

KAJIAN PENGGUNAAN NIRA AREN SEBAGAI SUBSTRAT PEMBUATAN RAGI ROTI (*Saccharomyces cerevisiae*)

Hengki Wijaya, S.TP¹

ABSTRAK

Kebutuhan ragi roti mengalami peningkatan seiring dengan berkembangnya dengan pesat industri roti dan kue. Penelitian ini bertujuan untuk mempelajari pola pertumbuhan ragi *Saccharomyces cerevisiae* di dalam medium yang mengandung nira aren dengan memfokuskan pada penggunaan gula, perubahan pH, log jumlah sel dan berat biomassa sel. Selain itu diuji pula vitalitas sel pada medium cair (nira aren) dan viabilitas sel pada medium padat. Konsentrasi nira aren yang terbaik pada penelitian pendahuluan (konsentrasi 40%) digunakan pada penelitian ini. Hasil yang diperoleh pada fase eksponensial dimulai dari jam ke 3 (5,846 sel/100 ml kultur) hingga jam ke 21 (6,154 sel/100 ml kultur). Log jumlah sel hidup yang tertinggi dicapai pada jam ke 36 (6,185 sel/100 ml kultur) yaitu fase stasioner dan berat biomassa sel tertinggi dicapai pada jam ke 36 (0,884 g/100 ml kultur) atau 28,13%. Tingkat penggunaan gula (glukosa) tertinggi selama fase eksponensial yaitu jam ke 3 (4,48g/100 ml). Hasil biomassa sel kering 0,419 gram per gram gula pada jam ke 27 (awal fase stasioner). Panen sel ragi roti yang menunjukkan perolehan sel-sel ragi terbaik adalah awal fase stasioner (jam ke 27 inkubasi ragi roti).

Kata-kata kunci: ragi roti, sel, *Saccharomyces cerevisiae*, biomassa, nira aren, kultur

¹ Alumni Prodi Teknologi Hasil Pertanian Universitas Hasanuddin tahun 2005

I. PENDAHULUAN

A. Latar Belakang

Salah satu bahan baku roti yang paling penting dalam proses pembuatan *soft bread* adalah ragi atau yeast. Ragi adalah mikroorganisme hidup yang berkembang biak dengan cara memakan gula. Fungsi utama ragi adalah mengembangkan adonan.

Pengembangan adonan terjadi karena ragi menghasilkan gas karbondioksida (CO₂) selama fermentasi. Gas ini kemudian terperangkap dalam jaringan gluten yang menyebabkan roti bisa mengembang. Komponen lain yang terbentuk selama proses fermentasi adalah asam dan alkohol yang berkontribusi terhadap rasa dan aroma roti, namun alkohol akan menguap dalam proses pemanggangan roti. Pengenalan karakteristik ragi dari berbagai produsen tentu akan memudahkan para baker untuk mengetahui ragi yang dibutuhkan sesuai dengan kebutuhan.

Kebutuhan ragi roti dari tahun ke tahun semakin meningkat seiring dengan meningkatnya produksi roti dan kue. Produksi ragi roti dalam negeri meningkat, meskipun hasil produksi masih relatif kecil dan usahanya masih berada dalam pengawasan perusahaan induknya yang kemungkinan besar dari negara Eropa. Pemanfaatan nira aren selain untuk pembuatan gula merah, cuka dan tuak, juga dapat pula dimanfaatkan sebagai substrat untuk produksi ragi roti (*Saccharomyces cerevisiae*).

Penelitian yang sebelumnya telah dilakukan oleh Emmi (1997) menggunakan medium molase sebagai substrat dalam pembuatan ragi roti (*Saccharomyces cerevisiae*). Penulis mengembangkan penelitian tersebut dengan mengkaji medium lain yaitu nira aren sebagai substrat dengan mempertimbangkan bahwa secara alami jenis *Saccharomyces cerevisiae* dapat hidup di dalamnya.

Aren (*Arenga pinnata Merr.*) adalah pohon serbaguna yang sejak lama telah dikenal menghasilkan bahan-bahan industri. Hampir semua bagian fisik dan produksi tumbuhan ini dapat dimanfaatkan dan memiliki nilai ekonomi. Kegunaan aren dapat dirasakan secara langsung oleh masyarakat baik di dalam maupun di sekitar hutan melalui penggunaan secara tradisional. Namun sayang tumbuhan ini kurang mendapat perhatian untuk dikembangkan, sehingga pohon aren yang dimanfaatkan pada umumnya masih merupakan tumbuhan yang tumbuh liar di alam dan berkembang secara alami. Kerusakan hutan dan konversi kawasan hutan untuk peruntukan lain telah menyebabkan populasi tumbuhan ini berkurang dengan cepat karena tidak diimbangi dengan kegiatan budidaya yang memadai. Inventarisasi aren juga belum dilakukan sehingga populasi jenis pohon ini kurang diketahui (Lempang, 2012).

Pemanfaatan produksi buah yang diolah untuk menghasilkan kolang kaling dan pemanfaatan tepung dalam batang masih dilakukan secara terbatas dan belum banyak memberikan manfaat. Pemanfaatan produksi nira sebagai minuman segar atau sebagai bahan baku pengolahan gula telah banyak melibatkan dan memberikan manfaat kepada masyarakat di dalam dan sekitar hutan, sedangkan untuk pengolahan cuka dan alkohol masih sangat terbatas dan bahkan pengolahan nira aren untuk produksi nata masih pada tingkat hasil penelitian (Lempang, 2012).

Nira adalah media yang subur untuk pertumbuhan mikroorganisme seperti bakteri *Acetobacter acetic* dan sel ragi dari genus *Saccharomyces*. Pada nira yang mengalami fermentasi secara alami, sel ragi dari genus *Saccharomyces* akan lebih aktif untuk mensintesa gula (glokosa) dan menghasilkan alkohol dan gas CO₂

(Budiyanto, 2004). Oleh karena dari asalnya nira aren sudah membawa sel ragi *Saccharomyces tuac* (Soeseno, 1992), maka nira aren memiliki peluang untuk digunakan sebagai bahan pengembangan adonan roti atau *cake*. Jika fermentasi nira aren berlangsung lebih lanjut, maka akan semakin banyak alkohol yang dihasilkan sehingga keasaman bahan tersebut meningkat.

Karya tulis ilmiah ini adalah inovasi di bidang pangan khususnya di bidang bioteknologi pangan dan mikrobiologi pangan yang memanfaatkan sumber daya lokal (nira aren) untuk kemajuan teknologi pangan. Ide ini adalah pertama di Indonesia dan belum ada publikasi nasional dan internasional yang meneliti substrat nira aren sebagai medium pertumbuhan *Saccharomyces cerevisiae* sebagai *baker's yeast* atau ragi roti (khamir roti). Oleh karena itu, penulis mengkaji penelitian ini sehingga dapat memberikan sumbangsih bagi bangsa Indonesia khususnya di bidang industri pangan sejalan dengan pesatnya penggunaan ragi komersil untuk kebutuhan industri roti dan produk kue lainnya.

Permasalahan pada penelitian ini adalah diharapkan selama proses fermentasi diperoleh sel-sel khamir dan tidak dalam bentuk produk seperti cuka dan tuak. Penelitian yang pernah dilakukan adalah mengenai efektivitas nira aren sebagai bahan pengembangan adonan roti diperoleh lebih rendah daripada menggunakan bahan pengembang ragi roti instan. Semakin panjang umur nira aren (semakin lama nira aren disimpan) semakin rendah efektivitasnya terhadap pengembangan adonan dan semakin rendah kualitas roti yang dihasilkan (Lempang dan Mangopang, 2012). Maka penelitian ini mengkaji penggunaan nira aren sebagai substrat pembuatan ragi roti (*Saccharomyces cerevisiae*). Penelitian ini diharapkan dapat menemukan sumber lain glukosa sebagai substrat pembuatan ragi roti melalui penggunaan nira aren.

B. Tujuan dan Manfaat Karya Ilmiah

Tujuan karya ilmiah ini adalah:

1. Menentukan konsentrasi nira aren yang optimal untuk menghasilkan ragi.
2. Melihat profil penggunaan gula nira aren untuk pertumbuhan ragi selama fermentasi.
3. Mengetahui pola pertumbuhan sel khamir dalam medium nira aren.

Manfaat karya ilmiah ini adalah:

Manfaat karya ilmiah ini adalah pengembangan ilmu pengetahuan di bidang bioproses, pengembangan potensi sumber daya lokal yang bermanfaat untuk industri kecil daerah. Pengembangan ilmu pengetahuan dasar bagi mahasiswa mikrobiologi untuk memperoleh informasi pembuatan ragi roti dengan substrat nira aren. Informasi penting untuk pengembangan industri ragi roti dengan skala *home industry*. Hasil karya ilmiah adalah dasar ilmu untuk penelitian selanjutnya untuk pengembangan industri ragi roti dan acuan ilmu untuk penelitian mikrobiologi dan bioteknologi pangan dan sumber publikasi pada jurnal nasional untuk acuan pustaka penelitian.

II. KAJIAN TEORITIK

A. Potensi Aren

Nira adalah cairan yang disadap dari bunga jantan pohon aren. Cairan ini mengandung gula antara 10-15%. Nira dapat diolah menjadi minuman ringan, maupun beralkohol, sirup aren, gula aren dan *nata de arenga*. Kegiatan ini dapat dijadikan sumber nafkah utama ataupun sebagai nafkah tambahan di pedesaan (Tarwiyah, 2001).

Selain gula aren dan nata pinnata, nira aren dapat juga digunakan untuk menghasilkan minuman beralkohol melalui proses fermentasi. Proses fermentasi yang terjadi dalam pembuatan minuman beralkohol biasanya berlangsung secara spontan oleh adanya aktifitas organisme yang ada dalam nira itu sendiri. Mikroorganisme yang dominan dalam fermentasi nira adalah *Saccharomyces cerevisiae*, disamping jenis khamir yang lain seperti *Schizosaccharomyces sp* dan *Candida sp* serta beberapa jenis bakteri (Rumokoi, 1990).

Air nira adalah hasil asimilasi dari daun dalam bentuk karbohidrat dimana karbohidrat tersebut disalurkan ke biji melalui jaringan floem yang secara alami diubah menjadi gula (glukosa) dan berbentuk nira (Rahman dan Yudo, 1992). Nira yang dapat dihasilkan berkisar antara 4-5 Liter /hari-pohon (dua kali penyadapan), tergantung dari tingkat kesuburan pohon aren Nira aren segar lebih jernih dan sedikit lebih kental jika dibandingkan dengan nira kelapa segar. Nira aren segar sampai kini masih ada yang digunakan untuk membuat adonan di perusahaan perusahaan roti atau jamu tradisional. Dengan menggunakan nira aren maka adonan roti dapat memuai sehingga rasa roti dapat lebih lezat (Sunanto, 1993).

B. Kandungan Nira Aren

Komposisi kimia nira aren tidak berbeda dengan nira dari jenis palm lain seperti nipah, siwalan (lontar), kelapa dan sebagainya. Dari tingkat kemanisan diakui bahwa nira nipah mempunyai rasa yang sangat manis serta kandungan bahan padatnya lebih banyak dibandingkan dengan aren. Kandungan bahan padatnya sekitar 18% sedangkan aren kurang lebih 17% disamping itu rendemen nipah lebih tinggi dibanding nira tebu (7-10%) (Luqman, 1993).

Rasa manis ini disebabkan oleh kandungan sukrosa. Tetapi rasa manis ini juga tergantung dari tempat tumbuh nipah dan juga dipengaruhi oleh musim, jika musim kemarau maka derajat kemanisan nira juga akan tinggi, tetapi bila musim hujan tingkat kemanisan nira juga berkurang karena diduga adanya air hujan yang merembes ke dalam batang nira maupun pada saat proses pengendapan (Anonim, 1988). Nira aren yang baru menetes dari tandan bunga mempunyai pH sekitar 7, akan tetapi pengaruh keadaan sekitarnya menyebabkan nira mudah terkontaminasi dan mengalami fermentasi secara alami sehingga berubah menjadi asam (pH menurun) (Lempang dan Mangopang, 2012).

Berdasarkan hasil penelitian di P3GI (Anonim, 1987), perbandingan komposisi pelbagai nira palm dan perbandingan nira aren dengan nira palma lain dapat dilihat pada tabel berikut:

Tabel 1. Perbandingan Komposisi Nira Nipah dan Pelbagai palma Lain (%)

Jenis Palma	Kadar Air	Kadar Gula	Protein	Abu
Aren 1	88,85	10,52	0,23	0,23
Aren 2	87,82	12,04	0,36	0,21
Lontar	87,78	10,96	0,28	0,10
Nipah	87,78	20,32	0,21	0,43

Sumber: Anonim, 1987.

Tabel 2. Komposisi Kimia Nira Palma (%)

Jenis Palma	Kadar Air	Karbohidrat	Protein	Lemak	Abu
Kelapa	84,4	14,35	0,1	0,17	0,66
Aren	87,2	11,28	0,2	0,02	0,24
Lontar	86,1	13,2	0,3	0,02	0,14
Nipah	86,3	21,32	0,21	-	0,43

Sumber: Anonim, 1988.

Hasil analisis komposisi kimia nira aren segar asal kabupaten Maros propinsi Sulawesi Selatan adalah sebagai berikut pada table 3 (Lempang dan Mangopang, 2012).

Tabel 3. Komposisi Kimia Nira Aren

Komponen	Kandungan %
Karbohidrat	
- Glukosa	11,18
- Fruktosa	3,61
Protein	0,28
Lemak kasar	0,01
Abu	
- Kalsium	0,06
- Posfor	0,07
Vitamin C	0,01
Air	89,23

C. Biologi Sel Khamir

Khamir didefinisikan sebagai fungi dan bentuk pertumbuhannya adalah miseluler, dimana reproduksi vegetatif fungi melalui pertunasan atau pembelahan. Salah satu genus *Saccharomyces* dimana digunakan dalam produksi bir, anggur, "baker's yeast" (ragi roti) dan ragi kering (Considine, 1974). Sel khamir berbentuk bundar atau lonjong dan berukuran jauh lebih besar daripada bakteri. Kandungan protein ragi 45-55%, karbohidrat 35-45%, mineral 5-7%, 0,5-25% dan sisanya air (Anonim, 1990).

Klasifikasi *Saccharomyces cerevisiae* menurut Fardiaz (1989),

Kelas : Ascomycetes
 Sub kelas : Hemiascomycetidae
 Ordo : Endomycetales
 Family : Saccharomysetaceae
 Genus : Saccharomyces
 Spesies : *Saccharomyces cerevisiae*

Sel dari khamir yang memproduksi *baker's yeast* tertutup dalam membrane sel semi permeabel yang sebagian besar terdiri dari sakarida glukosa dan mannan. Nukleus yang besar dan struktur internal yang lain seperti mitokondria dapat dikenali dengan cepat di bawah mikroskop (Considine, 1974). *Saccharomyces cerevisiae*

bersifat fermentative kuat, dapat mengoksidasi gula menjadi karbondioksida dan air. *Saccharomyces cerevisiae* juga mempunyai kestabilan biokimia (karakteristik bentuk), kemampuan untuk menghambur (menyebarkan) dengan cepat di dalam air, kemampuan untuk melawan autoksis, kenampakan yang baik pada periode yang tepat dan temperature yang normal serta kemampuan untuk memproduksi dengan baik dalam medium propagasi (perambatan) (Prescott dan Dunn, 1959).

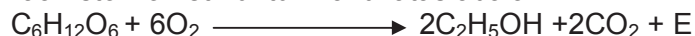
D. Metabolisme Ragi Roti

Menurut Randez-Gil *et al* (1998), bahwa ragi roti menggunakan tiga tahap untuk pertumbuhannya dengan memanfaatkan glukosa yaitu:

1. Fermentasi Glukosa

- Berlaku terutama apabila konsentrasi glukosa adalah tinggi atau apabila oksigen tidak terdapat di sekitarnya. Sel-sel mencapai kadar pertumbuhan spesifik maksimum atau lebih kurang $0,45 \text{ j}^{-1}$ dengan hasil biomassa 0,15 gram berat kering sel per gram glukosa yang digunakan dan 'respiratory quotient' yang tinggi (nisbah antara kadar hasil CO_2 terhadap rata-rata penggunaan O_2) dan menghasilkan energy yang rendah dengan lebih kurang 2 ATP dari 1 mol glukosa yang dimetabolisme.

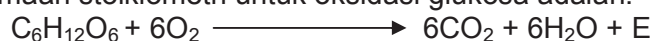
- Persamaan stoikiometri untuk hal di atas adalah:



E = energy kimia yang digunakan dalam proses pertumbuhan

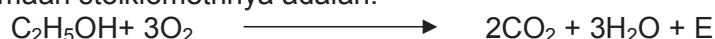
2. Oksidasi Glukosa

- Berlaku apabila kepekatan glukosa rendah daripada 50 mg/L dalam kultur aerobik. Sel-sel tersebut mencapai kadar pertumbuhan maksimum pada lebih kurang $0,25 \text{ j}^{-1}$ dengan hasil biomassa lebih kurang 0,5 gram kering sel per glukosa yang digunakan, RQ kurang lebih 1 dan penghasilan tenaga yang tinggi (16-28 ATP per mol glukosa yang dimetabolisme).
- Persamaan stoikiometri untuk oksidasi glukosa adalah:



3. Oksidasi Etanol

- Berlaku apabila substrat yang difermentasi misalnya glukosa tidak terdapat dalam kultur. Sel-sel tersebut mencapai kadar pertumbuhan maksimum lebih kurang $0,2 \text{ j}^{-1}$ dengan hasil biomassa kurang lebih 0,6-0,7 gram berat kering sel/g etanol yang digunakan, RQ yang rendah (0,7) dan menghasilkan tenaga kurang lebih 6-11 ATP/mol etanol yang dimetabolisme.
- Persamaan stoikiometrinya adalah:



E. Bahan Baku Pembuatan Ragi Roti

Bahan baku utama yang digunakan dalam pembuatan *baker's yeast* adalah kultur murni ragi dan sirup gula (molasses). Strain ragi yang digunakan untuk menghasilkan 'compressed' ragi adalah *Saccharomyces*. *Molasses* tebu dan 'beet' adalah sumber karbon utama untuk pertumbuhan ragi. *Molasses* mengandungi 45-55% berat gula yang dapat difermentasi dalam bentuk sukrosa, glukosa dan fruktosa. Campuran *molasses* yang telah dihancurkan memiliki pH pada kisaran 4,5 dan 5,0 kerana campuran beralkali akan membantu pertumbuhan bakteria (Anonim, 2002).

Nutrisi dan vitamin juga diperlukan untuk pertumbuhan ragi. Keperluan nutrisi dan mineral termasuk nitrogen, potassium, fosfat, magnesium dan kalsium dengan 'traces' seperti besi, zink, copper, manganese, dan molybdenum. Sumber nitrogen dapat diperolehi dengan menambahkan garam ammonium, ammonia akuas atau ammonia anhidraus ke dalam medium. Fosfat dan magnesium juga ditambahkan

dalam bentuk asam fosforik atau garam fosfat dan garam magnesium. Vitamin juga diperlukan untuk pertumbuhan ragi (biotin, inositol, asam pantothenic dan thiamine). Sebagian besar vitamin dan nutrisi yang lain telah tersedia dalam jumlah yang cukup dalam molasses (Corriher, 2001).

F. Produksi Ragi Roti

Saccharomyces cerevisiae merupakan mikroorganisme yang sangat dikenal oleh masyarakat luas sebagai ragi roti (baker's yeast) dalam istilah asing. Ragi roti ini digunakan dalam pembuatan makanan, minuman dan juga dalam industri etanol (Russel *et al.*, 1991). Ragi roti (Baker's yeast) adalah nama umum untuk strain ragi yang umumnya digunakan sebagai agen pengembang dalam pembuatan roti dan produk roti lainnya, dimana ragi mengoversikan fermentasi gula-gula yang ada dalam adonan menjadi karbondioksida dan etanol. Ragi roti adalah spesies *Saccharomyces cerevisiae* (Cauvain dan Young, 1998), yang mana spesies yang sama (tetapi berbeda strain) yang umumnya digunakan dalam fermentasi alcohol, yang disebut brewer's yeast (Kalmus, 2013).

Menurut Chen dan Chiger (1986), ukuran pertumbuhan secara spesifik tidak konsisten tetapi akan terjadi penurunan secara bertahap dari spesifik pertumbuhan, disebabkan oleh penambahan secara kontinu dari konsentrasi massa sel dan penurunan konsentrasi substrat dalam medium fermentasi sebagai ketentuan dari transfer O₂ dari system fermentasi. Dengan bertambahnya massa sel dan produksi khamir, maka pertumbuhan aerobik akan cenderung berubah secara berangsur-angsur ke arah pertumbuhan anaerob.

Sel yang tampaknya tidak tumbuh kemungkinan masih dapat hidup. Kekurangan pertumbuhan ini, kemungkinan karena lingkungannya sendiri tidak sesuai untuk beradaptasi atau kurangnya nutrisi yang esensial. Kehadiran bahan-bahan toksik atau disebabkan oleh efek lingkungan fisik seperti habisnya oksigen untuk organisme aerobik, hadirnya oksigen untuk organisme obligat anaerob atau efek dari pH, suhu atau *stress osmotic* (Scragg, 1991).

Ragi dihidupkan dalam tangki fermentasi yang dioperasikan secara aerobik karena dalam kondisi anaerobik maka sumber karbon akan digunakan untuk pembentukan etanol dan karbondioksida yang mana akan menyebabkan perolehan ragi yang rendah. Sejumlah kultur ragi murni ditambahkan dalam campuran molasses dalam medium yang telah steril, lama fermentasi untuk pertumbuhan yaitu 2 hingga 4 hari. Keseluruhan isi dalam medium digunakan sebagai starter ke dalam fermenter pertama bagi tahap kultur murni (Anonim, 2002).

Sel khamir akan diperoleh dari fermenter komersial melalui pemisah sentrifugal ragi (centrifugal yeast separator) apabila kuantitas ragi yang optimum telah ditumbuhkan. Sel ragi yang diperoleh akan dipekatkan melalui penapis tekanan dan vacuum berputar. Penapis bertekanan membentuk 'filter cake' mengandung 27-32% endapan. Penapis vacuum berputar membentuk 33% endapan. 'Filter cake' ini selanjutnya dihancurkan menggunakan pencampur dengan menambahkan sejumlah air, pengemulsi dan 'cutting oil' untuk memberi bentuk pada produk akhir. Bentuk ragi yang panjang ini akan dipotong dan dikeringkan pada suhu 8 °C (46 °F) yaitu suhu yang dapat memperpanjang masa simpan ragi. Setelah melalui proses pengeringan ragi roti tersebut dibungkus secara vakum atau dengan gas nitrogen sebelum ditutup. Masa simpan ragi roti pada suhu kamar adalah 1 hingga 2 tahun (Anonim, 2002).

G. Pengeringan Ragi Roti

Pengeringan ragi roti harus dilakukan dengan sangat hati-hati untuk mengawetkan fisiologi sel ragi dan untuk mencegah kerusakan enzim. Tingkat kadar

air 8 % sangat sesuai untuk ragi kering. Sedangkan kadar air 10% akan mengakibatkan penurunan daya awet ragi dan pada kadar air 5-6% akan menurunkan keaktifan ragi saat pemakaian (Frey, 1957). Ragi roti mengalami kerusakan selama penyimpanan pada suhu beku dan tidak memiliki kemampuan (daya) mengembangkan adonan setelah penyimpanan pada suhu tersebut (Shima *et al.*, 1999).

Metode normal untuk pengawetan ragi adalah pembekuan, tetapi pengeringan semprot juga merupakan alternatif pengawetan yang dapat dikembangkan (Mangunwijaya dan Ani, 1994).

Untuk memproduksi ragi kering yang mampu mengembangkan adonan serta memiliki kestabilan selama penyimpanan, maka ada beberapa faktor yang perlu diperhatikan selama pengeringan, yakni: suhu pengeringan, laju pengeringan dan kadar air akhir bahan. Suhu pengeringan ragi roti tidak boleh mencapai suhu di atas 50 °C, karena dapat menyebabkan kerusakan sel (Murray, 1985).

Kemajuan dalam bidang genetika memungkinkan industri ragi untuk memproduksi ragi yang memiliki daya mengembangkan adonan yang lebih baik. Pada proses pengeringan "fluid bed" dapat menggunakan suhu tinggi tanpa efek yang merugikan terhadap sel ragi. Pengeringan pada suhu rendah digunakan untuk memperoleh kadar air akhir sel ragi 4 sampai 8 persen (Adams, 1986).

Pada kondisi suhu panas, sel khamir dapat melindungi dirinya dengan membentuk spora. Menurut Judoamidjojo, dkk (1992) spora berperan penting dalam mempertahankan viabilitas sel selama hidupnya pada kondisi lingkungan yang berubah-ubah.

H. Fungsi Ragi Dalam Pembuatan Roti

Pembuatan roti pada dasarnya suhu bergantung pada perkembangan dua langkah, yang terdiri dari fermentasi, di mana produksi CO₂ yang terkait dengan aktivitas ragi yang diwujudkan dalam struktur adonan berpori dengan pengembangan volume adonan roti di mana aktivitas ragi berhenti dan struktur roti terbentuk. Dalam pemanggangan roti, suhu di dalam mencapai 100 °C dan sebagian kecil dari volume roti mencapai nilai akhir antara 0,8 dan 0,9 Shehzad *et al.*, 2011), sementara *cross-links* gluten dan butiran pati mengalami gangguan (Franci dan Igore, 2011).

Terdapat tiga fungsi utama ragi dalam adonan (dough) yaitu peragian, pengembangan dan pematangan adonan, dan pengembangan flavor. Menurut Cauvain dan Young (1998), fungsi ragi secara spesifik adalah sebagai berikut:

- Pencampuran tepung terigu dan air bersama-sama dengan ragi dan garam, dan bahan-bahan spesifik lainnya dalam rasio yang tepat.
- Pengembangan struktur gluten (hydrated proteins) dalam adonan melalui penggunaan energi selama pencampuran, sering disebut sebagai peremasan (kneading). Penggabungan gelembung udara yang dikenal sebagai fermentasi gas dalam adonan selama proses pencampuran.
- Selanjutnya pengembangan struktur gluten terjadi akibat peremasan adonan, untuk mengubah sifat rheological adonan dan memperbaiki kemampuannya untuk mengembang ketika tekanan gas meningkat karena gas karbondioksida yang meningkat selama fermentasi adonan. Tahap pengembangan adonan ini dapat juga dikatakan sebagai pemasakan atau pematangan adonan.

III. METODE PENELITIAN

A. Prosedur Penelitian

1. Penentuan Konsentrasi Nira Aren Secara Visual

Penentuan konsentrasi nira aren secara visual dengan melihat tingkat kekeruhan bahan cair dan adanya endapan selama fermentasi 48 jam dengan konsentrasi 10-100% v/v. Penelitian pendahuluan ini juga melihat daya mengembang roti dengan menggunakan berbagai konsentrasi setelah waktu inkubasi selama 48 jam.

2. Pembuatan Starter dan Medium

Media Malt Extract Agar dibuat dengan melarutkan 33,6 gram dalam labu takar 1000 ml dengan menggunakan aquadest. Kemudian disterilkan dan didinginkan sebelum dituangkan ke dalam cawan petri sebanyak 15 ml. Untuk media miring sebanyak 6 ml Malt Extract Agar. Kultur *Saccharomyces cerevisiae* diambil dari fermifan yang dibiakkan pada media Malt Extract Agar (MEA). Sebanyak 1 gram fermifan dilarutkan dan dihomogenisasikan dalam 9 ml aquadest steril. Dipipet 1 ml untuk diencerkan hingga pengenceran 104. Dari pengenceran dipipet 0,1 ml untuk dibiakkan ke dalam cawan petri dengan metode tuang dalam media Malt Extract Agar. Selanjutnya diinkubasi selama 48 jam dan diamati kultur *Saccharomyces cerevisiae*. Kemudian diambil satu koloni spesifik dan dibiakkan pada media agar miring Potato Dextrosa Agar dan diinkubasi selama 48 jam.

Starter khamir dibuat dengan mengambil 1 ose kultur *Saccharomyces cerevisiae* dalam keadaan steril ke dalam formulasi medium. Formulasi medium terdiri atas konsentrasi terbaik dari penentuan konsentrasi nira aren segar ditambahkan aquadest hingga menjadi larutan 1 liter. Kondisi pH medium antara 4,0-5,0 pada suhu kamar dalam keadaan aerobik dengan lama fermentasi selama 24 jam pada suhu 25 °C, 120 rpm pada alat shaker inkubator atau fermentor. Medium produksi diatur pH dengan menambahkan buffer asetat pH 4,4. Medium pertumbuhan khamir roti dibuat dengan mengambil 10% starter secara steril kemudian dimasukkan ke dalam medium yang komposisi dan metode yang sama dengan medium starter.

B. Perlakuan Penelitian

1. Konsentrasi Nira Aren

Untuk setiap perlakuan konsentrasi larutan nira aren sebagai substrat yaitu 10-100% diamati pertumbuhan ragi roti (*Saccharomyces cerevisiae*) secara periodik dengan waktu fermentasi 48 jam. Parameter diamati secara visual terhadap tingkat kekeruhan medium produksi. Ragi roti yang dihasilkan diaplikasikan pada pembuatan adonan untuk melihat daya mengembang terbaik.

2. Lama Fermentasi

Pada konsentrasi yang terbaik dianalisis total gula yang tersisa, pH medium dan biomassa sel (log jumlah sel yang hidup) dan biomassa sel kering selama fermentasi dengan waktu periodik pengambilan sampel yaitu 0-48 dengan perbedaan interval 3 jam dengan 17 tindakan perlakuan.

C. Penentuan Unit Analisis

Parameter yang dianalisis pada penelitian ini adalah log jumlah khamir setiap ml kultur (Hadjoetomo, 1993), berat biomassa kering (Judoamidjojo *et al*,

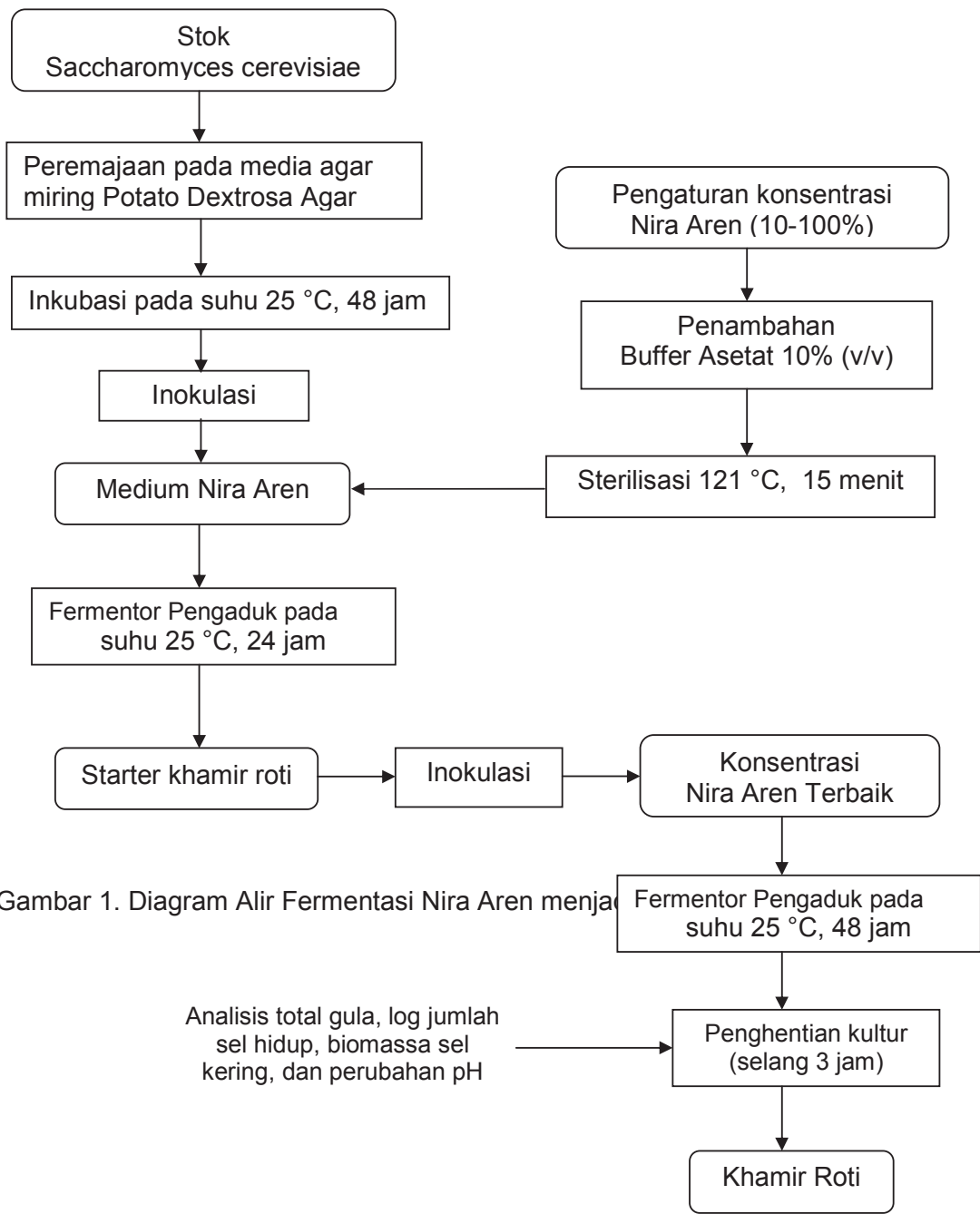
1992), perubahan pH dan profil penggunaan gula selama fermentasi dengan metode penetapan total gula-Metode Fenol (Apriyantono dkk., 1989).

D. Pengolahan dan Analisis Data

Analisis data yang dilakukan pada penelitian yaitu:

1. Data yang diperoleh secara visual pada pengamatan konsentrasi nira aren dibuat dalam bentuk tabel.
2. Data yang diperoleh diambil rata-ratanya, kemudian digambarkan dalam bentuk grafik dengan perlakuan:
 - a. Waktu inkubasi terhadap log jumlah sel hidup khamir dan berat biomassa kering.
 - b. Perubahan pH medium terhadap log jumlah sel hidup dan biomassa sel kering.
 - c. Tingkat penggunaan gula selama proses fermentasi.
3. Data yang diperoleh khususnya untuk hubungan waktu inkubasi terhadap log jumlah sel hidup dan biomassa sel kering dibuatkan persamaan regresi. Adapun persamaan rancangannya adalah sebagai berikut

$$Y = ax^2 + bx + c \text{ (Sudjana, 1992)}$$



Gambar 1. Diagram Alir Fermentasi Nira Aren menjadi

IV. HASIL DAN PEMBAHASAN

A. Penentuan Konsentrasi Nira Aren

Penentuan konsentrasi nira aren bertujuan untuk memperoleh konsentrasi tepat yang menghasilkan jumlah sel terbanyak untuk dilanjutkan pada penelitian selanjutnya. Pengamatan secara visual terhadap tingkat kekeruhan dan adanya endapan serta daya mengembang dapat dilihat pada tabel 4.

Tabel 4. Hasil pengamatan Visual berbagai perlakuan Konsentrasi Nira Aren Terhadap Tingkat Kekeruhan, Endapan dan Daya Mengembang

Perlakuan Konsentrasi	Pengamatan Secara Visual								Daya Mengembang Adonan Selama 1 Jam (ml)	
	Tingkat Kekeruhan				Endapan Kultur					
	Jam Ke				Jam Ke					
	12	24	36	48	12	24	36	48		
10%	+	++	++	++	x	xx	xx	xxx	75	90
20%	+	++	++	++	x	xx	xxx	xxx	75	100
30%	+	++	++	++	x	xx	xxx	xxx	75	100
40%	+	++	+++	+++	x	xx	xxx	xxx	75	120
50%	+	++	+++	+++	x	xx	xxx	xxx	75	110
60%	+	++	+++	+++	x	xx	xxx	xxx	75	100
70%	+	++	+++	+++	x	xx	xxx	xxx	75	90
80%	+	++	++	++	x	xx	xxx	xxx	75	90
90%	+	++	++	++	x	xx	xxx	xxx	75	80
100%	+	++	++	++	x	xx	xxx	xxx	75	80

Sumber: Data Primer Penelitian, 2004.

Keterangan:

+ : Tidak Keruh x : Tidak ada endapan
 ++ : Keruh xx : Ada endapan
 +++ : Sangat keruh xxx : Banyak endapan

Substrat dengan konsentrasi nira aren dengan kisaran level (10-100% v/v) diatur pH arvalnya dengan larutan buffer asetat (pH 4,4) sebanyak 10%. Hasil penelitian menunjukkan bahwa konsentrasi nira aren 40% v/v memiliki aktivitas sel yang tinggi dibandingkan perlakuan yang lainnya. Hal ini ditunjukkan oleh tingkat kekeruhan substrat dan adanya endapan kultur serta daya mengembang yang lebih baik dibandingkan konsentrasi lainnya.

Konsentrasi total gula nira aren segar sekitar 13% yang diencerkan menjadi konsentrasi gula antara 1 hingga 13%. Jumlah gula mempengaruhi pertumbuhan *Saccharomyces cerevisiae* yang menggunakan gula sebagai sumber karbon. Bila konsentrasi nutrisi (gula) ditingkatkan maka akan terjadi penghambatan pertumbuhan. Konsentrasi 70-100% menunjukkan terjadi penghambatan terhadap pertumbuhan sel dilihat secara visual dan terdapat endapan yang kurang serta aktivitas khamir yang rendah dan secara visual daya mengembang adonan roti. Konsentrasi gula seperti glukosa yang terdapat pada nira aren yang digunakan sebagai substrat apabila konsentrasinya 10-15% b/v total gula (g/L) maka sebagian mikroorganisme sudah tidak dapat tumbuh lagi. Hal ini disebabkan oleh adanya proses dehidrasi pada sel mikroorganisme (Sa'id, 1987).

B. Log Jumlah Sel Khamir Dan Berat Biomassa Kering

Log jumlah sel khamir yang terdapat pada medium produksi dapat diketahui dengan metode mikroskopis langsung. Log jumlah sel khamir semakin

tinggi ditandai dengan semakin keruhnya medium pertumbuhan (nira aren). Sedangkan berat biomassa kering sel diketahui melalui penimbangan berat sel kering. Pertumbuhan *Saccharomyces cerevisiae* dalam medium nira aren melalui beberapa fase laten (fase adaptasi), fase eksponensial, fase stasioner dan fase kematian.

a. Fase Adaptasi

Sel khamir yang dipindahkan ke dalam medium, mula-mula akan mengalami fase adaptasi untuk menyesuaikan dengan substrat dan kondisi lingkungan sekitarnya (Fardiaz, 1992).

Konsentrasi nira aren yang digunakan sebagai substrat adalah konsentrasi 40% yang diinokulasi dengan starter sebanyak 10% (v/v). Log jumlah sel awal sebelum fermentasi adalah 5,643 sel/100 ml kultur. Kecepatan pertumbuhan sel khamir untuk 3 jam pertama yaitu 0,224/jam. Pada fase adaptasi khamir *Saccharomyces cerevisiae* sangat singkat. Kultur *Saccharomyces cerevisiae* memiliki kemampuan untuk beradaptasi cepat dengan lingkungan sekitarnya. Hal ini berarti bahwa nutrisi yang terdapat pada substrat mendukung adanya pertumbuhan. Hingga 3 jam pertama kultur *Saccharomyces cerevisiae* telah melewati fase pertumbuhan awal. Pada rentang fase tersebut dapat dipengaruhi oleh jumlah inokulum awal. Fase adaptasi berlangsung cepat bila jumlah inokulum awal tinggi. Menurut Scragg (1991), lama atau cepatnya fase adaptasi sangat ditentukan oleh log jumlah sel yang diinokulasikan, kondisi fisiologi dan morfologi yang sesuai serta medium fermentasi yang digunakan. Selain itu kesesuaian medium starter dengan medium dapat memperpendek fase adaptasi tersebut. Menurut Kristiansen (1993), kultur *Saccharomyces cerevisiae* dalam medium dapat beradaptasi dengan cepat sebab pada dasarnya kedua medium yaitu medium starter dan medium produksi tersebut mempunyai komposisi yang sama.

Berat biomassa kering sel *Saccharomyces cerevisiae* pada awal inkubasi yaitu 0,064 gram/100 ml kultur (2,13%). Fase adaptasi sel *Saccharomyces cerevisiae* sangat singkat karena pada jam ke 3 inkubasi berat biomassa kering meningkat menjadi 0,244 gram/100 ml (8,13%). Bila dibandingkan dengan khamir strain *homozigot diploid illegitimate* maka sel khamir dari isolasi fermifan lebih kecil sehingga pertumbuhannya cepat dan berat biomassa keringnya lebih tinggi daripada sel khamir strain *homozigot diploid illegitimate* (Judoamidjojo *et al.*, 1992).

b. Fase Pertumbuhan Logaritmik

Laju pertumbuhan atau reproduksi seluler mencapai titik maksimal setelah fase pertumbuhan secara logaritmik atau eksponensial dicapai. Pada keadaan tersebut, komposisi kimiawi medium biakan berubah akibat terjadinya sintesis produk dan penggunaan substrat (Mangunwidjaja dan Suryani, 1993). Pada fase ini sel khamir membelah dengan cepat dan konstan, dimana pertumbuhan jumlahnya mengikuti kurva logaritmik (Fardiaz, 1992).

Kemampuan sel *Saccharomyces cerevisiae* untuk memperbanyak diri dalam medium nira aren. Pada masa inkubasi dari jam ke 3 sampai dengan jam ke 21 diperoleh log jumlah sel yaitu antara 5,846 sel/100 ml kultur hingga 6,154 sel/100 ml kultur. Log jumlah sel yang diperoleh ini lebih kecil dibandingkan dengan medium standar yang mengandung suplemen mineral dan vitamin. Emmi (1997) melaporkan bahwa log jumlah sel khamir (isolate fermifan) pada medium produksi molase sekitar 6,053 sel/100 ml kultur hingga 6,175 sel/100 ml kultur dengan waktu inkubasi dari jam ke 3 hingga jam ke

21 proses fermentasi. Adanya penambahan mineral seperti ammonium sulphat, potassium dihydrogen phophat, magnesium sulphat dan vitamin yang dikenal sebagai faktor pertumbuhan ke dalam medium akan meningkatkan produktivitas log jumlah sel khamir. Kecepatan pertumbuhan khamir selama fase eksponensial pada jam ke 21 yaitu 0,08/jam.

Sel khamir yang sudah mampu beradaptasi dengan medium tumbuhnya yang baru, akan membelah/berkembangbiak secara perlahan-lahan dengan kecepatan yang masih rendah. Fase ini disebut fase pertumbuhan awal dan bila fase ini cepat dilalui, maka sel akan cepat mengalami fase eksponensial. Sel khamir mencapai fase eksponensial lebih cepat karena sel tersebut mampu beradaptasi dengan lingkungan tempat tumbuhnya yang baru (Emmi, 1997).

Selanjutnya sel khamir memasuki fase eksponensial pada waktu inkubasi jam ke 3 hingga jam ke 21 dengan perolehan berat biomassa kering yaitu 0,244 gram/100 ml kultur (8,13%) hingga 0,711 gram/100 ml kultur (23,7%). Menurut Emmi (1997), perolehan berat biomassa kering dalam medium molase yaitu 0,336 gram/100 ml kultur (11,2%) hingga 0,803 gram/100 ml kultur (26,77%). Berat biomassa kering dari medium molase lebih tinggi daripada medium nira aren karena adanya penambahan mineral untuk mencukupi kebutuhan nitrogen dengan ammonium sulphat ditambahkan ke dalam medium molase.

Menurut Trivedi dan Jacobson (1986), khamir yang digunakan dalam memproduksi khamir roti harus efisien dalam mengonversikan gula menjadi biomassa. Fase logaritmik, log jumlah sel bertambah dimana satu sel membelah menjadi dua, dua menjadi empat, empat menjadi delapan dan seterusnya. Pembelahan ini terjadi secara konstan dan maksimum. Selama fase eksponensial juga terjadi penggunaan substrat secara maksimum, yang oleh serangkaian reaksi enzimatik yang terjadi di dalam sel mikroba, digunakan untuk memproduksi biomassa (Mangunwidjaja dan Suryani, 1993).

c. Fase Pertumbuhan Stasioner

Fase pertumbuhan stasioner terjadi setelah melewati fase pertumbuhan lambat yaitu pada jam ke 21 (6,154 sel/100 ml kultur) hingga jam ke 24 (6,163 sel/100 ml kultur). Fase pertumbuhan lambat ini terjadi dalam waktu singkat dan tidak menyebabkan penurunan sel, karena jumlah populasi sel masih naik bahkan lebih banyak daripada log jumlah sel yang mati (Fardiaz, 1989).

Fase stasioner berlangsung dari jam ke 27 hingga jam ke 36 proses fermentasi. Pada keadaan tersebut log jumlah sel khamir yaitu 6,168 sel/100ml kultur hingga 6,185 sel/100 ml kultur. Kemampuan sel untuk membelah diri mengalami penurunan secara perlahan-lahan sejalan dengan semakin habisnya nutrisi baik itu sumber karbon, nitrogen, mineral dan vitamin dalam medium. Fase stasioner ini ditandai dengan terjadinya kematian sel yang diikuti dengan terjadinya otolisis sel oleh enzim seluler seperti enzim glikolisis, hexokinase dan alkoholdehidrogenase (Mangunwidjaja dan Suryani, 1993).

Fase stasioner akan terjadi apabila semua sel berhenti membelah diri atau bila sel hidup dan sel mati mencapai keseimbangan yaitu laju kematian (Judoamidjojo *et al.*, 1992). Sel akan mengalami fase stasioner, setelah mengalami fase pertumbuhan lambat yaitu pada jam ke 24 dengan perolehan berat biomassa kering yaitu 0,733 gram/100 ml kultur (24,43%). Selama fase pertumbuhan lambat, tidak terjadi penurunan log jumlah sel maupun berat

biomassa kering yang diperoleh, karena log jumlah sel tetap bertambah melebihi log jumlah sel yang mati (Fardiaz, 1989).

Pada fase stasioner dimulai pada jam ke 27 hingga jam ke 36 dengan perolehan berat biomassa kering yaitu 0,768 gram/100 ml kultur (25,6%) hingga 0,844 gram/100 ml kultur (28.13%). Berat biomassa kering tertinggi terdapat pada fase stasioner. Seperti halnya, penelitian Emmi (1997), berat biomassa kering khamir isolasi dari fermifan yaitu 0,936 gram/100 ml kultur dalam medium molase. Hal ini dipengaruhi oleh tersedianya nutrisi yang optimal yang dibutuhkan khamir, kondisi lingkungan dan jenis kultur. Almeida dan Pais (1996) menggunakan kultur jenis *Saccharomyces cerevisiae* IGC 5319 (BD) diisolasi dari adonan roti dengan perolehan biomassa yaitu 1,19 gram/100 ml kultur dalam media Yeast-extract Peptone Sucrose (YPS).

Menurut Judoamidjojo *et al.*, (1992) bila kemampuan hidup sel menurun, maka akan terjadi lysis sel dimana terjadi penghancuran sel atau jaringan oleh enzim yang dihasilkan oleh sel jaringan itu sendiri sehingga massa sel akan menurun.

d. Fase Kematian

Fase ini ditandai dengan meningkatnya log jumlah sel yang mati. Hal ini disebabkan oleh nutrisi di dalam medium sudah habis dan energi cadangan di dalam sel habis. Log jumlah sel yang mati semakin lama akan semakin banyak dan kecepatan kematian dipengaruhi oleh kondisi nutrisi, lingkungan dan jenis khamir (Fardiaz, 1992)

Sel khamir mengalami penurunan log jumlah sel dimulai dari jam ke 39 hingga jam ke 48. Log jumlah selnya yaitu 6,181 sel/100 ml kultur hingga 6,161 sel/100 ml kultur. Waktu inkubasi jam ke 39 hingga jam ke 48 merupakan fase menuju kematian sel, dimana log jumlah sel yang mati semakin meningkat. Hal ini disebabkan oleh ketersediaan sumber nitrogen yang sudah habis dan kondisi pH sangat rendah. Apabila waktu inkubasi dilanjutkan setelah jam ke 48 maka terjadi penurunan log jumlah sel yang semakin tinggi sehingga kondisi sel memasuki fase kematian dimana sumber nutrisi sudah habis dan kondisi lingkungan tidak sesuai lagi untuk pertumbuhan khamir (Fardiaz, 1992).

Fase kematian diawali dengan tingginya kematian sel dibandingkan log jumlah sel yang hidup pada saat nutrisi di dalam medium pertumbuhan sudah habis. Pada grafik penurunan berat biomassa kering pada jam ke 39 hingga jam ke 48 dengan perolehan biomassa kering yaitu 0,821 gram/100 ml kultur (27,37%) yang mengalami penurunan hingga 0,756 gram/100 ml kultur (25,2%). Penelitian Emmi (1997), pada jam ke 39 hingga jam ke 48 mengalami penurunan dengan perolehan berat biomassa kering sel yaitu 0,925 gram/100 ml kultur (30.83%) hingga 0,839 gram/100 ml kultur (27,97%).

Kematian sel yang disertai dengan menurunnya berat biomassa kering yang disebabkan oleh nutrisi dalam medium nira aren maupun energy cadangan dalam sel sudah habis, disamping itu pengaruh lingkungan medium yang menghambat pertumbuhan (Fardiaz, 1989). Selain itu, dapat pula dipengaruhi oleh lingkungan fisik seperti habisnya oksigen untuk organisme obligat anaerob atau efek dari pH, suhu atau *stress osmotic* (Scragg, 1991).

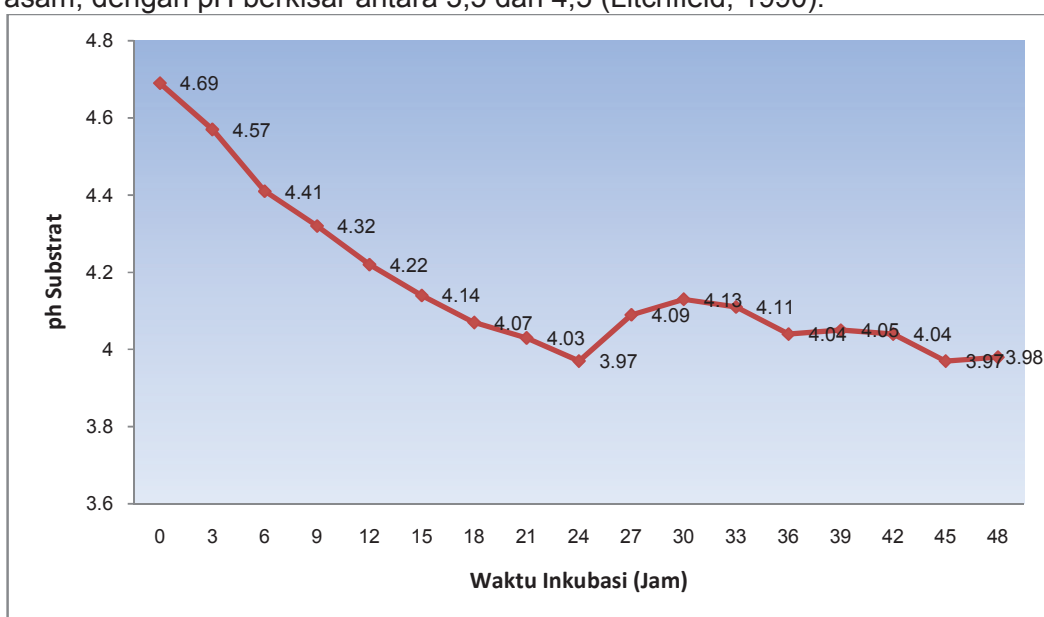
C. Perubahan pH Medium

Perubahan pH medium merupakan salah satu faktor penting yang memengaruhi pertumbuhan dan pembentukan produk. pH awal medium yang telah diatur dapat digunakan untuk menyeleksi mikroorganisme yang diinginkan

seperti khamir *Saccharomyces cerevisiae*. Kisaran pH untuk pertumbuhankhamir yaitu pH 3-6, namun pada pH 3 kecenderungan medium dapat terkontaminasi oleh bakteri (Sa'id, 1987).

Pada Gambar 2 terlihat bahwa terjadi perubahan pH setiap 3 jam yang menyebabkan penurunan pH dari 4,69 (0 jam) hingga 3,97 (24 jam). pH medium diatur dengan larutan buffer asetat pH 4,4 yaitu sebanyak 10% v/v larutan medium.

Pertumbuhan logaritmik terjadi pada kisaran pH 4,0-4,5 dan pada jam ke 3 hingga jam ke 21 inkubasi sel dalam fermentor. Secara umum khamir memiliki kelebihan daripada bakteri karena khamir lebih toleran terhadap lingkungan yang asam, dengan pH berkisar antara 3,5 dan 4,5 (Litchfield, 1990).



Gambar 2. Hasil Pengukuran pH Substrat Nira Aren Selama Fermentasi 48 Jam

Selama Proses fermentasi yang berlangsung nmemperlihatkan perubahan pH karena selama fermentasi tidak dilakukan kontrol pH pada pH tertentu. Perubahan pH itu disebabkan oleh beberapa sebab yaitu bila amonia yang terkandung dalam medium dianggap sebagai sumber nitrogen maka pH cenderung menurun dan ammonia dalam bentuk NH_4^+ digabungkan oleh sel khamir sebagai R-NH_3^+ . R adalah suatu gugus karbon. Bila nitrat adalah sumber nitrogen, maka ion-ion nitrogen diambil dari medium untuk mereduksi NO_3 menjadi R-NH_3^+ dan pH cenderung naik (Sa'id, 1987). Perubahan pH yang menurun (pH 4,69 menjadi pH 3,97) menyebabkan pigmen warna nira aren berubah menjadi lebih terang karena lebih mudah diasimilasi oleh sel *Saccharomyces cerevisiae* (Kristiansen, 1993).

Fase kematian sel pada saat pH medium turun kembali disebabkan oleh ionospor proton dimana lingkungan medium dipenuhi proton yang berusaha masuk ke dalam sel yang sedikit proton. Akibat nutrisi yang habis di dalam medium maka sel kehabisan energi dan terjadilah kematian sel.

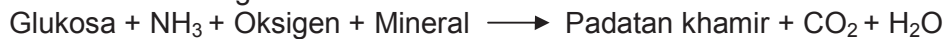
D. Kebutuhan Gula Untuk Pertumbuhan Ragi Roti

Nira aren segar mengandung sekitar 13% gula dalam bentuk sukrosa, glukosa dan fruktosa. Gula dibutuhkan untuk pertumbuhan sel khamir dalam bentuk karbon. Glukosa yang terdapat dalam nira aren merupakan sumber nutrisi organik. Konsentrasi nira aren yang digunakan adalah 40% v/v nira aren dengan kandungan gula berkisar 5% v/v.

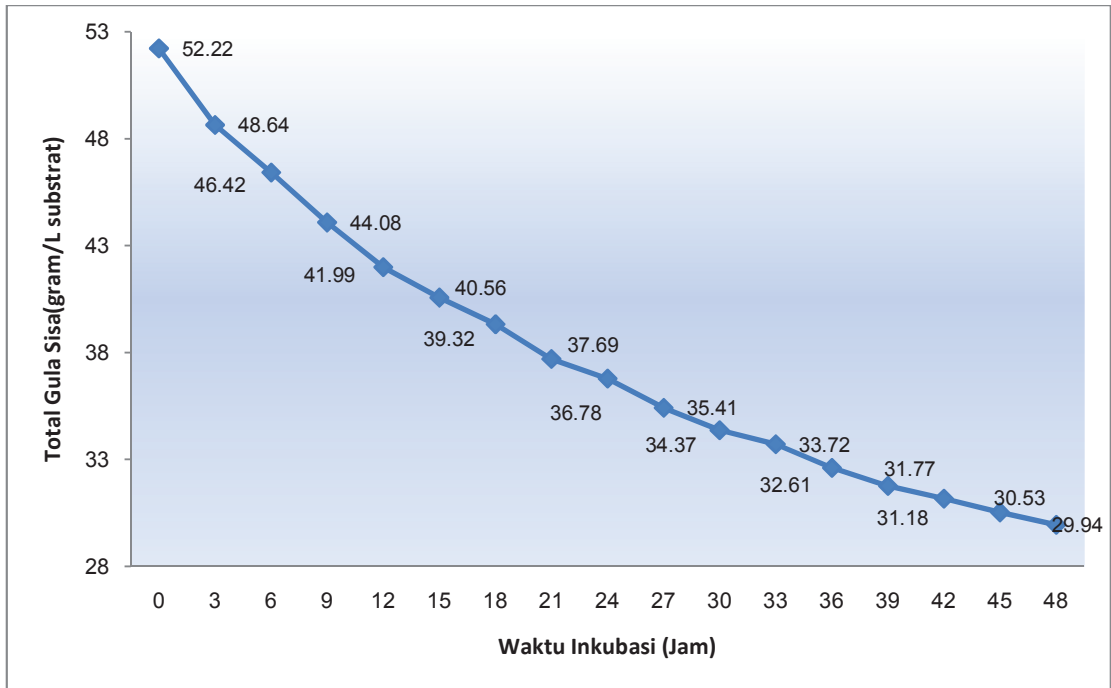
Penggunaan gula selama fase logaritmik menunjukkan kisaran 1,2-3,6 gram/Liter mulai dari jam ke 3 hingga jam ke 21. Penurunan total gula selama fase logaritmik dari 52,22 gram/L menjadi 37,69 gram/L substrat menunjukkan aktivitas sel khamir dalam memanfaatkan sumber karbon yang terdapat secara alamiah dalam medium produksi.

Fase stasioner sel khamir pada jam ke 27 hingga jam ke 36 menggunakan gula antara 0,6-1,63 gram/L. Penurunan total gula selama fase stasioner dari 35,4 gram/L menjadi 32,6 gram/L. Persentase penggunaan gula selama fermentasi 36 jam yaitu 37,54% dari total gula (52,22 gram/L substrat). Pada jam ke 48, total gula sisa yang terdapat dalam medium yaitu 29,94 gram/L (57,33%).

Nira aren segar sebagai substrat untuk memproduksi sel khamir melalui metode agitasi dalam fermentor akan menghasilkan khamir roti (baker's yeast). Menurut Chen dan Chiger (1986), pertumbuhan khamir dapat dinyatakan dalam reaksi kimia sebagai berikut:



Penggunaan gula berhubungan dengan perolehan berat biomassa kering. Semakin tinggi jumlah gula yang digunakan maka berat biomassa kering juga tinggi. Komposisi medium nira aren 40% mengandung gula sekitar 52,22 gram/L substrat untuk memproduksi khamir roti selama fermentasi. Medium tanpa penambahan mineral dan vitamin ini memberikan berat biomassa tertinggi yaitu 8,44 gram/L dicapai pada jam ke 36. Persentase biomassa kering sel lebih rendah daripada yang menggunakan medium molase diperkaya sumber nitrogen, mineral dan vitamin. Sa'id (1987) melaporkan bahwa untuk memperoleh biomassa kering sel khamir sebanyak 30 gram/L dengan memanfaatkan sumber glukosa sebanyak 60 gram/L substrat. Artinya setiap perolehan 0,5 gram biomassa kering sel khamir roti dibutuhkan 1 gram glukosa.



Gambar 3. Hubungan Waktu Inkubasi Terhadap Total Gula Sisa

V. KESIMPULAN DAN IMPLIKASI KEBIJAKAN

A. Kesimpulan

Kesimpulan karya ilmiah ini adalah:

1. Konsentrasi nira aren yang terbaik sebagai medium produksi adalah konsentrasi 40%.
2. Fase eksponensial dimulai dari jam ke 3 (5,846 sel/100 ml kultur) hingga jam ke 21 (6,154 sel/100 ml kultur).
3. Log jumlah sel hidup tertinggi terdapat pada jam ke 36 (6,185 sel/100 ml kultur) yaitu fase stasioner sel *Saccharomyces cerevisiae*.
4. Berat biomassa kering sel tertinggi pada jam ke 36 yaitu 0,844 gram/100 ml kultur (28,13%).
5. Penggunaan gula tertinggi selama fase eksponensial yaitu pada jam ke 3 (3,58 gram/L).
6. Hasil biomassa sel kering 0,419 g per gram substrat (gula) digunakan pada jam ke 27 (awal fase stasioner).
7. Penelitian ini menghasilkan rekomendasi awal untuk penelitian lanjutan yang berguna untuk pengembangan produksi ragi roti.

Rekomendasi untuk karya ilmiah ini adalah:

1. Perlunya penelitian lanjutan dengan melakukan kontrol suhu, aerasi dan pH medium selama fermentasi untuk dapat meningkatkan produksi sel khamir roti (ragi roti).
2. Perlunya penelitian lanjutan berkaitan dengan bahan pengikat (bubuk ragi roti) untuk mempertahankan daya simpan ragi roti yang berpengaruh pada daya mengembang roti yang dihasilkan.
3. Kerjasama dengan industri ragi roti dalam penelitian lanjutan sebagai suatu inovasi baru dalam produksi ragi roti di masa yang akan datang. Sumber glukosa alami yang terdapat dalam nira aren dapat menjadi energy bagi pertumbuhan khamir roti dalam produksi ragi roti.

B. Implikasi Kebijakan

1. Pemerintah mengadakan kerjasama dengan industri ragi roti komersial dalam hal potensi pengembangan industri yaitu adanya pabrik ragi roti di kawasan Sulawesi Selatan terutama daerah penghasil nira aren.
2. Pemerintah mulai memerhatikan penggunaan nira aren untuk pemanfaatan sumber daya lokal sebagai substrat ragi roti, nata de arenga, bioetanol, minuman segar, bahan baku adonan kue.
3. Pemerintah bekerjasama dengan *stake holder* lainnya seperti budidaya tanaman dan perkebunan serta perusahaan dalam mengembangkan budidaya nira aren sebagai sumber daya pembuatan khamir roti yang dapat berdampak secara sosial dan ekonomi pada masyarakat penghasil nira aren. Nira aren juga memiliki kelebihan lain sebagai minuman segar dan sumber pembuatan bioetanol yang sangat menguntungkan.
4. Pemanfaatan nira aren sebagai salah satu bahan pembuatan minuman alkohol yang secara sosial berdampak negatif maka dengan pemanfaatan nira aren sebagai sumber pembuatan khamir roti dan sumber lainnya seperti bioetanol diharapkan pemerintah membuat kebijakan yang bermanfaat bagi masyarakat dan pembangunan daerah secara holistik.

DAFTAR PUSTAKA

- Adams, M. R, 1986. *Progress in Industrial Microbiology*. Elsevier Volume 23.
- Almeida, M. J. and C. Pais, 1996. *Leavening Ability and Freeze Tolerance of Yeasts Isolated from Traditional Corn and Rye Bread Doughs*. American Society for Microbiology, Portugal.
- Anonim, 1978. *Standar Industri Indonesia Nomor 0178 Tahun 1978*. Departemen Perindustrian Republik Indonesia, Jakarta.
- Anonim, 1987. *Penelitian Penghilang Rasa Asin pada Nira Nipah*. Badan Penelitian dan Pangan Industri Baia Industri, Ujung Pandang.
- Anonim, 1988. *Pengembangan Cara Pengolahan Nira menjadi Gula*. Balai penelitian dan Pengembangan Industri, Manado.
- Anonim, 1990. *Ensiklopedia Nasional Indonesia*. Cipta Adi Pustaka, Jakarta.
- Anonim, 1996. *Data Pabrik Gula*. PTP. Nusantara XIV Ujung Pandang.
- Anonim, 2002. *Penghasilan Yis dan Produk-Produk Komersial, Prinsip-Prinsip Penghasilan Baker's Yis*. Mikrobiologi Industri Biotech. Dept. FSMB UPM, Malaysia.
- Apriyantono, A., Dedi Fardiaz, Ni Luh Puspitasari, Sedarnawati, Slamet Budiyo, 1989. *Analisis Pangan*. Departemen Pendidikan dan Kebudayaan Direktorat Jenderal Pendidikan Tinggi Pusat Antar Universitas Pangan dan Gizi Institut Pertanian Bogor.
- Budiyo MAK, 2004. *Mikrobiologi Terapan*. Edisi 3. UMM Pess. Malang.
- Cauvain, S. P. and Young, L., 1998. *Technology Breadmaking*. Blackie, Academic and Professional, London.
- Chen, S.L. and M.Chiger, 1986. *Production of Baker's Yeast*. Universal Food Corporation, Milwaukee, USA.
- Considine, Douglas M., 1974. *Chemical and Process Technology*. McGraw-Hill Book Company, Inc.
- Corriher, S., 2001. *Yeast Crucial Role In Breadmaking*. FineCooking, #43:80-81.
- Emmi, 1997. *Mempelajari Pola Pertumbuhan Saccharomyces cerevisiae Dalam Media Yang Mengandung Molase*. Jurusan Teknologi Pertanian Universitas Hasanuddin, Ujung Pandang.
- Fardiaz, S., 1989. *Mikrobiologi Pangan*. Departemen Pendidikan dan Kebudayaan

Direktorat Jenderal Pendidikan Tinggi Pusat Antar Universitas Pangan dan Gizi
Institut Pertanian Bogor.

- Fardiaz, S., 1992. *Mikrobiologi Pangan 1*. Gramedia Pustaka Utama, Jakarta.
- Frey, C.N., 1957. *History of Development of Active Dry Yeast*, in "yeast, its Characteristics, Growth, and Function in Baked Products. Quartermaster Food and Container Institute for the Armed Forces," Chicago, January.
- Hadioetomo, Ratna Siri, 1993. *Mikrobiologi Dasar Dalam Praktek*. Gramedia Pustaka Utama, Jakarta.
- Judoamidjojo, M., Abdul Aziz D. dan E. G. Sa'id, 1992. *Teknologi Fermentasi*. Rajawali Pers, Jakarta.
- Kalmus, Sage. "What Is the Difference Between Brewer's Yeast & Baker's Yeast?" <http://livestrong.com>. Retrieved 14 May 2013.
- Kristiansen, B., 1993. *The Production of Baker's Yeast*. Weinheim-New York-Basel Cambridge-Tokyo.
- Litchfield, J. H., 1990. *Single Cell Protein*. McGraw-Hill Book Company, Inc.
- Lempang, M., 2012. *Pohon Aren dan Manfaat Produksinya*. Infotek Eboni Vol.9 No.1 Thn. 2012. Balai Penelitian Kehutanan Makassar.
- Lempang M., Mangopang, A. 2012. Efektivitas Nira Aren Sebagai Bahan Pengembang Adonan Roti. *Jurnal Penelitian Kehutanan Wallaceae* 1 (1): 26-35. Balai Penelitian Kehutanan, Makassar, Makassar.
- Luqman, Lutony, 1993. *Tanaman Sumber Pemanis*. Penebar Swadaya, Jakarta.
- Mangunwidjaja, D. dan Ani S., 1993. *Teknologi Bioproses*. PAU Bioteknologi Institut Teknologi Bandung
- Murray, Moo Young, 1985. *Comprehensive Biotechnology. The Principles, Application, and Regulations of Biotechnology in Industry, Agriculture and Medicine*. Pergamon Press Ltd.
- Prescott, S. C. and C. G. Dunn, 1959. *Industrial Microbiology*. McGraw-Hill Book Company, Inc.
- Rahman, A. Kadir dan Yudo Sudarto, 1992. *Nipah Sumber Pemanis Baru*. Kanisius, Yogyakarta.
- Randez-Gill, F., P. Sanz, J. A. Prieto, 1998. *Engineering Baker's Yeast: Room Formularium Improvement*. Tribiech, June Vol. 17.
- Rumokoi MMM. 1990. *Manfaat tanaman aren (Arenga pinnata Merr)*. Buletin Balitka No. 10 Thn 1990: 21-28. Balai Penelitian Kelapa, Manado.

- Russel, C., Mawson, J. and Pak Lam Yu, 1991. *A Review of Production of Recombinant Products in Yeast*. Australian Journal of Biotechnology, 5.
- Sa'id, E. G., 1987. *Bioindustri Penerapan Teknologi Fermentasi*. Mediyatama Sarana Perkasa, Jakarta.
- Scragg, A. H., 1991. *Bioreactor in Biotechnology, A Partical Approach*. Elish Horwood, New York, London, Toronto Sydney, Tokyo, Singapore.
- Shima, Jun, Akihiro Hino, Chie Yamada-Iyo, Yasuo Suzuki, Ryouichi Nakajima, Hajime Watanabe, Katsumi Mori, and Hiroyuki Takano 1999. *Stress Tolerance In Doughs of Saccharomyces cerevisiae Trehalase Mutants Derived from Commercial Baker's Yeast*. Tokyo, Japan.
- Soeseno, S., 1991. *Bertanam Aren*. Penebar Swadaya, Jakarta.
- Sudjana, 1992. *Metode Statistika*. Tarsito, Bandung.
- Sunanto, Hatta, 1993. *Aren Budidaya dan Multigunanya*. Kanisius, Yogyakarta.
- Tarwiyah, K., 2001. *Nira: Teknologi Tepat Guna Agroindustri Kecil*. Dewan Ilmu Pengetahuan, Teknologi dan Industri Sumatera Barat.
- Trivedi, N. B, dan G. Jacobson, 1986. *Recent Advances in Baker's Yeast*. Amsterdam- Oxford-New York-Tokyo.