebu Menggunakan Reaktor Venturi Bersirkulasi.

Bentuk dan ukuran gelembung gas *hold up* yang terbentuk akan mempengaruhi konsentrasi sukrosa yang dapat dihambat, dalam cairan nira. Gas *hold-up* yang terbentuk dalam reaktor akan lebih efektif melindungi sukrosa, jika fraksi gas dalam cairan nira membentuk gelembung-gelembung gas yang ukurannya lebih kecil. Gelembung-gelembung gas nitrogen ini akan memperbesar luas kontak sukrosa atau molekul enzim dengan gas, intensitas kontak gas-cairan ini menyebabkan sisi aktif molekul enzim yang tertutupi gas semakin banyak dan penghambatan akan semakin efisien.



Gambar 4. Hubungan antara pembentukan gas *hold-up* terhadap variasi laju alir gas dan nira pada diameter nosel 8 mm



Gambar 5. Hubungan gas hold-up terhadap penghambatan degradasi sukrosa

Gambar 5 menunjukkan hubungan fraksi gas dalam cairan nira (gas hold-up) terhadap penghambatan degradasi sukrosanya. Berdasarkan gambar, konsentrasi sukrosa yang dapat dipertahankan meningkat dengan meningkatnya pembentukan gas hold-up dalam cairan nira.

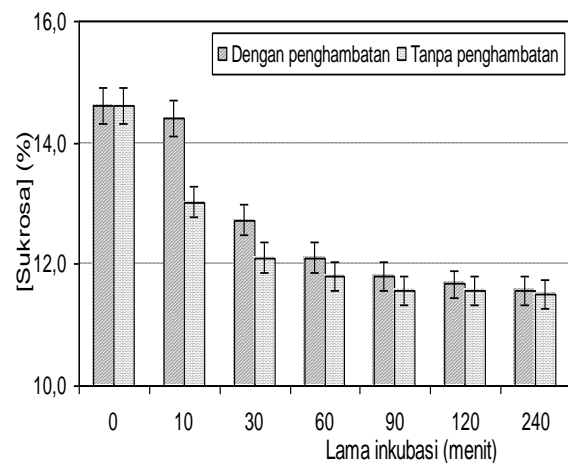
Gas hold-up yang terbentuk mempengaruhi jumlah sukrosa yang dapat dipertahankan dalam nira. Semakin besar gas hold-up, konsentrasi sukrosa yang dapat dipertahankan semakin tinggi. Gas hold-up ini menunjukkan jumlah gas nitrogen yang terdispersi dalam nira. Besarnya gas hold-up ini tergantung pada jenis rejim aliran yang terjadi dalam reaktor venturi. Luas antarmuka gas-cairan akan besar jika gelembung-gelembung gas yang terbentuk kecil, sehingga luas permukaan menjadi besar. Intensitas kontak gas-cairan menyebabkan permukaan aktif enzim tertutup dengan gas nitrogen. Ikatan gas nitrogen (inhibitor) dengan enzim dapat mengubah kemampuan enzim dalam mengikat sukrosa (substrat), dan karenanya mengubah kemampuan daya katalisator enzim. Hal ini disebabkan karena struktur enzim yang sudah berikatan dengan inhibitor mengalami perubahan fisik sehingga aktivitasnya menurun.

Laju Penghambatan Degradasi Sukrosa Menggunakan Reaktor Venturi Bersirkulasi.

Penghambatan laju degradasi sukrosa dalam nira ditentukan dengan menggunakan reaktor venturi bersirkulasi dan gas nitrogen. Reaktor dioperasikan pada laju alir cairan nira 25 l/min dan laju alir gas nitrogen 0,6 m/det. Reaktor dikondisikan pada tekanan 0,5 kg/cm² pada suhu 70 °C dengan ukuran nozel yang digunakan 6 mm. Pemilihan kondisi seperti ini didasarkan pada pertimbangan pada laju alir cairan 25 l/min, dengan laju alir gas 0,6 m/det dan tekanan reaktor 0,5 kg/cm² aliran yang terbentuk adalah aliran gelembung yang memberi-

kan luas antarmuka yang besar. Luas kontak antarmuka yang besar ditandai dengan gas hold-up yang besar dengan ukuran gelembung gas yang kecil.

Perubahan konsentrasi sukrosa dalam reaktor venturi bersirkulasi menggunakan gelembung gas nitrogen dan dalam reaktor tangki berpengaduk tanpa perlakuan gas nitrogen disajikan pada Gambar 6. Penurunan konsentrasi sukrosa nira sampai waktu inkubasi 30 menit menunjukkan penurunan yang dratis, penambahan waktu inkubasi diatas 30 menit relatif tidak menunjukkan perubahan yang signifikan. Penurunan konsentrasi sukrosa ini menunjukkan bahwa sampai waktu 30 menit degradasi sukrosa berlangsung cepat sehingga upaya penghambatan degradasi sukrosa secepat mungkin harus dilakukan untuk menghambat kerusakan berlangsung terus.



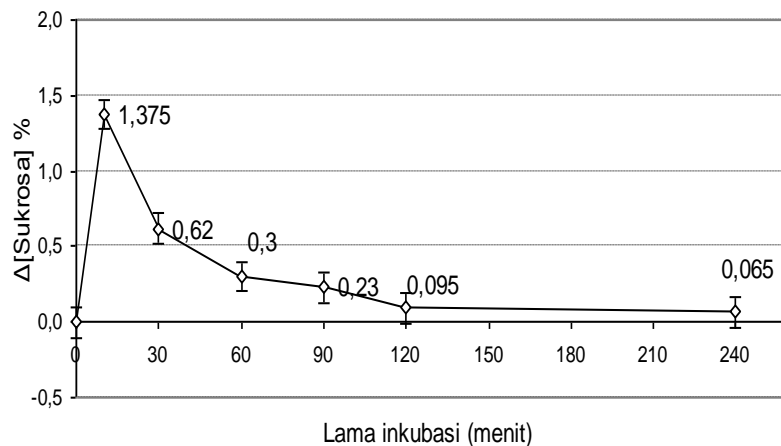
Gambar 6. Perbedaan proses degradasi sukrosa dalam nira tebu dengan dan tanpa perlakuan gas nitrogen

Berdasarkan Gambar diatas, pada reaktor venturi bersirkulasi penghambatan terjadi karena pem-bentukan gelembung gas nitrogen yang mencegah berinteraksinya sukrosa dan enzim dengan membentuk lapisan tipis antar sukrosa atau molekul enzim. Lama inkubasi sampai 90 menit, sukrosa yang dapat dihambat dengan menggunakan gelembung gas nitrogen dalam reaktor venturi bersirkulasi mencapai 0,23%. Diatas waktu 90 menit, perubahan konsentrasi sukrosa antara dua perlakuan tidak signifikan. Selisih konsentrasi sukrosa antara perlakuan menggunakan gelembung gas nitrogen dan tanpa menggunakan gas nitrogen dapat dilihat pada Gambar 7.

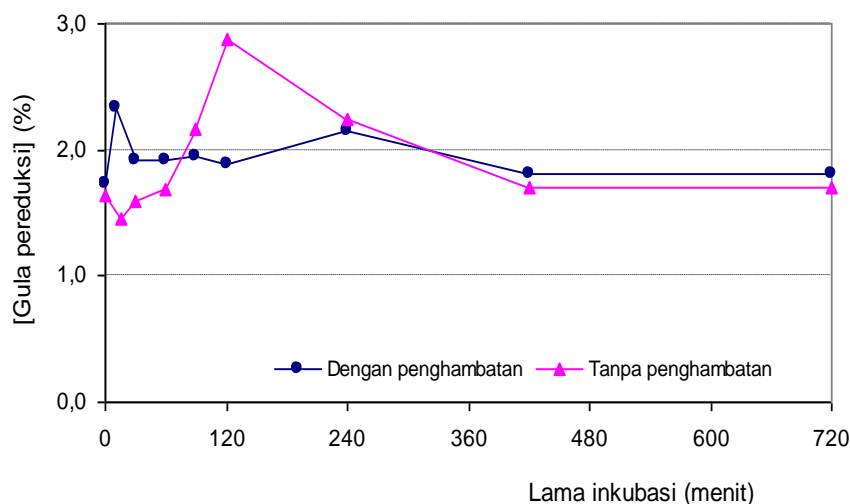
Keberadaan gula pereduksi menunjukkan terjadinya proses degradasi sukrosa selama inkubasi. Penggunaan gelembung gas nitrogen dapat menghambat degradasi sukrosa menjadi gula pereduksi, hal ini dapat dilihat pada Gambar 8. Pembentukan gula pereduksi pada perlakuan gas nitrogen lebih rendah dibandingkan pada tanpa

perlakuan gas nitrogen. Lama waktu inkubasi sampai 60 menit kandungan gula pereduksi menurun, tetapi dengan bertambahnya waktu inkubasi dalam reaktor venturi bersirkulasi kadar gula pereduksi meningkat.

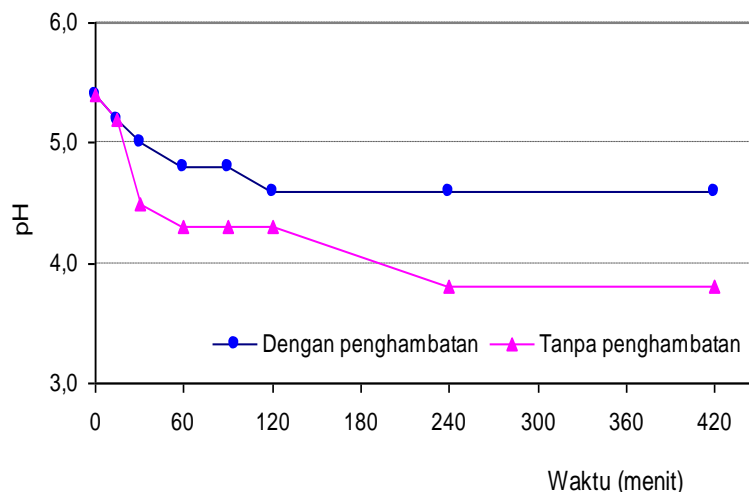
Pembentukan asam-asam organik selama inkubasi dapat dilihat dari perubahan nilai pH larutan nira seperti ditunjukkan oleh Gambar 9. Dalam nira dengan perlakuan gelembung gas nitrogen dalam reaktor venturi bersirkulasi, pH larutan lebih tinggi dibandingkan dengan nira tanpa perlakuan gas nitrogen. Nilai pH yang rendah pada nira tanpa perlakuan gas nitrogen menunjukkan bahwa gula pereduksi yang terbentuk akibat degradasi sukrosa diubah menjadi asam-asam organik oleh mikroorganisme. Pembentukan asam-asam organik ini selanjutnya akan memicu degradasi sukrosa lebih cepat. Perlakuan gelembung gas nitrogen menggunakan reaktor venturi bersirkulasi dapat menekan laju degradasi sukrosa dalam nira tebu.



Gambar 7. Hubungan selisih konsentrasi antara perlakuan gas nitrogen dan tanpa perlakuan gas terhadap waktu



Gambar 8. Perbedaan konsentrasi gula pereduksi pada perlakuan gas nitrogen dan tanpa perlakuan gas nitrogen



Gambar 9. Perbedaan nilai pH antara perlakuan gas nitrogen dan tanpa perlakuan gas nitrogen

KESIMPULAN DAN SARAN

Kesimpulan

Kecepatan laju alir gas mempengaruhi terjadinya pembentukan gas *hold-up* pada cairan nira. Pada laju alir cairan tetap dan pada laju alir gas relatif rendah akan meningkatkan pembentukan gas *hold-up*. Pada perlakuan dengan nosel 6 mm dan laju alir cairan nira 25 l/min, peningkatan laju alir gas nitrogen sampai 0,6 m/det dapat meningkatkan pembentukan gas *hold-up* sampai 0,1% fraksi gas.

Gas *hold-up* yang tinggi dan ukuran gelembung gas yang kecil memberikan penghambatan degradasi sukrosa yang tinggi. Gelembung gas yang kecil memperbesar luas antarmuka kontak cairan dan gas, dan semakin baik penghambatannya terhadap sukrosa.

Peningkatan pembentukan gas *hold-up* akan meningkatkan penghambatan degradasi sukrosa dalam nira sampai 4,2 % pada laju alir nira 25 l/min dan laju alir gas 0,6 m/dt dengan ukuran nosel 6 mm.

Saran

Penelitian lanjut, untuk mendapatkan turbulensi yang lebih besar sehingga pencampuran gas dan cairan lebih sempurna dengan ukuran gelembung gas yang lebih kecil dapat dilakukan dengan memodifikasi bagian venturi dengan penambahan *swirl*.

DAFTAR PUSTAKA

Aiba S., A.E. Humfrey, and N.F. Millis. 1973. *Biochemical Engineering*. Academic New York. USA.
 Browne C.A. 1912. *A Handbook of Sugar Analysis*. John Wiley & Sons, New York. USA.
 Caussete M, G. Alain, P. Henri, M. Pierre, dan L. Brigitte. 1998. Inactivation of Enzymes by Inert Gas Bubbling. *Enzyme Engineering XIV*. 864 (14) : 228-233.

Cavaille D. dan C. Didier. 1998. High pressure and temperature: How to deactivate enzymes in two different ways. *Ann New York Academic Sciences* 864 (14) : 212-217.
 Evan G.M. dan G. Liu. 1990. Gas Entrainment and Gas Hold-up in a Confined Plunging Liquid Jet reactor. Department of Chemical Engineering, University of Newcastle, Newcastle Australia.
 Filho U.C., C.E Hori, dan E.J. Ribero. 1999. Influence of the Reaction Product in the Inversion of Sucrose by Invertase. *Braz. J. Chem. Eng.* 16 (2) : 149-153.
 Geankoplis C.J. 1983. *Transport Processes and Unit Operation*. Allyn and Bacon, Inc., 7 Wells Avenue, Newton, Massachusetts, USA.
 Hartoto L., dan Sailah I. 1992. *Sistem Bioreaktor*. Jurusan Teknologi Industri Pertanian, Fakultas Teknologi Pertanian Institut Pertanian Bogor.
 Jackson E.B. 1995. *Sugar Confectionery Manufacture*. 2nd. Cambridge University Press. Cambridge.
 Kully J. 2003. Modeling Enzymes Inhibition During Microparticles Formation. *Nonlinear Analysis: Modelling and Control* 8 (2) : 65-70.
 Lingle S.E. 2004. Effect Of Transient Temperature Change On Sucrose Metabolism In Sugarcane Internodes. *Journal American Society of Sugar Cane Technologists* 24 :132-140.
 Dewan Gula Indonesia. 2004. *Restrukturisasi Gula Indonesia*. Publikasi DGI dan Bahan Diskusi Reformasi Gula Indonesia. Jakarta.
 Dillow K.A., F. Denghani, J.S. Hrkach, N.R. Foster, dan R. Langer. 1999. Bacterial Inactivation by using Near and Supercritical Carbon Dioxide. *Proc. Natl. Sci. USA*. 96 : 10344-10348.

- Otake T.S., R. Tone, Kuboy, Y. Yakashi, dan K. Nakao. 1981. Dispersion of Gas by a Liquid-Jet Ejector. *Engineering International Chemical* 21 (1) : 72-80.
- Palmer T. 1985. Understanding Enzyme. Ellis Horwood Limited. Great Britain. Pancoast, H.M 1980. Hand Book of Sugar. Avi Publishing Company, INC. USA.
- Pancoast B.S., H.M. W.B.A., dan Ray Junk. 1980. Handbook of Sugars. Avi Publishing Company, Inc., Westport, Connecticut, USA.
- Rahman M.S., MM, P. Kumar Sen, dan M.F. Hasan. 2004. Purification and Characterization of Invertase Enzyme from Sugarcane. *Pakistan J Bio Sci* 7(3):340-345.
- Shirsat S., A. Mandal, G. Kundu, dan D. Mukherejee. 2003. Hydrodynamic Studies on Gas – Liquid. Department of Chemical Engineering, Indian Institut of Technology, Kharagpur 721302, India.