

IV HASIL DAN PEMBAHASAN

Penelitian pendahuluan dan penelitian utama pada pembuatan tepung ubi jalar fermentasi dan aplikasinya dalam pembuatan biskuit yang telah dilakukan meliputi hasil analisis dan pembahasan akan dijelaskan di bawah ini.

4.1. Penelitian Pendahuluan

Penelitian pendahuluan yang dilakukan meliputi analisis kimia tepung ubi jalar putih dan tepung ubi jalar kuning tanpa fermentasi, analisis fisiko-kimia tepung ubi jalar putih dan tepung ubi jalar kuning, pembuatan koji *Bacillus subtilis*, dan penentuan jumlah sel hidup koji *Bacillus subtilis*.

4.1.1. Analisis Kimia Tepung Ubi Jalar Putih Dan Tepung Ubi Jalar Kuning Tanpa Fermentasi

Hasil analisis kimia tepung ubi jalar putih dan tepung ubi jalar kuning tanpa fermentasi dapat dilihat pada Tabel 8.

Tabel 8. Hasil Analisis Kimia Tepung Ubi Jalar Putih Dan Tepung Ubi Jalar Kuning Tanpa Fermentasi

Respon Analisis	Tepung Ubi Jalar Putih	Tepung Ubi Jalar Kuning
Kadar Air (%)	8,11	9,58
Kadar Pati (%)	33,97	31,35
Kadar Amilosa (%)	23,74	19,81
Kadar Protein (%)	2,58	3,6

Data pada Tabel 8 menunjukkan karakteristik kimia tepung ubi jalar putih dan ubi jalar kuning memiliki perbedaan. Menurut Rosmarkam dan Yuwono (2002) Perbedaan karakteristik kimia ubi jalar dipengaruhi oleh unsur-unsur kimia mikro dan makro sebagai unsur hara yang terdapat di dalam tanah. Unsur-unsur

makro hara yang terdapat di dalam tanah dibutuhkan tanaman diantaranya N, P, K, Ca, S, dan Mg. Senyawa Nitrogen yang ada di dalam tanah berfungsi sebagai pembentukan klorofil dan protein bagi tanaman. Kalium berfungsi sebagai activator enzim dalam proses fotosintesis dan respirasi, translokasi karbohidrat, sintesis protein dan pati. Bila tanah kekurangan kalium akan menyebabkan pertumbuhan pada tanaman kurang baik, banyak proses metabolisme di dalam sel tanaman tidak berjalan dengan baik sehingga terjadi kurang (kumulasi) karbohidrat, menurunnya kadar pati, dan akumulasi senyawa nitrogen dalam tanaman.

Menurut Edmond *and* Ammerman (1971) dalam Antarlina (1991), selain unsur-unsur hara mikro dan makro yang terdapat di dalam tanah yang mempengaruhi terhadap komposisi ubi jalar, terutama kandungan pati adalah umur panen ubi jalar. Semakin lama umur panen, kandungan pati umbi juga semakin meningkat, tetapi setelah mencapai titik tertentu kandungan patinya akan menurun. Hal tersebut sesuai dengan fase pertumbuhan ubi jalar yang pada saat awal pertumbuhan terjadi pemanjangan dan pertumbuhan cabang-cabang baru. Semakin banyak cabang, permukaan daun makin luas, sehingga penyerapan sinar matahari semakin tinggi. Akibatnya diperoleh hasil fotosintesa (berupa pati) yang cukup banyak. Namun, semakin tua umur tanaman, aktifitas tanaman semakin menurun. Fenomena demikian mengakibatkan kadar pati umbi akan menurun dengan semakin tua umur umbi.

Ginting (2010) mengatakan bahwa nilai gizi ubi jalar secara kualitatif selalu dipengaruhi oleh varietas, lokasi dan musim tanam. Pada musim kemarau

dari varietas yang sama akan menghasilkan tepung yang relatif tinggi dari pada musim penghujan. Demikian juga varietas ubi jalar yang berdaging merah muda umumnya mempunyai kadar karoten lebih tinggi daripada yang berwarna putih.

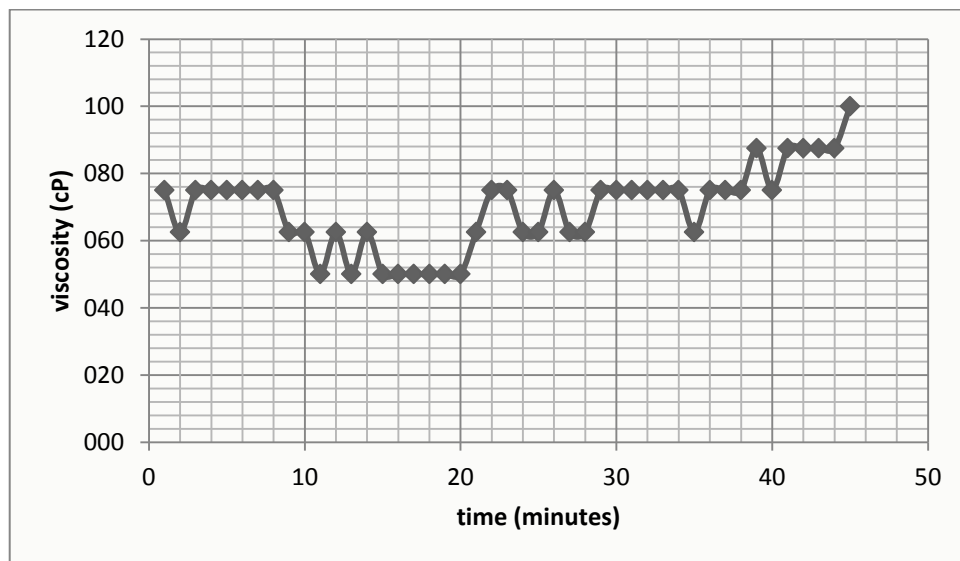
Berdasarkan pernyataan di atas, berbedanya komposisi kimia ubi jalar maka dengan sendirinya komposisi tepung ubi jalar yang dihasilkan juga akan berbeda satu dengan lainnya.

Ubi jalar yang berwarna putih lebih diarahkan untuk pengembangan tepung dan pati karena umbi yang berwarna putih cenderung lebih baik kadar patinya dan warna tepung lebih menyerupai terigu (Rosmarkam dan Yuwono, 2002).

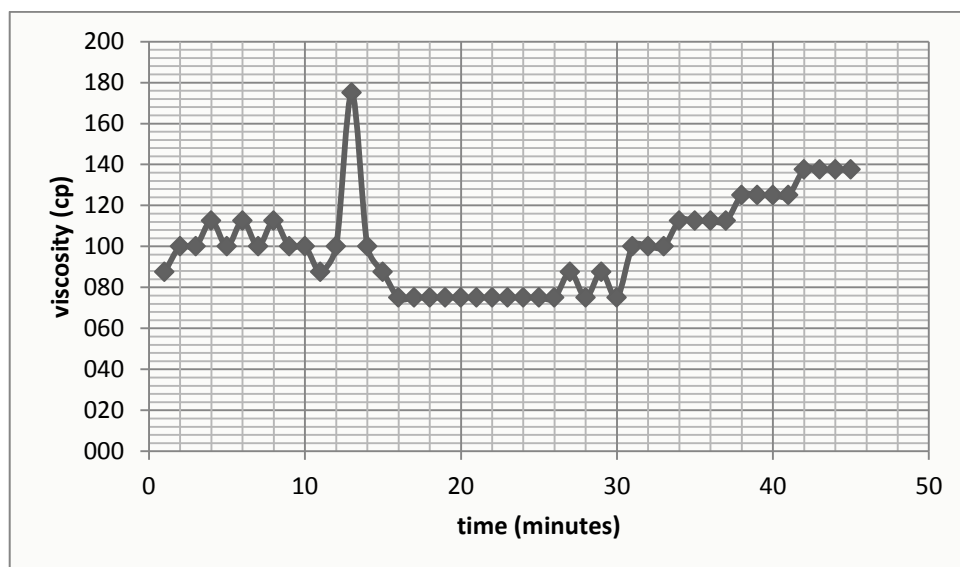
4.1.2. Analisis Fisiko-Kimia Tepung Ubi Jalar Putih dan Tepung Ubi Jalar Kuning Tanpa Fermentasi

Sifat fisiko kimia atau amilograf pati ditentukan berdasarkan perubahan viskositas pati pada proses pemanasan dengan menggunakan *Brabender Amylograph* atau *viscometer broekfield*. Hasil analisis sifat amilografi tepung ubi jalar putih dan ubi jalar kuning dapat dilihat pada Gambar 5 dan 6.

Dalam Gambar 5 dan 6 tersebut terlihat perbedaan sifat amilografi antara tepung ubi jalar putih dan tepung ubi jalar kuning. Tepung ubi jalar putih pada saat menit ke-10 sampai menit ke-20 memiliki viskositas antara 50 – 63 cp dan pada menit ke-39 sampai menit ke-45 memiliki viskositas antara 75 - 100 cp. Tepung ubi jalar kuning pada saat menit ke-10 sampai menit ke-20 memiliki viskositas antara 75 – 175 cp dan pada menit ke-39 sampai menit ke-45 memiliki viskositas antara 125 – 138 cp.



Gambar 6. Grafik Hasil Pengamatan Amilografi Tepung Ubi Jalar Putih



Gambar 7. Grafik hasil pengamatan amilografi tepung ubi jalar kuning

Kandungan amilosa maupun sifat amilografi merupakan parameter yang menentukan mutu, sifat dan karakteristik berbagai tipe tepung dan dapat dihubungkan dengan mutu produk akhir (kue, roti maupun gula sakarida turunannya) (Setyawan dkk, 2006).

Fenomena viskositas akhir pendinginan pada suhu 45⁰C dikurang dengan viskositas maksimum dikenal dengan viskositas balik (*seatback viscosity*). Viskositas balik (*set back viscosity*) menunjukkan tingkat pengenceran setelah dingin. Semakin besar viskositas baliknya menggambarkan bahwa pati mudah mengalami retrogradasi. Pada Gambar 5 dan 6 terlihat bahwa viskositas balik tertinggi ada pada tepung ubi jalar putih (Gambar 5). Pati yang mempunyai viskositas balik tinggi cocok dibuat atau dicampur untuk produk biskuit, mi, cookies dan jenis-jenis roti lainnya. Tepung ubi jalar kuning memiliki viskositas rendah. Pati yang mempunyai viskositas balik rendah cocok dibuat atau dicampur untuk produk semi cair, seperti saos, puding, bubur dan produk lainnya yang sejenis (Setyawan dkk, 2006).

Dari hasil penelitian pendahuluan dapat ditentukan ubi jalar yang digunakan pada penelitian utama adalah ubi jalar putih. Sifat amilografi tepung ubi jalar putih dianggap cocok untuk produk biskuit, mi, cookies dan jenis-jenis roti lainnya. Dengan demikian untuk penelitian utama digunakan tepung ubi jalar putih karena lebih baik kadar patinya dan warna tepungnya lebih menyerupai terigu.

4.1.3. Penentuan Jumlah Konsentrasi Penambahan Tepung Ubi Jalar Terpilih ke dalam Koji *Bacillus substilis*

Penentuan jumlah konsentrasi penambahan tepung ubi jalar terpilih ke dalam koji *Bacillus substilis* dilakukan dengan menghitung jumlah sel hidup bakteri *Bacillus substilis* yang ada di dalam koji. Koji dengan jumlah sel hidup/ml terbanyak digunakan untuk fermentasi pada penelitian utama. Hasil perhitungan

sel hidup di dalam koji *Bacillus substilis* dengan penambahan konsentrasi tepung ubi jalar yang berbeda dapat dilihat pada Tabel 9.

Tabel 9. Hasil Penentuan Sel hidup Koji *Bacillus substilis* dengan Penambahan Konsentrasi Tepung Ubi Jalar yang Berbeda

No	Jumlah Tepung Ubi Jalar yang ditambahkan dalam Pembuatan Koji <i>Bacillus substilis</i>	Σ sel hidup/ml
1	0%	$1,0 \times 10^6$
2	1%	$1,1 \times 10^6$
3	2%	$1,3 \times 10^6$
4	3%	$1,5 \times 10^6$

Berdasarkan data pada Tabel 9, jumlah sel hidup yang paling banyak adalah koji yang dibuat dengan penambahan tepung ubi jalar pada konsentrasi 3% yaitu sebanyak $1,5 \times 10^6$ sel/ml. Penambahan tepung ubi jalar dengan konsentrasi yang meningkat mengakibatkan semakin banyak pula kandungan gula-gula sederhana (monosakarida) sehingga semakin banyak nutrisi yang tersedia di dalam medium. Hal ini memberikan pengaruh pada pertumbuhan *Bacillus substilis*.

Ubi jalar merupakan sumber energi dalam bentuk gula dan karbohidrat. Karbohidrat pada ubi jalar terdiri dari gula sebesar 13,2 % sedangkan komposisi gula pada ubi jalar terdiri dari maltosa sebesar 5,5 %, sukrosa 4,4 %, fruktosa 0,9 %, glukosa 0,8 % dan rafinosa sebesar 0,5 % (Sistrunk, 1977).

Karbohidrat di dalam ubi jalar dapat dirombak oleh *Bacillus substilis* menjadi bentuk gula-gula sederhana seperti glukosa. Glukosa digunakan sebagai sumber energi dan sumber karbon yang digunakan untuk membentuk material penyusun sel baru (Daniya, 2010).

4.1.4. Rekapitulasi Hasil Penelitian Pendahuluan

1. Hasil analisis kimia ubi jalar dipilih ubi jalar putih
2. Hasil analisis fisiko-kimia dipilih juga ubi jalar putih
3. Penambahan jumlah konsentrasi tepung ubi jalar yang terpilih adalah sebanyak 3%.

Berdasarkan hasil tersebut maka dalam penelitian utama dipilih ubi jalar putih dan konsentrasi penambahan tepung ubi jalar 3% dalam pembuatan koji.

4.2. Hasil Penelitian Utama

Penelitian utama yang dilakukan adalah sebagai berikut: respon kimia (penentuan kadar air irisan ubi jalar setelah fermentasi dan sebelum pengeringan, kadar air tepung ubi jalar, kadar pati tepung ubi jalar, kadar amilosa tepung ubi), dan respon fisiko-kimia (sifat amilografi tepung ubi jalar setelah fermentasi).

4.2.1. Respon Kimia Penelitian Utama

4.2.1.1. Kadar Air Irisan Ubi Jalar Setelah Fermentasi dan Sebelum Pengeringan

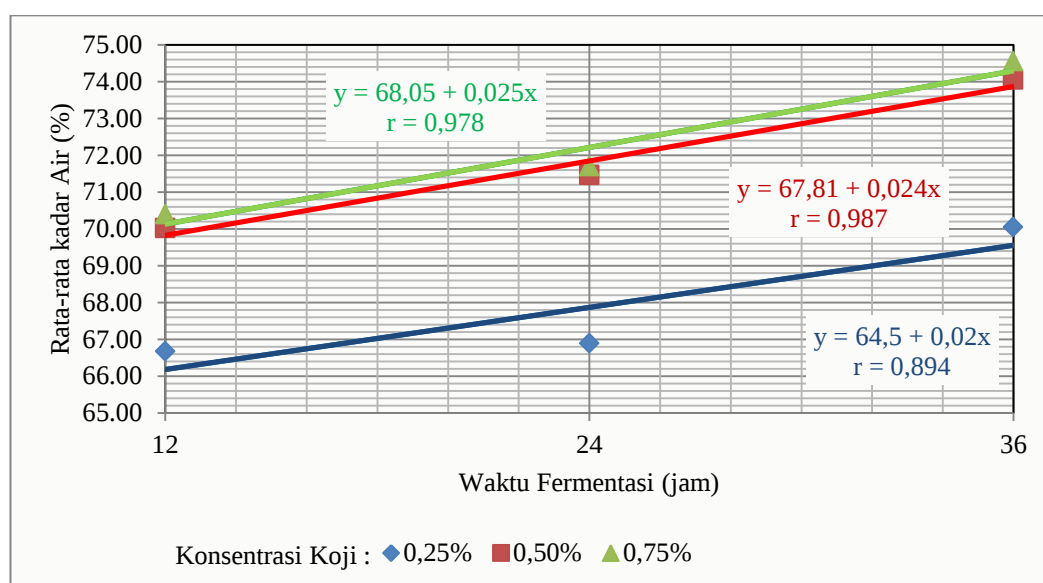
Hasil analisis kadar air irisan ubi jalar setelah fermentasi dan sebelum pengeringan dapat dilihat pada Tabel 10.

Tabel 10. Kadar Air Irisan Ubi Jalar Setelah Fermentasi dan Sebelum Pengeringan

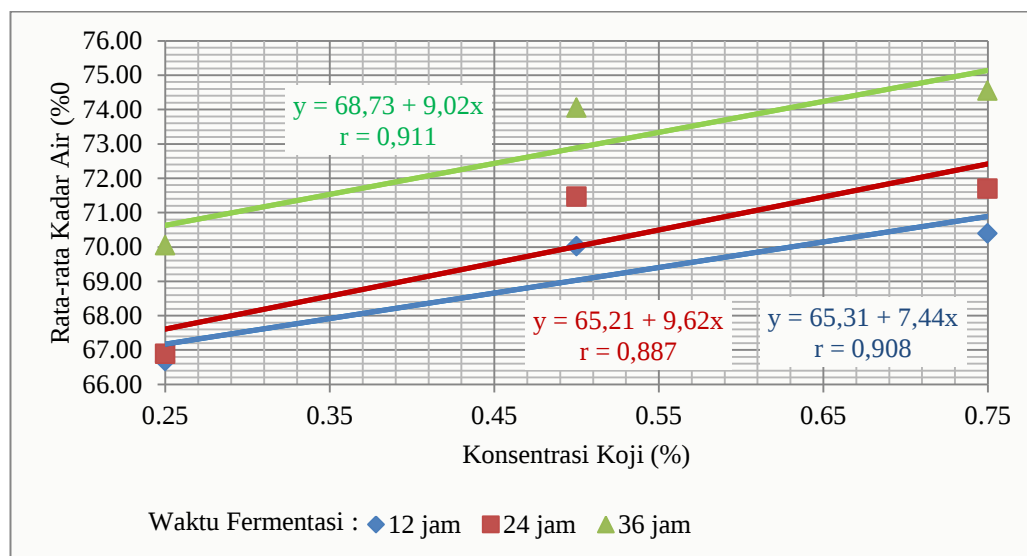
Waktu Fermentasi (Jam)	Rata-rata Kadar Air Irisan Ubi Jalar Setelah Fermentasi dan Sebelum Pengeringan		
	Konsentrasi Koji <i>Bacillus subtilis</i>		
	0,25 %	0,5%	0,75%
12	66,67	70,02	70,39
24	66,89	71,46	71,70
36	70,04	74,06	74,55
Kadar Air Ubi Jalar Sebelum Fermentasi	68,32%		

Data pada Tabel 10 menunjukkan rata-rata persentase kadar air irisan ubi jalar setelah fermentasi dan sebelum pengeringan dengan waktu fermentasi dan konsentrasi koji *Bacillus subtilis* yang berbeda memperlihatkan terjadinya peningkatan kadar air dibandingkan dengan kadar air ubi jalar sebelum fermentasi. Meningkatnya kadar air setelah fermentasi disebabkan terjadinya perombakan senyawa-senyawa organik yang terdapat di dalam ubi jalar menjadi senyawa-senyawa sederhana sebagai produk utama serta produk samping berupa H_2O , CO_2 , dan asam-asam organik.

Hasil analisis waktu fermentasi dan konsentrasi koji memperlihatkan adanya korelasi terhadap peningkatan rata-rata kadar air setelah fermentasi yang dapat dilihat pada Gambar 8 dan 9.



Gambar 8. Regresi Linear Pengaruh Waktu Fermentasi Terhadap Kadar Air Irisan Ubi Jalar Setelah Fermentasi dan Sebelum Pengeringan



Gambar 9. Regresi Linear Pengaruh Konsentrasi Koji Terhadap Kadar Air Irisan Ubi Jalar Setelah Fermentasi dan Sebelum Pengeringan

Pada Gambar 8, terlihat bahwa semakin lama waktu fermentasi menunjukkan peningkatan kadar air irisan ubi jalar pada konsentrasi koji 0,25% dan menunjukkan adanya korelasi positif. Begitu juga pada konsentrasi koji 0,5% dan 0,75%. Jika dibandingkan konsentrasi koji 0,25%, 0,5%, dan 0,75% maka konsentrasi koji 0,5% mendekati nilai korelasi sempurna atau yang paling berkorelasi diantara ketiganya.

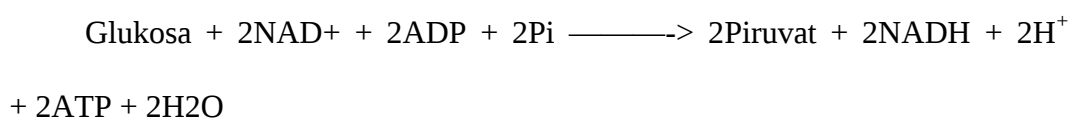
Pada Gambar 9, terlihat bahwa semakin tinggi konsentrasi koji menunjukkan peningkatan kadar air irisan ubi jalar pada waktu fermentasi 12 jam dan menunjukkan adanya korelasi positif. Begitu juga pada waktu fermentasi 24 jam dan 36 jam. Jika dibandingkan, waktu fermentasi 12 jam, 24 jam, dan 36 jam maka waktu fermentasi 36 jam mendekati nilai korelasi sempurna atau yang paling berkorelasi diantara ketiganya.

Semakin lama waktu fermentasi menyebabkan banyaknya jaringan-jaringan sel ubi jalar yang rusak dirombak oleh enzim yang dihasilkan oleh *Bacillus*

subtilis. Perombakan jaringan sel ini mengakibatkan air yang ada dalam jaringan sel keluar yang tadinya air terikat menjadi air bebas. Akibatnya irisan ubi jalar setelah fermentasi dengan waktu fermentasi yang semakin lama menyebabkan kadar airnya semakin tinggi. Peningkatan kadar air ubi jalar disebabkan terjadinya pelepasan air dalam proses perubahan sebagian gula sederhana. Menurut Fardiaz (1992), perubahan sebagian gula menjadi alkohol, asam organik disertai pelepasan air.

Semakin tinggi konsentrasi koji menyebabkan semakin banyak pula produksi enzim yang dihasilkan oleh *Bacillus subtilis* sehingga dapat merombak jaringan-jaringan sel ubi jalar. Perombakan jaringan sel ini mengakibatkan air yang ada dalam jaringan sel keluar yang tadinya air terikat menjadi air bebas. Akibatnya irisan ubi jalar setelah fermentasi dengan konsentrasi koji yang tinggi menyebabkan kadar airnya semakin tinggi. Menurut Muchtadi dan Ayustaningwarno 2010, hasil fermentasi diperoleh sebagai akibat metabolisme mikroba-mikroba pada suatu bahan pangan dalam keadaan aerob dan anaerob. Mikroba yang melakukan fermentasi membutuhkan energi yang umumnya diperoleh dari glukosa. Dalam keadaan aerob, mikroba mengubah glukosa menjadi air, CO₂ dan energi (ATP). Beberapa mikroba hanya dapat melangsungkan metabolisme dalam keadaan anaerob dan hasilnya adalah substrat yang setengah terurai. Hasil penguraiannya adalah air, CO₂, energi dan sejumlah asam organik lainnya, seperti asam laktat, asam asetat, etanol serta bahan-bahan organik yang mudah menguap.

Proses pengubahan molekul sumber energi yaitu glukosa yang mempunyai 6 atom C menjadi senyawa yang lebih sederhana merupakan proses glikolisis. Setiap pemecahan 1 molekul glukosa pada reaksi glikolisis akan menghasilkan produk berupa 2 molekul asam piruvat, 2 molekul NADH, 4 molekul ATP, dan 2 molekul air.



4.2.1.2. Kadar Air Tepung Ubi Jalar Fermentasi

Hasil analisis kadar air pada tepung ubi jalar hasil fermentasi dapat dilihat pada Tabel 11.

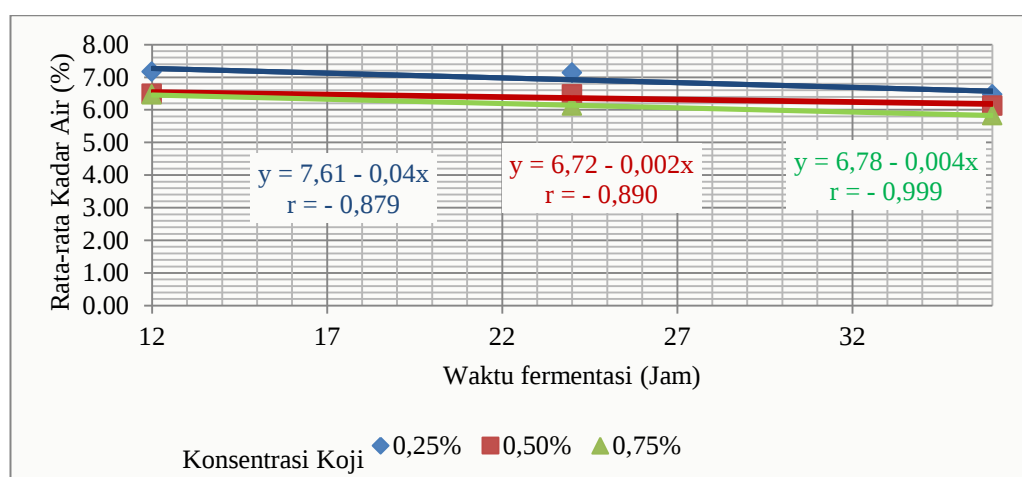
Tabel 11. Rata-rata Kadar Air Tepung Ubi Jalar Setelah Fermentasi

Waktu Fermentasi (Jam)	Rata-rata Kadar Air Tepung Ubi Jalar Putih Setelah Fermentasi		
	Konsentrasi Koji		
	0,25%	0,5%	0,75%
12	7,16	6,49	6,47
24	7,14	6,47	6,13
36	6,47	6,13	5,83
Kadar Air Tepung Ubi Jalar Tanpa Fermentasi	8,11%		

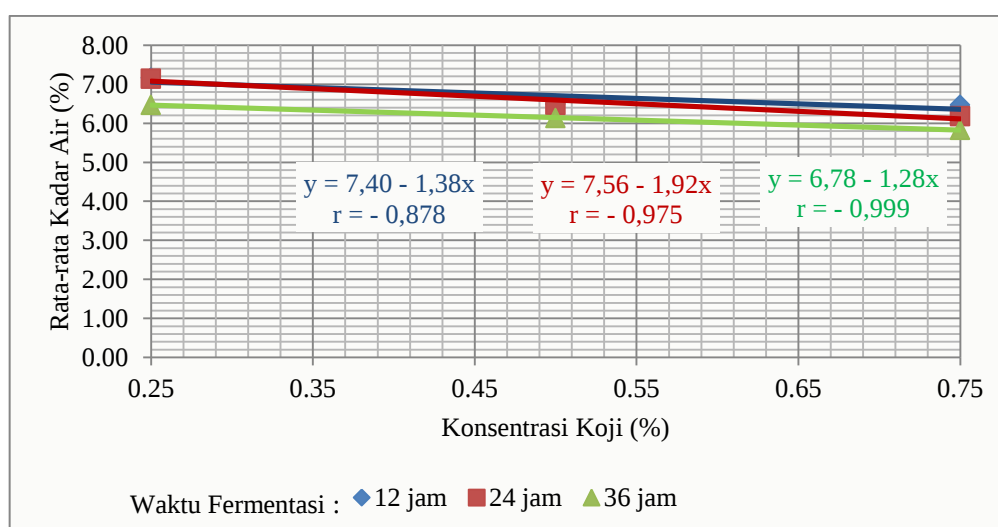
Data pada Tabel 11 menunjukkan rata-rata persentase kadar air tepung ubi jalar yang dibuat secara fermentasi memperlihatkan semakin menurun dengan semakin lama waktu fermentasi. Hal yang sama juga ditunjukkan semakin tinggi konsentrasi koji memberikan kadar tepung ubi jalar semakin menurun. Terjadinya penurunan kandungan air disebabkan air yang ada di dalam ubi jalar putih yang telah difermentasi merupakan air bebas yang terdapat di bagian permukaan bahan terletak diantara sel bahan tersebut. Air ini mudah diuapkan pada pengeringan

sehingga irisan ubi jalar yang memiliki kadar air yang paling tinggi, pada saat proses pengeringan mengakibatkan penguapan air paling banyak sehingga kadar air tepung yang dihasilkan semakin berkurang.

Hasil analisis waktu fermentasi dan konsentrasi koji memperlihatkan adanya korelasi terhadap penurunan rata-rata kadar air tepung ubi jalar yang dapat dilihat pada Gambar 10 dan 11.



Gambar 10. Regresi Linear Pengaruh Waktu Fermentasi Terhadap Kadar Air Tepung Ubi Jalar



Gambar 11. Regresi Linear Pengaruh Konsentrasi Koji Terhadap Kadar Air Tepung Ubi Jalar

Pada Gambar 10, terlihat bahwa semakin lama waktu fermentasi menunjukkan penurunan kadar air tepung ubi jalar pada konsentrasi koji 0,25% dan menunjukkan adanya korelasi negatif. Begitu juga pada konsentrasi koji 0,5% dan 0,75%. Nilai korelasi mendekati -1 yang menunjukkan adanya korelasi sempurna tidak langsung.

Pada Gambar 11, terlihat bahwa semakin tinggi konsentrasi koji menunjukkan penurunan kadar air tepung ubi jalar pada waktu fermentasi 12 jam dan menunjukkan adanya korelasi negatif. Begitu juga pada waktu fermentasi 24 jam dan 36 jam. Nilai korelasi mendekati -1 yang menunjukkan adanya korelasi sempurna tidak langsung.

Korelasi sempurna tak langsung tersebut dikarenakan kehilangan air pada tepung ubi jalar yang difermentasi merupakan hasil dari proses pengeringan yang dilakukan pada suhu 50⁰C. Tepung ubi jalar yang dihasilkan pada fermentasi selama 36 jam dengan konsentrasi 0,75% memberikan kadar air tepung ubi jalar lebih rendah dibanding perlakuan yang lainnya. Hal ini dipengaruhi oleh waktu fermentasi, semakin lama waktu fermentasi mengakibatkan komponen-komponen yang terdapat di dalam ubi jalar makin banyak yang diuraikan. Begitu juga untuk konsentrasi koji, semakin tinggi konsentrasi koji yang ditambahkan mengakibatkan semakin banyak pula produksi enzim yang dihasilkan oleh *Bacillus subtilis* sehingga semakin banyak komponen-komponen yang terdapat di dalam ubi jalar yang diuraikan selain menghasilkan produk utama juga dihasilkan produk samping yaitu berupa air. Keadaan ini mengakibatkan air yang dibebaskan hasil

dari metabolisme tersebut juga semakin banyak, sehingga pada saat dikeringkan air di dalam irisan ubi jalar banyak teruapkan.

Air yang diuapkan dalam peristiwa pengeringan adalah air bebas air. Laju penguapan air bebas sebanding dengan perbedaan tekanan uap pada permukaan air dengan tekanan uap pada udara pengering. Bila konsentrasi air permukaan cukup besar sehingga permukaan bahan tetap basah maka akan terjadi laju penguapan yang tetap (Henderson dan Pabis, 1976).

Menurut Hawa, dkk. (2009), proses penguapan air dari bahan meliputi lima tahap, yaitu (1) pelepasan ikatan air dari bahan, (2) difusi air dan uap air ke permukaan bahan, (3) perubahan fase menjadi uap air, (4) transfer uap air dari permukaan bahan ke udara sekitarnya dan (5) perpindahan uap air di udara.

4.2.1.3. Kadar Pati dan Kadar Amilosa Tepung Ubi Jalar Fermentasi

Hasil analisis kadar pati dan kadar amilosa tepung ubi jalar putih setelah fermentasi dapat dilihat pada Tabel 12 dan Tabel 13 berikut ini.

Tabel 12. Kadar Pati Tepung Ubi Jalar Setelah Fermentasi

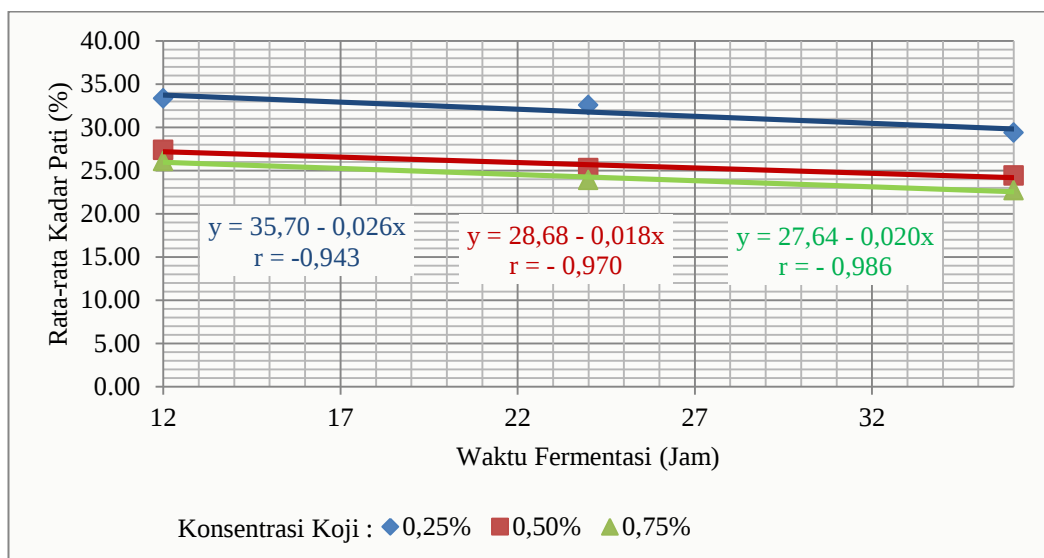
Waktu Fermentasi (Jam)	Rata-rata Kadar Pati Tepung Ubi Jalar Setelah Fermentasi		
	Konsentrasi Koji		
	0,25%	0,5%	0,75%
12	33,33	27,40	26,10
24	32,57	25,25	23,91
36	29,39	24,40	22,70

Tabel 13. Kadar Amilosa Tepung Ubi Jalar Setelah Fermentasi

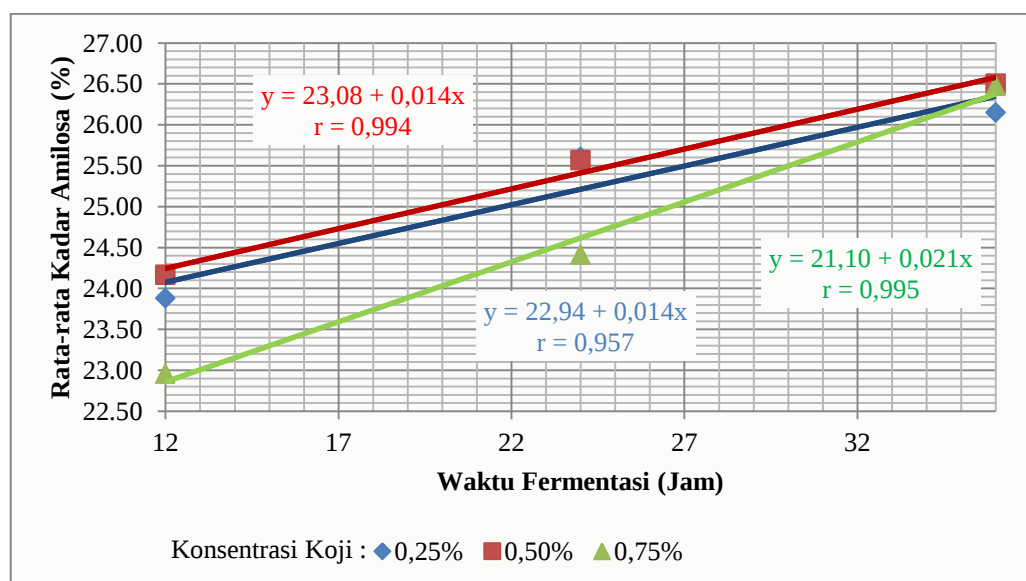
Waktu Fermentasi (Jam)	Rata-rata Kadar Amilosa Tepung Ubi Jalar Setelah Fermentasi		
	Konsentrasi Koji		
	0,25%	0,5%	0,75%
12	23,88	24,17	22,96
24	25,61	25,57	24,41
36	26,15	26,50	26,48

Data pada Tabel 12 dan Tabel 13 menunjukkan rata-rata persentase kadar pati dan kadar amilosa pada tepung ubi jalar yang telah difermentasi dengan waktu fermentasi dan penambahan koji *Bacillus subtilis* pada konsentrasi yang berbeda memperlihatkan penurunan kadar pati dan peningkatan kadar amilosa pada tepung ubi jalar yang difermentasi. Hal ini dikarenakan pati yang terkandung dalam tepung terurai menjadi senyawa sederhana selama waktu fermentasi berlangsung. Semakin banyak konsentrasi koji yang ditambahkan mengakibatkan sel dari bakteri *Bacillus subtilis* juga semakin meningkat, keadaan ini menyebabkan enzim yang dihasilkan semakin banyak untuk merombak komponen – komponen dalam ubi jalar menjadi senyawa lebih sederhana. Menurut Zubaidah, dkk. (2006), peningkatan jumlah amilosa dikarenakan akibat putusnya rantai cabang amilopektin pada ikatan α -1,6 dan secara otomatis jumlah rantai cabang amilopektin berkurang dan meningkatnya jumlah rantai lurus amilosa sebagai hasil pemutusan ikatan cabang.

Hasil analisis waktu fermentasi dan konsentrasi koji memperlihatkan adanya korelasi terhadap penurunan rata-rata kadar pati dan peningkatan kadar amilosa setelah fermentasi yang dapat dilihat pada Gambar 12 dan Gambar 13.



Gambar 12. Regresi Linear Pengaruh Waktu Fermentasi Terhadap Kadar Pati Tepung Ubi Jalar Setelah Fermentasi



Gambar 13. Regresi Linear Pengaruh Waktu Fermentasi Terhadap Kadar Amilosa Tepung Ubi Jalar Setelah Fermentasi

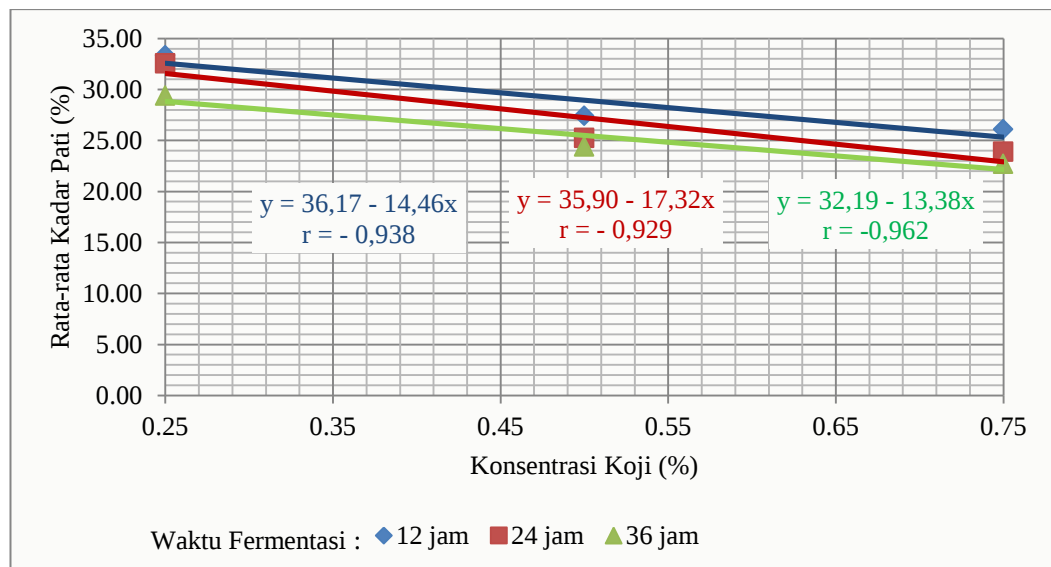
Pada Gambar 12, terlihat bahwa semakin lama waktu fermentasi menunjukkan penurunan kadar pati tepung ubi jalar pada konsentrasi koji 0,25% dan menunjukkan adanya korelasi negatif. Begitu juga pada konsentrasi koji 0,5%

dan 0,75%. Nilai korelasi mendekati -1 yang menunjukkan adanya korelasi sempurna tidak langsung.

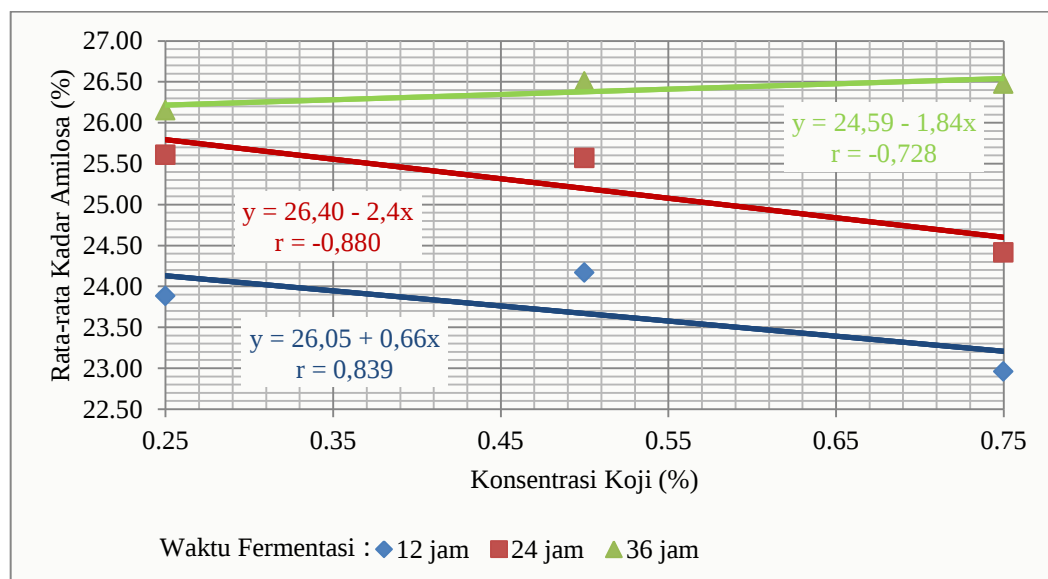
Pada Gambar 13, terlihat bahwa semakin lama waktu fermentasi menunjukkan peningkatan kadar amilosa tepung ubi jalar pada konsentrasi koji 0,25% dan menunjukkan adanya korelasi positif. Begitu juga pada konsentrasi koji 0,5% dan 0,75%. Jika dibandingkan konsentrasi koji 0,25%, 0,5%, dan 0,75% maka konsentrasi koji 0,75% mendekati nilai korelasi sempurna atau yang paling berkorelasi diantara ketiganya.

Semakin meningkat waktu fermentasi, kadar pati semakin menurun seiring dengan meningkatnya kadar amilosa karena kemampuan enzim dalam mendegradasi pati meningkat dengan semakin bertambahnya waktu fermentasi. Kenaikan kadar amilosa karena saat fermentasi enzim yang dihasilkan berperan dalam pemutusan ikatan rantai cabang amilopektin, sehingga jumlah amilosa meningkat. Menurut Zubaidah, dkk. (2006), kadar pati mengalami penurunan sejalan dengan meningkatnya waktu fermentasi, karena kemampuan mikroba amilolitik dalam pemecahan pati semakin besar seiring dengan semakin lama waktu fermentasi. Penurunan kadar pati terjadi karena hidrolisis oleh enzim amilase sehingga pati terdegradasi menjadi senyawa yang lebih sederhana, semakin lama fermentasi semakin banyak komponen-komponen yang terdapat di dalam ubi jalar putih yang diuraikan.

Hasil analisis konsentrasi koji *Bacillus subtilis* yang berbeda dengan waktu fermentasi yang sama terhadap perubahan kadar pati dan kadar amilosa tepung ubi jalar putih setelah fermentasi dapat dilihat pada Gambar 14 dan Gambar 15.



Gambar 14. Regresi Linear Pengaruh Konsentrasi Koji Terhadap Kadar Pati Tepung Ubi Jalar Setelah Fermentasi



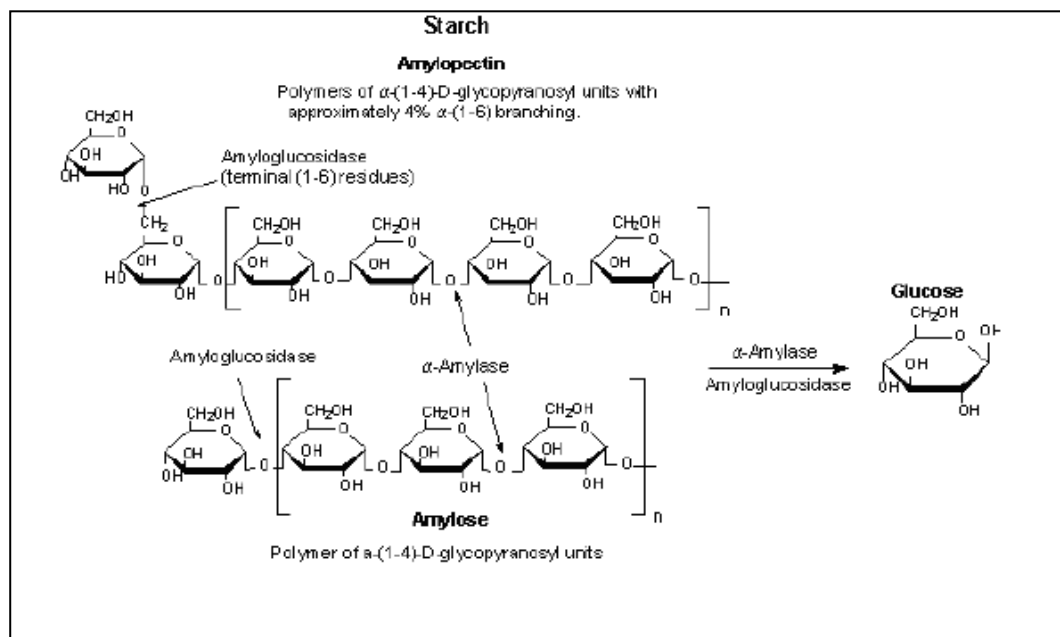
Gambar 15. Regresi Linear Pengaruh Konsentrasi Koji Terhadap Kadar Amilosa Tepung Ubi Jalar Setelah Fermentasi

Pada Gambar 14, terlihat bahwa semakin tinggi konsentrasi koji menunjukkan penurunan kadar pati tepung ubi jalar pada waktu fermentasi 12 jam

dan menunjukkan adanya korelasi negatif. Nilai korelasi mendekati -1 yang menunjukkan adanya korelasi sempurna tidak langsung.

Pada Gambar 15, terlihat bahwa semakin tinggi konsentrasi koji menunjukkan peningkatan kadar amilosa tepung ubi jalar pada waktu fermentasi 12 jam dan menunjukkan adanya korelasi positif. Tetapi pada waktu fermentasi 24 jam dan 36 jam menunjukkan adanya korelasi negatif.

Semakin tinggi konsentrasi koji, semakin banyak enzim yang dihasilkan oleh mikroba yang dapat merombak pati pada ubi jalar menjadi senyawa-senyawa sederhana sebagai energi untuk aktivitas dan pertumbuhannya. Menurut Syuhada (2010), secara kimiawi perubahan bahan selama fermentasi disebabkan oleh enzim yang dihasilkan oleh mikroba. Amilase merupakan enzim yang berfungsi memecah pati. Menurut Ramos *et al.* (2000), bakteri asam laktat dapat menghasilkan enzim ekstraseluler untuk menghidrolisis pati menjadi dekstrin dan gula sederhana yang selanjutnya dimanfaatkan untuk menghasilkan asam laktat, CO₂ dan etanol. Aktivitas enzim amilolitik tersebut menyebabkan granula pati menjadi berlubang-lubang karena terlebih dahulu menyerang bagian yang *amorf* (amilopektin) sehingga nisbah antara amilosa dan amilopektin meningkat dengan menurunnya proporsi amilopektin (Whistler 1984 *dalam* Rosida dan Nurasih 2008).



Gambar 16. Proses Pemecahan Pati

4.2.1.4. Persamaan-persamaan Korelasi Konsentrasi Koji *Bacillus subtilis* yang Berbeda dan Waktu Fermentasi yang Berbeda Terhadap Respon yang Diukur

1. Kadar Air Irisan Ubi Jalar

- a. Persamaan korelasi waktu fermentasi terhadap kadar air irisan ubi jalar pada konsentrasi koji 0,25% : $y = 64,50 + 0,02 x$, $r = 0,894$.
- b. Persamaan korelasi waktu fermentasi terhadap kadar air irisan ubi jalar pada konsentrasi koji 0,5%: $y = 67,81 + 0,024 x$, $r = 0,987$.
- c. Persamaan korelasi waktu fermentasi terhadap kadar air irisan ubi jalar pada konsentrasi koji 0,75% : $y = 68,05 + 0,025 x$, $r = 0,978$.
- d. Persamaan korelasi konsentrasi koji terhadap kadar air irisan ubi jalar pada waktu fermentasi 12 jam : $y = 65,31 + 7,44 x$, $r = 0,908$.
- e. Persamaan korelasi konsentrasi koji terhadap kadar air irisan ubi jalar pada waktu fermentasi 24 jam : $y = 65,21 + 9,62 x$, $r = 0,887$.

- f. Persamaan korelasi konsentrasi koji terhadap kadar air irisan ubi jalar pada waktu fermentasi 36 jam : $y = 68,73 + 9,02 x$, $r = 0,911$.

2. Kadar Air Tepung Ubi Jalar

- a. Persamaan korelasi waktu fermentasi terhadap kadar air tepung ubi jalar pada konsentrasi koji 0,25% : $y = 7,61 - 0,004 x$, $r = - 0,879$.
- b. Persamaan korelasi waktu fermentasi terhadap kadar air tepung ubi jalar pada konsentrasi koji 0,5% : $y = 6,72 - 0,002 x$, $r = - 0,890$.
- c. Persamaan korelasi waktu fermentasi terhadap kadar air tepung ubi jalar pada konsentrasi koji 0,75% : $y = 6,78 - 0,04 x$, $r = - 0,999$.
- d. Persamaan korelasi konsentrasi koji terhadap kadar air tepung ubi jalar pada waktu fermentasi 12 jam : $y = 7,40 - 1,38 x$, $r = - 0,878$.
- e. Persamaan korelasi konsentrasi koji terhadap kadar air tepung ubi jalar pada waktu fermentasi 24 jam : $y = 7,56 - 1,92 x$, $r = - 0,975$.
- f. Persamaan korelasi konsentrasi koji terhadap kadar air tepung ubi jalar pada waktu fermentasi 36 jam : $y = 6,78 - 1,28 x$, $r = - 0,999$.

3. Kadar Pati Tepung Ubi Jalar

- a. Persamaan korelasi waktu fermentasi terhadap kadar pati tepung ubi jalar pada konsentrasi koji 0,25% : $y = 35,70 - 0,026 x$, $r = - 0,943$.
- b. Persamaan korelasi waktu fermentasi terhadap kadar pati tepung ubi jalar pada konsentrasi koji 0,5% : $y = 28,68 - 0,018 x$, $r = - 0,970$.
- c. Persamaan korelasi waktu fermentasi terhadap kadar pati tepung ubi jalar pada konsentrasi koji 0,75% : $y = 27,64 - 0,020 x$, $r = - 0,986$.

- d. Persamaan korelasi konsentrasi koji terhadap kadar pati pada waktu fermentasi 12 jam : $y = 36,17 - 14,46 x$, $r = - 0,938$.
 - e. Persamaan korelasi konsentrasi koji terhadap kadar pati pada waktu fermentasi 24 jam : $y = 35,90 - 17,32 x$, $r = - 0,929$.
 - f. Persamaan korelasi konsentrasi koji terhadap kadar pati pada waktu fermentasi 36 jam : $y = 32,19 - 13,38 x$, $r = - 0,962$.
4. Kadar Amilosa Tepung Ubi Jalar
- a. Persamaan korelasi waktu fermentasi terhadap kadar amilosa pada konsentrasi koji 0,25% : $y = 22,94 + 0,014 x$, $r = 0,957$.
 - b. Persamaan korelasi waktu fermentasi terhadap kadar amilosa pada konsentrasi koji 0,5% : $y = 23,08 + 0,014 x$, $r = 0,994$.
 - c. Persamaan korelasi waktu fermentasi terhadap kadar amilosa pada konsentrasi koji 0,75% : $y = 21,10 + 0,021 x$, $r = 0,995$.
 - d. Persamaan korelasi konsentrasi koji terhadap kadar amilosa pada waktu fermentasi 12 jam : $y = 24,59 - 1,84 x$, $r = - 0,728$.
 - e. Persamaan korelasi konsentrasi koji terhadap kadar amilosa pada waktu fermentasi 24 jam : $y = 26,40 - 2,4 x$, $r = - 0,880$.
 - f. Persamaan korelasi konsentrasi koji terhadap kadar amilosa pada waktu fermentasi 36 jam : $y = 26,05 + 0,66 x$, $r = 0,939$.

4.2.2. Respon Fisiko-Kimia Penelitian Utama

4.2.2.1. Sifat Amilografi Tepung Ubi Jalar Fermentasi

Sifat amilografi tepung ubi jalar yang difermentasi (perilaku sebelum, saat dan sesudah gelatinisasi) berbeda dengan tepung ubi jalar tanpa fermentasi yang dapat dilihat pada Tabel 14.

Tabel 14. Hasil Analisis Amilografi Tepung Ubi Jalar Fermentasi

Kode Sampel	Awal Gelatinisasi		Granular Pati Pecah			Viskositas	
	Waktu (menit)	Suhu (°C)	Waktu (menit)	Suhu (°C)	Viskositas (cp)	50 °C (cp)	Balik Cp
a ₁ b ₁	15	73.2	-	-	-	725.0	725.0
a ₁ b ₂	14	71.3	22	93.3	3412.5	4050.0	637.5
a ₁ b ₃	12	72.0	18	92.3	3012.5	5275.0	2262.5
a ₂ b ₁	13	75.4	-	-	-	987.5	987.5
a ₂ b ₂	12	71.8	18	92.2	3612.5	4375.0	762.5
a ₂ b ₃	13	74.5	18	91.7	4725.0	5800.0	1075.0
a ₃ b ₁	13	73.5	-	-	-	650.0	650.0
a ₃ b ₂	13	74.2	24	94.1	2000.0	2937.5	937.5
a ₃ b ₃	12	73.5	18	93.4	3600.0	4075.0	475.0
Tanpa Fermentasi	22	94	22	94	75	100	40

Berdasarkan Tabel 14 di atas, suhu gelatinisasi awal tepung ubi jalar fermentasi dan saat granula pecah relatif lebih rendah dibandingkan dengan tepung ubi jalar tanpa fermentasi, demikian pula waktu gelatinisasinya lebih pendek. Hal yang sama juga diamati oleh Marcon *et al.*, (2009) pada pati ubikayu asam. Perubahan struktur pati dari α -1,6 menjadi α -1,4 akibat hidrolisis parsial saat fermentasi menyebabkan granula pati menjadi lebih mudah menyerap air, mengembang dan pecah saat dipanaskan sehingga tidak memerlukan panas atau energi yang sama dengan tepung tanpa modifikasi untuk mengalami gelatinisasi.

Viskositas puncak tepung ubi jalar setelah fermentasi (saat granula pecah) lebih tinggi dibanding dengan tepung ubi jalar tanpa fermentasi, menunjukkan kemudahannya mengembang saat dipanaskan. Duryatmo (2009) juga melaporkan bahwa viskositas mocaf pada suhu 95°C dengan konsentrasi 2% (75 cps) lebih tinggi daripada tepung ubi kayu dari bahan gaplek (45 cps). Viskositas yang lebih tinggi menyebabkan tepung menjadi lebih lengket bila diberi air dan lebih mudah mengembang bila dipanaskan. Viskositas dingin tepung ubi jalar fermentasi dengan kode sampel a_1b_3 , a_2b_3 , dan a_3b_2 menunjukkan kemampuan retrogradasi pati pada suhu 50°C yang lebih tinggi dibanding sampel lain. Hal ini mengindikasikan bahwa produk yang terbentuk dari tepung ubi jalar setelah fermentasi memiliki tekstur lebih lunak atau empuk pada kondisi dingin (Misgiyarta *et al.*, 2009).

4.3. Tepung yang Terpilih Setelah Fermentasi

4.3.1. Kadar Protein Tepung Ubi Jalar Fermentasi Terpilih

Sampel tepung ubi jalar fermentasi yang terbaik dipilih berdasarkan dari sifat amilografi yang telah dijelaskan sebelumnya yaitu sampel a_1b_3 , a_2b_3 , dan a_3b_2 untuk diaplikasikan dalam pembuatan biskuit. Sebelumnya ketiga sampel tepung ubi jalar fermentasi tersebut dianalisis kadar protein dan hasilnya dapat dilihat pada Tabel 15 sebagai berikut:

Tabel 15. Hasil Analisis Kadar Protein Tepung Ubi Jalar Fermentasi Terpilih

Kode Sampel	Kadar Protein (%)
a_1b_3	7,88
a_2b_3	8,46
a_3b_2	8,52

Data pada Tabel 15 menunjukkan rata-rata persentase kadar protein pada tepung ubi jalar hasil fermentasi yang terpilih memperlihatkan peningkatan kadar protein dengan penambahan konsentrasi koji yang semakin tinggi. Hal ini disebabkan semakin tinggi konsentrasi koji maka aktivitas enzim proteolitik dari *Bacillus subtilis* semakin meningkat untuk menguraikan protein menjadi asam amino, sehingga nitrogen terlarutnya akan mengalami peningkatan (Medikasari, 2009).

Proses fermentasi dengan teknologi yang sesuai dapat menghasilkan produk protein. Protein mikroba ini kemudian dikenal dengan sebutan *Single Cell Protein* (SCP) atau Protein Sel Tunggal. Menurut Tannembaum (1971), protein sel tunggal adalah istilah yang digunakan untuk protein kasar atau murni yang berasal dari mikroorganisme, seperti bakteri, khamir, kapang, ganggang, dan protozoa.

Proses fermentasi dapat meningkatkan kandungan energi dan protein, menurunkan kadar sianida dan kandungan serat kasar, serta meningkatkan daya cerna bahan makanan berkualitas rendah. Mikroba yang digunakan dalam proses fermentasi dapat menghasilkan enzim yang akan mendegradasi senyawa-senyawa kompleks menjadi senyawa sederhana dan mensintesis protein yang merupakan pengkayaan protein bahan (Darmawan, 2006).

4.4. Biskuit Hasil Tepung Ubi Jalar Fermentasi Terpilih

4.4.1. Hasil Organoleptik Biskuit Tepung Ubi Jalar Fermentasi

Uji perbedaan dengan uji ranking bertujuan untuk mengurutkan nilai aroma, rasa, dan tekstur berdasarkan perbedaan kemudian memilih sampel

terbaik pada biskuit tepung ubi jalar fermentasi. Uji ini dilakukan oleh 20 panelis, dalam uji ranking ini panelis diminta membuat urutan pada masing – masing sampel biskuit tepung ubi jalar fermentasi terhadap aroma, rasa, dan tekstur. Hasil penelitian uji ranking terhadap biskuit tepung ubi jalar fermentasi dapat dilihat pada Tabel 16.

Tabel 16. Hasil Uji Ranking Biskuit Tepung Ubi Jalar Fermentasi

Respon	Jumlah Nilai Rata-rata Biskuit		
	a_1b_3	a_2b_3	a_3b_2
Aroma	35	39,3	45,7
Rasa	43,7	38,3	37,3
Tekstur	39,7	45	35,3

Berdasarkan Tabel 16, uji ranking untuk jumlah sampel 3 dan jumlah panelis 20 pada taraf 5 % didapat kisaran nilai 32 - 48 dapat diketahui bahwa sampel biskuit tepung ubi jalar fermentasi dengan perlakuan a_1b_3 , a_2b_3 , dan a_3b_2 memiliki aroma, rasa, dan tekstur yang baik.

Jumlah nilai rata-rata terendah terhadap rasa dan tekstur biskuit tepung ubi jalar fermentasi adalah perlakuan a_3b_2 yang menunjukkan bahwa sampel a_3b_2 disukai oleh panelis. Hal ini diduga karena tepung ubi jalar fermentasi dengan sampel a_3b_2 mengandung protein yang memiliki gugus amino yang tinggi, sehingga dapat menyebabkan terjadinya reaksi *Maillard* menghasilkan senyawa volatil khas produk panggang. Menurut Winarno (1997), reaksi *Maillard* melalui degradasi *Strecker* akan menghasilkan senyawa aroma yang enak akibat terbentuknya senyawa furfural dan maltol. *Flavor* merupakan hasil interaksi antara aroma, rasa dan *mouthfeel*, sedangkan *mouthfeel* itu sendiri sangat dipengaruhi oleh tekstur.

Rasa merupakan faktor yang paling penting dalam keputusan terakhir konsumen untuk menerima atau menolak suatu makanan. Walaupun warna, aroma, dan tekstur baik, namun jika rasanya tidak enak maka konsumen akan menolak makanan tersebut (Soekarto, 1985).

4.4.2. Hasil Analisis Kimia Biskuit Tepung Ubi Jalar Fermentasi Terpilih

Berdasarkan hasil organoleptik terhadap aroma, rasa, dan tekstur tepung ubi jalar fermentasi maka yang paling disukai konsumen yaitu sampel a3b2 sehingga dilakukan analisis kimia. Hasil analisis biskuit tepung ubi jalar fermentasi terpilih dapat dilihat pada Tabel 17.

Tabel 17. Hasil Analisis Biskuit Tepung Ubi Jalar Fermentasi Terpilih

Respon Analisis	Biskuit Tepung Ubi Jalar Fermentasi
Kadar Air (%)	2,79
Kadar Protein (%)	9,17
Kadar Pati (%)	19,11

Kadar air biskuit berkisar antara 2,58-2,97%, lebih rendah dari bahan-bahan penyusunnya karena air yang terdapat pada biskuit merupakan sisa air yang menguap dari adonan setelah proses pemanggangan. Komponen air dari adonan berasal dari kuning telur, tepung ubi jalar, sususkim, dan air yang ditambahkan. Pada proses pemanggangan, terjadi penyerapan air oleh pati yang terkandung dalam tepung ubi jalar sehingga menyebabkan pengembangan granula pati. Pengembangan granula pati ini disebabkan karena molekul-molekul air berpenetrasi masuk ke dalam granula dan terperangkap pada susunan molekul-molekul amilosa dan amilopektin (Muchtadi dkk., 1988). Granula-granula pati

tersebut jika terus dipanaskan di atas suhu gelatinisasinya akan pecah sehingga molekul-molekul air yang terdapat di sekitar granula-granula pati yang pecah tersebut akan menguap yang menyebabkan biskuit setelah proses pemanggangan memiliki kadar air yang lebih rendah.

Kandungan air dalam bahan makanan ikut menentukan *acceptability*, kesegaran, dan daya tahan bahan pangan tersebut (Winarno, 2002). Air merupakan komponen penting dalam suatu bahan pangan karena air dapat memengaruhi penampakan, tekstur, dan cita rasa makanan, bahkan dalam bahan pangan yang kering sekalipun. Bahan makanan dengan kadar air yang rendah seperti biskuit ini memiliki sifat mudah menyerap air (higroskopis) sehingga perlu dikemas dengan baik untuk dapat mempertahankan keawetannya. Secara keseluruhan besarnya kandungan air pada biskuit memenuhi persyaratan yang ditetapkan oleh Standar Nasional Indonesia yaitu kurang dari 5%.

Kadar protein tepung ubi jalar fermentasi terpilih untuk pembuatan biskuit yaitu 8,52% menjadi lebih tinggi setelah dibuat biskuit karena protein yang ada pada biskuit dapat berasal juga dari kuning telur yang mengandung 16,3% protein (Departemen Pertanian, 2005). Komponen protein dalam kuning telur yaitu lipovitelin, lipovitelinin, fosvitin, dan livetin yang berperan sebagai pengemulsi yang baik. Berdasarkan Direktorat Gizi Departemen Kesehatan RI (1992), susu skim sebenarnya dapat ditingkatkan untuk meningkatkan kadar protein karena kandungan proteinnya yang tinggi yaitu 35,6%. Kadar protein biskuit yang dihasilkan berada pada kisaran 9,17% sehingga memenuhi Standar Nasional Indonesia yaitu minimal 9,00%.

Kadar pati pada biskuit mengalami penurunan dari bahan utamanya yaitu tepung ubi jalar putih yang difermentasi. Hal ini karena adanya proses pemanggangan pada pembuatan biskuit. Selama proses pemanggangan terjadi perpindahan panas dari media pemanas ke bahan yang dipanaskan akan mengakibatkan terjadinya penguraian pati yang terdapat pada biskuit karena suhu pemanggangan yang tinggi yaitu 170°C .