IV HASIL DAN PEMBAHASAN

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

4.1. Penelitian Pendahuluan

Penelitian pendahuluan bertujuan untuk menentukan konsentrasi tepung ubi jalar yang dipilih untuk substrat yang akan digunakan pada penelitian utama. Penelitian pendahuluan yang dikerjakan meliputi pengembangbiakan *Bacillus subtilis,* pembuatan tepung ubi jalar tanpa fermentasi, analisis tepung ubi jalar tanpa fermentasi, pembuatan koji *Bacillus subtilis* tanpa penambahan tepung ubi jalar, pembuatan koji *Bacillus subtilis* yang ditambahkan tepung ubi jalar dengan konsentrasi yang berbeda, dan penentuan jumlah sel hidup koji *Bacillus subtilis.*

4.1.1. Pengembangbiakan *Bacillus subtilis*

Pengembangbiakan *Bacillus subtilis* dimulai dengan cara memindahkan biakan murni *Bacillus subtilis* ke dalam media agar miring (NA), kemudian dilakukan proses inkubasi selama 2 – 3 hari pada suhu 25 – 35^0C, pengamatan bakteri *Bacillus subtilis* dapat dilakukan secara visual, karena pertumbuhannya masih terlihat oleh pandangan mata yaitu muncul guratan putih diatas permukaan agar miring.

Bacillus subtilis memerlukan kondisi optimum untuk tumbuh. Berikut adalah kondisi fisika kimia air optimum bagi bakteri ini (Graumann, 2007) :

1. DO : bakteri ini adalah jenis aerob obligat, makin tinggi DO maka makin baik untuk pertumbuhan optimalnya. Minimal ialah pada kisaran 2 mg/L
2. Suhu : suhu optimal untuk tumbuh bagi *B. subtilis* adalah antara 25 – 35^0C
3. pH : pH optimal antara 7 – 8.

Bacillus subtilis merupakan bakteri gram positif yang berbentuk batang dan secara alami dapat ditemukan di tanah dan vegetasi. Bakteri inihidup di berbagai mesophilic, ia juga telah berevolusi sehingga dapat hidupwalaupun dibawah kondisi keras dan lebih cepat mendapatkan perlindunganterhadap stres situasi lingkungan. Keuntungan dari bakteri ini adalah mampumensekresikan antibiotik dalam jumlah besar ke luar sel (Salle, 1961).

4.1.2. Pembuatan Tepung Ubi Jalar Varietas Sukuh Tanpa Fermentasi

Ubi jalar yang digunakan pada penelitian ini adalah varietas sukuh. Ubi jalar varietas sukuh berdaging putih hingga ke kuning-kuningan memiliki warna kulit krem. Penampakan ubi jalar varietas sukuh dapat dilihat pada Gambar 8.

Gambar 8. Ubi Jalar Varietas Sukuh

Ubi jalar varietas sukuh merupakan ubi jalar yang paling disarankan sebagai bahan baku pembuatan tepung, dilihat dari cirri-ciri fisik yaitu warna

daging yang berwarna putih hingga ke kuning-kuningan itu menunjukkan bahwa ubi jalar ini mengandung kadar pati yang lebih baik dan warna tepung lebih menyerupai terigu (Rosmarkam dan Yuwono, 2002). Ubi jalar varietas sukuh juga memiliki kadar pati yang tinggi dibandingkan dengan varietas ubi jalar lainnya hal ini dibuktikan dari penelitian-penelitian sebelumnya, salah satunya ialah dalam penelitian (Ginting, 2005) yang berjudul "*Karakteristik Pati Beberapa Varietas Ubi Jalar"*. Pati merupakan komponen bahan yang sangat penting dalam diversifikasi ubi jalar menjadi tepung karena akan menjadi penentu sifat dan karakteristik produk pangan yang akan dihasilkan.

Tepung ubi jalar merupakan hancuran ubi jalar yang dihilangkan sebagian kadar airnya sekitar 7 % (Sarwono, 2005). Cara pembuatan tepung ubi jalar tanpa fermentasi yang dilakukan pada penelitian ini sama seperti pembuatan tepung substitusi berbahan baku umbi-umbian pada umumnya yaitu dibuat dengan menggunakan peralatan yang sederhana. Cara pembuatan tepung ubi jalar secara garis besar adalah sebagai berikut : sortasi umbi yaitu bagian yang busuk dan terkena serangan hama boleng dibuang, dicuci, dikupas, diiris tipis atau disawut secara manual atau menggunakan alat, dijemur/dikeringkan menggunakan alat pengering pada suhu 80ºC hingga kering (kadar air sekitar 7%), kemudian digiling dan diayak menggunakan ayakan berpori-pori 80 mesh dan dikemas dengan kantong plastik atau disimpan dalam toples/kaleng yang ditutup rapat. Untuk menghasilkan tepung ubi jalar yang baik, sawut/irisan umbi direndam terlebih dahulu didalam larutan Na metabisulfit sebelum dijemur/dikeringkan. Penyimpanan tepung ubi jalar dapat dilakukan hingga ±6 bulan. Rendemen tepung

ubi jalar sebesar 20-30% tergantung dari varietas ubi jalarnya (Antarlina dan J.S. Utomo, 1999).

1.1.1. Analisis Kimia Tepung Ubi Jalar Varietas Sukuh Tanpa Fermentasi

Hasil analisis kimia tepung ubi jalar varietas sukuh tanpa fermentasi dapat dilihat pada Tabel 14.

Tabel 14. Hasil Analisis Kimia Tepung Ubi Jalar Varietas Sukuh Tanpa Fermentasi

Respon Kimia	Tepung Ubi Jalar Varietas Sukuh
Kadar Air (%)	10,4426
Kadar Pati (%)	45,3001
Kadar Protein (%)	2,0845
Kadar Amilosa (%)	20.2700
Pasting properties (Amilograf) (cP)	100
Gel Konsistensi (mm)	55.5

Data pada Tabel 15. menunjukkan bahwa kadar air yang dimiliki oleh tepung ubi jalar tanpa fermentasi masih sangat relatif tinggi jika dibandingkan dengan beberapa hasil penelitian di Indonesia, tingkat kadar air tepung ubi jalar yang diperoleh ialah 10,44%, dengan kisaran 6,77 – 10,99%. Kendati demikian produk dalam bentuk tepung memang dianjurkan agar memiliki tingkat kadar air yang rendah karena produk ini sangat riskan terhadap pertumbuhan jamur selama proses penyimpanan. Selain mempengaruhi terjadinya perubahan kimia, kandungan air dalam bahan pangan juga ikut menentukan kandungan mikroba pada produk pangan tersebut.

Beberapa hasil penelitian di Indoonesia menunjukkan bahwa tepung ubi jalar yang dihasilkan memiliki kadar protein rata-rata mencapai 3,18% (dengan kisaran antara 2,11 – 4,46%), sementara pada Tabel 15. Kadar protein yang

didapatkan hanya 2,08% yang artinya tidak masuk kedalam rentang rata-rata kadar protein ubi jalar di Indonesia. Hal ini dapat disebabkan oleh kesalahan pada proses pengupasan. Menurut Woolfe (1992), kandungan protein tertinggi pada ubi jalar terletak pada lapisan terluar daging umbi, yang berdekatan dengan kulit luar. Adanya proses pengupasan yang berlebihan menyebabkan bagian daging ubi jalar yang kaya protein menjadi ikut terbuang.

Menurut Artalina (1993), kadar pati untuk memenuhi syarat mutu tepung ubi jalar adalah minimal 55% sedangkan kadar pati yang didapatkan dari hasil penelitian ini ialah 45,30% sehingga kadar pati yang terkandung masih dibawah standar mutu. Hal ini dapat disebabkan oleh kadar air yang tinggi serta proses prngolahan ubi jalar yang kurang tepat terutama bagian-bagian ubi jalar yang kontak dengan air. Sebab sifat dari komponen pati yaitu amilopektin adalah larut dalam air sehingga pada proses pembuatan tepung ada proses pencucian dan perendaman (untuk menghindari pencoklatan) jika terjadi dengan waktu yang cukup lama akan mengakibatkan banyak amilopektin/pati yang larut dan ikut terbuang dalam proses tersebut.

Selain dari hal diatas banyak juga faktor yang mengakibatkan kandungan kimia penyusun ubi jalar ini berbeda-beda walaupun dengan varietas yang sama. Faktor geografis dan nutrisi yang terkandung dalam tanahpun tidak kalah pentingnya dalam menentukan komposisi kimia dari suatu hasil bumi. Menurut Rosmarkam dan Yuwono (2002), Perbedaan karakteristik kimia ubi jalar dipengaruhi oleh unsur-unsur kimia mikro dan makro dalam tanah. Unsur-unsur kimia yang terdapat didalam tanah yang dibutuhkan tanaman diantaranya N, P, K,

Ca, S, dan Mg. Senyawa Nitrogen yang terdapat didalam tanah berfungsu untuk pembentukan klorofil dan protein bagi tanaman. Kalium berfungsi sebagai aktifator enzim dalam proses fotosintesis dan respirasi, translokasi karbohidrat, sintesis protein dan pati. Bila tanah kekurangan kalium akan mengakibatkan pertumbuhan tanaman kurang baik, banyak proses metabolism didalam sel tanaman yang berjalan tidak baik sehingga terjadi kurang (akumulasi) karbohidrat, menurunnya kadar pati, dan akumulasi senyawa nitrogen dalam tanaman.

Menurut Edmon *and* Ammerman (1971) dalam Antarlina (1991), selain unsur-unsur hara mikro dan makro yang terdapat dalam tanah 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 menururn. Hal tersebut sesuai dengan fase pertumbuhan ubi jalar yang pada saat awal pertumbuhan terjadi pemanjangan dan pertumbuhan cabang-cabang baru. Semakin banyak percabangan, permukaan daun makin luas, sehingga penyerapan sinar matahari semakin tinggi. Akibatnya diperoleh hasil fotosintesa (berupa pati) yang cukup banyak. Namun, semakin tua umur tanam, 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. Sehingga berbedanya komposisi kimia ubi jalar maka dengan

sendirinya komposisi tepung ubi jalar yang dihasilkan juga akan berbeda satu dengan yang lainnya.

1.1.2. Analisis Fisikokimia Tepung Ubi Jalar Varietas Sukuh Tanpa Fermentasi

Sifat fisikokimia suatu bahan yang dalam hal ini adalah tepung ubi jalar ialah berdasarkan dari perubahan viskositas pati pada proses pemanasan dengan menggunakan *Braender Amylograph* atau *Viscometer Brookfield.* Hasil analisis sifat amilografi tepung ubi jalar. Kandungan amilosa maupun sifat amilografi merupakan parameter menentukan mutu, sifat dan karakteristik berbagai tipe tepung dan dapat dihubungkan dengan mutu produk akhir (kue, rerotian maupun gula sakarida turunannya) (Setyawan, 2006).

1.1.3. Pembuatan koji *Bacillus subtilis*

1.1.4. Penentuan Jumlah Konsentrasi Penambahan Tepung Ubi Jalar Terpilih ke dalam Koji *Bacillus subtilis*

Penentuan jumlah konsentrasi penambahan tepung ubi jalar terpilih ke dalam koji *Bacillus subtilis* dilakukan dengan cara menghitung sel hidup bakteri *Bacillus subtilis* pada koji. Koji dengan jumlah sel hidup terbanyak digunakan untuk fermentasi pada penelitian utama. Hasil perhitungan sel hidup koji *Bacillus subtilis* dengan penambahan tepung ubi jalar yang berbeda dapat dilihat pada Tabel 15.

Tabel 15. Hasil Penentuan Sel Hidup Koji *Bacillus subtilis* dengan Penambahan Konsentrasi Tepung Ubi Jalar yang Berbeda

No.	Konsentrasi Tepung Ubi Jalar (%)	∑ Sel Hidup/mL
1	0	8083333
2	0,1	30833333
3	0,2	36333333
4	0,3	22750000
5	0,4	28750000
6	0,5	41833333
7	0,6	47083333
8	0,7	16833333
9	0,8	18916667
10	0,9	19166667
11	1	30166667
12	1,1	5583333
13	1,2	8000000
14	1,3	6416667
15	1,4	5250000
16	1,5	4000000

Berdasarkan data pada Tabel 16. Jumlah sel hidup yang paling banyak adalah koji yang dibuat dengan penambahan tepung ubi jalar dengan konsentrasi 0,6% yaitu sebanyak 47083333 sel/mL. Penambahan tepung ubi jalar yang meningkat mengakibatkan semakin banyak juga gula-gula sederhana (monosakarida) sehingga semakin banyak nutrisi yang tersedia didalam medium. Hal ini yang memberikan pengaruh pada pertumbuhan *Bacillus subtilis.* Namun apabila nutrisi dalam media terlampau terlalu banyak maka akan mengakibatkan *Bacillus subtilis* keracunan sebab dengan nutrisi yang berlebih akan mengakibatkan pH media akan menjadi tidak stabil sehingga dapat membuat mikroorganisme dehidrasi karena sifat dari gula ialah higroskopis sehingga dapat menyebabkan mikroorganisme degidrasi serta mempercepat fase kematian.

Ubi jalar merupakan sumber energy dalam bentuk gula dan karbohidrat. Karbohidrat pada ubi jalar terdiri dari gula sebesar 13,2% sedangkan komposisi gula pada ubi jalar terdiri dari maltose 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 subtilis* menjadi bentuk gula-gula sederhana seperti glukosa. Glukosa digunakan sebagai sumber energidan karbon yang digunakan untuk membentuk material penyusun sel baru (Daniya, 2010).

1.1.5. Rekapitulasi Haasil Penelitian Pendahuluan

1. Pembuatan Tepung Ubi Jalar Varietas Sukuh Tanpa Fermentasi
2. Analisis Kimia Tepung Ubi Jalar Varietas Sukuh Tanpa Fermentasi
3. Analisis Fisikokimia Tepung Ubi Jalar Varietas Sukuh Tanpa Fermentasi
4. Penentuan Jumlah Konsentrasi Penambahan Tepung Ubi Jalar Terpilih ke dalam Koji *Bacillus subtilis*.

Berdasarkan hasil tersebut maka dalam penelitian pendahuluan dipilih ubi jalar varietas sukuh dan konsentrasi 0,6% penambahan tepung ubi jalar pada pembuatan koji *Bacillus subtilis.*

1.2. Hasil Penelitian Utama

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

4.2.1. Respon Kimia Penelitian Utama

4.2.1.1. Kadar Air Tepung Ubi Jalar Setelah Fermentasi

Hasil analisis kadar air tepung ubi jalar setelah difermentasi dapat dilihat pada Tabel 16.

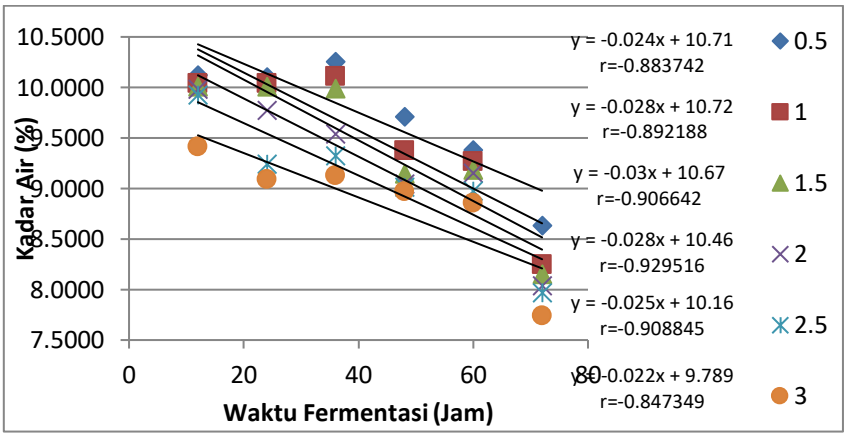
Tabel 16. Kadar Air Tepung Ubi Jalar dengan Variasi Waktu Fermentasi dan Konsentrasi Koji

Waktu Fermentasi	**Kadar Air Konsentrasi Koji (%)**					
	Konsentrasi Koji (%)					
	0.5	**1**	**1.5**	**2**	**2.5**	**3**
12 Jam	10.1230	10.0441	10.0099	9.9857	9.9267	9.4162
24 Jam	10.1068	10.0441	10.0099	9.7755	9.2424	9.0909
36 Jam	10.2539	10.114	9.9934	9.5425	9.3276	9.1288
48 Jam	9.7097	9.3779	9.1484	9.0478	9.0154	8.9686
60 Jam	9.3841	9.2666	9.1837	9.1535	8.9768	8.8563
72 Jam	8.6368	8.2474	8.1524	8.042	7.9723	7.7444
Non Fermentasi	10.4426					

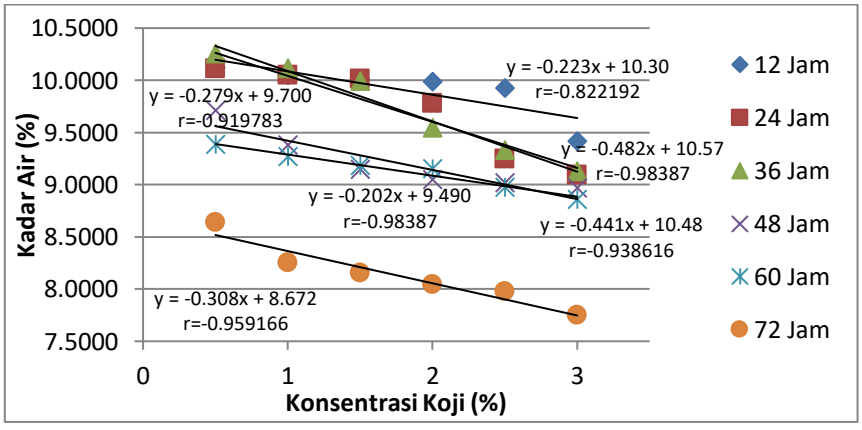
Data pada Tabel 16. Menunjukkan bahwa rata-rata presentase kadar air tepung ubi jalar yang dibuat secara fermentasi mengalami penurunan seiring bertambah lamanya waktu fermentasi yaitu dari 10,1230 % menjadi 7,7444%. Hal yang sama juga yaitu terjadi penurunan kadar air seiring dengan semakin banyaknya konsentrasi koji yang ditambahkan pada proses fermentasi. Terjadinya penurunan kadar air disebabkan air yang terdapat didalam ubi jalar yang difermentasi merupakan air bebas yang terdapat dibagian 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. Ketebalan irisan ubi jalar juga sangat berpengaruh terhadap penurunan kadar air, semakin tipis ketebalan irisan

maka area kontak aliran panas semakin luas serta semakin tipis irisan ubi jalar akan mengakibatkan lebih banyak jaringan yang rusak pada ubi jalar yang tadinya menyimpan air dan airpun keluar dari bahan pangan karena wadah penyimpanan telah rusak.

Hasil analisis korelasi antara waktu fermentasi dan konsentrasi koji terhadap penurunan kadar air tepung ubi jalar dapat dilihat pada Gambar 9 dan Gambar 10.



Gambar 9. Regresi Linier Pengaruh Waktu Fermentasi Terhadap Kadar Air Tepung Ubi Jalar



Gambar 10. Regresi Linier Pengaruh Konsentrasi Koji Terhadap Kadar Air Tepung Ubi Jalar

Pada gambar 9, terlihat bahwa semakin lama waktu fermentasi menunjukkan penurunan kadar air tepung ubi jalar baik pada konsentrasi 3%

menunjukkan penurunan kadar air yang paling rendah diantara konsentrasi penambahan koji lainnya. Hal yang sama juga terjadi pada konsentrasi 0,5%, 1%, 1,5%, 2%, 2,5% yaitu mengalami penurunan kadar air. Kemudian Nilai rata-rata korelasi yang diperoleh masing-masing konsentrasi untuk kadar air adalah mendekati -1, artinya hal ini menunjukkan adanya korelasi negatif yaitu adanya pengaruh perlakuan sehingga diperoleh hasil yang berlawanan.

Pada gambar 10, terlihat bahwa semakin tinggi konsentrasi koji yang ditambahkan pada proses fermentasi menghasilkan kadar air tepung ubi jalar yang semakin rendah. Nilai korelasi yang diperoleh dari masing-masing konsentrasi untuk kadar air adalah mendekati -1, artinya hal ini 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 70^{o}C. Tepung ubi jalar yang dihasilkan pada fermentasi 72 jam dengan konsentrasi kojiyang ditambahkan 3% memberikan kadar air tepung ubi jalar yang paling rendah dibandingkan dengan perlakuan yang lainnya. Hal ini dipengaruhi oleh waktu fermentasi, semakin lama waktu fermentasi mengakibatkan semakin banyak komponen-komponen ubi jalar yang terurai. Begitu pula dengan konsentrasi koji, semakin banyak konsentrasi koji yang ditambahkan maka semakin banyak pula produksi enzim yang dihasilkan oleh *Bacillus subtilis* sehingga semakin banyak komponen-komponen yang terdapat didalam ubi jalar yang diuraikan selain menghasilkan produk utama juga menghasilkan produk samping yaitu berupa air. Keadaan ini mengakibatkan air

yang dibebaskan dari metabolism 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. Laju penguapan air bebas sebanding dengan perbedaan tekanan uapa 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 and Pabis, 1976).

Menurut Hawa (2009), proses penguapan airdari 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 ke udara.

4.2.1.2. Kadar Pati Tepung Ubi Jalar Setelah Fermentasi

Hasil analisis kadar pati dan kadar amilosa tepung ubi jalar setelah fermentasi dapat dilihat pada Tabel 17 dan Tabel 18.

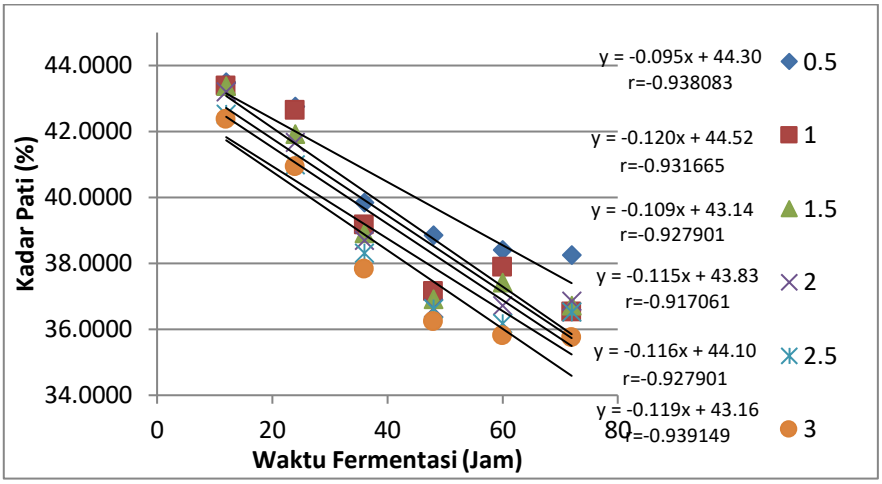
Tabel 17. Kadar Pati Tepung Ubi Jalar dengan Variasi Waktu Fermentasi dan Konsentrasi Koji

Waktu Fermentasi	**Kadar Pati Konsentrasi Koji (%)**					
	Konsentrasi Koji (%)					
	0.5	**1**	**1.5**	**2**	**2.5**	**3**
12	43.5093	43.3937	43.3937	43.2024	42.5273	42.3802
24	42.759	42.6447	41.9346	41.6789	41.0037	40.931
36	39.8593	39.1667	38.9264	38.7038	38.3267	37.8242
48	38.8583	37.1488	36.9209	36.6571	36.6243	36.2427
60	38.4213	37.8904	37.4316	36.7228	36.1797	35.8221
72	38.2558	36.5366	36.7278	36.854	36.5366	35.7615
Non Fermentasi	45.3001					

Tabel 18. Kadar Amilosa Tepung Ubi Jalar dengan Variasi Waktu Fermentasi dan Konsentrasi Koji

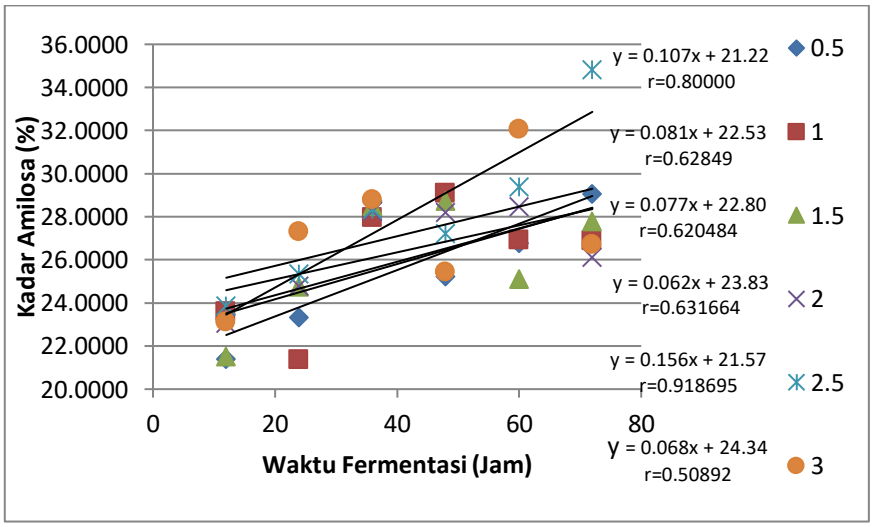
Kadar Amilosa (%)						
Waktu (Jam)	**Konsentrasi Koji (%)**					
	0.5	**1**	**1.5**	**2**	**2.5**	**3**
12	21.4000	23.5800	21.5200	23.0500	23.8600	23.1300
24	23.3300	21.3600	24.7500	24.7700	25.3500	27.2900
36	28.6600	27.9700	28.5000	28.2600	28.3400	28.7800
48	25.2300	29.1000	28.7400	28.1800	27.2100	25.4300
60	26.7600	26.9200	25.1100	28.4600	29.3900	32.0500
72	29.0600	26.8800	27.7700	26.1200	34.8300	26.7200
Non Fermentasi	20.2700					

Data pada Tabel 17 dan 18 menunjukkan rata-rata presentase kadar pati dan kadar amilosa pada tepung ubi jalar yang telah difermentasi dengan waktu fermentasi dan penambahan koji *Bacillus subtilis* pada konsentrasi yang berbeda mengalami penurunan kadar pati dan peningkatan kadar amilosa pada ubi jalar yang difermentasi. Hal ini dikarenakan pati yang terkandung dalam tepung terurai menjadi nesyawa sederhana selama 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 yang lebih sederhana. Menurut Zubaidah (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.



Gambar 11. Regresi Linier Pengaruh Waktu Fermentasi Terhadap Kadar Pati Tepung Ubi Jalar

Pada Gambar 11. Terlihat bahwa semakin lama waktu fermentasi menunjukkan penurunan kadar pati tepung ubi jalar pada konsentrasi koji 0,5 % dan menunjukkan adanya korelasi negatif. Begitu juga pada konsentra si koji 1%, 1,5%, 2%, 2,5%, dan 3% semakin lama waktu fermentasi kadar pati pada tepung ubi jalar semakin rendah. Nilai korelasi mendekati 1 yang menunjukkan adanya korelasi sempurna tidak langsung.



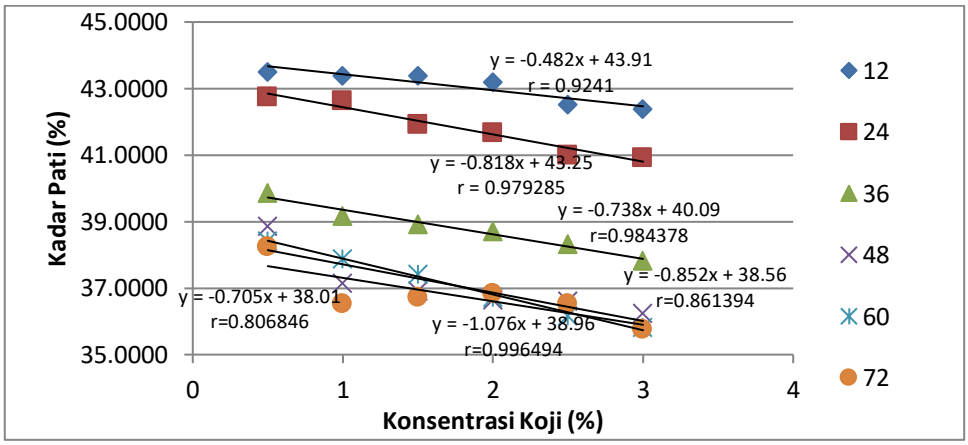
Gambar 12. Regresi Linier Pengaruh Waktu Fermentasi Terhadap Kadar Amilosa Tepung Ubi Jalar

Pada Gambar 12. Terlihat bahwa semakin lama waktu fermentasi menunjukkan peningkatan kadar amilosa tepung ubi jalar pada konsentrasi koji 2,5% dan nilai korelasinya mendekati 1 artinya menunjukkan korelasi positif. Begitu pun pada konsentrasi 0,5% menunjukkan bahwa nilai korelasi mendekati 1 sehingga ada korelasi positif antara waktu fermentasi dengan peningkatan kadar amilosa. Namun pada konsentrasi 1%, 1,5%, 2%, dan 3 % menunjukkan korelasi positif rendah karena nilai regresi yang dimiliki menjauhi nilai 1. Jika dibandingkan konsentrasi 0,5% 1%, 1,5%, 2%, 2,5%, dan 3% maka konsentrasi 2,5% mendekati nilai sempurna atau yang paling berkorelasi diantara keenamnya.

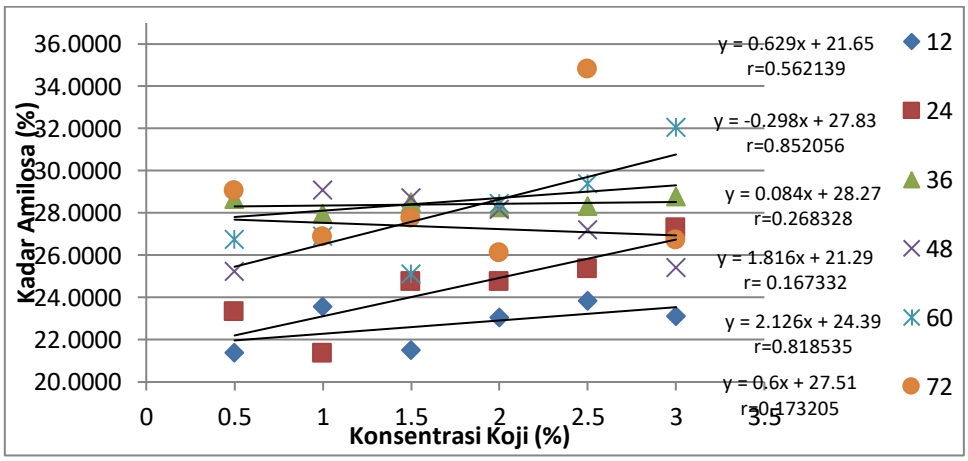
Pada proses fermentasi yang dipengaruhi oleh lama waktu fermentasi menunjukkan bahwa ada pengaruh peningkatan kadar amilosa pada tepung ubi jalar namun pengaruhnya tidak signifikan. Hal ini bisa disebabkan oleh kondisi lingkungan sebab proses yang dilaksanakan dengan bantuan mikroorganisme akan sulit diprediksi bahkan terkadang terjadi hal-hal yang tidak diinginkan seperti perubahan suhu, kontaminan, ketersediaan nutrisi sehingga proses fermentasi tidak dapat terkontrol secara pasti. Seharusnya dengan 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. Pendapat lain mengatakan, 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 dari enzim amylase sehingga pati terdegradasi menjadi senyawa yang lebih sederhana, semakin lama fermentasi semakin banyak komponen-komponen yang terdapat didalam ubi jalar yang diuraikan (Zubaidah, 2006).

Hasil analisis dengan konsentrasi koji *Bacillus subtilis* yang berbeda dan waktu fermentasi sama terhadap perubahan kadar pati dan kadar amilosa tepung ubi jalar setelah fermentasi dapat dilihat pada Gambar 13 dan Gambar 14.



Gambar 13. Regresi Linier Pengaruh Konsentrasi Koji Terhadap Kadar Pati Tepung Ubi Jalar



Gambar 14. Regresi Linier Pengaruh Konsentrasi Koji Terhadap Kadar Amilosa Tepung Ubi Jalar

Pada Gambar 13. Terlihat bahwa terjadi hal yang sama dengan pengaruh waktu lama fermentasi dengan penambahan konsentrasi koji yang semakin besar terhadap kadar pati yaitu menunjukkan penurunan kadar pati tepung ubi jalar pada konsentrasi koji 0,5 % dan menunjukkan adanya korelasi negatif. Begitu juga pada konsentra si koji 1%, 1,5%, 2%, 2,5%, dan 3% semakin lama waktu fermentasi kadar pati pada tepung ubi jalar semakin rendah. Nilai korelasi mendekati 1 yang menunjukkan adanya korelasi sempurna tidak langsung.

Pada Gambar 13. Terlihat bahwa semakin tinggi konsentrasi koji menunjukkan peningkatan kadar amilosa tepung ubi jalar pada waktu fermentasi 24 jam dan 60 jam serta menunjukkan adanya korelasi positif. Pada waktu fermentasi 12 jam menunjukkan korelasi positif sedang yang artinya konsentrasi koji kurang berpengaruh terhadap peningkatan kadar amilosa. Namun pada waktu fermentasi 36 jam, 48 jam, dan 72 jam mendekati nilai 0 artinya konsentrasi hampir tidak berkorelasi terhadap peningkatan kadar amilosa.

Semakin tinggi konsentrasi koji, maka semakin banyak enzim yang dihasilkan oleh mikroba yang dapat merombak pati pada ubi jalar menjadi senyawa-senyawa sederhana sebagai energy untuk aktivitas dan pertumbuhannya. Menurut Syuhada (2010), secara kimiawi perubahan selama fermentasi disebabkan oleh enzim yang dihasilkan oleh mikroba. Amylase merupakan enzim yang berfungsi pemecah pati. Menurut Ramos (2000), bakteri asam laktat dapat menghasilkan enzim ekstraseluler untuk menghidrolisis pati menjadi dekstrin dan gula sederhana yang selanjutnya dimanfaatkan untuk menghasilkan asam laktat, CO_2 dan etanol. Aktivitas enzim amilolitik terasebut 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).

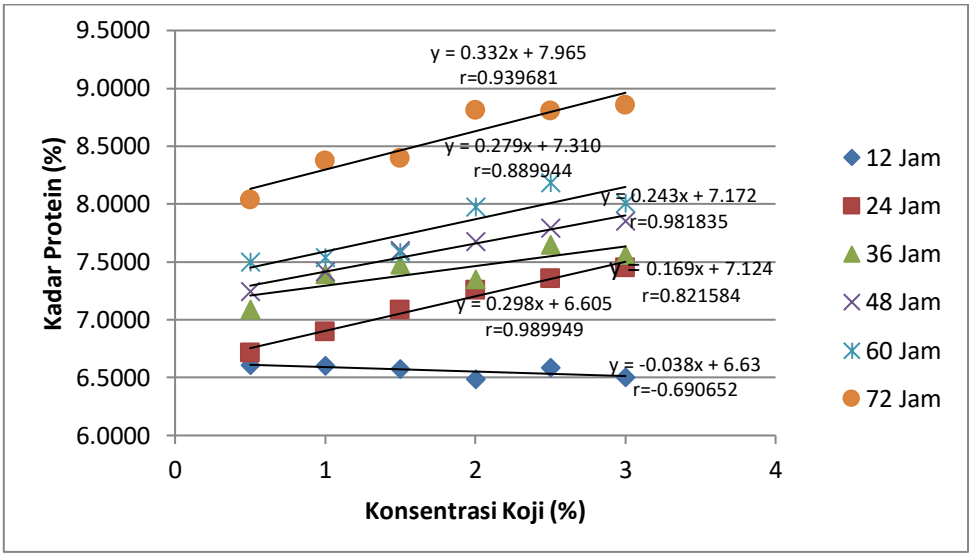
4.2.1.3. Kadar Protein Ubi Jalar Setelah Fermentasi

Hasil analisis kadar air tepung ubi jalar setelah difermentasi dapat dilihat pada Tabel 19.

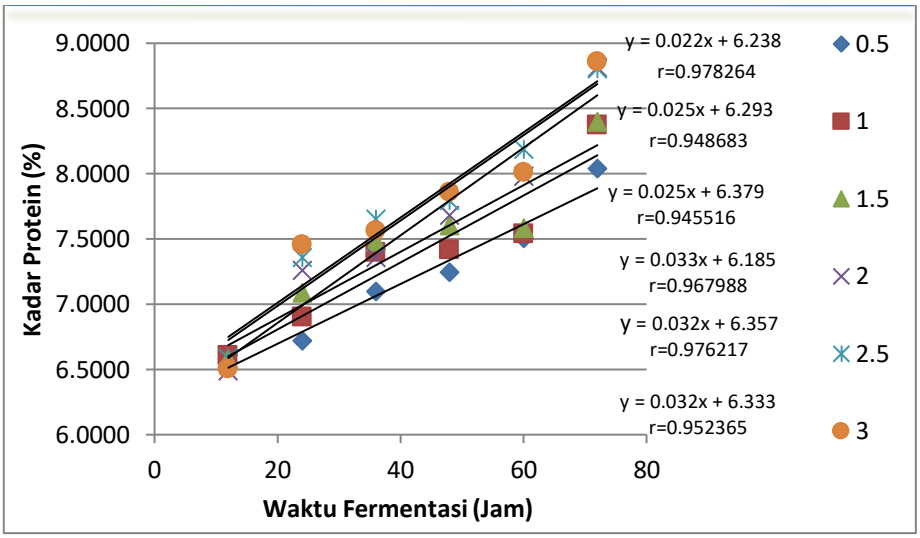
Tabel 19. Kadar Protein Tepung Ubi Jalar dengan Variasi Waktu Fermentasi dan Konsentrasi Koji

Waktu Fermentasi	**Kadar Protein Konsentrasi Koji (%)**					
	Konsentrasi Koji (%)					
	0.5	1	1.5	2	2.5	3
12 Jam	6.6118	6.6056	6.5745	6.4890	6.5869	6.5041
24 Jam	6.7171	6.8981	7.0841	7.2585	7.3571	7.4526
36 Jam	7.0939	7.395	7.4766	7.3536	7.6493	7.5602
48 Jam	7.2448	7.4158	7.6027	7.6782	7.792	7.8544
60 Jam	7.5008	7.5391	7.5814	7.9765	8.1864	8.0101
72 Jam	8.0364	8.3729	8.3963	8.812	8.8038	8.8574
Non Ferm.	2.0845					

Pada tabel 19. Menunjukkan rata-rata presentase kadar protein tepung ubi jalar setelah difermentasi adalah semakin meningkat seiring dengan semakin lama waktu fermentasi dan semakin meningkatnya konsentrasi ubi jalar yang ditambahkan pada proses fermentasi. Hal ini disebabkan semakin tinggi konsentrasi koji maka aktivitas enzim proteolitik dari *Bacillus subtilis* semakin meningkat untuk menguraikan protein menjadi asam-asam amino, sehingga nitrogen terlarutnya akan mengalami peningkatan (Medikasari, 2009).



Gambar 15. Regresi Linier Pengaruh Konsentrasi Koji Terhadap Kadar Protein Tepung Ubi Jalar



Gambar 16. Regresi Linier Pengaruh Konsentrasi Koji Terhadap Kadar Protein Tepung Ubi Jalar

Pada Gambar 15 dan Gambar 16. Terlihat bahwa semakin lama waktu fermentasi dan semakin tinggi konsentrasi koji yang ditambahkan pada proses fermentasi menunjukkan peningkatan kadar amilosa tepung ubi jalar mulai dri 12 Jam, 24 Jam, 36 Jam, 48 Jam, 60 Jam, hingga 72 Jam terlihat pada gambar 13. Semakin menaik dan condong ke kanan begitu juga yang terjadi pada penambahan

konsentrasi 0,5 %, 1 %, 1,5 %, 2%, 2,5%, hingga 3% juga terus mengalami peningkatan kadar protein. Nilai regresi yang ditunjukkan oleh kedua perlakuan tersebutpun mendekati 1 yang artinya menunjukkan adanya korelasi positif antara waktu fermentasi dan peningkatan kadar protein tepung ubi jalar.

Peningkatan kadar protein pada tepung ubi jalar ini dapat terjadi akibat dari aktifitas mikroorganisme yang terjadi pada proses fermentasi. Fermentasi dengan teknologi yang sesuai dapat menghasilkan produk protein. Protein mikro ini disebut *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 energy 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).

4.2.2. Respon Fisiko-Kimia Penelitian Utama

4.2.2.1. Sifat Amilografi Tepung Ubi Jalar Fermentasi

Dalam penelitian Marcon (2009), pada pati ubi kayu 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 energy yang sama dengan tepung tanpa modifikasi untuk mengalami gelatinisasi.

Menurut de Man (1980), viskositas akan berkaitan dengan gelatinisasi dan tingkat hidrasi. Viskositas yang tinggi menunjukkan sifat alir system yang rendah sebab air bebas dalam system kurang. Berkurangnya air bebas dalam system karena terperangkap dalam granula yang membesar akibat proses gelatinisasi. Dengan kata lain, tingginya viskositas tepung dalam air yang dipanaskan menunjukkan kebutuhan air untuk mencapai tingkat gelatinisasi yang dicapai.

Viskositas puncak tepung ubi jalar setelah fermentasi (saat granula pecah) lebih tinggi dibanding dengan tepung ubi jalar setelah fermentasi, menunjukkan kemudahannya mengembang saat dipanaskan. Begitu pula dengan tepung ubi jalar yang difermentasi (perilaku sebelum, saat dan sesudah gelatinisasi) berbeda dengan tepung ubi jalar tanpa fermentasi yang dapat dilihat pada Tabel 21.

Tabel 21. Hasil Analisis Amilografi Tepung Ubi Jalar Fermentasi

Kode		Gelatinisasi		Granular Pati Pecah	Viskositas (cP)	
		Waktu (menit)	Suhu (°C)	Viskositas (cP)	50°C (cP)	Balik (cP)
Y_1X_1	(12 jam 0,5%)	14	80.0	-	2255.0	3035.0
Y_1X_2	(12 jam 1,0%)	14	79.2	-	1190.0	1190.0
Y_1X_3	(12 jam 1,5%)	14	81.0	-	2680.0	2680.0
Y_1X_4	(12 jam 2,0%)	14	83.0	-	720.0	720.0
Y_1X_5	(12 jam 2,5%)	15	83.0	-	1455.0	1455.0
Y_1X_6	(12 jam 3,0%)	14	82.2	-	2185.0	2185.0
Y_2X_1	(24 jam 0,5%)	14	81.6	2080.0	2670.0	590.0
Y_2X_2	(24 jam 1,0%)	14	78.7	-	3160.0	3160.0
Y_2X_3	(24 jam 1,5%)	14	81.2	-	1745.0	1745.0
Y_2X_4	(24 jam 2,0%)	14	79.7	2115.0	2385.0	270.0
Y_2X_5	(24 jam 2,5%)	14	79.8	-	1540.0	1540.0
Y_2X_6	(24 jam 3,0%)	14	79.3	2455.0	3120.0	665.0
Y_3X_1	(36 jam 0,5%)	13	78.4	2010.0	2360.0	350.0
Y_3X_2	(36 jam 1,0%)	13	79.3	2530.0	2883.0	353.0
Y_3X_3	(36 jam 1,5%)	14	79.6	4130.0	4320.0	190.0
Y_3X_4	(36jam 2,0%)	14	79.4	2080.0	3025.0	3025.0
Y_3X_5	(36 jam 2,5%)	14	81.3	-	2870.0	2870.0
Y_3X_6	(36 jam 3,0%)	14	79.6	-	1995.0	1995.0
Y_4X_1	(48 jam 0,5%)	15	81.3	2115.0	1170.0	1170.0
Y_4X_2	(48 jam 1,0%)	14	78.9	-	4730.0	4730.0
Y_4X_3	(48 jam 1,5%)	14	79.3	2455.0	3460.0	3460.0
Y_4X_4	(48jam 2,0%)	14	78.4	-	2790.0	2790.0
Y_4X_5	(48 jam 2,5%)	13	78.7	-	1910.0	1910.0
Y_4X_6	(48 jam 3,0%)	14	81.8	-	920.0	920.0
Y_5X_1	(60 jam 0,5%)	14	78.7	-	3205.0	3205.0
Y_5X_2	(60 jam 1,0%)	14	79.5	-	1810.0	1810.0
Y_5X_3	(60 jam 1,5%)	14	81.7	-	2115.0	2115.0
Y_5X_4	(60jam 2,0%)	14	80.0	-	2565.0	2565.0
Y_5X_5	(60 jam 2,5%)	14	79.1	2370.0	2410.0	40.0
Y_5X_6	(60 jam 3,0%)	14	80.2	-	1160.0	1160.0
Y_6X_1	(72 jam 0,5%)	15	81.4	-	1800.0	1800.0
Y_6X_2	(72 jam 1,0%)	14	80.0	-	1445.0	1445.0
Y_6X_3	(72 jam 1,5%)	14	79.4	-	3045.0	3045.0
Y_6X_4	(72 jam 2,0%)	14	81.4	-	1845.0	1845.0
Y_6X_5	(72 jam 2,5%)	14	78.9	-	1930.0	1930.0
Y_6X_6	(72 jam 3,0%)	14	81.5	-	1880.0	1880.0
NonFer		14	82.5	55.0	155.0	100.0

Dari hasil analisis sifat fisiko-kimia tepung ubi jalar yang difermentasi dengan berkode sampel , suhu gelatinisasi awal tepung ubi jalar fermentasi relatif lebih tinggi dibandingkan dengan tepung ubi jalar tanpa, dengan waktu gelatinisasi yang sama. Dengan suhu gelatinisasi yang lebih tinggi tepung ubi jalar fermentasi akan membutuhkan suhu dan energi yang lebih tinggi.

Duryatmo (2009) melaporkan, bahwa viskositas mocaf pada suhu 95^{o}C dengan konsentrasi 2% (75 cP) lebih tinggi dari bahan ubi kayu dari bahan gaplek (45 cP). Viskositas yang lebih tinggi menyebabkan tepung menjadi lebih lengket apabila diberi air dan lebih mudah mengembang apabila dipanaskan.

Kemudian untuk tepung yang terpilih adalah tepung ubi jalar berkode Y_1X_4 (penambahan koji *Bacillus subtilis* 2% dan waktu fermentasi 12 Jam) konsistensi gel yang sedang, viskositas maximal 720. Pemilihan ini sesuai dengan peruntukannya untuk kebutuhan pembuatan roti. Suhu gelatinisasi yang tinggi akan mengakibatkan adonan roti tidak mudah gosong dan lebih lama serta perlahan ketika mengembang. Kadar amilosa yang tinggi akan mengakibatkan roti tidak elastis karena cenderung bersifat remah, viskositas maksimal yang terlalu tinggi melebihi 1000 cP akan menyebabkan sifat dari tepung ketika dipanaskan mengalami pemuaian dan cenderung benyek sehingga mengakibatkan adonan roti tidak mengembang.

4.2.3. Tepung Ubi Jalar Terpilih Setelah Fermentasi

4.2.3.1. Sifat Fisikokimia Tepung Ubi Jalar Fermentasi Terpilih

Sampel tepung ubi jalar fermentasi yang terbaik dipilih berdasarkan dari sifat amilografi yang telah dijelaskan sebelumnya yaitu sampel Y_1X_4 untuk diaplikasikan dalam pembuatan roti tawar. Untuk sifat fisikokimia tepung ubi jalar fermentasi dapat dilihat dari hasil analisis pada Tabel 22 dan Tabel 23.

Tabel 22. Hasil Analisis Kandungan Kimia Tepung Ubi Jalar Fermentasi Terpilih

Kode Sampel	Kadar Air	Kadar Pati	Kadar Amilosa	Kadar Protein
	(%)			
X_4Y_1	9.9857	43.2024	23.05	6.4890

Tabel 23. Hasil Analisis Amilografi Tepung Ubi Jalar Fermentasi Terpilih

Kode	Gelatinisasi		Granular Pati Pecah			Viskositas (cP)	
	Waktu (menit)	Suhu (^oC)	Waktu (menit)	Suhu (^oC)	Viskositas (cP)	50^oC (cP)	Balik (cP)
X_4Y_1	14	83.0	18.0	93.1	2080.0	720.0	720.0

4.2.3.2. Uji Organoleptik Roti Tawar Tepung Ubi Jalar Terfermentasi

Menurut sifat fisikokimia tepung ubi jalar fermentasi terpilih pada Tabel 22 dan Tabel 23, kemudian diaplikasikan menjadi roti tawar yang diujikan kepada 30 panelis menggunakan metode uji kesukaan dengan respon yaitu aroma, rasa, dan tekstur. Pada uji kesukaan panelis akan diminta untuk menilai produk olahan terhadap respon analisis berupa rasa, aroma, serta tekstur. Penilaian diberi skala 1 hingga 5 dengan keterangan 1 untuk tidak suka, 2 untuk agak tidak suka, 3 untuk agak suka, 4 untuk suka, 5 untuk sangat suka. Sehingga dari masing – masing respon analisis yang di beri nilai oleh panilis tersebut dijumlahkan dari

keseluruhan penelis dan dirata - ratakan sehingga hasil akhir yang didapatkan dapat menjelaskan tingkat kesukaan panelis terhadap peroduk roti berbahan dasar tepung ubi jalar terfermentasi. Hasil analisis uji kesukaan dapat dilihat pada Tabel 24.

Tabel 24. Hasil Uji Kesukaan Terhadap Olahan Tepung Ubi Jalar Fermentasi

Respon	Σ Penilaian	Rata - rata
Aroma	116	3.87
Rasa	121	4.03
Tekstur	104	3.47

Data hasil uji kesukaan yang ditunjukkan pada Tabel 23. Menyatakan bahwa nilai rata – rata kesukaan pada aroma dari roti yang berbahan tepung ubi jalar terfermentasi 3.87 apa bila dibulatkaan menjadi 4 yang artinya mendapat predikat disukai, kemudian untuk respon rasa yaitu 4.03 yang artinya memiliki arti disukai, dan untuk respon tekstur masih agak disukai.