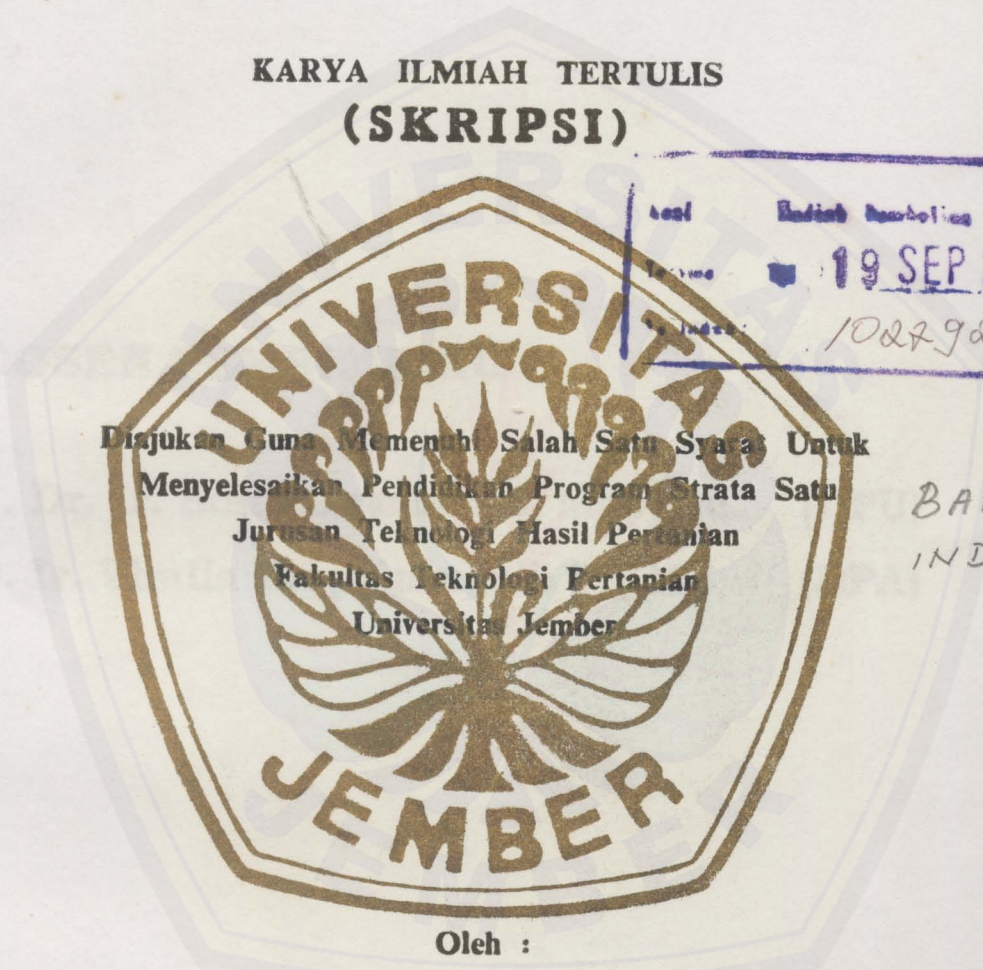




PEMANFAATAN WHEAT BRAN DAN WHEAT POLLARD UNTUK PRODUKSI ALKOHOL

KARYA ILMIAH TERTULIS
(SKRIPSI)



Keel	Badik	Handeling	KLASS
		19 SEP 2000	660
		1027924	MUL
			P
			2.1

Dijukan Guna Memenuhi Salah Satu Syarat Untuk
Menyelesaikan Pendidikan Program Strata Satu
Jurusan Teknologi Hasil Pertanian
Fakultas Teknologi Pertanian
Universitas Jember

BAHAN, Kim
INDUSTRI

Oleh :

ENY MULYANINGSIH

NIM. 961710101088

FAKULTAS TEKNOLOGI PERTANIAN
UNIVERSITAS JEMBER

Juni, 2000

**Diterima Jurusan Teknologi Hasil Pertanian
Fakultas Teknologi Pertanian
Universitas Jember**

Dipertahankan pada

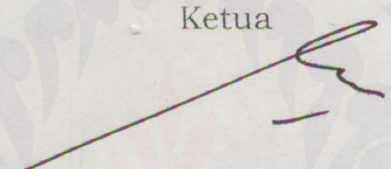
Hari : Jum'at

Tanggal : 18 Agustus 2000

Tempat : Fakultas Teknologi Pertanian
Universitas Jember

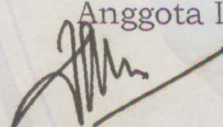
Tim Penguji

Ketua



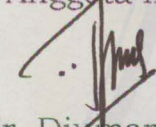
Dr. Ir. Sony Suwasono, MAppSc
NIP. 131 832 332

Anggota I



Ir. Yhulia Praptiningsih S., MS
NIP. 130 809 684

Anggota II

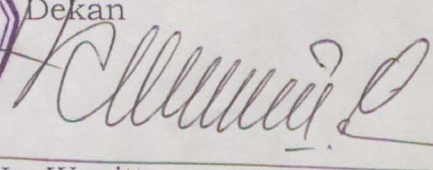


Ir. Dji Marti
NIP. 130 875 392



Mengesahkan

Dekan



Ir. Wagito
NIP.130 516 238

MOTTO:

Sesungguhnya beserta kesukaran ada kemudahan. maka apabila engkau telah selesai (dari suatu urusan), maka kerjakanlah dengan sungguh-sungguh urusan (kepentingan) orang lain. Dan hanya kepada Tuhanmulah hendaknya engkau berharap.

(Al-Qur'an, Surat Al-Insyirah 6-8)

Iman dan Taqwa membawa kreativitas kita menuju kesuksesan.
(En's)

Karya Ini Kupersembahkan Untuk :

- 1. Bapak dan Ibu tercinta yang tiada henti berdoa untukku***
- 2. Adikku Oke yang selalu kusayang***
- 3. Sahabat-sahabatku mbak Lilik, Lely dan Devy yang telah banyak membantu dan selalu memberikan dorongan moril***
- 4. Seseorang yang selalu menjadi motivatorku***
- 5. Teman-temanku angkatan '96***
- 6. Almamater yang kubanggakan***

KATA PENGANTAR

Dengan memanjatkan puji syukur kehadirat Allah swt, Penulis akhirnya dapat menyelesaikan penulisan Karya Ilmiah Tertulis yang berjudul “ Pemanfaatan Wheat Bran dan Wheat Pollard untuk Produksi Alkohol”.

Tujuan penulisan ini adalah untuk memenuhi salah satu syarat menyelesaikan program pendidikan strata satu pada Fakultas Teknologi Pertanian Universitas Jember.

Dengan selesainya penelitian ini, Penulis mengucapkan terima kasih yang sebesar-besarnya kepada :

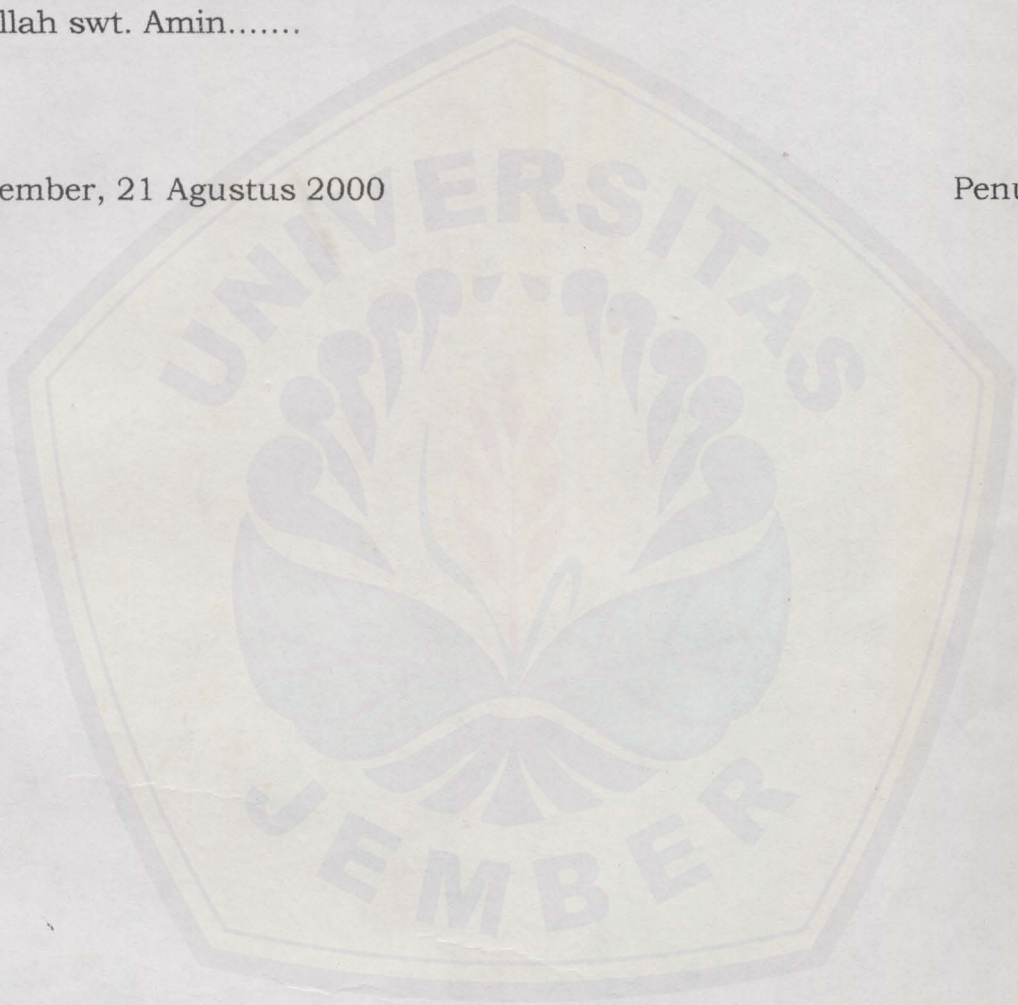
1. Bapak Ir. Wagito, selaku Dekan Fakultas Teknologi Pertanian Universitas Jember;
2. Bapak Ir. Susijahadi, MS, selaku Ketua Jurusan Teknologi Hasil Pertanian Universitas Jember;
3. Bapak Dr. Ir. Sony Suwasono, MappSc, selaku dosen pembimbing yang mau bersabar dan banyak memberikan bantuan selama penelitian maupun dalam penulisan ini;
4. Ibu Ir. Yhulia Praptiningsih S., MS, selaku dosen pembimbing yang telah memberikan banyak bantuan dalam penulisan ini;
5. Ibu Ir. Djumarti , selaku dosen pembimbing;
6. Nurul Huda yang telah membiayai penelitian ini;
7. Teman-temanku seperjuangan (Anis dan Sasmi) yang telah banyak membantu selama penelitian;
8. Sahabat-sahabatku (mbak Lilik, Lely dan Devy) yang telah banyak membantu dan selalu memberikan dukungan;
9. Semua pihak yang telah banyak membantu yang tidak dapat disebutkan satu persatu.

Semoga Karya Ilmiah Tertulis ini dapat bermanfaat khususnya bagi mahasiswa Teknologi Pertanian dan pada pemanfaatan limbah yang dihasilkan dari produksi pertanian.

Atas segala bantuan dan jasa yang telah diberikan kepada penulis, mudah-mudahan mendapatkan balasan yang setimpal dari Allah swt. Amin.....

Jember, 21 Agustus 2000

Penulis



DAFTAR ISI

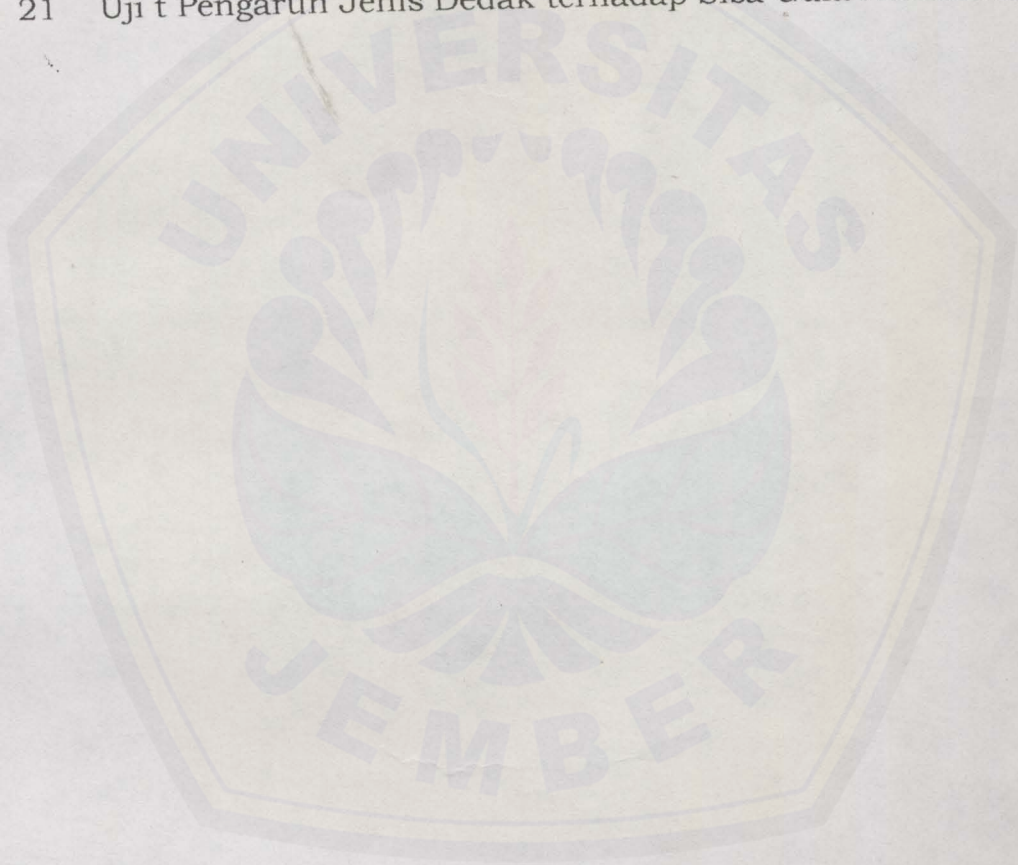
	Halaman
HALAMAN PENGESAHAN.....	iii
HALAMAN MOTTO.....	vi
HALAMAN PERSEMBAHAN.....	v
KATA PENGANTAR.....	vi
DAFTAR ISI.....	viii
DAFTAR TABEL.....	x
DAFTAR GAMBAR.....	xii
DAFTAR LAMPIRAN.....	xiii
RINGKASAN.....	xvi
I. PENDAHULUAN	
1.1 Latar Belakang.....	1
1.2 Permasalahan.....	4
1.3 Tujuan.....	4
1.4 Kegunaan.....	5
II. TINJAUAN PUSTAKA	
2.1 Dedak Gandum.....	6
2.2 Fermentasi Alkohol.....	8
2.3 Hidrolisis Selulosa.....	11
2.4 <i>Trichoderma viridae</i>	13
2.5 <i>Saccharomyces cerevisiae</i>	15
2.6 Kinetika Pertumbuhan T. Viridae dan S. Cerevisiae serta serta Pembentukan Produk.....	19
2.7 Hipotesis.....	21
III. BAHAN DAN METODE PENELITIAN	

3.1 Bahan dan Alat Penelitian.....	22
3.1.1 Bahan.....	22
3.1.2 Alat Penelitian.....	22
3.2 Tempat dan Waktu Penelitian.....	22
3.3 Metode Penelitian.....	22
3.3.1 Pelaksanaan Penelitian.....	23
3.3.2 Rancangan Percobaan.....	25
3.4 Pengamatan.....	26
3.5 Prosedur Analisis.....	27
3.5.1 Kadar Alkohol dengan Metode Nicloux.....	27
3.5.2 Sisa Gula Reduksi dengan Metode Nelson.....	28
IV. HASIL DAN PEMBAHASAN	
4.1 Produksi Alkohol pada berbagai Jenis Dedak.....	29
4.1.1 Wheat Bran.....	29
4.1.2 Wheat Pollard.....	34
4.2 Sisa Gula Reduksi pada berbagai Jenis Dedak.....	38
4.2.1 Wheat Bran.....	38
4.2.2 Wheat Pollard.....	43
4.3 Pengaruh Jenis Dedak.....	46
4.3.1 Pengaruh Jenis Dedak terhadap Kadar Alkohol.....	47
4.3.2 Pengaruh Jenis Dedak terhadap Sisa Gula Reduksi.....	47
V. KESIMPULAN DAN SARAN	
5.1 Kesimpulan.....	49
5.2 Saran.....	50
DAFTAR PUSTAKA.....	51
LAMPIRAN.....	54

DAFTAR TABEL

Tabel	Halaman
1 Komposisi Kimia Wheat Bran dan Wheat Pollard.....	8
2 Komposisi Bahan Organik dan Anorganik.....	16
3 Kurva Standart Glukosa.....	28
4 Sidik Ragam Kadar Alkohol pada Wheat Bran.....	29
5 Uji BNJ Kadar Alkohol pada berbagai Konsentrasi Wheat Bran.....	30
6 Uji BNJ Kadar Alkohol pada berbagai Lama Fermentasi pada Wheat Bran.....	31
7 Uji BNJ Kadar Alkohol pada berbagai Konsentrasi Wheat Bran dan Lama Fermentasi.....	33
8 Sidik Ragam Kadar Alkohol pada Wheat Pollard.....	34
9 Uji BNJ Kadar Alkohol pada berbagai Konsentrasi Wheat Pollard.....	35
10 Uji BNJ Kadar Alkohol pada berbagai Lama Fermentasi pada Wheat Pollard.....	36
11 Uji BNJ Kadar Alkohol pada berbagai Konsentrasi Wheat Pollard dan Lama Fermentasi.....	37
12 Sidik Ragam Sisa Gula Reduksi pada Wheat Bran.....	38
13 Uji BNJ Sisa Gula Reduksi pada berbagai Konsentrasi Wheat Bran.....	40
14 Uji BNJ Sisa Gula Reduksi pada berbagai Lama Fermentasi pada Wheat Bran.....	41
15 Uji BNJ Sisa Gula Reduksi pada berbagai Konsentrasi Wheat Bran dan Lama Fermentasi.....	41
16 Sidik Ragam Gula Reduksi pada Wheat Pollard.....	43

17	Uji BNJ Sisa Gula Reduksi pada berbagai Konsentrasi Wheat Pollard.....	44
18	Uji BNJ Sisa Gula Reduksi pada berbagai Lama Fermentasi pada Wheat Pollard.....	44
19	Uji BNJ Sisa Gula Reduksi pada berbagai Konsentrasi Wheat Pollard dan Lama Fermentasi.....	45
20	Uji t Pengaruh Jenis Dedak terhadap Kadar Alkohol.....	47
21	Uji t Pengaruh Jenis Dedak terhadap Sisa Gula Reduksi.....	47



DAFTAR GAMBAR

Gambar		Halaman
1	Jaringan Penyusun Dedak.....	7
2	Produksi Alkohol melalui Jalur Biokimia.....	10
3	Struktur Molekul Selulosa.....	11
4	Morfologi <i>Trichoderma viridae</i>	14
5	Pola Kinetika Pertumbuhan, Penggunaan Nutrien dan Pembentukan Produk pada <i>Trichoderma viridae</i>	20
6	Pola Kinetika Pertumbuhan, Penggunaan Nutrien dan Pembentukan Produk pada <i>Saccharomyces cerevisiae</i>	20
7	Diagram Alir Penelitian Produksi Alkohol dari Dedak Gandum.....	24
8	Hubungan antara Lama Fermentasi dan Kadar Alkohol pada berbagai Konsentrasi Wheat Bran.....	33
9	Hubungan antara Lama Fermentasi dan Kadar Alkohol pada berbagai Konsentrasi Wheat Pollard	37
10	Hubungan antara Lama Fermentasi dan Sisa Gula Reduksi pada berbagai Konsentrasi Wheat Bran.....	42
11	Hubungan antara Lama Fermentasi dan Sisa Gula Reduksi pada berbagai Konsentrasi Wheat Pollard	46

DAFTAR LAMPIRAN

Lampiran	Halaman
1 Kadar Alkohol Wheat Bran.....	54
2 Kadar Alkohol Wheat Pollard.....	55
3 Sisa Gula Reduksi Wheat Bran.....	56
4 Sisa Gula Reduksi Wheat Pollard.....	57
5 Uji t Kadar Alkohol untuk Wheat Bran dan Wheat Pollard....	58
6 Uji t Sisa Gula Reduksi untuk Wheat Bran dan Wheat Pollard.....	60

Eny Mulyaningsih (961710101088), **PEMANFAATAN WHEAT BRAN DAN WHEAT POLLARD UNTUK PRODUKSI ALKOHOL**. Dosen Pembimbing Utama Dr. Ir. Sony Suwasono, MAppSc; Dosen Pembimbing Anggota Ir. Yhulia Praptiningsih S., MS.

RINGKASAN

Dedak gandum merupakan hasil sampingan atau by product dari proses penggilingan biji gandum. Dedak gandum ini banyak mengandung serat kasar dan pati. Dedak gandum yang dihasilkan dari proses penggilingan gandum di PT Bogasari Flour Mills jumlahnya cukup tinggi yaitu sekitar 28%.

Selama ini dedak gandum yang dihasilkan oleh PT Bogasari Flour Mills yang terdiri dari dua jenis, hanya dimanfaatkan dalam bentuk yang terbatas, yaitu sebagai pakan ternak dan tuk memperkaya serat pada makanan. Untuk meningkatkan nilai guna dan nilai ekonomisnya, salah satu cara yang dapat dilakukan adalah menggunakannya sebagai substrat untuk memproduksi alkohol, karena kandungan karbohidratnya yang tinggi.

Tujuan dari penelitian ini adalah untuk mengetahui pengaruh konsentrasi dedak dan lama fermentasi terhadap jumlah alkohol yang dihasilkan, untuk mengetahui pengaruh jenis dedak terhadap jumlah alkohol yang dihasilkan serta untuk memperoleh konsentrasi dedak dan lama fermentasi yang tepat sehingga dihasilkan alkohol dengan jumlah yang tinggi.

Metode penelitian yang digunakan adalah Rancangan Acak Kelompok (RAK) yang disusun secara faktorial dengan dua faktor kuantitatif yaitu konsentrasi dedak dan lama fermentasi. Untuk konsentrasi dedak terdiri dari 3 level yaitu 2,5%, 5% dan 10%, sedangkan untuk lama fermentasi terdiri dari 4 level yaitu 0 hari, 3 hari, 6 hari dan 9 hari.

Berdasarkan hasil penelitian, dapat disimpulkan bahwa konsentrasi dedak dan lama fermentasi berpengaruh terhadap jumlah alkohol yang dihasilkan, jenis dedak tidak berpengaruh terhadap jumlah alkohol yang dihasilkan. Konsentrasi alkohol tertinggi diperoleh dari perlakuan A3B3 yaitu konsentrasi dedak 10% dan lama fermentasi 9 hari, yaitu 1,6680% untuk Wheat Bran dan 1,664% untuk Wheat Pollard.

**Jurusan Teknologi Hasil Pertanian
Fakultas Teknologi Pertanian
Universitas Jember**

BAB I

PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Limbah yang dihasilkan dari sebagian besar proses pengolahan hasil pertanian pada umumnya merupakan limbah selulosa. Limbah selulosa yang berlimpah ini, sangat baik dimanfaatkan dalam konversi enzimatik menjadi produk-produk berguna seperti glukosa, protein sel tunggal, etanol dan lain-lain (Mandels, dkk, 1975).

Berbagai hasil pertanian atau limbah pengolahan hasil pertanian dapat digunakan sebagai sumber karbon, diantaranya jerami, pulp kakao, onggok, dedak, dan pulp tebu serta lainnya (Judoamidjojo, dkk, 1992).

Limbah yang berupa dedak gandum (*Wheat Bran* dan *Wheat Pollard*) yang dihasilkan dari proses penggilingan tepung gandum di PT Bogasari Flour Mills jumlahnya cukup besar yaitu 28% dari jumlah total biji gandum yang akan diproses. Selama ini, dedak gandum tersebut hanya dimanfaatkan dalam bentuk terbatas yaitu sebagai pakan ternak. Selain dimanfaatkan sebagai pakan ternak, *Wheat Bran* dan *Wheat Pollard* juga digunakan untuk memperkaya serat pada makanan. Hal ini disebabkan oleh komposisi kimia *Wheat Bran* dan *Wheat Pollard* kaya akan protein dan serat kasar. Dan dengan makin banyaknya orang yang peduli terhadap kesehatan, maka *Wheat Bran* dan *Wheat Pollard* juga digunakan sebagai penambah protein dan serat pada roti *Whole Wheat* (Anonim, 1999).

Namun selain dimanfaatkan sebagai pakan ternak maupun untuk memperkaya gizi dan serat pada makanan, Wheat Bran dan Wheat Pollard memenuhi syarat bila dijadikan sebagai substrat dalam fermentasi yang menghasilkan etanol mengingat kandungan karbohidratnya yang tinggi.

Karbohidrat yang terkandung dalam Wheat Bran dan Wheat Pollard sebagian besar terdiri atas komponen selulosa, sedangkan komponen patinya hanya sedikit yaitu 30% untuk Wheat Pollard dan 20% untuk Wheat Bran. Menurut Judoamidjojo, dkk (1992) bahwa fermentasi alkohol dari bahan berpati dapat dilakukan oleh khamir yang mampu mengubah karbohidrat menjadi etanol. Beberapa penelitian telah melaporkan bahwa khamir mampu memfermentasikan glukosa meskipun hasil yang diperoleh sangat rendah bila dibandingkan dengan hasil alkohol secara teoritis (perhitungan secara stoikiometri) yaitu 0,51 gram alkohol per 1 gram glukosa. Karena pati yang terkandung dalam Wheat Pollard dan Wheat Bran rendah, maka proses fermentasi tidak ekonomis karena konsentrasi alkohol yang dihasilkan rendah atau bahkan tidak menghasilkan alkohol. Untuk produksi alkohol pada fermentasi yang menggunakan Wheat Pollard dan Wheat Bran tersebut, maka satu-satunya cara yaitu dengan mendegradasi selulosa menjadi gula-gula sederhana sehingga akhirnya dapat direduksi oleh khamir menjadi alkohol. Untuk mendegradasi selulosa tersebut diperlukan sejumlah enzim selulase yang dapat dihasilkan oleh beberapa mikroorganisme.

Salah satu mikroorganisme yang mampu memanfaatkan selulosa untuk pertumbuhannya adalah kapang *Trichoderma viridae*. Kapang ini memiliki daya selulolitik yang tinggi, karena menghasilkan enzim

selulase yang sangat efisien, terutama enzim yang dapat menghidrolisis kristal selulosa (Kosaric, 1980 dalam Hefni dan Santoso, 1997). Sehingga enzim selulase yang dihasilkan oleh *Trichoderma viridae* ini dapat dimanfaatkan untuk merombak polisakarida yang umumnya terdapat dalam limbah hasil pertanian, baik berupa selulosa maupun hemiselulosa menjadi selubiosa yang akhirnya akan terkonversi menjadi glukosa yang dapat dimanfaatkan oleh khamir untuk menghasilkan alkohol.

Fermentasi alkohol dipengaruhi oleh beberapa faktor yaitu konsentrasi substrat, lama fermentasi, suhu dan konsentrasi biomassa khamir (yang diartikan sebagai konsentrasi enzim).

a. Konsentrasi substrat

Semakin tinggi konsentrasi substrat, maka konsentrasi alkohol yang dihasilkan akan semakin tinggi. Hal ini berlangsung sampai pada batas tertentu, karena konsentrasi substrat yang terlalu tinggi akan menghambat proses fermentasi.

b. Lama fermentasi

Proses fermentasi yang semakin lama akan semakin meningkatkan jumlah alkohol yang dihasilkan. Namun proses fermentasi yang terlalu lama dapat menyebabkan penurunan kadar alkohol, karena substrat telah habis digunakan, sehingga untuk mempertahankan hidupnya khamir menggunakan alkohol untuk aktivitas metabolismenya. Selain itu kadar alkohol yang terlalu tinggi yaitu diatas 12% dapat menyebabkan sel khamir terbunuh.

c. Konsentrasi biomassa

Jumlah sel khamir yang semakin besar, akan menghasilkan enzim dengan konsentrasi yang semakin tinggi. Hal tersebut berarti

bahwa akan semakin banyak substrat yang terkonversi menjadi alkohol. Namun konsentrasi biomassa yang terlalu tinggi akan mengurangi kadar alkohol yang dihasilkan, jika jumlah substrat yang tersedia tidak mencukupi. Bila substrat dalam media telah habis digunakan, maka untuk mencukupi kebutuhan sel terhadap unsur C sel-sel khamir akan menggunakan alkohol untuk aktivitas metabolismenya.

1.2 Permasalahan

Dedak gandum (Wheat Bran dan Wheat Pollard) dapat digunakan untuk memproduksi alkohol bila telah dihidrolisis oleh enzim selulase yang dihasilkan dari sekresi *Trichoderma viridae*. Namun berapa konsentrasi dedak dan lama fermentasi yang tepat belum diketahui, oleh karena itu perlu dilakukan penelitian.

1.3 Tujuan Penelitian

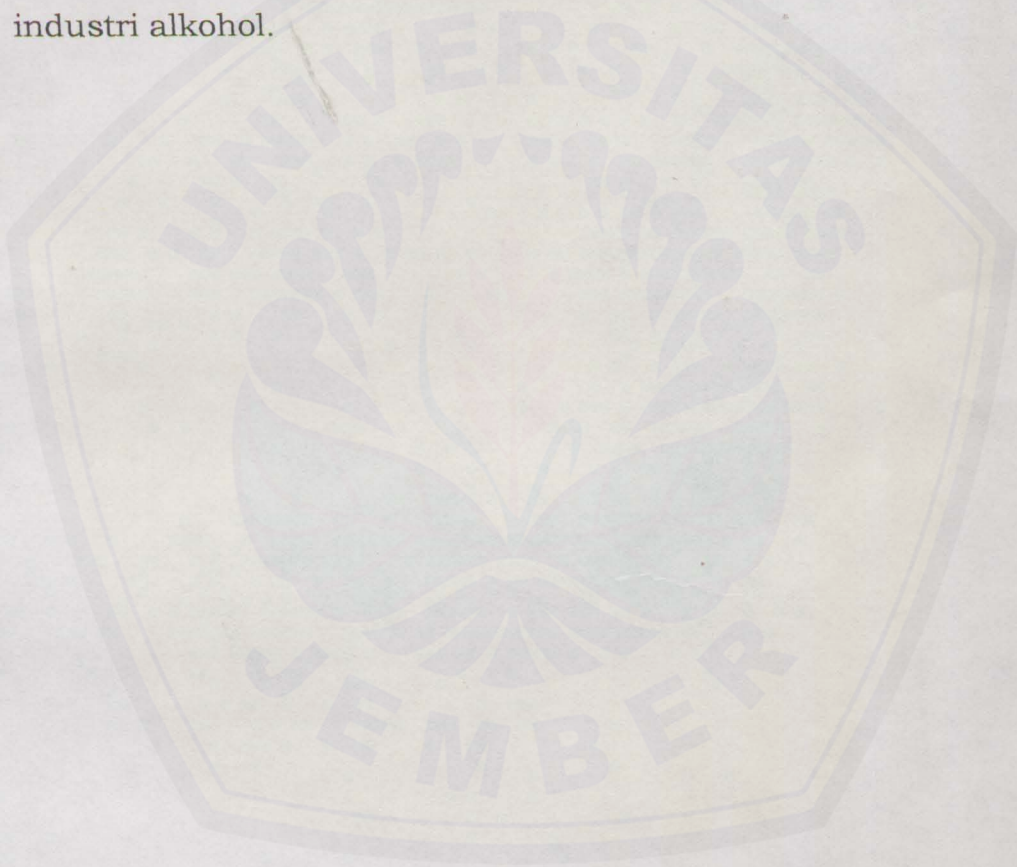
Tujuan penelitian ini adalah :

1. Untuk mengetahui pengaruh konsentrasi dedak dan lama fermentasi terhadap jumlah alkohol yang dihasilkan.
2. Untuk mengetahui pengaruh jenis dedak (Wheat Bran dan Wheat Pollard) terhadap jumlah alkohol yang dihasilkan.
3. Untuk memperoleh konsentrasi dedak dan lama fermentasi yang tepat sehingga dihasilkan alkohol dengan jumlah yang tinggi.

1.4 Kegunaan Penelitian

Adapun kegunaan dari penelitian adalah :

1. Memberikan informasi mengenai pemanfaatan limbah dedak gandum untuk produksi alkohol.
2. Memberikan alternatif penanganan limbah produksi hasil pertanian untuk mengurangi pencemaran lingkungan.
3. Memberikan alternatif penggunaan bahan baku pengganti bagi industri alkohol.



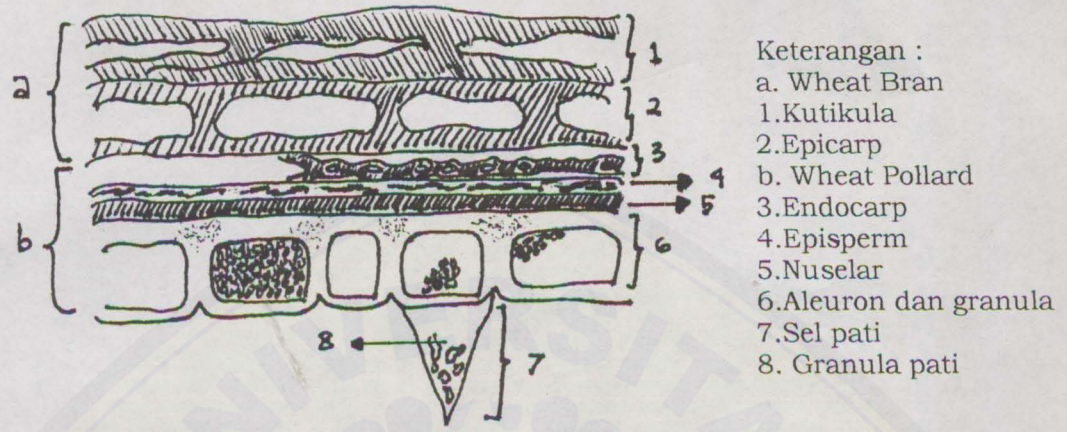
BAB II

TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Dedak Gandum

Dedak gandum merupakan kulit pelindung bagi biji gandum. Dedak gandum ini terdiri dari kutikula, epicarp, endocarp testa, jaringan nuselar dan lapisan aleuron. Jaringan nuselar (lapisan hyalin) dan lapisan aleuron yang mencapai lembaga akan berangsur-angsur direduksi sehingga kedua lapisan tersebut jumlahnya sedikit. Kutikula secara botani merupakan serangkaian dinding sel yang tebal dan ditumbuhi oleh rambut-rambut yang merupakan saluran penghubung udara dengan bagian dalam biji ketika biji telah masak atau siap dipanen. Epicarp adalah membran transparan yang sangat tipis dan jumlahnya kira-kira 1% dari biji. Bagian endocarp berjumlah sekitar 1,5% dari biji, sering disebut sebagai lapisan yang paling akhir dari lapisan luar biji. Warnanya kuning dan hanya sebagian yang transparan. Sebagian kecil selnya mempunyai unsur yang sama dengan jerami. Episperm merupakan sel dedak yang paling dalam yang melingkupi biji termasuk lembaga. Jumlahnya kira-kira 2% dari biji. Episperm sangat mudah dibandingkan dengan lapisan dedak yang lain, karena sebagian selnya mengandung unsur penyusun warna biji. Nuselar merupakan lapisan yang sangat tipis, cukup transparan dan sel penyusunnya seragam. Aleuron merupakan lapisan dedak paling dalam, jumlahnya banyak, bentuknya teratur dan memiliki dinding sel yang tebal. Aleuron berfungsi pada proses germinasi dan biasa disebut

lapisan gluten. Bagian-bagian dari dedak gandum selengkapnya dapat dilihat pada **Gambar 1**.



Gambar 1. Jaringan Penyusun Dedak Gandum (Anonim, 1966).

Dedak gandum merupakan hasil sampingan atau *by product* yang dihasilkan dari penggilingan gandum. Dedak gandum ini terdiri dari dua macam yaitu Wheat Bran dan Wheat Pollard. Kedua macam dedak tersebut memiliki ukuran dan jumlah komposisi kimia yang berbeda. Wheat Pollard berasal dari bagian gandum yang lebih dekat dengan endosperm, maka mutu proteinnya lebih baik bila dibandingkan dengan Wheat Bran meskipun jumlahnya sedikit dan ukuran granulanya lebih kecil. Produk ini banyak diminati oleh pabrik-pabrik Pakan Ternak dan peternak sapi perah. Sedangkan Wheat Bran memiliki tekstur yang lebih besar dan kasar dari pada Wheat Pollard, namun mempunyai kadar protein yang lebih banyak. Wheat Bran banyak dimanfaatkan sebagai bahan pencampur dalam pembuatan roti berserat atau yang dikenal dengan *Whole Wheat Bread* (Anonim, 1999). Perbedaan komposisi kimia Wheat Bran dan Wheat Pollard selengkapnya dapat dilihat pada **Tabel 1**.

Tabel 1. Komposisi Kimia Wheat Bran dan Wheat Pollard.

Komposisi	Jumlah	
	Wheat Bran	Wheat Pollard
% Kadar air	Maks. 14,0	Maks. 14,0
% Protein (N x 6,25)(db)	Maks. 14,5	Maks. 14,5
% Abu (db)	Maks. 5,5	Maks. 5,5
% Pati	Maks. 20,0	Maks. 30,0
% Lemak kasar (db)	Maks. 4,0	Maks. 4,3
% Serat kasar (db)	Min. 9,5	Min. 7,0

Selain selulosa, nutrisi-nutrisi lain yang terdapat pada bagian dedak adalah niasin, piridoksin, asam pantotenat, riboflavin, tiamin dan protein (Pomeranz, 1985).

2.2 Fermentasi Alkohol

Fermentasi adalah suatu reaksi redoks didalam sistem biologi yang menghasilkan energi dimana sebagai donor dan aseptor elektron terakhir yang digunakan adalah senyawa organik, biasanya karbohidrat dalam bentuk glukosa. Senyawa tersebut akan direduksi dengan katalis enzim menjadi senyawa aldehyd dan selanjutnya dapat dioksidasi menjadi asam (Winarno dan Fardiaz, 1987).

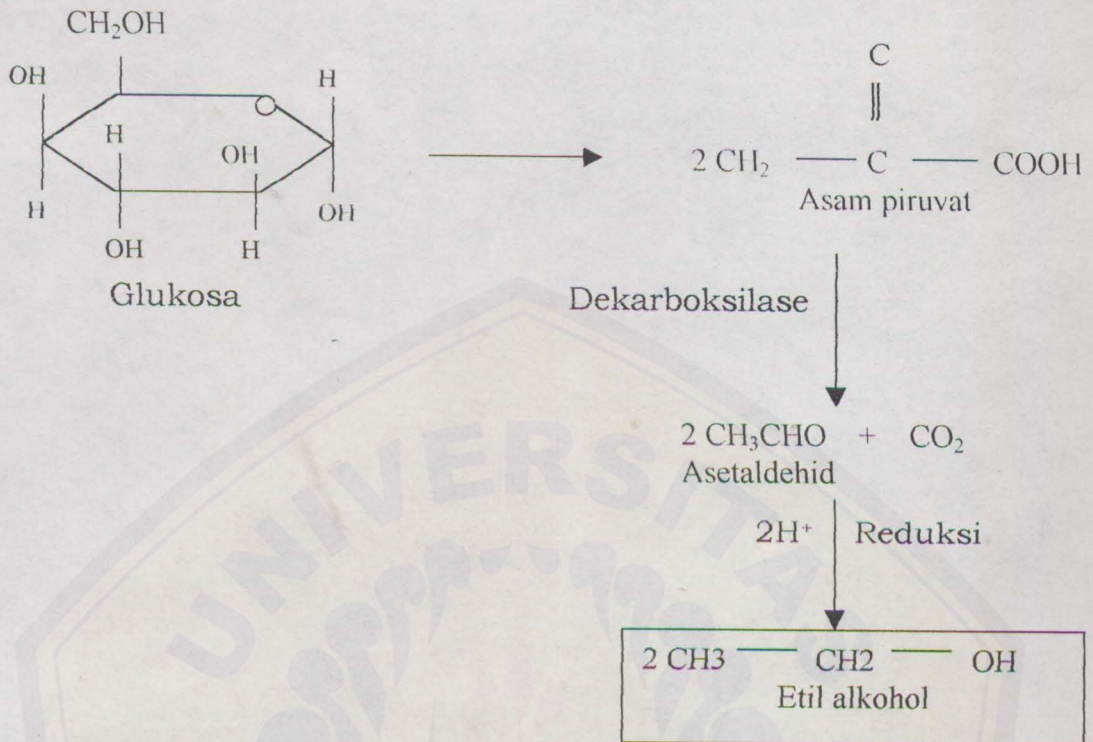
Pada reaksi fermentasi, substrat hanya teroksidasi sebagian, sehingga masih banyak energi potensial tersisa yang terikat dalam produk. Oleh karena itu, jumlah ATP yang disintesis selama reaksi fermentasi lebih kecil bila dibandingkan dengan ATP yang disintesis pada proses respirasi. (Gross, dkk, 1995).

Fermentasi merupakan tipe proses dari bakteri termasuk juga khamir yang memproduksi alkohol (fungi uniseluler). Meskipun bakteri mampu memfermentasi berbagai substrat organik, namun yang paling banyak digunakan adalah glukosa (Gross, dkk, 1995).

Etanol merupakan produk fermentasi yang dapat dibuat dari substrat yang mengandung karbohidrat. Etanol merupakan kependekan dari etil alkohol (C_2H_5OH), sering pula disebut sebagai "Grain Alcohol" atau alkohol saja. Bentuknya berupa cairan yang tidak berwarna dan berbau khas. Berat jenisnya pada $15^\circ C$ adalah sebesar 0,7937 dan titik didihnya $78,32^\circ C$ pada tekanan 76 mmHg, larut dalam air dan eter, mempunyai panas pembakaran 328 kkal (Paturau, 1969 dalam Judoamidjojo, dkk, 1992).

Alkohol, etanol khususnya dapat dibuat dari berbagai bahan hasil pertanian. Secara umum bahan-bahan tersebut dapat dibagi menjadi tiga golongan yaitu bahan yang mengandung turunan gula sebagai golongan pertama, antara lain molase, gula tebu, gula bit dan sari buah. Golongan kedua adalah bahan yang mengandung pati seperti biji-bijian, kentang dan tapioka. Golongan ketiga adalah bahan yang mengandung selulosa seperti kayu dan beberapa limbah pertanian (Said, 1987).

Fermentasi alkohol dilakukan dalam keadaan anaerob dengan menggunakan khamir tertentu yang dapat mengubah glukosa menjadi etanol melalui jalur Emden Meyerhoff-Parnas Pathway. Dari satu molekul glukosa akan membentuk 2 molekul etanol dan 2 molekul CO_2 (Judoamidjojo, dkk, 1992). Reaksi selengkapnya ditampilkan pada **Gambar 2.**



Gambar 2. Produksi Alkohol melalui Jalur Biokimia (Cappucino dan Sherman, 1999).

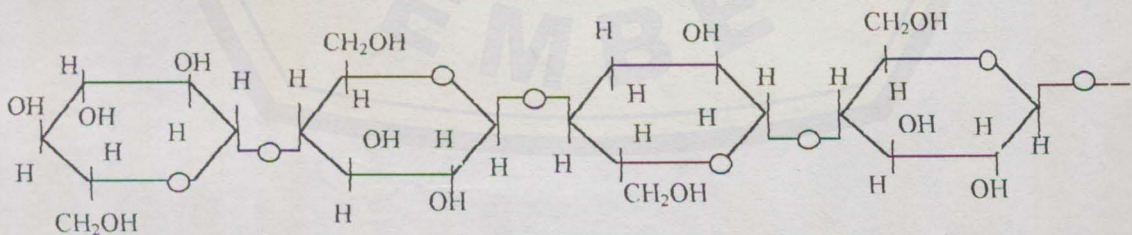
Fermentasi untuk menghasilkan alkohol tergantung pada sifat alami dari bahan dasar yang digunakan. Golongan monosakarida biasanya memerlukan sedikit atau tanpa persiapan khusus dalam proses fermentasi. Untuk substrat polisakarida (pati dan selulosa) harus dihidrolisis terlebih dahulu menjadi gula sederhana sebelum digunakan khamir dalam fermentasi alkohol. Proses hidrolisis dapat dilakukan dengan enzim atau pemanasan dengan menggunakan asam (Pelczar dan Reid, 1974).

Keberhasilan dari proses fermentasi tersebut tergantung pada persiapan medium yang digunakan sebelum proses fermentasi berlangsung. Adapun faktor-faktor yang mempengaruhi medium

fermentasi adalah konsentrasi gula reduksi dalam medium, persiapan starter, strain atau varietas dari khamir, pH, suhu dan macam nutrisi dalam media (Prescott dan Dunn, 1959).

2.3 Hidrolisis Selulosa

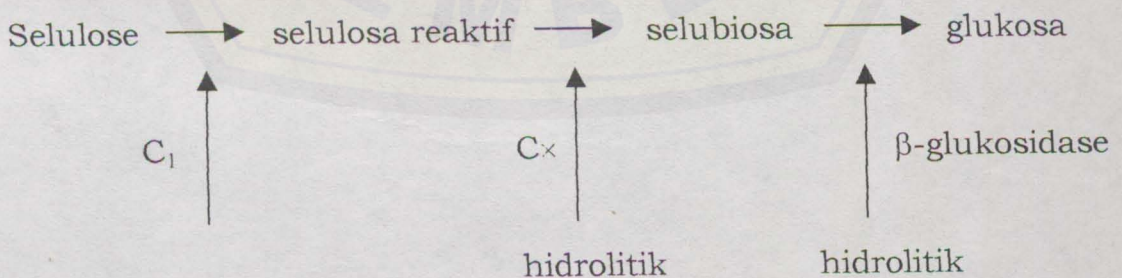
Selulosa merupakan polimer β -glukosa dengan ikatan β -1,4 diantara satuan glukosanya. Molekul selulosa akan selalu memanjang dan kaku meskipun dalam larutan. Gugus hidroksil yang menonjol dari rantai dapat membentuk ikatan hidrogen dengan mudah yang mengakibatkan kekristalan dalam batas tertentu. Daerah kekristalan selulosa lebih rapat dan lebih tahan terhadap enzim dan pereaksi kimia bila dibandingkan dengan daerah non kristal. Daerah kristal sulit menyerap air. Selain daerah kristal, dalam selulosa juga terdapat daerah amorf yang bersifat mudah menyerap air dan mengembang. Pemanasan selulosa dapat mengakibatkan pengurangan ikatan hidrogen secara terbatas, sehingga pengembangan lebih besar karena kandungan kristal menurun (Demam, 1989). Struktur molekul selulosa selengkapnya dapat dilihat pada **Gambar 3**.



Gambar 3. Struktur Molekul Selulosa (Demam, 1989).

Fermentasi alkohol yang berasal dari substrat yang banyak mengandung komponen selulosa memerlukan enzim selulase yang dapat menghidrolisis selulosa menjadi gula-gula sederhana sehingga dapat digunakan oleh khamir. Enzim dari kapang seperti yang dihasilkan oleh *Trichoderma sp* terdiri dari ekso enzim (selubiohidrolase), endo enzim (endoselulase) dan β -glukosidase. Diantara ketiganya yang paling efektif dalam menyerang daerah kristal adalah ekso enzim. Hidrolisis selulosa dimulai dari daerah yang amorf pada serabut selulosa, kemudian diikuti oleh hidrolisis sinergis oleh endoselulolitik yang bertanggung jawab terhadap degradasi polisakarida (Alexander, dkk, 1992). Menurut Winarno (1995), selama ini telah dikenal tiga macam enzim selulosa yaitu :

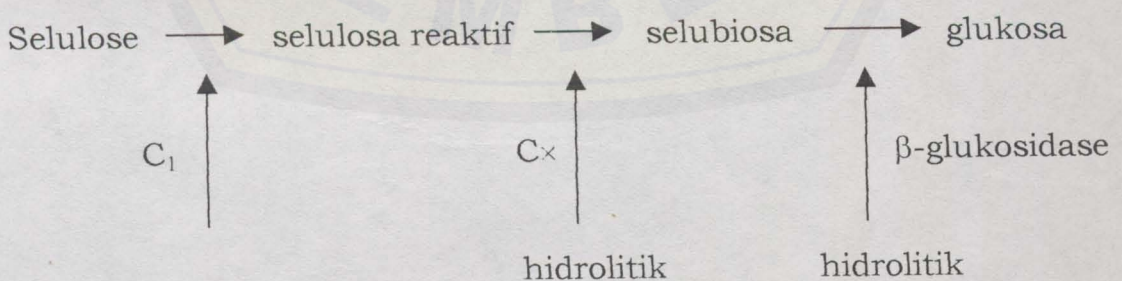
- a. Faktor C₁, yaitu suatu faktor yang masih belum jelas benar peranannya diperlukan untuk menghancurkan selulosa dalam bentuk kristal dengan tingkat polimerasi yang tinggi.
- b. β glukonase yang terbagi dalam dua jenis :
 1. Ekso- β -1,4-glukanase, menyerupai glukamilase.
 2. Endo- β -1,4-glukanase, menghidrolisis molekul selulosa secara acak (Faktor C_x).
- c. β -glukosidase, afinitasnya tinggi terhadap molekul kecil.



Selulosa dihidrolisa dengan cepat oleh organisme yang berasal dari tanah dan terutama kapang perusak kayu. Kapang atau fungi yang

Fermentasi alkohol yang berasal dari substrat yang banyak mengandung komponen selulosa memerlukan enzim selulase yang dapat menghidrolisis selulosa menjadi gula-gula sederhana sehingga dapat digunakan oleh khamir. Enzim dari kapang seperti yang dihasilkan oleh *Trichoderma sp* terdiri dari ekso enzim (selubiohidrolase), endo enzim (endoselulase) dan β -glukosidase. Diantara ketiganya yang paling efektif dalam menyerang daerah kristal adalah ekso enzim. Hidrolisis selulosa dimulai dari daerah yang amorf pada serabut selulosa, kemudian diikuti oleh hidrolisis sinergis oleh endoselulolitik yang bertanggung jawab terhadap degradasi polisakarida (Alexander, dkk, 1992). Menurut Winarno (1995), selama ini telah dikenal tiga macam enzim selulosa yaitu :

- a. Faktor C₁, yaitu suatu faktor yang masih belum jelas benar peranannya diperlukan untuk menghancurkan selulosa dalam bentuk kristal dengan tingkat polimerasi yang tinggi.
- b. β glukonase yang terbagi dalam dua jenis :
 1. Ekso- β -1,4-glukanase, menyerupai glukamilase.
 2. Endo- β -1,4-glukanase, menghidrolisis molekul selulosa secara acak (Faktor C_x).
- c. β -glukosidase, afinitasnya tinggi terhadap molekul kecil.



Selulosa dihidrolisa dengan cepat oleh organisme yang berasal dari tanah dan terutama kapang perusak kayu. Kapang atau fungi yang

Trichoderma viridae dapat optimum pada kisaran pH medium 5,5-6,0, sedangkan suhu optimum pertumbuhannya adalah 32°C-35°C dan untuk memproduksi enzim selulase 28°C-32°C (Enari, 1983 dalam Hefni dan Santoso, 1997)

2.5 *Saccharomyces cerevisiae*

Produksi alkohol secara biologis dapat menggunakan starter dari ragi. Ragi merupakan awetan dari mikroorganisme berbentuk padat dan kering. Dalam ragi terdapat berbagai mikroba yang mempunyai daya sintesis dan perombakan terhadap substrat yang berbeda satu dengan lainnya. Oleh karena itu ragi juga dapat dikatakan sebagai salah satu sumber khamir. Pada umumnya ragi untuk roti dan minuman keras biasanya menggunakan strain *Saccharomyces cerevisiae* karena populasinya lebih murni. *Saccharomyces cerevisiae* seperti juga kebanyakan fungi, merupakan organisme aerob. Namun dalam kondisi lingkungan yang terisolasi dari udara, organisme ini mampu memfermentasi karbohidrat menjadi etanol dan CO₂ (Pederson, 1971).

Selain populasinya yang lebih murni, kelebihan lain yang dimiliki oleh *Saccharomyces cerevisiae* yaitu mampu menghasilkan alkohol dalam jumlah yang cukup tinggi, mampu tumbuh cepat pada substrat organik dan toleransi terhadap perubahan kondisi sekeliling tidak terlalu besar. (Kuswanto dan Sudarmadji, 1987). Selain itu menurut Presscott dan Dunn (1959) *S. cerevisiae* juga tahan terhadap kadar gula yang tinggi dan tetap aktif melakukan fermentasi pada suhu 4-32°C.

Sel *S. cerevisiae* seperti kebanyakan sel khamir tersusun atas bahan organik dan bahan anorganik. Komposisi kimia sel khamir dapat ditinjau selengkapnya pada **Tabel 2**.

pati, maka perlu adanya perlakuan pendahuluan misalnya proses gelatinisasi. (Gross, dkk, 1995).

Kondisi lingkungan sangat berpengaruh terhadap pertumbuhan mikroorganisme karena akan mengakibatkan perubahan sifat fisiologi dan morfologi dari mikroorganisme (Jutono, 1973). Faktor-faktor yang berpengaruh terhadap pertumbuhan khamir (*S. cerevisiae*) dan produksi alkohol yang dihasilkan adalah suhu, pH, oksigen dan kadar alkohol.

a. Suhu

Khamir mempunyai suhu optimal untuk pertumbuhan mikroba. Suhu dibawah minimal dan diatas maksimal dapat menyebabkan terjadinya denaturasi enzim sehingga tidak dapat tumbuh. Sebagian besar khamir umumnya tumbuh baik pada kisaran suhu 25°C-46°C. Pada kondisi ini khamir dapat memproduksi alkohol dan CO₂ (Forsith dan Quesnel, 1963).

b. PH

Kegiatan fisiologis mikroorganisme sangat dipengaruhi oleh aktivitas enzim, aktivitas enzim sangat dipengaruhi oleh pH substrat. Nilai pH optimum untuk pertumbuhan khamir adalah antara 2,5-4,5 (Forsith dan Quesnel, 1963).

c. Oksigen

Fungsi dari O₂ untuk pertumbuhan khamir masih belum diketahui. Jumlah O₂ yang banyak meningkatkan produksi sel khamir yang baru. Fermentasi alkohol kebanyakan berlangsung pada suasana anaerob. Pada suasana ini asam piruvat dioksidasi menjadi eranol dan CO₂. Jika terdapat O₂ dalam jumlah banyak maka asam piruvat akan dioksidasi melalui siklus krebs sehingga tidak menghasilkan alkohol. (Desrosier, 1977).

Tabel 2. Komposisi Bahan Organik dan Anorganik Khamir.

Komponen	Variasi (% db)	Rerata (% db)
Protein	35-45	40,0
Karbohidrat	30-45	37,5
Lemak	5-10	7,5
Asam lemak	5-10	7,5
Abu	4-10	7
Elemen-elemen :		
Phospat	1,900-5,500	3,700
Kalium	1,400-4,300	2,850
Magnesium	0,100-0,700	0,400
Kalsium	0,005-0,200	0,050
Aluminium	0,002-0,020	0,005
Sulfat	0,010-0,050	0,030
Klorida	0,004-0,100	0,020
Besi	0,005-0,012	0,008
Silika	0,020-0,200	0,110
Tembaga	10,00-100,00	55,00

Sumber : Pelczar dan Reid (1974)

Beberapa strain khamir (*Saccharomyces diastaticus*) dapat mendegradasi pati menjadi gula sederhana, tetapi *Saccharomyces cerevisiae* yang digunakan untuk roti, produksi anggur dan bir tidak dapat melakukan hal tersebut, karena *Saccharomyces cerevisiae* hanya dapat menggunakan glukosa dan gula-gula sederhana lainnya sampai batas polimer yang terdiri dari tiga molekul glukosa atau trisakarida. Sehingga bila akan diinokulasikan pada medium yang mengandung

d. Kadar alkohol

Kadar alkohol mempunyai pengaruh menghambat fermentasi dan terjadi peningkatan suhu. Etanol pada kadar diatas 5% volume hanya sedikit mempengaruhi aktivitas fermentasi, tetapi adanya alkohol berantai panjang dapat bersifat toksin. Umumnya aktivitas fermentasi terhenti bila kadar etanol mencapai 12%-18% volume total substrat (Said, 1987).

Menurut Mangunwidjaja dan Suryani (1994) ada dua parameter yang paling berpengaruh dalam mengendalikan pertumbuhan dan metabolisme khamir dalam keadaan anaerob yaitu konsentrasi gula dan etanol. Secara kinetik glukosa berperan ganda, pada konsentrasi rendah (kurang dari 1 g/L) merupakan substrat pembatas, sedangkan pada konsentrasi tinggi (lebih dari 300 g/L) akan menjadi penghambat. Pada sisi lain etanol dengan konsentrasi 40 g/L akan menghambat baik untuk pertumbuhan biomassa maupun produksi etanol.

Pertumbuhan khamir dalam kondisi aerobik mengikuti pola metabolisme yang berbeda berdasarkan konsentrasinya dalam media. Hal ini ditunjukkan oleh keragaman laju dan rendemen biomassa dan ekskresi metabolit antara seperti etanol dan asetat. Pada fermentasi batch dan fase I terjadi pertumbuhan menggunakan glukosa, produksi alkohol dan asam asetat serta asetaldehid jumlahnya sedikit. Fase II merupakan manifestasi efek crabtree pada substrat berlebih. Setelah fase perlambatan khamir mengalami pertumbuhan ke-2 dengan menggunakan etanol. Tahap ini merupakan respirasi etanol (Mangunwidjaja dan Suryani, 1994).

BAB III

BAHAN DAN METODE PENELITIAN

3.1 Bahan dan Alat Penelitian

3.1.1 Bahan

Bahan yang digunakan dalam penelitian adalah Wheat Bran dan Wheat Pollard, *Trichoderma viridae*, khamir roti (ragi roti), KH_2PO_4 , $\text{MgSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$, reagen Nelson, arsenomolibdat, larutan $\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_3$ 0,1 N, Kristal KI, larutan $\text{K}_2\text{Cr}_2\text{O}_7$ 0,3472 N, indikator amilum 1% dan aquades.

3.1.2 Alat Penelitian

Peralatan yang digunakan selama penelitian antara lain erlenmeyer 500 ml, blender, mesin pengocok, spektronik 21, penangas air, tabung reaksi, pendingin balik, buret, pipet ukur dan autoklaf.

3.2 Tempat dan Waktu Penelitian

Penelitian ini dilakukan di Laboratorium Pengendalian Mutu Hasil Pertanian, Fakultas Teknologi Pertanian, Universitas Jember pada bulan September 1999 sampai dengan Maret 2000.

3.3 Metode Penelitian

3.3.1 Pelaksanaan Penelitian

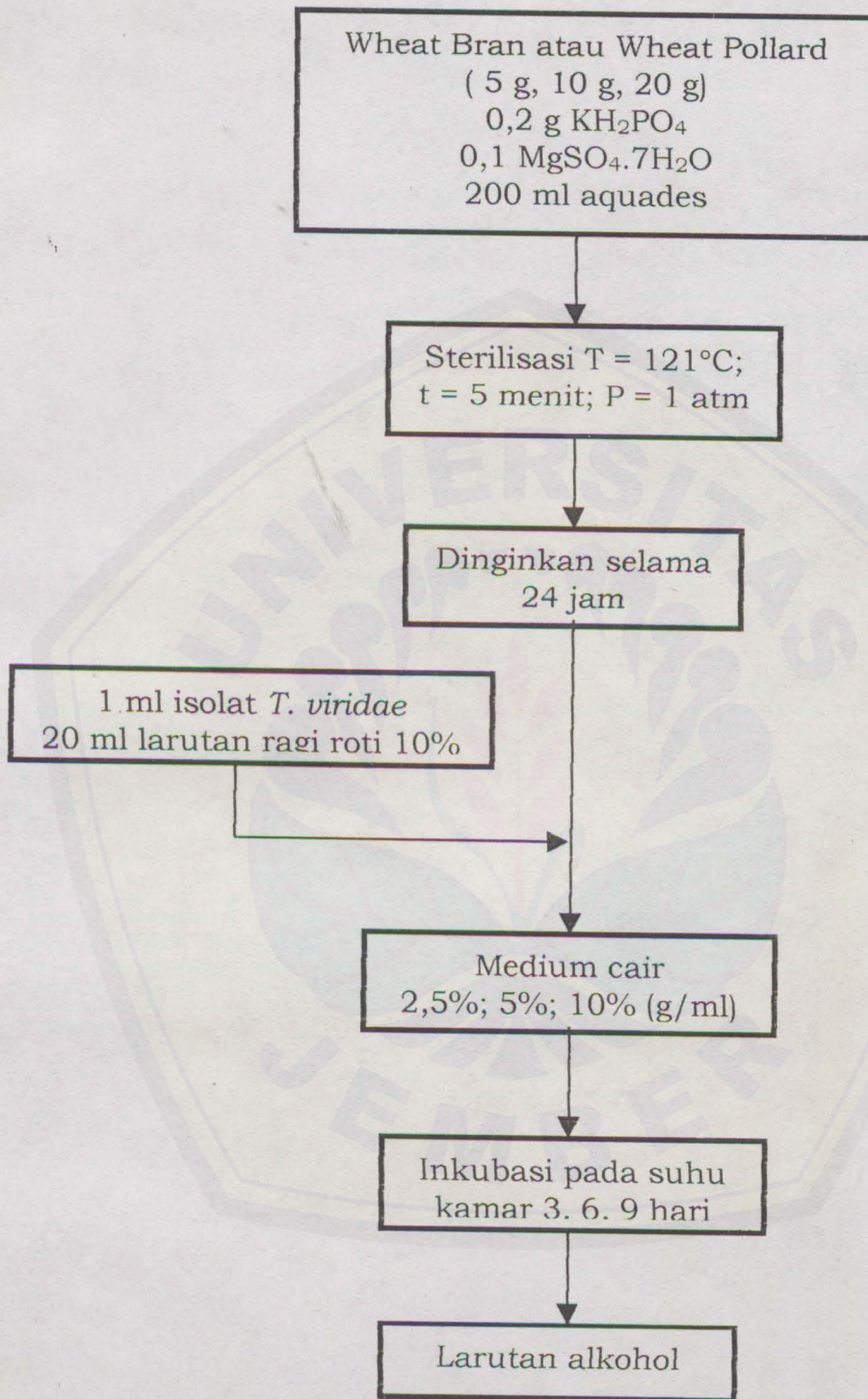
Penelitian yang dilakukan terdiri dari dua tahap yaitu :

a. Pembuatan medium

Pembuatan medium dalam penelitian yaitu menimbang Wheat Bran dan Wheat Pollard masing-masing sebanyak 5 gram, 10 gram dan 20 gram dalam 200 ml aquades. Penggunaan Wheat Bran dan Wheat Pollard dibawah 5 gram dikhawatirkan nutrisi untuk *T. viridae* dan *S. cerevisiae* tidak mencukupi. Sedangkan bila konsentrasinya diatas 20 gram/200 ml aquades dapat menyebabkan gelatinisasi yang berlebihan, sehingga media menjadi padat. Untuk masing-masing konsentrasi dan jenis dedak ditambahkan dengan 0,2 g KH_2PO_4 ; 0,1 g $\text{MgSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$. Kemudian media tersebut disterilisasi pada suhu 121°C , tekanan 1 atm, selama 15 menit dan didinginkan selama 24 jam.

b. Produksi alkohol

Medium cair diinokulasi dengan 1 ml biakan *Trichoderma viridae* dan 20 ml larutan ragi roti 10% diinkubasikan pada suhu ruang selama 3, 6 dan 9 hari sambil dikocok dengan mesin pengocok. Fermentasi tidak dilakukan kurang dari 3 hari karena dikhawatirkan alkohol belum terbentuk. Tetapi fermentasi juga tidak dilakukan diatas 9 hari, karena dikhawatirkan alkohol yang terbentuk konsentrasinya tinggi, sehingga dapat menjadi racun *S. cerevisiae*. Larutan alkohol diperoleh dengan memipet cairan dari erlenmeyer (fermentor). Bagan pelaksanaan penelitian selengkapnya dapat dilihat pada **Gambar 7**.



Gambar 7. Diagram Alir Penelitian Produksi Alkohol dari Dedak Gandum.

3.3.2 Rancangan Percobaan

Penelitian ini dilaksanakan dengan menggunakan RAK (Rancangan Acak Kelompok) secara faktorial dengan dua faktor (perlakuan) yaitu konsentrasi dedak (faktor A) dengan 3 level dan lama fermentasi (faktor B) dengan 4 level. Pengujian ini dilakukan untuk masing-masing jenis dedak yaitu pollard dan bran, dan untuk masing-masing level diulang sebanyak tiga kali.

Macam kombinasi perlakuan tersebut yaitu :

Faktor A : Konsentrasi dedak

A1 = 2,5 %

A2 = 5,0 %

A3 = 10 %

Faktor B : Lama fermentasi

B0 = 0 hari

B1 = 3 hari

B2 = 6 hari

B3 = 9 hari

Kombinasi dari kedua perlakuan adalah sebagai berikut :

A1B0

A2B0

A3B0

A1B1

A2B1

A3B1

A1B2

A2B2

A3B2

A1B3

A2B3

A3B3

Dari rancangan diatas, maka berlaku model persamaan umum sebagai berikut (Yinosumarto, 1993) :

$$Y_{ijk} = \mu + \alpha_i + \beta_j + (\alpha\beta)_{ij} + \varepsilon_{ijk}$$

Keterangan :

- Y_{ij} = Hasil pengamatan untuk faktor A pada level ke-i, faktor B level ke-j dan pada ulangan ke-k.
- μ = Nilai tengah umum.
- α_i = Pengaruh faktor A pada level ke-i.
- β_j = Pengaruh faktor B pada level ke-j
- $(\alpha\beta)_{ij}$ = Interaksi AB pada level ke-i, level ke-j.
- ε_{ijk} = Kesalahan percobaan untuk level ke-i, level ke-j dan ulangan ke-k.

Pada penelitian ini juga digunakan uji lanjutan yaitu uji Tukey (BNJ), yang digunakan untuk mengetahui level mana yang memberikan hasil maksimum terhadap perlakuan. Sedangkan untuk mengetahui pengaruh jenis dedak terhadap jumlah alkohol yang dihasilkan digunakan uji t.

3.4 Pengamatan

Pada penelitian ini, pengamatan yang dilakukan adalah pengamatan terhadap kadar alkohol dan sisa gula reduksi.

3.5 Prosedur Analisis

3.5.1 Kadar alkohol dengan metode Nicloux (Anonim, 1996)

- a. Memipet 1 ml sampel dan timbang.
- c. Menambahkan larutan $K_2Cr_2O_7$ 0,3472N sebanyak 2,5 ml secara hati-hati sambil digoyang-goyang.
- d. Memanaskan pada pendingin balik selama 10 menit untuk oksidasi reduksi.
- e. Dinginkan dan tambahkan kristal KI sebanyak 1,5 gram sambil digoyang-goyang, diamkan selama 5 menit.
- f. Titrasi dengan $Na_2S_2O_3$ 0,1 N setelah ditambahkan indikator amilum 1% sebanyak 1 ml sampai terjadi perubahan warna.
- g. Membuat blanko dengan prosedur yang sama. Selisih titrasi blanko dengan sampel ekuivalen dengan jumlah ml larutan $K_2Cr_2O_7$ 0,3472 N yang digunakan untuk mengoksidasi alkohol (1 ml $K_2Cr_2O_7$ 0,3472 N dapat mengoksidasi 4 mg alkohol) menjadi asam asetat (CH_3COOH).

$$\% \text{ Alkohol} = \frac{(D - B) \times 4 \times FP \times 100\%}{\text{mg sampel}}$$

Keterangan :

D = Duplo (sampel)

B = Blangko (aquades)

FP = Faktor pengenceran (1)

3.5.2 Sisa gula reduksi dengan metode Nelson (Sudharmadji, 1988)

- a. Dilakukan pengenceran pada sampel sebesar 5-25 kali.
- b. Memipet 1 ml sampel yang telah diencerkan kemudian tambahkan reagen Nelson sebanyak 1 ml dan panaskan dalam penangas air selama 20 menit dan dinginkan.
- c. Sampel ditambah dengan arsenomolibdat sebanyak 1 ml, encerkan menjadi 10 ml dan gojok.
- d. Tera sampel dengan spektrometri pada panjang gelombang 540 nm.

Tabel 3. Kurva Standart Glukosa.

Konsentrasi	Absorban
0,1	0,126
0,2	0,237
0,4	0,465
0,6	0,651
0,8	0,770
1	0,928

Persamaan :

$$Y = 0,88627X + 0,07159$$

$$Y = \text{Absorban}$$

$$X = \text{Sisa gula reduksi (mg/ml)}$$

BAB IV

HASIL DAN PEMBAHASAN

4.1 Produksi Alkohol pada berbagai Jenis Dedak

4.1.1 Wheat Bran

Kadar alkohol yang dihasilkan pada fermentasi Wheat Bran dapat dilihat pada **Lampiran 1**. Kadar alkohol yang dihasilkan selama proses fermentasi yaitu antara 0,0880% sampai 1,6680%.

Hasil sidik ragam kadar alkohol pada Bran dan Pollard dapat dilihat pada **Tabel 4**.

Tabel 4. Sidik Ragam Kadar Alkohol pada Wheat Bran.

Sumber Keragaman	dB	Jumlah	Kuadrat	F-hitung	F-tabel	
		Kuadrat	Tengah		5%	1%
Blok	2	0.0009242	0.0004621	7.6490553 **	3.44	5.72
Perlakuan	11	10.4710866	0.9519170	15756.5255000 **	2.26	3.18
Faktor A	2	5.4050816	2.7025408	44733.5791700 **	3.44	5.72
Faktor B	3	3.1113630	1.0371210	17166.8582200 **	3.05	4.82
Interaksi	6	1.9546420	0.3257737	5392.3412470 **	2.55	3.76
Galat	22	0.0013291	0,0000604			
Total	35	10.4733399				

Keterangan : ** Berbeda sangat nyata

* Berbeda nyata

ns Berbeda tidak nyata

Dari **Tabel 4** dapat diketahui bahwa konsentrasi dedak (faktor A) dan lama fermentasi (faktor B) sangat berpengaruh terhadap kadar alkohol dan terdapat interaksi diantara kedua faktor tersebut. Oleh karena itu diperlukan pengujian lebih lanjut.

Hasil uji Tukey mengenai pengaruh konsentrasi Wheat Bran terhadap kadar alkohol menunjukkan semakin tinggi konsentrasi Wheat Bran maka kadar alkohol yang dihasilkan semakin tinggi pula. Hal ini karena semakin tinggi konsentrasi Wheat Bran, maka kandungan selulosa semakin tinggi. Dengan semakin tingginya kandungan selulosa, reaksi hidrolisis selulosa oleh *Trichoderma viridae* akan meningkat. Hal tersebut menyebabkan glukosa yang merupakan produk akhir dari proses hidrolisis tersebut semakin meningkat. Konsentrasi glukosa dalam media berpengaruh terhadap jumlah alkohol yang dihasilkan. Semakin tinggi konsentrasi glukosa maka kecepatan reaksi pembentukan alkohol akan meningkat. Sehingga dengan semakin meningkatnya konsentrasi Wheat Bran dalam media, maka jumlah alkohol yang dihasilkan akan semakin tinggi. Hasil selengkapnya dapat dilihat pada **Tabel 5**.

Tabel 5. Uji BNJ Kadar Alkohol pada berbagai Konsentrasi Wheat Bran.

Konsentrasi Wheat Bran	Kadar Alkohol (%)	Notasi
A3	1.0892	a
A2	0.4137	b
A1	0.1740	c

Keterangan : Huruf yang sama menunjukkan berbeda tidak nyata pada Uji BNJ taraf 5%

Kadar alkohol terendah yang dihasilkan oleh konsentrasi Wheat Bran 2,5% diduga karena gula reduksi yang dihasilkan dari hidrolisis selulosa oleh enzim selulase yang dihasilkan dari aktivitas *Trichoderma viridae* telah habis digunakan oleh khamir roti untuk aktivitas metabolisme dan pertumbuhan sel-selnya. Sedangkan pada konsentrasi

Wheat Bran 10% yang menghasilkan kadar alkohol tertinggi disebabkan karena glukosa yang dihasilkan dari hidrolisis selulosa konsentrasinya paling tinggi. Organisme khamir membutuhkan gula reduksi untuk aktivitas metabolisme, pertumbuhan maupun untuk reproduksi selnya dalam jumlah terbatas. Pada konsentrasi Wheat Bran 10%, glukosa yang ada tidak seluruhnya dipergunakan untuk aktivitas metabolisme, pertumbuhan, maupun reproduksi sel khamir pada kondisi aerob. Sehingga pada kondisi anaerob glukosa tersebut terkonversi menjadi alkohol dan CO₂ melalui jalur Embden-Meyyerhoff.

Hasil uji beda terhadap kadar alkohol pada berbagai lama fermentasi menunjukkan bahwa semakin lama proses fermentasi, maka alkohol yang dihasilkan akan semakin tinggi, seperti yang tercantum dalam **Tabel 6**. Hal ini disebabkan oleh semakin lama fermentasi, maka kesempatan glukosa untuk berikatan dengan enzim zimase yang dihasilkan oleh khamir semakin besar. Sehingga jumlah glukosa yang terkonversi menjadi alkohol akan semakin meningkat.

Tabel 6. Uji BNJ Kadar Alkohol pada berbagai Lama Fermentasi pada Wheat Bran.

Lama Fermentasi	Kadar Alkohol (%)	Notasi
B3	0.8849	a
B2	0.7098	b
B1	0.5476	c
B0	0.0936	d

Keterangan : Huruf yang sama menunjukkan berbeda tidak nyata pada Uji BNJ taraf 5%

Pada lama fermentasi B1 (tiga hari) kadar alkohol sangat rendah, karena aktivitas hidrolisis selulosa diduga masih berlangsung, sehingga

jumlah glukosa yang terbentuk masih rendah. Kondisi lingkungan yang belum anaerob juga menyebabkan alkohol tidak dapat terbentuk. Jadi sebagian besar glukosa teroksidasi seluruhnya menjadi ATP yang berguna bagi pertumbuhan dan pembelahan sel khamir. Pada fermentasi selama enam hari, kadar alkoholnya lebih tinggi bila dibandingkan dengan waktu fermentasi selama tiga hari, karena kondisi dalam fermentor mulai berubah menjadi kondisi anaerob, sehingga reaksi pembentukan alkohol lebih cepat. Pada lama fermentasi selama sembilan hari, glukosa yang terkonversi menjadi alkohol semakin banyak. Hal ini menyebabkan kadar alkohol pada akhir fermentasi paling tinggi dari pada kadar alkohol pada lama fermentasi selama tiga hari dan enam hari.

Hasil uji beda interaksi antara faktor A dan B terhadap kadar alkohol pada **Tabel 7** menunjukkan bahwa fermentasi pada hari ke-0 kadar alkohol pada konsentrasi yang berbeda menunjukkan hasil berbeda tidak nyata, karena pada hari ke-0 ini aktivitas hidrolisis dan fermentasi tidak terjadi.

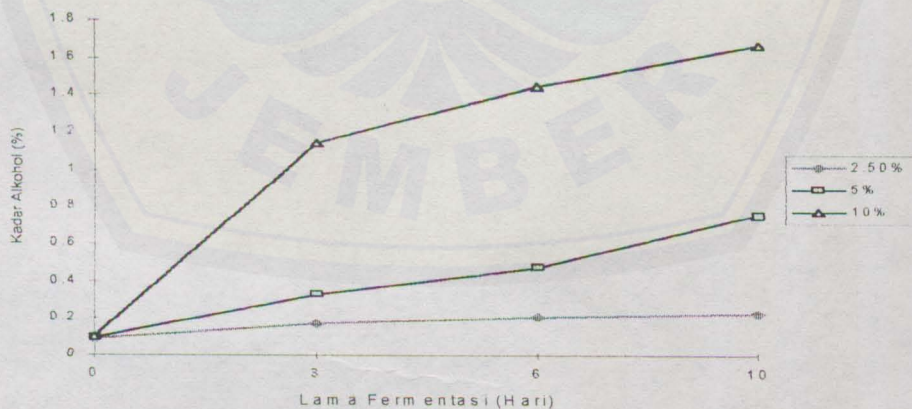
Pada perlakuan A1B2 dan A1B3 menunjukkan berbeda tidak nyata. Hal ini diduga karena glukosa yang akan dikoversikan menjadi alkohol sangat rendah konsentrasinya, sehingga jumlah alkohol tidak jauh berbeda antara fermentasi selama enam hari dan sembilan hari.

Tabel 7. Uji BNJ Kadar Alkohol pada berbagai Konsentrasi Wheat Bran dan Lama Fermentasi.

Perlakuan	Kadar Alkohol (%)	Notasi
A3B3	1.6680	a
A3B2	1.4453	b
A3B1	1.1440	c
A2B3	0.7587	d
A2B2	0.4733	e
A2B1	0.3293	f
A1B3	0.2280	g
A1B2	0.2107	g
A1B1	0.1693	h
A3B0	0.0993	i
A2B0	0.0933	i
A1B0	0.0880	i

Keterangan : Huruf yang sama menunjukkan berbeda tidak nyata pada Uji BNJ taraf 5%

Interaksi antara faktor konsentrasi dan lama fermentasi akan lebih jelas terlihat pada **Gambar 8.**



Gambar 8. Hubungan antara Lama Fermentasi dan Kadar Alkohol pada berbagai Konsentrasi Wheat Bran.

Dari gambar, kedudukan grafik lama fermentasi terhadap alkohol untuk konsentrasi Wheat Bran 10% paling tinggi diantara dua konsentrasi Wheat Bran lainnya.

4.1.2 Wheat Pollard

Kadar alkohol yang dihasilkan dari fermentasi Wheat Pollard yaitu antara 0,0933% sampai 1,6640%, seperti yang tercantum pada **Lampiran 2**.

Hasil sidik ragam kadar alkohol pada Wheat Pollard dapat ditinjau pada **Tabel 8** berikut ini.

Tabel 8. Sidik Ragam Kadar Alkohol pada Wheat Pollard.

Sumber	dB	Jumlah	Kuadrat	F-hitung	F-tabel	
		Kuadrat	Tengah		5%	1%
Blok	2	0.0028196	0.0014098	11.6461949 **	3.44	5.72
Perlakuan	11	10.4537969	0.9503452	7850.8154210 **	2.26	3.18
Faktor A	2	5.4338596	2.7169298	22444.5968000 **	3.44	5.72
Faktor B	3	3.0721684	1.0240561	8459.7428790 **	3.05	4.82
Interaksi	6	1.9477689	0.3246281	2681.7578990 **	2.55	3.76
Galat	22	0.0026631	0.0001211			
Total	35	10.4592796				

Keterangan : ** Berbeda sangat nyata
 * Berbeda nyata
 ns Berbeda tidak nyata

Dari **Tabel 8** diketahui bahwa konsentrasi Wheat Pollard dan lama fermentasi sangat berpengaruh terhadap kadar alkohol yang dihasilkan dan terdapat interaksi antara keduanya.

Hasil uji beda terhadap kadar alkohol pada berbagai konsentrasi Wheat Pollard menunjukkan bahwa semakin tinggi konsentrasi Wheat Pollard, maka kadar alkohol semakin tinggi. Seperti yang terjadi pada Wheat Bran, konsentrasi Wheat Pollard juga berpengaruh terhadap konsentrasi glukosa yang dihasilkan dari hidrolisis selulosa oleh *Trichoderma viridae*. Semakin tinggi konsentrasi Wheat Pollard, jumlah glukosa yang dihasilkan akan semakin tinggi pula. Sehingga jumlah alkohol yang terbentuk juga akan semakin tinggi. Hasil uji beda terhadap kadar alkohol pada berbagai konsentrasi Wheat Pollard dapat ditinjau pada **Tabel 9**.

Tabel 9. Uji BNJ Kadar Alkohol pada berbagai Konsentrasi Wheat Pollard.

Konsentrasi Wheat Pollard	Kadar Alkohol (%)	Notasi
A3	1.0897	a
A2	0.4117	b
A1	0.1723	c

Keterangan : Huruf yang sama menunjukkan berbeda tidak nyata pada Uji BNJ taraf 5%

Uji beda terhadap kadar alkohol pada berbagai lama fermentasi, menunjukkan semakin lama fermentasi, alkohol yang dihasilkan akan semakin tinggi konsentrasinya. Hal ini karena semakin lama fermentasi, khamir memiliki kesempatan yang lebih lama untuk mengkonversi glukosa menjadi alkohol dengan enzim zimase yang disekresikannya. Hasil uji beda lama fermentasi terhadap kadar alkohol dapat dilihat pada **Tabel 10**.

Tabel 10. Uji BNJ Kadar Alkohol pada berbagai Lama Fermentasi pada Wheat Pollard.

Lama Fermentasi	Kadar Alkohol (%)	Notasi
B3	0.8804	a
B2	0.7120	b
B1	0.5431	c
B0	0.0960	d

Keterangan : Huruf yang sama menunjukkan berbeda tidak nyata pada Uji BNJ taraf 5%

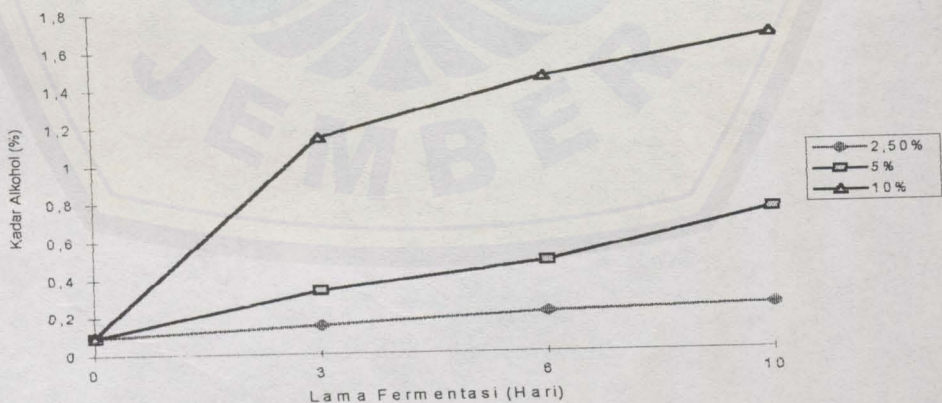
Hasil uji beda interaksi antara faktor konsentrasi Wheat Pollard dan lama fermentasi terhadap kadar alkohol menunjukkan bahwa fermentasi hari ke-0 berbeda tidak nyata, karena pada hari ke-0 fermentasi belum terjadi. Perlakuan A1B2 dan A1B3 juga menunjukkan hasil berbeda tidak nyata. Hal ini diduga bahwa konsentrasi glukosa dalam media sangat rendah, sehingga kemungkinan konversi glukosa menjadi alkohol juga sangat kecil. Konsentrasi glukosa yang sangat rendah tersebut menyebabkan menurunnya aktivitas khamir, karena khamir kekurangan nutrisi. Akibatnya khamir tidak mampu lagi untuk mengkonversi glukosa menjadi alkohol. Hasil uji beda interaksi antara faktor konsentrasi dan lama fermentasi pada Wheat Pollard dapat dilihat pada **Tabel 11**.

Tabel 11. Uji BNJ Kadar Alkohol pada berbagai Konsentrasi Wheat Pollard dan Lama Fermentasi.

Perlakuan	Kadar Alkohol (%)	Notasi
A3B3	1.6640	a
A3B2	1.4507	b
A3B1	1.1440	c
A2B3	0.7400	d
A2B2	0.4773	e
A2B1	0.3347	f
A1B3	0.2373	g
A1B2	0.2080	g
A1B1	0.1507	h
A3B0	0.1000	i
A2B0	0.0947	i
A1B0	0.0933	i

Keterangan : Huruf yang sama menunjukkan berbeda tidak nyata pada Uji BNJ taraf 5%

Hasil uji beda interaksi antara konsentrasi Wheat Pollard dan lama fermentasi terhadap kadar alkohol terlihat jelas pada **Gambar 9**.



Gambar 9. Hubungan antara Lama Fermentasi dan Kadar Alkohol pada berbagai Konsentrasi Wheat Pollard.

Dari **Gambar 9** dapat diketahui bahwa grafik hubungan antara konsentrasi Wheat Pollard dan fermentasi terhadap kadar alkohol pada konsentrasi 10% kedudukannya paling tinggi. Hal ini menunjukkan bahwa konsentrasi Wheat Pollard 10% pada fermentasi selama 9 hari menghasilkan kadar alkohol tertinggi yaitu 1,6640%.

4.2 Kadar Sisa Gula Reduksi pada berbagai Jenis Dedak

4.2.1 Wheat Bran

Hasil analisa menunjukkan bahwa kadar sisa gula reduksi selama fermentasi pada Wheat Bran adalah antara 0,5307 mg/ml sampai 7,1012 mg/ml, seperti yang tercantum pada **Lampiran 3**.

Analisa sidik ragam menunjukkan bahwa konsentrasi Wheat Bran dan lama fermentasi sangat berpengaruh terhadap kadar sisa gula reduksi dan ada interaksi antara keduanya. Hasil sidik ragam selengkapnya dapat ditinjau pada **Tabel 12** berikut.

Tabel 12. Sidik Ragam Sisa Gula Reduksi pada Wheat Bran.

Sumber Keragaman	dB	Jumlah	Kuadrat	F-hitung	F-tabel	
		Kuadrat	Tengah		5%	1%
Blok	2	0.0033588	0.0016794	2.6517361 ns	3.44	5.72
Perlakuan	11	144.5711756	13.1428341	20751.9866200 **	2.26	3.18
Faktor A	2	80.4775496	40.2387748	63535.3460900 **	3.44	5.72
Faktor B	3	44.6563804	14.8854601	23503.5203300 **	3.05	4.82
Interaksi	6	19.4372456	3.2395409	5115.0999410 **	2.55	3.76
Galat	22	0.0139332	0.0006333			
Total	35	144.5884676				

Keterangan : ** Berbeda sangat nyata
* Berbeda nyata
ns Berbeda tidak nyata

Hasil uji beda pengaruh faktor konsentrasi Wheat Bran terhadap kadar sisa gula reduksi menunjukkan bahwa semakin tinggi konsentrasi, maka semakin tinggi sisa gula reduksi. Hal ini diduga erat kaitannya dengan jumlah gula reduksi awal. Semakin tinggi konsentrasi dedak, maka konsentrasi gula reduksi yang terkandung didalamnya juga akan semakin banyak.

Aktivitas *Trichoderma viridae* tergantung pada konsentrasi selulosa dalam media. Semakin tinggi konsentrasi selulosa dalam media, maka kebutuhan nutrisinya semakin terpenuhi. Sehingga organisme ini dapat berkembang biak lebih optimal dan dapat mensekresikan enzim selulase yang berfungsi menghidrolisis selulosa. Semakin banyak jumlah sel *Trichoderma viridae* akan semakin banyak enzim selulase yang disekresikan, maka akan semakin banyak pula hasil hidrolisis selulosa yang berupa gula reduksi (glukosa).

Konsentrasi gula reduksi yang tinggi akan semakin memacu pertumbuhan sel khamir. Bila jumlah sel khamir semakin besar, maka gula reduksi yang terombak dalam aktivitas metabolisme maupun yang terkonversi menjadi alkohol akan semakin banyak. Hasil uji beda pengaruh konsentrasi Wheat Bran terhadap kadar sisa gula reduksi dapat dilihat pada **Tabel 13**.

Sisa gula reduksi terendah dihasilkan oleh fermentasi Wheat Bran pada konsentrasi 2,5%. Sisa gula reduksi yang terendah pada akhir fermentasi bukan berarti gula reduksi yang terpakai untuk metabolisme dan yang terkonversi menjadi alkohol lebih banyak bila dibandingkan dengan sisa gula reduksi yang lebih tinggi. Konsentrasi Wheat Bran yang tinggi akan menghasilkan sisa gula reduksi yang lebih tinggi daripada konsentrasi Wheat Bran yang rendah. Sehingga pada

tingkat kemampuan sel khamir yang sama, penggunaan gula reduksi untuk aktivitas metabolisme maupun untuk fermentasi alkohol akan lebih tinggi.

Tabel 13. Uji BNJ Sisa Gula Reduksi pada berbagai Konsentrasi Wheat Bran.

Konsentrasi Wheat Bran	Kadar Sisa Gula Reduksi (mg/ml)	Notasi
A3	4.6654	a
A2	2.7101	b
A1	1.0059	c

Keterangan : Huruf yang sama menunjukkan berbeda tidak nyata pada Uji BNJ taraf 5%

Uji beda pengaruh lama fermentasi terdapat kadar sisa gula reduksi pada Wheat Bran menunjukkan bahwa semakin lama proses fermentasi, maka kadar sisa gula reduksi semakin rendah. Hal ini disebabkan oleh semakin lama fermentasi, maka gula reduksi memiliki kesempatan yang lebih besar untuk kontak dengan sel-sel khamir. Semakin lama fermentasi gula reduksi yang dipergunakan untuk aktivitas metabolisme dan konversi menjadi alkohol akan semakin tinggi sehingga sisa gula reduksi pada akhir fermentasi semakin rendah. Hasil uji beda ini dapat dilihat pada **Tabel 14**.

Tabel 14. Uji BNJ Sisa Gula Reduksi pada berbagai Lama Fermentasi pada Wheat Bran.

Lama Fermentasi	Kadar Sisa Gula Reduksi (mg/ml)	Notasi
B0	4.3527	a
B1	3.2053	b
B2	2.2675	c
B3	1.3497	d

Keterangan : Huruf yang sama menunjukkan berbeda tidak nyata pada Uji BNJ taraf 5%

Uji beda interaksi A dan B terhadap kadar sisa gula reduksi dapat ditinjau pada **Tabel 15**.

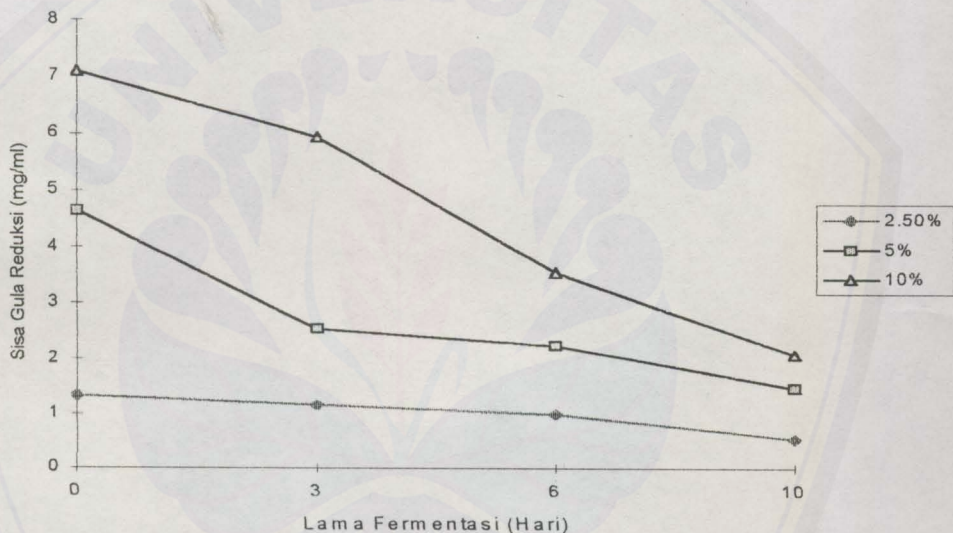
Tabel 15. Uji BNJ Sisa Gula Reduksi pada berbagai Konsentrasi Wheat Bran dan Lama Fermentasi.

Perlakuan	Kadar Sisa Gula Reduksi (mg/ml)	Notasi
A3B0	7,1012	a
A3B1	5,9283	b
A2B0	4,6283	c
A3B2	3,5626	d
A2B1	2,5246	e
A2B2	2,2387	f
A3B3	2,0695	g
A2B3	1,4489	h
A1B0	1,3285	i
A1B1	1,1630	j
A1B2	1,0013	k
A1B3	0,5307	l

Keterangan : Huruf yang sama menunjukkan berbeda tidak nyata pada Uji BNJ taraf 5%

Dari **Tabel 15** dapat diketahui bahwa perlakuan yang memiliki kadar sisa gula reduksi adalah A3B0. Kadar gula reduksi pada perlakuan A3B0 disebut juga dengan kadar gula reduksi awal, karena pada hari ke-0 belum terjadi proses hidrolisis selulosa.

Pengaruh interaksi konsentrasi Wheat bran dan lama fermentasi terhadap kadar sisa gula reduksi akan lebih jelas terlihat pada grafik pada **Gambar 10**.



Gambar 10. Hubungan antara Lama Fermentasi dan Sisa Gula Reduksi pada berbagai Konsentrasi Wheat Bran.

Pada **Gambar 10** dapat dilihat bahwa kedudukan grafik hubungan antara konsentrasi Wheat Bran 10% dan lama fermentasi 9 hari terhadap kadar sisa gula reduksi paling tinggi.

4.2.2 Wheat Pollard

Kadar sisa gula reduksi pada akhir fermentasi adalah antara 0.5383 mg/ml sampai 7,1200 mg/ml, seperti yang tercantum pada **Lampiran 4**.

Hasil sidik ragam kadar sisa gula reduksi pada Wheat Pollard menunjukkan bahwa konsentrasi Wheat Pollard dan lama fermentasi sangat berpengaruh terhadap kadar sisa gula reduksi dan terdapat interaksi antara kedua faktor tersebut. Hasil sidik ragam sisa gula reduksi pada Wheat Pollard dapat dilihat pada **Tabel 16**.

Tabel 16. Sidik Ragam Sisa Gula Reduksi pada Wheat Pollard.

Sumber Keragaman	dB	Jumlah Kuadrat	Kuadrat Tengah	F-hitung	F-tabel	
					5%	1%
Blok	2	0.000537675	0.000268838	0.589663744 ns	3.44	5.72
Perlakuan	11	146.806921	13.34608373	29273.07565 **	2.26	3.18
Faktor A	2	80.61915006	40.30957503	88414.34411 **	3.44	5.72
Faktor B	3	46.17281756	15.39093919	33758.22723 **	3.05	4.82
Interaksi	6	20.01495338	3.335825563	7316.743701 **	2.55	3.76
Galat	22	0.010030167	0.000455917			
Total	35	146.8174888				

Keterangan : ** Berbeda sangat nyata

* Berbeda nyata

ns Berbeda tidak nyata

Hasil uji beda terhadap kadar sisa gula reduksi pada berbagai konsentrasi Wheat Pollard menunjukkan semakin tinggi konsentrasi Wheat Pollard, maka semakin tinggi kadar sisa gula reduksi. Hal tersebut erat kaitannya dengan konsentrasi gula reduksi awal. Semakin tinggi konsentarsi Wheat Pollard, maka konsentarsi awal gula reduksi semakin tinggi. Sehingga pada akhir fermentasi, akan menghasilkan

kadar sisa gula reduksi yang tinggi, bila kemampuan mikroorganisme yang terlibat dalam fermentasi dianggap sama. Hasil uji beda sisa gula reduksi pada berbagai konsentrasi Wheat Pollard dapat ditinjau pada

Tabel 17.

Tabel 17. Uji BNJ Sisa Gula Reduksi pada berbagai Konsentrasi Wheat Pollard.

Konsentrasi Wheat Pollard	Kadar Sisa Gula Reduksi (mg/ml)	Notasi
A3	4.6569	a
A2	2.7374	b
A1	0.9927	c

Keterangan : Huruf yang sama menunjukkan berbeda tidak nyata pada Uji BNJ taraf 5%

Uji beda terhadap kadar sisa gula reduksi pada berbagai lama fermentasi Wheat Pollard menunjukkan semakin lama proses fermentasi, maka kadar sisa gula reduksi semakin rendah. Hal ini dapat ditinjau pada **Tabel 18.**

Tabel 18. Uji BNJ Sisa Gula Reduksi pada berbagai Lama Fermentasi pada Wheat Pollard.

Lama Fermentasi	Kadar Sisa Gula Reduksi (mg/ml)	Notasi
B0	4,3978	a
B1	3,1915	b
B2	2,2499	c
B3	1,3434	d

Keterangan : Huruf yang sama menunjukkan berbeda tidak nyata pada Uji BNJ taraf 5%

Konsentrasi sisa gula reduksi yang semakin menurun diduga karena semakin lama fermentasi, glukosa yang terkonversi menjadi alkohol akan semakin banyak. Peristiwa tersebut juga dapat diartikan bahwa semakin lama fermentasi, kesempatan glukosa untuk berikatan dengan enzim semakin besar, sehingga perubahan glukosa menjadi alkohol semakin tinggi.

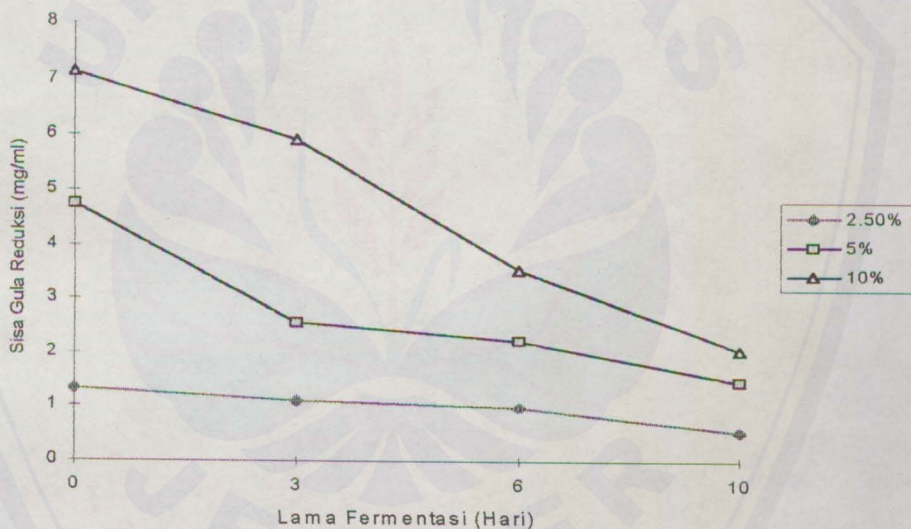
Sedangkan hasil uji beda interaksi antara faktor konsentrasi dan lama fermentasi menunjukkan bahwa setiap perlakuan akan menghasilkan sisa gula reduksi yang berbeda pada taraf uji 5%. Hasil uji beda ini dapat dilihat pada **Tabel 19**.

Tabel 19. Uji BNJ Sisa Gula Reduksi pada berbagai Konsentrasi Wheat Pollard dan Lama Fermentasi.

Perlakuan	Kadar Sisa Gula Reduksi (mg/ml)	Notasi
A3B0	7,1200	a
A3B1	5,9208	b
A2B0	4,7411	c
A3B2	3,5476	d
A2B1	2,5471	e
A2B2	2,2086	f
A3B3	2,0394	g
A2B3	1,4526	h
A1B0	1,3323	i
A1B1	1,1066	j
A1B2	0,9938	k
A1B3	0,5383	l

Keterangan : Huruf yang sama menunjukkan berbeda tidak nyata pada Uji BNJ taraf 5%

Perbedaan ini akan lebih jelas terlihat pada **Gambar 11**. Pada grafik dapat dilihat bahwa terjadi penurunan kadar gula reduksi bila fermentasi berlangsung semakin lama. Kedudukan grafik pada fermentasi Wheat Pollard 10% paling tinggi, baik itu kadar gula reduksi awal maupun sisa gula reduksi pada akhir fermentasi. Hal ini karena semakin tinggi konsentrasi Wheat Pollard, maka kandungan glukosanya akan semakin tinggi. Sehingga pada akhir fermentasi konsentrasi sisa gula reduksinya paling tinggi, jika diasumsikan bahwa kemampuan khamir sama dalam mengubah glukosa menjadi alkohol.



Gambar 11. Hubungan antara Lama Fermentasi dan Sisa Gula Reduksi pada berbagai Konsentrasi Wheat Pollard.

4.3 Pengaruh Jenis Dedak

Untuk mengetahui pengaruh jenis dedak terhadap kadar alkohol maupun sisa gula reduksi dalam penelitian ini, maka digunakan uji t..

4.3.1 Pengaruh Jenis Dedak terhadap Kadar Alkohol

Hasil uji t menunjukkan bahwa jenis dedak tidak berpengaruh terhadap jumlah alkohol yang dihasilkan, karena komposisi kimia Wheat Pollard dan Wheat Bran sama. Komposisi kimia yang sama antara Wheat Bran dan Wheat Pollard menyebabkan faktor-faktor yang berpengaruh terhadap aktivitas hidrolisis selulosa juga sama. Karena jumlah selulosa yang terkandung dalam kedua jenis dedak tersebut hampir sama, maka jumlah glukosa yang dihasilkan tidak akan jauh berbeda. Hal ini juga akan berpengaruh terhadap jumlah alkohol yang dihasilkan pada akhir fermentasi yang jumlahnya juga tidak jauh berbeda. Hal tersebut dapat ditinjau pada **Tabel 20**.

Tabel 20. Uji t Pengaruh Jenis Dedak terhadap Kadar Alkohol.

	Bran	Pollard	t-hitung	t-tabel
Kadar Alkohol (%)	0,5589	0,5579	0,0082 ns	1,6688

Keterangan : ns berbeda tidak nyata

4.3.2 Pengaruh Jenis Dedak terhadap Sisa Gula Reduksi

Jenis dedak tidak berpengaruh terhadap sisa gula reduksi, seperti yang terlihat pada **Tabel 21**.

Tabel 21. Uji t Pengaruh Jenis Dedak terhadap Sisa Gula Reduksi.

	Bran	Pollard	t-hitung	t-tabel
Sisa Gula Reduksi (mg/ml)	2,0325	2,0481	0,0039 ns	1,6688

Keterangan : ns berbeda tidak nyata

Hal ini merupakan akibat dari komposisi kimia antara Wheat Bran dan Wheat Pollard yang sama, yang akan menghasilkan jumlah gula reduksi (glukosa) juga hampir sama. Jumlah glukosa yang hampir

sama ini, akan menghasilkan alkohol yang jumlahnya juga tidak akan jauh berbeda antara Wheat Bran dan Wheat Pollard. Jumlah alkohol yang dihasilkan tidak jauh berbeda, maka sisa gula reduksi atau glukosa yang tidak terkonversi menjadi alkohol jumlahnya juga tidak akan jauh berbeda.



BAB V

KESIMPULAN DAN SARAN

5.1 Kesimpulan

Berdasarkan hasil penelitian dapat ditarik kesimpulan sebagai berikut :

- a. Konsentrasi dedak sangat berpengaruh terhadap jumlah alkohol yang dihasilkan selama fermentasi pada medium cair *Wheat Bran* dan *Wheat Pollard*.
- b. Lama fermentasi sangat berpengaruh terhadap jumlah alkohol yang dihasilkan selama fermentasi pada medium cair *Wheat Bran* dan *Wheat Pollard*.
- c. Jenis dedak tidak berpengaruh terhadap jumlah alkohol yang dihasilkan.
- d. Kadar alkohol tertinggi diperoleh dari kombinasi A3B3 yaitu untuk konsentrasi dedak 10% dengan lama fermentasi 9 hari. Kombinasi ini menghasilkan alkohol dengan kadar 1,6680% untuk *Wheat Bran* dan 1,6640% untuk *Wheat Pollard*.

5.2 Saran

- a. Untuk mendapatkan kadar alkohol yang lebih tinggi, perlu dilakukan penelitian lebih lanjut dengan memisahkan proses hidrolisis selulosa dengan fermentasi alkohol.
- b. Perlu dilakukan penelitian lebih lanjut untuk menghasilkan kadar alkohol yang lebih tinggi dengan memperpanjang waktu fermentasi.



DAFTAR PUSTAKA

Achmad, 1992, **Cendawan Selulolitik**, Pusat Antar Universitas Bioteknologi, Institut Pertanian Bogor.

Alexander, M., D.A Hopwood, B.H Iglewski dan A.T Laskin, 1992, **Encyclopedia of Microbiology Volume 1 A-C**, Academic Press Inc., San Diego.

....., 1995, **Encyclopedia of Microbiology Volume 2 D-L**, Academic Press Inc., San Diego.

Anonim, 1966, **The Practise of Flour Milling**, The Nothern Publishing Co. Ltd., Liverpool.

....., 1999, **Warta Bogasari Edisi 17**, Bogasari Flour Mills Press, Jakarta.

Cappucino, J.G dan N. Sherman, 1992, **Microbiology a Laboratory Manual Third Edition**, The Benjamin/Cummings Publishing Company Inc. Redmood City.

Corry, 1982, **Isolation and Identification Methods for Food Poisoning Organism**, Academic Press, London.

Demam, J.M, 1989 **Kimia Makanan**, ITB Press, Bandung.

Desrosier, N.W, 1977, **The Technology of Food Preservation**, Avi Publishing Company Inc., Westport, Connecticut.

- Fardiaz, 1989, **Mikrobiologi Pangan**, Pusat Antar Universitas Pangan dan Gizi, IPB, Bogor.
- Forsith, W.G.C dan V.C Quesnel, 1963, **Mechanisms of Cocoa Curing**, Advance in Enzymologist.
- Frazier, W.C dan D.C Westhoff, 1988, **Food Microbiology**, McGraw Hill Book Co., Singapore.
- Gross, T., J. Faull, S. Ketteridge dan D. Springham, 1995, **Introductory Microbiology**, Chapman and Hall 2-6 Boundry Row, London.
- Hefni, M. dan A. Santoso, 1997, **Laporan Penelitian "Pemanfaatan Onggok sebagai Media Penghasil Enzim Selulase menggunakan Kapang *Trichoderma viridae*"**, Lembaga Penelitian Universitas Jember, Jember.
- Judoamidjojo, M., A. Darwis dan E.G Said, 1992, **Teknologi Fermentasi**, Rajawali Press, Jakarta.
- Jutono, 1973, **Mikrobiologi untuk Perguruan Tinggi jilid 1**, Departemen Mikrobiologi Fakultas Pertanian UGM, Yogyakarta.
- Kuswanto, K. dan S. Sudarmadji, 1987, **Proses-proses Mikrobiologi Pangan**, Pusat Antar Universitas Pangan dan Gizi UGM Press, Yogyakarta.
- Mandels, M., D. Stenberg dan R.E Adreotti, 1975, **Enzymatic Hirolysis Cellulose**, SITRA, Helsinki.
- Mangunwidjaja, D. dan A. Suryani, 1994, **Teknologi Bioproses**, Penebar Swadaya, Jakarta.
- Papavijar, 1985, **Mushroom and Toafools**, The Macdonald, New York.

- Pederson, C.S, 1971, **Microbiology of Food Fermentation**, The Avi Publishing Company Inc., Westport, London.
- Pelczar, M.L dan R.D Reid, 1974, **Microbiology**, McGraw Hill Book Co., New York.
- Pomeranz, 1985, **Modern Cereal and Technology**, VCH Publisher Inc., New York.
- Prescott, S.C dan C.G Dunn, 1959, **Industrial Microbiology**, McGraw Hill Book Company, New York.
- Said, E.G, 1987, **Bioindustri Penerapan Teknologi Fermentasi**, Mediyatama Sarana Perkasa, Jakarta.
- Sudarmadji, S., 1988, **Analisa Bahan Makanan**, Liberty, Yogyakarta.
- Winarno, F.G dan S. Fardiaz, 1987, **Biofermentasi dan Biosintesa Protein**, Angkasa, Bandung.
- Winarno, F.G, 1995, **Enzim Pangan**, P.T Gramedia Pustaka Utama, Jakarta.
- Yinosumarto, S., 1993, **Percobaan Perancangan, Analisis dan Interpretasinya**, P.T Gramedia Pustaka Utama, Jakarta.

Lampiran 1

Parameter : Kadar Alkohol Wheat Bran

Desain : RAK Faktorial 3x4

Perlakuan	Ulangan			Jumlah	Rata-rata
	I	II	III		
A1B0	0,084	0,092	0,088	0,264	0,088
A1B1	0,14	0,188	0,18	0,508	0,16933
A1B2	0,208	0,216	0,208	0,632	0,21067
A1B3	0,224	0,232	0,228	0,684	0,228
A2B0	0,092	0,096	0,092	0,28	0,09333
A2B1	0,328	0,332	0,328	0,988	0,32933
A2B2	0,468	0,48	0,472	1,42	0,47333
A2B3	0,752	0,768	0,756	2,276	0,75867
A3B0	0,096	0,104	0,098	0,298	0,09933
A3B1	1,144	1,152	1,136	3,432	1,144
A3B2	1,448	1,456	1,432	4,336	1,44533
A3B3	1,668	1,676	1,66	5,004	1,668
Jumlah	6,652	6,792	6,678	20,122	
Rata-rata	0,55433	0,566	0,5565		0,55894

Tabel Dua Arah AB

Perlakuan	A1	A2	A3	Jumlah	Rata-rata
B0	0,264	0,28	0,298	0,842	0,09356
B1	0,508	0,988	3,432	4,928	0,54756
B2	0,632	1,42	4,336	6,388	0,70978
B3	0,684	2,276	5,004	7,964	0,88489
Jumlah	2,088	4,964	13,07	20,122	
Rata-rata	0,174	0,41367	1,08917		0,55894

Lampiran 2

Parameter : Kadar Alkohol Wheat Pollard

Desain : RAK Faktorial 3x4

Perlakuan	Ulangan			Jumlah	Rata-rata
	I	II	III		
A1B0	0,092	0,092	0,096	0,28	0,09333
A1B1	0,116	0,188	0,148	0,452	0,15067
A1B2	0,2	0,208	0,216	0,624	0,208
A1B3	0,22	0,244	0,248	0,712	0,23733
A2B0	0,092	0,096	0,096	0,284	0,09467
A2B1	0,32	0,336	0,348	1,004	0,33467
A2B2	0,46	0,48	0,492	1,432	0,47733
A2B3	0,728	0,74	0,752	2,22	0,74
A3B0	0,096	0,104	0,1	0,3	0,1
A3B1	1,132	1,14	1,16	3,432	1,144
A3B2	1,44	1,452	1,46	4,352	1,45067
A3B3	1,652	1,66	1,68	4,992	1,664
Jumlah	6,548	6,74	6,796	20,084	
Rata-rata	0,54567	0,56167	0,56633		0,55789

Tabel Dua Arah AB

Perlakuan	A1	A2	A3	Jumlah	Rata-rata
B0	0,28	0,284	0,3	0,864	0,096
B1	0,452	1,004	3,432	4,888	0,54311
B2	0,624	1,432	4,352	6,408	0,712
B3	0,712	2,22	4,992	7,924	0,88044
Jumlah	2,068	4,94	13,076	20,084	
Rata-rata	0,17233	0,41167	1,08967		0,55789

Lampiran 3

Parameter : Sisa Gula Reduksi (Bran)

Desain : RAK Faktorial 3x4

Perlakuan	Ulangan			Jumlah	Rata-rata
	I	II	III		
A1B0	1,32477	1,33605	1,32477	3,98559	1,32853
A1B1	1,14423	1,17808	1,1668	3,48911	1,16304
A1B2	0,99755	0,99755	1,00883	3,00393	1,00131
A1B3	0,52698	0,52134	0,5439	1,59222	0,53074
A2B0	4,58128	4,6377	4,6659	13,8849	4,62829
A2B1	2,52079	2,53207	2,52079	7,57365	2,52455
A2B2	2,22743	2,24999	2,23871	6,71613	2,23871
A2B3	1,4376	1,46016	1,44888	4,34664	1,44888
A3B0	7,03538	7,17642	7,09181	21,3036	7,1012
A3B1	5,92833	5,93961	5,91705	17,785	5,92833
A3B2	3,55885	3,58141	3,54756	10,6878	3,56261
A3B3	2,09203	2,04689	2,06946	6,20838	2,06946
Jumlah	33,3752	33,6573	33,5445	100,577	
Rata-rata	2,78127	2,80477	2,79537		2,7938

Tabel Dua Arah AB

Perlakuan	A1	A2	A3	Jumlah	Rata-rata
B0	3,98559	13,8849	21,3036	39,1741	4,35268
B1	3,48911	7,57365	17,785	28,8478	3,20531
B2	3,00393	6,71613	10,6878	20,4079	2,26754
B3	1,59222	4,34664	6,20838	12,1472	1,34969
Jumlah	12,0709	32,5213	55,9848	100,577	
Rata-rata	1,0059	2,71011	4,6654		2,7938

Lampiran 4

Parameter : Sisa Gula Reduksi Wheat
Pollard
Desain : RAK Faktorial 3x4

Perlakuan	Ulangan			Jumlah	Rata-rata
	I	II	III		
A1B0	1,32477	1,33605	1,33605	3,99687	1,33229
A1B1	1,0991	1,12167	1,0991	3,31987	1,10662
A1B2	0,98627	0,99755	0,99755	2,98137	0,99379
A1B3	0,53827	0,53827	0,53827	1,61481	0,53827
A2B0	4,77874	4,75053	4,69411	14,2234	4,74113
A2B1	2,55464	2,56592	2,52079	7,64135	2,54712
A2B2	2,23871	2,20486	2,18229	6,62586	2,20862
A2B3	1,4376	1,47145	1,44888	4,35793	1,45264
A3B0	7,12001	7,0918	7,14822	21,36	7,12001
A3B1	5,91705	5,90576	5,93961	17,7624	5,92081
A3B2	3,54756	3,53628	3,55885	10,6427	3,54756
A3B3	2,05818	2,03561	2,02433	6,11812	2,03937
Jumlah	33,6009	33,5558	33,4881	100,645	
Rata-rata	2,80007	2,79631	2,79067		2,79569

Tabel Dua Arah AB

Perlakuan	A1	A2	A3	Jumlah	Rata-rata
B0	3,99687	14,2234	21,36	39,5803	4,39781
B1	3,31987	7,64135	17,7624	28,7236	3,19152
B2	2,98137	6,62586	10,6427	20,2499	2,24999
B3	1,61481	4,35793	6,11812	12,0909	1,34343
Jumlah	11,9129	32,8485	55,8833	100,645	
Rata-rata	0,99274	2,73738	4,65694		2,79569

Uji t Sisa Gula Reduksi untuk Jenis Dedak Bran dan Pollard

No.	Jenis Dedak		$(X1i-X1)$	$(X2i-X2)$	$(X1i-X1)^2$	$(X2i-X2)^2$
	Bran	Pollard				
1	1.32477	1.32477	-1.469034	-1.4709161	2.158060812	2.163594042
2	1.14423	1.0991	-1.649574	-1.6965861	2.72109429	2.878404244
3	0.99755	0.98627	-1.796254	-1.8094161	3.226528333	3.273986462
4	0.52698	0.53827	-2.266824	-2.2574161	5.138490921	5.095927248
5	4.58128	4.77874	1.78747603	1.98305394	3.19507055	3.932502947
6	2.52079	2.55464	-0.273014	-0.2410461	0.074536629	0.058103201
7	2.22743	2.23871	-0.566374	-0.5569761	0.320779476	0.310222326
8	1.437598	1.437598	-1.356206	-1.3580881	1.839294639	1.844403167
9	7.03538	7.12001	4.24157603	4.32432394	17.9909672	18.69977758
10	5.92833	5.91705	3.13452603	3.12136394	9.825253419	9.742912874
11	3.55885	3.54756	0.76504603	0.75187394	0.585295425	0.565314428
12	2.09203	2.05818	-0.701774	-0.7375061	0.492486708	0.543915182
13	1.33605	1.33605	-1.457754	-1.4596361	2.125046644	2.130537415
14	1.17808	1.12167	-1.615724	-1.6740161	2.610563954	2.802329754
15	0.99755	0.99755	-1.796254	-1.7981361	3.226528333	3.233293274
16	0.52134	0.53827	-2.272464	-2.2574161	5.164092505	5.095927248
17	4.637695	4.75053	1.84389103	1.95484394	3.399934122	3.821414847
18	2.53207	2.56592	-0.261734	-0.2297661	0.068504672	0.05279244
19	2.24999	2.20486	-0.543814	-0.5908261	0.295733636	0.349075428
20	1.46016	1.47145	-1.333644	-1.3242361	1.778606245	1.753601131
21	7.17642	7.0918	4.38261603	4.29611394	19.20732325	18.45659502
22	5.93961	5.90576	3.14580603	3.11007394	9.896095564	9.67255994
23	3.58141	3.53628	0.78760603	0.74059394	0.620323255	0.548479391
24	2.04689	2.03561	-0.746914	-0.7600761	0.557880482	0.57771561
25	1.32477	1.33605	-1.469034	-1.4596361	2.158060812	2.130537415
26	1.1668	1.0991	-1.627004	-1.6965861	2.647141926	2.878404244
27	1.00883	0.99755	-1.784974	-1.7981361	3.186132082	3.233293274
28	0.5439	0.53827	-2.249904	-2.2574161	5.062067884	5.095927248
29	4.6659	4.69411	1.87209603	1.89842394	3.504743537	3.604013473
30	2.52079	2.52079	-0.273014	-0.2748961	0.074536629	0.075567841
31	2.23871	2.18229	-0.555094	-0.6133961	0.308129318	0.376254721
32	1.44888	1.44888	-1.344924	-1.3468061	1.808820491	1.813886551
33	7.09181	7.14822	4.29800603	4.35253394	18.47285581	18.94455174
34	5.91705	5.93961	3.12324603	3.14392394	9.75466575	9.884257768
35	3.54756	3.55885	0.75375603	0.76316394	0.568148149	0.582419206
36	2.06946	2.02433	-0.724344	-0.7713561	0.52467419	0.594990164
Jumlah	100.57694	100.6447			144.5884676	146.8174888
Rata-rata	2.793804	2.7956861				
N	36	36				

Uji t Sisa Gula Reduksi untuk Jenis Dedak Bran dan Pollard

Perhitungan :

$$Mx1 = 2.79380$$

$$Mx2 = 2.79569$$

$$N1 = 36$$

$$N2 = 36$$

$$SD1 = \sqrt{\frac{\sum(Y1i - Y1)^2}{(N1 - 1)}} \\ = \frac{144.58847}{35}$$

$$= 2.03251$$

$$SD2 = \sqrt{\frac{\sum(Y2i - Y1)^2}{(N2 - 1)}} \\ = \frac{146.81749}{35}$$

$$= 2.04812$$

$$t = \frac{(Mx1 - Mx2)}{\sqrt{\frac{((n1 - 1)Sd1^2 + (n2 - 1)Sd2^2) / (n1 + n2 - 2)}{[1/n1 + 1/n2]}}} \\ = \frac{(2.79380 - 2.79569)}{\sqrt{\frac{(35 \times 4.13110 + 35 \times 4.19479) / (36 + 36 - 2)}{[1/36 + 1/36]}}} \\ = \frac{-0.00188}{\sqrt{\frac{(144.58847 + 146.81749) / 70}{[0.06]}}} \\ = \frac{-0.00188}{\sqrt{\frac{291.40596 / 70}{[0.06]}}} \\ = \frac{-0.00188}{\sqrt{0.23127}} \\ = -0.00188$$

$$t\text{-test} = \left| \frac{0.48091}{0.00391} \right|$$

$$t\text{-tab.} = 1.66883$$

Uji t Kadar Alkohol untuk Jenis Dedak Bran dan Pollard

No.	Jenis Dedak		(X1i-X1)	(X2i-X2)	(X1i-X1) ²	(X2i-X2) ²
	Bran	Pollard				
1	0.084	0.092	-0.4749444	-0.4658889	0.225572225	0.217052457
2	0.14	0.116	-0.4189444	-0.4418889	0.175514448	0.19526579
3	0.208	0.2	-0.3509444	-0.3578889	0.123162003	0.128084457
4	0.224	0.22	-0.3349444	-0.3378889	0.112187781	0.114168901
5	0.092	0.092	-0.4669444	-0.4658889	0.218037114	0.217052457
6	0.328	0.32	-0.2309444	-0.2378889	0.053335336	0.056591123
7	0.468	0.46	-0.0909444	-0.0978889	0.008270892	0.009582235
8	0.752	0.728	0.19305556	0.17011111	0.037270448	0.02893779
9	0.096	0.096	-0.4629444	-0.4618889	0.214317559	0.213341346
10	1.144	1.132	0.58505556	0.57411111	0.342290003	0.329603568
11	1.448	1.44	0.88905556	0.88211111	0.790419781	0.778120012
12	1.668	1.652	1.10905556	1.09411111	1.230004225	1.197079123
13	0.092	0.092	-0.4669444	-0.4658889	0.218037114	0.217052457
14	0.188	0.188	-0.3709444	-0.3698889	0.137599781	0.13681779
15	0.216	0.208	-0.3429444	-0.3498889	0.117610892	0.122422235
16	0.232	0.244	-0.3269444	-0.3138889	0.10689267	0.098526235
17	0.096	0.096	-0.4629444	-0.4618889	0.214317559	0.213341346
18	0.332	0.336	-0.2269444	-0.2218889	0.051503781	0.049234679
19	0.48	0.48	-0.0789444	-0.0778889	0.006232225	0.006066679
20	0.768	0.74	0.20905556	0.18211111	0.043704225	0.033164457
21	0.104	0.104	-0.4549444	-0.4538889	0.206974448	0.206015123
22	1.152	1.14	0.59305556	0.58211111	0.351714892	0.338853346
23	1.456	1.452	0.89705556	0.89411111	0.80470867	0.799434679
24	1.676	1.66	1.11705556	1.10211111	1.247813114	1.214648901
25	0.088	0.096	-0.4709444	-0.4618889	0.22178867	0.213341346
26	0.18	0.148	-0.3789444	-0.4098889	0.143598892	0.168008901
27	0.208	0.216	-0.3509444	-0.3418889	0.123162003	0.116888012
28	0.228	0.248	-0.3309444	-0.3098889	0.109524225	0.096031123
29	0.092	0.096	-0.4669444	-0.4618889	0.218037114	0.213341346
30	0.328	0.348	-0.2309444	-0.2098889	0.053335336	0.044053346
31	0.472	0.492	-0.0869444	-0.0658889	0.007559336	0.004341346
32	0.756	0.752	0.19705556	0.19411111	0.038830892	0.037679123
33	0.098	0.1	-0.4609444	-0.4578889	0.212469781	0.209662235
34	1.136	1.16	0.57705556	0.60211111	0.332993114	0.36253779
35	1.432	1.46	0.87305556	0.90211111	0.762226003	0.813804457
36	1.66	1.68	1.10105556	1.12211111	1.212323336	1.259133346
Jumlah	20.122	20.084			10.47333989	10.45927956
Rata-rata	0.5589444	0.5578889				
N	36	36				

Perhitungan :

$$Mx1 = 0.55894$$

$$Mx2 = 0.55789$$

$$N1 = 36$$

$$N2 = 36$$

$$SD1 = \sqrt{\frac{\sum(Y1i - Y1)^2}{(N1 - 1)}}$$

$$= \frac{10.47334}{35}$$

$$= 0.54703$$

$$SD2 = \sqrt{\frac{\sum(Y2i - Y1)^2}{(N2 - 1)}}$$

$$= \frac{10.45928}{35}$$

$$= 0.54666$$

$$t = \frac{(Mx1 - Mx2)}{\sqrt{\left\{ \frac{(n1 - 1)Sd1^2 + (n2 - 1)Sd2^2}{(n1 + n2 - 2)} \right\} \left[\frac{1}{n1} + \frac{1}{n2} \right]}}$$

$$= \frac{(0.55894 - 0.55789)}{\sqrt{\left\{ \frac{(35 \times 0.29924 + 35 \times 0.29884)}{(36 + 36 - 2)} \right\} \left[\frac{1}{36} + \frac{1}{36} \right]}}$$

$$= \frac{0.00106}{\sqrt{\left\{ \frac{(10.47334 + 10.45928)}{70} \right\} [0.06]}}$$

$$= \frac{0.00106}{\sqrt{20.93262/70} [0.06]}}$$

$$= \frac{0.00106}{\sqrt{0.01661}}$$

$$= \frac{0.00106}{0.12889}$$

$$= 0.00819$$

$$t\text{-test} = 0.00819$$

$$t\text{-tab.} = 1.66883$$