

Bioproses
Pengolahan
Ubi Jalar
Untuk Pangan

**Undang-undang Republik Indonesia Nomor 28 tahun 2014 tentang Hak Cipta
Lingkup Hak Cipta**

Pasal 1

Hak Cipta adalah hak eksklusif pencipta yang timbul secara otomatis berdasarkan prinsip deklaratif setelah suatu ciptaan diwujudkan dalam bentuk nyata tanpa mengurangi pembatasan sesuai dengan ketentuan peraturan perundang-undangan.

Ketentuan Pidana Pasal 113

- (1) Setiap Orang yang dengan tanpa hak melakukan pelanggaran hak ekonomi sebagaimana dimaksud dalam Pasal 9 ayat (1) huruf i untuk Penggunaan Secara Komersial dipidana dengan pidana penjara paling lama 1 (satu) tahun dan/atau pidana denda paling banyak Rp 100.000.000 (seratus juta rupiah).
- (2) Setiap Orang yang dengan tanpa hak dan/atau tanpa izin Pencipta atau pemegang Hak Cipta melakukan pelanggaran hak ekonomi Pencipta sebagaimana dimaksud dalam Pasal 9 ayat (1) huruf c, huruf d, huruf f, dan/atau huruf h untuk Penggunaan Secara Komersial dipidana dengan pidana penjara paling lama 3 (tiga) tahun dan/atau pidana denda paling banyak Rp 500.000.000,00 (lima ratus juta rupiah).
- (3) Setiap Orang yang dengan tanpa hak dan/atau tanpa izin Pencipta atau pemegang Hak Cipta melakukan pelanggaran hak ekonomi Pencipta sebagaimana dimaksud dalam Pasal 9 ayat (1) huruf a, huruf b, huruf e, dan/atau huruf g untuk Penggunaan Secara Komersial dipidana dengan pidana penjara paling lama 4 (empat) tahun dan/atau pidana denda paling banyak Rp 1.000.000.000,00 (satu miliar rupiah).
- (4) Setiap Orang yang memenuhi unsur sebagaimana dimaksud pada ayat (3) yang dilakukan dalam bentuk pembajakan, dipidana dengan pidana penjara paling lama 10 (sepuluh) tahun dan/atau pidana denda paling banyak Rp 4.000.000.000,00 (empat miliar rupiah).

**Bioproses
Pengolahan
Ubi Jalar
Untuk Pangan**

Neti Yuliana



PUSAKA MEDIA

Perpustakaan Nasional RI:
Katalog Dalam Terbitan (KDT)

BIOPROSES PENGOLAHAN UBI JALAR UNTUK PANGAN

Penulis:

Neti Yuliana

Desain Cover & Layout

Pusaka Media Design

x + 58 hal : 15 x 23 cm

Cetakan Juni 2022

ISBN:

Penerbit

PUSAKA MEDIA

Anggota IKAPI

No. 008/LPU/2020

Alamat

Jl. Endro Suratmin, Pandawa Raya. No. 100

Korpri Jaya Sukarame Bandarlampung

082282148711

email : cspusakamedia@yahoo.com

Website : www.pusakamedia.com

Dilarang mengutip atau memperbanyak sebagian
atau seluruh isi buku ini tanpa izin tertulis dari penerbit

PRAKATA

Segala puji dan syukur penulis panjatkan selalu kepada Allah Subhanahu Wa Ta'ala atas rahmat yang diberikan sehingga buku yang berjudul “Bioproses Pengolahan Ubi Jalar untuk Pangan” ini dapat terselesaikan dengan baik.

Buku ini terdiri dari 6 bab yang mencakup pengertian dan dipilihnya bioproses pada pengolahan ubi jalar pada bab 1, komposisi kimia dan manfaat kesehatan ubi jalar pada bab 2, serta pembahasan bioproses pengolahan ubi jalar menjadi berbagai produk pangan pada bab 3 sampai dengan 6. Pada bab 5 secara khusus dibahas modifikasi tepung dari ubi jalar dengan penerapan fermentasi pada fase pengolahan ubi jalar menjadi tepung. Sumber materi berasal dari publikasi hasil-hasil penelitian terkait ubi jalar yang penulis dan tim telah lakukan dan peneliti lainnya yang terkait

Buku ini ditulis dengan harapan dapat memperkaya khasanah pengetahuan pembaca terutama mahasiswa dan peneliti terhadap pengolahan ubi jalar yang melibatkan proses fermentasi (bioproses). Tidak lupa penulis menyampaikan terimakasih kepada semua pihak yang telah membantu terselesaikannya buku ini. Penulis menyadari bahwa buku ini masih banyak ruang yang belum terpenuhi, sehingga pengayaan dan penyempurnaan masih diperlukan. Dukungan dan masukan dari semua pihak sangat penulis apresiasi.

Bandar Lampung, 25 Mei 2022
Penulis

Neti Yuliana

DAFTAR ISI

PRAKATA	vi
DAFTAR ISI	vii
DAFTAR GAMBAR	ix
DAFTAR TABEL	x
BAB 1 MENGAPA BIOPROSES PENGOLAHAN UBI JALAR?	1
1.1. Apakah Bioproses Pengolahan Itu?.....	1
1.2. Mengapa Bioproses?	2
Daftar Pustaka.....	3
BAB 2 DAYA TARIK UBI JALAR?	4
1.1. Keragaman Ubi Jalar	4
1.2. Komposisi Kimia	5
1.3. Manfaat Kesehatan.....	6
1.4. Produk Olahan Bioproses Ubi Jalar	8
Daftar Pustaka.....	9
BAB 3 BIOPROSES PIKEL UBI JALAR	10
3.1. Persiapan Bahan Dan Fermentasi Pikel	11
3.2. Faktor Yang Mempengaruhi Proses Fermentasi Pikel Ubi Jalar.....	32
3.3. Karakteristik Pikel Ubi Jalar Fermentasi.....	15
3.4. Penanganan Pikel Ubi Jalar Pasca Fermentasi	18
Daftar Pustaka.....	18

BAB 4 BIOPROSES PENGOLAHAN TAPAI UBI JALAR	21
4.1. Proses Fermentasi Tapai.....	22
4.2. Karakteristik Tapai Ubi Jalar	24
Daftar Pustaka.....	26
BAB 5 BIOPROSES MODIFIKASI TEPUNG UBI JALAR	29
5.1. Proses Fermentasi Ubi Jalar	30
5.2. Pengaruh Fermentasi Terhadap Sifat Fisikokimia Tepung..	33
5.3. Pengaruh Fermentasi Terhadap Sifat Pasta	41
Daftar Pustaka.....	42
BAB 6 MINUMAN SYNBIOTIK UBI JALAR.....	48
6.1. Bal Probiotik Yang Digunakan	61
6.2. Tahapan Bioproses Minuman Synbiotik Ubi Jalar	50
6.3. Karakteristik Minuman Synbiotik Ubi Jalar	52
Daftar Pustaka.....	54
BIOGRAFI PENULIS	57

DAFTAR GAMBAR

Gambar 1. Macam-Macam Ubi Jalar	5
Gambar 2. Struktur Kimia Anthosianin	5
Gambar 3. Contoh Potongan Ubi Jalar	11
Gambar 4. Diagram Alir Fermentasi Pikel Ubi Jalar	12
Gambar 5. Perubahan Total Asam dan pH Selama Fermentasi Pikel Ubi Jalar Oranye	16
Gambar 6. Perubahan Jumlah BAL Selama Fermentasi Pikel Ubi Jalar Oranye	17
Gambar 7. Pikel Ubi Jalar Oranye	17
Gambar 8. Diagram Alir Fermentasi Tapai Ubi Jalar.....	23
Gambar 9. Tapai Ubi Jalar Ungu.....	24
Gambar 10. Bioproses Ubi Jalar Menjadi Tepung	31
Gambar 11. Efek Fermentasi Terhadap pH	35
Gambar 12. Efek Fermentasi Terhadap KPA	36
Gambar 13. Efek Fermentasi Terhadap Indeks Keputihan (%)....	37
Gambar 14. Efek Fermentasi Terhadap Daya Pembengkakan.....	38
Gambar 15. Efek Fermentasi Terhadap Kelarutan.....	39
Gambar 16. Efek Fermentasi Terhadap Transmisi Cahaya	40
Gambar 17. Granula Pati Ubi Jalar	42
Gambar 18. Tahapan Bioproses Minuman Synbiotik Ubi jalar	51

DAFTAR TABEL

Tabel 1. Komponen Aktif Ubi Jalar.....	7
Tabel 2. Karakteristik Pikel Ubi Jalar	13
Tabel 3. Karakteristik Tapai Ubi Jalar.....	25
Tabel 4. Sifat Pasta Tepung Ubi Jalar	41
Tabel 5. Karakteristik Minuman Synbiotik Ubi Jalar	53

BAB 1

MENGAPA BIOPROSES PENGOLAHAN UBI JALAR?

1.1. Apakah Bioproses Pengolahan Itu?

Pengolahan dapat diartikan sebagai sebuah proses mengolah atau mengerjakan suatu bahan baku menjadi suatu produk yang lebih bermanfaat, lebih bernilai. Dalam konteks bahan pertanian, maka pengolahan merupakan proses mentransformasi bahan baku menjadi produk yang lebih baik misalnya lebih tahan lama, bernutrisi, lebih luas pemanfaatannya, lebih menarik dan lain sebagainya. Proses transformasi dapat terjadi melalui proses fisika, kimia maupun biologis yang melibatkan mikroba atau enzim. Jika transformasi produk tersebut melibatkan agen biologis maka dapat dikatakan bahwa pengolahan suatu bahan tadi merupakan suatu bioproses.

Menurut kamus Merriam Webster (<https://www.merriam-webster.com/dictionary>) bioproses adalah suatu proses biologis yang digunakan dalam pembuatan bahan atau produk. Contoh yang lebih tua adalah seperti proses fermentasi, yang umumnya menggunakan sel mikroba dan memerlukan pemisahan produk dari wadah terjadinya reaksi bioproses. Contoh fermentasi adalah penggunaan ragi untuk mengubah jagung menjadi etanol.

Berdasarkan pemahaman di atas, maka dapat kita simpulkan bahwa bioproses pengolahan adalah proses pengolahan atau transformasi suatu bahan menjadi produk melalui proses biologis seperti fermentasi. Dalam konteks bioproses pengolahan ubi jalar, bahan yang ditransformasi melalui proses fermentasi dan atau enzimatis adalah ubi jalar.

1.2. Mengapa Bioproses?

Campbell et al. (2017) menuliskan bahwa bioproses merupakan proses alternatif yang ramah lingkungan dan berkelanjutan. Mengapa berkelanjutan? Produk kimia berbasis bahan bakar fosil misalnya suatu saat akan habis karena sifatnya tidak terbarukan, sementara pada bioproses bahan baku dan agen transformasi bersifat terbarukan karena bisa dikembangkan. Selain sumber terbarukan, kelebihan lain dari bioproses dibandingkan proses kimia konvensional adalah (1) kondisi operasi yang standar (sederhana), (2) spesifik, (3) efektif, dan (4) memungkinkan proses biologis lebih baik dengan perkembangan rekombinan DNA (Hadiyanto & Azim, 2016).

Pada bioproses pengolahan pangan khususnya fermentasi pangan, Steinkraus meringkaskan setidaknya lima manfaat fermentasi sebagai berikut: (1) memperkaya variasi makanan dengan mengubah aroma, rasa, dan tekstur makanan, (2) mengawetkan makanan dengan menghasilkan sejumlah asam laktat, alkohol, dan asam asetat dalam jumlah yang signifikan, (3) memperkaya nutrisi makanan dengan menambahkan sejumlah protein, asam amino, serta vitamin, (4) mengeliminasi senyawa anti nutrisi, (5) mengurangi waktu dan sumber daya yang diperlukan dalam memproses makanan.

Dalam konteks bioproses pengolahan ubi jalar, selain manfaat diversifikasi produk dan berolehnya peningkatan masa simpan, aplikasi proses biologi pada ubi jalar bermanfaat dalam memodifikasi sifat-sifat fungsional pati sehingga diperoleh produk yang lebih baik. Yang tidak kalah menarik adalah manfaat dari agen

biologi yang terlibat yang keberadaan dan metabolit yang dihasilkan bermanfaat bagi yang mengkonsumsinya, sebagai contoh pada produk minuman probiotik/synbiotik ubi jalar

Daftar Pustaka

Hadiyanto & Azim, M. 2016. Dasar-Dasar Bioproses. EF Press Digimedia. Semarang.

Campbell, K., Xia, J., & Nielsen, J. 2017. The Impact of Systems Biology on Bioprocessing. Trends in Biotechnology, Vol 35 (12): 1156-1168.

BAB 2

DAYA TARIK UBI JALAR?

2.1. Keragaman Ubi Jalar

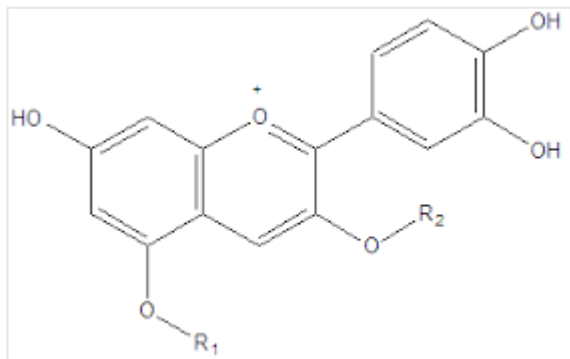
Ubi jalar memiliki warna yang beragam, putih, kuning, jingga, ungu, dan merah (Gambar 1) karena perbedaan komposisi dan kandungan senyawa fenolik dan pigmen pada akar umbi (Wang et al., 2018). Berdasarkan analisis komposisinya terungkap bahwa varietas ubi jalar berdaging jingga merupakan sumber unggul karoten sedangkan varietas ubi jalar berdaging ungu memiliki tingkat antosianin yang sangat baik. Sementara varietas ubi jalar berdaging putih hampir tidak mengandung karoten. Oleh karena itu, warna kuning dan ungu dari umbi ubi jalar berasal dari akumulasi karoten yang larut dalam lemak pada umbi kuning, sedangkan pada ubi ungu disebabkan oleh akumulasi anthocyanin yang larut air (Otake et al., 1992).

Warna kuning umbi akar ubi jalar secara bertahap bisa menjadi oranye, dengan bertambahnya kandungan-karoten, (Tanaka et al., 2008). Dibandingkan dengan umbi akar kuning dan ungu, akar umbi putih mengandung senyawa fenolik dan karoten yang sangat rendah dan tidak mengandung antosianin (Kim et al., 2011; Teow et al., 2007). Struktur anthocyanin dapat dilihat pada Gambar 2.



Gambar 1. Macam-Macam Ubi Jalar

(<https://www.rawpixel.com/image/104694/premium-photo-image-potato-sweet-agriculture>)



Gambar 2. Struktur Kimia Anthosianin

(<https://commons.wikimedia.org/wiki/File:Anthocyanin.png>)

2.2. Komposisi Kimia

Pati merupakan komponen utama dari umbi akar ubi jalar. Struktur dan sifat fungsional pati menentukan kualitas dan aplikasinya dalam industri pangan dan non pangan. Pati dari varietas warna yang berbeda memiliki perbedaan daya kembang, kelarutan dalam air, suhu gelatinisasi, viskositas pasta, dan sifat pencernaan.

Studi yang dilakukan oleh Guo et al (2019) terhadap 3 varietas ubi jalar berbeda (putih, kuning, dan ungu) yang ditanam di lingkungan yang sama, menunjukkan bahwa ubi jalar varietas putih memiliki pati tertinggi berkisar (61,5-67,5% berat kering) namun memiliki gula larut terendah (13,1-18,0%), sedangkan varietas kuning memiliki pati terendah (45,8-53,1%) dan gula larut tertinggi (28,9-31,5%). Pati dari varietas yang berbeda memiliki ukuran granula yang berbeda dan kandungan amilosa dengan rentang 24,1-27,2%, dan semua varietas menunjukkan struktur kristal tipe C, dengan kristalinitas relatif berkisar antara 22,3 hingga 25,5%.

Umbi ubi jalar berwarna oranye, merupakan sumber karoten (pro-vitamin A), mineral (magnesium, besi, tembaga, mangan, kalsium, kalium), vitamin (B1, B6, C, E), dan serat makanan (Alam et al., 2020; Wang et al., 2016). Karoten yang terkandung dalam ubi oranye sebanyak 276,98 g/g -karoten (Alam et al., 2020), terdiri senyawa ipomeaxanthin A, ipomeaxanthin B, ipomeaxhantin C1, ipomeaxanthin C2, beta carotene, beta carotene 5,8,5',8'-diepoxida, dan beta-cryptoxanthin 5',8'-epoxida (Tanaka et al., 2017).

Selain umbi, daun ubi jalar juga merupakan sumber komponen aktif. Daun ubi jalar merupakan sumber lutein yang unggul. dan mengandung lebih banyak senyawa ini jika dibandingkan sayuran tradisional lainnya seperti kangkung, bayam, brokoli, selada, kacang hijau dan lain lain (Ishiguro, 2019). Potensi komponen aktif ubi jalar direspon dan terus digali oleh para penggiat pengolahan hasil pertanian untuk menghasilkan makanan yang sehat, antara lain dalam bentuk pangan dan minuman fungsional.

2.3. Manfaat Kesehatan

Karena manfaat kesehatannya, asupan diet ubi jalar sangat dianjurkan. Semua bagian tanaman ubi jalar (umbi, batang dan daun sampai putiknya) mengandung komponen aktif yang bermanfaat bagi kesehatan (Tabel 1).

Tabel 1. Komponen Aktif Ubi Jalar

Bagian tanaman	Komponen utama	In Vitro	In Vivo
Umbi	Pati, dietary fiber, sporamins fosforus, Beta carotene, asam fenolik, anthosianin	Anti-oxidative Antibacterial Digestive enzyme inhibition Anti-genotoxicity Anti-proliferasi Anti-hepatotoksik Anti-obesitas Anti-inflamasi	Anti-oxidative Hepato-protection Anti-aging Anti-hyperglycemic Anti-tumor Immuno-modulatory Anti-obesitas
Batang, tangkai, pucuk-putik	Dietary fiber	Angiotensin-converting-enzyme inhibition	Anti-hyperglycemic Anti LDL oxidation Lipid profile regulation
Daun	Dietary fiber, potassium, phenolic acids, flavonoids, lutein	Anti-oxidative Antibacterial Angiotensin-converting-enzyme inhibitor	Anti-hyperglycemic Anti LDL oxidation Lipid profile regulation

Disarikan dari Wang et al. (2016)

Manfaat kesehatan yang berbeda, seperti antioksidan, kardioprotektif, antiinflamasi, antikanker, antidiabetes, antimikroba, antiobesitas dan pencegahan kekurangan vitamin A dapat diperoleh karena konsumsi bagian berbeda dari ubi jalar.

2.4. Produk Olahan Bioproses Ubi Jalar

Ubi jalar merupakan sayuran umbi dengan kandungan utama karbohidrat terutama pati, sehingga merupakan media yang baik bagi mikroba agen transformasi proses fermentasi (bioproses). Proses fermentasi yang diterapkan kemudian menjadi alat transformasi perubahan ubi jalar menjadi produk yang baru dan berbeda. Selain pati, kandungan gizi esensial ubi jalar yang berupa gula, vitamin C, provitamin A, zat besi dan mineral akan menyumbang manfaat besar pada produk olahan bioproses ubi jalar. Tidak hanya zat gizi, beberapa varietas ubi jalar juga mengandung fitokimia yang meliputi karoten dan antosianin yang tentunya turut memberikan manfaat pada produk bioproses ubi jalar. Para peneliti telah banyak menyampaikan manfaat karoten dan antosianin yang diyakini sebagai anti-oksidan yang memiliki sifat fisiologis seperti anti-oksidasi, anti-kanker, perlindungan terhadap rabun senja, penuaan dan kerusakan hati.

Bioproses pengolahan yang diterapkan pada ubi jalar dapat menghasilkan produk-produk yang tidak hanya menarik karena warnanya tetapi juga karena perubahan kandungan kimianya akibat proses biokimia atau fermentasi. Perubahan tersebut menyebabkan perubahan cita-rasa dan flavor serta manfaat kesehatan bahkan dapat menyebabkan perubahan sifat fungsional ubi jalar yang dibioproses. Selain itu, ubi jalar yang diolah menjadi produk bioproses dapat meningkatkan nilai tambah ekonomi, masa simpan, serta kemudahan distribusinya. Beberapa contoh produk pangan berbasis ubi jalar yang diolah secara bioproses seperti tape ubi jalar, piket, tepung dan pati termodifikasi, serta minuman synbiotik ubi jalar dibahas pada bab 3 samapi bab 6.

Daftar Pustaka

- Alam, MK. 2021. A comprehensive review of sweet potato (*Ipomoea batatas* [L.] Lam): Revisiting the associated health benefits. *Trends in Food Science & Technology* Vol 15: 512-529
- Guo, K., Tianxiang Liu, Ahui Xu, Long Zhang, Xiaofeng Bian & Cunxu Wei. 2019. Structural and functional properties of starches from root tubers of white, yellow, and purple sweet potatoes. *Food Hydrocolloids* Vol 89: 829-836.
- Ishiguro, K. (2019). Sweet potato carotenoids. In *Sweet Potato* (pp. 223-241). Academic Press.
- Kim, J. M., Park, S. J., Lee, C. S., Ren, C., Kim, S. S., & Shin, M. (2011). Functional properties of different Korean sweet potato varieties. *Food Science and Biotechnology* Vol 20: 1501-1507
- Odake, K., Norihiko Terahara, Norio Saito, Kenjiro Toki, Toshio Honda. 1992. Chemical structures of two anthocyanins from purple sweet potato, *Ipomoea batatas*. *Phytochemistry* vol 31(6): 2127-2130
- Tanaka, Y., Sasaki, N., & Ohmiya, A. (2008). Biosynthesis of plant pigments. Anthocyanins, betalains and carotenoids. *The Plant Journal*, 54, 733-749
- Tanaka, M., Ishiguro, K., Oki, T., & Okuno, S. (2017). Functional components in sweetpotato and their genetic improvement. *Breeding science*, 16125.
- Teow, C. C., Truong, V. D., McFeeters, R. F., Thompson, R. L., Pecota, K. V., & Yencho, G. C. 2007. Antioxidant activities, phenolic and β -carotene contents of sweet potato genotypes with varying flesh colours. *Food Chemistry*, 103: 829-838
- Wang, S., Shaoping Nie & Fan Zhu. 2016. Chemical constituents and health effects of sweet potato. *Food Research International* 89: 90-116

BAB 3

BIOPROSES PIKEL UBI JALAR

Pikel atau disebut juga acar atau asinan adalah hasil pengolahan buah atau sayuran yang diawetkan dengan garam, asam, dengan atau tanpa penambahan gula dan rempah-rempah sebagai bumbu. Asam sebagai pengawet dapat ditambahkan secara sengaja atau dapat juga secara alami diperoleh sebagai hasil dari proses fermentasi asam laktat yang diterapkan ke produk. Mikroba yang berperan penting pada bioproses fermentasi asam laktat pada pickel adalah bakteri asam laktat (BAL).

Terdapat dua jenis pikel fermentasi yaitu pikel asam atau pikel manis (Behera et al., 2020). Jenis pikel asam adalah pikel fermentasi yang dibuat dengan merendam bahan mentah dalam air garam encer (2-5% garam) selama 1-2 minggu. Bakteri alami selama fermentasi menghasilkan asam laktat, yang kemudian mencegah pertumbuhan bakteri penyebab keracunan makanan dan mikroorganisme pembusuk lainnya. Jumlah garam yang ditambahkan mengontrol jenis dan kadar garam fermentasi. Jenis pikel fermentasi manis adalah pikel yang diproduksi dengan kombinasi asam laktat atau asam asetat, gula dan rempah-rempah.

Pada pembuatan pikel ubi jalar, fermentasi asam laktat diterapkan pada potongan ubi jalar disertai garam untuk mengontrol mikroorganisme, dan difermentasi selama 3 hari sampai 4 minggu, tergantung tingkat keasaman yang diinginkan. Untuk menghasilkan produk pikel fermentasi yang berkualitas, proses transformasi harus disiapkan dengan tepat untuk memastikan hanya fermentasi asam laktat yang terjadi selama fermentasi.

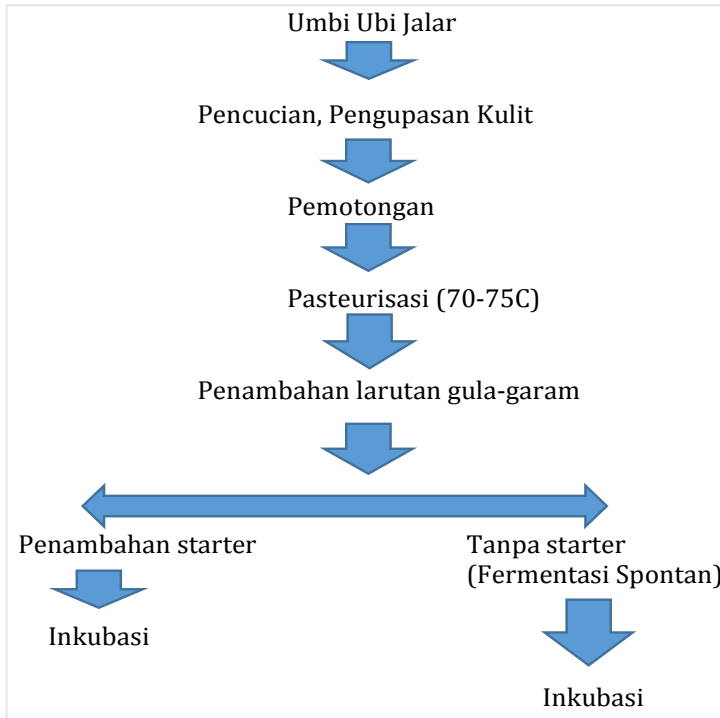
3.1. Persiapan Bahan dan Fermentasi Pikel

Bahan utama yang digunakan adalah umbi ubi jalar mentah berkualitas baik. Umbi dicuci, dikupas dan dipotong-potong berbentuk kubus (Gambar 3), stik atau lembaran tipis. Cultivar dengan kandungan β -carotene tinggi sangat cocok dibuat pikel, selain mengandung komponen aktif juga warnanya menarik. Potongan ubi jalar dipasteurisasi kemudian didispersikan ke dalam botol atau topless kaca, lalu ditambahkan larutan garam, selanjutnya diinkubasi untuk memfasilitasi proses fermentasi.



Gambar 3. Contoh Potongan Ubi Jalar (Dok pribadi)

Secara umum proses pengolahan pikel ubi jalar secara fermentasi dapat dilihat pada diagram Gambar 4 berikut:



Gambar 4. Diagram Alir Fermentasi Pikel Ubi Jalar

3.2. Faktor yang Mempengaruhi Proses Fermentasi Pikel Ubi Jalar

Bioproses pengolahan pikel ubi jalar dapat dilakukan secara fermentasi spontan ataupun dengan penambahan kultur starter fermentasi. Fermentasi spontan mempunyai kelebihan antara lain teknik pengawetannya dapat diadopsi di tingkat rumah tangga. Umumnya pikel sayuran diproses melalui fermentasi spontan tanpa penambahan starter fermentasi. Kelemahan hasil proses fermentasi spontan seringkali sangat tidak terduga karena keragaman mikroflora awal. Hal ini menyebabkan kualitas pikel tidak konsisten, flavor yang tidak disukai, dan pertumbuhan berbagai jenis mikroorganisme.

Sayuran segar mungkin mengandung berbagai mikroflora liar, didominasi oleh bakteri non-asam laktat penyebab pembusukan.

Salah satu alternatif untuk mengendalikan proses fermentasi adalah dengan menambahkan kultur BAL pada proses pembuatan pikel (acar). Beberapa penelitian terkait fermentasi pikel ubi jalar disajikan pada Tabel 2. berikut.

Tabel 2. Karakteristik Pikel Ubi Jalar

Referensi	Starter fermentasi	garam	Jenis Ubi Jalar	Lama fermentasi (hari)	Total Asam/ pH
Panda et al., 2007	<i>Lactobacillus plantarum</i>	2-10%	oranye	28	2,9-3,7 g/kg (2,9-3,0)
Panda et al., . 2009	<i>Lactobacillus plantarum</i>	8-10%	ungu	28	1,5-1,7 g/kg (2,5-2,8)
Sivakumar dkk . 2010	<i>Lactobacillus plantarum</i>	8-10%	Oranye dan ungu	28	
Yuliana et al., 2013 2009	<i>Leuconostoc mesenteroides</i> dan <i>Lactobacillus plantarum</i>	7%	oranye	12	0,5%
Yuliana & Sari 2020	Spontan/tanpa penambahan starter	1-6%	oranye	12	3,3-3,5

Penambahan kultur starter memberikan efek positif terhadap fermentasi. BAL dapat dengan cepat menghasilkan laktat dan asam organik lainnya, dan mengakumulasi dalam bahan baku. Selain itu, BAL juga menghasilkan berbagai metabolit yang berkontribusi pada pengembangan beberapa karakteristik yang diinginkan seperti senyawa anti mikroba (Bintsis, 2018), sebagai komponen fungsional dalam system imun (Garotte et al., 2015) dan keamanan pangan (Bautista-Gallego et al., 2020).

Beberapa peneliti telah menunjukkan manfaat potensial menggunakan kultur starter dalam fermentasi, misalnya dalam produksi pikel kubis rendah garam, asinan kubis **sauerkraut** juice, dan **sausages**. Fermentasi asam laktat ubi jalar dapat dilakukan dengan penambahan kultur tunggal seperti *Lactobacillus plantarum* pada larutan garam (2-10%)(Panda et al., 2007) atau menggunakan kultur campuran *Lactobacillus plantarum* dan *Leuconostoc mesenteroides* (Yuliana et al., 2013).

Selain starter fermentasi, konsentrasi garam dan lama fermentasi merupakan faktor penting lainnya yang mempengaruhi karakteristik pikel ubi jalar. Penambahan garam mempunyai manfaat dalam menseleksi mikroflora yang menguntungkan bakteri asam laktat. Garam juga berperan menarik jus dari potongan ubi jalar sebagai media, sehingga membuat nutrisi tersedia dalam air garam. Kondisi tersebut memfasilitasi lingkungan yang sesuai bagi tumbuhnya bakteri asam laktat yang memproduksi asam organik dan akhirnya memberikan rasa asam pada pikel.

Konsentrasi garam dan lama fermentasi menentukan suasana asam dan pH akhir pikel. Penambahan larutan air garam 8-10% menghasilkan pikel yang paling dapat diterima secara organoleptik di India, sementara peneliti lain di Indonesia, mendapatkan konsentrasi 5-6% adalah yang terbaik (Yuliana & Nurdjanah, 2009 & Yuliana & Sari, 2020). Jumlah karbohidrat yang dapat difermentasi dalam sayuran dan ketersediaan nutrisi dalam air garam adalah di antara faktor penting yang mempengaruhi fermentasi. Beberapa peneliti melakukan fermentasi ubi jalar secara singkat (3 hari),

namun peneliti lain seperti Panda et al (2007) melakukan fermentasi pikel ubi jalar sampai 28 hari. Dengan modifikasi teknik penggaraman, waktu fermentasi pikel dari 11 minggu dapat dipersingkat menjadi hanya 6 hari (Tan et al., 2006).

3.3. Karakteristik Pikel Ubi Jalar Fermentasi

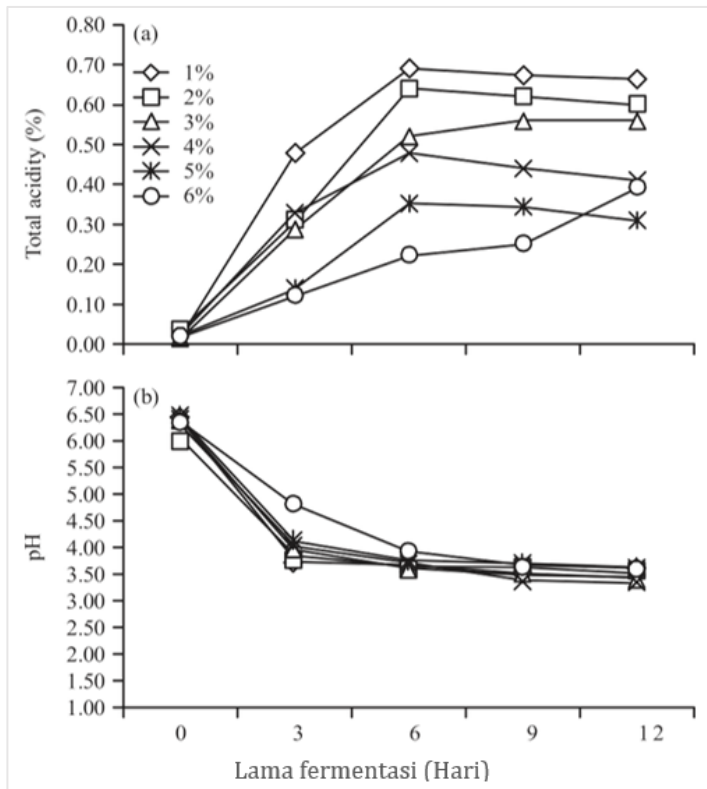
Selama fermentasi terjadi perubahan biokimia sebagai akibat aktivitas mikroorganisme terutama BAL yang tumbuh dan mensekresikan metabolit-metabolitnya. Perubahan biokimia tersebut pada akhirnya berpengaruh terhadap karakteristik pikel ubi jalar yang dideskripsikan sebagai produk yang berasa asam, asin dengan cita rasa dan aroma khas. Apa saja yang berubah selama fermentasi?

Selama fermentasi terjadi peningkatan total acidity (TA) dan akibatnya menurunkan nilai pH dari pH awal 6,12 menjadi 3,3 (Yuliana et al., 2020). Besarnya perubahan bervariasi tergantung pada konsentrasi garam (Gambar 5). Pada pikel yang difermentasi dengan garam 8-10% selama 28 hari menghasilkan pH akhir pH 2,9-3,0, keasaman yang dapat dititrasi 2,9-3,7 g/kg pada ubi jalar oranye (Panda et al., 2007). Sementara pada ubi jalar ungu dengan anthosianin tinggi dengan perlakuan konsentrasi garam dan waktu yang sama, dihasilkan pH lebih rendah yaitu 2.5-2.8, dan titratable acidity (TA) (1.5-1.7 g/kg) (Panda et al., 2009).

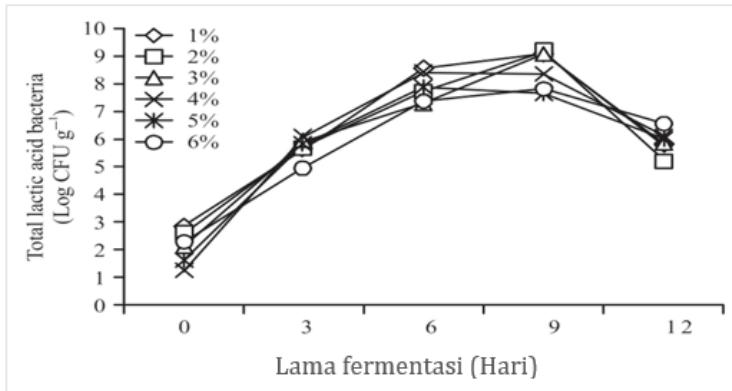
Peningkatan TA selama fermentasi menunjukkan bahwa BAL tumbuh yang terekspresi dari meningkatnya jumlah BAL (Gambar 6) dan memanfaatkan ubi jalar sebagai sumber gula untuk menghasilkan asam organik terutama asam laktat dan produk sampingan lainnya. Peningkatan TA ini sejalan dengan perubahan nilai pH.

Selama fermentasi terjadi perubahan skor hedonik pikel. Warna menunjukkan skor hedonik tertinggi di antara atribut sensori dengan rata-rata cukup suka (Yuliana et al., 2020). Warna acar ubi jalar kuning yang menarik disebabkan oleh adanya pigmen beta

karoten yang tidak larut dalam larutan fermentasi sehingga warna acar ubi jalar tetap jingga (Gambar 7). Fermentasi laktat dapat menahan 93,97% beta karoten pikel ubi jalar (Oloo et al., 2013). Pada beberapa modifikasi produk pikel ubi jalar, beberapa rempah ditambahkan untuk meningkatkan warna dan sensasi cita rasa.



Gambar 5. Perubahan Total Asam dan pH Selama Fermentasi Pikel Ubi Jalar Oranye (Yuliana et al., 2020)



Gambar 6. Perubahan Jumlah BAL Selama Fermentasi Pikel Ubi Jalar Oranye (Yuliana et al., 2020)



Gambar 7. Pikel Ubi Jalar Oranye (Dokumen Pribadi)

BAL memainkan peran penting dalam pengembangan sifat organoleptik produk, melalui aktivitas metabolismenya, BAL menghasilkan senyawa aroma dan rasa yang khas (Papadimitriou, 2016). Yuliana dan Nurdjanah (2009) mendeskripsikan sensory pikel ubi jalar ungu hasil fermentasi spontan pada konsentrasi garam 5-6% sebagai berikut: warna pink, tekstur keras, rasa asin, dan aroma agak asam sampai asam.

Lama fermentasi akan berpengaruh terhadap tingkat kekeasan tekstur. Enzim depolimerisasi yang disekresikan BAL pada fermentasi ubi jalar merupakan kontributor utama degradasi dinding sel dan pelunakan tekstur pikel ubi jalar (Oyinlola et al.,

2016). Enzim alami tambahan seperti pektin esterase, pektin metilesterase (PME), dan amilase yang ada dalam ubi jalar dapat menyebabkan proses pelunakan selama persiapan pickel (Oyinlola et al., 2016).

3.4. Penanganan Pickel Ubi jalar Pasca Fermentasi

Penanganan pasca fermentasi pickel ubi jalar kuning sangat penting. Sebagaimana pickel buah dan sayuran lainnya, pickel ubi jalar kuning pasca fermentasi yang akan dikemas ulang, berpeluang mengalami kontaminasi mikroba perusak. Kerusakan pickel dapat disebabkan oleh kapang, khamir atau bakteri sehingga pickel tidak dapat disimpan dalam jangka waktu tertentu.

Tahapan yang dapat dilakukan untuk mempertahankan kualitas pickel pasca fermentasi, salah satunya adalah mencegah terjadinya kerusakan dan meningkatkan keamanan mikrobiawinya antara lain dengan menggunakan bahan pengawet. Aplikasi asam asetat (1-2%), asam fumarate (0,1-0,2%) dan kombinasinya dapat mempertahankan pickel ubi jalar sampai 6 minggu penyimpanan (Yuliana et al., 2014). Perlakuan kombinasi asam asetat 1% dan fumarat 0,2%, menghasilkan hasil penyimpanan terbaik. Dengan pengemasan yang baik dan terjaga, pickel dapat bertahan hingga 12 bulan pada suhu kamar (Tan et al., 2006).

Daftar Pustaka

- Bautista-Gallego, J., Medina, E., Sánchez, B., Benítez-Cabello, A., & Arroyo-López, F. N. 2020. Role of lactic acid bacteria in fermented vegetables. *Grasas y Aceites*, 71(2): e358-e358
- Behera, S. S., El Sheikha, A. F., Hammami, R., & Kumar, A. (2020). Traditionally fermented pickles: How the microbial diversity associated with their nutritional and health benefits?. *Journal of Functional Foods*, 70: 103971.

- Bintsis T. 2018. Lactic acid bacteria as starter cultures: An update in their metabolism and genetics. *AIMS microbiology*, 4(4), 665–684. <https://doi.org/10.3934/microbiol.2018.4.665>
- Garrote, G. L., Abraham, A. G., & Rumbo, M. 2015. Is lactate an undervalued functional component of fermented food products?. *Frontiers in Microbiology*, 6, 629.
- Panda, S. H., Panda, S., Sethuraman Sivakumar, P., & Ray, R. C. 2009. Anthocyanin-rich sweet potato lacto-pickle: production, nutritional and proximate composition. *International journal of food science & technology*, 44(3), 445-455.
- Panda, S. H., Parmanick, M., & Ray, R. C. 2007. Lactic acid fermentation of sweet potato (*Ipomoea batatas* L.) into pickles. *Journal of Food Processing and Preservation*, 31(1), 83-101.
- Oloo, B.O., S. Anakalo, M. Symon and M.J. Barasa, 2013. Effects of lactic acid fermentation on sensory profile of orange fleshed sweet potato. *J. Food Nutr. Sci.*, 1: 13-17.
- Papadimitriou, K., A. Alegria, P.A. Bron, M. de Angelis., M. Gobbetti , M. Kleerebezem, JA Lemos, DM Linares, P. Ross, C. Stanton, F. Turroni, D van Sinderen, P Varmanen, M Ventura, M Zúñiga, E Tsakalidou, J Kok. 2016. Stress physiology of lactic acid bacteria. *Microbiol. Mol. Biol. Rev.*, 80: 837-890.
- Sivakumar, P. S., Panda, S. H., Ray, R. C., Naskar, S. K., & Bharathi, L. K. 2010. Consumer acceptance of lactic acid-fermented sweet potato pickle. *Journal of sensory studies*, 25(5), 706-719
- Tan, J.D., Forio, E.E. and Estoy, L.S. 2006. Production and Market Potential of Sweetpotato Pickles. *Acta Hort.* 703, 257-262. DOI: 10.17660/ActaHortic.2006.703.33
- Yuliana, N., Nurdjanah, S., & Margareta, M. 2013. The Effect of a mixed-starter culture of lactic acid bacteria on the characteristics of pickled orange-fleshed sweet potato (*Ipomoea batatas* L.). *Microbiology Indonesia*, 7(1), 1-1.

- Yuliana. N., Nurdjanah,S., & Sari,M. 2014. Penambahan Asam Asetat dan Fumarat untuk Memperahankan Kualitas Pikel Ubi Jalar Kuning Pasca Fermentasi Agritech Vol 34(3): 298
- Oyinlola, KA., Onilude, AA., & Garuba, OE. . 2016. Towards the development of a common starter culture for fufu and usi (edible starch): Screening for potential starters. International Journal of Food Studies, 5: 61-72

BAB 4

BIOPROSES PENGOLAHAN TAPAI UBI JALAR

Tapai atau juga dikenal dengan tape adalah makanan tradisional Indonesia yang diproses secara fermentasi pada pangan sumber karbohidrat menggunakan ragi sebagai starternya. Ragi tapai adalah kultur starter kering yang mengandung campuran kultur mikroorganisme murni, tepung beras, bumbu-bumbu seperti merica, bawang putih, kayu manis, cabai rawit, dan air. Biasanya ragi berbentuk lingkaran, kering, dan berwarna putih, dengan diameter sekitar 2,5 cm dan ketebalan 0,5 cm (Delva et al., 2022).

Sebagai produk makanan hasil fermentasi, tapai memiliki cita rasa yang khas yaitu aroma alkohol dengan kombinasi rasa manis-asam-pahit dan kadang-kadang terasa “sparkling” (Andre et al., 2019, Chiang et al., 2006). Aroma dan cita rasa tersebut merupakan hasil pemecahan komponen karbohidrat menjadi glukosa, asam organik, dan alkohol oleh aktivitas mikroba selama fermentasi. Umumnya tapai ubi jalar yang disukai adalah tapai yang memiliki cita rasa dengan tingkat kemanisan sedang, tidak terlalu asam, berkadar alkohol yang rendah, dengan tekstur yang agak lembut. Kualitas tapai secara umum bergantung pada kualitas bahan baku sebagai media fermentasi, metode pembuatan misalnya lama pengukusan, dan kandungan mikroba (konsentrasi dan jenis ragi).

Umumnya tapai komersial terbuat dari singkong dan beras ketan. Selain kedua komoditas tersebut, ubi jalar juga merupakan sumber karbohidrat yang baik dan menarik sebagai bahan baku tapai. Ubi jalar memiliki banyak varian dengan warna daging umbi beragam yaitu putih, krem, merah muda, kekuningan dan jingga (orange). Warna daging umbi ini memberikan warna tape ubi jalar lebih menarik.

4.1. Proses Fermentasi Tapai

Proses fermentasi pada pembuatan tapai menggunakan ragi melibatkan dua kelompok mikroorganisme. Pertama kelompok yang bertanggung jawab untuk memecah pati menjadi glukosa dan kedua kelompok yang mengubah glukosa menjadi etanol (Ardhana & Fleet, 1989). Ragi tapai mengandung mikroba amilolitik yang terdiri dari kapang, khamir dan bakteri asam laktat (BAL) yang berperan masing-masing dalam proses fermentasi tapai. Dengan hasil metabolismenya, keberadaan beragam mikroba mempengaruhi intensitas rasa asam; rasa alkohol; dan rasa manis tapai. Uniknya, penelitian Hasanah et (2019) menunjukkan densitas BAL tidak berkorelasi dengan aroma tapai. (Hasanah et al., 2019).

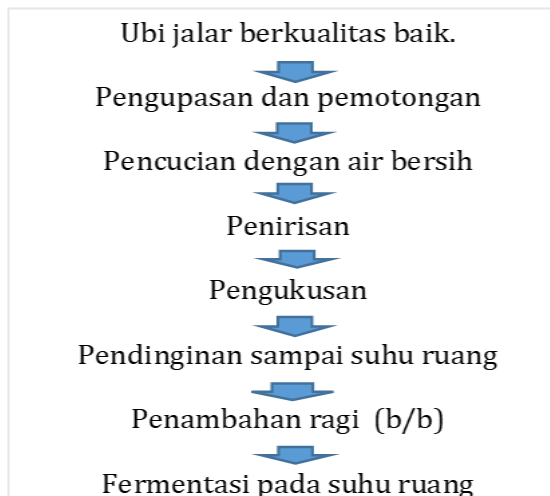
Identifikasi para peneliti menemukan mikroba dalam ragi terdiri antara lain *Amylomyces rouxii*, *Rhizopus oryzae*, *Endomycopsis burtonii* (*Hyphopichia burtonii*), *Mucor spp.*, *Candida utilis*, *Saccharomyces cerevisiae*, dan *Pediococcus pentosaceus*, *Lactobacillus plentarum* dan *L. fermentum* (Gandjar, 2023; Ko, 1972; Komagata, 1988; Saono, 1982; Steinkraust, 1995). Keberadaan kapang genus *Rhizopus* dan *Amylomyces* juga dilaporkan oleh Anasa et al (2019).

Selain mikroba di atas, peneliti lain mengidentifikasi adanya khamir *Saccharomycopsis fibuligera* (*Endomycopsis fibuligera*), dan *Candida beverwijkiae* (*Candida pelliculosa*) (Nuraida & Owens, 2014). Law et al. (2011) melaporkan *Amylomyces rouxii* dan *Candida pelliculosa* merupakan mikroba dominan dalam tapai, diikuti oleh *Saccharomyces cerevisiae* dan *Hansenula anomala*. *S. cerevisiae*

diketahui memiliki kemampuan memfermentasi gula, sedangkan *W. anomalous* dan *C. berverwijkiae* berkontribusi dalam pembentukan aroma ester dalam tape (Nuraida & Owens, 2014).

Tahapan proses pembuatan tapai ubi jalar secara umum dapat dilihat pada Gambar 8. Sebelum dilakukan fermentasi, potongan ubi jalar terlebih dahulu dipasteurisasi dengan cara pengukusan. Suhu pengukusan yang digunakan adalah 75C selama 30-40 menit per 100 gram ubi (Azara et al., 2021). Waktu pengukusan yang terlalu lama, berdampak pada tekstur tapai yang mudah hancur, sebaliknya pengukusan dalam waktu singkat akan membuat tekstur tapai masih keras.

Setelah mencapai suhu ruang, potongan ubi jalar segera diberi ragi. Jumlah ragi yang digunakan mempengaruhi proses fermentasi tapai, jika jumlah ragi terlalu sedikit akan memperlambat proses fermentasi karena kurangnya mikroorganisme yang berperan dalam proses fermentasi tapai, sedangkan terlalu banyak ragi maka proses fermentasi tapai terlalu cepat. Pada ubi jalar ungu, rentang konsentrasi ragi yang ditambahkan sebesar 0,25-3,00% (b/b) (Table 2).



Gambar 8. Diagram Alir Fermentasi Tapai Ubi Jalar

4.2. Karakteristik Tapai Ubi Jalar

Warna tapai ubi jalar bergantung dari warna ubi jalar segar sebagai bahan bakunya. Pada ubi jalar ungu, kandungan antosianin menyebabkan warna daging buah berwarna ungu. Proses pengukusan dan penambahan ragi tidak banyak mempengaruhi warna akhir tapai, sehingga warna ungu tetap bertahan menjadi warna khas tapai ubi jalar ungu. Demikian pula pada tapai ubi jalar yang dibuat dari bahan baku ubi jalar oranye, warna tapai tetap berwarna oranye yang menjadi salah satu daya tarik produk tapai ini. Tampilan tapai ubi jalar ungu dapat dilihat pada Gambar 9, dan karakteristik kimia tapai dirangkum pada Tabel 3.



Gambar 9. Tapai Ubi Jalar Ungu

Tabel 3. Karakteristik Tapai Ubi Jalar

Jenis Ubi Jalar	Ragi (%)	Lama fermentasi (jam)	Kadar Air	Alcohol (%)	Gula reduksi (%)	pH/ Total asam (%)
¹ Ungu	0,25-0,75	42	65,04-70,97	0,16-0,17	1,32-1,69	3,96-4,93/ 0,96-1,29
² Ungu	0,5	36	53,2	3,72	ttd	5,70/0,89
³ Ungu	0,5	48	ttd	0,75	3,20	4,7/ttd
⁴ Kuning	0,25-1	24-60	ttd	2,57-12,32	5,84-11,92	4,62-5,37

¹Azzara et al, 2021, ²Tiolemba et al., 2020, ³Adithya et al (2012),

⁴Simbolon (2018), ttd (tidak tersedia data)

Selama proses fermentasi, terjadi degradasi karbohidrat menjadi glukosa, kemudian glukosa dipecah lagi menjadi alkohol, asam asetat dan asam organik lainnya. Keberadaan metabolit-metabolit ini menyebabkan tapai ubi jalar mempunyai aroma khas dan berasa manis. Manisnya tapai dapat tercermin dari kandungan gula pereduksinya. Semakin tinggi konsentrasi ragi yang diberikan, semakin tinggi juga kadar glukosa dan alkohol yang dihasilkan. Gula reduksi pada tapai ubi jalar ungu berkisar 1,32-3,20%, sedangkan kandungan alkohol berkisar antara 0,16-3,72%. Karakteristik lainnya dari tapai ubi jalar dapat dilihat pada Tabel 3 di atas.

Kandungan asam tertitrisasi sebagai asam laktat pada tape ubi jalar dapat mencapai 0,96-1,29 %. Asam organik selama fermentasi dihasilkan dari aktivitas bakteri asam laktat seperti *Pediococcus sp* yang terkandung pada ragi tapai yang mampu mengubah glukosa menjadi asam laktat. Asam laktat juga dapat berasal dari kapang *Amylomyces rouxii* yang bertipe penghasil asam laktat dan ethanol (Nuraida & Owens, 2014). Pada tapai pasca fermentasi yang terpapar udara, memungkinkan tumbuhnya bakteri aerobik *Acetobacter aceti* dengan baik. Bakteri ini mampu mengoksidasi alkohol menjadi asam

asetat. Meningkatnya jumlah asam organik menyebabkan pH tapai menjadi rendah. pH tapai ubi jalar ungu dilaporkan sekitar 5,70 (Tiolemba et al., 2020) bahkan ada yang lebih rendah yaitu 3,96-4,30 (Azara et al., 2021)

Selain berasal dari alami fermentasi, cita rasa tapai juga dapat berasal dari pengemas alami dedaunan. Umumnya tapai dibuat dengan kemasan daun dari pisang, namun di Jawa Barat, Kabupaten Kuningan, tapai dikemas dengan daun jambu biji. Perbedaan jenis daun menyebabkan perbedaan aroma kedua jenis tapai tersebut. Kandungan senyawa volatil dan non-volatil dalam kemasan dapat bermigrasi dari kemasan ke produk, sehingga berbagai jenis kemasan menyebabkan rasa tapai menjadi berbeda (Putra et al., 2019).

Tapai mempunyai tekstur agak lunak, dengan rentang kandungan air 50-70%. Selama fermentasi terjadi perubahan penurunan nilai tekstur, yang dipengaruhi oleh konsentrasi ragi dan lama pengukusan. Semakin banyak ragi yang ditambahkan nilai tekstur tapai semakin menurun, demikian pula semakin lama pengukusan saat persiapan pembuatan tapai maka nilai tekstur semakin menurun. Nilai tekstur tapai ubi jalar ungu tercatat 0,77-0,91 N/m² (Azara et al., 2021), dan 1,97 N/m² (Aditya et al., 2012). Ubi jalar yang dikukus lebih lama akan mengandung air lebih tinggi.

Daftar Pustaka

- Andre Y T P, Rosida and Khoirul A. 2019. Chemical and Sensory Characteristic of Sorghum (*Sorghum Bicolor*) Tapai with Traditional Packaging. *Food Scient. Journal*. 92
- Ardhana MM, Fleet GH. The microbial ecology of tape ketan fermentation. *Int J Food Microbiol*. 1989;9(3):157-165
- Azara, R., et al 2021. Quality of Fermented Purple Sweet Potato (*Ipomea batatas* var. *Ayamurasaki*) (Tapai) in Various Yeast Concentration and Steaming Time. *IOP Conf. Ser.: Earth Environ. Sci*. 819 012052

- Adithya, SG, Yusa NM & Yusasrini, NLA. 2012. Pengaruh Waktu Pengukusan dan Fermentasi terhadap Karakteristik Tape Ubi Jalar Ungu (*Ipomoea batatas* var. *Ayamurasaki*). *Jurnal Ilmu dan Teknologi Pangan (ITEPA)*, Vol 1(1):1-9. ISSN
- Anasa, RA., , Nurlaila, W., Dharmastuti, W., Santoso, I., Maryanto, AE, Sitaresmi, S. & Yasman, Y. 2019. AIP Conference Proceedings 2168, 020080 (2019); <https://doi.org/10.1063/1.5132507> Isolation and screening of amylase activity of primary moulds in Ragi Tapai of Indonesia Published Online: 04 November 2019.
- Chiang Y W, Chye F Y & Mohd I A 2006 Microbial Diversity and Proximate Composition of Tapai, A Sabah's Fermented Beverage *Mal. J. Microbiol.* 2
- Delva, E., Arisuryanti T., & Ilmih, M.,2022. Genetic Diversity of *Amylomyces rouxii* from Ragi tapai in Java Island Based on Ribosomal Regions. *Mycobiology* Vol. 50 (2): 132-141 <https://doi.org/10.1080/12298093.2022.2028436>
- Gandjar I. 2003. Tapai from Cassava and Cereals (pp. 13–17). Presented at the the First International Symposium and Workshop on Insight into the World of Indigenous Fermented Foods for Technology Development and Food Safety: Kasetsart University.
- Hasanah, U., Ratihwulan, H., Nuraida. L. 2019. Sensory Profiles and Lactic Acid Bacteria Density of Tape Ketan and Tape Singkong in Bogor. *Agritech*, 38(3), 265-272. <https://doi.org/10.22146/agritech.30935>.
- Ko SD. 1972. Tape fermentation. *Appl Microbiol.* 1972;23(5):976–978.,
- Komagata K, Rahayu E, Uchimura T. 1988. Identification of lactic acid bacteria isolated from a Chinese starter, ragi, in Indonesia.
- Nuraida, L., & Owens, J. D. (2014). Sweet, Sour, Alcoholic Solid Substrate Fungal Fermentations. In Owens, J.D. (Ed.),

Indigenous Fermented Foods of Southeast Asia (pp. 137-155).
Boca Raton: CRC Press

Putra, AYP, Rosida, & Khoirul Azmir. 2019. Chemical and Sensory Characteristic of sorghum (*Sorghumbicolor*) Tapai with traditional packaging. *Food Science Tech Journal* Vol. 1 (2) 2019

Saono S, Basuki T, Sastraatmadja S. 1978. Indonesia ragi. Symposium on indigenous foods. Bangkok, Thailand: Presented at the Symposium on Indigenous Foods.

Saono S. 1982. Microflora of ragi: its composition and as source of industrial yeast. In *Proceedings of a technical seminar*. Jakarta: Indonesia: the Indonesian Institute of Science (LIPI); pp. 241-249

Steinkraus K. *Handbook of indigenous fermented foods*. New York: CRC Press; 1995.

Tiolemba, OM, Une, S., Limonu, M. 2020. Karakteristik Kimia Tape Ubi Jalar Ungu dengan Kemasan dan Lama Fermentasi yang Berbeda. *Jambura Journal of Food Technology* Vol. 2 (2): 1-9.

BAB 5

BIOPROSES MODIFIKASI TEPUNG UBI JALAR

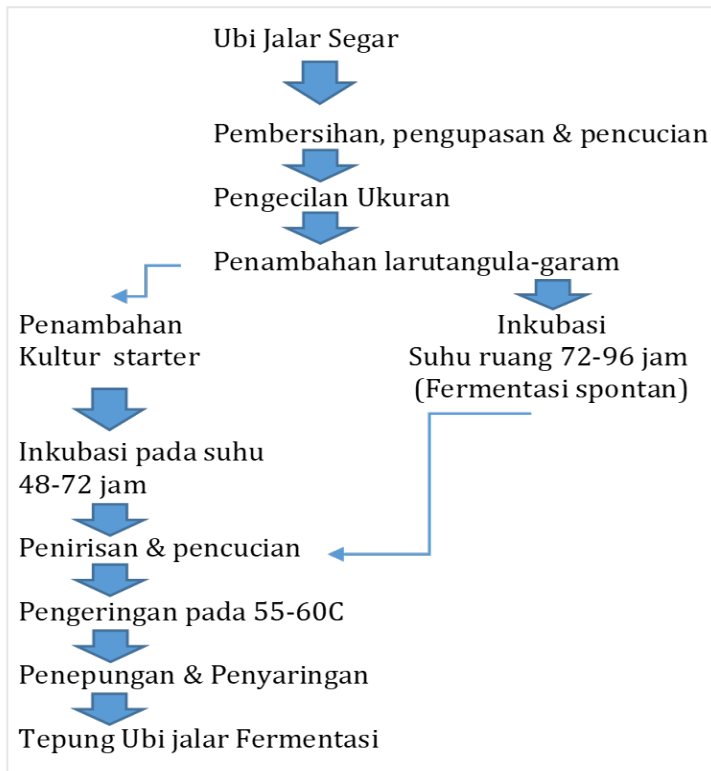
Salah satu alternatif penanganan ubi jalar segar adalah dengan mengolahnya menjadi produk dengan kadar air rendah sehingga memiliki daya simpan lebih lama yaitu tepung. Selain itu, bentuk tepung memiliki keunggulan karena bersifat kering sehingga mudah dikemas, dan disimpan, ditangani, dan juga didistribusikan. Keunggulan lainnya adalah tepung dapat dikembangkan menjadi berbagai produk lanjutan seperti roti, kue dan mie, dan produk turunan lainnya dengan lebih mudah.

Tahapan pengolahan ubi jalar menjadi tepung umumnya meliputi proses pembersihan, pengirisan, pengeringan, dan penggilingan (Yuliana & Nurdjanah, 2020). Beberapa peneliti melakukan pengupasan sebelum tahap pengirisan ubi jalar. Tepung ubi jalar yang diolah dengan cara seperti di atas memiliki profil karakteristik tersendiri antara lain indeks keputihan rendah, profil viskositas, rehidrasi, dan kelarutan yang kurang menjanjikan dibandingkan dengan tepung terigu. Saat dipaparkan ke amilograf Brabender, tepung asli tidak menunjukkan perilaku termopasta yang signifikan (Yuliana & Nurdjanah, 2013). Tepung ubi jalar juga memiliki kekentalan yang rendah (Aprianita et al., 2009).

Karakteristik fungsional alami tepung ubi jalar membatasi pemanfaatannya dalam sistem pangan. Kelemahan sifat tepung ubi jalar tersebut dapat disiasati dengan memodifikasi proses produksi antara lain dengan proses fermentasi. Enzim-enzim yang disekresi mikroba yang tumbuh dapat mendegradasi dinding sel ubi jalar dan pati sedemikian rupa, sehingga terjadi pembebasan granula pati, dan perubahan karakteristik pati (Nurdjanah & Yuliana, 2019). Perubahan sifat-sifat fisikokimia pati, porsi terbanyak di dalam tepung, menyebabkan perubahan sifat fungsional tepung dan kualitas produk yang dihasilkan menjadi lebih baik. Manfaat lain dari proses fermentasi adalah menghilangkan faktor antinutrisi (Kiran & Padmaja, 2003), meningkatkan nilai nutrisi (Amajor et al., 2014), memberikan viskositas dan elastisitas yang lebih baik ketika diterapkan pada produk makanan berbasis ubi jalar (Ajayi et al., 2018).

5.1. Proses Fermentasi Ubi Jalar

Gambaran bioproses ubi jalar menjadi tepung dapat dilihat pada Gambar 10. Umbi ubi jalar disortir secara menyeluruh untuk menghilangkan bagian yang tidak diinginkan, misalnya partikel tanah dan kotoran lainnya. Umbi yang telah disortir-cuci, ditimbang dan dikupas. Ubi jalar yang sudah dikupas kemudian diiris atau dipotong dengan menggunakan mesin manual. Selama persiapan, irisan atau potongan ubi jalar harus diolah terlebih dahulu dengan merendamnya dalam air untuk meminimalkan reaksi pencoklatan.



Gambar 10. Bioproses Ubi Jalar Menjadi Tepung
(Yuliana & Nurdjanah, 2020)

Proses fermentasi potongan ubi jalar dapat dilakukan melalui berbagai metode seperti secara spontan, penambahan kultur murni, dan fermentasi metode *back-slopping*. Faktor penting dalam bioproses pembuatan tepung ubi jalar adalah kesegaran bahan baku, metode & lama fermentasi, dan tahapan pasca fermentasi (waktu pengeringan).

Pada fermentasi spontan, tidak ada penambahan starter kultur ke dalam larutan fermentasi. Potongan ubi jalar yang telah ditiriskan kemudian direndam kembali dengan air garam 1-5% selama 48-72 jam untuk memfasilitasi proses fermentasi spontan. Dalam metode lain, beberapa gula (1%) ditambahkan bersama-sama dengan larutan air garam (Yuliana et al., 2014). Meskipun tidak ditambahkan starter,

zat dan lingkungan fermentasi spontan akan mendukung pertumbuhan BAL dan memfermentasi potongan ubi jalar. Ubi jalar kaya akan pati dan memiliki mineral dan vitamin, serta memiliki pH netral. Kombinasi dengan penambahan gula konsentrasi rendah akan memberikan media alami yang sesuai untuk fermentasi asam laktat. Selain itu, garam menyebabkan keluarnya sari ubi jalar, sehingga nutrisi menjadi tersedia untuk dimanfaatkan mikroba. Penambahan garam juga berfungsi sebagai proses seleksi mikroflora yang menguntungkan bagi BAL.

Studi sebelumnya menunjukkan fermentasi laktat merupakan fermentasi alami utama karbohidrat berbasis ubi jalar. BAL amilolitik terdistribusi terutama pada fermentasi ubi jalar alami menjadi piket (Yuliana & Sari, 2020), tepung (Ajayi et al., 2016; Mutwiri, 2007; Abbas, 2015) dan pati (Deng et al., 2013). Selama 12 hari proses fermentasi acar ubi jalar misalnya, terjadi peningkatan pesat sebanyak 6 log siklus BAL pada hari ke-9 fermentasi (Yuliana & Sari, 2020). Hasil ini menunjukkan bahwa bakteri asam laktat sebagian besar merupakan mikroflora dalam larutan fermentasi alami ubi jalar.

Pada metode fermentasi tidak spontan, fermentasi dilakukan dengan penambahan kultur starter yang telah disiapkan, baik dari stok kultur murni atau dari *back slopping*. Kultur starter *back-slopping* berasal dari cairan fermentasi sebelumnya yang mengandung mikroorganisme yang diperlukan untuk memulai fermentasi batch baru. Kemampuan strain starter untuk mendominasi fermentasi dan menghambat pertumbuhan kontaminan merupakan faktor penentu keberhasilan fermentasi. Kultur murni bakteri asam laktat (BAL) dan ragi, terutama *Saccharomyces cerevisiae* (Yuliana et al., 2018^b), dapat berfungsi sebagai starter yang sesuai untuk fermentasi ubi jalar. Di antara bakteri asam laktat, *Lactobacillus plantarum* dilaporkan sebagai starter utama pada fermentasi ubi jalar (Yuliana et al., 2017; Yuliana et al., 2018^a; Yuliana et al., 2018^b), starter BAL lainnya adalah *Lactobacillus brevis* (Ajayi et al., 2018), dan *Leuconostoc mesenteroides* (Yuliana et al., 2018^a; Yuliana et al., 2018^b), Kultur lain

yang dapat digunakan sebagai starter untuk fermentasi ubi jalar adalah *Bacillus subtilis* koji (Arief et al., 2013) dan inokulum angkak *Monascus purpureus* (Susetyo et al., 2016).

Kultur starter murni BAL dibuat dengan menginokulasikan stok kultur murni pada media MRS Broth dan diinkubasi pada suhu 37°C selama 24-48 jam sampai jumlah sel mencapai kira-kira 10^7 CFU/mL. Dalam metode *back-slopping*, kultur starter dibuat dengan memfermentasi potongan ubi jalar dalam botol steril yang berisi larutan garam 3%-sukrosa 1% (b/b) selama tujuh hari pada suhu 37°C (Yuliana et al., 2018^a). Proses fermentasi ubi jalar dapat dilakukan dalam wadah plastik tertutup yang berisi larutan garam (NaCl 3%, sukrosa 1%). Proses fermentasi dilakukan pada suhu $30 \pm 2^\circ\text{C}$ selama dua hari dalam kondisi anaerobik. Umumnya, inokulasi kultur dengan metode *back-slopping* adalah 10% dari volume larutan fermentasi.

Setelah proses fermentasi selesai, potongan ubi jalar dicuci, ditiriskan, dan dikeringkan dalam oven pada suhu 60°C selama 10-12 jam hingga kadar air mencapai 6-10%. Proses penjemuran juga dapat dilakukan dengan cara meletakkan potongan ubi jalar hasil fermentasi selama enam hari pada suhu rata-rata 32,9°C pada saat musim kemarau (Amajor et al., 2014). Ubi jalar fermentasi kering kemudian dihaluskan menggunakan mesin giling, dan tepung yang dihasilkan diayak menggunakan ayakan 80 mesh. Bagian dari tepung ubi jalar yang difermentasi dapat dicampur dengan tepung terigu atau tepung lainnya untuk membentuk tepung komposit. Tepung ubi jalar fermentasi dan tepung komposisinya dikemas dalam kantong polietilen tertutup selama penyimpanan.

5.2. Pengaruh Fermentasi Terhadap Sifat Fisikokimia Tepung

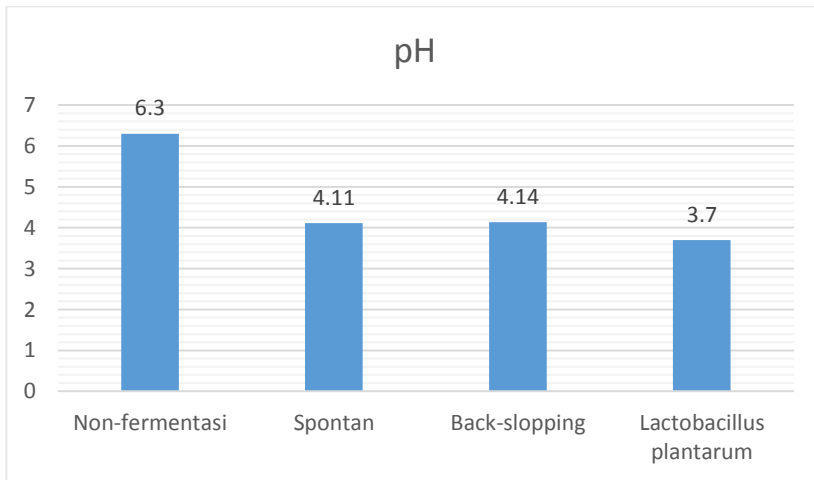
Pengaruh fermentasi terhadap sifat fisikokimia tepung ubi jalar telah banyak dilaporkan para peneliti. Fermentasi dapat mengubah daerah amorf granula pati serta komponen kimia sehingga memodifikasi sifat fisikokimia tepung (Deng et al., 2013; Numfor et al., 1995; Putri et al., 2011). Beberapa sifat fisikokimia

sebagai efek dari fermentasi disajikan pada Grafik pada Gambar 11-15 yang disarikan dari Yuliana & Nurdjanah, 2020 dan Grafik pada Gambar 16 yang disarikan dari Yuliana et al, 2018^b.

pH

pH tepung fermentasi mengalami penurunan selama fermentasi (Yuliana et al., 2014; Ajayi et al., 2016; Oluwole, 2012) karena akumulasi asam organik yang dihasilkan bakteri asam laktat (BAL), mikroorganisme dominan selama fermentasi ubi jalar. Penurunan pH tepung ubi jalar yang difermentasi bergantung pada metode fermentasi (Gambar 11).

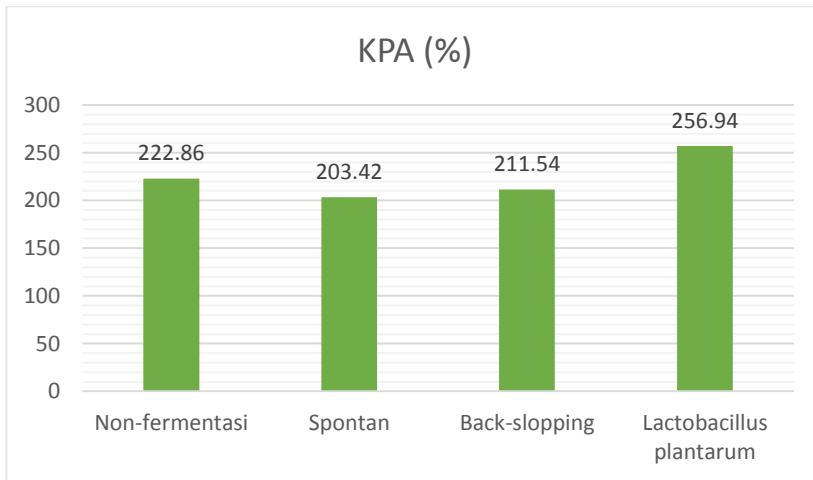
Penggunaan biakan murni, seperti *Lactobacillus plantarum*, menghasilkan pH terendah (3,7) dibandingkan dengan metode fermentasi spontan dan *back slopping*. Secara alami, *Lactobacillus plantarum* memiliki aktivitas amilolitik yang tinggi dan termasuk BAL penghasil asam yang kuat (Salminen & Wright, 1993). Penggunaan kultur BAL dalam menurunkan lebih banyak pH juga dikonfirmasi oleh Ajayi et al. (2016). Sebaliknya penggunaan BAL campuran dan ragi (*Saccharomyces cerevisiae*) sebagai starter menghasilkan tepung ubi jalar dengan pH lebih tinggi dibandingkan dengan starter BAL saja (Yuliana et al., 2017; Yuliana et al., 2018^b)



**Gambar 11. Efek Fermentasi Terhadap pH
(disarikan dari Yuliana & Nurdjanah, 2020)**

Kapasitas Penyerapan Air (Water Absorption Capacity)

Kapasitas penyerapan air (KPA) menunjukkan kapasitas tepung untuk menyerap air dan mengembang untuk meningkatkan konsistensi dalam makanan. Efek fermentasi terhadap KPA bergantung pada metode fermentasi dan starter yang digunakan (Gambar 12). Fermentasi menggunakan *Lactobacillus plantarum* sedikit meningkatkan KPA tepung ubi jalar, namun tidak ada perbedaan signifikan KPA tepung ubi jalar hasil fermentasi metode spontan dan metode back slopping dibandingkan dengan tepung ubi jalar non-fermentasi. Studi lain menunjukkan bahwa fermentasi tidak berpengaruh signifikan terhadap KPA tepung ubi jalar (Ajayi et al., 2016), sedangkan Kemi et al. (2017) menginformasikan fermentasi meningkatkan KPA tepung campuran ubi jalar-gandum.



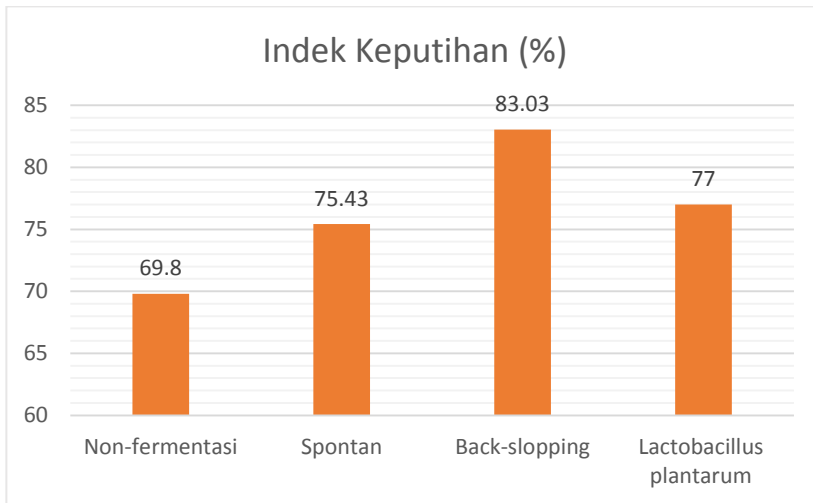
Gambar 12. Efek Fermentasi Terhadap KPA (disarikan dari Yuliana & Nurdjanah, 2020)

Indeks Keputihan

Fermentasi meningkatkan indeks keputihan tepung ubi jalar dari putih kecoklatan menjadi putih seiring waktu fermentasi. Peningkatan indeks putih tepung diduga karena turunnya kandungan konstituen penyebab pencoklatan seperti kadar abu, protein, serta kadar gula selama fermentasi (Yuliana & Nurdjanah, 2013; Yuliana et al., 2014; Yuliana et al., 2018^a; Yuliana et al., 2018^b Koubala et al., 2014). BAL memproduksi proteinase yang mendegradasi protein dalam ubi jalar dan mengubah gula bebas menjadi asam laktat. Oleh karena itu, kandungan protein dan gula bebas pada tepung fermentasi lebih rendah dibandingkan dengan tepung ubi jalar yang tidak difermentasi.

Keberadaan komponen protein dan kadar gula bebas dalam bahan dapat menyebabkan pencoklatan non-enzimatis selama pengeringan tepung, yang menghasilkan warna yang lebih gelap. Oleh karena itu, indeks keputihan tepung ubi jalar yang tidak difermentasi lebih rendah (Gambar 13). Peningkatan warna tepung ubi jalar sebagai efek fermentasi juga disampaikan oleh Mahamat et al., (2016) dan Nurdjanah & Yuliana (2019).

Fenomena perbaikan tepung karena fermentasi juga terjadi pada tepung beras (Lu et al., 2005), casava (Meryandini et al., 2011) dan sorghum (Adiandri & Hidayah, 2019).



Gambar 13. Efek Fermentasi Terhadap Indeks Keputihan (disarikan dari Yuliana & Nurdjanah, 2020)

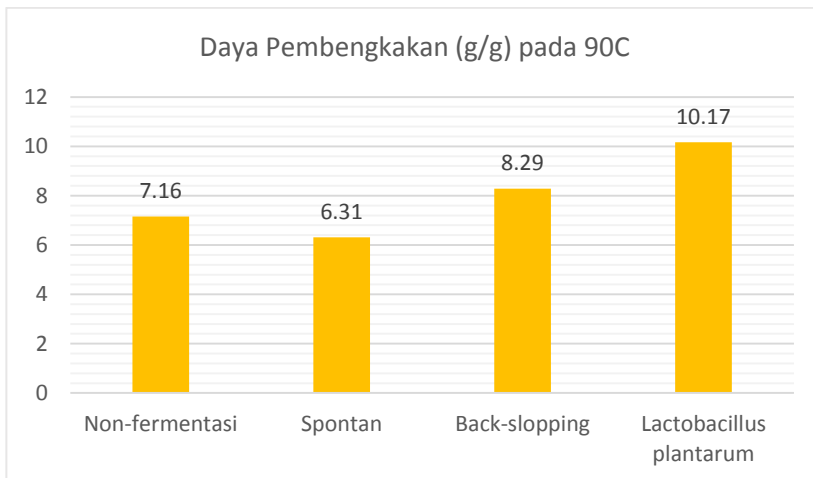
Daya Pembengkakan

Fermentasi menyebabkan peningkatan daya pembengkakan (swelling power) dengan meningkatnya suhu. *Swelling power* menunjukkan hubungan antara daerah amorf dan kristal granula pati dan tingkat interaksi ini tergantung pada proporsi amilosa-amilopektin yang dipengaruhi polimerisasi, panjang dan derajat percabangan rantai, berat molekul serta konformasi molekul (Ratnayake et al., 2002; Hoover, 2001).

Selama proses fermentasi, BAL menghasilkan amilase yang menyerang daerah amorf granula pati. Keadaan ini akhirnya mengurangi kandungan amilosa dan mempengaruhi kekuatan jaringan granula misel. Kekuatan dan karakter sistem misel di dalam granula merupakan faktor penting yang mengatur perilaku

pembengkakan pati (Ratnayake et al., 2002). Dengan demikian, sampel tepung fermentasi mungkin memiliki kekakuan struktural yang lebih rendah dibandingkan dengan tepung ubi jalar sebelum fermentasi sehingga akan lebih mudah mengembang jika dipanaskan dalam air berlebih (Yuliana et al., 2018^b). Perubahan kekuatan pembengkakan tepung ubi jalar fermentasi yang diamati pada suhu 90C dapat dilihat pada Gambar 14 .

Saat proses fermentasi berlangsung, pola daya kembang meningkat secara progresif dan menjadi stabil dan menurun seiring dengan waktu fermentasi. Pada 96 jam fermentasi, daya kembang cenderung sedikit menurun, kemungkinan karena degradasi mendalam dari amilopektin yang menghasilkan jumlah dekstrin yang lebih tinggi (Yuliana et al., 2018^b). John et al. (2002) mengidentifikasi bahwa meningkatnya proporsi tinggi dekstrin larut dari panjang rantai kecil dan menengah dalam granula pati akan mengurangi daya pembengkakan

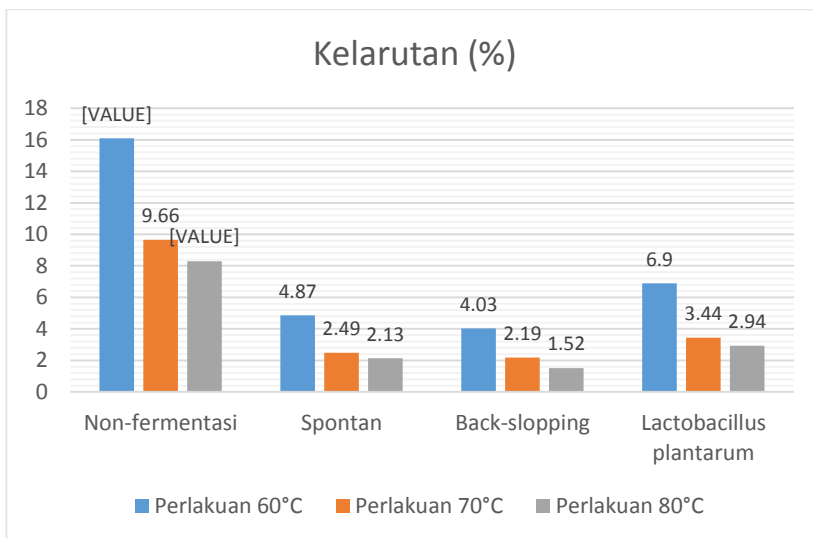


Gambar 14. Efek Fermentasi Terhadap Daya Pembengkakan (disarikan dari Yuliana & Nurdjanah, 2020)

Kelarutan

Fermentasi menyebabkan penurunan yang signifikan terhadap kelarutan tepung ubi jalar fermentasi seiring dengan peningkatan suhu (60 sampai 80C) tergantung pada starter yang digunakan (Gambar 15). Perubahan kelarutan dapat disebabkan oleh perbedaan struktur pati tepung ubi jalar sebagai akibat dari starter yang berbeda dan lama waktu fermentasi (Yuliana et al., 2018^a; Yuliana et al., 2018^b). Ketika terjadi disrupsi struktur granula pati saat granula menyerap air dan membengkak pada kondisi kelebihan air di atas suhu gelatinisasi, molekul pati akan berdifusi ke dalam larutan (Ratnayake et al., 2002; Nelles et al., 2000).

Tingkat kelarutan ini tergantung pada beberapa faktor seperti kekuatan antar-asosiatif dalam domain amorf dan kristal, ikatan kimia dalam butiran dan distribusi panjang rantai dalam pati, ukuran granula pati, dan peningkatan luas permukaan potensial yang tersedia untuk penetrasi reaksi dalam granula (Zahang et al., 2005; Moorthy, 2002; Bello-Pérez et al., 2000 Kaur et al., 2007) Faktor-faktor ini menyebabkan variasi pola kelarutan tepung ubi jalar fermentasi.

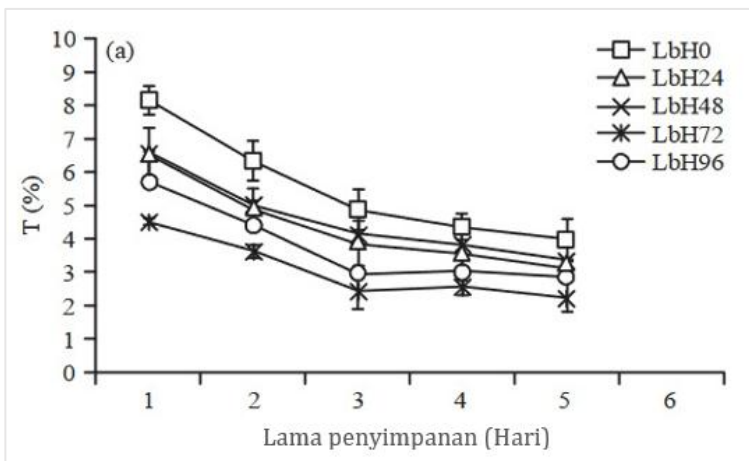


Gambar 15. Efek Fermentasi Terhadap Kelarutan (disarikan dari Yuliana & Nurdjanah, 2020)

Transmisi Cahaya (%)

Penurunan nilai transmitansi mengindikasikan kecenderungan retro-gradasi pasta pati (Sandu et al., 2007). Starter dan waktu fermentasi mempengaruhi transmitansi (%) tepung ubi jalar. Pola penurunan transmitansi (%) terjadi sampai hari-hari tertentu (2-5 hari) penyimpanan, kemudian tetap konstan (Yuliana et al., 2018^b). Semakin lama waktu fermentasi sampai batas tertentu, semakin besar kecenderungan terjadinya retrogradasi pati (Gambar 16). Tingginya kecenderungan retrogradasi tergantung pada starter yang terlibat.

Penurunan transmitansi (%) yang luar biasa pada tepung ubi jalar yang difermentasi sangat berhubungan dengan penurunan kandungan amilosa dan perubahan panjang rantai amilosa-amilopektin sebagai efek dari proses fermentasi. Menurut Ishiguro et al. (2000), retrogradasi pati ubi jalar dipromosikan oleh amilosa dan rantai amilopektin yang sangat panjang. Pengurangan densitas cabang kecil dari cabang amilopektin memberikan ruang bagi amilopektin rantai panjang untuk bergerak lebih bebas dan memudahkan proses retrogradasi (Jane et al., 1999). Selanjutnya, kecenderungan retrogradasi pasta pati dalam pati yang dimasak menghasilkan penurunan transmisi cahaya yang nyata.



Gambar 16. Efek Fermentasi Terhadap Transmisi Cahaya (Yuliana et al., 2018^b)

5.3. Pengaruh Fermentasi Terhadap Sifat Pasta

Fermentasi memiliki dampak yang signifikan terhadap sifat pasta tepung ubi jalar, antara lain peningkatan viskositas puncak, nilai **break down** dan **set back** (Yuliana et al., 2014; Yuliana et al., 2018^a; Andaningum 2017). Sifat pasta tepung ubi jalar fermentasi dapat dilihat pada Tabel 4. Fermentasi menyebabkan terjadinya degradasi beberapa granula pati, akibatnya selama pemanasan, tepung menjadi kurang tahan terhadap distorsi sehingga memiliki stabilitas pasta yang lebih rendah. Tabel berikut menunjukkan bahwa di antara tepung ubijalar, yang difermentasi, dengan *Lactobacillus plantarum* memiliki stabilitas terendah. Peningkatan nilai *set back* pada tepung ubi jalar menunjukkan adanya pergerakan retrogradasi pati tergelatinisasi tepung ubi jalar fermentasi selama pendinginan.

Tabel 4. Sifat Pasta Tepung Ubi Jalar

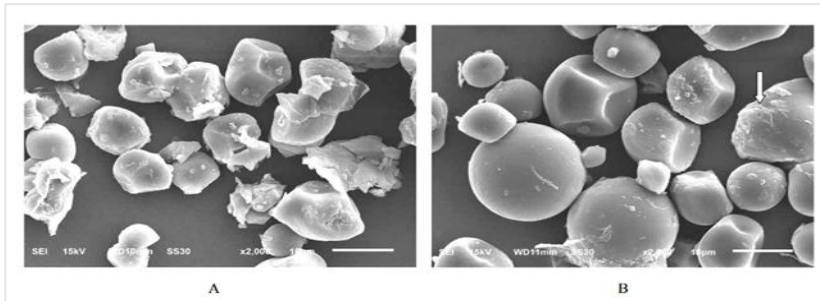
Treatments	Beginning of gelatinization (°C)	Maximum viscosity (BU)	Breakdown (BU)	Set back (BU)
Nonfermentasi	74.4±0.34	222.8±0.42	42.5±1.41	57.4±1.27
Spontan	74.13±0.11	749.5±2.83	274±22.63	139.50±7.78
Back slopping	73.4±0.000	919.3±6.72	363.5±7.07	167.4±3.18
<i>Lactobacillus plantarum</i>	74.15±0.21	805.25±13.08	400.75±7.42	125.5±9.19

Yuliana & Nurdjanah (2020)

Perubahan Granula Pati

Pengaruh fermentasi pada granula pati tepung ubi jalar ditunjukkan pada Gambar 17. Terdapatnya lubang dan sudut yang tampak lebih bersih pada granula pati menunjukkan beberapa aktivitas pemecahan pati oleh bakteri asam laktat. Pada tepung yang tidak difermentasi, bahan dinding sel masih menempel di sekitar

granula pati, sedangkan pada tepung fermentasi sudah tampak bersih. Selain itu, ukuran granula pati pada tepung fermentasi menjadi lebih besar dibandingkan dengan tepung non-fermentasi, kemungkinan disebabkan oleh penyerapan air yang lebih banyak selama masa fermentasi.



Gambar 17. Granula Pati Ubi Jalar (Yuliana et al., 2014)

Daftar Pustaka

- Abbas, B.Y. 2015. Dynamics of indigenous microorganism during the traditional fermentation of orange-fleshed sweet potato. *Equity Journal of Science and Technology* 3(II):35-42.
- Adiandri, R. S., & Hidayah, N. 2019. Effect of fermentation using *Lactobacillus casei* on the physicochemical and functional properties of sorghum flour. In *IOP Conference Series: Earth and Environmental Science* Vol. 309, No. 1, p. 012025. IOP Publishing
- Ajayi, O.I., Ehiwuogu-Onyibe, J., Oluwole, O.B., Jegede, A.A., Salami, T.A., Asieba, G.O., Chiedu, I.E., Suberu, Y.L., Aba, E.M., Dike, E.N.I., Ajuebor, F.N & Elemo, G.N. 2016. Production of fermented sweet potato flour using indigenous starter cultures. *African Journal of Microbiology Research* 10(XLI):1746-1758.
- Ajayi, O.I., Onyemali, C.P., Akinwale, T.E., Okedina, T.A., Bamidele, M.J., Ehiwuogu-Onyibe, J., Lawal, A.K. and Elemo, G.N. 2018. "Evaluation of Functional Properties of Spontaneous and

Starter Culture Fermented Sweet Potato Flour. *Microbiology Research Journal International* 26(IV): 1-8.

Andaningum, A.Z. 2017. Pofil sifat pasta tepung ubi jalar (*Ipomoea batatas*) terfermentasi sebagai bahan baku industri pangan (Thesis). University of Lampung.

Amajor, J.U, Oti, E., Ekeledo, E.N., Omodamiro, R., Amajor, E.E & Aniedu, C. 2014. Studies on the characteristic properties of fermented, sun-dried orange-fleshed sweet potato flour. *Nigerian Food Journal* 32 (I): 45-53.

Aprianita, A., Purwandari, U., Watson, B. and Vasiljevic, T. 2009. Physico-chemical properties of flours and starches from selected commercial tubers available in Australia. *International Food Research Journal* 16:507-520

Arief, D.Z, Yunisa, A & Hervelly. 2013. Characteristics of biscuits derived from modified sweet potato flour. *The International Conference on Agricultural Postharvest Handling and Processing (ICAPHP) Breakthrough In Postharvest And Processing Technology As The Backbone of Tomorrow's Green Economy*. Jakarta. Indonesia -November 19-21, 2013

Bello-Pérez, L.A, Contreras-Ramos, S.M., Jiménez-Aparicio, A.R., & Paredes-Lopez, O. 2000. Acetylation and characterization of banana (*Musa paradisiaca*) starch. *Acta Cientifica Venezuela* 51(III):143-149

Deng, F-M., Mu, T-H., Zhang, M & Abegunde, O.K. 2013. Composition, structure and physicochemical properties of sweet potato starches isolated by sour liquid processing and centrifugation. *Starch/Starke* 65(XII):162-171.

Hoover, R., 2001. Composition, molecular structure and physicochemical properties of tuber and root starches: A review. *Carbohydrate Polymer*, 45 (III): 253-267.

Ishiguro, K, Noda, T., Kitahara, K. & Yamakawa, O. 2000. Retrogradation of sweetpotato starch". *Starch - Stärke* 52(I):13-17

- Jane, J., Chen, YY., Lee, LF., McPherson, AE., Wong, KS & Radosavljevic, M. 1999. Effects of amylopectin branch chain length and amylose content on the gelatinization and pasting properties of starch. *Cereal Chemistry* 76(V): 629-637.
- John, J.K., Raja, K.C.M., Rani, S., Moorthy, S.N. & Eliasson, A. 2002. Properties of arrowroot starch treated with aqueous HCl at ambient temperature. *Journal of Food Science* 67: 10-14. DOI:
- Kemi, A.O., Mercy, AI & Orungbemi, O. O. 2017. The effect of fermentation on functional properties of sweet potato and wheat flour". *African Journal of Food Science and Technology* 8 (II):014-018. <http://dx.doi.org/10.14303/ajfst.2016.0113>.
- Koubala, B.B., Kansci,G., Bienvenu, L., Enone, E.,Ngrong, O.D., Ndjidda, VY & Essame, M.A.Z. 2014. Effect of fermentation time on the physicochemical and sensorial properties of gari from sweet potato (*Ipomeae batatas*). *British Journal of Applied Science & Technology*, 4 (XXIV): 3430-3444.
- Kaur, R., Gill, B.S & Sogi, D. 2007. Studies on the effect of aqueous hydrochloric acid on properties of wheat starch. *Journal of Food Science and Technology –Mysore* 44(IV):386-390
- Kiran, K. S & Padmaja, G. 2003. Inactivation of trypsin inhibitors in sweet potato and taro tubers during processing. *Plant Foods for Human Nutrition* 58 (II):153-163. DOI : 10.1023/A :1024476513899
- Lu, Z. H., Li, L. T., Min, W. H., Wang, F., & Tatsumi, E. 2005. The effects of natural fermentation on the physical properties of rice flour and the rheological characteristics of rice noodles. *International journal of food science & technology*, 40(9), 985-992
- Mahamat, D., Tatsadjieu, N.L.T., Kaptso, KG & Njintang, Y.N. 2016. Production, physicochemical and sensory characterization of sweet potato–bambara groundnut mixed semolina (dackere) as affected by germination and fermentation using *Lactobacillus plantarum* . *Food Measure*, 10:595–604.

- Meryandini, A., Melani, V., & Sunarti, T. C. 2011. Addition of cellulolytic bacteria to improved the quality of fermented cassava flour. *African Journal of Food Science and Technology*, 2(2), 030-035.
- Moorthy, S.N. 2002. Physicochemical and functional properties of tropical tuber starches: A review. *Starch – Stärke* 54(XII):559-592.
- Mutwiri, T.W. 2007. Textural characteristics of lactic fermented sweetpotato and its performance as sausage filler. Thesis. University of Nairobi.
- Nelles, E.M., Dewar, J., Bason, M.L. & Taylor, J.R.N. 2000. Maize starch biphasic pasting curves. *Journal of Cereal Science* 31(III): 287-294.
- Numfor, F.A., Walter Jr, W.M & Schwartz, S.J. 1995. Physicochemical changes in cassava starch and flour associated with fermentation: Effect on textural properties. *Starch – Stärke* 47(III): 86-91.
- Nurdjanah, S & Yuliana, N. 2019. Ubi Jalar :Teknologi Produksi dan Karakteristik Tepung Ubi Jalar Ungu Termodifikasi. Penerbit AURA CV. Anugrah Utama Raharja. Bandar Lampung.
- Oluwole, O.B., Kosoko, S.B., Owolabi, S.O., Salami, M.J., Elemo, N.G. & Samuel, S.O.A. 2012. Development and production of fermented flour from sweet ootato (*Ipomea Batatas* L.) as a potential food security. *Product Journal of Food Science and Engineering* 2:257-262.
- Putri, W.D.R., Haryadi, D.W., Marseno, & Cahyanto, M.N. 2011. Effect of biodegradation by lactic acid bacteria on physical properties of cassava starch. *International Food Research Journal* 18(III)3:1149-1154.
- Ratnayake, W.S., Hoover, R. and Warkentin, T. 2002. Pea starch: composition, structure and properties: A review. *Starch-Starke*, 54: 217-234

- Sandhu, K.S. & Singh, N. 2007. Some properties of corn starches II: Physicochemical, gelatinization, retrogradation, pasting and gel textural properties. *Food Chemistry* 101(IV):1499-1507.
- Salminen, S. & Wright, A.V. 1993. *Lactic acid bacteria*. New York Marcel Dekker, Inc
- Susetyo, Y.A., Hartini, S.& Cahyati, M.N. 2016. Optimasi kandungan gizi tepung ubi jalar (*Ipomea batatas* L.) terfermentasi ditinjau dari dosis penambahan inokulum angkak serta aplikasinya dalam pembuatan mie basah. *Jurnal Teknologi Aplikasi Pangan* 5(III):56-63.
- Yuliana, N & Sari, M. 2020. Natural Fermentation of Orange Sweet Potatoes to Produce Brined Pickle under Different Salt Content. *Asian Journal of Biological Sciences*, 13: 113-118.
- Yuliana, N., Nurdjanah, S., Sugiharto, R., & Amethy, D. 2014. Effect of spontaneous lactic acid fermentation on physico-chemical properties of sweet potato flour. *Micobiology Indonesia* 8(I): 1-8. DOI: 10.5454/mi.8.1.1
- Yuliana, N, Nurdjanah, S., Setyani,S. & Novianti, D. 2017. Improving properties of sweet potato composite flour: Influence of lactic fermentation. *AIP Conference Proceedings* 1854, 020040.
- Yuliana, N., Nurdjanah, S. & Dewi,Y.R. 2018^a. Physicochemical properties of fermented sweet potato flour in wheat composite flour and its use in white bread. *International Food Research Journal* 25(III): 1051-1059.
- Yuliana, N., Nurdjanah, S., Setyani, S., Sartika, D., Martiansari, Y. & Nabila, P. (2018)^b. Effect of fermentation on some properties of sweet potato flour and its broken composite noodle strand. *American Journal of Food Technology* 13: 48-56.DOI: 10.3923/ajft.2018.48.56
- Yuliana, N & Nurdjanah, S. 2020. Chapter 2. Bioprocessing and Physical Treatments of Sweet Potato Into Flour. In: *Sweet Potatoes: Growth, Development and Harvesting*. Lucas

Courtois (editor). Nova Science Publisher. ISBN: 978-1-53618-611-6

Yuliana, N & Nurdjanah, S. 2013. Development of sweet potatoes pickle as modified flour: Effort to balance the need of wheat. Research Report. University of Lampung.

Yuliana, N. & Sari, M. 2020. Natural fermentation of orange sweet potatoes to produce brined pickle under different salt content. Asian Journal of Biological Sciences

Zhang, P, Whistler, R.L., Bemiller, J.N., Hamaker, B.R. (2005). Banana starch: production, physicochemical properties and digestibility: A review". Carbohydrate Polymer 59(IV): 443-458.

BAB 6

MINUMAN SYNBIOTIK UBI JALAR

Ubi jalar mengandung senyawa bioaktif seperti beta carotene dan anthosianin yang diyakini berfungsi sebagai antioksidan, senyawa yang penting bagi kesehatan. Dengan keunggulan tersebut, sari ubi jalar sangat potensial diolah menjadi produk minuman fungsioanal yang mengandung probiotik. Probiotik merupakan suplemen berupa mikrobia hidup yang secara aktif berfungsi menyeimbangkan komposisi mikroba dalam usus. Jika dikonsumsi dalam keadaan hidup dan dalam jumlah memadai, keberadaan probiotik akan menguntungkan kesehatan (WHO, 2002).

Selain kandungan senyawa antioksidan, ubi jalar juga mengandung senyawa yang berperan sebagai prebiotik, yaitu senyawa yang tidak dapat dicerna yang dapat mendorong pertumbuhan bakteri probiotik. Prebiotik pada ubi jalar terutama dikarenakan kandungan FOS (frukto oligosakarida), inulin dan raffinosa (Lestari et al., 2013). Pengintegrasian prebiotik atau pangan sumber prebiotik dengan probiotik menghasilkan produk pangan fungsional yang disebut synbiotik (Sangouni & Ghavamzadeh., 2019). Dengan kandungan senyawa antioksidan, senyawa prebiotik dan ditambahkan kultur bakteri probiotik maka dapat dihasilkan produk pangan fungsional synbiotik yang andal.

Upaya pengembangan produk synbiotik berbasis ubi jalar semakin diperlukan dengan semakin meningkatnya ketertarikan konsumen terhadap pangan fungsional untuk menjaga Kesehatan. Ubi jalar sebagai sumber prebiotik dan antioksidan dapat diterapkan sebagai bahan utama maupun sebagai suplemen.

6.1. BAL Probiotik yang Digunakan

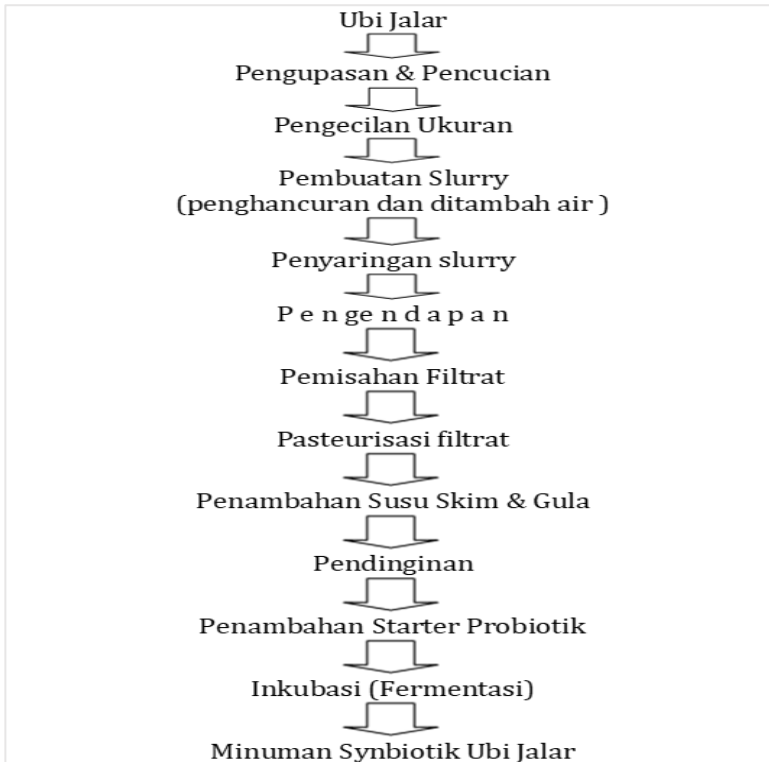
Ubi jalar dapat digunakan sebagai bahan baku pembuatan minuman sinbiotik menggunakan starter probiotik *Lactobacillus* sp. BAL *Lactobacillus* sp. adalah genus dengan spesies yang paling umum diantara bakteri asam laktat yang digunakan sebagai probiotik untuk produk susu fermentasi. Dengan demikian *Lactobacillus* sp sesuai untuk diaplikasikan pada pembuatan minuman synbiotik ubi jalar. *Lactobacillus* yang telah dilaporkan digunakan pada pembuatan minuman fungsional ubi jalar adalah *Lactobacillus casei*. Keberadaan BAL ini dalam produk memberikan efek menguntungkan bagi kesehatan, seperti mengurangi diare (Girald et al., 2008; Dietricj et al., 2014), meningkatkan respon kekebalan tubuh dan menekan sel kanker (Dallal et al., 2015).

Spesies dari *Lactobacillus* lainnya yang dapat digunakan adalah *Lactobacillus plantarum* (Tari et al., 2018; Vivek et al., 2020). Probiotik yang berasal dari “dadih” *Lactobacillus plantarum* Dad 13 bersama-sama BAL komersial *Streptococcus thermophilus* FNCC dan 0040, *Lactobacillus bulgaricus* FNCC0041 telah dimanfaatkan pada pembuatan minuman synbiotik dalam bentuk yoghurt dengan ubi jalar sebagai suplemen (Tari et al., 2018). Total probiotik minuman ini mencapai $1,98 \times 10^9$ CFU /ml. Pilihan lainnya BAL probiotik seperti *Lactobacillus acidophilus* IFO 13951 dipadukan dengan *Bifidobacterium longum*, dapat menghasilkan minuman synbiotik ubi jalar merah yang dapat diterima panelis (Nawangmulan et al, 2014). Jumlah total BAL sebagai minuman fungsional menurut SNI yogurt (SNI 2981:2009) adalah 1×10^7 CFU.

6.2. Tahapan Bioproses Minuman Synbiotik Ubi jalar

Secara umum tahapan fermentasi pembuatan minuman synbiotik ubi jalar dapat dilihat pada diagram di bawah ini (Gambar 18). Pada tahapan pengecilan ukuran, ubi jalar yang telah dikupas dan dibersihkan dan dipotong. Potongan ubi kemudian dikukus atau langsung dihancurkan disertai penambahan air. Tahapan penambahan air pada saat penghancuran adalah sebanyak $1/3$ sampai 2 kali berat ubi jalar.

Penambahan jumlah air serta jumlah susu perlu dilakukan secara optimal karena akan berpengaruh terhadap ketersediaan nutrisi dan prebiotik yang diperlukan bagi pertumbuhan BAL saat fermentasi. Mawar et al. (2018) melaporkan minuman synbiotik ubi jalar ungu, dengan starter *Lactobacillus casei* sebanyak 2%, dan perbandingan sari ubi jalar : susu skim (3:1) sebagai hasil terbaik (Mawar et al., 2018). Karakteristik akhir yang dicapai adalah pH 5,6, total probiotik $1,56 \times 10^9$ CFU, dan Viabilitas minuman sinbiotik $6,3,2 \times 10^8$ CFU pada minggu ke tiga. Sementara Siregar et al. (2014) melaporkan konsentrasi starter sebanyak 4%, dengan media sari ubi jalar hasil pengenceran dengan air sebanyak 1:3 menghasilkan karakteristik minuman synbiotik terbaik.



Gambar 18. Tahapan Bioproses Minuman Synbiotik Ubi jalar (diadopsi dari berbagai sumber)

Tahapan selanjutnya adalah tahapan pemisahan yang pati dari cairan sari ubi jalar. Pemisahan dapat dilakukan dengan memanfaatkan gaya gravitasi dengan cara sedimentasi ataupun gaya centrifugal dengan memanfaatkan centrifuge (separator). Filtrat kemudian dipasteurisasi pada suhu 70–90°C selama 15–30 menit dan ditambahkan glukosa atau sukrosa sebagai sumber gula dan susu skim sebagai sumber protein. Jika menggunakan *Lactobacillus plantarum* sebagai starter, penambahan susu tidak diperlukan karena BAL ini mampu tumbuh dengan baik pada media berbasis bahan nabati (non-dairy) (Oh et al., 2020).

Sebelum diinokulasi, filtrat pasca pasteurisasi terlebih dahulu didinginkan. Suhu saat inokulasi dan inkubasi disesuaikan dengan suhu optimum starter yang digunakan. Pada kultur *Lactobacillus casei* diterapkan suhu inkubasi sebesar 37C selama 7 jam (Mawar et al., 2018), sementara (Nusa et al., 2012.) menerapkan inkubasi selama 24 jam dan Nawangmulan et al (2014) melakukan inkubasi pada suhu 37C selama 12 jam pada produksi synbiotik menggunakan *Lactobacillus acidophilus* and *Bifidobacterium longum* sebagai starter

Untuk mendapatkan produk akhir yang lebih stabil, minuman synbiotik ubi jalar juga dapat dipreparasi dengan penambahan penstabil misalnya CMC (Nusa et al, 2012), atau dilanjutkan ke tahapan pengeringan untuk memperoleh bentuk akhir dalam bentuk serbuk (Nawangmulan et al., 2014; Chaturvedi et al., 2021). Teknik pengeringan tidak hanya meningkatkan umur simpan produk bubuk dan menyediakan fasilitas penyimpanan dan penanganan curah yang lebih baik, tetapi juga memenuhi kebutuhan konsumen akan produk yang praktis (Chaturvedi et al., 2021).

6.3. Karakteristik Minuman Synbiotik Ubi jalar

Karakteristik minumann synbiotik dari ubi jalar berwarna daging ungu, kuning dan kuning pucat disajikan pada Tabel 5. Beberapa karakteristik penentu mutu minuman synbiotik adalah total probiotik, pH, total padatan terlarut, dan sensory minuman. Sejalan dengan proses fermentasi, perubahan biokimia dan mikrobiologi akan berpengaruh terhadap karakteristik akhir minuman fungsional synbiotik ubi jalar.

Total probiotik minimum yang disyaratkan untuk minuman probiotik adalah 10^7 CFU, sehingga faktor yang berpengaruh terhadap total probiotik perlu menjadi perhatian misalnya rasio persentase BAL dan sari ubi jalar sebagai media fermentasi. Mawar et al (2018) , Sayuti et al. (2013) melaporkan total probiotik semakin meningkat seiring meningkatnya perbandingan sari ubi jalar : susu skim dan penurunan persentase *Lactobacillus casei* pada minuman synbiotik.

Tabel 5. Karakteristik Minuman Synbiotik Ubi Jalar

Jenis Ubi jalar	pH	Total padatan terlarut (Brix)	Total probiotik CFU	Total Asam (%)	Referensi
Ungu	5,5-6,3	26	10^8 - 10^9	ttd	Mawar et al. (2018)
Ungu	3,96-4,14	10,38-11,25	$1,72$ - $2,69 \times 10^6$	0,22-0,26%	Siregar et al, (2014)
Kuning	ttd	17-27		1,8-2,3	Nusa et al. (2012)
Merah (warna daging kuning pucat)	4,55-4,70	ttd	$1,7 \times 10^6$	ttd	Nawangwulan et al. (2014)
Kuning	4,23-5,10	ttd	$2,39$ - $2,53 \times 10^7$	0,41-0,68%	Cahyadi et al.(2019)

Ttd = tidak tersedia data

Salah satu ciri khas sensory minuman synbiotik adalah berasa asam, dan jika mengacu pada SNI minuman yoghurt maka pH yang diinginkan adalah sekitar 4,0-4,5. Selama fermentasi, BAL merombak laktosa susu skim serta memanfaatkan komponen gula dan molekul-molekul sederhana dalam ekstrak ubi jalar sebagai nutrisi dan memproduksi metabolit asam laktat beserta asam organik lainnya.

Akumulasi asam organik menyebabkan pH akhir minuman synbiotik turun dan berasa asam. Untuk mendapatkan nilai pH yang rendah maka lama inkubasi perlu menjadi perhatian, semakin lama inkubasi pada pembuatan minuman fermentasi, maka total asam akan semakin meningkat dan pH akan semakin rendah. Nilai pH yang rendah juga berperan dalam menggumpalkan protein kasein susu dan berkontribusi pada tekstur dan viskositas produk minuman synbitoitk ubi jalar.

Total padatan terlarut minuman synbiotik ubi jalar dilaporkan beragam dari 7-26°Brix (Table 7). Total padatan terlarut minuman sinbiotik dipengaruhi oleh komposisi minuman synbiotik. Pada pembuatan minuman synbiotik ubi jalar, komponen-komponen tersebut berasal dari ekstrak sari ubi jalar, susu, gula dan sel mikroba probiotik yang ditambahkan. Selama proses fermentasi, laktosa akan dirombak menjadi asam laktat oleh starter BAL. Laktosa sisa dan asam organik termasuk asam laktat akan terhitung sebagai total padatan terlarut bersama gula, pigmen, dan vitamin .

Secara keseluruhan, pH, total asam, total padatan terlarut dan total probiotik ubi jalar hasil fermentasi menentukan karakteristik akhir sensory minuman synbiotik ubi jalar. Mawar et al (2018) mendeskripsikan sensory minuman synbiotik ubi jalar ungu adalah berwarna coklat, viskositas sedikit kental, rasa enak dan tingkat kesukaan (overall) disukai.

Daftar Pustaka

- Cahyadi, W., Havelly & Wulandari, TA. 2019. Korelasi Campuran Starter *Lactobacillus plantarum* dengan *Streptococcus Thermophilus* terhadap Karakteristik Minuman Sinbitoiik Ubi Jalar (*Ipomoea batatas* L.) Kuning. Pasundan Food Technology Journal, Vol 6 (1):60-64
- Chaturvedi, S., Khartad, A & Chakraborty, S. 2021. The potential of non-dairy synbiotic instant beverage powder: Review on a new generation of healthy ready-to-reconstitute drinks. Food Bioscience, Vol 42:101195
- Dallal, M. M. S., Mojarrad, M., Baghbani, F., Raoofian, R., Mardaneh, J., & Salehipour, Z. 2015. Effects of probiotic *Lactobacillus acidophilus* and *Lactobacillus casei* on colorectal tumor cells activity (CaCo-2). Archives of Iranian medicine, 18(3), 0-0.
- Dietrich, C. G., Kottmann, T., & Alavi, M. 2014. Commercially available probiotic drinks containing *Lactobacillus casei* DN-

114001 reduce antibiotic-associated diarrhea. *World Journal of Gastroenterology: WJG*, 20(42), 15837.

- Giralt, J., Regadera, J. P., Verges, R., Romero, J., de la Fuente, I., Biete, A., & Guarner, F. 2008. Effects of probiotic *Lactobacillus casei* DN-114 001 in prevention of radiation-induced diarrhea: results from multicenter, randomized, placebo-controlled nutritional trial. *International Journal of Radiation Oncology Biology Physics*, 71(4), 1213-1219.
- Lestari, L.A., Soesatyo, M.H.N.E., Irvati, S. & Harmayani, E. 2013. Characterization of Bestak sweet potato (*Ipomoea batatas*) variety from Indonesian origin as prebiotic.. *International Food Research Journal* 20(5): 2241-2245
- Mawar, LA., Nur Aini, & Gunawan Wijonarko. 2018. Formulasi Minuman Synbiotik dari Susu dan Ubi Jalar menggunakan *Lactobacillus casei*. *Jurnal JITIPARI Vol 5*: 74-84
- Nawangwulan, R., Rohula Utami, Edhi Nurhartad. 2014. The Effect of Red Sweet Potato Substitution on Skim Milk as Prebiotik on Synbiotic Drink Powder Characteritic, e journal unisri.ac.id. Hal 18-28
- Nusa, MI., Syakir Naim Siregar & Iswanil. Studi Pembuatan Minuman Probiotik dari Sari Ubi Jalar (*Ipomoea Batatas*). *Agrium*, April 2012 Vol 17 (2): 124-127
- Oh YJ, Kim TS, Moon HW, Lee SY, Lee SY, Ji GE, & Hwang KT. 2020. *Lactobacillus plantarum* PMO 08 as a Probiotic Starter Culture for Plant-Based Fermented Beverages. *Molecules*. 2020 Oct 30;25(21):5056.
- Sangouni, A.A., & Ghavamzadeh, S. 2019. A review of synbiotic efficacy in non-alcoholic fatty liver disease as a therapeutic approach. *Diabetes & Metabolic Syndrome: Clinical Research & Reviews* Vol13(5): 2917-2922
- Siregar, WF., Ginting, S. & LN Limbong. 2014. Pengaruh Perbandingan Ubi jalar Ungu dengan air dan Konsentrasi

Starter terhadap Mutu Minuman Probiotik Sari Ubi Jalar Ungu. *Rekayasa Pangan dan Pertanian* Vol.2(3): 22 -28

Tari, AIN., Handayani, CB. & Sri Hartati. 2018. The Characteristics of Synbiotic Yoghurt Freeze-Drying Supplemented by Purple Sweet Potato (Study on Sucrose Concentration as Cryoprotectant). *Advances in Engineering Research*, volume 175:45-47

Vivek, K., Mishra, S., & Pradhan, R. C. (2020). Characterization of spray dried probiotic Sohiong fruit powder with *Lactobacillus plantarum*. *Lebensmittel-Wissenschaft & Technologie*, 117, Article 108699. <https://doi.org/10.1016/j.lwt.2019.108699>

WHO. 2002. Guidelines for the Evaluation of Probiotics in Food

BIOGRAFI PENULIS



Prof. Ir. Neti Yuliana M.Si, Ph.D. Dosen tetap di Jurusan Teknologi Hasil Pertanian, Fakultas Pertanian, Universitas Lampung, sejak 1992. Saat ini adalah Kepala Laboratorium Mikrobiologi Hasil Pertanian dan Ketua Pir Grup Mikrobiologi Jurusan THP, serta Mata kuliah utama yang diampu adalah Biokimia Umum, Mikrobiologi Dasar, Dasar Pengawetan, Mikrobiologi Industri, Mikrobiologi Hasil Pertanian dan Agroindustri berbasis Mikrobial.

Pendidikan S1 dengan topik skripsi “Oleoresin cabe”, ditempuh di Jurusan Teknologi Hasil Pertanian Fakultas Pertanian Universitas Lampung dan lulus pada tahun 1988. Pada tahun 1997 menyelesaikan pendidikan S2 di Jurusan Teknologi Industri Pertanian, Institut Pertanian Bogor dengan topik tesis “Fermentasi biosurfaktan menggunakan *Bacillus* “, Pendidikan S3 diselesaikan pada tahun 2004 di Department of Food Science , University of the Philippine at Los Banos, Filipina, dengan disertasi “ Biochemical Change of Fermented Durian (Tempoyak)”. Keanggotaan dalam organisasi profesi terlibat di PERMI (Perhimpunan Mikrobiologi

Indonesia), PATPI (Perhimpunan Ahli Teknologi Pangan Indonesia) dan APTA (Asosiasi Profesi Teknologi Agroindustri). Dalam bidang publikasi saat ini menjadi ketua dewan redaksi Jurnal Teknologi & Industri Hasil Pertanian. Kontak email yang dapat dihubungi neti.yuliana@fp.unila.ac.id.

Buku yang telah dipublikasikan:

1. Dasar Pengawetan Makanan: Pengendalian Mikroba (2012)
2. Tempoyak: Ilmu dan Teknologi Pengolahan Durian Fermentasi (2015)
3. Produk Hasil Pertanian Berbasis Fermentasi (2015)
4. Mikroorganisme & Pemanfaatannya (2018)
5. Teknologi Fermentasi Asam Laktat Hasil-Hasil Pertanian (2018)
6. Ubi jalar : Teknologi Produksi dan Karakteristik Tepung Ubi Jalar Ungu Termodifikasi (2019)
7. Book chapter: Bioprocessing and Physical Treatments of Sweet Potato Into Flour. In: Sweet Potatoes: Growth, Development and Harvesting. Lucas Courtois (editor). Nova Science Publisher. ISBN: 978-1-53618-611-6 (2020)