

BAB IV

HASIL DAN PEMBAHASAN

A. Hasil Penelitian

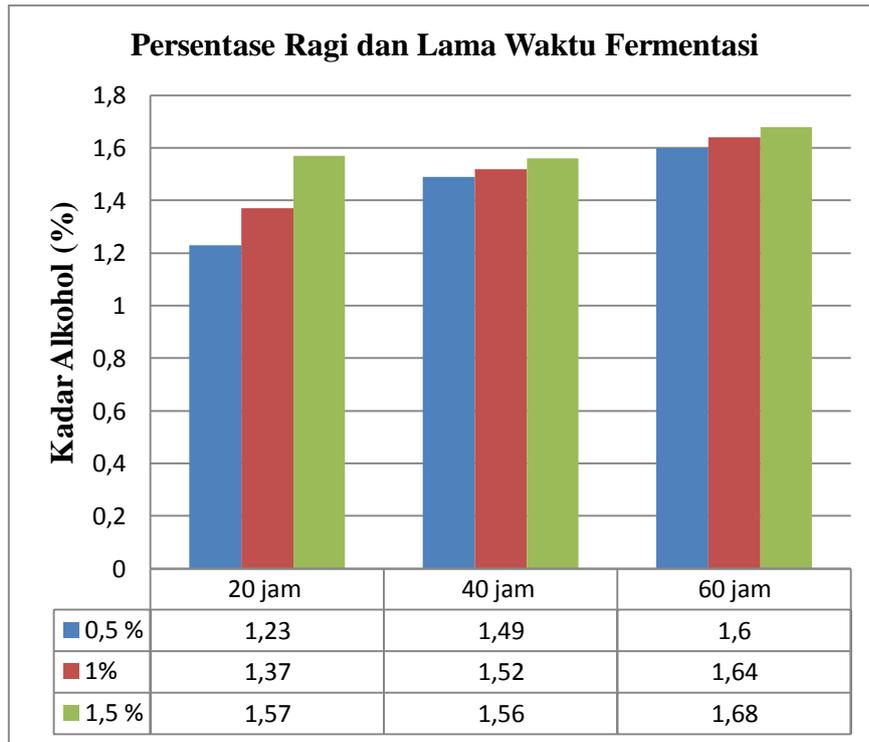
Hasil penelitian pengaruh persentase ragi dan lama waktu fermentasi tapai buah sukun terhadap parameter yang diamati dapat dijelaskan sebagai berikut:

1. Kadar Alkohol

Tabel 11. Rata-Rata Kadar Alkohol (%) pada Tapai Buah Sukun (*Artocarpus communis*)

Persentase Ragi	Lama Waktu Fermentasi		
	20 jam	40 jam	60 jam
0,5%	1,23	1,49	1,60
1%	1,37	1,52	1,64
1,5%	1,57	1,56	1,68

Hasil hitungan pada lampiran 1 (hal 78), yang disajikan pada tabel 11 di atas menunjukkan bahwa kadar alkohol tapai buah sukun (*Artocarpus communis*) yang paling tinggi yaitu tapai yang difermentasikan selama 60 jam pada pemberian persentase ragi 1,5% dan yang paling rendah adalah pada pemberian persentase ragi 0,5% dengan lama fermentasi 20 jam. Adapun grafik rata-rata kadar alkohol pada tapai buah sukun dengan pemberian persentase ragi dan lama waktu fermentasi yang berbeda dapat dilihat pada grafik 2 berikut:



Grafik 2. Rata-Rata Kadar Alkohol pada Tapai Buah Sukun

Berdasarkan grafik 2 diketahui bahwa lama waktu fermentasi tapai buah sukun yang menghasilkan kadar alkohol yang paling tinggi adalah selama 60 jam dengan persentase ragi 1,5%, kemudian yang terendah adalah pada lama fermentasi 20 jam dengan persentase ragi 0,5%.

Selanjutnya dilakukan perhitungan analisis variasi pola RAL dua jalur dengan 9 perlakuan dan 4 kali pengulangan lampiran 1b (hal 84). Adapun hasil analisis tersebut adalah sebagai berikut:

Tabel 12. Analisis sidik ragam pengaruh persentase ragi dan lama waktu fermentasi tapai buah sukun (*Artocarpus communis*) terhadap kadar alkohol (%)

Sumber Perlakuan	db	JK	KT	F hit	F Tabel	
					5 %	1 %
Ulangan	3	0,0084				
Perlakuan	8	0,65	0,081	218,9**	2,30	3,26
Faktor A	2	0,41	0,205	554,05**	3,35	5,49
Faktor B	2	0,15	0,075	202,7**	3,35	5,49
Interaksi AB	4	0,09	0,0225	60**	2,73	4,11
Galat	27	0,01	0,00037			
Umum	3	1,072				

KK = 1,27 %

Keterangan :

**= Berbeda sangat nyata ($F_{hit} > F_{tabel}$ 5% dan 1%)

Berdasarkan hasil analisis seperti yang tertera pada tabel 12, pengaruh persentase ragi dan lama waktu fermentasi memberikan pengaruh yang sangat nyata terhadap kadar alkohol tapai buah sukun, selanjutnya untuk mengetahui perbedaan pengaruh dari masing-masing perlakuan dilakukan uji lanjut dengan menggunakan Uji Beda Nyata Jujur (BNJ) taraf 5% dan 1% seperti pada tabel 13 berikut :

Tabel 13. Uji Beda Nyata Jujur (BNJ) Pengaruh Persentase Ragi dan Lama Waktu Fermentasi Tapai Buah Sukun terhadap Kadar Alkohol

No	Perlakuan (t)	Rata- Rata	Beda riil pada jarak p~							BNJ		
			2	3	4	5	6	7	8	9	0,05	0,01
1	L ₁ R ₁	1,23	-								a	A
2	L ₁ R ₂	1,37	0,14**	-							b	B
3	L ₁ R ₃	1,49	0,26**	0,12**	-						c	C
4	L ₂ R ₁	1,51	0,28**	0,14**	0,02*	-					c	C
5	L ₂ R ₂	1,51	0,28**	0,14**	0,02*	0	-				c	C
6	L ₂ R ₃	1,57	0,34**	0,2**	0,08**	0,06**	0,06**	-			d	D
7	L ₃ R ₁	1,60	0,37**	0,23**	0,11**	0,09**	0,09**	0,03**	-		e	D
8	L ₃ R ₂	1,64	0,41**	0,27**	0,15**	0,13**	0,13**	0,07**	0,04**	-	f	E
9	L ₃ R ₃	1,68	0,45**	0,31**	0,19**	0,17**	0,17**	0,11**	0,08**	0,04**	g	E
Q _{0,05} (p,27)		4,81										
Q _{0,01} (p,27)		5,81										
$\omega_{0,05}$ (p,27)·S \bar{y}		0,023										
$\omega_{0,01}$ (p,27)·S \bar{y}		0,027										

Keterangan : angka-angka yang diikuti oleh huruf dan pada kolom yang sama berarti berbeda tidak nyata tetapi jika setiap kolom berbeda berarti berbeda nyata

* = Berbeda nyata

** = Berbeda Sangat nyata

2. pH

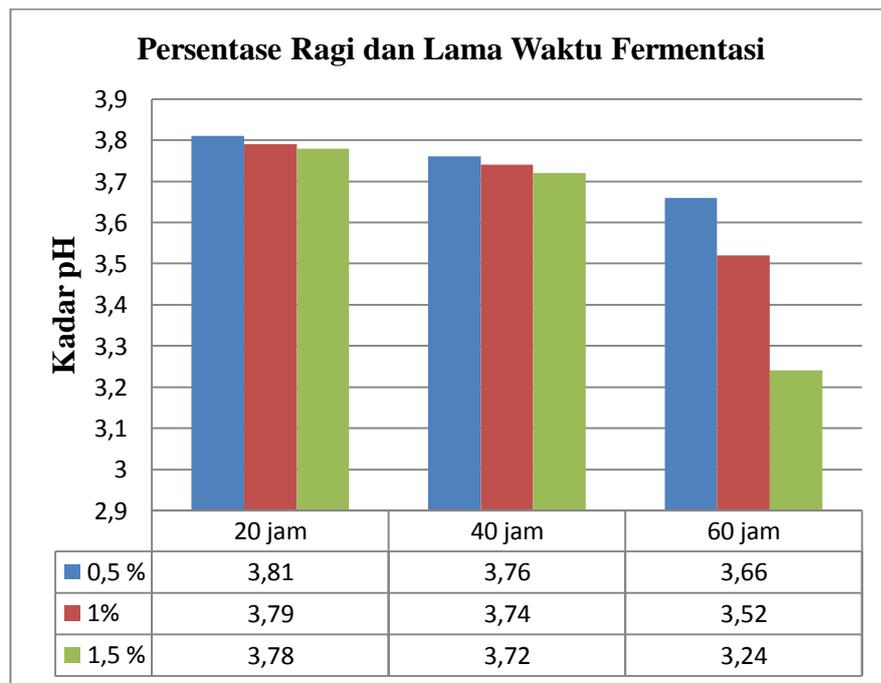
Tabel 14. Rata-rata pH pada Tapai Buah Sukun

Persentase Ragi	Lama Waktu Fermentasi		
	20 jam	40 jam	60 jam
0,5%	3,81	3,76	3,66
1%	3,79	3,74	3,52
1,5%	3,78	3,72	3,24

Dari hasil hitungan pada lampiran 2 (hal 88), yang disajikan dalam tabel 14 menunjukkan bahwa kadar pH tapai buah sukun (*Artocarpus communis*) yang paling asam yaitu tapai yang difermentasikan selama 60 jam pada

pemberian persentase ragi 1,5% dan yang paling rendah tingkat keasamannya adalah pada pemberian persentase ragi 0,5% dengan lama fermentasi 20 jam.

Dari tabel 14 di atas maka dibuatlah grafik rata-rata pH pada tapai buah sukun dengan pemberian persentase ragi dan lama waktu fermentasi yang berbeda dapat dilihat pada grafik 3 berikut:



Grafik 3. Rata-Rata pH pada Tapai Buah Sukun

Berdasarkan grafik 3 di atas diketahui bahwa lama waktu fermentasi tapai buah sukun menghasilkan pH asam tertinggi pada sampel tapai buah sukun yang difermentasikan selama 60 jam dan sampel yang memiliki pH asam terendah adalah tapai yang difermentasikan selama 20 jam.

Selanjutnya dilakukan perhitungan analisis variasi pola RAL dua jalur dengan 9 perlakuan dan 4 kali pengulangan Lampiran 2b (hal 89). Adapun hasil analisis tersebut tampak pada tabel 15 adalah sebagai berikut:

Tabel 15. Analisis sidik ragam pengaruh persentase ragi dan lama waktu fermentasi tapai buah sukun (*Artocarpus communis*) terhadap pH

Sumber Perlakuan	Db	JK	KT	F hit	F Tabel	
					5 %	1 %
Ulangan	3	0,66				
Perlakuan	8	0,07445	0,134	4758,71**	2,30	3,26
Faktor A	2	0,70695	0,353	12607,14**	3,35	5,49
Faktor B	2	0,15	0,075	2678,57**	3,35	5,49
Interaksi AB	4	0,2175	0,054	1928,57**	2,73	4,11
Galat	27	0,00075	0,00028			
Umum	3	1,0752				

KK = 0,14 %

Keterangan :

**= Berbeda sangat nyata (F hit > F tabel 5% dan 1%)

Berdasarkan hasil analisis seperti yang tertera pada tabel 15, pengaruh persentase ragi dan lama waktu fermentasi memberikan pengaruh yang sangat nyata terhadap pH tapai buah sukun, selanjutnya untuk mengetahui perbedaan pengaruh dari masing-masing perlakuan, dilakukan uji lanjut dengan menggunakan Uji Beda Nyata Jujur (BNJ) taraf 5% dan 1% seperti pada tabel 16 berikut:

Tabel 16. Uji Beda Nyata Jujur (BNJ) Pengaruh Persentase Ragi dan Lama Waktu Fermentasi Tapai Buah Sukun terhadap pH

No	Perlakuan (t)	Rata- Rata	Beda riil pada jarak p~							BNJ		
			2	3	4	5	6	7	8	9	0,05	0,01
1	L ₁ R ₁	3,24	-								a	A
2	L ₁ R ₂	3,52	0,28**	-							b	B
3	L ₁ R ₃	3,66	0,42**	0,14**	-						c	C
4	L ₂ R ₁	3,72	0,48**	0,2**	0,06*	-					d	D
5	L ₂ R ₂	3,74	0,5**	0,22**	0,08*	0,02**	-				e	E
6	L ₃ R ₁	3,76	0,52**	0,24**	0,1**	0,04**	0,02**	-			f	F
7	L ₂ R ₃	3,78	0,54**	0,26**	0,12**	0,06**	0,04**	0,02**	-		g	G
8	L ₃ R ₂	3,79	0,55**	0,27**	0,13**	0,07**	0,05**	0,03**	0,01**	-	h	H
9	L ₃ R ₃	3,81	0,57**	0,29**	0,15**	0,09**	0,07**	0,5**	0,03**	0,02**	i	I
Q _{0,05 (p,27)}		4,81										
Q _{0,01 (p,27)}		5,81										
$\omega_{0,05 (p,27) \cdot S\bar{y}}$		0,006										
$\omega_{0,01 (p,27) \cdot S\bar{y}}$		0,007										

Keterangan : angka-angka yang diikuti oleh huruf dan pada kolom yang sama berarti berbeda tidak nyata tetapi jika setiap kolom berbeda berarti berbeda nyata

* = Berbeda nyata

** = Berbeda Sangat nyata

3. Uji Organoleptik Warna

Tabel 17. Jumlah Responden Untuk Setiap Sampel terhadap Uji Organoleptik Warna

Sampel	Jumlah Responden (Orang)			
	Tidak kuning	Agak kuning	Kuning	Sangat kuning
L ₁ R ₁	1	7	2	-
L ₁ R ₂	-	5	5	-
L ₁ R ₃	-	9	4	1
L ₂ R ₁	-	2	8	-
L ₂ R ₂	-	-	10	-
L ₂ R ₃	-	-	10	-
L ₃ R ₁	-	-	3	7
L ₃ R ₂	-	-	1	9
L ₃ R ₃	-	-	1	9

Berdasarkan uji organoleptik warna dapat diketahui bahwa panelis lebih menyukai warna pada sampel L₃R₂ dan L₃R₃ memiliki warna yang sangat kuning. Hal ini dapat dilihat pada tabel 17 di atas bahwa jumlah responden yang menyukai sampel L₃R₂ dan L₃R₃ lebih banyak dari sampel yang lain.

4. Uji Organoleptik Aroma

Tabel 18. Jumlah Responden Untuk Setiap Sampel terhadap Uji Organoleptik Aroma

Sampel	Jumlah Responden (Orang)			
	Tidak suka	Agak suka	Suka	Sangat suka
L ₁ R ₁	-	7	3	-
L ₁ R ₂	1	5	3	1
L ₁ R ₃	-	5	4	1
L ₂ R ₁	-	4	5	1
L ₂ R ₂	-	1	5	4
L ₂ R ₃	-	4	6	-
L ₃ R ₁	5	5	-	-
L ₃ R ₂	7	3	-	-
L ₃ R ₃	8	2	-	-

Berdasarkan uji organoleptik aroma dapat diketahui bahwa panelis lebih menyukai warna pada sampel L₂R₂ karena memiliki aroma yang wangi, beraroma tapai buah sukun yang manis. Hal ini dapat dilihat pada tabel 18 di atas bahwa jumlah responden yang menyukai sampel L₂R₂ lebih banyak dari sampel L₁R₁, L₁R₂, L₁R₃, L₂R₁, L₂R₃, L₃R₁, L₃R₂, L₃R₃.

5. Uji Organoleptik Rasa

Tabel 19. Jumlah Responden Untuk Setiap Sampel terhadap Uji Organoleptik Rasa

Sampel	Jumlah Responden (Orang)			
	Tidak suka	Agak suka	Suka	Sangat suka
L ₁ R ₁	6	3	1	-
L ₁ R ₂	-	7	3	-
L ₁ R ₃	3	-	7	-
L ₂ R ₁	-	5	1	4
L ₂ R ₂	-	1	6	3
L ₂ R ₃	1	1	7	1
L ₃ R ₁	2	8	-	-
L ₃ R ₂	8	2	-	-
L ₃ R ₃	10	-	-	-

Berdasarkan uji organoleptik rasa dapat diketahui bahwa panelis lebih menyukai warna pada sampel L₂R₂ karena memiliki rasa yang manis dibanding sampel L₁R₁, L₁R₂, L₁R₃, L₂R₁, L₂R₃, L₃R₁, L₃R₂, L₃R₃ yang memiliki rasa hambar, sedikit manis, agak manis, asam sedikit manis, sangat asam. Hal ini dapat dilihat pada tabel 19 di atas bahwa jumlah responden yang menyukai sampel L₂R₂ lebih banyak dari sampel yang lain.

6. Uji Organoleptik Tekstur

Tabel 20. Jumlah Responden Untuk Setiap Sampel terhadap Uji Organoleptik Tekstur

Sampel	Jumlah Responden (Orang)			
	Tidak lunak	Agak lunak	Lunak	Sangat lunak
L₁R₁	-	7	3	-
L₁R₂	-	2	8	-
L₁R₃	-	1	9	-
L₂R₁	-	2	7	1
L₂R₂	-	2	7	1
L₂R₃	-	-	8	2
L₃R₁	-	-	2	8
L₃R₂	-	-	-	10
L₃R₃	-	-	-	10

Berdasarkan uji organoleptik tekstur dapat diketahui bahwa panelis lebih menyukai tekstur pada sampel L₃R₂ dan L₃R₃ karena memiliki tekstur yang sangat lunak secara merata. Hal ini dapat dilihat pada tabel 20 di atas bahwa jumlah responden yang menyukai sampel L₃R₂ dan L₃R₃ lebih banyak dibandingkan sampel yang lain.

B. Pembahasan

1. Kadar Alkohol

Berdasarkan hasil yang telah diperoleh dari penelitian menunjukkan bahwa perlakuan pemberian persentase ragi dan lama waktu fermentasi yang berbeda memiliki pengaruh terhadap parameter yang diamati. Pemberian persentase ragi yang berbeda dan lama waktu fermentasi tapai buah sukun menghasilkan kadar alkohol yang berbeda pula. Hal ini menunjukkan bahwa ada pengaruh dosis pemberian ragi dan lama waktu fermentasi yang digunakan pada saat proses fermentasi terhadap kadar alkohol pada tapai buah sukun. Hasil hitungan kadar alkohol tapai buah sukun pada lampiran 1 (hal 78), pada tabel 11 menyatakan bahwa kadar alkohol tertinggi terdapat pada tapai dengan lama fermentasi 60 jam pada pemberian ragi 1,5%, dan menghasilkan kadar alkohol sebesar 1,68%. Kadar alkohol terendah pada tapai yang difermentasikan selama 20 jam dengan penambahan ragi 0,5% sebesar 1,23%. Hal ini menunjukkan bahwa perbedaan waktu fermentasi (20, 40, 60 jam) serta persentase ragi (0,5%, 1%, 1,5%) sangat menentukan kadar alkohol yang terbentuk pada tapai buah sukun.

Tapai sukun yang difermentasikan selama 60 jam dengan penambahan ragi sebanyak 1,5%. Memiliki kadar alkohol tertinggi yaitu mencapai 1,68%. Hal ini menunjukkan bahwa semakin lama proses fermentasi dan semakin banyak persentase ragi yang diberikan, maka kadar alkohol semakin meningkat. Hal ini karena adanya aktivitas khamir *Saccharomyces cerevisiae* yang bekerja secara optimal dengan substrat gula yang

difermentasikan serta kegiatan enzimatik yang tidak terhambat. Sehingga semakin banyak jumlah khamir yang terlibat dalam proses fermentasi, maka semakin banyak kadar alkohol yang dihasilkan.

Dilihat dari tabel 12 menunjukkan bahwa waktu fermentasi sangat mempengaruhi kadar alkohol, pada lama fermentasi 60 jam, kadar alkoholnya lebih tinggi bila dibandingkan dengan 20 dan 40 jam. Hal ini ditunjukkan dengan $F_{hit} > F_{tabel}$ ($202,7 > 5,49$) pada taraf signifikansi 1% yang berarti signifikan, artinya waktu fermentasi yang berbeda (20, 40 dan 60 jam) berpengaruh terhadap kadar alkohol tapai buah sukun. Hal ini karena waktu fermentasi yang lebih lama akan memberikan kesempatan bagi mikroba (khamir) untuk melakukan penguraian glukosa yang lebih banyak terhadap tapai buah sukun. Hal ini sesuai dengan Purbarini (2003) yang menyatakan bahwa lama fermentasi sangat mempengaruhi tinggi rendahnya kadar alkohol yang dibentuk. Menurut Purbarini (2003), waktu inkubasi berpengaruh terhadap hasil fermentasi, karena semakin lama inkubasi akan meningkatkan kadar alkohol. Pada proses fermentasi sebelum terbentuk alkohol maka akan membentuk glukosa, namun bila fermentasi terlalu lama, maka nutrisi dalam substrat akan habis dan khamir tidak dapat memfermentasikan bahan.

Dilihat dari tabel 12 menunjukkan bahwa dosis ragi sangat berpengaruh terhadap kadar etanol. Hasil hitungan $F_{hit} > F_{tabel}$ ($554,05 > 5,49$) pada taraf signifikansi 1% yang berarti signifikan, artinya persentase ragi yang berbeda (0,5%, 1%, 1,5%) berpengaruh terhadap kadar alkohol tapai buah sukun. Ragi mengandung mikroorganisme yang mempunyai kemampuan

memecah karbohidrat menjadi alkohol dan karbondioksida (Buckle *dkk*, 1997).

Menurut Buckle *dkk* (1997), khamir memiliki sekumpulan enzim yang diketahui sebagai *zymase* yang berperan pada fermentasi senyawa gula, seperti glukosa menjadi etanol (etil alkohol) dan karbondioksida. Proses fermentasi alkohol hanya dapat terjadi apabila terdapat sel-sel khamir. Cepat lambatnya khamir juga dapat dipengaruhi oleh beberapa faktor diantaranya adalah formulasi media yang digunakan sebagai proses pengembangbiakan, inokulum, tahapan fermentasi dan ketersediaan substrat yang cukup. Persentase ragi yang berbeda menghasilkan kadar yang alkohol berbeda pula. Hal ini juga disebabkan karena mikroorganisme memiliki fase pertumbuhan, yaitu pada dosis ragi 0,5% dan 1% merupakan fase lag dan fase pertumbuhan awal, dimana pada waktu tersebut mikroorganisme masih menyesuaikan diri dengan medium pertumbuhan yang baru sehingga menghasilkan sedikit *enzim amylase* dan kadar alkohol yang dihasilkan pula sedikit (Maretni, 2006).

Menurut Rustriningsih (2007), fase ini terjadi bila mikroba dipindahkan ke dalam media kultur yang baru. Dalam kondisi ini mikroba menyesuaikan diri dengan lingkungan barunya dan tidak terjadi penambahan jumlah sel. Selanjutnya pada persentase ragi 1,5% terjadi peningkatan yang besar, pada persentase ini pertumbuhan memasuki fase eksponensial/eksponensial, sehingga jumlah mikroorganisme yang dihasilkan meningkat sangat banyak dan aktivitas *amylase* yang dihasilkan meningkat sehingga kadar alkohol yang dihasilkan juga meningkat.

Menurut Rustriningsih (2007), pada fase ini pertumbuhan sel merupakan pertumbuhan maksimum. Selama fase eksponensial mikroba menghasilkan produk esensial untuk pertumbuhan sel seperti asam-asam amino, protein, karbohidrat, lemak, dan sebagainya.

Dalam pengertian luas, fermentasi adalah proses pemecahan gula-gula sederhana (glukosa dan fruktosa) menjadi etanol dan CO₂ dengan melibatkan enzim yang dihasilkan pada ragi agar dapat bekerja pada suhu 28-32°C. Proses fermentasi tergantung pada banyak sedikitnya penambahan khamir dalam bahan. Semakin banyak jumlah ragi yang diberikan berarti semakin banyak jumlah khamir yang terlibat, sehingga kadar alkohol meningkat (Taringan, 1990).

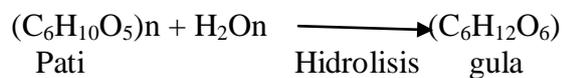
Dilihat dari hasil penelitian yang menggunakan 3 persentase ragi yang berbeda serta menggunakan 3 perlakuan lama waktu fermentasi yang berbeda, tampak bahwa semakin tinggi dosis ragi yang diberikan maka semakin tinggi kadar alkohol yang dihasilkan dan semakin lama waktu fermentasi maka semakin banyak jumlah kadar alkohol yang dihasilkan. Hal ini disebabkan karena dengan pemberian persentase ragi yang semakin banyak berarti memiliki khamir yang semakin banyak pula. Khamir inilah yang berperan aktif dalam proses fermentasi dengan merombak glukosa menjadi alkohol. Walaupun hasil penelitian menyatakan demikian, namun jika persentase ragi yang diberikan berlebihan dan lama waktu fermentasi melebihi batas fermentasi layak konsumsi atau melewati batas persentase ragi dan melebihi lama waktu yang sesuai untuk pertumbuhan mikroba maka khamir yang ada akan banyak kekurangan substrat. Akibatnya akan

lebih khamir yang mati daripada khamir yang bertahan hidup. Substrat sangat berpengaruh terhadap kadar alkohol yang dihasilkan karena apabila konsentrasi substrat berkurang maka aktifitas kerja mikroba yaitu *Saccaromyces cerevisiae* yang dihasilkan oleh ragi akan terhambat dan kadar alkohol yang dihasilkanpun akan berkurang sebaliknya apabila substrat habis maka aktifitas mikroba akan terhenti dan kadar alkohol yang dihasilkan terhenti pula atau tidak ada.

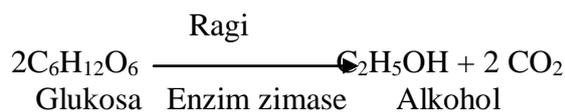
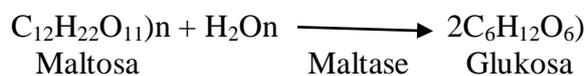
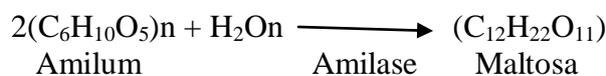
Selanjutnya jika dilihat dari grafik rata-rata kadar alkohol pada tapai buah sukun dengan pemberian persentase ragi dan lama waktu fermentasi yang berbeda (grafik 2) dapat diketahui bahwa tapai buah sukun yang difermentasikan selama 60 jam memiliki kemampuan menghasilkan kadar alkohol paling tinggi bila dibandingkan dengan tapai buah sukun yang difermentasikan selama 20 jam dan 40 jam. Hal ini disebabkan karena kandungan karbohidrat yang ada di dalam bahan. Menurut Retno dan Nuri (2011), kandungan karbohidrat (zat pati) pada masing-masing bahan yang fermentasi akan menghasilkan kadar alkohol yang berbeda. Amilum atau dalam bahasa sehari-hari disebut pati terdapat dalam berbagai jenis tumbuh-tumbuhan yang disimpan dalam akar, batang, buah, kulit, dan biji sebagai cadangan makanan. Pati adalah polimer D-glukosa dan ditemukan sebagai karbohidrat simpanan dalam tumbuhan, misalnya ketela pohon, pisang, jagung, dan lain-lain. Buah sukun memiliki kandungan karbohidrat yang cukup tinggi yaitu 28,2 per 100 g bahan (Triyanti, 2012 “dalam” Ulandari, 2015). Dimana kandungan karbohidrat

inihlah yang diperlukan oleh khamir *Saccaromyces cerevisiae* untuk menghasilkan alkohol.

Menurut Simbolon (2008), semakin banyak jumlah glukosa yang terdapat di dalam suatu bahan, maka semakin tinggi jumlah alkohol yang dihasilkan oleh khamir (*Saccaromyces visiae*). Adapun mekanisme fermentasi tapai diawali dari pati yang terdapat dalam tapai buah sukun dihidrolisis menjadi gula. Menurut Utami dan Noviyanti (2010) dalam pembuatan tapai hidrolisa diwakili oleh tahap perebusan. Di dalam proses hidrolisa terjadi penambahan molekul air pada molekul penyusun pati. Reaksinya dapat dituliskan sebagai berikut:



Reaksi fermentasi ini dilakukan oleh ragi, dan digunakan pada produksi makanan, namun reaksi fermentasi berbeda-beda tergantung bahan dasar yang digunakan. Adapun persamaan reaksi kimia pada fermentasi tapai adalah sebagai berikut:



Ketika terjadi proses fermentasi gula menjadi alkohol, dan terdapat enzim yang berperan dalam memecah *glukosa* menjadi alkohol dan CO₂ yaitu *enzim zimase* yang dihasilkan oleh *Saccaromyces cerevisiae*. Menurut Haryadi (2013), proses ini terus berlangsung dan akan terhenti

jika kadar etanol sudah meningkat sampai tidak dapat diterima lagi oleh sel-sel khamir.

Berdasarkan ANOVA RAL. 2 jalur (tabel 12) pada masing-masing persentase ragi dan lama waktu fermentasi memberikan pengaruh yang sangat nyata terhadap alkohol. Hal ini dapat dilihat pada tabel 12 dimana hasil uji statistik dengan perlakuan persentase ragi dan lama waktu fermentasi (perlakuan) menunjukkan bahwa $F_{hitung} = 218,9^{**}$ dan nilai $F_{tabel 1\%} = 3,26$ dan $F_{tabel 5\%} = 2,30$. Karena F_{hitung} lebih besar dari nilai $F_{tabel 1\%}$ dan 5% artinya perlakuan pemberian persentase ragi dan lama waktu fermentasi memberikan hasil yang berbeda sangat nyata terhadap kadar alkohol pada ke-9 sampel. Selanjutnya dilihat dari faktor A menunjukkan bahwa $F_{hitung} = 554,05^{**}$ dan $F_{tabel 1\%} = 5,49$ dan $F_{tabel 5\%} = 3,35$. Karena F_{hitung} lebih besar dari nilai $F_{tabel 1\%}$ dan 5% artinya perlakuan pemberian persentase ragi memberikan hasil yang berbeda sangat nyata terhadap kadar alkohol pada ke-9 sampel. Selanjutnya dilihat dari faktor B menunjukkan bahwa $F_{hitung} = 202,7^{**}$ dari nilai tabel 1% dan 5% artinya perlakuan lama waktu fermentasi memberikan hasil yang berbeda sangat nyata terhadap kadar alkohol pada ke-9 sampel. Selanjutnya dilihat dari faktor AB menunjukkan bahwa $F_{hitung} = 60^{**}$ dan $F_{tabel 1\%} = 4,14$ dan $F_{tabel 5\%} = 2,73$. Karena F_{hitung} lebih besar dari nilai $F_{tabel 1\%}$ dan 5% artinya interaksi antara persentase ragi dan lama waktu fermentasi memberikan hasil yang berbeda sangat nyata terhadap kadar alkohol pada ke-9 sampel.

Selanjutnya pada uji lanjut BNJ (tabel 13) diketahui bahwa kadar alkohol dari setiap faktor perlakuan L_1R_1 , L_1R_2 , L_1R_3 , L_2R_1 , L_2R_2 , L_2R_3 , L_3R_1 , L_3R_2 , L_3R_3 saling berbeda nyata. Dari uji ini diketahui bahwa dari ke tiga lama waktu fermentasi yang optimum untuk menghasilkan alkohol yang tinggi adalah lama waktu fermentasi 60 jam dengan penambahan persentase ragi 1,5%.

2. pH

Menurut Prakosa dan Santaso (2010), pH merupakan salah satu parameter untuk menunjukkan tingkat keasaman dari produk olahan tapai. Berdasarkan hasil hitungan pada lampiran 2 (hal 95), yang disajikan pada tabel 14 menunjukkan bahwa setelah dilakukan pemberian persentase ragi dan lama waktu fermentasi yang berbeda ternyata memiliki pengaruh terhadap parameter yang diamati. pH buah sukun yang telah difermentasikan dapat dilihat pada tabel 13 menghasilkan pH yang paling asam pada tapai yang difermentasikan selama 60 jam dengan penambahan persentase ragi 1,5 % dengan jumlah nilai = 3,24 dan yang memiliki derajat asam terendah pada tapai buah sukun yang difermentasikan selama 20 jam dengan penambahan ragi sebanyak 0,5% = 3,81. Hal ini menunjukkan bahwa perbedaan waktu fermentasi (20, 40, dan 60 jam) serta persentase ragi (0,5%, 1%, 1,5%) sangat menentukan pH yang terbentuk pada tapai buah sukun.

Tapai sukun yang difermentasikan selama 60 jam dan persentase ragi 1,5 % . memiliki pH terendah (terasam) yaitu 3,24. Hal ini menunjukkan bahwa semakin lama proses fermentasi dan semakin banyak persentase

ragi yang diberikan maka pH asam tapai buah sukun akan semakin menurun. Hal ini dikarenakan semakin banyak jumlah khamir yang terlibat dalam proses fermentasi, pH asam yang lebih tinggi pada lama fermentasi 60 jam karena adanya aktivitas khamir *Saccaromyces cerevisiae* yang bekerja secara optimal dengan substrat gula yang difermentasikan serta kegiatan enzimatik yang tidak terhambat.

Tabel 15 menunjukkan bahwa waktu fermentasi sangat mempengaruhi pH, pada lama fermentasi 60 jam pH asam lebih tinggi bila dibandingkan dengan lama fermentasi 20 dan 40 jam. Hal ini ditunjukkan oleh F hitung $B > F$ tabel ($2678,57 > 5,49$) pada taraf signifikansi 1% yang berarti signifikan, artinya waktu fermentasi yang berbeda (20, 40, dan 60 jam) berpengaruh terhadap pH tapai buah sukun. Hal ini karena waktu fermentasi yang lebih lama akan memberikan kesempatan bagi mikroba (khamir) untuk melakukan penguraian yang lebih banyak terhadap tapai buah sukun.

Dosis sangat berpengaruh terhadap pH tapai buah sukun. Hasil hitungan F hitung $A > F$ tabel ($12607,14 > 5,49$) pada taraf signifikansi 1% yang berarti signifikan, artinya persentase ragi yang berbeda (0,5%, 1%, 1,5%) berpengaruh terhadap pH tapai buah sukun.

Dari uraian tersebut menunjukkan bahwa semakin tinggi ragi yang digunakan untuk fermentasi, maka semakin tinggi juga tingkat keasaman pada tapai dan semakin lama waktu fermentasi maka akan semakin asam juga pH pada tapai buah sukun. Hal ini karena kemampuan ragi untuk menguraikan gula menjadi alkohol lebih besar dan lebih cepat, sehingga

reaksi pemecahan alkohol menjadi asam oleh bakteri pembentuk asam lebih besar pula. Oleh karena itu diperoleh kadar asam tapai buah sukun yang lebih banyak (pH lebih rendah) dengan semakin meningkatnya konsentrasi ragi yang digunakan (Prakosa dan Santosa, 2010). pH tapai buah sukun pada penelitian ini yaitu 3,24-3,81, pada penelitian pembuatan tapai ubi jalar menghasilkan pH antara 4,62-5,55, dan menyebutkan bahwa pH tapai singkong adalah 3,48-4,75 (Simbolon, 2008).

Selanjutnya jika dilihat pada grafik 3, sampel yang difermentasikan selama (20, 40, dan 60 jam) dengan persentase ragi (0,5%, 1%, 1,5%), jika dilihat dari rata-rata pH buah sukun menunjukkan bahwa semakin banyak ragi yang digunakan maka pH tapai buah sukun akan semakin meningkat dan semakin lama waktu fermentasi maka pH asam tapai buah sukun akan semakin meningkat. Tapai buah sukun yang memiliki pH asam tertinggi adalah pada sampel yang difermentasikan selama 60 jam dengan penambahan persentase ragi sebanyak 1,5% memiliki pH sebesar 3,24 dan pH asam terendah pada tapai yang difermentasikan selama 20 jam dengan penambahan persentase ragi 0,5% sebesar 3,81. Dari uraian di atas menunjukkan bahwa pemberian persentase ragi dan lama waktu fermentasi memiliki pengaruh terhadap pH tapai buah sukun karena semakin lama waktu fermentasi maka pH asam tapai buah sukun akan semakin meningkat.

Menurut Andriani *dkk* (2015), *Saccaromyces cerevisiae* dapat melakukan fermentasi secara optimal pada pH 4-5. Dalam penelitian ini, produk fermentasi yang dihasilkan adalah alkohol. Alkohol bersifat asam,

sehingga semakin lama waktu fermentasi maka semakin banyak alkohol yang terbentuk kondisi ini menyebabkan pH substrat semakin rendah. A Penurunan nilai pH yang terjadi menunjukkan bahwa mikroorganismenya asidofilik yaitu mikroorganismenya yang mampu hidup pada kisaran pH antara 2-5. Fermentasi diartikan untuk semua kegiatan yang menunjuk pada berbagai aksi microbial yang tertentu dan jelas. Pada proses fermentasi, karbohidrat terlebih dahulu dipecah menjadi glukosa kemudian glukosa tersebut dipecah lagi menjadi alkohol, asam asetat dan senyawa organik lainnya. Fermentasi akan menghasilkan asam-asam yang mudah menguap diantaranya asam laktat, asam asetat, asam formiat, asam butirat dan asam propionate.

Berdasarkan ANOVA RAL 2 jalur (tabel 14) pada masing-masing persentase ragi dan lama waktu fermentasi memberikan pengaruh yang sangat nyata terhadap alkohol. Hal ini dapat dilihat pada tabel 14 dimana hasil uji statistik dengan perlakuan persentase ragi dan lama waktu fermentasi (perlakuan) menunjukkan bahwa $F_{hitung} = 4758,71^{**}$ dan $F_{tabel\ 1\%} = 3,26$ dan $F_{tabel\ 5\%} = 2,30$. Karena F_{hitung} lebih besar dari nilai $F_{tabel\ 1\%}$ dan $F_{tabel\ 5\%}$ artinya perlakuan pemberian persentase ragi dan lama waktu fermentasi memberikan hasil yang berbeda sangat nyata terhadap kadar pH pada ke-9 sampel. Selanjutnya dilihat dari faktor A (Persentase ragi) menunjukkan bahwa $F_{hitung} = 12607,14^{**}$ dan $F_{tabel\ 1\%} = 5,49$ dan $F_{tabel\ 5\%} = 3,35$. Karena F_{hitung} lebih besar dari nilai $F_{tabel\ 1\%}$ dan $F_{tabel\ 5\%}$ artinya perlakuan pemberian persentase ragi memberikan hasil yang berbeda sangat nyata terhadap kadar pH pada ke-9 sampel.

Selanjutnya dilihat dari faktor B (lama waktu fermentasi) menunjukkan bahwa $F_{hitung} = 2678,57^{**}$ dan $F_{tabel 1\%} = 5,49$ dan $F_{tabel 5\%} = 3,35$. Karena F_{hitung} lebih besar dari nilai $F_{tabel 1\%}$ dan 5% artinya perlakuan lama waktu fermentasi memberikan hasil yang berbeda sangat nyata terhadap kadar pH pada ke-9 sampel. Selanjutnya dilihat dari faktor AB menunjukkan bahwa $F_{hitung} = 1928,57^{**}$ dan $F_{tabel 1\%} = 4,14$ dan $F_{tabel 5\%} = 2,73$. Karena F_{hitung} lebih besar dari nilai $F_{tabel 1\%}$ dan 5% artinya interaksi antara persentase ragi dan lama waktu fermentasi memberikan hasil yang berbeda sangat nyata terhadap kadar pH pada ke-9 sampel.

Selanjutnya pada uji lanjut BNJ (tabel 16) diketahui bahwa pH dari setiap faktor perlakuan L_1R_1 , L_1R_2 , L_1R_3 , L_2R_1 , L_2R_2 , L_2R_3 , L_3R_1 , L_3R_2 , L_3R_3 saling berbeda nyata. Dari uji ini diketahui bahwa dari ketiga perlakuan lama waktu fermentasi yang menghasilkan pH asam yang tertinggi yaitu lama waktu fermentasi 60 jam, dengan penambahan persentase ragi 1,5%.

3. Warna

Warna dapat dilihat oleh penglihatan apabila ada cahaya. Oleh karena itu, pencahayaan ruangan memegang peranan penting untuk dapat melihat warna dengan jelas (Pratama, 2013). Berdasarkan hasil penelitian yang dilakukan oleh ke-10 panelis terhadap uji sensoris tapai buah sukun dengan menggunakan metode hedonic berdasarkan parameter warna pada tabel 18 pada sampel L_1R_1 1 orang memberikan skor nilai 1 (tidak kuning), 2 orang memberikan skor nilai 3 (kuning), dan 7 orang lagi memberikan

skor nilai 2 (agak kuning). Pada sampel L₁R₂ 5 orang memberikan skor nilai 2 (agak kuning), dan 5 orang lagi memberikan skor nilai 3 (kuning). Pada sampel L₁R₃ 5 orang memberikan skor nilai 2 (agak kuning), 4 orang memberikan skor nilai 3 (kuning), dan 1 orang memberikan skor nilai 4 (sangat kuning). L₂R₁ 2 orang memberikan skor nilai 2 (agak kuning), dan 8 orang lagi memberikan skor nilai 3 (kuning). Pada sampel L₂R₂ dan L₂R₃ ke-10 panelis memberikan skor nilai yang sama yaitu dengan skor nilai 3 (kuning). Pada sampel L₃R₁ 3 orang memberikan skor nilai 3 (kuning), dan 7 orang lagi memberikan skor nilai 4 (sangat kuning). Pada sampel L₃R₂ dan L₃R₃ dari kedua sampel ini ke-10 panelis memberikan skor nilai yang sama yaitu 1 orang memberikan skor nilai 3 (kuning), dan 9 orang lagi memberikan skor nilai 4 (sangat kuning). Pada uraian di atas dapat dilihat bahwa dengan membedakan persentase ragi dan lama waktu fermentasi memberikan pengaruh yang sangat nyata terhadap parameter warna yang diamati oleh ke-10 panelis. Berdasarkan uraian di atas, dapat dilihat bahwa panelis lebih menyukai warna tapai buah sukun pada sampel L₃R₂ karena memiliki warna yang sangat kuning terang dari pada ke-8 sampel yang lainnya memiliki warna agak kuning, dan kuning saja. Dilihat dari tingkat kesukaan panelis lebih menyukai warna L₃R₂ karena memiliki warna kuning terang yang memikat penglihatan para panelis karena pada sampel yang lain memiliki warna agak kuning sehingga panelis lebih sedikit menyukainya. Hal ini sesuai dengan Pratama (2013) yang menyatakan bahwa warna suatu produk menentukan penerimaan konsumen atau tingkat kesukaan masyarakat.

Menurut Pratama (2013), warna produk sangat berperan penting untuk menentukan penerimaan konsumen. Konsumen saat ini sangat selektif dalam memilih warna produk pangan. Konsumen cenderung berpendapat bahwa produk yang mencolok menunjukkan adanya penambahan warna sintetis. Kenyataannya tidak selalu demikian, perkembangan teknologi sudah memungkinkan adanya pewarna alami yang mencolok yang hampir menyamai pewarna sintetis. Misalnya, pewarna alami yang terbuat dari daun pandan. Ada juga tanaman yang memiliki daun, batang, akar, bunga, biji, dan buah yang memiliki warna yang alami yang sering kita jumpai setiap hari, contohnya; buah nangka, buah durian dan buah sukun.

4. Aroma

Berdasarkan hasil penelitian yang dilakukan oleh ke-10 panelis terhadap uji sensoris tapai buah sukun dengan menggunakan metode hedonik berdasarkan parameter aroma pada tabel 20 pada sampel L₁R₁ 7 orang memberikan skor nilai 2 (agak suka), dan 3 orang memberikan skor nilai 3 (suka). Pada sampel L₁R₂ 1 orang memberikan skor nilai 1 (tidak suka), 5 orang memberikan skor nilai 2 (agak suka), 3 orang lagi memberikan skor nilai 3 (suka), dan 1 orang lagi memberikan skor nilai 4 (sangat suka). Pada sampel L₁R₃ 5 orang memberikan skor nilai 2 (agak suka), 4 orang memberikan skor nilai 3 (suka), dan 1 orang memberikan skor nilai 4 (sangat suka). Pada sampel L₂R₁ 4 orang memberikan skor nilai 2 (agak suka), 5 orang memberikan skor nilai 3 (suka), dan 1 orang lagi memberikan skor nilai 4 (sangat suka). Pada sampel L₂R₂ 1 orang memberikan skor nilai 2 (agak suka), 5 orang memberikan skor nilai 3

(suka), dan 4 orang memberikan skor nilai 4 (sangat suka). Pada sampel L₂R₃ 4 orang memberikan skor nilai 2 (agak suka), dan 6 orang lagi memberikan skor nilai 3 (suka). Pada sampel L₃R₁ 5 orang memberikan skor nilai 1 (tidak suka), 5 orang lagi memberikan skor nilai 2 (agak suka). Pada sampel L₃R₂ 7 orang memberikan skor nilai 1 (tidak suka), dan 3 orang 3 orang lagi memberikan skor nilai 2 (agak suka). Pada sampel L₃R₃ 8 orang yang memberikan skor nilai 1 (tidak suka), dan 2 orang lagi memberikan skor nilai 2 (agak suka). Dari uraian di atas menunjukkan bahwa dari ke-9 sampel tersebut panelis lebih menyukai sampel L₂R₃ dengan skor nilai (suka) dan pada sampel L₂R₂ dengan skor nilai 4 (sangat suka), yang memiliki aroma wangi khas tapai buah sukun dibandingkan ke-7 sampel lainnya. Hal ini menunjukkan bahwa dengan memberikan persentase ragi dan lama waktu fermentasi memiliki pengaruh terhadap tapai buah sukun berdasarkan indra penciuman dari ke-10 panelis. Dari uraian di atas dapat dilihat bahwa panelis sangat menyukainya sampel L₂R₂ karena memiliki aroma khas, yaitu aroma tapai buah sukun yang manis, sedikit beraroma asam dibandingkan sampel L₁R₁, L₁R₂, L₁R₃, L₂R₁, L₂R₂, L₂R₃, L₃R₁, L₃R₁, L₃R₃ yang memiliki aroma yang biasa.

Aroma adalah bau yang dapat diamati dengan indra penciuman. Pengujian bau atau aroma adalah salah satu pengujian yang penting karena dapat memberikan hasil penilaian terhadap daya terima produk (Kartika, 1998). Tapai buah sukun dengan penambahan ragi akan memberikan aroma yang semakin khas, selain itu aroma juga dapat dijadikan sebagai indikator terjadinya kerusakan pada produk pangan. Pada tapai buah sukun

yang tidak layak untuk dikonsumsi akan berbau sangat menyengat atau bau masam yang berlebihan (Winarno, 2002).

Menurut Pratama (2013), aroma berkaitan dengan yang dapat dideteksi oleh indra penciuman. Seseorang dapat mendeteksi adanya aroma produk pangan karena adanya senyawa volatile yang dilepaskan oleh produk tersebut. Pelepasan aroma dari suatu produk dapat mempengaruhi suhu produk. Suhu tinggi dapat mempercepat pelepasan aroma dan lebih mudah dideteksi oleh indra penciuman.

5. Rasa

Berdasarkan hasil penelitian yang dilakukan oleh ke-10 panelis terhadap uji sensoris tapai buah sukun dengan menggunakan metode hedonik berdasarkan parameter rasa pada tabel 19. Pada sampel L₁R₁ 6 orang memberikan skor nilai 1 (tidak suka), 3 orang memberikan skor nilai 2 (agak suka). Pada sampel L₁R₂ 7 orang memberikan skor nilai 3 (suka), dan 3 orang lagi memberikan skor nilai 2 (agak suka). Pada sampel L₁R₃ 3 orang memberikan skor nilai 1 (tidak suka), dan 7 orang memberikan skor nilai 3 (suka). Pada sampel L₂R₁ 5 orang memberikan skor nilai 2 (agak suka), 1 orang memberikan skor nilai 3 (suka), dan 4 orang lagi memberikan skor nilai 4 (sangat suka). Pada sampel L₂R₂ 1 orang memberikan skor nilai 2 (agak suka), 6 orang memberikan skor nilai 3 (suka), dan 3 orang lagi memberikan skor nilai 4 (sangat suka). Pada sampel L₂R₃ 1 orang memberikan skor nilai 1 (tidak suka), 1 orang memberikan skor nilai 2 (agak suka), 7 orang memberikan skor nilai 3 (suka), 1 orang memberikan skor nilai 4 (sangat suka). Pada sampel L₃R₁ 2

orang memberikan skor nilai 1 (tidak suka), dan 8 orang lagi memberikan skor nilai 2 (agak suka). Pada sampel L_3R_2 8 orang memberikan skor nilai 1 (tidak suka), dan 2 orang lagi memberikan skor nilai 2 (agak suka). Pada sampel L_3R_3 ke-10 panelis memberikan skor nilai yang sama yaitu dengan skor nilai 1 (tidak suka).

Dari uraian di atas dapat dilihat bahwa panelis lebih menyukai sampel L_2R_2 dan sampel L_2R_3 . L_2R_2 sampel ini ada 6 orang yang menyatakan suka, 3 orang menyatakan sangat suka, dan hanya 1 orang yang menyatakan tidak suka, pada sampel ini memiliki rasa manis sedikit asam dan rasanya seperti buah nangka yang masak. Pada sampel L_2R_3 7 orang menyatakan suka, 1 orang menyatakan agak suka dan 1 orang lagi menyatakan tidak suka, karena pada sampel ini memiliki rasa manis sedikit asam dan memiliki rasa seperti buah nangka masak. Dibandingkan dengan ke-8 sampel lainnya yang memiliki rasa tapai yang biasa seperti rasa hambar, asam sedikit manis. Hal ini menunjukkan bahwa pemberian persentase ragi dan lama waktu fermentasi memiliki pengaruh terhadap tapai buah sukun berdasarkan indra pengecap dari ke-10 panelis yang lebih menyukai ke-2 sampel ini dibanding dengan ke-7 sampel lainnya.

Rasa merupakan salah faktor penting dalam produk pangan. Manusia mengenal empat rasa dasar, yaitu rasa asam, pahit, manis, dan asin dari keempat rasa tersebut yang diteliti yaitu rasa manis dan asam pada tapai buah sukun (Winarno, 1992). Tapai buah sukun memiliki rasa yang manis sedikit asam sesuai dengan tingkat pemberian persentase ragi dan lama

waktu fermentasi yang digunakan sehingga memberikan rasa yang bervariasi dalam setiap sampel (Winarno, 1980).

6. Tekstur

Berdasarkan hasil penelitian yang dilakukan ke-10 panelis terhadap uji sensoris tapai buah sukun dengan menggunakan metode hedonik berdasarkan parameter tekstur pada tabel 20. Pada sampel L₁R₁ 7 orang memberikan skor nilai 2 (agak lunak), dan 3 orang lainnya memberikan skor nilai 3 (lunak). Pada sampel L₁R₂ 2 orang memberikan skor nilai 2 (agak lunak), dan 8 orang lagi memberikan skor nilai 3 (lunak). Pada sampel L₁R₃ 9 orang memberikan skor nilai 3 (lunak). Pada sampel L₂R₁ dan L₂R₂ dari ke-10 panelis memberikan nilai yang sama pada kedua sampel ini yaitu 2 orang memberikan skor nilai 2 (agak lunak), 7 orang memberikan skor nilai 3 (lunak), dan 1 orang memberikan skor nilai 4 (sangat lunak). Pada sampel L₂R₃ 8 orang memberikan skor nilai 3 (lunak), dan 2 orang lagi memberikan skor nilai 4 (sangat lunak). Pada sampel L₃R₁ 8 orang memberikan skor nilai 4 (sangat lunak), dan 2 orang lagi memberikan skor nilai 3 (lunak). Pada sampel L₃R₂ dan L₃R₃ dari ke-10 panelis memberikan skor yang sama yaitu 4 (sangat lunak).

Dari uraian di atas berdasarkan pengamatan tekstur yang dilakukan oleh ke-10 panelis bahwa persentase ragi dan lama waktu fermentasi memiliki pengaruh terhadap tapai buah sukun. Semakin banyak persentase ragi dan lama waktu fermentasi maka semakin cepat tapai buah sukun menjadi lunak dan semakin lama difermentasikan maka tapai buah sukun akan semakin lunak dan semakin banyak mengeluarkan cairan. Panelis

memilih tapai pada sampel L₃R₂ dan L₃R₃ karena memiliki tekstur yang sangat lunak, lembut secara merata dibandingkan sampel L₁R₁, L₁R₂, L₁R₃, L₂R₁, L₂R₂, L₂R₃, L₃R₁ yang memiliki tekstur lunak tetapi tidak merata, pada bagian dalamnya masih agak lunak dan masih belum lunak merata.

Menurut Andriani *dkk* (2015), tekstur merupakan salah satu parameter yang digunakan dalam menentukan kualitas tapai, selama fermentasi akan terjadi perubahan struktur dari tapai yang dipengaruhi oleh aktivitas mikroba dalam proses fermentasi. Menurut Hidayat dan Suhartini (2006), semakin lama fermentasi, maka jumlah alkohol dan asam-asam organik yang dihasilkan akan semakin tinggi dimana kita ketahui senyawa-senyawa tersebut berbentuk cair dan gas. Hal inilah yang menyebabkan tekstur tapai yang dihasilkan semakin lunak.

C. Hasil Penelitian dan Pembelajaran pada Mata Pelajaran Biologi di SMA

Tujuan dari pendidikan IPA ialah untuk menghasilkan peserta didik yang berkualitas, yaitu manusia yang mampu berpikir kritis, kreatif, logis dan berinisiatif dalam menanggapi isu di masyarakat yang diakibatkan oleh dampak perkembangan ilmu pengetahuan dan teknologi. Oleh karena itu, melalui pendidikan IPA, diharapkan dapat memberi bekal kepada peserta didik untuk menyelesaikan permasalahan dalam kehidupan sehari-hari serta mampu bersikap arif dan bijaksana dalam menyikapi permasalahan tersebut. Salah satu komponen yang terpenting dari sistem pendidikan ialah kurikulum (Millah *dkk*, 2012).

Menurut Millah *dkk* (2012), materi bioteknologi merupakan penerapan dari ilmu biologi dan teknologi. Materi bioteknologi mempelajari tentang pengertian, prinsip dasar, dan peranan bioteknologi terhadap sains, lingkungan teknologi dan masyarakat. Bioteknologi mempunyai peranan penting dalam peningkatan kesejahteraan hidup manusia. Namun dalam penerapannya perlu memperhatikan aspek sains dan teknologi. Serta memperhatikan aspek masyarakat dan lingkungan.

Penelitian berjudul “Pengaruh Persentase Ragi dan Lama Waktu Fermentasi Terhadap Tapai Buah Sukun (*Artocarpus communis*) dan Sumbangsihnya pada Materi Bioteknologi di Kelas XII SMA/MA” ini akan disumbangkan pada kegiatan pembelajaran di sekolah khususnya pada SMA/MA kelas XII semester genap.

Hasil penelitian ini akan disumbangkan di SMA/MA di kelas XII dalam RPP (Rencana Pelaksanaan Pembelajaran), dan LKPD (Lembar Kerja Peserta Didik) dapat dilihat pada lampiran 8 (hal 110). Perangkat pembelajaran yang telah dibuat divalidasi pakar di SMA Muhammadiyah 1 Palembang oleh validator guru Biologi yang mengajar di kelas XII yaitu Ibu Sri Maryati, S.Pd dan Dra. Nasiro, MM. Hasil validator pakar RPP dan LKPD tersebut dinyatakan valid.