

## BAB IV

### HASIL DAN PEMBAHASAN

#### 4.1. Penelitian Pendahuluan

Hasil uji kadar gula reduksi pada kulit kentang (*Solanum tuberosum* L.), diperoleh data seperti pada tabel 4.1.

Tabel 4.1. Hasil Uji Kadar Gula Reduksi (%)

Sampel	Ulangan			Total (%)	Rata-rata (%)
	1	2	3		
Kulit kentang sebelum dihidrolisis oleh $\alpha$ -amilase	0,0312	0,0344	0,0312	0,0968	0,032
Bubur kulit kentang setelah dihidrolisis oleh $\alpha$ -amilase	0,0656	0,0818	0,0693	0,2167	0,072

Dari tabel diatas, dapat dilihat bahwa rata-rata kadar gula reduksi kulit kentang sebelum ditambahkan enzim  $\alpha$ -amilase ialah 0,032 %, setelah ditambahkan enzim  $\alpha$ -amilase rata-rata kadar gula reduksi menjadi 0,072 %. Kadar gula reduksi meningkat setelah bubur kulit kentang di hidrolisis menggunakan enzim  $\alpha$ -amilase. Hal ini karena enzim  $\alpha$ -amilase mampu memecah pati yang terdapat pada bubur kulit kentang menjadi molekul yang lebih sederhana (glukosa). Tanpa adanya penambahan enzim  $\alpha$ -amilase, proses hidrolisis amilum menjadi glukosa kurang sempurna, sebab tidak ada pemutusan spesifik ikatan  $\alpha$ -1,4-glukosida pada amilum.

Amilum (pati) merupakan karbohidrat dengan suatu polimer senyawa glukosa yang terdiri dari dua komponen utama, yaitu amilosa dan amilopektin. Polimer linier dari D-glukosa membentuk amilosa dengan ikatan  $\alpha$ -1,4-glukosidik. Amilosa bersifat sangat hidrofilik, karena banyak mengandung gugus hidroksil maka molekul amilosa cenderung membentuk susunan paralel melalui ikatan hidrogen. Kumpulan amilosa dalam air sulit membentuk gel, meskipun konsentrasinya tinggi, sehingga molekul pati tidak mudah larut dalam air. Polimer amilopektin terbentuk dari ikatan  $\alpha$ -1,4-glukosida dan membentuk cabang pada ikatan  $\alpha$ -1,6-glukosida (Winarno, 2004).

Enzim  $\alpha$ -amilase disebut juga dengan 1,4- $\alpha$ -D-glukan glukanohidrolase atau glukogenase. Enzim ini bekerja memutus ikatan  $\alpha$ -1,4 glikosida pada amilum secara acak terutama pada rantai yang panjang, sehingga menghasilkan maltotriosa dan maltosa dari polimer amilosa pada amilum dan menghasilkan glukosa dan sedikit dekstrin dari polimer amilopektin penyusun amilum. Karena sifatnya yang dapat memutus ikatan glikosida secara acak, enzim ini bekerja lebih cepat dibanding amilase lainnya terutama  $\beta$ -amilase (Palmer, 1985). Produksi enzim  $\alpha$ -amilase oleh bakteri *Bacillus subtilis*, *B. polymyxa*, *B. mesentericus*, *B. vulgaris*, *B. megaterium* and *B. Licheniformis*, namun beberapa kapang juga mampu memproduksi enzim ini seperti *Aspergillus oryzae*, *A. niger* (Mussatto and Teixeira, 2010).

#### 4.2. Pengaruh Konsentrasi Ragi Tape terhadap Kadar Bioetanol

Berdasarkan hasil penelitian dan analisis Two Way Anova tentang pengaruh konsentrasi ragi tape terhadap kadar bioetanol kulit kentang, diperoleh data yang menunjukkan bahwa  $F_{hitung} > F_{tabel}$  pada taraf signifikansi 5 % yaitu  $F_{hitung} 231,8363 > F_{tabel} 3,44$ , sehingga hipotesis  $H_0$  ditolak dan  $H_1$  diterima, artinya ada pengaruh nyata dari pemberian variasi konsentrasi ragi tape terhadap kadar bioetanol, seperti yang dapat dilihat pada tabel 4.2 berikut.

Tabel 4.2. Ringkasan Two Way Anova tentang Pengaruh Konsentrasi Ragi Tape terhadap Kadar Bioetanol Kulit Kentang

SK	db	JK	KT	F.hit	F.tabel 5 %
Konsentrasi	2	1,9959	0,99795	231,8363*	3,44
Galat	22	0,0947	0,004305		

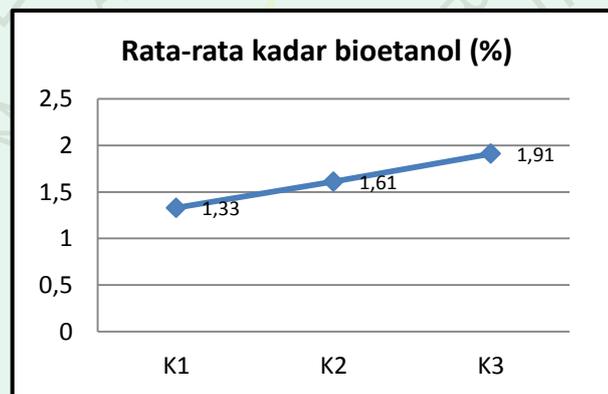
Keterangan : \* menunjukkan pengaruh nyata

Untuk mengetahui perlakuan yang paling berpengaruh terhadap kadar bioetanol, maka analisis dilanjutkan dengan uji lanjut dengan Uji Jarak Duncan (UJD) 5 %, yang dapat dilihat pada tabel 4.3.

Tabel 4.3. Ringkasan UJD 5% tentang Pengaruh Konsentrasi Ragi Tape terhadap Kadar Bioetanol Kulit Kentang

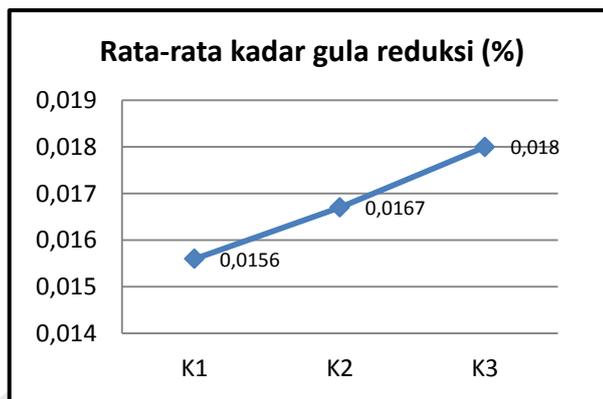
Konsentrasi	Total (%)	Rata-rata (%)	Notasi
K1	15,96	1,33	a
K2	19,31	1,61	b
K3	22,88	1,91	c

Pada tabel 4.3 menunjukkan adanya perbedaan pada setiap perlakuan. Dapat diketahui bahwa konsentrasi K1 (3 gr/100gr), K2 (4 gr/100 gr) dan K3 (5 gr/100 gr) saling berbeda nyata. Semakin tinggi konsentrasi ragi tape maka semakin tinggi pula kadar bioetanolnya. Kadar bioetanol tertinggi diperoleh pada penambahan konsentrasi ragi tape 5 % (K3) yaitu rata-rata mencapai 1,91 % dan kadar bioetanol terendah diperoleh pada konsentrasi ragi tape 3 % (K1) yaitu rata-rata 1,33 %.



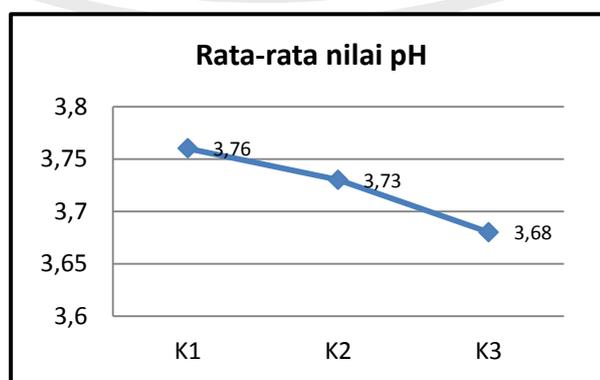
Gambar 4.1. Grafik hubungan konsentrasi ragi tape terhadap kadar bioetanol

Sementara itu, semakin tinggi konsentrasi ragi tape maka kadar gula reduksi juga semakin tinggi. Berdasarkan hasil analisis Two Way Anova, diperoleh data yang menunjukkan bahwa  $F_{hitung} > F_{tabel}$  0,05 yaitu  $39,82 > 3,44$  (lampiran 2), berarti ada pengaruh konsentrasi ragi tape terhadap kadar gula reduksi. Kadar gula reduksi tertinggi diperoleh pada konsentrasi ragi tape 5 gr/100 gr (K3) rata-rata mencapai 0,01796 % dan kadar gula reduksi terendah diperoleh pada konsentrasi ragi tape 3 gr/100 gr (K1) yaitu rata-rata 0,0156 %.



Gambar 4.2. Grafik hubungan konsentrasi ragi tape terhadap kadar gula reduksi

Berbeda dengan kadar bioetanol dan kadar gula reduksi yang menunjukkan hubungan berbanding lurus, kadar bioetanol dan pH menunjukkan hubungan berbanding terbalik. Semakin tinggi konsentrasi ragi tape, maka pH semakin menurun. Dari hasil analisis Two Way Anova, diperoleh data yang menunjukkan bahwa  $F_{hitung} > F_{tabel}$  0,05 yaitu  $12,86 > 3,44$  (lampiran 3), artinya ada pengaruh konsentrasi ragi tape terhadap pH yang dihasilkan. Rata-rata nilai pH tertinggi diperoleh pada konsentrasi ragi tape 3 gr/100 gr (K1) yaitu mencapai 3,76 dan rata-rata nilai pH terendah diperoleh pada konsentrasi ragi tape 5 gr/100 gr (K3) yaitu 3,68.



Gambar 4.3. Grafik hubungan konsentrasi ragi tape terhadap nilai pH

Tingginya konsentrasi ragi tape yang menunjukkan kadar bioetanol dan kadar gula reduksi semakin tinggi, dikarenakan di dalam ragi tape terdapat beberapa mikroba yang bekerja secara sinergetik. Konsentrasi ragi tape yang semakin tinggi maka akan menambah populasi mikroba tersebut, sehingga substrat kulit kentang akan lebih cepat terurai menjadi glukosa kemudian menjadi alkohol oleh mikroba yang terdapat dalam ragi tape.

Menurut Saono (1986) di dalam ragi tape terdapat kapang amilolitik dari genus *Amylomyces*, *Mucor* dan *Rhizopus*. Khamir amilolitik dari genus *Endomycopsis* mampu menghasilkan enzim-enzim pemecah pati. Dwijoseputro (2005) mengatakan *Aspergillus* yang terdapat dalam ragi tape, mampu menyederhanakan amilum. Chandel, *et.al.* (2007) menambahkan *Aspergillus* mempunyai aktivitas selulolitik dan hemiselulolitik yang mampu menghasilkan monosakarida. Khamir *Saccharomyces cereviceae* mampu mengubah gula menjadi etanol. Produksi etanol dari gula yang berasal dari pati dan sukrosa telah didominasi oleh khamir *S. cereviceae*.

Setyohadi (2006) mengatakan semakin banyak ragi, maka khamir juga akan semakin banyak, dimana khamir tersebut menghasilkan enzim-enzim invertase dan zimase. Lima, *et.al.* (2009) menambahkan bahwa sukrosa dihidrolisis oleh enzim invertase yang menghasilkan glukosa dan fruktosa (monosakarida). Selanjutnya, monosakarida difermentasi menghasilkan etanol dan karbondioksida oleh enzim zimase.

Semakin banyak konsentrasi ragi tape yang ditambahkan, maka pH lingkungan akan semakin asam. Hal ini diduga karena dalam ragi tape tidak hanya

terdapat mikroba pengurai gula dan penghasil etanol saja, tetapi juga terdapat mikroba penghasil senyawa lain. Menurut Nester, *et. al.* (2007) produk fermentasi oleh mikroorganisme meliputi etanol, asam laktat, asam butirat, asam propionic, asam asetat dan butanol. Kondisi media yang semakin asam, dikarenakan adanya bakteri *Acetobacter aceti* yang mampu mengoksidasi alkohol menjadi asam asetat (Hidayat, dkk, 2006). Bakteri *Pediococcus* sp. dalam ragi tape mampu mengubah glukosa menjadi asam laktat (Purwoko, 2007).

#### 4.3. Pengaruh Waktu Fermentasi terhadap Kadar Bioetanol

Berdasarkan hasil penelitian dan analisis Two Way Anova tentang pengaruh waktu fermentasi ragi tape terhadap kadar bioetanol kulit kentang, diperoleh data yang menunjukkan bahwa  $F_{hitung} > F_{tabel}$  0,05 yaitu  $88,5343 > 3,05$ , sehingga hipotesis  $H_0$  ditolak dan  $H_1$  diterima yang berarti ada pengaruh waktu fermentasi terhadap kadar bioetanol, seperti yang tercantum pada tabel 4.4.

Tabel 4.4. Ringkasan Two Way Anova Tentang Pengaruh Waktu Fermentasi Terhadap Kadar Bioetanol Kulit Kentang

SK	db	JK	KT	F.hit	F.tabel 5%
<b>Waktu</b>	3	1,1433	0,3811	88,5343*	3,05
<b>Galat</b>	22	0,0947	0,004305		

Keterangan : \* menunjukkan pengaruh nyata

Untuk mengetahui waktu fermentasi yang paling berpengaruh terhadap peningkatan kadar bioetanol, maka analisis dilanjutkan dengan uji lanjut dengan Uji Jarak Duncan (UJD) 5%, yang dapat dilihat pada tabel 4.5.

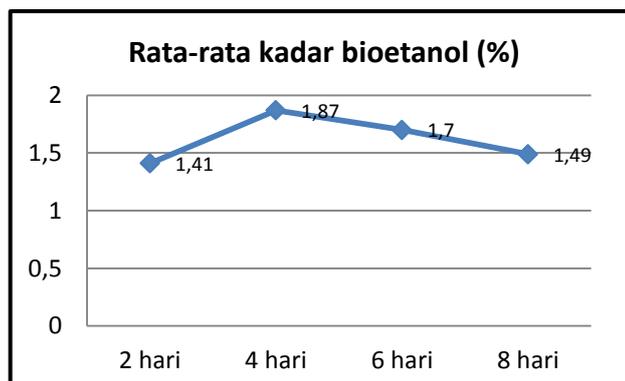
Tabel 4.5. Ringkasan UJD 5% Tentang Waktu Fermentasi Terhadap Kadar Bioetanol Kulit Kentang

Waktu	Total	Rata-rata	Notasi
W1 (2 hari)	12,68	1,41	a
W4 (8 hari)	13,43	1,49	a
W3 (6 hari)	15,24	1,69	b
W2 (4 hari)	16,80	1,87	c

Keterangan: Angka yang didampingi dengan huruf yang sama menunjukkan berbeda tidak nyata pada taraf signifikansi 5%

Berdasarkan tabel 4.5 dapat diketahui bahwa waktu fermentasi 2 hari (W1) dan waktu 8 hari (W4) berbeda tidak nyata. Sedangkan waktu fermentasi 8 hari (W4) dan 6 hari (W3) dan 4 hari (W2) tampak berbeda nyata. Kadar bioetanol tertinggi diperoleh pada waktu fermentasi 4 hari (W2) yaitu rata-rata mencapai 1,87 % dan kadar bioetanol terendah diperoleh pada waktu fermentasi 2 hari (W1) yaitu rata-rata 1,41 %. Hal ini diduga, pada waktu fermentasi 2 hari khamir masih memasuki fase adaptasi, sedangkan pada waktu fermentasi 4 hari khamir berada pada fase eksponensial dimana bioetanol sebagai metabolit primer dihasilkan. Pada waktu fermentasi 6 hari, khamir berada pada fase stasioner. Nutrisi yang diperlukan mikroba menjadi berkurang sehingga sel kekurangan energi. Akibatnya, pada waktu fermentasi 8 hari banyak sel khamir yang mengalami kematian (fase kematian).

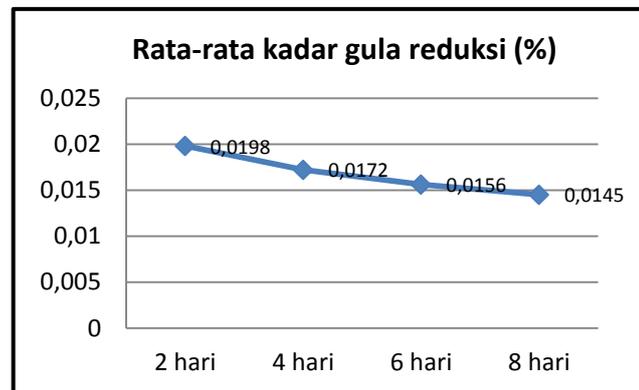
Menurut Purwoko (2007), pada fase eksponensial produk senyawa yang diinginkan oleh manusia terbentuk, karena senyawa tersebut merupakan senyawa yang disekresi oleh sel bakteri. Beberapa senyawa yang diinginkan tersebut adalah etanol, asam laktat, asam amino, asam lemak, dan lain-lain. Hubungan waktu fermentasi terhadap kadar bioetanol dapat dilihat pada gambar 4.4.



Gambar 4.4. Grafik hubungan waktu fermentasi terhadap kadar bioetanol

Sementara itu, semakin lama waktu fermentasi maka kadar gula reduksi semakin menurun. Dari hasil analisis Two Way Anova, diperoleh data yang menunjukkan bahwa  $F_{hitung} > F_{tabel}$  0,05 yaitu  $116,02 > 3,05$  (lampiran 2), artinya ada pengaruh waktu fermentasi terhadap kadar gula reduksi.

Menurut Desrosier (1988) fermentasi merupakan proses perombakan bahan-bahan yang mengandung karbohidrat menjadi monosakarida, alkohol, asam asetat, karbondioksida dan senyawa lainnya. Pada proses fermentasi pati terlebih dahulu diubah menjadi sukrosa (maltosa), kemudian dirombak menjadi monosakarida (glukosa dan fruktosa), kemudian diubah menjadi alkohol, asam asetat, karbondioksida dan senyawa lainnya. Hal ini menunjukkan bahwa, semakin lama waktu fermentasi berlangsung, semakin banyak monosakarida yang diubah menjadi senyawa lain, sehingga kadar gula reduksi yang terdapat pada substrat yang dihasilkan semakin menurun.

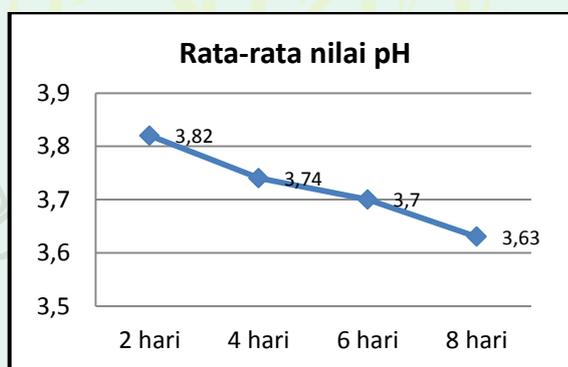


Gambar 4.5. Grafik hubungan waktu fermentasi terhadap kadar gula reduksi

Pada waktu fermentasi 2 hari (W1) kadar gula reduksi mencapai nilai tertinggi rata-rata yaitu 0,0198 % sedangkan kadar bioetanol menunjukkan nilai terendah yaitu rata-rata 1,41 %. Hal ini diduga, pati dalam kulit kentang yang belum dipecah oleh enzim  $\alpha$ -amilase (pada proses hidrolisis), sudah diuraikan menjadi glukosa oleh mikroba amilolitik yang terdapat dalam ragi tape. Akan tetapi glukosa tersebut, masih belum seluruhnya diubah menjadi bioetanol oleh khamir penghasil etanol (*Saccharomyces cereviceae*). Waktu fermentasi 4 hari (W2) kadar gula reduksi menurun yaitu rata-rata menjadi 0,0172 % dan kadar bioetanol meningkat mencapai nilai rata-rata tertinggi yaitu 1,87 %. Ini diduga karena gula yang terkandung dalam substrat sudah diubah menjadi bioetanol oleh khamir *Saccharomyces cereviceae*. Pada waktu fermentasi 6 hari (W3) dan 8 hari (W4) kadar gula reduksi semakin menurun rata-rata menjadi 0,0156 % dan 0,0145 %, sama halnya kadar bioetanol yang semakin menurun pada waktu fermentasi 6 hari (W3) dan 8 hari (W4) dengan nilai rata-rata yaitu 1,69 % dan 1,49 %. Kadar bioetanol dan kadar gula reduksi yang semakin menurun, diduga tumbuhnya

mikroba penghasil senyawa lain yang menyebabkan keadaan substrat berubah menjadi semakin asam.

Pernyataan diatas didukung nilai pH yang semakin hari semakin menurun. Berdasarkan hasil analisis Two Way Anova, diperoleh data yang menunjukkan bahwa  $F_{hitung} > F_{tabel}$  0,05 yaitu  $42,86 > 3,05$  (lampiran 3), artinya ada pengaruh waktu fermentasi terhadap pH yang dihasilkan. Semua waktu fermentasi yaitu W1, W2, W3, W4 saling berbeda nyata. Semakin lama waktu fermentasi maka pH semakin menurun. Nilai pH tertinggi diperoleh pada waktu fermentasi 2 hari (W1) yaitu rata-rata mencapai 3,82 dan rata-rata nilai pH terendah diperoleh pada waktu fermentasi 8 hari (W4) yaitu 3,63.



Gambar 4.6. Grafik hubungan waktu fermentasi terhadap nilai pH

Semakin lama waktu fermentasi, maka pH lingkungan semakin semakin asam. Menurut Nester, *et. al.* (2007) produk fermentasi oleh mikroorganisme meliputi etanol, asam laktat, asam butirat, asam propionic, asam asetat dan butanol. Taherzahed dan Karimi (2007) mengatakan bahwa asam asetat, asam formiat dan asam levulinic sebagian besar ditemukan pada saat hidrolisis. Asam

asetat tidak hanya dihasilkan dari proses hirolisis, tetapi juga saat fermentasi. Hidayat, dkk (2006) menyampaikan bakteri *Acetobacter aceti* mampu mengoksidasi alkohol menjadi asam asetat. Sehingga kondisi media akan berubah menjadi semakin asam. Purwoko (2007) menjelaskan bahwa di dalam ragi tape terdapat bakteri *Pediococcus* sp. yang mampu mengubah glukosa menjadi asam laktat.

#### 4.4. Pengaruh Interaksi Konsentrasi Ragi Tape dan Waktu Fermentasi terhadap Kadar Bioetanol

Berdasarkan hasil penelitian dan analisis Two Way Anova tentang pengaruh interaksi konsentrasi ragi tape dan waktu fermentasi terhadap kadar bioetanol kulit kentang, diperoleh data yang menunjukkan bahwa F hitung > F tabel 0,05 yaitu  $2,6639 > 2,55$ , sehingga hipotesis  $H_0$  ditolak dan  $H_1$  diterima, berarti ada pengaruh interaksi konsentrasi ragi tape dan waktu fermentasi terhadap kadar bioetanol, seperti yang dapat dilihat pada tabel 4.6.

Tabel 4.6. Ringkasan Two Way Anova Tentang Pengaruh Interaksi Konsentrasi Ragi Tape dan Waktu Fermentasi Terhadap Kadar Bioetanol Kulit Kentang

SK	db	JK	KT	F. hit	F.tabel 5 %
<b>Ulangan</b>	2	0,1305	0,06525	15,1584	3,44
<b>Konsentrasi</b>	2	1,9959	0,99795	231,8363*	3,44
<b>Waktu</b>	3	1,1433	0,3811	88,5343*	3,05
<b>KW</b>	6	0,0688	0,011467	2,6639*	2,55
<b>Galat</b>	22	0,0947	0,004305		
<b>Total</b>	35	3,4333			

Keterangan : \* menunjukkan berbeda nyata

Untuk mengetahui perlakuan yang paling berpengaruh terhadap peningkatan kadar bioetanol, maka analisis dilanjutkan dengan uji lanjut Uji Jarak Duncan (UJD) 5%, yang dapat dilihat pada tabel 4.7 berikut.

Tabel 4.7. Ringkasan UJD 5% Tentang Interaksi Variasi Konsentrasi Ragi Tape dan Waktu Fermentasi Terhadap Kadar Bioetanol Kulit Kentang

Perlakuan	Hasil (%)	Notasi
K1W1	1,11	a
K1W4	1,25	a
K1W3	1,45	b
K2W1	1,47	b
K2W4	1,47	b
K1W2	1,52	bc
K2W3	1,63	bcd
K3W1	1,65	bcd
K3W4	1,76	de
K2W2	1,87	ef
K3W3	2,01	fg
K3W2	2,21	g

Keterangan: Angka yang didampingi dengan huruf yang sama menunjukkan berbeda tidak nyata pada taraf signifikansi 5 %

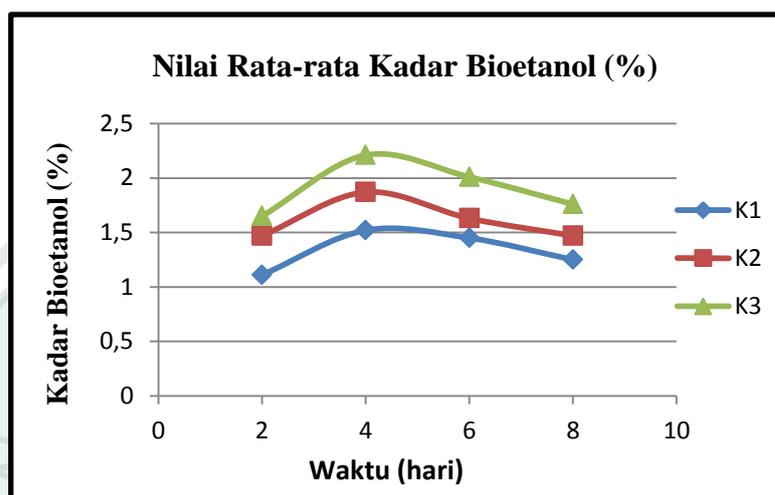
Interaksi variasi konsentrasi ragi tape dan waktu fermentasi terhadap kadar bioetanol kulit kentang, yang tercantum pada tabel 4.7 menunjukkan perbedaan yang nyata. Kadar bioetanol tertinggi diperoleh dari kombinasi perlakuan K3W2 pada penambahan konsentrasi ragi tape 5 % dan waktu fermentasi 4 hari yaitu rata-rata sebesar 2,21 %. Hal ini diduga glukosa pada substrat kulit kentang sudah diubah menjadi bioetanol oleh khamir *Saccharomyces cereviceae* yang terdapat dalam ragi tape. Pertumbuhan khamir pada kondisi tersebut berada pada fase eksponensial dimana bioetanol sebagai metabolit primer dihasilkan. Kadar bioetanol terendah diperoleh dari kombinasi perlakuan K1W1 pada pemberian

konsentrasi ragi tape 3 % dan waktu fermentasi 2 hari yaitu rata-rata 1,11 %. Ini diduga pada kondisi tersebut, khamir *Saccharomyces cereviceae* masih belum mengubah keseluruhan glukosa pada substrat kulit kentang menjadi bioetanol. Pertumbuhan khamir pada kondisi tersebut masih berada pada fase adaptasi.

Nester, *et. al.* (2007) mengatakan bahwa kurva pertumbuhan mikroorganisme antara lain: (1) fase lag (adaptasi), selama fase ini mikroba mensintesis makromolekul yang dibutuhkan untuk pertumbuhannya, meliputi enzim, ribosom, asam nukleat dan menghasilkan energi dalam bentuk ATP. (2) fase eksponensial (fase log), selama fase ini aktivitas sel meningkat, senyawa yang disintesis disebut metabolit primer. (3) fase stasioner, sel memasuki fase stasioner ketika ia kehabisan suplai energi dan nutrisi untuk pertumbuhannya. Jumlah sel yang bertambah dan mati relatif seimbang. (4) fase kematian, jumlah sel-sel yang hidup menurun dibandingkan sel-sel yang mati.

Mikroba bisa bertahan hidup karena adanya nutrisi yang mendukung untuk kehidupannya. Khamir *Saccharomyces cereviceae* mampu menghasilkan enzim yang bisa mengubah glukosa menjadi etanol. Menurut Setyohadi (2006), semakin banyak ragi, maka khamir juga akan semakin banyak, dimana mikroba tersebut menghasilkan enzim-enzim invertase dan zimase. Sengupta *et al.* (2000) mengatakan enzim invertase merupakan enzim penting ekstraseluler dari *Saccharomyces cerevisiae* yang berperan dalam mengubah sukrosa menjadi glukosa dan fruktosa. Hammad (2008) menjelaskan enzim zimase mampu mengubah gula sederhana, dektrin dan fruktosa menjadi karbondioksida dan alkohol.

Grafik tentang interaksi konsentrasi ragi tape dan waktu fermentasi terhadap kadar bioetanol dapat dilihat pada gambar 4.7.



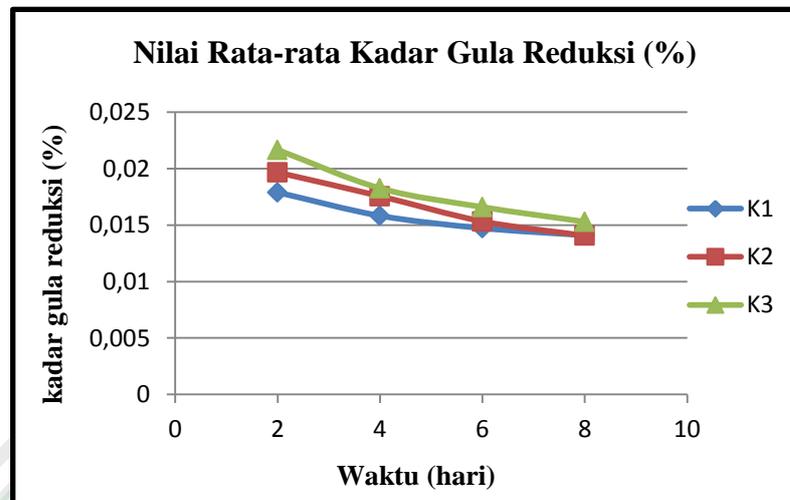
Gambar 4.7. Grafik interaksi konsentrasi ragi tape dan waktu fermentasi yang berbeda terhadap kadar bioetanol

Berdasarkan hasil analisis Two Way Anova, diperoleh data yang menunjukkan bahwa  $F_{hitung} > F_{tabel}$  0,05 yaitu  $2,77 > 2,55$  (lihat lampiran 2), artinya ada pengaruh interaksi konsentrasi ragi tape dan waktu fermentasi terhadap kadar gula reduksi. Kadar gula reduksi tertinggi yaitu pada kombinasi perlakuan K3W1 (konsentrasi ragi tape 5 % dan waktu fermentasi 2 hari) yaitu rata-rata 0,0217 %. Hal ini berarti pada kondisi tersebut pati dalam kulit kentang yang belum dipecah oleh enzim  $\alpha$ -amilase (pada proses hidrolisis), diduga sudah disederhanakan menjadi glukosa oleh mikroba amilolitik yang terdapat dalam ragi tape. Sedangkan kadar gula reduksi terendah yaitu pada kombinasi perlakuan K1W4 (konsentrasi ragi tape 3 % dan waktu fermentasi 8 hari) dengan rata-rata 0,0141 %. Ini dikarenakan substrat yang akan diuraikan oleh mikroba pengurai

amilum menjadi gula sederhana sudah berkurang atau habis. Nutrisi untuk pertumbuhan mikroba amilolitik tersebut sudah habis. Menurut Nester, *et. al.*, (2007) sel memasuki fase stasioner ketika ia kehabisan suplai energi dan nutrisi untuk pertumbuhannya. Jumlah sel yang bertambah dan mati relatif seimbang.

Mikroba amilolitik bisa bertahan hidup karena adanya nutrisi yang mendukung untuk kehidupannya. Mikroba tersebut mampu mengubah substrat yang masih kompleks menjadi lebih sederhana. Menurut Saono (1986) di dalam ragi tape terdapat kapang amilolitik dari genus *Amylomyces*, *Mucor* dan *Rhizopus*. Khamir amilolitik dari genus *Endomycopsis* mampu menghasilkan enzim-enzim pemecah pati. Dwijoseputro (2005) mengatakan *Aspergillus* yang terdapat dalam ragi tape, mampu menyederhanakan amilum. Chandel, *et.al.* (2007) menambahkan *Aspergillus* mempunyai aktivitas selulolitik dan hemiselulolitik yang mampu menghasilkan monosakarida.

Interaksi konsentrasi ragi tape dan waktu fermentasi terhadap kadar gula reduksi, dapat dilihat pada grafik berikut.



Gambar 4.8. Grafik interaksi konsentrasi ragi tape dan waktu fermentasi yang berbeda terhadap kadar gula reduksi

Sementara itu, dari analisis Two Way Anova diperoleh data yang menunjukkan bahwa  $F_{hitung} > F_{tabel}$  0,05 yaitu  $1,43 > 2,55$  (lihat lampiran 3), sehingga hipotesis  $H_0$  diterima dan  $H_1$  ditolak yang berarti tidak ada pengaruh interaksi konsentrasi ragi tape dan waktu fermentasi terhadap pH yang dihasilkan.

Dari hasil penelitian ini, diperoleh kadar bioetanol tertinggi dari kombinasi perlakuan K3W2 (konsentrasi ragi tape 5 % dan waktu fermentasi 4 hari) yaitu rata-rata mencapai 2,21 %, dengan rata-rata kadar gula reduksi 0,0183 % dan pH 3,73. Sedangkan kadar bioetanol terendah diperoleh diperoleh dari kombinasi perlakuan K1W1 (konsentrasi ragi tape 3 % dan waktu fermentasi 2 hari) yaitu rata-rata 1,11 %, dengan rata-rata kadar gula reduksi 0,0179 % dan pH 3,87.

Gandjar (2003) mengatakan mikroorganisme yang ditemukan didalam ragi tape yaitu kapang (*Rhizopus oryzae*, *Amylomyces rouxii* dan *Mucor* sp.), khamir (*Saccharomyces cerevisiae*, *Saccharomycopsis fibuliger*, *Endomycopsis burtonii*)

dan bakteri (*Pediococcus* sp., *Bacillus* sp.). Mikroorganisme dari kelompok kapang akan menghasilkan enzim-enzim yang akan memecahkan amilum pada substrat menjadi gula-gula yang lebih sederhana. Kemudian khamir akan mengubah gula-gula sederhana menjadi etanol. Sumber karbon yang berasal dari gula dibutuhkan untuk pertumbuhan khamir penghasil etanol.

Khamir *Saccharomyces cereviceae* yang terdapat dalam ragi tape membutuhkan energi untuk pertumbuhannya. Gandjar, *et.al.* (2006) mengatakan pertumbuhan fungi pada substrat sebenarnya adalah suatu proses fermentasi, yaitu fungi menguraikan komponen-komponen kompleks yang ada dalam substrat menjadi komponen-komponen sederhana yang dapat diserap sel, yang digunakan untuk sintesis aneka bagian sel dan untuk energi kegiatannya.

Di dalam proses fermentasi, *S.cereviceae* memperoleh energi dari bahan yang difermentasikan. Fermentasi etanol berlangsung secara anaerob dengan bantuan sekelompok enzim yang dihasilkan oleh *Saccharomyces cereviceae*. Menurut Setyohadi (2006), semakin banyak ragi, maka khamir juga akan semakin banyak, dimana mikroba tersebut menghasilkan enzim-enzim invertase dan zimase. Awwalurrizki dan Putra (2009) menjelaskan enzim invertase merupakan enzim yang memiliki efisiensi tinggi yang spesifik dalam mengubah sukrosa menjadi glukosa dan fruktosa (dikenal dengan gula invert). Enzim invertase dapat diambil dari ekstrak kasar ragi roti (*Saccharomyces cerevisiae* ). Khamir ini memiliki aktivitas invertase yang tinggi sehingga sukrosa dengan cepat diubah menjadi glukosa dan fruktosa untuk keperluan metabolismenya. Dengan adanya enzim invertase, penggunaan sukrosa akan lebih efektif dan diharapkan mampu

menurunkan produk samping yang terbentuk sehingga dapat meningkatkan kadar etanolnya. Hammad (2008) menambahkan bahwa enzim zimase mampu mengubah gula sederhana, dektrin dan fruktosa menjadi karbondioksida dan alkohol.

Hasil fermentasi terutama dipengaruhi oleh jenis pangan (substrat), macam mikroba dan kondisi sekelilingnya (suhu, pH, oksigen) yang dapat mempengaruhi serta metabolisme mikroba tersebut (Winarno, 2004). *Saccharomyces cerevisiae* memerlukan kondisi lingkungan yang cocok untuk pertumbuhannya, yaitu nutrisi sebagai sumber energi terutama gula, pH optimum 4,8 - 5,0, temperatur optimum 26°C - 30°C serta kebutuhan akan oksigen terutama pada awal pertumbuhan (Hidayat, dkk, 2006).

Adanya alkohol memacu tumbuhnya bakteri pengoksidasi alkohol yaitu *Acetobacter aceti* yang mengubah alkohol menjadi asam asetat dan menyebabkan rasa asam pada media. Hidayat, dkk (2006) menyampaikan bakteri *Acetobacter aceti* mampu mengoksidasi alkohol menjadi asam asetat. Selain itu kondisi media yang berubah menjadi semakin asam, diduga karena adanya bakteri *Pediococcus* sp. yang terdapat dalam ragi tape. Bakteri ini mampu mengubah glukosa menjadi asam laktat (Purwoko, 2007).

#### **4.5. Pemanfaatan Kulit Kentang sebagai Bioetanol dalam Perspektif Islam**

Allah SWT telah menciptakan bermacam-macam tumbuhan agar bisa diambil manfaat sebaik-baiknya untuk kesejahteraan umatnya. Tumbuh-tumbuhan dapat memunculkan beberapa zat yang dapat dimanfaatkan oleh makhluk hidup

lain, misalnya beberapa vitamin, minyak dan lain-lain. Banyak tumbuh-tumbuhan yang telah disebutkan oleh Allah dalam Al-Qur'an yang memiliki banyak manfaat dan khasiat, misalnya kurma, anggur, jahe, zaitun dan lain sebagainya.

Pohon zaitun merupakan salah satu tumbuhan yang memiliki banyak manfaat untuk kemaslahatan umat manusia, yaitu dapat menghasilkan minyak, bisa dimakan dan diminum. Sebagaimana firman Allah dalam Al-Qur'an Surat Al-Mu'minum (23) ayat 20. Serta seperti hadits yang diriwayatkan oleh Ibnu Umar r.a., Rasulullah SAW bersabda:

*"Minumlah minyak zaitun dan berminyak dengannya karena sesungguhnya ia adalah dari pohon yang diberkati."* (H.R. Al-Baihaqi & Ibnu Majah).

Selain pohon zaitun, tumbuhan yang dapat dimanfaatkan oleh manusia misalnya umbi kentang. Melihat dari kandungan gizinya, kentang merupakan sumber utama karbohidrat. Tingginya kandungan karbohidrat tersebut menjadikan umbi kentang dikenal sebagai bahan pangan penghasil karbohidrat lain seperti beras, gandum dan jagung. Selain untuk konsumsi, kentang dapat dijadikan bahan baku untuk industri olahan makanan (Samadi, 2007). Sementara itu, kulit kentang bisa digunakan sebagai bahan baku energi atau bioetanol yang dapat diperbaharui dan ramah lingkungan. Hal ini dikarenakan karena sampah kulit kentang mengandung banyak pati, selulosa, hemiselulosa, lignin (Gray, *et al.*, 2006).

Hasil penelitian ini membuktikan bahwa tumbuh-tumbuhan yang tersebar luas di muka bumi dapat diambil manfaatnya untuk kemaslahatan umat manusia. Salah satunya ialah kulit kentang yang terbukti bisa dijadikan bioetanol, yang dapat digunakan sebagai bahan baku energi ramah lingkungan dan dapat

diperbaharui. Berdasarkan hasil penelitian, rata-rata kadar bioetanol tertinggi diperoleh dari penambahan konsentrasi 5% dan waktu fermentasi 4 hari yaitu 2,21%. Sedangkan kadar bioetanol terendah diperoleh dari konsentrasi ragi tape 3% dan waktu fermentasi 2 hari yaitu 1,11 %. Sesungguhnya dari hasil penelitian ini dapat dijadikan bahan renungan bagi orang-orang yang berakal atau berfikir.

Salah satu ciri khas bagi orang yang berakal yaitu apabila ia memperhatikan sesuatu, selalu memperoleh manfaat dan faedah. Ia selalu menggambarkan kebesaran Allah SWT, mengingat dan mengenang kebijaksanaan, keutamaan dan banyaknya nikmat Allah kepadanya. Karena segala sesuatu yang diciptakan Allah tidak ada yang sia-sia, selalu ada manfaat yang terkandung didalamnya. Seperti halnya kulit kentang yang selain bisa dimanfaatkan sebagai bahan baku pembuatan bioetanol, yang bisa menjadi energi baru sebagai alternatif pengganti BBM. Sebagaimana firman Allah dalam Al-Qur'an Surat Ali Imron (3) ayat 190-191 tentang faedah selalu ingat kepada Allah dan merenungkan ciptaan-Nya, yaitu:

إِنَّ فِي خَلْقِ السَّمَوَاتِ وَالْأَرْضِ وَأَخْتِلَافِ اللَّيْلِ وَالنَّهَارِ لَآيَاتٍ لِأُولِي الْأَلْبَابِ ﴿١٩٠﴾ الَّذِينَ يَذْكُرُونَ اللَّهَ قِيَمًا وَقُعُودًا وَعَلَىٰ جُنُوبِهِمْ وَيَتَفَكَّرُونَ فِي خَلْقِ السَّمَوَاتِ وَالْأَرْضِ رَبَّنَا مَا خَلَقْتَ هَذَا بَطْلًا سُبْحَانَكَ فَقِنَا عَذَابَ النَّارِ ﴿١٩١﴾

*"Sesungguhnya dalam penciptaan langit dan bumi, dan silih bergantinya malam dan siang terdapat tanda-tanda bagi orang-orang yang berakal. (Yaitu) orang-orang yang mengingat Allah sambil berdiri atau duduk atau dalam keadan berbaring dan mereka memikirkan tentang penciptaan langit dan bumi (seraya berkata): "Ya Tuhan Kami, Tiadalah Engkau menciptakan ini dengan sia-sia, Maha Suci Engkau, maka peliharalah kami dari siksa neraka" (Q.S. Ali Imron: 190-191).*

Berdasarkan Tafsir Ibnu Katsir (2007), surat Ali Imron ayat 190-191 menerangkan tentang hasil ciptaan Allah pada ketinggian dan keluasan langit dan juga pada kerendahan bumi serta kepadatannya, dan juga pada tanda-tanda kekuasaan-Nya yang terdapat pada ciptaan-Nya yang dapat dijangkau oleh indera manusia pada kedunya (langit dan bumi). Dan pada silih bergantinya, susul menyusulnya, panjang dan pendeknya malam dan siang terdapat tanda bagi orang berakal (Ulul Albab). Yaitu mereka yang mempunyai akal yang sempurna lagi bersih, yang mengetahui hakikat banyak hal secara jelas dan nyata. Insan ulul albab tidak putus-putus berdzikir dalam semua keadaan baik dengan hati maupun dengan lisan mereka. Mereka memahami apa yang terdapat pada langit dan bumi dari kandungan hikmah yang menunjukkan keagungan Allah. Allah tidak menciptakan semuanya ini dengan sia-sia, tetapi dengan penuh kebenaran.

Yang diucapkan oleh orang-orang yang berdzikir dalam mengagungkan (ibtihal) terhadap Allah yaitu,

رَبَّنَا مَا خَلَقْتَ هَذَا بَطْلًا سُبْحَانَكَ

Surat Ali-Imran ayat 191, Allah menyebutkan bahwa diantara perkataan yang diucapkan oleh orang-orang yang berakal itu adalah perkataan mereka yang mensucikan Tuhan mereka yaitu dengan mengatakan bahwa tidak mungkin Allah menciptakan langit dan bumi tanpa ada hikmah satu pun, Maha Suci Allah dari hal seperti itu (Asy-Syanqithi, 2006). Firman Allah dalam ayat 191, “*Ya Tuhan kami, tiadalah Engkau menciptakan ini dengan sia-sia...*”, maksudnya sia-sia tanpa adanya hikmah yang bisa dijadikan pelajaran dan tanpa ada tujuan. Tetapi Engkau menciptakan semua ini dengan kebenaran, mustahil Engkau berbuat

main-main dan tanpa guna. Engkau menciptakan segalanya untuk tujuan yang sangat luhur dan mulia (Al-Jazairi, 2007).

Berdasarkan ayat di atas, dapat dipahami bahwa Allah SWT menciptakan langit, bumi dan segala yang ada disekitarnya seperti makhluk-Nya yang berupa hewan dan tumbuhan tidaklah sia-sia. Tetapi Allah menciptakan semuanya dengan hikmah yang nyata dan berguna bagi manusia, apabila manusia selalu memikirkan dan memanfaatkan ciptaan-Nya dengan sebaik-baiknya. Nikmat Allah akan dirasakan benar kehebatan dan luar biasanya oleh orang-orang yang mau berpikir dan memperdalam ilmunya, sehingga tumbuh-tumbuhan tersebut dapat diambil manfaat dengan sebaik-baiknya.