

Alhamdulillah, segala puji dan syukur penulis panjatkan kehadirat Allah SWT, buku pangan berbasis fermentasi ini telah selesai disusun. Buku ini disusun agar dapat membantu para mahasiswa dan pemerhati bidang pangan, dalam mempelajari konsep-konsep fermentasi dan jenis pangan berbasis fermentasi. Buku ini ditulis oleh para ahli pangan dibidang pengolahan pangan berbasis fermentasi. Buku ini berisi :

Bab 1 Pendahuluan

Bab 2 Pangan lokal berbahan hewan

Bab 3 Pangan lokal berbahan nabati

Bab 4 Pangan fermentasi

Bab 5 Pangan lokal berfermentasi



Jl. Nyi Wiji Adisoro Rt. 03/01 Pelemsari  
Prenggan Kotagede, Yogyakarta. 55172  
Email Marketing Cs.: nutamedijogja@gmail.com  
IKAPI No. 135/DIY/2021



TIM PENULIS

PANGAN BERBASIS FERMENTASI

# PANGAN BERBASIS FERMENTASI



Penulis

**Mulono Apriyanto, Latarus Fangohoi, Veriani Aprilia,**

**Dewi Farah Diba, Sutrisno Hadi Prayitno,**

**Nurhayati Nurhayati, Desy Ambar Sari**

Editor : Annisa Ammalia Kiti



# BAB I

## PENDAHULUAN

By. Veriani Aprilia dan Mulono Apriyanto

Pangan tradisional adalah pangan (makanan dan minuman) yang biasa dikonsumsi oleh masyarakat tertentu, dengan citarasa khas yang diterima oleh masyarakat tersebut. Produk-produk pangan tradisional merupakan bagian penting dari budaya, identitas dan warisan nenek moyang yang berkontribusi perkembangan, keberlangsungan dari suatu daerah dan menyediakan variasi pilihan pangan pada konsumen yang memiliki karakteristik sensorik tertentu yang khas dan biasanya dihubungkan konsumen dengan identitas daerah asalnya (Ahmad et al., 2021; Apriyanto et al., 2021; Priyono et al., 2018; Apriyanto et al., 2017; Muharun & Apriyanto, 2014). Beberapa produk fermentasi makanan tradisional yang terkenal oleh masyarakat antara lain tape, growol, gatot, tempoyak, tempe, asinan, dll. Produk pangan tradisional fermentasi memiliki potensi yang besar sebagai sumber pangan probiotik yang dapat memberikan efek menguntungkan bagi kesehatan. Efek probiotik yang disebabkan oleh produk fermentasi yang berasal dari aktivitas bakteri asam laktat hadir secara alami dalam produk makanan (Seprianto & Wahyuni, 2020).

### 1. Definisi Fermentasi

Istilah fermentasi pertama kali diperoleh dari bahasa latin *fervere* yang artinya mendidih. Adanya fenomena mendidih ini mulanya dilihat dari kenampakan gelembung-gelembung atau produksi karbondioksida pada sari buah atau gandum malt yang didiamkan secara alami dalam beberapa hari dalam wadah tertutup karena adanya pembongkaran gula secara anaerobic (Stanbury et al., 1995).

Definisi fermentasi semakin berkembang. Pertama, fermentasi dapat didefinisikan dari sisi produknya, yaitu proses yang melibatkan mikroorganisme untuk menghasilkan suatu produk yang disebut metabolit primer dan sekunder dalam lingkungan yang dikendalikan. Kedua, fermentasi dilihat dari sisi adanya pelibatan katalisator enzim, yaitu perombakan senyawa organik oleh mikroorganisme dengan melibatkan enzim yang dihasilkannya (Herawati & Andang, 2011). Ketiga, fermentasi dilihat dari sifatnya yang berubah sehingga dihasilkan produk yang lebih bermanfaat (Afrianti, 2013) (2). Manfaat makanan fermentasi antara lain: makanan lebih bergizi, lebih mudah dicerna, dan lebih

aman (Lestari et al., 2018). Bahan makanan hasil fermentasi dapat menjadi produk yang bernilai lebih tinggi, seperti asam – asam organik, protein sel tunggal, antibiotik dan biopolymer (Muhidin et al., 2001). Selain itu, saat ini fermentasi banyak dikembangkan untuk meningkatkan flavor, aroma, dan tekstur tertentu pada produk makanan dan minuman (Sahlin, 1999).

Secara lebih lengkap, fermentasi bisa didefinisikan sebagai suatu proses pembongkaran senyawa organik yang dilakukan oleh mikroorganisme seperti bakteri, khamir, dan kapang menjadi suatu produk metabolit primer atau sekunder yang bermanfaat bagi kehidupan manusia dengan melibatkan enzim sebagai katalisatornya.

## **2. Faktor yang Berpengaruh terhadap Fermentasi**

Seperti telah dijelaskan, fermentasi dapat dilakukan dalam lingkungan yang terkendali. Hal ini disebabkan lingkungan berpengaruh terhadap aktivitas mikrobial yang pada akhirnya dapat memengaruhi hasil atau produk diperoleh. Adapun faktor-faktor yang dapat dikendalikan antara lain:

### **a. Derajat keasaman/pH**

pH merupakan salah satu faktor intrinsik yang perlu untuk diperhatikan pada saat proses fermentasi. Pertumbuhan mikroba sangat dipengaruhi oleh pH dan penggunaan pH optimum sangat disarankan agar fermentasi dapat berlangsung lebih cepat. pH optimum dapat berbeda-beda tergantung mikrobial yang digunakan.

### **b. Suhu**

Suhu fermentasi mempengaruhi lama fermentasi karena pertumbuhan mikroba dipengaruhi suhu lingkungan fermentasi. Mikroba memiliki kriteria pertumbuhan yang berbeda – beda (Azizah et al., 2012). Contoh pengaruh suhu pada proses fermentasi yaitu pada penelitian yang dilakukan oleh Kumalasari (2011), yaitu *Saccharomyces cerevisiae* akan tumbuh optimal dalam kisaran suhu 30 – 35°C dan puncak produksi alkohol dicapai pada suhu 33°C. Jika suhu terlalu rendah, maka fermentasi akan berlangsung secara lambat dan sebaliknya jika suhu terlalu tinggi maka mikroba tersebut akan mati sehingga menyebabkan proses fermentasi tidak dapat berlangsung (Kumalasari, 2011).

### **c. Substrat (medium)**

Substrat adalah bahan baku fermentasi yang mengandung nutrisi – nutrient yang dibutuhkan oleh mikroba untuk tumbuh maupun menghasilkan produk fermentasi. Karbohidrat merupakan nutrisi sumber karbon yang pertama

kali dan paling banyak digunakan oleh mikrobia baik untuk tumbuh maupun untuk menghasilkan produk fermentasi. Sementara itu, nutrisi lain seperti protein dibutuhkan dalam jumlah lebih sedikit daripada karbohidrat (Azizah et al., 2012).

d. Cemarannya mikrobia

Cemaran mikrobia dilakukan dengan pengendalian terhadap mikrobia baik patogen maupun tidak yang dapat mengganggu atau menghambat proses fermentasi yang mengakibatkan mikroorganisme mati dan fermentasi tidak berjalan dengan sempurna (Winarno, 1974). Pencegahan cemaran dapat dikendalikan dengan pengendalian suhu, pH, aktivitas air, nutrisi, bahan kimia, maupun iradiasi. Pada umumnya, proses pengendalian terhadap cemaran yang seringkali dilakukan adalah dengan pemanasan, baik itu menggunakan sterilisasi komersial maupun pasteurisasi. Pemilihan biasanya didasarkan atas sifat bahan yang digunakan.

e. Waktu

Faktor lain yang sangat penting dalam proses fermentasi adalah waktu. Penelitian Yunus & Zubaidah (2015) melaporkan bahwa waktu fermentasi asam laktat yang terlalu singkat dapat menyebabkan pertumbuhan bakteri asam laktat tidak optimal dan jumlah populasinya kurang untuk dikategorikan sebagai probiotik. Sebaliknya, waktu fermentasi yang terlalu lama dapat menyebabkan timbulnya rasa asam yang berlebihan bahkan bisa jadi muncul flavor-flavor yang tidak diinginkan. Selain itu, waktu yang terlalu lama dapat menyebabkan penurunan jumlah populasi bakteri asam laktat akibat habisnya nutrisi pada substrat dan terakumulasinya metabolit yang bersifat toksik seperti etanol yang dihasilkan oleh bakteri asam laktat heterofermentatif (Yunus & Zubaidah, 2015).

f. Mikroba

Fermentasi membutuhkan mikroba sebagai pelaku utama. Pemilihan yang tepat penting dilakukan untuk efisiensi proses fermentasi (kecepatan dan efisiensi penggunaan nutrisi) dan arah hasil yang diinginkan dilihat dari jenis metabolit, sifat flavor produk, tekstur produk, manfaat produk, dll. Sebagai contohnya, dalam fermentasi alkohol umumnya menggunakan khamir karena khamir dapat mengonversi gula menjadi alkohol dengan adanya enzim zimase (Azizah et al., 2012). Mikroba *Saccharomyces cerevisiae* mampu mengubah gula menjadi alkohol tetapi tidak dapat mengubah galaktosa. Hal tersebut juga didukung oleh penelitian O'Leary et al. (2004), yang menyatakan bahwa *Saccharomyces cerevisiae* dapat menghidrolisis laktosa *whhey* menjadi glukosa dan

galaktosa, kemudian glukosa akan dikonversi menjadi etanol sedangkan galaktosa tidak mampu diubah menjadi etanol (O'Leary et al., 2004).

g. Oksigen

Pada umumnya proses fermentasi alkoholik berlangsung pada kondisi anaerob (tanpa oksigen). Namun demikian, terdapat jenis mikrobia tertentu yang dapat berkembang dalam kondisi aerob (dengan oksigen) maupun anaerob, seperti khamir *Saccharomyces cerevisiae* (Winarno, 1984). Menurut Richana (2011) pada penggunaan jenis mikroba *Saccharomyces cerevisiae* untuk tujuan menghasilkan alkohol maka dibutuhkan kondisi anaerob, tetapi untuk pembuatan starter (biakan awal) diperlukan kondisi aerob.

### 3. Berdasarkan sumber mikroorganisme

Berdasarkan sumber mikroorganisme, proses fermentasi dibagi dua, yaitu fermentasi spontan dan tidak spontan. Fermentasi spontan merupakan fermentasi bahan pangan yang dalam pembuatannya tidak ditambahkan mikroorganisme dalam bentuk starter atau ragi. Mikroorganisme yang berperan aktif berasal dari bahan makanan alami dalam proses fermentasi dapat berkembang dengan baik secara spontan. Kondisi fermentasi diatur agar pertumbuhannya menjadi optimal dan pertumbuhan mikrobia yang berasosiasi menjadi lambat. Seringkali fermentasi spontan ini menghasilkan produk yang tidak selalu sama sifatnya. Selain itu, kadang muncul patogen yang berasal dari penyakit bawaan makanan. Salah satu cara pengendaliannya adalah dengan penggunaan garam.

Pada fermentasi tidak spontan, mikrobia sengaja ditambahkan ke dalam makanan dalam bentuk starter atau ragi. Pada fermentasi ini, mikrobia yang ditambahkan dapat diatur dan dipilih tergantung spesifikasi proses dan produk yang diinginkan. Selama proses fermentasi berlangsung, mikrobia tumbuh dan berkembang secara aktif mengubah bahan yang difermentasi menjadi produk yang diinginkan, contohnya pada pembuatan tempe ditambahkan *Rhizopus oligosporus* dan oncom ditambahkan *Neurospora intermedia* (Suprihatin, 2010). Fermentasi tidak spontan dengan penambahan starter ini biasanya digunakan dalam fermentasi makanan skala kecil (Lestari et al., 2018).

Beberapa jenis mikroorganisme yang berperan penting dalam fermentasi bahan pangan di antaranya (Hidayanto, 2017) :

a. Bakteri asam laktat (BAL)

Golongan bakteri ini dinamai atas dasar hasil akhir fermentasi berupa asam laktat yang berasal dari perombakan gula. Asam laktat yang

dihasilkan akan memiliki rasa asam akibat penurunan pH dari lingkungan pertumbuhannya. pH yang rendah memiliki manfaat dapat menghambat pertumbuhan mikrobia yang biasanya termasuk patogen. Terdapat dua kelompok kecil mikroorganisme dari jenis BAL yaitu bersifat homofermentatif dan heterofermentatif. Jenis homofermentatif akan menghasilkan asam laktat dari metabolisme gula, sedangkan heterofermentatif menghasilkan karbondioksida dan senyawa volatil seperti alkohol dan ester. Jenis BAL yang paling sering digunakan antara lain :

- 1.) *Streptococcus thermophilus*, *S. lactis* dan *S. Cremoris* dalam fermentasi produk susu.
  - 2.) *Pediococcus cerevisiae* dalam fermentasi daging dan sayur.
  - 3.) *Leuconostoc mesenteroides* dan *L. Dextranicum* dalam fermentasi sayuran dan sari buah.
  - 4.) *Lactobacillus bulgaricus* dan *L. Plantarum* dalam fermentasi susu dan sayuran.
- b. Bakteri Asam Propionat  
Bakteri asam propionate dapat memfermentasi karbohidrat dan asam laktat untuk menghasilkan asam – asam propionat, asetat dan karbondoksida. Bakteri ini biasanya digunakan dalam pembuatan keju Swiss.
- c. Bakteri Asam Asetat  
Golongan *Acetobacter* seperti *Acetoacter aceti* mampu memfermentasi dengan cara mengoksidasi alkohol dan karbohidrat menjadi asam asetat. Bakteri ini sering ditambahkan pada industri cuka.
- d. Khamir  
*Saccharomyces cerevisiae* merupakan salah tau mikrobia yang banyak digunakan untuk pembuatan minuman beralkohol, seperti *wine*, bir, maupun sebagai pengembang pada pembuatan roti.
- e. Kapang  
Jenis kapang dari golongan *Aspergillus*, *Rizopus* dan *penicillium* sering digunakan dalam proses pembuatan kecap, tempe dan keju.

#### **4. Jenis pangan lokal terfermentasi**

##### **4.1. Berbasis Buah**

###### **4.1.1. Tempoyak**

Buah biasanya membungkus dan melindungi biji. Buah kaya akan vitamin, mineral, lemak, protein, serat serta memiliki rasa-aroma khas dan keunikan

tersendiri. Buah-buahan dewasa ini semakin mendapat perhatian dari masyarakat, baik sebagai menu makanan, produk olahan maupun sebagai komoditas ekonomi yang bernilai tinggi (Apriyanto & Rujiah, 2018; Hassan, 2005).

Buah durian umumnya dikonsumsi segar yaitu langsung dikonsumsi, dibuat sari buah atau ditambahkan ke dalam es krim (Apriyanto et al., 2017; Neti Yuliana, 2007). Untuk memperpanjang masa simpan dan penganekaragaman produk, durian dapat pula diolah melalui serangkaian pengolahan-pengolahan. Pengolahan daging durian dapat dikategorikan sebagai pengolahan yang melibatkan mikroba atau diproses secara mikrobiologi (fermentasi) dan pengolahan secara fisika kimia (non-fermentasi) (Chrysti, 2008). Pengolahan secara mikrobiologi merupakan proses pengolahan yang melibatkan bakteri asam laktat atau fermentasi. Produk yang dihasilkan dikenal dengan sebutan tempoyak.

Tempoyak sebagai pangan fermentasi tradisional Indonesia tidak lepas dari peran mikroba selama prosesnya, terutama BAL yang akan menentukan kualitasnya. Hasil olahan durian secara tradisional yang bertujuan untuk memperpanjang masa simpan dan menjadi salah satu bentuk diversifikasi produk yang cukup dikenal oleh masyarakat Melayu Sumatera adalah tempoyak. Fermentasi pada umumnya berlangsung selama tujuh hari dan daging durian berubah dari massa yang padat ke semisolid disertai dengan suatu aroma asam yang kuat. Fermentasi tempoyak disebabkan oleh aktivitas bakteri asam laktat (BAL) pada prosesnya (Aisyah et al., 2014).

BAL adalah bakteri Gram positif, batang atau kokus yang tunggal, berpasangan atau rantai, tidak berspora, terkadang membentuk segi empat, katalase negatif, toleran terhadap asam, dan anaerob fakultatif. Bakteri yang termasuk BAL adalah *Aerococcus*, *Carnobacterium*, *Enterococcus*, *Lactobacillus*, *Lactococcus*, *Leuconostoc*, dan *Lediococcus* (Apriyanto & Rujiah, 2018).

Fermentasi durian secara spontan adalah fermentasi yang dilakukan mengikuti kebiasaan masyarakat yaitu fermentasi yang tidak dikontrol dengan penambahan starter atau kultur. Pembuatan dengan metode ini dilakukan dengan cara melumatkan daging buah durian dan diberi garam sampai homogen, kemudian ditempatkan pada wadah atau toples tertutup rapat dan diinkubasi pada suhu kamar selama satu minggu sampai sepuluh hari. Penambahan dapat juga dilakukan dengan cara meletakkan selapis demi selapis durian dan garam sampai wadah mendekati penuh (Neti Yuliana, 2007). Pada masyarakat yang

tinggal di tepi hutan, proses fermentasi dilakukan dalam tabung-tabung bamboo yang tertutup.

Pada pengolahan durian secara fermentasi adalah terciptanya kondisi anaerobik sampai sedikit aerobik, karena fermentasi melibatkan bakteri asam laktat yang bersifat aerofilik (kondisi sedikit aerobik). Dengan demikian bahan fermentasi harus seimbang dengan wadah fermentasi sedemikian rupa sehingga hanya tersisa sedikit ruang antara bahan dan tutup wadah (Neti Yuliana, 2007). Kandungan garam yang rendah akan lebih mendukung pertumbuhan bakteri asam laktat sehingga produk akhir mempunyai tingkat keasaman tinggi dalam waktu yang relative lebih cepat dibandingkan dengan tempoyak yang diberi garam tinggi (Apriyanto, Riono, et al., 2020). Namun demikian, tempoyak yang dihasilkan dengan garam tinggi lebih awet dibandingkan dengan yang bergaram rendah. Cairan tersebut mengandung gula, protein terlarut, mineral dan zat-zat lain yang dapat digunakan sebagai substrat oleh bakteri asam laktat (BAL) (Nurhayati & Apriyanto, 2021; Saunshi et al., 2020). Larutan garam juga berfungsi sebagai media selektif pertumbuhan mikroorganisme. Pada kadar garam yang rendah, jumlah dan jenis mikroba yang tumbuh lebih banyak, produksi asam lebih cepat sehingga berpengaruh terhadap keasaman total. Sedangkan pada tempoyak yang diberi garam tinggi, hanya bakteri asam laktat selektif yang dapat hidup sehingga tingkat keasaman berkurang dan secara sensori, rasa asin menjadi dominan (Apriyanto & Rujiah, 2018; Neti Yuliana, 2007).

Fermentasi spontan memberi kemungkinan tumbuhnya mikroba yang tidak diinginkan. *Bacillus* sp dilaporkan ditemui pada fermentasi durian yang dibuat secara spontan (Haruminori et al., 2017; Hasanuddin, 2010, 2017; Neti Yuliana, 2007; Reli et al., 2017; Yuliana, 2007). Selain non-bakteri asam laktat, yeast/khamir juga ditemui di tempoyak yang berasal dari produsen tempoyak di Palembang (Angga Romadon, 2017; T. P. Griana & Kinasih, 2020; Kiti et al., 2018). Penggunaan inokulum bakteri asam laktat sebagai starter tempoyak belum lazim dilakukan di masyarakat. Kultur yang harus ditambahkan sebagai ragi pada pembuatan tempoyak adalah bakteri asam laktat (BAL), karena fermentasi durian menjadi tempoyak merupakan fermentasi laktat (Apriyanto, 2018, 2020; Jöbstl et al., 2004; Nur, 2009). Kultur mikroba yang diinokulasikan ke dalam medium fermentasi adalah pada saat kultur mikroba tersebut berada pada kondisi fase pertumbuhan eksponensial. Penambahan inokulum juga terbukti membuat waktu fermentasi tempoyak menjadi lebih singkat yaitu 2-4 hari



(Aisyah et al., 2014; Ansori, 2020; Apriyanto, Mardesci, et al., 2020; Hassan, 2005; Rahmadewi & Darmadji, 2018) dari umumnya 7-10 hari.

Keberadaan bakteri ini yang dominan pada awal fermentasi akan menekan pertumbuhan mikroba lainnya. Tempoyak yang tidak diberi inoculum memiliki mikroba selain BAL seperti khamir, jamur, dan bakteri lainnya sehingga tempoyak yang diberi inoculum  $10^4$  cfu/g dan  $10^8$  cfu/g lebih baik dibandingkan dengan tanpa inoculum. Penggunaan BAL sebagai starter atau inoculum pada produk-produk fermentasi yang lain juga menunjukkan hasil yang baik (Apriyanto, 2017, 2018; Apriyanto et al., 2017) sehingga banyak dikembangkan sebagai probiotik.

#### **4.1.2. Mandai**

Di Kalimantan, Cempedak atau Tiwadak, selain dikonsumsi daging buah dan biji, kulitnya dapat diolah menjadi makanan yang dinamakan mandai atau dami. Pembuatan mandai dilakukan dengan cara fermentasi spontan dan disimpan pada suhu ruang. Tahapan pengolahan meliputi pengupasan kulit buah, pembuangan kulit ari, dan perendaman dengan air garam dengan tujuan untuk mengawetkan dan melunakkan teksturnya. Lama perendaman adalah selama beberapa jam hingga sebulan. Mandai Cempedak yang telah difermentasi BAL memiliki banyak manfaat bagi kesehatan tubuh khususnya dapat berpotensi sebagai probiotik. Hasil fermentasi dari Mandai Cempedak berupa asam-asam organik yang berasal dari aktivitas mikroba selama fermentasi. Komponen asam organik dari aktivitas BAL diantaranya adalah asam laktat, yang dapat dimanfaatkan menjadi penyedap rasa. Cuka laktat merupakan salah satu bagian dari komponen penyedap rasa yang ditambahkan ke dalam produk makanan atau proses pengolahan produk makanan.

Penggunaan kultur pemula akan menyebabkan produk memiliki kandungan polifenol dan aktivitas antioksidan yang berbeda. Penggunaan teknik fermentasi yang higienis menyebabkan populasi BAL tumbuh dengan dominan selama periode fermentasi. Total flavonoid meningkat dari 6,8 mg CE/Kg pada hari pertama menjadi 20,8 dan 21,7 mg CE/Kg pada hari ke-6 dan ke-7 fermentasi. IC<sub>50</sub> terhadap DPPH menurun dari setara 212,6 ppm menjadi 130,8 ppm setara Vitamin C. Dari parameter kadar flavonoid dan IC<sub>50</sub> terhadap DPPH dapat disimpulkan bahwa waktu optimum fermentasi mandai cempedak higienis tanpa garam pada suhu 37 °C adalah 6 hari.

#### **4.2. Berbasis Sayuran**

Sayur-sayuran menjadi sumber mineral dan vitamin A maupun C serta dapat dijadikan sebagai sumber serat pangan. Sayuran hijau banyak mengandung folat dan vitamin (Hayati et al., 2017). Produk pertanian tersebut didistribusikan ke berbagai daerah untuk memenuhi kebutuhan penduduk akan sayuran. Namun, setelah dipanen sayuran mudah sekali rusak dan membusuk karena kandungan airnya yang tinggi. Hal ini sangat merugikan petani karena hasil panen sebagian harus dibuang. Proses pembusukan harus dihambat agar sebagian besar produk sayuran dapat dimanfaatkan secara maksimal, salah satunya dengan pengembangan beberapa cara pengawetan. Pengawet sayuran merupakan cara yang digunakan untuk membuat memiliki daya simpan yang lama dan sayuran dapat mempertahankan sifat-sifat fisik dan kimia sehingga dalam sayuran tidak terjadi penurunan kualitas pada sayur tersebut, seperti mencegah terjadinya pembusukan terlalu dini. Dalam mengawetkan sayuran harus diperhatikan jenis sayuran dan bentuk sayuran.

Fermentasi dibedakan menjadi dua, fermentasi aerobik dan anaerobik. Fermentasi aerobik adalah fermentasi dimana proses fermentasi tersebut akan membutuhkan oksigen, sedangkan fermentasi anaerobik merupakan fermentasi yang tidak membutuhkan oksigen dan pada fermentasi anaerobik akan menghasilkan asam laktat. Secara umum dapat diambil kesimpulan bahwa fermentasi asam laktat menghasilkan keuntungan-keuntungan yaitu sebagai berikut menyebabkan bahan pangan menjadi resisten terhadap pembusukan mikrobiologi dan pembentukan racun-racun makanan, menyebabkan bahan pangan menjadi kurang ideal sebagai media perpindahan mikroba-mikroba patogen, menyebabkan bahan pangan mengalami penurunan nilai gizi, serta memodifikasi cita-rasa orisinal bahan pangan menjadi lebih merangsang selera makan dan kadangkala memperbaiki nilai gizi.

Sayuran ini bersifat mudah rusak dan busuk, sehingga menghasilkan limbah (bau) yang menjadi suatu permasalahan di lingkungan. Limbah yang dihasilkan dari sayuran kubis yaitu limbah daun yang membusuk. Limbah inilah yang merupakan tempat hidupnya suatu bakteri yang dinamakan *Lactobacillus plantarum*, *Lactobacillus delbrueckii*, *Lactobacillus fermentum*, dan *Lactobacillus brevis*. Bakteri ini merupakan suatu mikroorganisme yang berfungsi dalam pembentukan asam laktat. Proses fermentasi asam laktat berlangsung dengan adanya aktivitas bakteri asam laktat tersebut. Fermentasi asam laktat berlangsung secara spontan, karena terjadi secara alamiah dengan memperhatikan kondisi lingkungannya yaitu anaerobik dan penambahan garam NaCl secukupnya (Azka et al., 2018; Utama & Mulyanto, 2009).

### 4.3. Berbasis Ikan dan Udang

Indonesia terdiri atas 17.502 buah pulau, dan garis pantai sepanjang 81.000 km dengan Luas wilayah perikanan di laut sekitar 5,8 juta Km<sup>2</sup>, yang terdiri dari perairan kepulauan dan teritorial seluas 3,1 juta Km<sup>2</sup> serta perairan Zona Ekonomi Eksklusif Indonesia (ZEEI) seluas 2,7 juta Km<sup>2</sup>. Fakta tersebut menunjukkan bahwa prospek pembangunan perikanan dan kelautan Indonesia dinilai sangat cerah dan menjadi salah satu kegiatan ekonomi yang strategis. Sumberdaya ikan yang hidup di wilayah perairan Indonesia dinilai memiliki tingkat keragaman hayati (biodiversity) paling tinggi (Ahillah et al., 2017). Ikan adalah produk hasil perikanan laut dan darat. Ikan merupakan sumber protein tinggi baik ikan air laut maupun ikan air tawar. Udang juga merupakan salah satu sumber protein dan termasuk ikan air laut. Kedua jenis produk hasil laut dan perikanan tersebut banyak diolah oleh masyarakat sebagai lauk dan sayur ikan. Ikan merupakan bahan makanan yang mudah membusuk (perishable food) sehingga pengolahan dan pengawetan mutlak diperlukan, guna menjaga agar produk yang dihasilkan tambak dapat sampai ditangan konsumen dalam keadaan baik dan layak dimakan. Diperlukan suatu penanganan, yang berupa proses pengolahan baik bersifat tradisional maupun secara modern. Selain itu diversifikasi produk/pengolahan ikan dan udang termasuk pangan lokal yang proses pengolahannya dilakukan secara fermentasi.

Fermentasi ikan bergaram merupakan suatu cara pengawetan yang cocok dilakukan di Indonesia. Namun, dalam pengolahannya sehari-hari masyarakat tidak melakukan penimbangan garam saat proses pembuatan wadi sehingga dapat mengakibatkan rasa sangat asin. Penelitian oleh Widowati et al., (2011) menggunakan ikan patin sebagai bahan baku utama dengan melihat pengaruh pra-fermentasi garam terhadap karakteristik kimiawi dan mikrobiologi bekasam ikan patin dengan konsentrasi garam 5, 10, dan 15%. Konsentrasi garam tersebut menunjukkan perbedaan yang nyata terhadap hasil kadar air, pH, dan kadar asam total terhadap bekasam yang dihasilkan. Namun konsentrasi garam yang digunakan terlalu tinggi sehingga harus dilakukan penurunan konsentrasi garam.

Produk pangan yang difermentasi akan memanfaatkan bakteri asam laktat dalam proses pembuatan produk fermentasi. Menurut Widowati et al., (2011), semua bakteri asam laktat memerlukan karbohidrat yang dapat difermentasi sebagai sumber energi yang digunakan dalam penelitian ini yaitu beras. Bakteri asam laktat (BAL) didefinisikan sebagai suatu kelompok bakteri Gram positif,

tidak menghasilkan spora, sebagian besar bersifat katalase negatif, berbentuk bulat atau batang yang memproduksi asam laktat sebagai produk akhir metabolik utama selama fermentasi karbohidrat. Aktivitas antibakteri pada garam disebabkan oleh kemampuannya untuk menurunkan ketersediaan air bebas. Pemberian garam memberikan rasa asin pada hasil fermentasi. Semakin tinggi konsentrasi garam maka semakin asin produk hasil olahan tersebut (Barades et al., 2013; Masud et al., 2020).

Potensi pasar udang di tanah air terus meningkat seiring pertumbuhan ekonomi nasional (Karimah et al., 2018). Hasil panen udang menurun, dikarenakan kualitas air yang digunakan semakin lama semakin menurun (Umasugi et al., 2019). Selain itu juga, penggunaan suplemen peningkatan produktivitas udang yang tidak tepat dapat menyebabkan kerusakan lingkungan dan resistensi virus, bakteri, dan jamur. Penggunaan antibiotik jenis teramycin, erythromycin, oxytetracycline, dan furazolidone berlebihan menimbulkan kematian mikroba baik, seperti *Lactobacillus plantarum*, *Nitrosomonas europaea*, *Bacillus subtilis*, dan *Bacillus apiaries* (Apriyanto et al., 2017; Apriyanto & Rujiah, 2018). Prebiotik alami berfungsi mengurangi bakteri merugikan, meningkatkan kualitas lingkungan, pertumbuhan pakan alami, proses dekomposisi sisa bahan organik tambak, dan memperbaiki mikroba pencernaan udang untuk meningkatkan penyerapan gizi makanan, serta mengurangi kematian sehingga hasil panen udang meningkat (Fajri et al., 2014). Industri pembekuan udang di Indonesia banyak menghasilkan limbah-limbah antara lain berupa kepala udang. Sisa udang yang tidak dimanfaatkan mencapai 9000-11000 ton per tahun (Masud et al., 2020).

Proses fermentasi pada terasi dilakukan penambahan garam yang berfungsi untuk mengontrol pertumbuhan mikroorganisme yang berperan pada fermentasi terasi dan menghambat mikroba pembusuk. Penggunaan garam pada pembuatan terasi dapat menyeleksi jenis mikroba tertentu yaitu mikroba yang bersifat halofilik saja yang tumbuh. Bakteri halofilik yaitu bakteri yang tahan terhadap kadar garam tinggi. Bakteri halofilik yang berperan dalam fermentasi terasi membutuhkan konsentrasi NaCl tertentu untuk pertumbuhannya. Pada umumnya bakteri halofilik merupakan bakteri pembentuk cita rasa yang baik, bakteri halofilik yang bekerja pada fermentasi terasi diantaranya *Bacillus*, *Pediococcus*, *Lactobacillus*, dan *Micrococcus*. Selama ini udang rebon hanya dimanfaatkan sebagai bahan baku pembuatan terasi. Terasi merupakan produk olahan tradisional dengan prinsip pengolahan secara fermentasi. Teknik

fermentasi yang digunakan sederhana, yaitu hanya menggunakan perlakuan penggaraman dan didiamkan beberapa saat dalam kondisi tertutup.

Penambahan daging ikan dalam proses pembuatan terasi udang rebon ini diketahui dapat menambahkan cita rasa dari terasi yang dihasilkan, hal ini disebabkan oleh kandungan protein yang terkandung di dalam daging ikan. Asam amino yang diperoleh dari proses fermentasi garam melalui pemecahan komponen bahan baku oleh aktivitas enzim pendegradasi (misalnya protease, amilase, dan lipase) merupakan prekursor timbulnya rasa gurih (umami). Selama proses fermentasi ikan berlangsung, semakin besar produksi enzim dari mikroorganisme dapat menghasilkan pembentukan asam amino semakin tinggi oleh aktivitas enzim proteolitik, terutama asam glutamat dan asam aspartate (Ukhty et al., 2017).

#### **4.4. Berbasis Pati, Biji – bijian,**

*Minuman prebiotik Rice Drink.* Minuman ini merupakan hasil fermentasi dari nasi yang menggunakan kultur murni kapang *Amylomyces rouxii*. Kapang ini mampu menghasilkan enzim amiloglukosidase yang dapat memecah pati menjadi gula sederhana seperti glukosa (Nout, 2007). Hasil penelitian yang dilakukan oleh Kusuma dkk, 2020 membuktikan bahwa minuman ini dapat juga digolongkan sebagai minuman probiotik dengan penambahan isolat *Lactobacillus* sp. F213. Berdasarkan penelitian tersebut didapatkan hasil bahwa lama fermentasi berpengaruh terhadap total bakteri asam laktat, total gula, total asam, pH dan rasa asam. Lama waktu fermentasi terbaik adalah 22 jam yang menghasilkan *fermented rice drink* dengan kriteria total BAL 13,26 Log CFU/ml, total gula 22,35%, total asam 1,71% dan pH 3,99. Secara keseluruhan pada evaluasi sensoris minuman *fermented rice drink* dapat diterima oleh panelis (Kusuma et al., 2020).

Kombucha. Kombucha merupakan minuman hasil fermentasi cairan teh dan gula yang melibatkan aktivitas bakteri dan khamir. Manfaat kombucha antara lain sebagai sumber antioksidan, antibakteri, memperbaiki mikroflora usus, meningkatkan ketahanan tubuh, dan menurunkan tekanan darah (Suhardini & Elok, 2016). Manfaat dari kombucha disebabkan adanya kandungan senyawa fenolik yang memiliki aktivitas antioksidan. Starter kultur yang digunakan untuk fermentasi kombucha disebut SCOBY (*Symbiotic Culture of Bacteria and Yeasts*) yang merupakan kultur campuran berisi bakteri dan khamir (yeast) (Wistiana & Zubaidah, 2015). Mikroorganisme dari golongan bakteri adalah *Acetobacter xylinum* sedangkan dari golongan khamir terdiri dari beberapa

spesies anggota genus *Brettanomyces*, *Zygosaccharomycetes* dan *Saccharomyces* (Suhardini & Elok, 2016).

Tepung mocaf (*modified cassava flour*). Tepung mocaf mulai banyak digunakan oleh masyarakat karena fungsinya yang baik untuk saluran cerna, mencegah kanker kolon, serta mempunyai efek hipoglikemis. Tepung ini dibuat dari fermentasi singkong dengan mikrobial *Acetobacter xylinum*, *Rhizopus oryzae* dan *Saccharomyces cerevisiae* serta *Lactobacillus casei* (Aida et al., 2012; Darmawan et al., 2013; Salim, 2011). Tepung ini memiliki harga yang lebih murah dibandingkan tepung terigu, namun kandungan proteinnya lebih rendah sedikit serta tidak memiliki gluten seperti terigu. Tepung mocaf biasanya digunakan sebagai campuran tepung terigu dalam pembuatan kue kering, bihun, bakso, kerupuk, brownis, dll.

*Nata de Cassava*. Hasil olahan singkong lainnya dengan isolate *Acetobacter xylinum* yaitu *nata de Cassava*. Isolat menghasilkan enzim ekstraseluler yang dapat melakukan polimerisasi glukosa menjadi ribuan rantai (homopolimer) serat atau selulosa. Banyaknya isolate yang tumbuh di dalam media dapat menghasilkan lembaran-lembaran benang selulosa yang akhirnya tampak padat berwarna putih hingga transparan yang disebut sebagai nata (Nainggolan, 2009). *Acetobacter xylinum* memerlukan waktu untuk fase adaptasi selama 1 hari, kemudian pertumbuhan meningkat (fase logaritmik) sampai pada hari ke 5 dan ke 7 ditunjukkan dengan semakin tebal nata yang terbentuk (Indah & Siti, 2013).

Tape Umbi – Umbian (ubi jalar, talas dan singkong). Pada tape, terjadi proses pengubahan karbohidrat menjadi etanol. Tape dari bahan yang berbeda dapat menghasilkan sifat tape yang berbeda pula. Proses fermentasi tape diawali dengan hidrolisis pati oleh enzim amilase yang dihasilkan oleh kapang, khamir atau bakteri yang bersifat amilolitik (Finalika & Widjanarko, 2015). Fermentasi sebagian gula juga dilakukan oleh enzim zimase yang dihasilkan oleh *Saccharomyces cerevisiae* yang dapat menghasilkan alkohol dan asam – asam organik. Tape memiliki keunggulan yaitu meningkatkan kandungan vitamin B1 (tiamin) hingga tiga kali lipat, yang diperlukan oleh sistem saraf, sel otot dan sistem pencernaan supaya berfungsi dengan baik. Oleh karena itu tape dapat digolongkan sebagai sumber probiotik yang membantu proses pencernaan dalam tubuh (Suanda & Made, 2019).

Tempe. Tempe adalah produk fermentasi dari kacang kedelai dengan jenis kapang *Rhizopus oryzae* serta jenis kapang *Rhizopus* lainnya (BSN, 2015). Adanya fermentasi pada kedelai tidak menurunkan nilai gizi makro tempe, namun adanya perombakan protein menjadi peptide sederhana asam amino, asam lemak

,dan monosakarida menyebabkan produk ini lebih mudah dicerna (Bastian et al., 2013).

#### 4.5. Berbasis Susu

Yoghurt. Yoghurt merupakan produk fermentasi susu yang bersifat semi padat. Bahan dasar yoghurt dapat berupa susu segar ataupun susu skim (susu tanpa lemak) yang dilarutkan dalam air dengan perbandingan tertentu sesuai dengan kekentalan yang diinginkan. Yoghurt saat ini juga mulai banyak dikembangkan dari bahan bukan susu, seperti kacang - kacang. Bakteri yang digunakan biasanya merupakan starter dengan kombinasi *Sterptococcus thermophilus* dan *Lactobacillus bulgaricus*, yang memiliki peran sinergis dalam pembentukan tekstur dan aroma. Manfaat yoghurt juga mulai banyak dibuktikan sebagai perbaikan fungsi pencernaan, mencegah diare, mencegah peningkatan kadar kolesterol darah yang terlalu tinggi serta dapat membantu melawan sel kanker (Herawati & Andang, 2011). Contoh pembuatan yoghurt dari kacang - kacang pada penelitian Winarsi et al. (2019) yaitu membuat yogurt susu kecambah kacang merah sebagai minuman fungsional untuk obesitas. Minuman ini terbuat dari kacang merah yang telah dikecambahkan selama 30 jam, kemudian diinokulasi dengan starter BAL pada suhu 27-35°C. Hasil dari penelitian ini adalah yoghurt yang dibuat dari susu kecambah kacang merah dengan kadar BAL (Bakteri Asam Laktat) 2% dan lama fermentasi 24 jam merupakan yoghur terbaik. Hal tersebut dikarenakan kandungan antioksidan fenolik sebesar 993,08 ppm dan serat 6,29%. Yosukamera tersebut memiliki kandungan antioksidan fenolik dan serat yang tinggi, sehingga memungkinkan sebagai minuman fungsional bagi penderita obesitas. Konsumsi yosukamera yang dianjurkan bagi penderita obesitas yaitu sekitar 122 – 153 ml per harinya. Total asupan fenol yang didapatkan sebesar 121,22 – 152 mg dan serat 7,76 – 9,62 g.

Kefir. Kefir merupakan produk fermentasi dari susu sapi, susu domba, dan susu kambing dengan menambahkan bibit kefir (*keffir grains*). Kefir berfungsi dalam memperbaiki saluran cerna karena BAL yang ditambahkan mampu menghasilkan antimikroba seperti bakteriosin dan hidrogen peroksida (Yusriyah & Agustini, 2014). Selain bermanfaat untuk pencernaan, kefir juga memiliki manfaat lain seperti mengurangi risiko kanker atau tumor, menurunkan kolesterol, mengurangi risiko penyakit jantung koroner dan membantu pembentukan sistem imun dalam tubuh. Asam laktat yang dihasilkan bakteri

asam laktat juga membantu penyembuhan membran mucus yang rusak pada penderita maag (GR, 2016).

## 5. Potensi Produk Pangan Fermentasi sebagai Pangan Fungsional

Pangan fermentasi memiliki potensi besar untuk dikembangkan sebagai pangan fungsional. Hal ini dikaji dari manfaat makanan ataupun minuman yang terbuat dari hasil fermentasi memiliki dampak positif untuk kesehatan tubuh manusia. Penentuan jenis mikroorganisme terhadap suatu bahan pangan bergantung pada bahan dasar dan hasil akhir yang ingin diperoleh. Bahan dasar yang mengandung karbohidrat sederhana seperti gula dapat mendukung kehidupan mikrobial alami melalui hidrolisis senyawa karbohidrat menjadi asam – asam organik (Faridah & Sari, 2019). Proses hidrolisis akan menghasilkan gula reduksi, oligosakarida, dekstrin dan beberapa pati resisten yang tidak tercerna dan berpotensi sebagai prebiotik (Sari & Puspaningtyas, 2019). Polisakarida yang tidak tercerna memiliki peran dalam pertumbuhan dan aktivitas mikrobial saluran pencernaan serta memberikan efek menguntungkan dalam metabolisme sering disebut sebagai prebiotik. Makanan hasil fermentasi juga berpotensi mengandung bakteri baik ataupun kapang yang berperan sebagai probiotik. Yahfoufi et al. (2018) dalam FAO (2002) menjelaskan bahwa prebiotik adalah organisme hidup yang mampu memberikan manfaat kesehatan pada tubuh apabila dikonsumsi dalam jumlah yang cukup dengan memperbaiki keseimbangan mikroflora intestinal pada saat masuk dalam saluran pencernaan dan sistem imun.

Selain kandungan prebiotik produk fermentasi juga mengandung senyawa fenolik dan flavonoid. Kedua senyawa tersebut merupakan sumber antioksidan yang terdapat pada tumbuhan. Bakteri asam laktat memiliki kemampuan untuk memodulasi kadar fenolik dan flavonoid produk hasil fermentasi dari tumbuhan. Proses fermentasi pada makanan dengan bahan baku kacang – kacang atau buah – buahan dapat meningkatkan kandungan fenolik dan efek antioksidan. Pelepasan senyawa fenolik *isoflavoneaglicone* oleh reaksi katalitik  $\beta$ -glucosidase dan pembentukan *reductone* selama fermentasi dapat berkontribusi pada peningkatan aktivitas antioksidan. Hal tersebut terjadi karena kacang – kacang memiliki kandungan protein yang tinggi, pemecahan protein menjadi asam amino bebas dan peptida oleh aktivitas protease mikroba juga dapat menyebabkan peningkatan aktivitas antioksidan (Adetuyi & Ibrahim, 2014). Proses fermentasi tempe dengan *Rhizopus oryzae* dan *Rhizopus oligosporus* merupakan mikroba penting untuk produksi enzim hidrolitik yang berupa  $\alpha$ -amilase, lipase, protease



dan fitase (Kanti & Sudiana, 2016). Proses hidrolisis oleh kompleks enzim akan meningkatkan aktivitas fenolik dan antioksidan pada media fermentasi yang kaya akan senyawa polifenol (Liu et al., 2016).

Berdasarkan senyawa hasil fermentasi dan jenis mikroba yang digunakan pada makanan fermentasi khas Indonesia memiliki potensi sebagai imunomodulator. Beberapa contoh makan khas Indonesia yang menggunakan metode fermentasi diantaranya oncom, dangke, tempe, petis, tape ketan, terasi, dll. Mikroba yang berperan dalam fermentasi makanan khas Indonesia terdiri dari kelompok kapang dan bakteri. Jenis kapang yang paling banyak digunakan adalah *Aspergillus spp*, *Rhizopus spp*, *Saccharomyces spp*, *Mucor roxii* dan *Penicillium sp*. Sedangkan pada jenis bakteri yang sering digunakan seperti bakteri asam laktat (BAL), *Lactobacillus sp*, *Pediococcus sp* serta bakteri gram positif seperti *Streptococcus thermophilus* (T. Griana & Larasati, 2020). Berikut ini beberapa senyawa yang berpotensi sebagai imunomodulator :

a.  $\beta$ -glucan

$\beta$ -glucan adalah nama kimia dari polimer  $\beta$ -glukosa.  $\beta$ -glucan memiliki efek fisiologis yang penting dalam mengubah respons sitokin yang bertanggung jawab untuk komunikasi antar sel dan regulasi sistem imun. Sebuah penelitian menunjukkan bahwa senyawa  $\beta$ -glucan yang berasal dari *S. cerevisiae* mampu menginduksi sel netrofil manusia untuk melepaskan sejumlah sitokin, terutama *interleukin* (IL)-8 (Novak & Vetvick, 2008).

b. Lektin

Lektin memiliki kemampuan untuk membentuk kompleks dengan glikokonjugat mikroba yang memainkan peran kunci dalam pengenalan mikroba sebagai aktivitas antimikroba (Singh & Walia, 2019). Lektin yang berasal dari kapang telah dibuktikan memiliki potensi sebagai anti proliferasi, antitumor, mitogenik, hipotensi, vasorelaksing, hemolitik, anti- HIVI *reverse transcriptase* dan imunopotens (Singh et al., 2010).

Mekanisme imunomodulator tergantung pada bahan baku makanan yang digunakan sebagai media mikroba untuk hidup dan spesies mikroba yang terlibat. Setiap mikroba memiliki peran masing – masing dalam menghasilkan senyawa yang berguna dalam memodulasi sistem imun (T. Griana & Larasati, 2020).

Prospek pengembangan hasil fermentasi sebagai pangan fungsional memiliki banyak keuntungan mulai dari konsumen, industri pangan dan pemerintah. Keuntungan yang bisa diambil oleh konsumen yaitu manfaat

pangan fungsional untuk kesehatan. Pangan fungsional juga dapat digunakan sebagai pangan untuk mencegah berbagai penyakit misalnya obesitas, diabetes, hipertensi, jantung koroner dan kanker. Dampak tidak langsung yang juga didapatkan adalah dapat meningkatkan imunitas, memperlambat penuaan dan meningkatkan penampilan fisik. Keuntungan bagi industri pangan, yaitu memiliki peluang untuk meningkatkan keuntungan akibat dampak dari permintaan pangan fungsional yang tinggi, serta terus melakukan inovasi pengembangan produk dan formula makanan sesuai permintaan pasar (Suter, 2013). Terdapat tiga komponen yang didapatkan pemerintah seperti membuka lapangan pekerjaan di industri pangan, pengurangan biaya pemeliharaan kesehatan masyarakat serta peningkatan pendapatan (pajak) dari industri pangan (Marsono, 2007).

## Daftar Pustaka.

- Adetuyi, F., & Ibrahim, T. (2014). Effect of fermentation time on the phenolic, flavonoid and vitamin c contents and antioxidant activities of okra (*Abelmoschus esculentus*) seeds. *Nigerian Food Journal*, 32(2), 128–137.
- Afrianti, H. (2013). *Teknologi Pengawetan Pangan*. Alfabeta.
- Ahillah, N., Rusdanillah, A., Afiana, W., & Sulistiani, R. (2017). Pengaruh Konsentrasi Garam pada Fermentasi Ikan Wader (*Rasbora lateristriata*) The Influence of Salt Concentration on the Fermentation of the Wader Fish (*Rasbora lateristriata*). 10, 12–17.
- Ahmad, Hasnawati, Mulyadi, Apriyanto, M., Oklianda, A., Putra, D. D., & Warmi, A. (2021). Student Responses During Online Learning in the Covid-19 Pandemic Period Student Responses During Online Learning in the Covid - 19 Pandemic Period. *Journal of Physics: Conference Series*, 1764(1), 012125. <https://doi.org/10.1088/1742-6596/1764/1/012125>
- Aida, N., Kurniati, N., & Gunawan. (2012). Pembuatan Mocaf (Modified Cassava Flour) dengan Proses Fermentasi Menggunakan *Rhizopus oryzae* dan *Saccharomyces cerevisiae*. *Seminar Nasional Teknik Kimia Soeboardjo Brotohardjono XI*, D2.1-D2.5.
- Aisyah, A., Kusdiyantini, E., & Suprihadi, A. (2014). Isolasi, Karakterisasi Bakteri Asam Laktat, Dan Analisis Proksimat Dari Pangan Fermentasi “tempoyak.” *Jurnal Akademika Biologi*, 3(2), 31–39.
- Angga Romadon. (2017). *Pengaruh Konsentrasi Garam dan Variasi Mikrobiologi dan Organoleptik Produk Fermentasi Sawi Hijau ( Brassica juncea L .*

- Ansori, M. H. (2020). Wabah COVID-19 dan kelas sosial di Indonesia. *Habibiecenter.or.Id*, 14, 1–5. <https://www.habibiecenter.or.id/img/publication/09da4f0fd333100e97d2b2bc1aec3163.pdf>
- Apriyanto, M. (2017). Analysis of Amino Acids in Cocoa Beans Produced during Fermentation by High Performance Liquid Chromatography (HPLC). *International Journal of Food and Fermentation Technology*, 7(1), 25–31.
- Apriyanto, M. (2018). Suksesi Mikrobial Terhadap Penurunan Etanol, Asam Laktat Dan Asam Asetat Selama Fermentasi Biji Kakao. *Jurnal Teknologi Pertanian*, 7(2), 30–39.
- Apriyanto, M. (2020). Studi Mikrobial dan Biokimia Fermentasi Biji Kakao Kering. *Jurnal Teknologi Pertanian*, 9(1), 1–5.
- Apriyanto, M., Mardesci, H., & Rujiah, R. (2020). Perubahan Asam Asetat, Total Polifenol dan Warna Biji Kakao Asalan Selama Fermentasi. *Jurnal Industri Hasil Perkebunan*, 15(1), 10–16.
- Apriyanto, M., Partini, Mardesci, H., Syahrantau, G., & Yulianti. (2021). The Role of Farmers Readiness in the Sustainable Palm Oil Industry The Role of Farmers Readiness in the Sustainable Palm Oil Industry. *Journal of Physics: Conference Serie*, 1764(1), 012211. <https://doi.org/10.1088/1742-6596/1764/1/012211>
- Apriyanto, M., Riono, Y., & Rujiah. (2020). Pengaruh Populasi Mikroba pada Re-fermentasi terhadap Kualitas Biji Kakao Tanpa Fermentasi. *AGritekno: Jurnal Teknologi Pertanian*, 9(2), 64–71. <https://doi.org/10.30598/jagritekno.2020.9.2.64>
- Apriyanto, M., & Rujiah, R. (2018). Penurunan total polifenol, etanol, asam laktat, asam asetat, dan asam amino selama fermentasi biji kakao asalan dengan penambahan inokulum. *Jurnal Gizi Dan Dietetik Indonesia (Indonesian Journal of Nutrition and Dietetics)*, 5(1), 1–8. [https://doi.org/10.21927/ijnd.2017.5\(1\).1-8](https://doi.org/10.21927/ijnd.2017.5(1).1-8)
- Apriyanto, M., Sutardi, S., Supriyanto, S., & Harmayani, E. (2017). Cocoa Beans Dry Fermentation Using *Saccharomyces cerevisiae*, *Lactobacillus lactis* and *Acetobacter aceti*. *Agritech*, 37(3), 302. <https://doi.org/10.22146/agritech.17113>
- Apriyanto Mulono, Sutardi, Supriyadi, & Harmayani, E. (2017). Fermentasi biji kakao kering menggunakan *Saccharomyces cerevisiae*, *Lactobacillus lactis*, *Acetobacter aceti*. *AGRITECH*, 37(3), 302–311. <https://doi.org/http://doi.org/10.22146/agritech.17113>

- Azizah, N., Al – Baarri, A., & Mulyani, S. (2012). Pengaruh Lama Fermentasi Terhadap Kadar Alkohol, pH dan Produksi Gas Pada Proses Fermentasi Bioetanol dari Whey dengan Substitusi Kulit Nanas. *Jurnal Aplikasi Teknologi Pangan*, 1(2), 72–77.
- Azka, A. B. F., Santriadi, M. T., & Kholis, M. N. (2018). Pengaruh Konsentrasi Garam Dan Lama Fermentasi Terhadap Sifat Kimia Dan Organoleptik Kimchi. *Agroindustrial Technology Journal*, 2(1), 91. <https://doi.org/10.21111/atj.v2i1.2818>
- Barades, E., Alimuddin, A., & Sudrajat, A. O. (2013). Elektroporasi dan transplantasi sel testikular dengan label GFP pada ikan nila Electroporation and GFP-labelled transplantation of testicular cells in Nile tilapia. *Jurnal Akuakultur Indonesia*, 12(2), 186–192. <https://doi.org/10.19027/jai.12.186-192>
- Bastian, F., Ishak, A., & Tawali, B. M. (2013). Daya Terima dan Kandungan Zat Gizi Formula Tepung Tempe dengan Penambahan Semi Refined Carrageenan (SCR) dan Bubuk Kakao. *Jurnal Aplikasi Teknologi Pangan*, 2(1), 5–8.
- BSN. (2015). *SNI Nomor 3144:2015. Tempe Kedelai*. Badan Standardisasi Nasional.
- Chrysti, K. (2008). Fermentasi Aneka Bahan Baku Berbasis Kearifan Lokal dalam Pembuatan NATA sebagai Produk Ekspor. *Biologi, Sains, Lingkungan Dan Pembelajarannya*, 2000, 1–5.
- Darmawan, R., Andreas, P., Jos, B., & Sumardiono, S. (2013). Modifikasi Ubi Kayu Dengan Proses Fermentasi Menggunakan Starter *Lactobacillus casei* Untuk Produk Pangan. *Jurnal Teknologi Kimia Dan Industri*, 2(4), 137 – 145.
- Fajri, Y., Sukarso, A., & Rasmi, D. A. C. (2014). Fermentasi Ikan Kembung (*Rastrelliger sp.*) dalam Pembuatan Peda dengan Penambahan Bakteri Asam Laktat (BAL) yang Terkandung dalam Terasi Empang pada Berbagai Konsentrasi Garam. *Jurnal Biologi Tropis*, 14(2). <https://doi.org/10.29303/jbt.v14i2.142>
- Faridah, H., & Sari, S. (2019). Utilization of microorganism on the development of halal food based on biotechnology. *Journal of Halal Product and Research*, 2(1), 33–43.
- Finalika, E., & Widjanarko, S. (2015). Penentuan nilai maksimum respon rendemen dan gula reduksi brem padat tape ubi kayu (*Manihot esculenta*). *Jurnal Pangan Dan Agroindustri*, 3(2), 670 – 680.
- GR, H. (2016). Pengaruh waktu inkubasi dan jenis inokulum terhadap mutu kefir susu kambing. *Journal of Science Stigma*, 9(2), 12–15.

- Griana, T., & Larasati, S. (2020). Potensi Makanan Fermentasi Khas Indonesia Sebagai Imunomodulator. *Prosiding Seminar Nasional Biologi Di Era Pandemi Covid-19*, 401–412.
- Griana, T. P., & Kinasih, L. S. (2020). Potensi Makanan Fermentasi Khas Indonesia Sebagai Imunomodulator. *Prosiding Seminar Nasional Biologi Di Era Pandemi COVID-19, September*, 401–412.
- Gumilang, R., Susilo, B., & Yulianingsih, R. (2016). Uji Karakteristik Mi Instan Berbahan-Baku Tepung Terigu dengan Substitusi Tepung Talas (*Colocasia esculenta* (L.) Schott). *Jurnal Bioproses Komoditas Tropis*, 3(2), 53–63.
- Haruminori, A., Angelia, N., & Purwaningtyas, A. (2017). Makanan etnik melayu: tempoyak. *Jurnal Antropologi*, 19(2), 125–128. <https://doi.org/10.25077/jaisb.v19.n2.p125-128.2017>
- Hasanuddin. (2010). Mikroflora Pada Tempoyak (The Microflora Of Tempoyak). *Agritech*, 30(4), 218–222.
- Hasanuddin. (2017). Bakteri Kokus Pada Pekasam Durian Makanan Khas Bengkulu. *Jurnal Agroindustri*, 7(1), 37–43.
- Hassan, Z. H. (2005). Produk Fermentasi Pangan Tradisional Sebagai Suatu Agroindustri Sumber Pangan Probiotik. *Prosiding Seminar Nasional Teknologi Inovatif Pascapanen Untuk Pengembangan Industri Berbasis Pertanian*, 349–357.
- Hayati, R., Fadhil, R., & Agustina, R. (2017). Analisis Kualitas Sauerkraut (Asinan Jerman) dari Kol (*Brassica oleracea*) selama Fermentasi dengan Variasi Konsentrasi Garam. *Rona Teknik Pertanian*, 10(2), 23–34. <https://doi.org/10.17969/rtp.v10i2.8937>
- Herawati, D., & Andang, A. (2011). Pengaruh Konsentrasi Susu Skim dan Waktu Fermentasi Terhadap Hasil Pembuatan Soyghurt. *Jurnal Ilmiah Teknik Lingkungan*, 1(2), 48 – 58.
- Hidayanto, A. (2017). *Teknologi Fermentasi*. Universitas Esa Unggul.
- Indah, P., & Siti, A. (2013). Mutu Fisik, Kadar Serat dan Sifat Organoleptik Nata de Cassava Berdasarkan Lama Fermentasi. *Urnal Pangan Dan Gizi*, 4(7), 29–38.
- Jöbstl, E., O'Connell, J., Fairclough, J. P. a, & Williamson, M. P. (2004). Molecular model for astringency produced by polyphenol/protein interactions. *Biomacromolecules*, 5(3), 942–949. <https://doi.org/10.1021/bm0345110>
- Kanti, A., & Sudiana, I. (2016). Comparison of *Neurospora crassa* and *Neurospora sitophila* for phytase production at various fermentation temperatures. *Biodiversitas*, 17(2), 769–775.

- Karimah, U., Riantana, H., & Afit, I. R. N. (2018). Pemanfaatan Bakteri Prebiotik dari Fermentasi Tanaman Terung (*Solanum melongena*) sebagai Suplemen Alami untuk Meningkatkan Produktivitas Udang Vaname (*Litopenaeus vannamei*) di Kawasan Pantai Trisik. *Jurnal Ilmiah Penalaran Dan Penelitian Mahasiswa*, 2(1), 104–110.
- Kiti, A. A., Jamilah, I., & Rusmarilin, H. (2018). Aktivitas Antimikroba Isolat Bakteri Asam Laktat yang Diisolasi dari Pangan Pliek U terhadap Bakteri *Staphylococcus aureus*, *Escherichia coli* dan Khamir *Candida albicans* secara in Vitro. *Journal of Healthcare Technology and Medicine*, 4(1), 118–126.
- Kumalasari, I. (2011). *Pengaruh Variasi Subu Inkubasi Terhadap Kadar Etanol Hasil Fermentasi Kulit dan Bonggol Nanas (Ananas sativus)*. Universitas Muhammadiyah Semarang.
- Kusuma, G., Komang, A., & Desak, I. (2020). Pengaruh Lama Fermentasi Terhadap Karakteristik Fermented Rice Drink Sebagai Minuman Probiotik Dengan Isolat *Lactobacillus* sp. F213. *Jurnal Itepa*, 9(2), 181 – 192.
- Lestari, L. A., Harmayani, E., Utami, T., Mardika Sari, P., & Nurviani, S. (2018). *Dasar-Dasar Mikrobiologi Makanan*. Gadjah Mada University Press.
- Liu, L., Zhang, R., Deng, Y., Zhang, Y., Xiao, J., & Huang F, et al. (2016). Fermentation and complex enzyme hydrolysis enhance total phenolics and antioxidant activity of aqueous solution from rice bran pretreated by steaming with  $\alpha$ -amylase. *Food Chemistry*, 22(1), 636–643.
- Marsono, Y. (2007). Prospek Pengembangan Makanan Fungsional. *Seminar Nasional Dalam Rangka “National Food Teknologi Competition (NFTC)*.
- Masud, F., Laily, D. W., & Makhfudhoh, M. (2020). Analisis Usaha Terasi Udang Rebon (*Acetes indicus*) Di Kabupaten Lamongan. *Groupier*, 11(2), 1. <https://doi.org/10.30736/groupier.v11i2.69>
- Muharun, M., & Apriyanto, M. (2014). Pengolahan Minyak Kelapa Murni (Vco) Dengan Metode Fermentasi Menggunakan Ragi Tape Merk Nkl. *Jurnal Teknologi Pertanian*, 3(2), 9–14.
- Muhidin, N., Juli, N., & Aryantha, I. (2001). Peningkatan Kandungan Protein Kulit Ubi Kayu Melalui Proses Fermentasi. *JMS*, 6(1).
- Nainggolan, J. (2009). *Kajian pertumbuhan Bakteri Acetobacter sp. Dalam Kombucha-Rosela Merah (Hibiscus sabdariffa) pada Kadar Gula dan Lama Fermentasi yang Berbeda*. Universitas Sumatera Utara.
- Neti Yuliana. (2007). Pengolahan Durian (*Durio zibethinus*) Fermentasi (TEMPOYAK) Processing of tempoyak from durian (*Durio zibethinus*). *Jurnal Teknologi Dan Industri Hasil Pertanian*, 2(September), 74–80.

- Nout, R. (2007). The colonizing fungus as a food provider. *Food Mycology. A Multifaceted Approach to Fungi and Food*, 335–352.
- Novak, M., & Vetvick, a V. (2008).  $\beta$ -Glucans, history, and the present: immunomodulatory aspects and mechanisms of action. [Internet]. *Journal of Immunotoxicology*, 5, 47–57.
- Nur, H. S. (2009). *Suksesi mikroba dan aspek biokimiawi fermentasi mandai dengan kadar garam rendah*. 13(1), 13–16.
- Nurhayati, & Apriyanto, M. (2021). Sensory evaluation of chocolate bar products materials of dry cocoa seeds in various fermentation treatment. *Czech Journal of Food Science*.
- O’Leary, V., Holsinger, R., Green, B., & Sullivan, V. (2004). Alcohol Production by Selected Yeast Strains in Lactase-Hydrolyzed Acid Whey. *Biotechnol Bioeng*, 19(10), 19–35.
- Rahmadewi, Y. M., & Darmadji, P. (2018). Pengaruh Penjemuran dan Pengering Mekanis Terhadap pH, Total Polifenol, dan Kandungan Gula Biji Kakao dan Coklat Batang dari Biji Kakao Rakyat. *Rekayasa Pangan Dan Pert*, 6(2), 124–130.
- Reli, R., Warsiki, E., U. (2017). Modifikasi Pengolahan Durian Fermentasi (TEMPOYAK) dan Perbaikan Kemasan untuk Mempertahankan Mutu dan Memperpanjang Umur Simpan. *Jurnal Teknologi Industri Pertanian*, 27(1), 43–54.
- Richana, N. (2011). *Bioetanol Bahan Baku, Teknologi, Produksi dan Pengendalian Mutu*. Nuansa.
- Sahlin, P. (1999). *Fermentation as a Method of Food Processing production of organic acids, pH-development and microbial growth in fermentation cereal*. Lund Insitute of Technology, Lund Univ.
- Salim, E. (2011). *Mengolah Singkong Menjadi Tepung Mocaf*. Lily Publisher.
- Sari, P., & Puspaningtyas, D. (2019). Skor aktivitas prebiotik growol (makanan fermentasi tradisional dari singkong) terhadap Lactobacillus sp. dan Escherichia coli. *Jurnal Ilmu Gizi Indonesia*, 2(2), 101–106.
- Saunshi, Y. B., Sandhya, M. V. S., Rastogi, N. K., & Murthy, P. S. (2020). Starter consortia for on-farm cocoa fermentation and their quality attributes. *Preparative Biochemistry and Biotechnology*, 50(3), 272–280. <https://doi.org/10.1080/10826068.2019.1689508>
- Seprianto, & Wahyuni, F. D. (2020). PKM Peningkatan Mutu Pangan Lokal Berbasis Pangan Fermentasi Di Pulau Payung, Kepulauan Seribu. *Jurnal Abdimas*, 2(Januari), 129–134.

- Singh, R., Bhari, R., Kaur, H., & Vig, M. (2010). Purification and characterization of a novel thermostable mycelial lectin from *Aspergillus terreus*. *Applied Biochemistry and Biotechnology*, 162(5), 1339-1349.
- Singh, R., & Walia, A. (2019). Antioxidant and antimicrobial activities of *Penicillium* sp. lectins. *Archives of Biological Sciences*, 71(3), 517-524.
- Stanbury, P. F., Whitaker, A., & Hall, S. J. (1995). *Principles of Fermentation Technology*. Elsevier Science Ltd.
- Suanda, I., & Made, I. (2019). Penerapan Pembelajaran Bioteknologi Melalui Fermentasi Umbi – Umbian Menjadi Produk Tape Sebagai Substitusi Pangan Beras. *Widyadari*, 20(1), 111-116.
- Suhardini, P., & Elok, Z. (2016). Studi Aktivitas Antioksidan Kombucha Dari Berbagai Jenis Daun Selama Fermentasi. *Jurnal Pangan Dan Agroindustri*, 4(1), 221-229.
- Suprihatin. (2010). *Teknologi Fermentasi*. Surabaya. UNESA University Press.
- Suter, I. (2013). Pangan Fungsional dan Prospek Pengembangannya. *Seminar Sehari Dengan Tema ‘Pentingnya Makanan Alamiab (Natural Food) Untuk Kesehatan Jangka Panjang*, 1-17.
- Ukhty, N., Rozi, A., & Sartiwi, A. (2017). Mutu Kimiawi Terasi Dengan Formulasi Udang rebon (*Acetes* sp) dan Ikan Rucah yang Berbeda. *Jurnal Perikanan Tropis*, 4(2), 166. <https://doi.org/10.35308/jpt.v4i2.792>
- Umasugi, R. I., Costa, C. C., Apriyanto, M., Umanailo, M. C. B., & Mufidah, N. (2019). Dominance of Economic Capital in the Political. *Int. J. Sci. Technol. Res*, 8(9).
- Utama, C., & Mulyanto, A. (2009). Potensi Limbah Pasar Sayur Menjadi Starter Fermentasi. *Jurnal Kesehatan Unimus*, 2(1), 105662.
- Widowati, T. W., Taufik, M., & Wijaya, A. (2011). Pengaruh Pra Fermentasi Garam Terhadap Karakteristik Kimiawi dan Mikrobiokogis Bekasam Ikan Patin. *Prosiding Semirata Bidang Ilmu-Ilmu Pertanian BKS-PTN Wilayah Barat Tabun*. UNSRI.
- Winarno, F. (1974). *Pangan, Gizi, Teknologi Dan Konsumen*. PT Gramedia Pustaka Utama.
- Winarno, F. (1984). *Kimia Pangan dan Gizi*. PT Gramedia Pustaka Utama.
- Winarsi, H., Aisyah, T., & Kartini, I. N. (2019). Fermentasi Bakteri-Asam-Laktat Meningkatkan Kandungan Fenolik Dan Serat Yogurt Susu Kecambah Kacang Merah (*Phaseolus Vulgaris* L.), Minuman Fungsional Untuk Obesitas. *J.Gipa*, 3(1), 64-75.
- Wistiana, D., & Zubaidah, E. (2015). Karakteristik Kimiawi dan Mikrobiologis



- Kombucha dari Berbagai Daun Tinggi Fenol Selama Fermentasi. *Jurnal Pangan Dan Agroindustri*, 3(4), 1446-1457.
- Yahfoufi, N., Mallet, J., Graham, E., & Matar, C. (2018). Role of probiotics and prebiotics in immunomodulation. *Current Opinion in Food Science*, 20, 82–91.
- Yuliana, N. (2007). Perubahan Karakteristik Biokimia Fermentasi Tempoyak Menggunakan *Pediococcus acidilactici* pada Tiga Tingkat Kosentrasi Gula. *Agritech*, 27(2), 82–88.
- Yunus, Y., & Zubaidah. (2015). Pengaruh konsentrasi sukrosa dan lama fermentasi terhadap viabilitas *L. casei* selama penyimpanan beku velva pisang ambon. *Jurnal Pangan Dan Agroindustri*, 3(2), 303–312.
- Yusriyah, N., & Agustini, R. (2014). Pengaruh waktu fermentasi dan konsentrasi bibit kefir terhadap mutu kefir susu sapi. *Journal of Chemistry Unesa*, 3(2), 53–57.

Biografi Penulis :

**Dr. Mulono Apriyanto STP. MP.** adalah dosen Fakultas Pertanian Universitas Islam Indragiri. saat ini memiliki beberapa kemampuan di bidang pertanian dan pengolahan hasil pertanian. Dr Mulono Apriyanto juga merupakan penilai kompetensi di bidang pertanian dan auditor di Indonesia Sustainable Palm Oil (ISPO). Beberapa karya tulisnya berindeks scopus, WoS dan Sinta. Juga mereview beberapa jurnal nasional dan internasional.

Dr. Veriani Aprilia, STp. MSc. Adalah seorang dosen pada Department of Nutrition Science, Faculty of Health Sciences, Alma Ata University, merupakan ahli bidang pengolahan pangan terutama pangan probiotik dan prebiotic. Beberapa publikasi pada jurnal internasional dan nasional dalam indeks scopus dan sinta.